

DESGASEIFICAÇÃO A VÁCUO - O MAIS RECENTE CONCEITO DE PROJETO E RESULTADOS METALÚRGICOS DE UM DESGASEIFICADOR A VÁCUO VD*

Andrea Pezza¹
Willi Anton Buehler¹
Edilson Maranhao¹

Resumo

O processo de vácuo é a solução típica aplicada quando é hora de atualizar o nível de qualidade do aço de uma aciaria existente. A instalação do novo Tanque de Desgaseificação à Vácuo (VD) de 135t no Canadá e do novo RH de 150t na planta integrada no México para a produção de tubos de alta qualidade na América do Norte é um exemplo típico disso. A nova instalação inclui o mais recente conceito de design para este tipo de equipamento: operações totalmente automatizadas e menor impacto ambiental são os principais aspectos do projeto. A solução de bomba mecânica a seco continua sendo a melhor abordagem de investimento e custo operacional para a tecnologia de vácuo. Os principais aspectos do design da planta são descritos neste documento. O desgaseificador a vácuo VD é responsável pela melhoria das performances metalúrgicas, especialmente em termos de nitrogênio, remoção de hidrogênio e nível de pureza do aço. O processo a jusante e os resultados estão estritamente ligados aos desempenhos do desgaseificador a vácuo. O monitoramento de processos através da linha completa é uma prática padrão para obter uma melhoria efetiva da qualidade do produto. Os desempenhos metalúrgicos do desgaseificador a vácuo VD são analisados e comentados neste trabalho.

Palavras-chave: Tecnologia de vácuo; Bomba mecânica; Resultados metalúrgicos.

VACUUM DEGASSING – LATEST DESIGN CONCEPT AND METALLURGICAL RESULTS OF VD VACUUM DEGASSER

Abstract

The vacuum process is the typical solution applied when it is time to upgrade the steel quality level of an existing steel plant. The installation of the new 150t RH in the integrated plant in Mexico and the new 135t Vacuum Degassing Tank in Canada for the production of high quality pipes in North America are typical examples. These new facilities include the latest design concepts for this kind of equipment: Fully automated operations and lower environmental impact are key design aspects. The dry mechanical pump solution continues to be a best investment and operational cost approach for the vacuum technology. The plant design key aspects are described in this paper. The vacuum degasser (VD) is in charge of the metallurgical performances improvement especially in terms of nitrogen, hydrogen removal and steel purity level. The downstream process and results are strictly linked to the vacuum degasser performances. Process monitoring through the complete line is a standard practice in order to get an effective improvement of the product quality. The vacuum degasser (VD) metallurgical performances are analyzed and commented in this paper.

Keywords: Vacuum technology; Mechanical pump; Metallurgical results.

¹ Primetals Technologies Germany GmbH, Willstaett-Legelshurst, Germany

1. PROJETANDO UM TANQUE DESGASEIFICADOR À VÁCUO

A instalação de um desgaseificador a vácuo deve seguir os critérios básicos de projeto em termos de:

- Qualidade do produto a ser alcançada
- Requisitos de produtividade da planta.

Ambas as partes consideram a evolução metalúrgica da produção de aço dentro do tanque de desgaseificação. Um dos resultados mais importantes é a composição e quantidade de gás que se desenvolve durante todo o processo. No analisador de gases em linha, a medição de temperatura do gás de saída, a temperatura da água de resfriamento da máquina, a detecção do fluxo de gás de saída e os modelos metalúrgicos são os principais aspectos usados no controle do processo.

A produtividade da planta deve respeitar os requisitos de tempo das reações cinéticas metalúrgicas, neste caso, uma pequena margem de melhoria é investigada. O design e a inovação adequados de todos os equipamentos auxiliares são o foco do projetista da fábrica, a fim de acelerar as operações da fábrica, reduzir o tempo de tratamento e aumentar o ritmo da aciaria.

A partir dessa consideração, o conceito do projeto é construído em conjunto e em cooperação com os usuários da planta e todos os principais projetistas de equipamentos. A Primetals Technologies, como responsável geral pela tecnologia, desenvolveu as condições do processo de acordo com as etapas descritas no próximo parágrafo. As recentes usinas de vácuo começam a mostrar quais são as tendências futuras da tecnologia.

Uma nova instalação do tanque de vácuo no Canadá usa a bomba de vácuo mecânica seca para obter o nível de vácuo metalúrgico adequado. Mais uma vez, a Primetals decidiu por um projeto de bomba com uma solução de vários módulos para facilitar o conceito e as operações de manutenção.

Tal planta contribui para ampliar o mix de produtos siderúrgicos e melhorar a qualidade existente produzida, reduzindo o nível de inclusão no aço. O impacto ambiental da planta é minimizado usando circuito de água fechado para a necessidade de resfriamento da máquina e filtro de poeira seca para o acúmulo dos resíduos produzidos durante o processo de vácuo.

Conceito de um VD (Vacuum Degassing)

A panela é colocada em um tanque lacrado, onde se faz o vácuo. A cinética de reações é um pouco mais lenta que no RH, mas o investimento em equipamento é menor (ver Figura 1). Uma variante do processo é quando se usa apenas uma abóbada especial, que se ajusta à borda da panela.

A característica principal desse equipamento é a interação que envolve aço líquido, escória e fase gasosa onde os tipos de tratamento mais adequados nesse processo VD são: descarburização, desidrogenação, dessulfuração e correção de composição química. O processo VD é um equipamento mais usado em usinas de aços especiais.

Pelo fato de envolver a fase escória, o processo VD é adequado para a remoção de impurezas sob forma iônica, como aluminatos, sulfetos etc., além de remover produtos de reação gasosos.

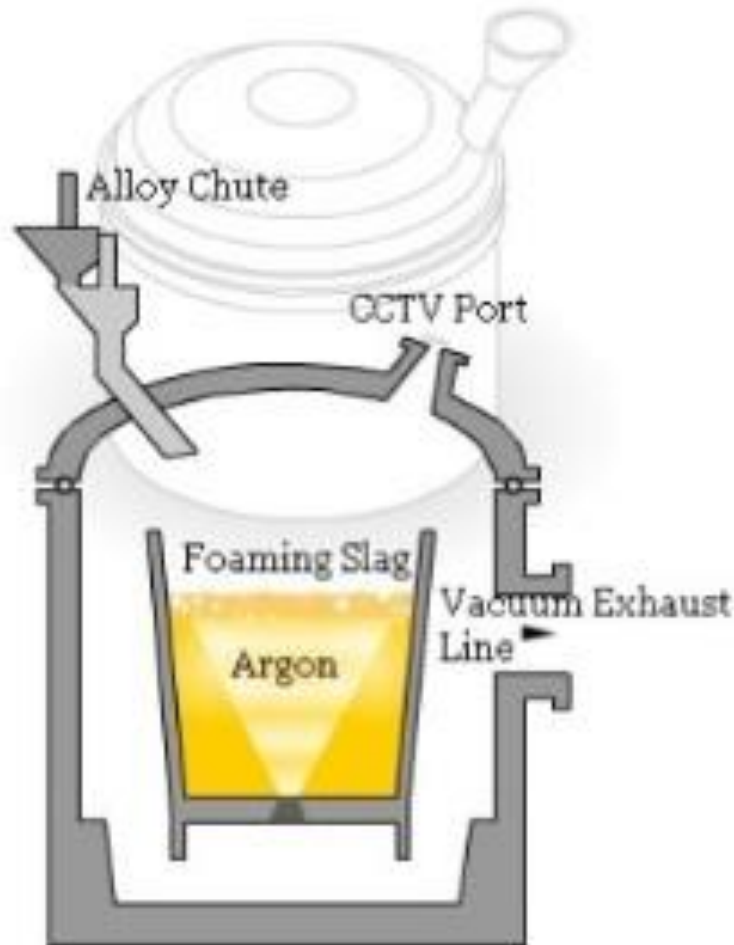
**VD**

Figura 1: Processo do Desgaseificador à Vácuo - VD

2. EVOLUÇÃO DO GAS DE SAÍDA DE VÁCUO

O cálculo da evolução do gás de saída é feito usando modelos metalúrgicos que simulam as condições típicas do processo. De acordo com este valor, são definidos os desempenhos da capacidade de aspiração a ser solicitada na bomba de vácuo. Neste caso, uma solução mecânica de bomba de vácuo foi adotada. A Tabela 1 a seguir mostra o processo mais significativo dos pontos de carga de gás do VD. Os quatro pontos estão na Figura 2 comparados com a capacidade de sucção da bomba de vácuo; isso demonstra que a bomba é projetada de acordo com os requisitos do processo.

Process phase	VD at 0,67mbar	VCD at 1,7 mbar	VCD at 13,3 mbar	VCD at 133 mbar	
TAPPED STEEL	135	135	135	135	[t]
CO FLOWRATE	0,00	2,00	11,00	27,00	[kg/min]
CO ₂ FLOWRATE	0,00	1,00	5,00	14,00	[kg/min]
H ₂	0,013	0,013	0,020	0,00	[kg/min]
N ₂	0,18	0,18	0,25	0,25	[kg/min]
GAS STIRRING FLOWRATE (Ar)	0,72	0,72	0,72	0,72	[kg/min]
GAS FLOWRATE FOR TV-CAMERA (N ₂)	0,33	0,33	0,33	0,33	[kg/min]
AIR LEAKAGE	1,0	1,2	1,2	1,2	[kg/min]
Pressure at Ox-blowing [mbar]	0,67	1,7	13,3	133	[mbar]
Offgas Temperature	303	333	353	353	[°K]
PROCESS GAS FLOWRATE AT [mbar]	2,2	5,4	18,5	43,5	[kg/min]
PROCESS GAS FLOWRATE AT [mbar]	135	325	1110	2608	[kg/h]
PROCESS GAS FLOWRATE AT [mbar]	170.835	167.884	75.377	17.320	[m ³ /h]

Tabela 1: processo mais significativo dos pontos de carga de gás de saída do VD.

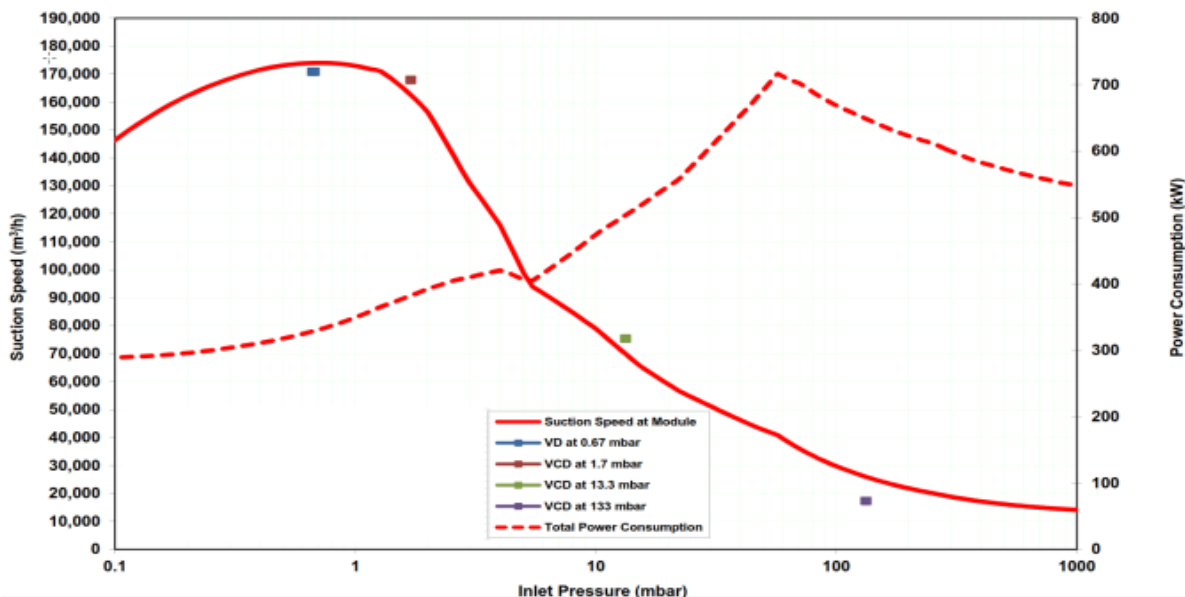


Figura 2: capacidade de sucção da bomba de vácuo

3. CONFIGURAÇÃO DA PLANTA: DESTAQUES

O destaque da configuração da planta é a solução de conceito totalmente automática que considera o mínimo esforço dos operadores da planta fora da sala de controle. Não há acesso livre à área dos tanques, a panela entra no tanque e o acoplamento de agitação é feito no modo automático. A tampa se desloca (veja a Figura 3) sobre o tanque e abaixa para selar o sistema. A medição de temperatura, amostragem de análises de aço, alimentação de arame, sopro de oxigênio e ligas é feita com tampa fechada usando manipuladores e válvulas a vácuo.

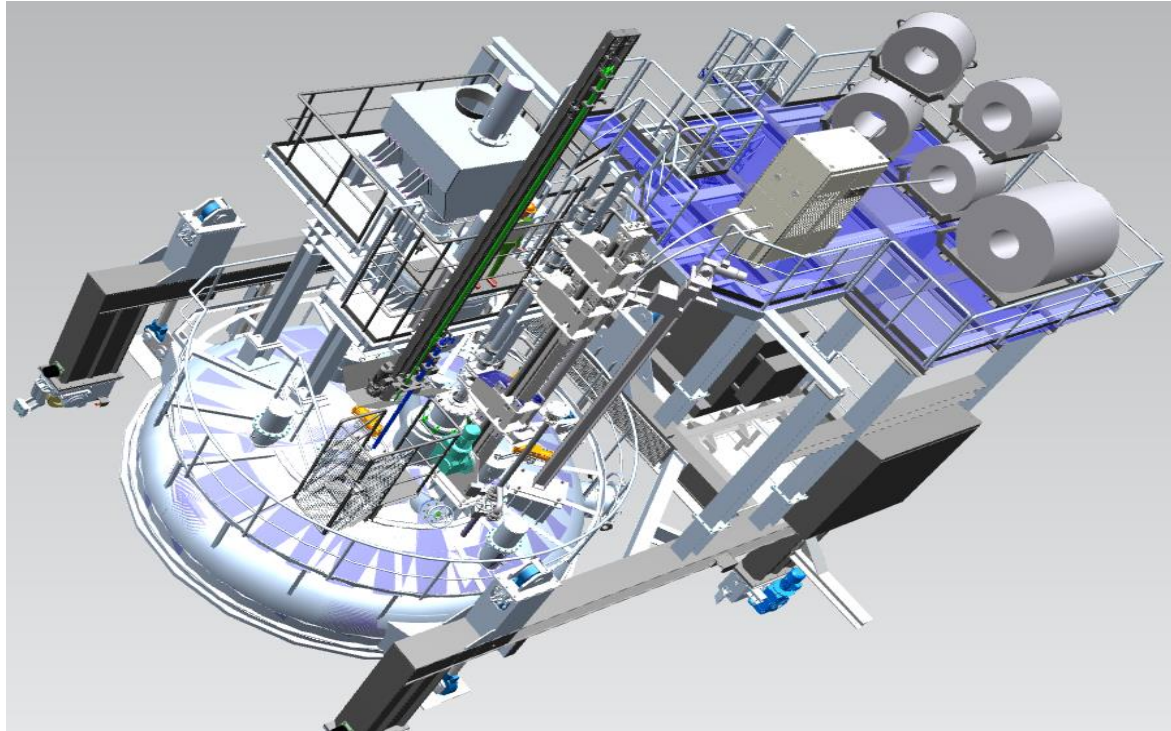


Figura 3: O deslocamento da tampa sobre o tanque e inferior para selar o sistema.

Uma particularidade importante da planta é a linha de sucção entre o tanque e a bomba de vácuo (veja a Figura 4). O filtro de pó seco e a capacidade de refrigeração exigem uma configuração especial para se adaptar à fase de sopro de oxigênio, uma lança de oxigênio é instalada como suporte para o processo de descarburização. O resfriador de gás é usado no modo bypass, somente durante as fases de pump down e oxigenação, a fim de reduzir as perdas de pressão durante o período de vácuo profundo quando o gás é direcionado para o filtro sem passar pelo resfriador de gás. Parte da linha de sucção também é resfriada a água. A planta respeita os requisitos da ATEX, portanto a temperatura de entrada da bomba de vácuo mecânica é limitada a 80 °C (176 °F).

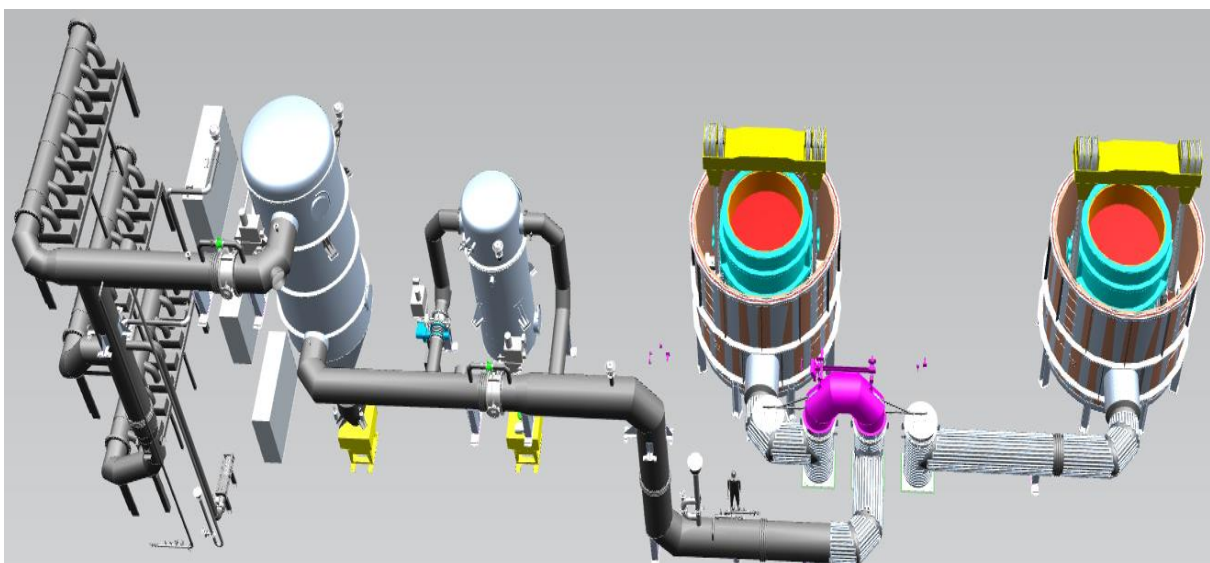


Figura 4: linha de sucção entre o tanque e a bomba de vácuo

4. REQUISITOS DE QUALIDADE DO AÇO

Estamos em uma fábrica de tubos e a produção de tipos de tubos é uma das classes mais difíceis de serem produzidas para a metalurgia secundária devido a:

- Altos requisitos de adição de manganês,
- Alto número de elementos de ferro-ligas a serem adicionados (Si, Mn, Cr, Cu, Ti, V, Nb),
- Requisitos estritos de teor de gás (H₂, N₂),
- Requisitos muito baixos de S < 30-10 ppm,
- Requisitos muito baixos de P, uma questão de forno primário,
- Descarburação (deC) a ser executada após vazamento,
- Perdas de alta temperatura,
- Alto estresse térmico para a panela refratária.

No caso de requisitos de baixo carbono, vários aspectos críticos devem ser considerados:

1. Uma alta quantidade de cal adicionada no vazamento reduzirá a eficiência da deC, sendo necessária uma superfície de aço livre durante esta fase do processo VCD. A cal é adicionada no final da deC.
2. O reaquecimento com Al / O₂ no final do processo de VD pode ser prejudicial para a qualidade devido à criação de inclusão de alumina pouco antes do lingotamento.
3. Para graus de carbono médio e alto, nenhum reaquecimento é feito em VD, todas as perdas de temperatura são tipicamente recuperadas com antecedência, durante o tratamento LRF.

Por último, mas não menos importante, o ritmo de produção tem que ser seguido com o desafio de aumentar a carga de trabalho para o forno panela a fim de compensar as perdas de temperatura de um tratamento a vácuo longo. O tratamento VD dura entre 40 e 55 minutos, de acordo com os diferentes requisitos de qualidade do aço. Esse é um novo desafio quando um VD entra em uma aciaria existente, onde apenas o EAF e o LF faziam parte da rota do processo.

As práticas operativas são revisadas para adequar-se aos novos requisitos do processo, com foco na classificação da sucata, para que diferentes classes sejam produzidas, de acordo com um modelo de otimização de custos.

Mas continua a ser uma rota baseada em sucata que enfrenta preços de mercado flutuantes e tem que caber para fixar os custos de produção: isso resulta em maiores desafios para a metalurgia do processo.

Os níveis de vazamento de enxofre e os níveis de nitrogênio permanecem relativamente altos para se adequarem ao tempo do processo.

Esforços importantes de remoção de enxofre têm que ser feitos no forno panela, cerca de 90% de remoção é necessária com um nível médio de entrada de 400-700 ppm. Este não é apenas um requisito para as análises finais, mas é uma das principais pré-condições para a remoção de nitrogênio sob vácuo, considerando o efeito de contraste do teor de enxofre contra a taxa de remoção. O hidrogênio não é um problema, o valor final inferior a 1,5 ppm é alcançado com uma taxa de frequência mais alta.

O ajuste final das análises de aço é feito usando a adição de arame. Micro-ligas, como titânio, são ajustadas com precisão durante o estágio final do tratamento com

VD. Para melhorar a lingotabilidade, o tratamento VD é completado com a adição de cálcio em forma de arame tubular.

Seguindo a Figura 5, a remoção de nitrogênio em função do tempo de vácuo, do nível de enxofre e do consumo de agitação de Ar mostra alguns resultados do processo coletados durante o período de comissionamento a quente:

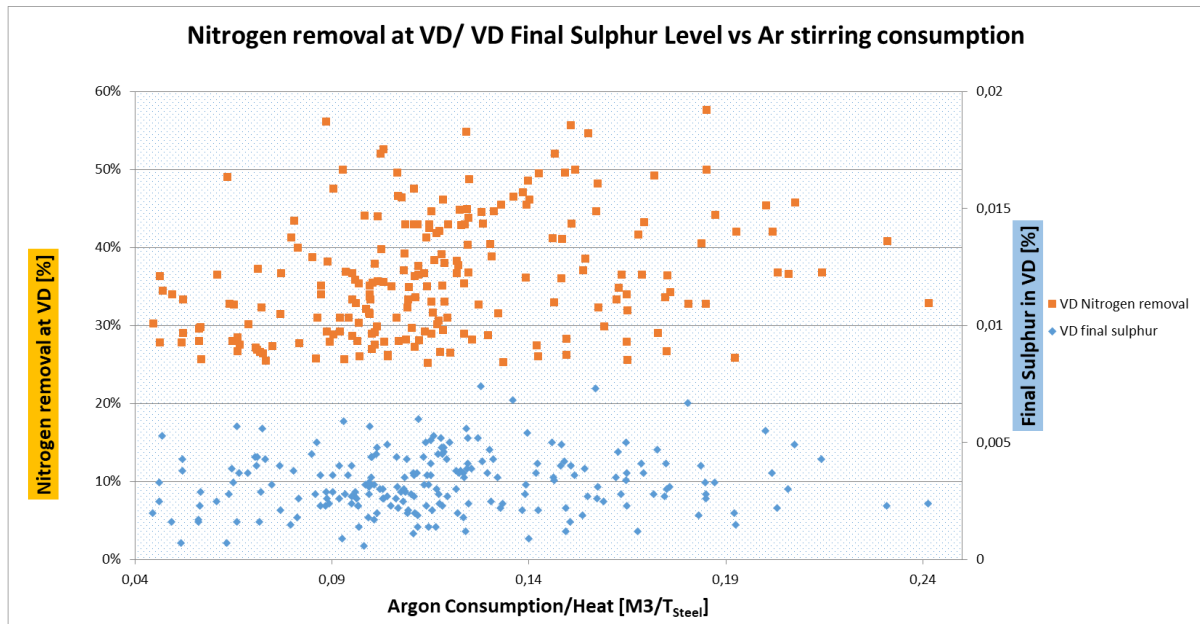


Figura 5: Remoção de nitrogênio em função do tempo de vácuo, nível de enxofre e consumo de agitação de Ar

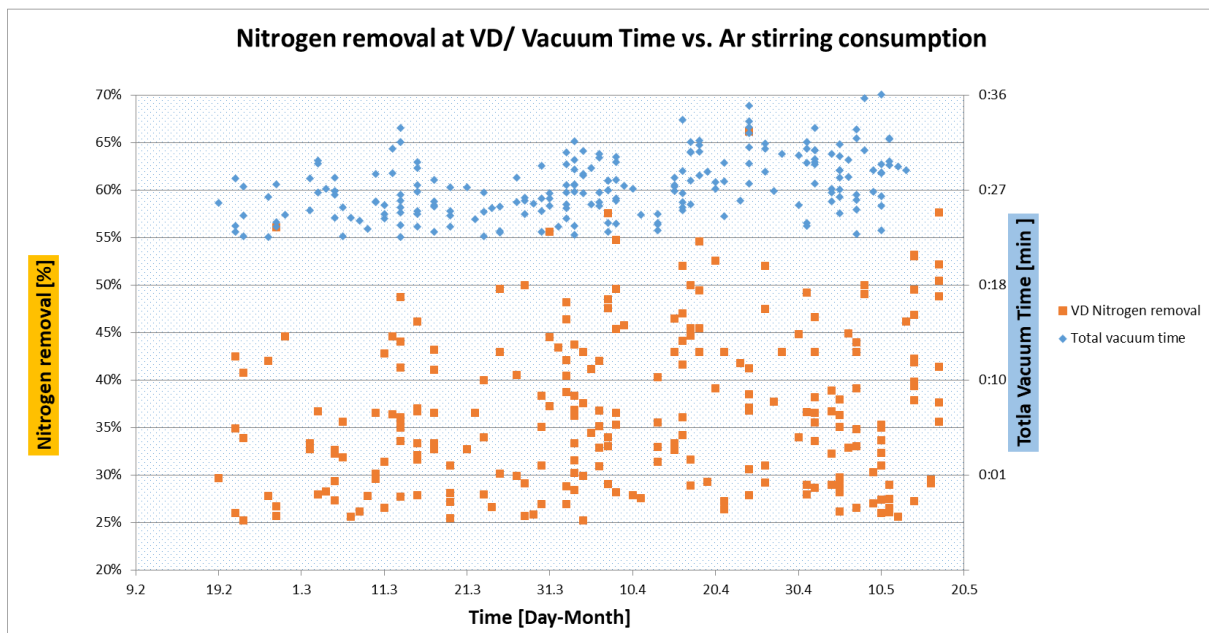


Figura 6: importância do volume de purga de argônio usado durante o tratamento a vácuo em associação com a exigência de baixo nível de enxofre.

O diagrama superior da figura 6 mostra a importância do volume de purga de argônio usado durante o tratamento a vácuo em associação com o requisito de baixo nível de enxofre. Uma purga controlada é o fator chave para obter alta taxa de remoção de nitrogênio. Os gases de hidrogênio e nitrogênio entram no

borbulhamento de argônio e escapam do banho de aço. É claro que existem limitações no controle do volume usado durante o tratamento: taxas mais altas criam fortes respingos, resultando na formação de cascão sobre a panela e no tanque, com escória e resíduos de aço.

A experiência de operação da planta e os perfis de processo dedicados devem ser criados para suportar a operação da planta. O diagrama inferior avalia a remoção de nitrogênio em função do tempo. As operações do processo são analisadas e de acordo com os resultados obtidos, os fatores de correção apropriados devem ser aplicados. As práticas de operações da fábrica e o desempenho dos equipamentos são controlados diariamente.

CONCLUSÃO

A melhoria da qualidade do aço em combinação com as soluções da Indústria 4.0 também é aplicada às mais recentes aplicações de tecnologia de vácuo. A Primetals Technologies continua investindo em pesquisa na produção de aço, dando aos produtores de aço o mais recente State of Art Solutions. As tendências claras do processo de vácuo ligadas a soluções mecânicas secas são estabelecidas. Reduzindo os custos operacionais combinados com as mais recentes aplicações tecnológicas disponíveis é aplicado às plantas a vácuo. A melhoria da qualidade é um fator-chave para o produtor de aço ampliar seu portfólio de produtos e a instalação das plantas de vácuo é uma solução típica para atingir esse objetivo. O degaseificador do tanque de vácuo e / ou o degaseificador de recirculação continuam sendo o equipamento de vácuo mais utilizado e sua melhoria de projeto continua sendo o foco dos principais produtores de plantas.