

# CILINDROS DE TRABALHO PARA DESBASTE DE TIRAS A QUENTE<sup>1</sup>

Marcos Machado Matsumoto<sup>2</sup>  
Claudia Regina Serantoni<sup>3</sup>  
Sergio Alves Araujo<sup>4</sup>  
Luiz Carlos Silidonio Junior<sup>5</sup>

## Resumo

Para a laminação de tiras a quente é usual o processo de desbaste da placa, preparando sua entrada no trem de acabamento. Essa preparação é realizada pelas cadeiras de desbaste, também chamadas de rougher, onde são utilizados cilindros de trabalho com elevada resistência ao desgaste abrasivo, desgaste oxidativo, banding, peeling e fadiga térmica. Adicionalmente, esses cilindros também necessitam de um nível de tenacidade e resistência para suportar os esforços de laminação, visto que as maiores reduções são realizadas nesta etapa de laminação. A Gerdau iniciou o desenvolvimento de cilindros rougher para o atendimento dessas necessidades, sendo estes fabricados pelo processo de fundição centrífuga. Esse trabalho tem como objetivo mostrar os avanços recentes na produção de cilindros de trabalho rougher na Gerdau, dando uma visão geral do desenvolvimento dessa linha de produtos.

**Palavras-chave:** Rougher; Laminação de tiras a quente.

## WORK ROLLS FOR ROUGHING HOT STRIP

### Abstract

In the hot strip rolling is usual a roughing stage. This stage is made in the rougher stands, where work rolls with high resistance of abrasive wear, oxidative wear, banding, peeling and thermal fatigue are used. Additionally rougher rolls require a good level of toughness in order to withstand the efforts of rolling, once the largest reductions are carried out at this stands. Therewith Gerdau started the development of rougher rolls to meet such requirements, in which the production of these rolls is made by centrifugal casting. The present work aims to show the recent advances in the production of rougher work rolls, giving an overview about the development of this product.

**Keywords:** Rougher; Hot strip mill.

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

<sup>2</sup> *Engº de Materiais. Mestre. Assessor técnico de inovação de cilindros. Gerdau Aços Especiais Brasil. Pindamonhangaba, São Paulo, Brasil.*

<sup>3</sup> *Engª Metalurgista. Dra. Gerente de tecnologia. Gerdau Aços Especiais Brasil. Pindamonhangaba, São Paulo, Brasil.*

<sup>4</sup> *Engº Metalurgista. Consultor técnico. Gerdau Aços Especiais Brasil. Pindamonhangaba, São Paulo, Brasil.*

<sup>5</sup> *Tecnólogo em Metalurgia. Técnico de produto. Gerdau Aços Especiais Brasil. Pindamonhangaba, São Paulo, Brasil.*

---

# 1 INTRODUÇÃO

Em função da demanda mundial de cilindros de trabalho desbastadores (rougher), a Gerdau, em 2007, iniciou estudo sobre os investimentos necessários para a implantação de uma nova centrífuga, cujas características atendessem os requisitos necessários para a produção desses cilindros. A aprovação dos investimentos ocorreu um ano após a realização dos primeiros estudos de viabilidade, sendo que neste mesmo ano iniciou-se aquisição dos equipamentos e a preparação das instalações para recebimento do mesmo.

A conclusão da obra ocorreu no final de 2012, culminando no *start up* de produção para o mercado em 2013.

Os cilindros de trabalho conhecidos como rougher são destinados à etapa de desbaste do laminador de tiras a quente. Estes cilindros estão submetidos a diversos fenômenos de degradação dentre os quais podemos citar: desgaste abrasivo, desgaste oxidativo, banding, peeling e fadiga térmica, que atuam de maneira sinérgica durante a laminação. Adicionalmente aos fenômenos descritos na região de trabalho, o núcleo do cilindro deve apresentar resistência e tenacidade suficientes para resistir aos esforços de laminação.

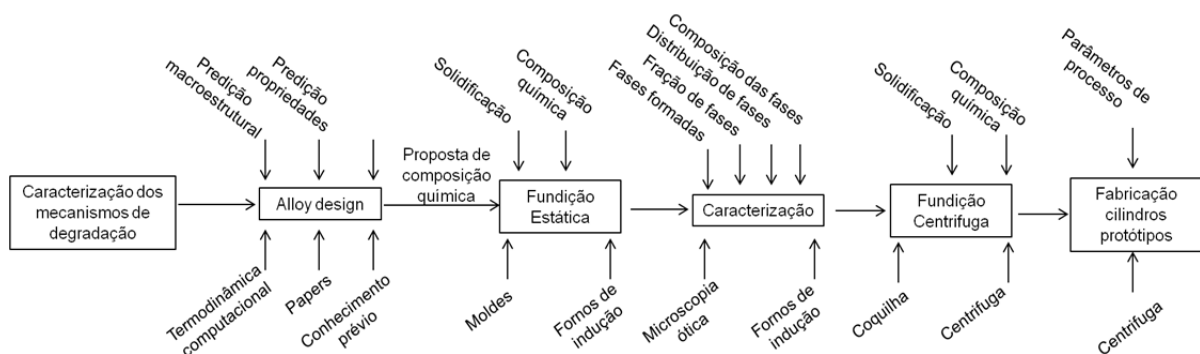
Em função das características necessárias para um bom desempenho e das diferentes propriedades requeridas na região de trabalho e núcleo, torna-se intuitivo a utilização de dois materiais diferentes.

O objetivo do presente trabalho é evidenciar os resultados de desenvolvimento de cilindros rougher fabricados por meio de uma centrífuga vertical com as seguintes capacidades máximas de produção:

- diâmetro da mesa: 1350 mm;
- comprimento da mesa: 3000 mm;
- comprimento total do cilindro: 7000 mm;
- peso: 40 t.

# 2 MATERIAL E MÉTODOS

Como descrito em trabalho anterior,<sup>(1)</sup> todo processo de desenvolvimento passa simplificada pelas seguintes etapas, conforme fluxo apresentado na Figura 1.



**Figura 1-** Fluxo de desenvolvimento destacando as principais etapas.

Cabe ressaltar que o estudo dos mecanismos de degradação consistiu da caracterização da superfície na condição em que o cilindro sai do laminador, e após polimentos sequenciais mantendo-se carga e tempo constantes, sendo que a cada etapa de polimento a superfície foi caracterizada.

Após as etapas iniciais de desenvolvimento, definiu-se a composição química da liga de aço rápido para a casca e a composição química da liga de ferro fundido nodular para o núcleo.

Uma vez definida a composição química da liga a ser fundida, foram realizados testes na nova centrífuga vertical.

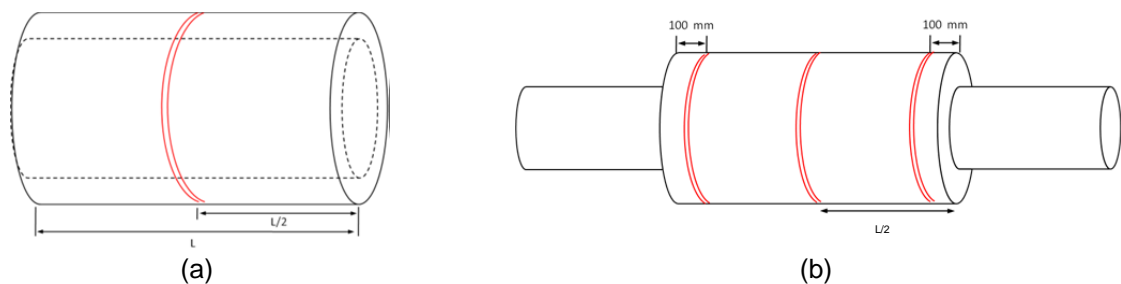
Esses testes iniciaram pela fundição de material da casca apenas, ou seja, produção de tubo. As amostras para caracterização microestrutural foram extraídas de anel retirado do meio do tubo, conforme Figura 2a.

O objetivo da caracterização foi verificar a aderência dos resultados em escala real com os objetivos estabelecidos para a liga.

Com a conclusão deste teste preliminar, iniciou-se a produção de um cilindro protótipo (produzido para ser sacrificado para caracterização completa), e posteriormente lote piloto, destinado a clientes previamente estabelecidos.

A análise microestrutural do cilindro protótipo foi realizada por meio da extração de três discos: um na borda superior, outro no meio da mesa e o terceiro na borda inferior, conforme esquema apresentado na Figura 2b.

A caracterização metalográfica foi realizada seguindo os procedimentos padrões de preparação e utilizou-se o ataque eletrolítico com o objetivo de se verificar a homogeneidade da distribuição dos carbonetos.

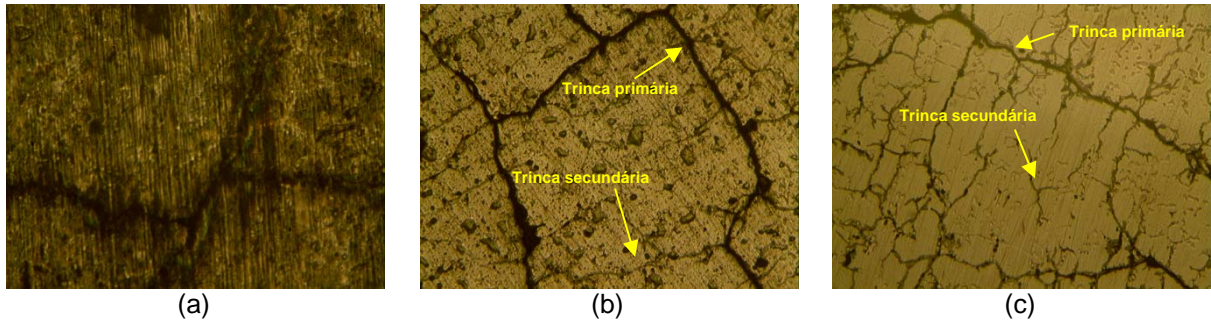


**Figura 2-** Desenho esquemático evidenciando a posição de retirada de amostras para caracterização metalográfica. (a) posição para retirada de anel no tubo; (b) posição para retirada de discos no cilindro protótipo.

### 3 RESULTADOS

Para o desenvolvimento de um produto é necessário compreender quais características são necessárias para que o produto apresente um desempenho elevado. Para tal realizou-se a caracterização dos principais mecanismos que afetam o desempenho deste tipo de cilindro.

Na Figura 3 é possível observar a caracterização realizada na superfície de um cilindro de desgaste após o uso.



**Figura 2-** Caracterização dos principais mecanismos que afetam o desempenho deste tipo de cilindro. (a) superfície sem preparação; (b) superfície após primeiro polimento; (c) superfície após segundo polimento.

Com base na Figura 3 é possível observar que o *alloy design* deve ser focado basicamente em duas características principais, são elas:

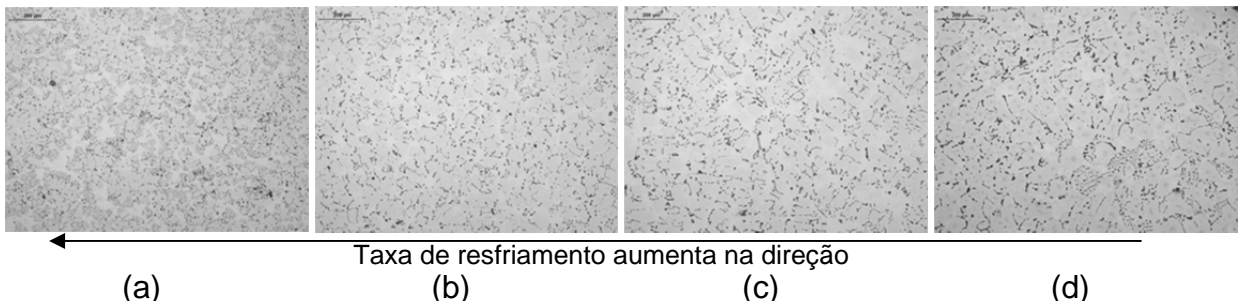
1. Resistência à oxidação, cuja necessidade foi evidenciada pela intensa formação de óxidos superficiais(Figura 3a);
2. Resistência à fadiga térmica, cuja necessidade foi evidenciada pela presença de uma intensa malha de trincas térmicas primárias e secundárias (Figuras 3b e 3c).

Na Figura 4 é possível observar o produto obtido após a centrifugação do tubo de casca.



**Figura 3-** Tubo de aço rápido fundido na centrifuga vertical com diâmetro de 960 mm e 2200 mm de comprimento. (a) vista lateral; (b) vista frontal.

Por meio da extração de um anel do centro do comprimento do tubo, foi possível avaliar a microestrutura ao longo da espessura de casca, conforme pode ser observado na Figura 5.

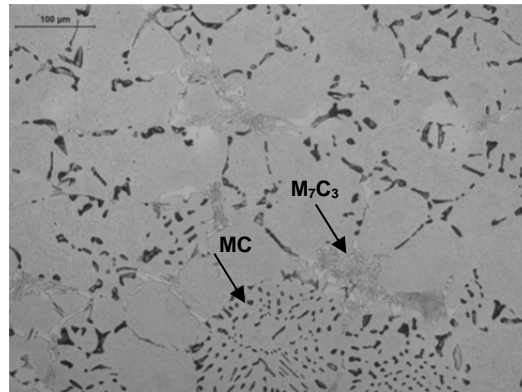


**Figura 4-** Microestrutura do tubo de casca em função da profundidade. (a) superfície; (b) 20 mm em relação a superfície; (c) 40 mm em relação a superfície; (d) 60 mm em relação a superfície. 100x - Ataque Eletrolítico.

As diferenças de tamanho de células presentes na Figura 5 podem ser explicadas pela distância da superfície interna da coquilha, ou seja, quanto mais

próximo desta superfície, maior é a taxa de resfriamento e, em consequência, maior o refino microestrutural. Portanto, pode-se inferir que a taxa de resfriamento aumenta da Figura 5d para a Figura 5a. É importante destacar a homogeneidade na distribuição de carbonetos ao longo da espessura da casca. Foi possível verificar ausência de regiões com aglomeração de carbonetos em toda espessura do tubo.

Na Figura 6 observam-se a presença de carbonetos eutéticos do tipo MC, ricos em vanádio e  $M_7C_3$ , ricos em cromo.



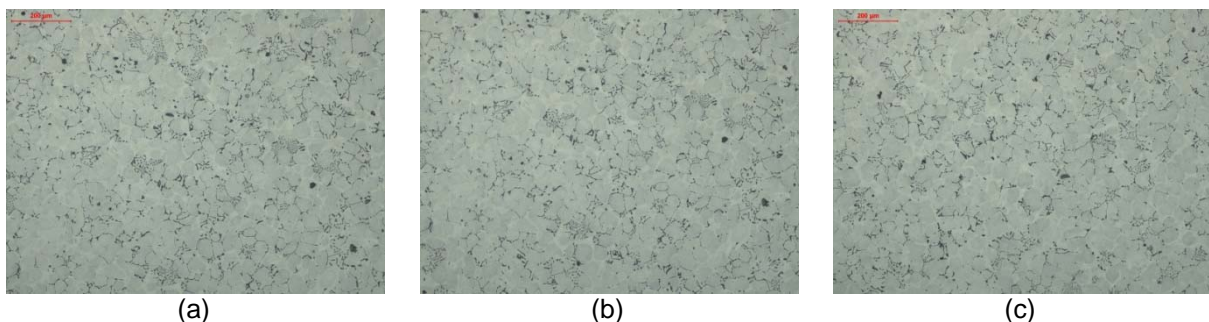
**Figura 5-** Microestrutura do tubo de casca, mostrando a presença de carbonetos MC e  $M_7C_3$ . 200x - Ataque Eletrolítico.

Os resultados obtidos após a caracterização do tubo de casca confirmaram que as características microestruturais estão de acordo com a estrutura objetivada, possibilitando assim a fundição de um cilindro protótipo, que pode ser observado na Figura 7.



**Figura 6-** Cilindro rougher de aço rápido fundido na centrifuga vertical com mesa de diâmetro 960 mm e 2200 mm de comprimento.

Na Figura 8 é possível observar a caracterização microestrutural realizada nos discos extraídos da mesa do protótipo conforme apresentado na Figura 2b.

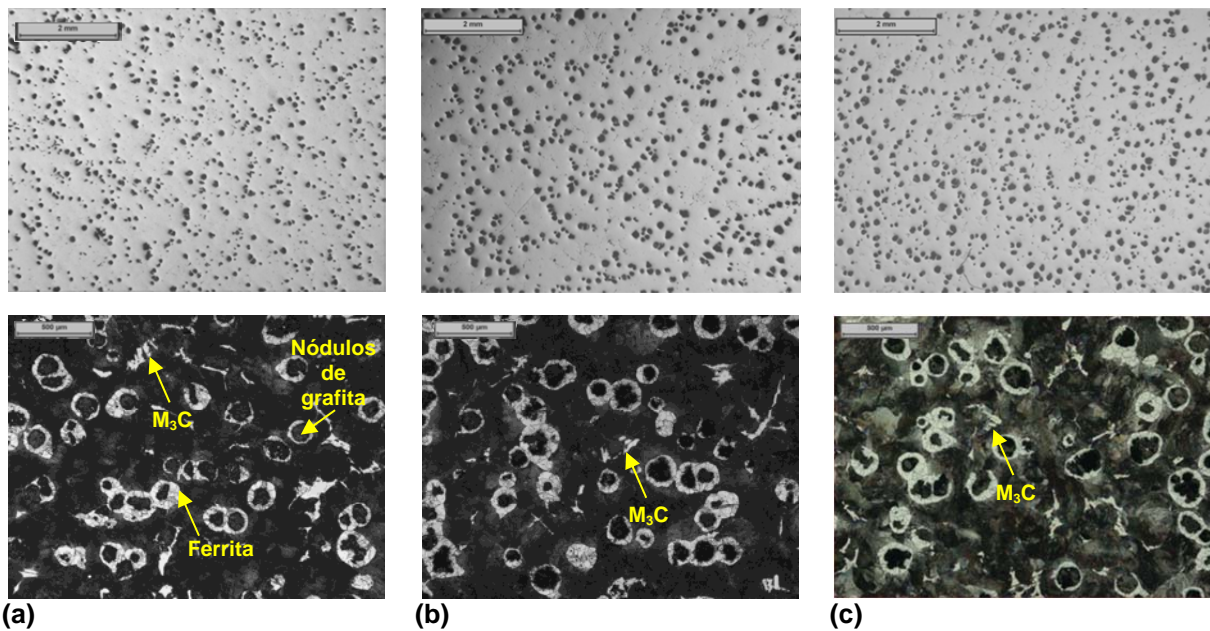


**Figura 7-** Microestrutura da casca do cilindro, a 30 mm da superfície. (a) borda superior; (b) meio da mesa; (c) borda inferior. 100x - Ataque Eletrolítico.



Analogamente ao apresentado na Figura 6, a microestrutura do cilindro (Figura 8) é composta de carbonetos eutéticos do tipo MC rico em vanádio e  $M_7C_3$  rico em cromo; é possível observar também a homogeneidade microestrutural em função da posição dos discos.

Na Figura 9 é possível observar a microestrutura do núcleo do cilindro, após polimento (micrografias superiores) e após ataque metalográfico (micrografias inferiores). Por meio das micrografias após polimento é possível observar a presença de grafitas nodulares homogeneamente dispersas, assim com uma baixa fração volumétrica de carbonetos pode ser observada na micrografia após ataque.



**Figura 8-** Microestrutura do núcleo do cilindro, amostras extraídas do centro geométrico, (a) borda superior; (b) meio da mesa; (c) borda inferior. Foto superior com 16x sem ataque e foto inferior com 50x após reagente Nital.

#### 4 CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS ADICIONAIS

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que os investimentos realizados para a instalação de uma nova centrífuga, culminaram no desenvolvimento de uma linha de cilindros de trabalho para desbaste em laminadores de tiras a quente.

Por meio da caracterização foi possível identificar a existência de uma importante contribuição dos fenômenos de oxidação e fadiga térmica na degradação dos cilindros de trabalho desbastadores. Essa constatação possibilitou o desenvolvimento de um produto com foco em reduzir os fenômenos descritos.

O correto balanceamento da composição química da casca do cilindro VRP0113 é responsável por uma elevada resistência a oxidação superficial e também pela formação de carbonetos com morfologia e distribuição adequada para resistir à nucleação e propagação de trincas por fadiga térmica.

A resistência e tenacidade necessárias para esta aplicação são garantidas pela presença de um núcleo com grafitas nodulares homogeneamente dispersas, assim como com uma baixa fração volumétrica de carbonetos.

## **REFERÊNCIA**

- 1 Matsumoto, M.M. et al. Desenvolvimento de materiais destinados a fabricação de cilindros para a laminação de tiras a quente; 49º Seminário de laminação, Vila Velha, 22 a 25 de outubro de 2012.