

NOVA DECAPAGEM DA USIMINAS CUBATÃO¹

Vitor Caio de Almeida²
Amauri Dias de Carvalho³
Flávio Takane Imaeda⁴
Americo Ferreira Neto⁵
Karl Kristian Bagger⁶
Luis Augusto Ribeiro⁷

Resumo

Com a entrada em operação do novo Laminador de Tiras a Quente #2 (LTQ #2) da usina de Cubatão da USIMINAS, prevista para o segundo trimestre de 2011, oferecendo produtos com dimensões diferentes dos atuais, surge a necessidade de uma linha de Decapagem, acompanhada de uma nova Unidade de Regeneração de Ácido, para beneficiar as bobinas oriundas do novo LTQ#2. Esta Decapagem atenderá à Laminação a Frio e diretamente o cliente final. A bobina decapada e oleada será um de seus principais produtos, atendendo setores e clientes estratégicos diretamente da Decapagem. Esta nova linha virá dotada de recursos tecnológicos e operacionais que facilitarão a obtenção de produtos de elevado valor agregado, atendendo aos mais rigorosos padrões de conservação ambiental. Sua partida está prevista para o segundo semestre de 2011. É objetivo deste trabalho apresentar as principais características do projeto, bem como seus equipamentos principais.

Palavras-chave: Decapagem; Bobina decapada; Produtos laminados.

NEW PICKLING LINE OF USIMINAS CUBATÃO

Abstract

With the startup of the new Hot Strip Mill #2 (HSM#2) in USIMINAS Cubatão works, foreseen for the second quarter of 2011, offering products with different dimensions than that used today, arise the necessity of a new Continuous Pickling Line (CPL #3), together with a new Acid Regeneration Plant, to improve coils coming from the new HSM#2. This CPL#3 will attend the existing Tandem Cold Mill and final customers. The pickled and oiled coil (P&O) will be one of its major products, reaching strategic clients and branch directly from the new line. The CPL#3 will come with technological and operational resources which will facilitate to attain products with high level value, observing the most rigorous environmental preservation standards. The startup is foreseen for the third quarter of 2011. The target of this paper is to present the main features of the design, as well its main equipments.

Key words: Pickling line; Pickled and oiled coil; Cold rolled products.

¹ Contribuição técnica ao 47º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 26 a 29 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.

² Sócio da A.B.M., Engenheiro electricista, Especialista em Automação, Engenheiro de Manutenção da Laminação a frio da Usiminas, Cubatão/SP. E-mail vitor.almeida@usiminas.com

³ Sócio da A.B.M., Engenheiro electricista, Mestre em Engenharia, Engenheiro de Manutenção da Laminação a frio da Usiminas, Cubatão/SP. E-mail amauri.carvalho@usiminas.com

⁴ Sócio da A.B.M., Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia, Engenheiro de Manutenção da Laminação a frio da Usiminas, Cubatão/SP. E-mail flavio.imaeda@usiminas.com

⁵ Sócio da A.B.M., Engenheiro electricista, MBA, Gerente de produção de Decapagem, Laminador de tiras a frio e Acabamento a quente da Usiminas, Cubatão/SP. E-mail americo.ferreira@usiminas.com

⁶ Sócio da A.B.M., Engenheiro Metalurgista, MBA, Coordenador de Gestão da Laminação a frio da Usiminas, Cubatão/SP. E-mail karl.bagger@usiminas.com

⁷ Sócio da A.B.M., Engenheiro de Materiais, MBA, Engenheiro de Produção da Laminação a Frio da Usiminas, Cubatão/SP. E-mail luis.ribeiro@usiminas.com

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de atender a demanda cada vez mais exigente do mercado de laminados planos a quente direcionou o plano de investimentos da Usiminas para um novo Laminador de Tiras a Quente na usina de Cubatão. Dotado de recursos para atender a dimensões, qualidades e especificações diferenciadas das atuais oferecidas ao mercado. Completando a capacidade produtiva e a flexibilização no atendimento de produtos laminados a quente, surge a necessidade de uma Decapagem contínua moderna e de alta produtividade. Adicionando a capacidade de oferecer produtos com rigorosos requisitos de qualidade e com características na forma e acabamento diferenciados para atender as aplicações mais exigentes.

As projeções consideram que serão fornecidos os materiais para estampagem, os aços HSLA e, especialmente os aços para aplicação em rodas. Equipamentos como máquina de solda a laser, desempenadeira sob tensão, decapagem por turbulência em tanques rasos na seção de processo, estação de aparamento lateral com troca rápida de navalha, inspeção de qualidade superficial automática, oleadeira eletrostática, identificação automática das bobinas, equipam a nova Decapagem, um projeto da Andritz Metals da Áustria. Faz parte do investimento da Decapagem, uma nova Regeneração de Ácido (ARP) que, além de atender ao novo empreendimento, também substituirá as unidades existentes, passando também a atender às linhas de Decapagem existentes. A Planta de Regeneração de Ácido será composta de duas unidades completamente independentes e um parque de tanques comum a ambas. O sistema de regeneração de ácido do tipo leiteo fluidizado será fortemente automatizado e contará com sistemas de tratamento de gases para obtenção de emissões absolutamente dentro dos limites exigidos pela legislação ambiental. Esta nova planta irá abastecer a nova linha e as Decapagens já existentes na usina.

2 CARACTERÍSTICAS DA NOVA DECAPAGEM

A seguir serão apresentados os principais parâmetros dos equipamentos, bem como dimensões e algumas características.

No Quadro 1 constam as principais características da nova Decapagem e no Quadro 2 as características das bobinas de entrada e saída.

Quadro 1 – Características da nova Decapagem.

Fabricante	Andritz
Capacidade nominal	1,7 Mt/ano
Produtividade máxima	500 t/hora
Velocidades	Entrada = 450 m/min Centro = 240 m/min Saída = 300 m/min
Quantidade de desenroladeiras	02
Capacidade das acumulações	Entrada = 500 m; Saída = 400 m
Quantidade de tanques	04
Comprimento de cada tanque	28 m
Quantidade de enroladeiras	02
Comprimento da linha	250 m

Quadro 2 – Características das bobinas na entrada e saída da nova Decapagem.

Espessura	Mínima = 1,2 mm Máxima = 6,5 mm
Largura	Mínima = 600 mm Máxima = 1800 mm
Diâmetro interno na entrada	660 mm ou 762 mm (usando acessórios)
Diâmetro interno na saída	610 mm ou 762 mm (usando acessórios)
Diâmetro externo na entrada	Mínimo = 1.000 mm Máximo = 2100 mm
Diâmetro externo na saída	Mínimo = 800 mm Máximo = 2.100 mm
Peso máximo	35.000 kg
Resistência a tração	Máxima de 800 N/mm ²
Limite de escoamento	Máximo de 570 N/mm ²

3 FUNÇÃO DA DECAPAGEM

Na saída da etapa de Laminação a Quente, a superfície da chapa de aço passa por um resfriamento brusco, produzindo uma camada de óxidos na superfície metálica devido à reação com o oxigênio do ar, ou seja, a chapa sofre um resfriamento e o ferro combina-se com o oxigênio presente no ar, criando assim uma fina camada de óxido de diferentes composições e espessuras em função da temperatura, do tempo de processo, das condições de resfriamento, do meio ambiente e do tipo de aço.

Por exigência de clientes ou necessidade de processos posteriores, esta fina camada de óxido deve ser removida. Chama-se “Decapagem” o processo que visa à remoção destas oxidações, na forma de carepas de laminação, sobre a superfície de tiras metálicas e que, normalmente, utiliza ácido clorídrico para esse fim, podendo ser uma linha contínua ou não. No processo da fabricação do aço a Decapagem é utilizada entre as etapas de Laminação a Quente e Laminação a Frio. Portanto, estas bobinas devem ser fornecidas decapadas e oleadas. A Figura 1 apresenta um lay out geral de uma linha de Decapagem indicando suas principais seções de processo.

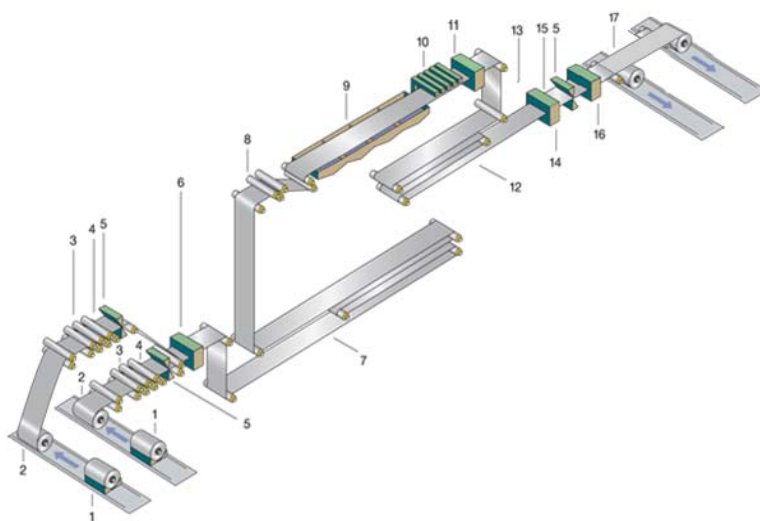


Figura 1 – Figura ilustrativa de uma linha de Decapagem contínua.⁽¹⁾

Quadro 3 – Identificação dos componentes indicados na Figura 1

1	Abastecimento	9	Tanques de decapagem
2	Desenroladeiras	10	Sistema de lavagem
3	Desempenadeira	11	Secador
4	Medidor de espessura	12	Acumulador de saída
5	Tesoura transversal	13	Inspeção de qualidade
6	Máquina de solda	14	Tesoura lateral
7	Acumulador de entrada	15	Medidor de espessura
8	Desempenadeira sob tensão	16	Oleadeira eletrostática
		17	Enroladeiras

4 CARACTERÍSTICAS DA NOVA LINHA DE DECAPAGEM

A seguir serão descritas as etapas do processo da nova linha de Decapagem e serão realçados os principais recursos e características de seus componentes.

4.1 Seção de Entrada

Inicia no sistema de transporte de bobinas de entrada, local onde as bobinas provenientes do processo de Laminação a Quente, são colocadas antes de entrar no processo, sendo verificados o seu diâmetro externo, seu peso e confirmado o número do volume de acordo com a programação da linha. A seguir, na seção de desbobinamento, a bobina será centralizada no mandril da desenroladeira. Normalmente o abastecimento das desenroladeiras será feito de forma alternada (desenroladeiras 1 e 2). As bobinas serão oriundas do LTQ 1 (\varnothing interno de 660 mm) ou LTQ 2 (\varnothing interno de 762 mm). Uma vez posicionada a bobina na desenroladeira, sua ponta é guiada por rolos de tração para alimentar a desempenadeira e preparar o início da tira para os demais passos do processo de encaixe. Depois será descartada qualquer parte defeituosa. A espessura e largura da tira desenrolada serão monitoradas continuamente, melhorando o rastreamento dos produtos e o acerto das pontas das bobinas para o processo de soldagem, além de aprimorar o rendimento.

4.2 Máquina de Solda

Na máquina de solda a laser, as extremidades das tiras são unidas, tornando a Decapagem contínua. Esta máquina, de operação totalmente automática, possui regulagem de potência e recursos de monitoramento de parâmetros e do processo que ajudam a garantir o bom resultado da soldagem. Esta máquina também possuirá a função de pré-aquecimento das tiras por indução, garantindo sempre uma superfície seca durante a solda. A Figura 2 ilustra as partes principais de uma máquina de solda a laser e o Quadro 4 algumas de suas características.

Quadro 4 – Características da Máquina de Solda a Laser.

Fabricante	Miebach
Modelo	HSL 19
Potência do laser	12 kW

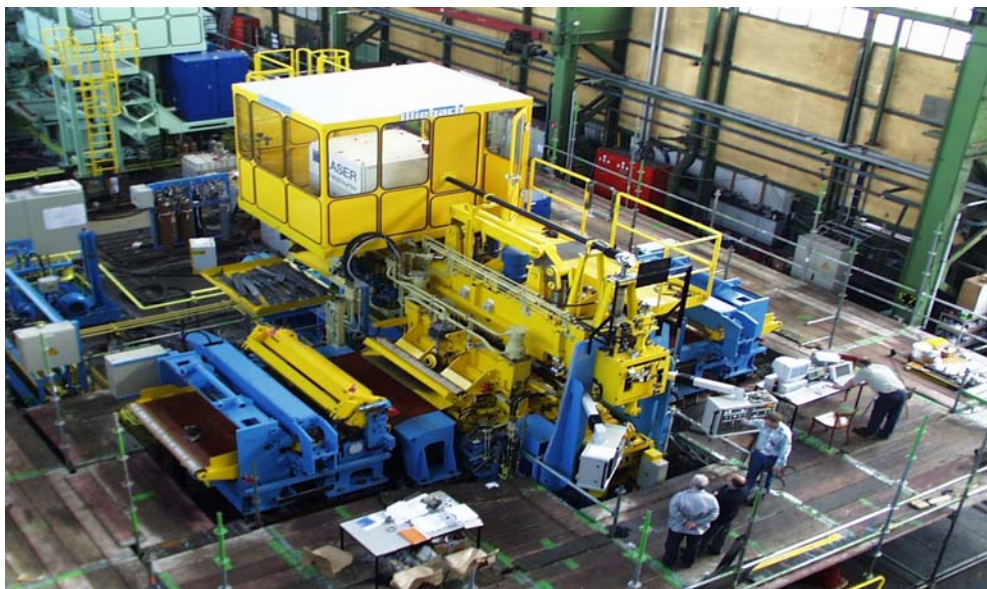


Figura 2 – Máquina de solda a laser da Miebach.⁽²⁾

4.3 Acumulador de Entrada

Na sequência, a bobina segue para o acumulador de entrada. Com um projeto de 4 linhas acumuladoras, serve como estocagem intermediária a fim de permitir que a seção de entrada possa parar para a alimentação com uma nova bobina e/ou efetuar a solda com a extremidade da bobina anterior sem haver interrupção de processamento da tira nos tanques de decapagem. Quando o acumulador está completo, a velocidade é automaticamente reduzida para a velocidade de tratamento.

4.4 Desempenadeira sob Tensão

Em seguida a tira passará pela desempenadeira sob tensão, tipo úmida, que tem como função promover a quebra da camada de carepa existente na superfície da tira laminada a quente e melhorar a planicidade da tira. Isto é feito curvando a tira ao redor de rolos de trabalho. As fibras externas da tira serão alongadas de tal forma que a camada de carepa se quebrará. Desta forma o contato do ácido com a carepa será aumentado, fazendo com que a produtividade da Decapagem aumente pela redução do tempo de decapagem. A tira será alongada através da combinação de dois fatores; o curvamento e a aplicação de tensão na mesma. Esta combinação faz com que sejam corrigidos pequenos defeitos de planicidade da tira tais como, ondulações e empenos. A tensão necessária para produzir alongamento é feita por rolos tensores antes e após a desempenadeira. A Figura 3 apresenta alguns detalhes da desempenadeira sob tensão. O Quadro 5 mostra as principais características deste equipamento.

Quadro 5 – Características da desempenadeira sob tensão.

Fabricante	Andritz/Sundwig
Planicidade	Entrada: 100I-Units Saída: 10I-Units
Tensão na saída	700 kN
Máximo alongamento	2,5 %
Tipo	Úmida

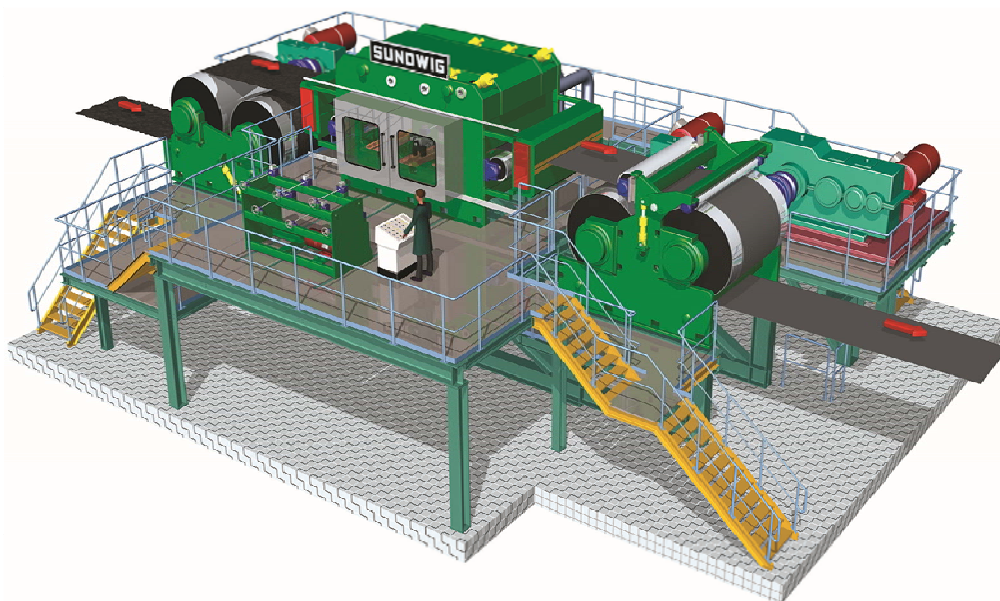


Figura 3 – Desempenadeira sob tensão.⁽³⁾

4.5 Seção de Tratamento Químico – Tanques Rasos

A nova Decapagem utilizará ácido clorídrico (HCl). O tanque de decapagem da linha será construído em polipropileno e será subdividido em quatro seções com suas respectivas tampas e vedação por selo d'água, conectadas ao sistema de exaustão, sendo mantida a pressão levemente negativa, para prevenir escape de gases na área de trabalho. Cada seção é separada da outra por uma combinação de barreiras e rolos espremedores, para evitar a passagem de solução ácida com concentrações diferentes de uma seção para outra.

As várias seções são conectadas por um sistema de contra fluxo do ácido, tipo cascata, feito em tanques auxiliares o que permite concentrações diferentes de ferro/ácido, em cada seção. A preparação da solução de cada tanque é realizada nos tanques auxiliares. O primeiro tanque é o de menor concentração de ácido e o último o de maior (a concentração é crescente do tanque 1 para o tanque 4). Os principais parâmetros do banho da decapagem são: a concentração de ácido, a temperatura e a velocidade de passagem da tira. Cada tanque tem seu controle individual de temperatura de aquecimento e concentração de ácido e são previamente calculadas por um modelo matemático de acordo com o material a ser produzido. A solução ácida é injetado em cada tanque por injetores localizados ao longo das paredes dos tanques e seu aquecimento é realizado por troca térmica através de trocadores de calor alimentados a vapor. Na seção final, dois rolos espremedores evitam a passagem de ácido para o tanque de lavagem.

A descarga da solução ácida utilizada para a Regeneração de Ácidos é controlada

automaticamente e há medição de condutividade para monitorar a concentração da solução.

A utilização de tanques rasos com injeção de ácido lateralmente na Decapagem traz os seguintes benefícios:

- não há necessidade do uso de levantadores para retirar a tira da solução ácida durante uma parada da linha;
- não há a necessidade de se controlar altura da tira dentro dos tanques;
- pequeno volume de solução permitindo um rápido retorno à operação após um longo período de parada;
- redução do tempo de decapagem comparado aos tanques profundos;
- uso da energia necessária para movimentar a tira através dos tanques para aumentar a circulação do ácido; e
- rápida alteração das temperaturas do banho de decapagem.

O uso do polipropileno na confecção dos tanques permite uma redução na manutenção dos tanques, seu peso é menor, não é necessária a camada de tijolos refratários e o revestimento de borracha dos tanques feitos em aço. Não é necessário pintar o tanque. A Figura 4 ilustra alguns detalhes do tanque de decapagem em polipropileno.

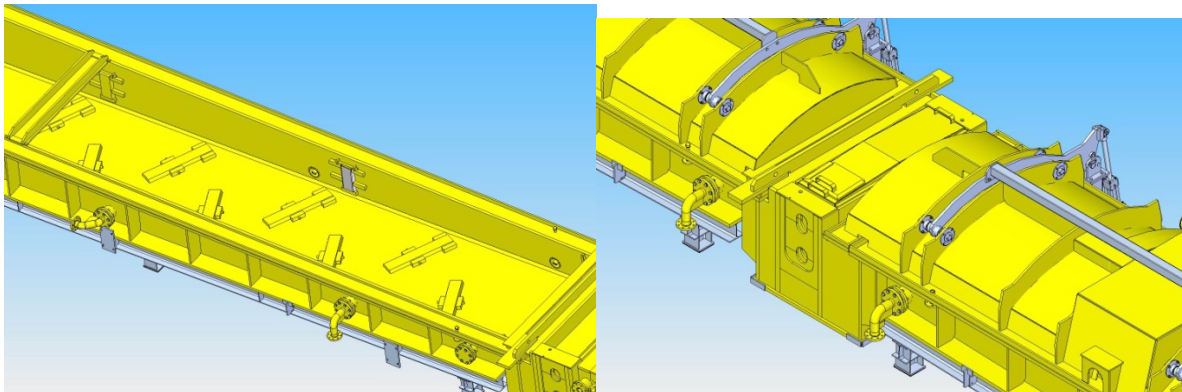


Figura 4 – Detalhes de um tanque de decapagem em polipropileno.

Um sistema de exaustão previne que gases formados durante o processo de decapagem sejam liberados na área de produção, pois mantém toda a seção química sob uma pequena pressão negativa. Todos os gases oriundos do exaustor são limpos em um lavador de gases e passam por dois separadores de gotas antes de serem liberados na atmosfera.

Toda a seção de decapagem é automática. É supervisionada e controlada por um CLP que recebe informações sobre o material, dimensões, composição do aço, limites de resistência e de escoamento, além das concentrações de ácido e ferro no primeiro tanque.

4.6 Sistema de Lavagem

Após os tanques de decapagem tem-se uma seção de lavagem compacta e de alta eficiência, composta de cinco estágios em cascata em uma configuração de contra-fluxo. É automaticamente controlada e necessita somente de uma pequena quantidade de água de make-up. O sistema de controle mantém baixa a concentração de ácido na última seção, assegurando uma tira com a superfície limpa após o tratamento. Todo o condensado gerado na linha é reutilizado na lavagem. A água da primeira lavagem é enviada para a Regeneração de Ácido.

Após a lavagem a tira passa pela seção de secagem composta por um dispositivo de sopro de borda da tira e um secador de ar quente. Caso a tira fique parada na seção de tratamento, será possível retornar o trecho de tira que fica dentro da seção de lavagem e secador para uma redecapagem, evitando a formação de manchas na tira. A Figura 5 mostra detalhes do tanque do sistema de lavagem.

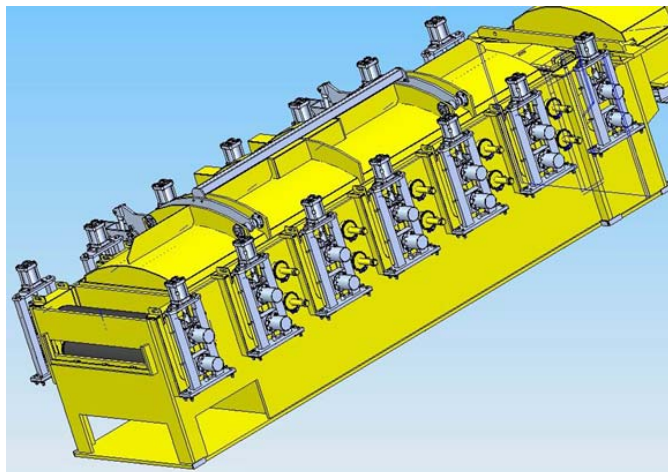


Figura 5 – Detalhes do sistema de lavagem em polipropileno.

4.7 Seção de Saída

Na sequência, a tira segue para o acumulador de saída. É um projeto de quatro linhas de acumuladores, similar ao de entrada, porém este está localizado na parte superior na área abaixo dos tanques, serve como estoque intermediário permitindo que a saída pare para retirada das bobinas produzidas, sem haver interferência no processo da tira nos tanques de decapagem. Este acumulador deve trabalhar sempre vazio para que possa acumular a maior quantidade possível de tira. Quando liberada a saída a velocidade é alta e logo que o acumulador fique vazio a velocidade cai para a velocidade da seção de tratamento.

Seguindo o processo, a tira é direcionada para a tesoura lateral, dotada de troca rápida de lâminas e ajustes totalmente automáticos. Com estes recursos a linha ganhará em eficiência e precisão na obtenção de larguras de seus produtos.

Um sensor que indica exatamente a posição da solda faz com a tira seja automaticamente parada na posição de corte e, caso haja diferença de largura das tiras, está é entalhada. Faz parte do conjunto um picador de sucata que está localizado logo após a tesoura lateral.

4.8 Inspeção de Qualidade

Depois de ser cortada, a tira é direcionada a passar por uma estação de inspeção vertical que possibilitará o acompanhamento confortável de ambas as superfícies da tira. Um sistema de inspeção automática, com câmeras posicionadas no final do acumulador de saída, auxiliará nas atividades do inspetor de qualidade. A Figura 6 apresenta o sistema de inspeção automática que será implementado na nova Decapagem.

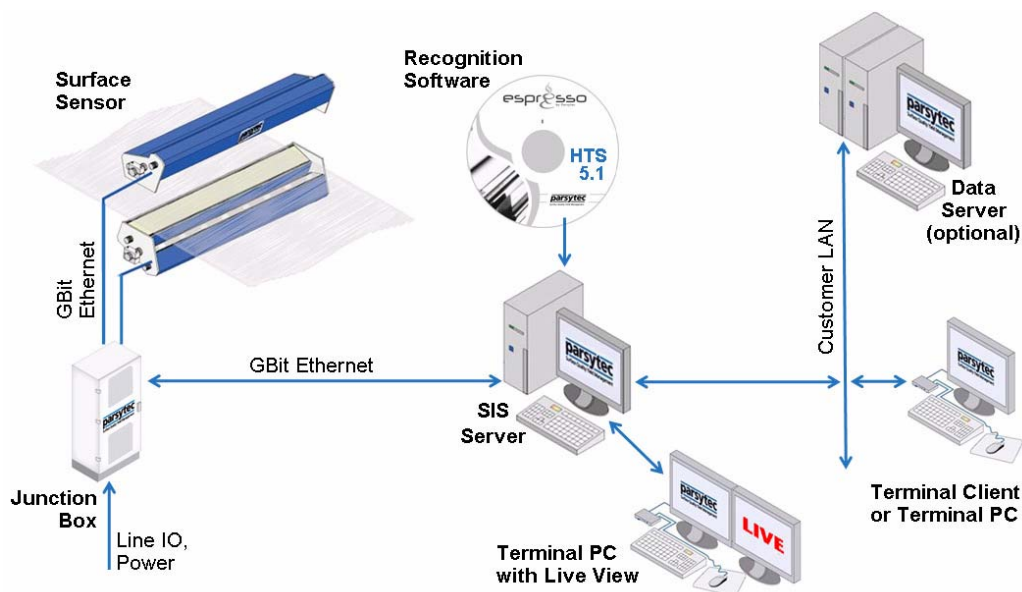


Figura 6 – Sistema de inspeção automática “espresso SI”.

Quando houver a necessidade de uma verificação do resultado de uma inspeção, será possível rever todo o comprimento da tira off line, pois estarão disponíveis os arquivos com as imagens das inspeções automáticas realizadas. O sistema também terá a funcionalidade de desaceleração automática caso algum defeito pré-qualificado aconteça. A região defeituosa irá parar dentro da cabine de inspeção de qualidade para permitir uma avaliação mais precisa pelo inspetor de qualidade. Após a estação de inspeção, a largura e a espessura da tira serão medidas continuamente.

4.9 Seção de Saída

Nesta seção se encontra a oleadeira eletrostática, capaz de aplicar oleamento controlado em ambas as superfícies da tira. Será possível a aplicação de até três tipos de óleo, com gramaturas de até 2,0 g/m². A Figura 7 apresenta o modelo da oleadeira que será instalada.

A seguir, as duas enroladeiras, aptas a produzir bobinas com até 35 toneladas, possuem controle de posicionamento de bordas e manterão a produtividade da linha no caso da necessidade de atendimento de pedidos com baixos pesos de bobina.



Figura 7 – Oleadeira eletrostática.

As cintadeiras automáticas podem aplicar até três cintas longitudinais nos volumes produzidos. Um identificador automático de bobinas poderá escrever informações que permitirão o rastreamento do produto facilmente. A Figura 8 mostra o esquema da seção de saída. As bobinas na saída da linha poderão tomar dois sentidos. Um deles encaminha as bobinas para a área de embalagem final, de acordo com o pedido do cliente. O sentido oposto leva as bobinas para o pátio de estocagem do Laminador de Tiras a Frio.

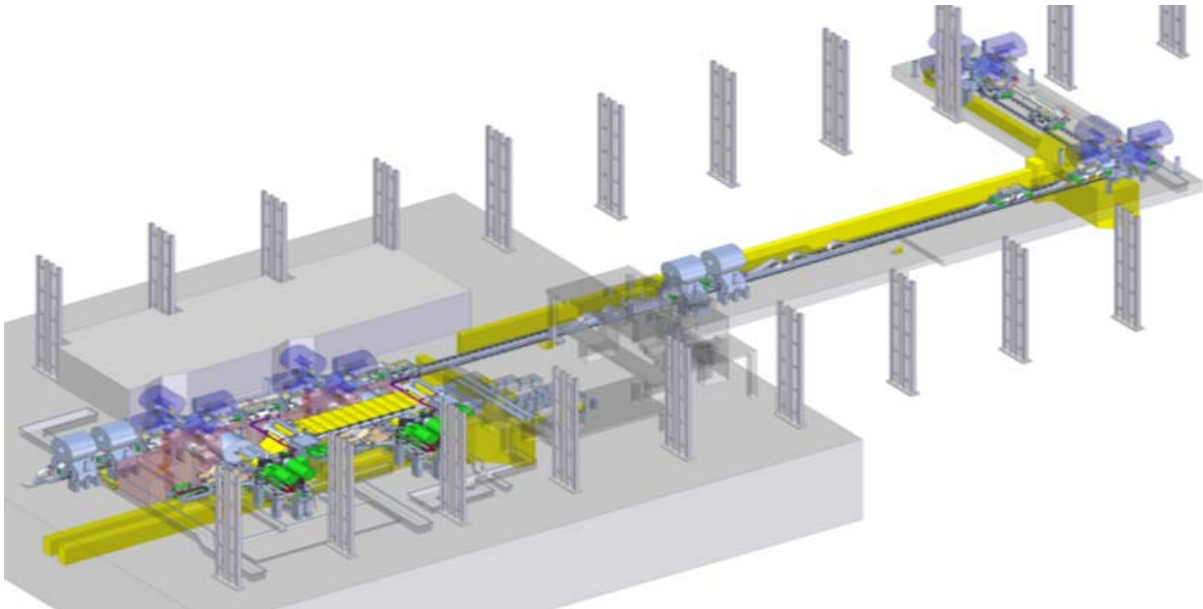


Figura 8 – Saída da Decapagem #3.

5 SISTEMA DE REGENERAÇÃO DE ÁCIDO

Na Figura 9 observa-se um diagrama esquemático da planta de Regeneração de Ácido. É possível identificar os vários sistemas que compõe o processo e que são descritos a seguir.

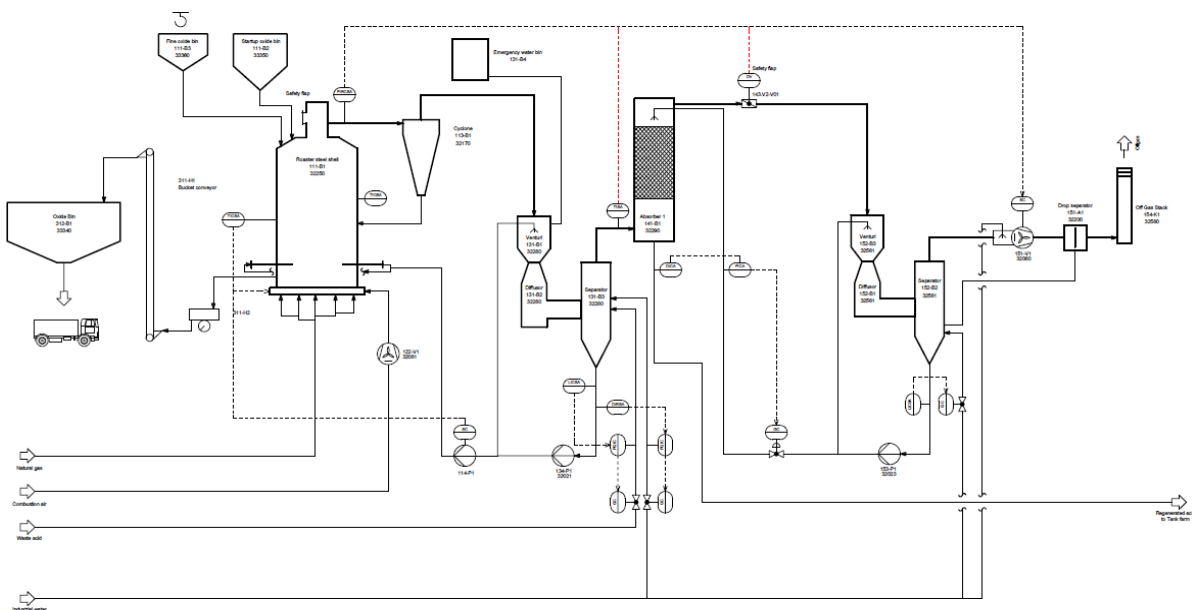


Figura 9 – Unidade de Regeneração de Ácido clorídrico.

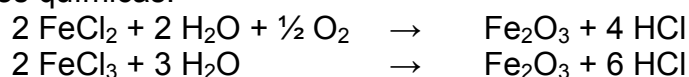
5.1 Resfriamento de Gás e Pré-concentração

O ácido usado é bombeado continuamente da Decapagem para o tanque de ácido usado. A partir deste tanque, este ácido é transferido para o separador do pré-concentrador. Um circuito de recirculação transfere o ácido usado do separador para o venturi do pré-concentrador. Neste venturi os gases quentes vindos do reator, entram em contato o ácido usado. Enquanto este líquido é aquecido e concentrado, o calor dos gases do reator é recuperado através da evaporação de parte deste volume. Simultaneamente, a corrente de gás é resfriada de aproximadamente 850°C para uma temperatura em torno de 95°C. Esta interação resulta em gotas as quais são segregadas da corrente de gás no separador. O nível de líquido no separador é controlado pela adição de ácido usado sendo também controlada a densidade através do acréscimo de água.

5.2 Processo Térmico

A solução concentrada é enviada para o reator através de uma “lança” de ácido, que mantém a temperatura constante em 850°C. O sistema de queimadores é localizado no fundo do reator e é composto por vários bicos. Ar comprimido é injetado pelo soprador de ar de combustão dentro da caixa de ar de onde o ar é alimentado através dos bicos queimadores, no interior do reator. Nos bicos queimadores o ar é misturado com o gás combustível e a combustão propriamente acontece no leito fluidizado. Esta combustão fornece a energia necessária tanto para a evaporação quanto para as reações no reator. O gás de combustão serve também para fluidizar o óxido no leito fluidizado.

As reações químicas do ácido usado no interior do reator são descritas segundo as seguintes equações químicas:



A temperatura no interior do reator é controlada através da quantidade de ácido usado adicionado é mantida constante pela excelente mistura de gás e partículas por todo o leito fluidizado.

O óxido produzido forma camadas nas partículas existentes. Os gases do reator consistidos de ácido clorídrico, vapor de água e gases de combustão saem através do topo do reator e passam através de um separador ciclone que remove parte do óxido de ferro. Este óxido retido no ciclone retorna para o interior do reator. Após deixar o ciclone os gases passam pelo pré-concentrador.

5.3 Transporte e Armazenagem do Óxido Produzido

Com o objetivo de manter constante o tamanho do leito no interior do reator um transportador vibratório é controlado pela queda da pressão no leito fluidizado. Este óxido é enviado para um transportador em espiral, levado até um silo para futuro embarque para algum cliente final ou para a sinterização.

5.4 Absorção

Passando pelo pré-concentrador o gás resfriado do reator entra na coluna do absorvedor. Água é inserida no topo do absorvedor para produzir o ácido clorídrico

por absorção adiabática no contra-fluxo. O ácido regenerado deixa o absorvedor pela parte inferior e é encaminhado para o tanque de estocagem.

5.5 Limpeza dos Gases de Exaustão

Após o absorvedor os gases passam pela etapa de limpeza que consiste de:

- *Lavador venturi* – neste lavador os gases entram em contato com água industrial e de lavagem com o objetivo de remover o HCl e partículas. Esta interação resulta em gotas que são segregadas da corrente de gases no separador. Uma porção da líquido circulante no venturi é enviada para o topo da coluna de absorção.
- *Exaustor de gases* – o gás é transportado pela ARP pela variação de velocidade do exaustor de gases o qual controla a pressão negativa na ARP. O rotor do exaustor é jateado com água para uma lavagem adicional dos gases de exaustão. Um separador de gotas é instalado na frente do exaustor. O líquido obtido é reenviado para o lavador venturi.

O Quadro 3 resume as principais características da Planta de Regeneração de Ácido.

Quadro 3 – Características da planta de regeneração de ácido clorídrico.

Fabricante	Andritz
Número de unidades	02
Tecnologia empregada	Leito fluidizado
Capacidade de regeneração	6000 l/h por unidade
Geração de óxido	1.000 kg/h
Área de tanques	7 tanques de 200 m ³

Esta Planta de Regeneração passará a abastecer todas as linhas de Decapagem da Usiminas Cubatão.

6 CONCLUSÃO

A implantação desta nova linha Decapagem Contínua na planta de Cubatão da Usiminas, assegurará a capacidade de atender ao mercado com produtos de alta qualidade, graças à grande quantidade de recursos tecnológicos operacionais e a um forte projeto de automação do processo. Equipamentos que incorporam o que há de mais moderno habilitam este novo equipamento a operar com precisão, sem agredir ao meio-ambiente e com menor custo final.

REFERÊNCIAS

- 1 Andritz Metals. Technical Specification for No.3 Continuous Pickling Line for USIMINAS. Junho, 2009. www.salzgitter_flachstahl.de
- 2 Hugo Miebach GmbH. Laser Welder HSL19 for the CPL No.3 of USIMINAS – Technical Specification. 2009 www.miebach.de
- 3 Parsytec Computer GmbH. Surface Inspection System Espresso SI for the CPL No.3 of USIMINAS – Technical Specification. 2009.