

LAMINAÇÃO DE TIRAS A QUENTE DA GERDAU¹

Altair Lucio de Souza²
Jacson Moraes Borges³
Willy Schuwarden Junior⁴
Maurício Martins Pereira⁵
José Herbert Dolabela da Silveira⁶

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar a nova linha de Laminação de Tiras a Quente da Gerdau na Usina de Ouro Branco, marcando a entrada da empresa na produção de aços planos no Brasil. A primeira fase do projeto consiste de um forno de reaquecimento de placas, um laminador de tiras a quente do tipo Steckel, sistema de resfriamento de tiras do tipo laminar, uma bobinadeira final além de sistema de inspeção automática da superfície, máquinas de marcação e cintagem automáticas. Neste projeto estão empregadas as mais modernas tecnologias para garantir a qualidade do produto tais como automação completa dos equipamentos com modelos matemáticos de controle do processo, sistema de otimização do corte de pontas, sistema HAGC, Work Roll Bending e Work Roll Shifting com tecnologia Smart Crown. A nova linha terá capacidade de produção de 800 mil toneladas por ano na primeira fase, podendo alcançar 1,2 milhões de toneladas na segunda fase com espessura variando entre 1,5 a 20 mm e largura entre 900 a 2100 mm com peso máximo de bobina de 44 toneladas, na segunda fase.

Palavras-chave: Laminação de tiras a quente; Bobina a quente; Produto laminado.

NEW GERDAU HOT STRIP MILL

Abstract

This paper intends to present the new line of Gerdau Hot Strip Rolling Mill which is currently under construction in Ouro Branco Works, marking the company's entry in the production of flat steel in Brazil. The first stage of the project consists in a Reheating Furnace, Hot Strip Mill single stand type Steckel, Cooling System type laminar and Down Coiler, Automatic Inspection System, Marking and Strapping Machines. In this project are being employed the latest technologies to ensure product quality such as full automation of equipment with mathematical models for process control, crop cutting optimization system, H-AGC systems, Work Roll Bending and Work Roll Shifting with Smart Crown technology. The new line will have a production capacity of 800 thousand tons per year in the first stage, reaching 1.2 million tons in the second stage with a thickness ranging from 1.5 to 20 mm and width from 900 to 2100 mm, maximum coil weight 44 tonnes in the second stage.

Key words: Hot strip mill; Hot coil; Flat product.

¹ *Contribuição técnica ao 50º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 18 a 21 de novembro de 2013, Ouro Preto, MG, Brasil.*

² *Sócio da ABM, Engenheiro Metalurgista, M.Eng.– Assessor Técnico da Laminação de Tiras a Quente da Gerdau.*

³ *Sócio da ABM, Técnico Mecânico – Assessor Técnico da Laminação de Tiras a Quente da Gerdau.*

⁴ *Sócio da ABM, Engenheiro Mecânico, M.Eng – Gerente da Laminação de Tiras a Quente da Gerdau.*

⁵ *Sócio da ABM, Engenheiro Metalurgista, M.B.A.– Chefe de Operação da Laminação de Planos da Gerdau.*

⁶ *Sócio da ABM, Engenheiro Metalurgista, M.Eng., M.B.A, – Gerente da Laminação de Chapas Grossas da Gerdau.*

1 INTRODUÇÃO

A Gerdau mostra neste trabalho um de seus maiores projetos que é a construção da linha de laminação de tiras a quente, visando atender as mais exigentes condições de mercado brasileiro e do exterior através da obtenção de produtos com excelente homogeneidade de propriedades mecânicas, planicidade e uniformidade de espessura.

Os produtos da nova linha de tiras a quente são destinados principalmente à fabricação de produtos como maquinário em geral, construção civil, naval, vasos de pressão e tubos de grande diâmetro. Além disso, a Gerdau visa atuar no florescente mercado de óleo e gás, estando preparada para atender às demandas que serão geradas pelos investimentos nesse setor no Brasil.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a nova linha de Laminação de Tiras a Quente da Gerdau.

2 DESENVOLVIMENTO

O novo laminador de tiras a quente da Gerdau possui uma concepção compacta para produção de bobinas a quente. Com 270 metros de comprimento tem capacidade de 823 mil t/ano de bobinas a quente nas espessuras entre 2,0 e 20 mm e largas entre 900 e 2100 mm.⁽¹⁾

A linha é composta por um Forno de Reaquecimento de Placas de 220/265 t/h, um laminador de Tiras a Quente do tipo Steckel, um Sistema de Resfriamento de Tiras com comprimento de 45 metros do tipo laminar flow e uma Bobinadeira hidráulica.

O projeto foi concebido com as mais recentes tecnologias para controle da temperatura, dimensão e forma do laminado. Com respeito ao controle de qualidade, foi instalado um Sistema de Inspeção On line para assegurar a qualidade de todas as tiras laminadas.

O plano de implantação dessa nova linha de laminação a quente é composto, também, por um laminador de acabamento (*Hot Skin Pass*) acoplado com uma linha de apartamento de bordas e divisão e uma oficina de cilindros.

O projeto da nova linha de laminação está dividido em duas fases distintas, onde a primeira fase irá iniciar com capacidade de produção de 823 mil toneladas por ano, podendo alcançar 1,2 milhões de toneladas na segunda fase do projeto.⁽¹⁾

A Figura 1 apresenta o layout geral do novo laminador de tiras a quente da Gerdau Ouro Branco e seus principais equipamentos contemplados nas duas fases de implantação.⁽¹⁾

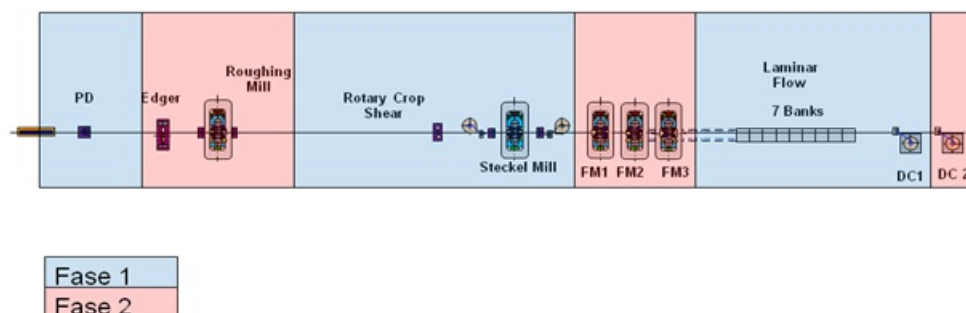


Figura 1 – Layout do novo laminador de tiras a quente da Gerdau Ouro Branco.

A seguir serão apresentados os principais equipamentos da linha de laminação a quente.

2.1 Forno de Reaquecimento de Placas

A qualidade da bobina laminada a quente começa nos Fornos de Reaquecimento, onde as placas devem ser reaquecidas de forma uniforme com um perfil de temperatura apropriado para obtenção de propriedades mecânicas e metalúrgicas requeridas durante sua laminação. Para tanto, é desejável um controle dinâmico e automático das temperaturas para que se reduza, também, o consumo de combustível, uma vez que esse item é responsável por uma grande parcela dos custos de operação do processo de laminação a quente.⁽²⁾

Para obter tal desempenho, a nova linha de laminação a quente conta com um forno de reaquecimento de placas tipo *walking beam*, totalmente automatizado, com sistema de modelamento matemático para otimização das temperaturas de aquecimento e do consumo de combustível. Além da tecnologia de combustão *Flameless* (sem chama), onde o regime de combustão é caracterizado pela ausência de chama.⁽²⁾

A Tabela 1 apresenta as principais características do forno de reaquecimento de placas do LTQ.

Tabela 1. Características do Forno de Reaquecimento

Tipo		Walking Beam
Capacidade		220 t/h
Comprimento útil		56.200 mm
Largura útil		8000 mm
Dimensões da Placa	Espessura	220 e 250 mm
	Largura	900 a 2100 mm
	Comprimento	3600 a 7500 mm
Combustível		GCO, GAC e/ou GN
Fornecedor		LOI – ITALIMPIANTI

2.2 Unidade de Descarepação

Para obter uma superfície isenta de carepas, a nova linha de laminação a quente conta com um Sistema de Descarepação totalmente automatizado e com elevada capacidade de remoção de carepa através do impacto de jatos de água com bicos de alto impacto.⁽¹⁾

A Tabela 2 apresenta as principais características do Sistema de Descarepação Primária.

Tabela 2. Características do Descarepador Primário

Tipo	Rotativa
Pressão de descarepação	220 bar
Quantidade de Headers	4 – 2 superiores e 2 inferiores
Quantidade de bicos	26 em cada header
Ajuste de altura	Automático
Fornecedor	Ebara

2.3 Tesoura Rotativa com Sistema de Otimização de Corte

A Tesoura Rotativa está localizada do lado da entrada, antes do Forno de entrada do laminador de tiras a quente. A tesoura tem a função de cortar as pontas do esboço (topo e base), após a fase de desbaste, antes de iniciar a fase de acabamento da laminação.⁽¹⁾

Após a ponta inicial do esboço alcançar os sensores de entrada da Tesoura, o Sistema de Otimização de Corte faz a leitura e registro do formato da ponta e sua largura, passando essas informações para o controle de nível 1 que irá controlar a velocidade das mesas, velocidade do material e Tesoura Rotativa para iniciar o corte.

A Tabela 3 apresenta as principais características da Tesoura Rotativa.

Tabela 3. Características da Tesoura Rotativa

Tipo	Rotativa
Força de Corte	890 tf
Torque Máximo	2870 KNm
Velocidade de Corte	0,8 – 1,5 m/s

2.4 Laminador Steckel

A linha conta na primeira fase de implantação, com um laminador de tiras a quente do tipo Steckel. O laminador é do tipo quádruplo reversível que é responsável pelas fases de desbaste e acabamento do laminado. Este laminador é equipado com os mais modernos recursos para obtenção de forma e espessura homogênea ao longo do laminado durante as fases de processamento:⁽¹⁾

- Work Roll Bending,
- Work Roll Shifting,
- Refrigeração de Cilindro Dinâmica
- Perfil dos Cilindros tipo Smart Crown
- Automatic Gauge Control do tipo hidráulico.

Além de modelos matemáticos de setup dos equipamentos e modelo dinâmico de controle de largura, necessários para um maior controle dos parâmetros de processo.

A Tabela 4 apresenta as principais características da Cadeira de Laminação:

Tabela 4. Características do Laminador

Description	Main Parameters
Cedagem	690 t/mm
Mesa dos Cilindros de Trabalho	2500 mm
Diâmetro de Cilindros de Trabalho	Ø 900 – 810 mm
Mesa dos Cilindros de Encosto	2200 mm
Diâmetro de Cilindros de Encosto	Ø 1650 – 1450 mm
Força máxima de laminação	5500 tf
Força do Work Roll Bend	255 t
SmartCrown®	±150 mm para SmartCrown®
Potência dos Motores	2 x 7000kW @ 0 / 80 / 250 rpm.
Torque Nominal	3146 kNm
Velocidade máxima	10,80 m/s

A Figura 2 ilustra o Laminador de Tiras a Quente:



Figura 2 – Esquemático do laminador de tiras a quente do tipo Steckel.

2.5 Fornos do Laminador

Os fornos do laminador de tiras a quente têm a finalidade de acumular e manter aquecida a tira na etapa de acabamento, quando sua espessura está, normalmente, abaixo de 25 mm e seu comprimento acima da capacidade física da linha de laminação.

Possuí controle dinâmico e automático de combustão minimizando as emissões atmosféricas com um mínimo consumo de combustível.⁽¹⁾

A Tabela 5 mostra as principais características dos fornos do laminador.

Tabela 5. Características dos Fornos do Laminador

Item	Descrição
Máxima temperatura	1050 °C
Combustível	Gás Misto ou Gás Natural
Peso específico	20 kg/mm
Peso máximo	42 t
Espessura máxima	25 mm

Uma inovação nesse equipamento são as guias superiores que tem por finalidade o direcionamento da ponta da tira na fenda do dromo, maximizando o rendimento metálico devido redução do número de ocorrências por perda de fenda [2].

Outro ponto a destacar é o Rolo Defletor que está instalado entre os pinch rolls e a porta (rampa) de entrada dos fornos do laminador. Este rolo tem a finalidade de:

- minimizar a vibração causada pelo “calo” formado pela ponta da tira na região da fenda do dromo;
- controlar a tensão/fluxo de massa da tira entre o laminador e o dromo durante o bobinamento;

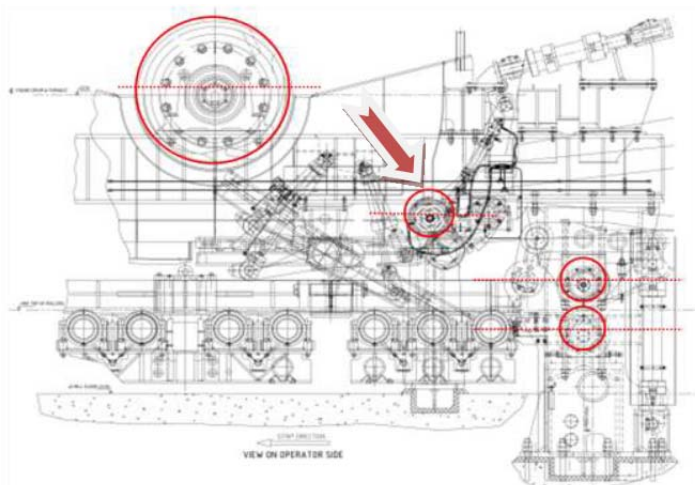


Figura 3. Detalhe do Rolo Defletor instalado entre os Pinch Rolls e a porta de entrada do Forno

2.6 Tecnologias para o Controle de Planicidade da Tira

2.6.1 Work roll bending

O Work Roll Bending é utilizado durante os passes de laminação para compensar as variações na carga de laminação, mantendo o coroamento relativo da tira. Para o processo de laminação em Steckel, esta correção é mais evidente e mais necessária na cabeça e na cauda do material, em função da diferença de carga a maior nesta região devido a menor temperatura.

O modelo matemático calcula a carga de laminação e a flexão dos cilindros de trabalho e então prevê uma carga necessária de Work Roll Bending para possibilitar as correções durante o passe de laminação.⁽¹⁾

2.6.2 Smart Crown®

O Work Roll Shifting com Smart Crown® é usado para ajustar o coroamento mecânico do cilindro de trabalho antes do início do passe. A posição do Work Roll Shifting é calculada pelo modelo matemático de setup do laminador como parte do plano de reduções para obter o coroamento objetivado no material sem usar o Work Roll Bending. Isto permite que toda a faixa de atuação do bending seja usada apenas para manter o coroamento relativo entre passes quando da variação da carga de laminação em relação à carga prevista.

O Work Roll Shifting com Smart Crown® também é usado para compensar o desgaste do cilindro de trabalho, possibilitando estender a campanha do cilindro no laminador.⁽¹⁾

A Figura 4 mostra o princípio básico do perfil do cilindro de trabalho para uso no Smart Crown®:

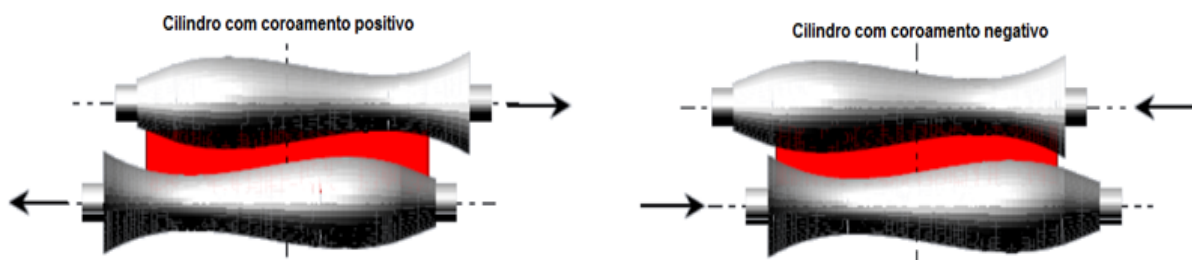


Figura 4 – Perfil smart crown com work roll shifting.

A posição relativa entre os cilindros de trabalho tem relação direta com o coroamento mecânico dos cilindros de trabalho.

2.6.3 Refrigeração dinâmica dos cilindros de trabalho

A Refrigeração Dinâmica é usada para alterar dinamicamente o coroamento térmico dos cilindros de trabalho do laminador. Esta alteração de coroamento térmico é usada para manter o coroamento total dos cilindros apesar do seu aquecimento e desgaste.

O sistema consiste de quatro conjuntos de três headers, com bicos estrategicamente distribuídos entre eles. Um header é utilizado para a refrigeração básica do cilindro. O primeiro header adicional concentra a refrigeração no centro da mesa do cilindro o segundo header adicional concentra a refrigeração nas extremidades da mesa do cilindro. Estes dois headers adicionais permitem um ajuste côncavo ou convexo na distribuição da refrigeração, permitindo uma variação do perfil de refrigeração e por consequência uma variação no perfil de coroamento térmico do cilindro de trabalho.⁽¹⁾

A figura 5 mostra uma simulação de vários perfis de refrigeração que são possíveis variando a vazão dos headers (Básico, Adicional 1 e Adicional 2) e a figura 6 mostra a evolução do coroamento térmico para dois diferentes ajustes do sistema de refrigeração dinâmico dos cilindros de trabalho.

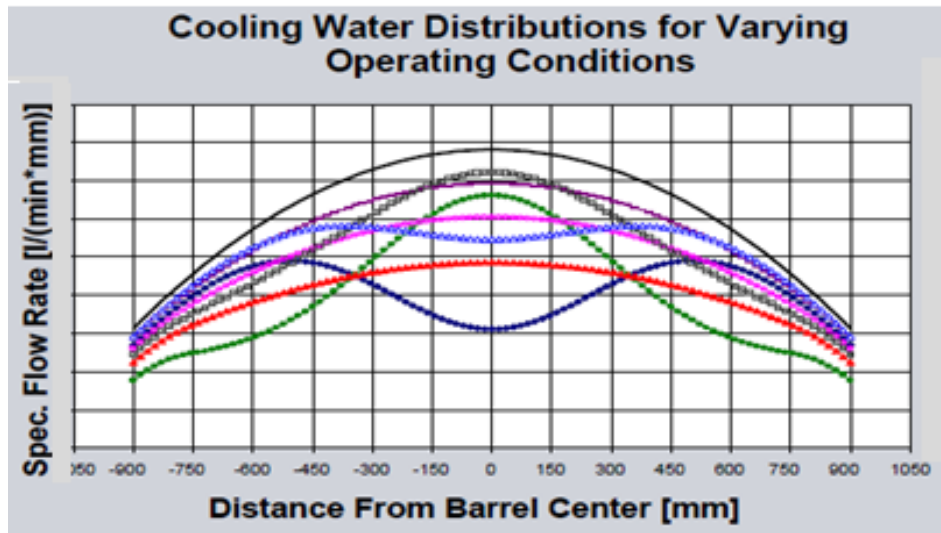


Figura 5 – Perfis de vazão da refrigeração dos cilindros de trabalho em função das estratégias de utilização da refrigeração dinâmica.

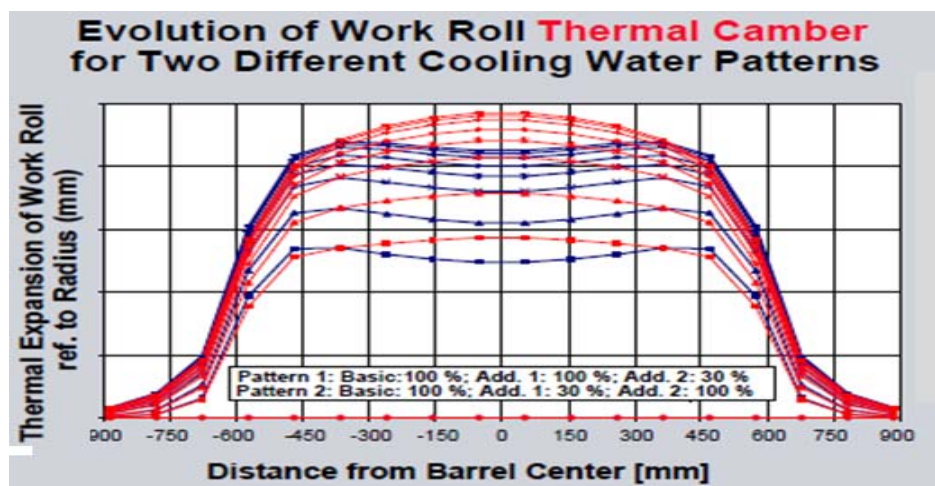


Figura 6 – Variação do Coroamento Térmico dos Cilindros de Trabalho em função de duas diferentes estratégias de refrigeração dinâmica

2.6.4 Sistema de resfriamento de tiras

O sistema de resfriamento de tiras fica situado na mesa de saída do laminador, composto por trinta e dois bancos de resfriamento divididos em duas zonas:

- resfriamento normal e
- resfriamento fino.

Este sistema serve como base para determinar os modos de resfriamento das tiras necessários para a obtenção dos requisitos metalúrgicos para cada tipo de material. Além dos bancos de resfriamento, o sistema possui jatos de água laterais para evitar que a água residual de resfriamento interfira na estratégia adotada.⁽¹⁾

2.6.5 Sistema de inspeção on line da superfície

O laminador de tiras a quente contará com o sistema de inspeção automático fornecido pela Parsytec, o qual foi concebido para a realização de inspeção das superfícies de todas as tiras laminadas. É uma ferramenta de grande auxílio à operação, pois assegura a qualidade das tiras, alta produtividade e eficiência do processo.⁽³⁾

O sistema de inspeção superficial varre toda superfície de uma bobina (ambas as faces) usando sensores baseados em câmeras. Este identifica e classifica todos os defeitos de superfície significativos e fornece aos inspetores de qualidade os resultados em forma de mapa ou na forma de dados estatísticos, juntamente com as imagens dos defeitos observados pelo sistema. Finalmente, todos os resultados são armazenados em banco de dados para posteriores análises de qualidade.⁽³⁾

2.6.6 Bobinadeiras

A bobinadeira está situada no final da linha de laminação, após o sistema de resfriamento de tiras. O equipamento conta com recursos tecnológicos de alto desempenho para o bobinamento das tiras de espessura grossa e de alta resistência mecânica. Desta forma é possível obter uma excelente qualidade de bobinamento, reduzindo a ocorrência de retrabalhos e ainda, possibilitando o bobinamento apropriado do todo mix de produto.⁽¹⁾

O acionamento mecânico do equipamento é realizado através de cilindros hidráulicos com alta capacidade para dobramento dos materiais por isso possui antes dos Pinch Rolls, um rolo de apoio (Hold Down Roll) que ajuda na entrada de materiais de espessura grossa facilitando o direcionamento do topo da tira entre os Pinch Rolls.⁽¹⁾

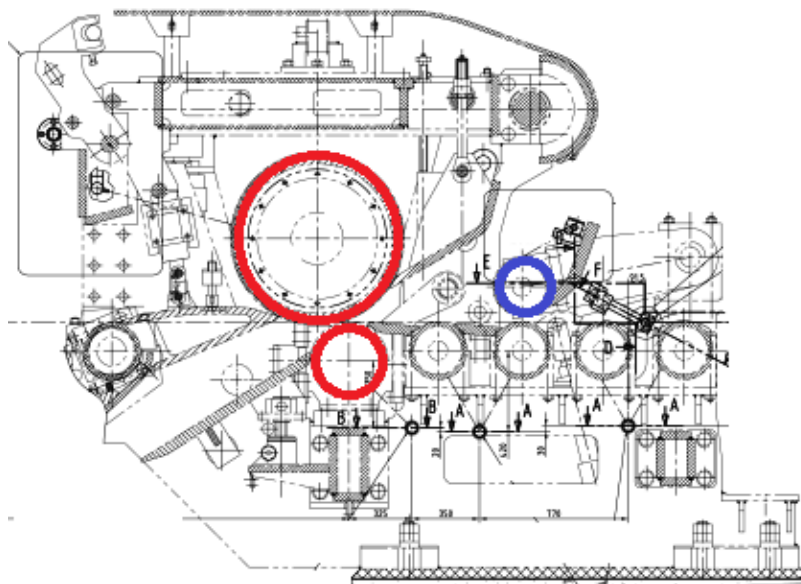


Figura 7 – Hold Down Roll (azul) e Pinch Rolls (vermelho).

A bobinadeira será equipada com a função *Step Control* (Controle de Automático de Abertura dos rolos auxiliares), esta função é realizada através da movimentação dos rolos auxiliares durante a formação das primeiras espiras. Através disso é possível eliminar choques físicos entre as espiras internas da bobina, provocadas pelo degrau formado entre a ponta da tira com a próxima espira evitando assim marcar as bobinas.⁽¹⁾

A Figura 8 ilustra a sequência da função *Step Control*:

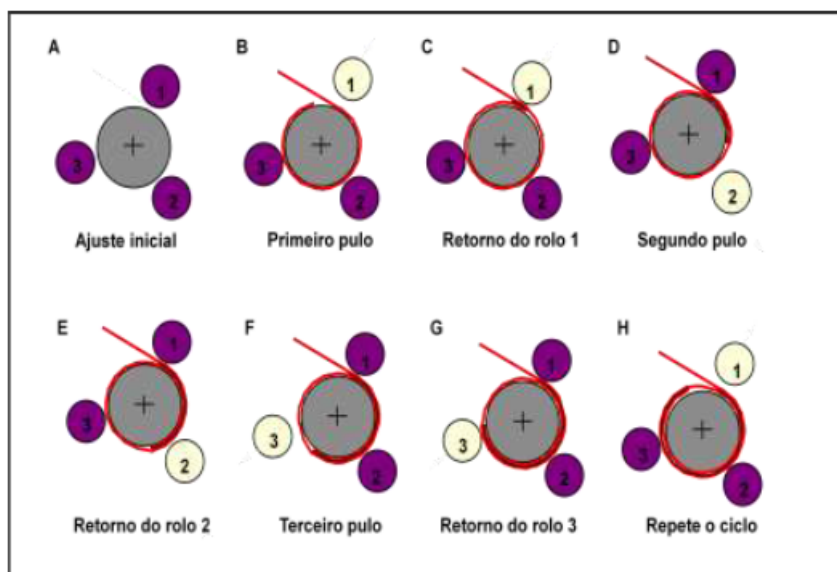


Figura 8 – Sequência da função Step Control.

A Tabela 6 apresenta as principais características da bobinadeira.

Tabela 6. Características da Bobinadeira

Tipo	Hidráulica com 3 Rolos Auxiliares
Mandril	Motor: 800 kW
Peso máximo de Bobina	42,0 t.
Dimensão	Espessura: 20 mm
	Largura: 2.100mm
Diâmetro externo (Max)	2.350mm
Diâmetro interno	752 mm
PIW	20 kg/mm
Equipamentos Auxiliares	Guardas Laterais; Pinch Rolls, Hold Down Roll

2.6.7 Área de manuseio de bobinas

A linha de tiras a quente conta com equipamentos de alta tecnologia que estão instalados após a Bobinadeira visando manter a rastreabilidade e qualidade do produto e acima de tudo a segurança dos colaboradores da área operacional.^(4,5)

Tabela 7. Características dos equipamentos auxiliares

Equipamento	Fornecedor
Cintadeira automática	Titan
Elevador de bobinas	Siemens VAI
Balança de bobinas	Toledo
Transferidores	Siemens VAI
Marcação automática	MNI
Mesa de Inspeção	Siemens VAI

2.6.8 Gestão de pátios internos de placa e bobina

Os pátios internos da linha de tiras a quente serão gerenciados por sistemas de controle desenvolvidos pelo fornecedor e em parceria com a área de Tecnologia de Informação. Estes sistemas têm como principais funções garantir o rastreamento de placas e bobinas estocadas nos pátios, otimizar a estocagem e minimizar a movimentação interna de material.

Outro fator significativo do projeto é a localização da linha de tiras a quente em relação à aciaria. A linha está sendo construída em frente da aciaria da usina de Ouro Branco que facilitará o enforamento de placas quentes (*Hot Charge*) visando a redução do consumo de combustíveis utilizados nos fornos de reaquecimento de placas e redução do lead time dos pedidos em produção.

A figura 9 mostra a posição relativa da Aciaria e o LTQ da usina de Ouro Branco:



Figura 9 – Aciaria e Laminação de Tiras a Quente da Usina de Ouro Branco

4 CONCLUSÃO

A realização desse projeto é parte de um grande plano de investimentos da Gerdau visando aumentar seu portfólio de produtos.

Devido ao elevado grau de automação e das novas tecnologias implantadas, as perdas no processo e a geração de defeitos serão minimizadas e a produtividade maximizada.

Desta forma a Gerdau conquistará posição de destaque no mercado de laminados planos assim como já faz em produtos longos.

REFERÊNCIAS

- 1 LOI Italimpianti - Gerdau – Technical Specification 265 t/h Walking Beam Reheating Furnace. 2010.
- 2 Siemens VAI. Technical Specification for Steckel Mill Plant for Gerdau Ouro Branco. 2010.
- 3 Parsytec Computer GmbH. Surface Inspection System for Steckel Mill Plant for Gerdau Ouro Branco. 2012.
- 4 Robotic Dot Paint Marker. MNI Gerdau training. 2012
- 5 TITAN GmbH. Marking Machine for Steckel Mill Plant for Gerdau Ouro Branco. 2012.