

# DESENVOLVIMENTO DE NOVA TECNOLOGIA DE REBOLO RESINÓIDE COM DUPLA CAMADA NA ÁREA DE CORTE PARA RETIFICAÇÃO DE CILINDROS DE LAMINAÇÃO <sup>1</sup>

Jaime Cesar de Paiva <sup>2</sup>  
Marcelo Corrêa Bueno <sup>3</sup>  
Gerson Alves <sup>4</sup>  
Luiz Alberto Pereira Campbell <sup>5</sup>  
Felix William Cortes Dias <sup>6</sup>  
Danilo Guelli Gonçalves de Oliveira <sup>7</sup>

## Resumo

A exigência de qualidade dos produtos laminados no mercado de aço torna-se cada vez maior. Dessa forma, a oficina tem um papel fundamental no fornecimento de cilindros com isenção de defeitos superficiais atendendo as exigências necessárias. Neste contexto, a performance dos rebolos passa a ser um item vital para a garantia da qualidade dos cilindros retificados, os quais tem influência direta na superfície do produto laminado. Rebolo é uma ferramenta de corte constituído essencialmente por partículas abrasivas sendo o principal responsável pela retificação dos cilindros, proporcionando assim o acabamento superficial. Porém, estes rebolos não vem apresentando estabilidade de performance que garantam a qualidade desejada nos cilindros. O presente trabalho tem por objetivo o estudo e desenvolvimento de nova tecnologia de rebolo, especificamente para roll grinding. Este estudo resultou na concepção de uma nova versão de rebolo com Dupla Especificação denominado “DE”, sendo o mesmo constituído por duas camadas abrasivas distintas na área de corte. Com a implantação deste trabalho objetivamos a melhoria de qualidade no acabamento dos cilindros retificados, obtendo redução da intensidade de marcas de espiras, de risquinhos, a uniformização da rugosidade superficial e maior rendimento do rebolo. Com isso, produz-se laminados de melhor qualidade, sem agregar custo, mantendo o mercado do aço competitivo.

**Palavras-chave:** Rebolo; Cilindro; Laminação

<sup>1</sup> *Contribuição Técnica ao 42º Seminário de Laminação Processos e Produtos Laminados e Revestidos; 25 a 28 de Outubro de 2005, Santos, SP, Brasil.*  
<sup>2</sup> *Técnico de Desenvolvimento, Gerencia de Cilindros da Companhia Siderúrgica Nacional.*  
<sup>3</sup> *Representante Técnico e comercial, Alcar Abrasivos.*  
<sup>4</sup> *Engenheiro de Produto Sênior, Gerencia de Laminação da Companhia Siderúrgica Nacional.*  
<sup>5</sup> *Engenheiro de Produção Sênior, Gerencia de Cilindros da Companhia Siderúrgica Nacional.*  
<sup>6</sup> *Engenheiro de Produção Pleno, Gerencia de Cilindros da Companhia Siderúrgica Nacional.*  
<sup>7</sup> *Gerente de Cilindros da Companhia Siderúrgica Nacional.*

## 1 INTRODUÇÃO

Rebolos, também conhecidos como ferramentas abrasivas são projetados para operações de retificação, polimento, corte e desbaste. Diferente de outras ferramentas de corte, os rebolos são constituídos por milhares de grãos abrasivos que são ligados por um aglutinante (Resina Fenólica).

Os grãos abrasivos possuem arestas cortantes que na operação de retificação por abrasão são os responsáveis pelo desbaste, eliminação de defeitos e acabamento final na superfície.

A CSN possui uma ampla variedade de cilindros para todo tipo de laminação, desde laminação a quente, laminação a frio de chapa e folha-de-flandres e laminação de encruamento. A variedade de cilindros se difere na composição química e na geometria dimensional. Cada processo de laminação tem uma exigência diferente para a qualidade do acabamento de retífica, exigindo também, diferentes especificações de rebolos e padrões tecnológicos de retificação.

## 2 CILINDRO/REBOLO

Ao longo dos anos vem se trabalhando novas tecnologias de retificação com o desenvolvimento de rebolos, objetivando sempre melhorias de qualidade e maior rendimento. Na CSN, até início dos anos 90, a aplicação era essencialmente de rebolos com grãos em óxido de alumínio comum ou carbureto de silício. Especificamente para a laminação a frio, os rebolos eram basicamente de granulometria 60 e grãos óxido de alumínio comum. Estes rebolos apresentavam baixo rendimento e baixo índice de qualidade, porém índices toleráveis para época.

A partir de então, surgiu no cenário mundial, abrasivos de grãos cerâmicos, que são basicamente grãos de óxido de alumínio produzidos a partir da sinterização de partículas sub-micrométricas.

A aplicação de rebolos com grãos cerâmicos teve início na laminação a quente com ganhos de rendimento e produtividade. Para a laminação a frio, a aplicação foi a partir de 1996 onde também apresentou ganhos de rendimento em relação ao rebolo original, tornando-se então o rebolo convencional para a aplicação em retificação de cilindros de laminação na CSN.

Padrão tecnológico de retificação é mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Padrão tecnológico de retificação com rebolo convencional.

Estágios	Velocidade do Cilindro RPM	Velocidade do Rebolo m/min.	Velocidade do Carro mm/min.	Carga do Rebolo Ampères	Numero de passes
1º	30	1500	2700	80	9
2º	30	1500	1400	65	3
3º	38	1340	950	45	2
4º	38	1340	350	30	2

A classificação granulométrica dos abrasivos norma FEPA é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação granulométrica dos abrasivos

Diâmetro Médio dos Grãos Abrasivos		
Denominação Norma FEPA	Milímetro	Polegada
36	0,500	0,020
46	0,350	0,014
54	0,300	0,012
60	0,250	0,010
70	0,210	0,008
80	0,180	0,007
90	0,150	0,006
100	0,130	0,005
120	0,100	0,004
150	0,080	0,003

FEPA Federação Européia de Produtos Abrasivos

Rebolo convencional é mostrado na figura 01.

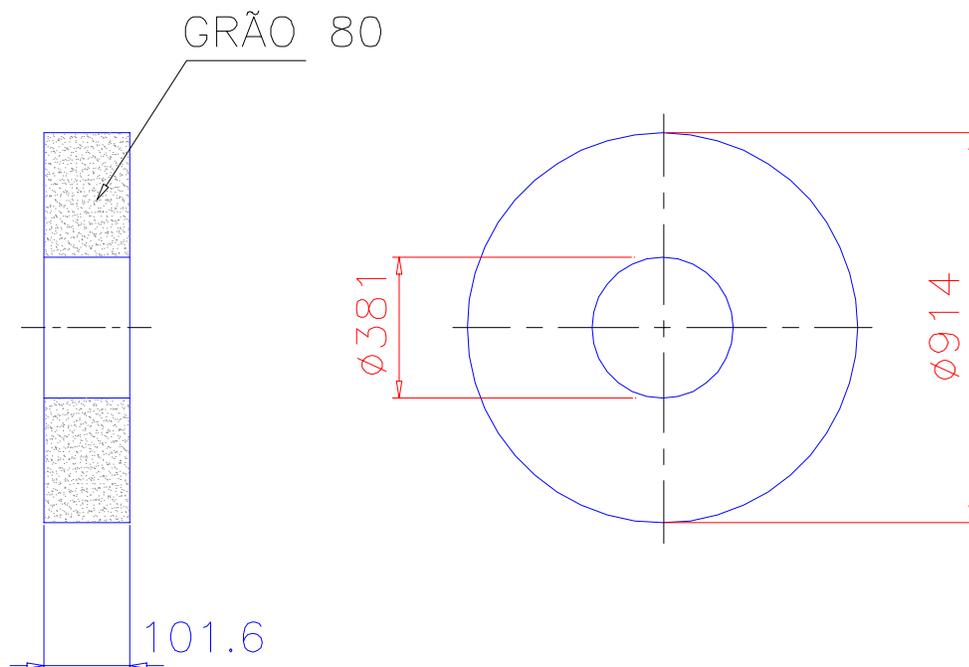


Figura 1. Rebolo convencional.

A performance de rebolos convencionais é mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Performance de rebolos convencionais.

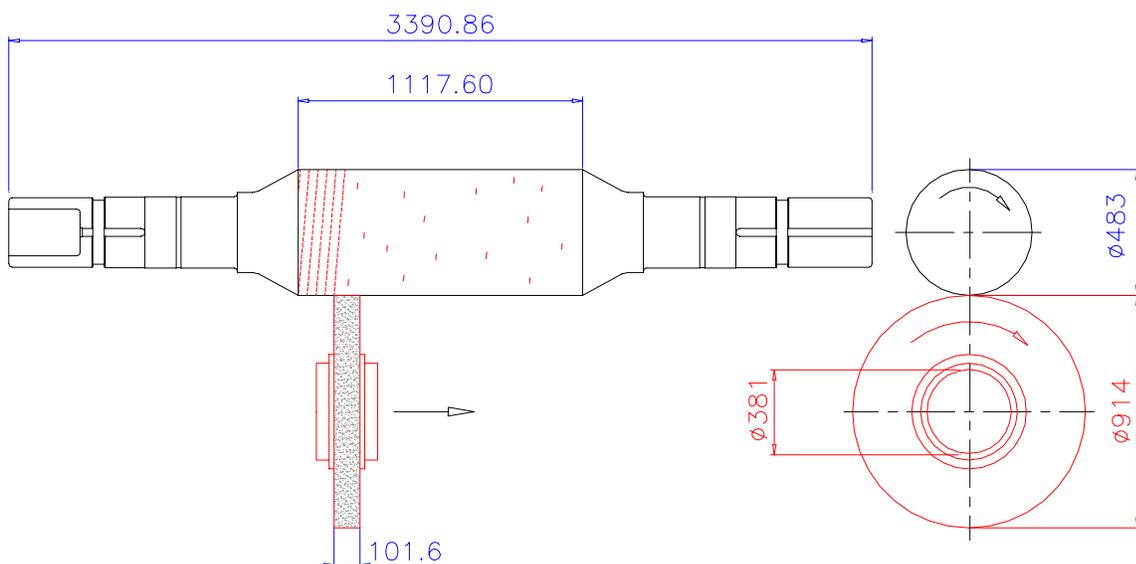
Rebolo		Desempenho			Produção		Utilização	
Tamanho do Grão	Tipo de Grão	Volume de Remoção mm <sup>3</sup>	Volume Gasto mm <sup>3</sup>	IR *	Cilindros	Remoção média mm	Retífica	Período
80	Cerâmico	$1,29 \cdot 10^8$	$4,62 \cdot 10^7$	2,79	425	0,36	08	Dez. 1996
80	Cerâmico	$1,24 \cdot 10^8$	$4,52 \cdot 10^7$	2,74	409	0,35	08	Jan. 1997
80	Cerâmico	$9,57 \cdot 10^7$	$4,67 \cdot 10^7$	2,05	528	0,22	08	Mar. 2003
80	Cerâmico	$1,06 \cdot 10^8$	$4,25 \cdot 10^7$	2,49	563	0,23	08	Ago. 2003
80	Cerâmico	$8,17 \cdot 10^7$	$3,79 \cdot 10^7$	2,15	415	0,24	08	Set. 2003

\* IR (Índice de Rendimento) razão entre volume de remoção e volume gasto.

### 3 DESENVOLVIMENTO

As exigências de qualidade cada vez maiores, principalmente dos produtos laminados a frio em folha-de-flandres, e as dificuldades operacionais para produzir cilindros compatíveis com as exigências de mercado, associados ao conjunto de retificadoras destinadas as oficinas, sendo todas antigas e não automáticas, levou-nos a um estudo ousado e inovador no desenvolvimento de novas tecnologias no segmento de rebolos roll grinding com o objetivo único e exclusivo de descobrir melhores acabamentos do aspecto superficial para cilindros de laminação.

Representação de um cilindro produzido com rebolo convencional com presença de espiras e risquinhos é mostrado na Figura 2.



**Figura 2.** Cilindro retificado com rebolo convencional.

### 3.1 Estudo / Desenvolvimento

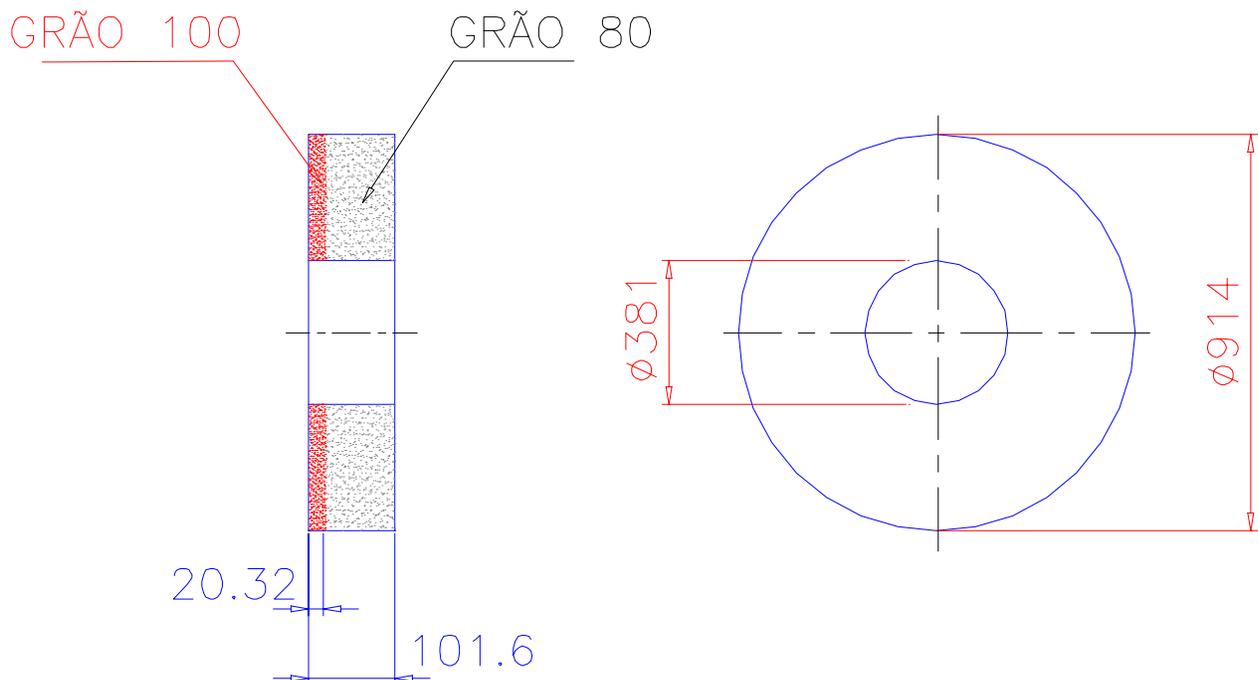
Após estudos e observações de qualidade do aspecto superficial dos cilindros retificados para a laminação a frio, ficaram caracterizados defeitos generalizados por marcas de espiras e risquinhos, onde identificou-se como causa mais influente o rebolo utilizado. Iniciou-se então, no final do ano de 2003, em parceria com os fornecedores, o estudo e desenvolvimento de nova tecnologia de rebolos, no qual resultou na idealização e formulação de rebolos resinóides com especificações totalmente inéditas no Brasil.

### 3.2 Rebolo Idealizado

O rebolo idealizado é basicamente constituído por dupla camada abrasiva na área de corte, e denominou-se rebolo “DE” (Dupla Especificação). Este rebolo inicialmente foi especificado com 80% de grãos óxido de alumínio cerâmico tamanho 80, não alterando a especificação anterior, e os outros 20% constituído em grãos óxido de alumínio branco tamanho 100. Sendo produzido de forma especial em duas partes distintas.

Para a aplicação foram desenvolvidos também novos padrões tecnológicos de retificação visando uma melhor otimização dos parâmetros operacionais da retificadora em função das novas dimensões na área de corte.

Rebolo Dupla Especificação “DE” mostrado na Figura 3.



**Figura 3.** Rebolo “DE” Dupla Especificação

Padrão tecnológico de retificação com rebolo “DE” mostrado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Padrão tecnológico de retificação com rebolo “DE”

Estágios	Velocidade do Cilindro RPM	Velocidade do Rebolo m/min.	Velocidade do Carro mm/min.	Carga do Rebolo Ampères	Numero de passes
1º	30	1400	2100	65	9
2º	30	1400	1400	50	3
3º	38	1350	900	40	2
4º	38	1350	350	30	2

### 3. 3 Aplicação

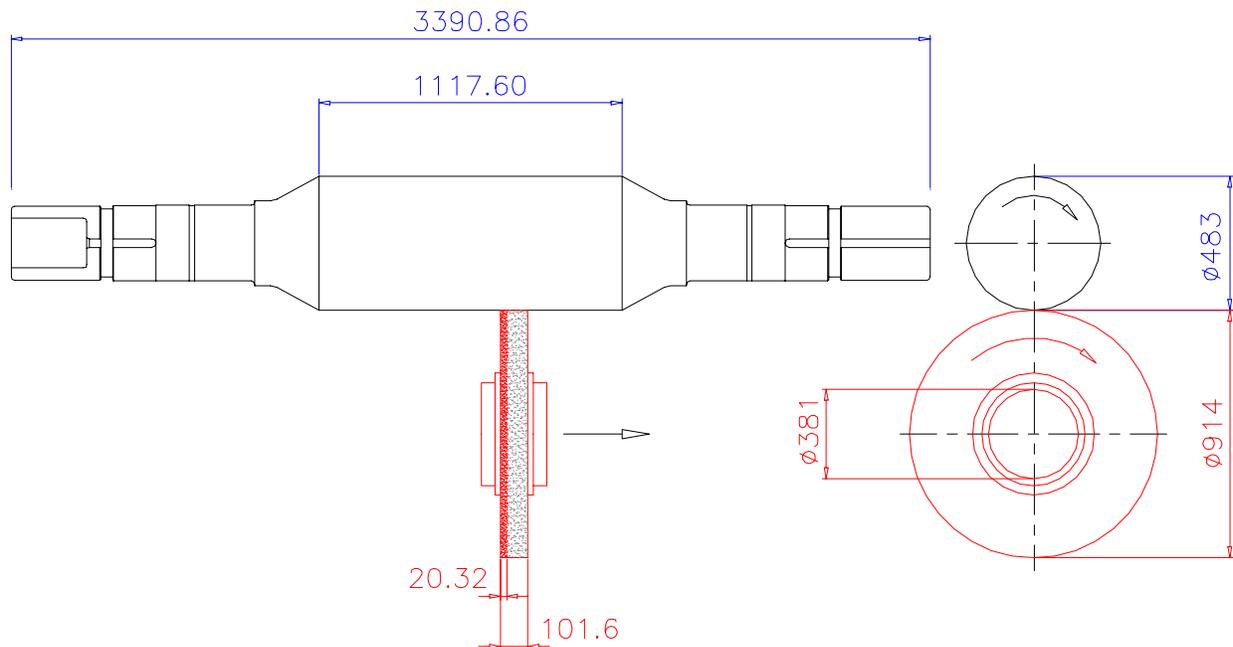
A aplicação em caráter experimental teve início no mês de Março de 2004, quando foi utilizado um rebolo “DE” na retificadora nº 08 da oficina que atende os laminadores de folha-de-flandres da CSN.

O resultado atendeu plenamente as expectativas, obtendo um excelente grau de acabamento do aspecto superficial dos cilindros, onde comprovamos uniformização da rugosidade, menor intensidade das marcas de espiras, de risquinhos e maior rendimento do rebolo.

Em seqüência aos experimentos, no mês de Maio de 2004, utilizou-se uma 2ª peça em igual especificação na mesma retificadora, confirmando assim o resultado.

A partir de então iniciou o processo de implantação gradativa com o fornecimento de rebolos “DE” para a retificação de cilindros de laminação de folha-de-flandres.

Representação da retifica de um cilindro com rebolo “DE” sem presença de espiras e risquinhos é mostrado na Figura 4.



**Figura 4.** Retifica de um cilindro com rebolo “DE”.

## 4 RESULTADO

4.1 Com a aplicação do rebolo “DE” obteve-se melhoria de qualidade nos cilindros retificados, os quais apresentam um aspecto uniforme de rugosidade e isenção de defeitos superficiais. Obteve-se também maior rendimento do rebolo, conforme índice mostrado na tabela 05.

A performance de rebolo “DE” Dupla Especificação é mostrado na Tabela 5.

**Tabela 5.** Performance de rebolo “DE”

Rebolo		Desempenho			Produção		Utilização	
Tamanho do Grão	Tipo de Grão	Volume de Remoção mm <sup>3</sup>	Volume Gasto mm <sup>3</sup>	IR *	Cilindros	Remoção média mm	Retífica	Período
80	“DE”	1,88 . 10 <sup>8</sup>	4,59 . 10 <sup>7</sup>	4,09	922	0,25	08	Mar. 2004
80	“DE”	1,40 . 10 <sup>8</sup>	4,59 . 10 <sup>7</sup>	3,05	790	0,22	08	Mai 2004
80	“DE”	1,44 . 10 <sup>8</sup>	4,59 . 10 <sup>7</sup>	3,13	682	0,26	08	Jul. 2004
80	“DE”	1,58 . 10 <sup>8</sup>	4,59 . 10 <sup>7</sup>	3,44	815	0,24	08	Ago. 2004
80	“DE”	1,39 . 10 <sup>8</sup>	4,59 . 10 <sup>7</sup>	3,02	672	0,25	08	Set. 2004

\* IR (Índice de Rendimento) razão entre volume de remoção e volume gasto.

4.2 Com a implantação de cilindros retificados com rebolos “DE”, efetivamente a partir de julho de 2004 nos laminadores de folha-de-flandres da CSN, podemos afirmar que a uniformização da rugosidade dos mesmos é parte influente no consumo de óleo de laminação conforme é mostrado na tabela 06, e também podemos afirmar que é parte determinante na qualidade superficial do produto o qual passou a apresentar um melhor design.

O consumo de óleo nos laminadores de folha-de-flandres da CSN é mostrado na Tabela 6.

**Tabela 6.** Consumo de óleo nos laminadores de folha-de-flandres da CSN

Laminadores	Consumo Médio em 2004 litros / tonelada		Redução %
	Janeiro a Junho	Julho a Dezembro	
LTF-1	3,65	2,84	28,52
LTF-2	0,98	0,88	11,36

4.3 A análise comparativa do Índice de Rendimento, apresentado nas tabelas 03 e 05 para os rebolos convencionais e “DE”, é mostrado na Tabela 7.

**Tabela 7.** Ganho de rendimento do rebolo “DE” em relação rebolo convencional

Amostragem	IR* do Rebolo Convencional	IR* do Rebolo “DE”
5 peças	2,79	4,09
	2,74	3,05
	2,05	3,13
	2,49	3,44
	2,15	3,02
Média	2,44	3,34
Ganho	36,8%	

\* IR (Índice de Rendimento) razão entre volume de remoção e volume gasto.

## 5 CONCLUSÃO

O rebolo “DE” obteve maior rendimento e atendeu plenamente a proposta de melhoria de qualidade na superfície dos cilindros retificados. Dessa forma os cilindros tornaram-se parte influente na estabilidade dos processos nos laminadores e na redução de consumo de óleo, proporcionando assim produtos laminados com melhor qualidade no aspecto superficial.

Dentro do processo de desenvolvimento contínuo, permanecemos pesquisando novas formas de “DE” na versão 1 F (uma face) e ou versão 2 F (duas faces) e ampliando a aplicabilidade para outros segmentos de laminação.

Em 2005 iniciou-se a aplicação para as oficinas de laminação de encruamento e laminação a frio de chapa.

Para a oficina de laminação a quente iniciou-se os primeiros experimentos com rebolos “DE” versão 2 F, objetivando principalmente maior rendimento e maior produtividade.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 Nussbaum C. G. Rebolo e Abrasivos Tecnologia Básica (1988) Editora Ícone.
- 2 Ishikawa, K. Controle de Qualidade Total: à maneira Japonesa (1993). Editora Campos. Rio de Janeiro.
- 3 FEPA Federation of European Producers of Abrasives.

# BRAND NEW DOUBLE-LAYERED RESIN BONDED GRINDING WHEEL - A DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AT THE CUTTING ASPECTS OF ROLLS GRINDING <sup>1</sup>

Jaime Cesar de Paiva <sup>2</sup>  
Marcelo Corrêa Bueno <sup>3</sup>  
Gerson Alves <sup>4</sup>  
Luiz Alberto Pereira Campbell <sup>5</sup>  
Félix William Cortes Dias <sup>6</sup>  
Danilo Guelli Gonçalves de Oliveira <sup>7</sup>

## Abstract

The quality demands of rolled products in the steel market becomes higher every time. In this context, the rolls shop has a fundamental function, supplying rolls without surface defects to the necessary demands. Nowadays, the grinding wheels performances become a very important item for keeping the ground rolls quality, which has direct influence at the surface quality of the rolled product. The grinding wheel is a cutting tool constituted essentially by abrasive particles, and it is the main responsible for the rolls grinding, providing the aimed surface finishing. But the performances stability of the conventional grinding wheels have not been enough to get the required surface quality at the rolls. This paper intends to show the study and development of a new brand of a grinding wheel, specific for rolling mill rolls grinding. The result is a new version of a grinding wheel conception with a double layer, called "DE", constituted by two different layers of abrasives at the cutting surface. The aim of this study is to get a better quality at the rolls surface finishing, by reducing the intensity of feed lines and scratches, to improve the surface roughness standartization and to increase the field of the grinding wheel. At the end, better quality strips will be produced, without cost increase, improving the mill competitiveness.

**Key words:** Grinding whell; Mill roll; Rolling mill.

<sup>1</sup> Work to be presented at the 42<sup>nd</sup> ABM Rolling Seminar.

<sup>2</sup> Development technician, Roll Shop Management From Companhia Siderurgica Nacional.

<sup>3</sup> Representative Technical and commercial, From Alcar Abrasivo.

<sup>4</sup> Senior Engineer Product, Roll Shop Management From Companhia Siderurgica Nacional.

<sup>5</sup> Senior Engineer Product, Roll Shop Management From Companhia Siderurgica Nacional.

<sup>6</sup> Full production Engineer, From Companhia Siderurgica Nacional

<sup>7</sup> Roll Shop manager, From Companhia Siderurgica Nacional