

DESENVOLVIMENTO DE REBOLO PARA RETIFICAÇÃO DE CILINDROS DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE DA CSN ¹

Jaime César de Paiva ²

Luiz Alberto Pereira Campbell ³

Marcos de Oliveira Erbiste ⁴

Ney dias do Nascimento ⁵

Eliseu de Freitas Camacho ⁶

Resumo

A retificação do cilindro é um processo de usinagem por abrasão que utiliza rebolo como ferramenta de corte, sendo o responsável pela remoção da camada encruada e defeitos oriundos do processo de laminação, realizando assim, o acabamento superficial e o perfil especificado pelo laminador. Por ser uma ferramenta de desgaste, o rebolo tem grande influência no custo da retífica e no custo do produto. Neste contexto, a performance do rebolo passa a ser uma variável importante para a garantia da qualidade do cilindro retificado, e item de controle do custo. O Rebolo utilizado para retificação do cilindro é constituído essencialmente por grãos abrasivos que apresentam um rendimento em função da remoção realizada no cilindro. O presente trabalho tem por objetivo o estudo e desenvolvimento de especificações de rebolos para operações em roll grinding da laminação a quente. Este estudo em conjunto com vários experimentos e desenvolvimentos dos processos de retificação, resultou nova especificação de rebolo. O resultado deste trabalho foi um aumento no rendimento do rebolo obtendo assim, redução do custo de usinagem e uma melhoria na qualidade dos cilindros retificados.

Palavras-chave: Rebolo; Cilindro; Laminação.

GRINDING WHEEL DEVELOPMENT TO GRIND ROLLS TO CSN HOT STREEP MILL ROLL

Abstract

The Roll grinding is a machining wear process that uses grinding wheels as cutting tools, being responsible for the removal of the hardened surface and defects originated by the rolling mill process, accomplishing the surface finishing and the specified profile demands by the rolling mill. By being a wear tool, the grinding wheel has a large influence at the grinding Roll cost and also at product cost. According to this, the performance of the grinding wheel becomes an important variable to the quality Warranty by the rolls grinding, and a special control point. The grinding wheel used to grind rolls is manufactured essentially by abrasive grains that present a revenue according to the removal accomplished at surface roll. This paper has an objective to study and develop the rolls grinding specifications to the hot mill rolls. This study, together with several experiments and developments about rolls grinding processes, developed a new grinding wheel specification. The result of this paper was an increase at grinding wheel revenue obtaining rolls grinding cost reduction and an improvement at the quality by all the roll align.

Key words: Grinding wheel; Roll; Rolling mill.

¹ Contribuição técnica ao 44º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 16 a 19 de outubro de 2007, Campos do Jordão – SP, Brasil.

² Técnico de Desenvolvimento, Gerência de Cilindros da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN.

³ Engenheiro de Produção Sênior, Gerência de Cilindros da CSN.

⁴ Técnico de Desenvolvimento, Gerência de Cilindros da CSN.

⁵ Técnico de Desenvolvimento, Gerência de Cilindros da CSN.

⁶ Técnico de Inspeção, Gerência de Cilindros da CSN.

1 INTRODUÇÃO

O Rebolo é uma ferramenta abrasiva usado na operação de retificação, polimento, corte e desbaste, sendo de grande importância para a siderurgia. Diferente de outras ferramentas de corte, os rebolos são constituídos por milhares de grãos abrasivo que são ligados por um aglutinante.

Os grãos abrasivos possuem arestas cortantes que na operação de retificação por abrasão são os responsáveis pelos desbastes, eliminando os defeitos e proporcionando o acabamento final da superfície.

A CSN possui uma ampla variedade de cilindros de laminação para diversos tipo de laminadores, laminação de tiras a quente, laminação tiras a frio de chapas e folha-de-flandres e laminação de encruamento. Cada processo de laminação tem uma exigência diferente para a qualidade do acabamento de retífica do cilindro, exigindo também, diferentes especificações de rebolos e padrões tecnológicos de retificação.

Este trabalho tem como objetivo o estudo e desenvolvimento de especificações de rebolos para operações em roll grinding da laminação a quente, visando maior rendimento e menor custo na retificação de cilindros, contribuindo de forma direta no custo de transformação do laminador.

2 LAMINADOR

O Laminador de Tiras a Quente n.º 2, da Companhia Siderúrgica Nacional, teve início operacional em Outubro/1981, com capacidade de produção anual de 5,4 milhões de toneladas, possui 4 fornos de reaquecimento de placas; quatro cadeiras de desbaste ,sendo a cadeira R-2 reversível; sete cadeiras de acabamento e três bobinadoras . A Figura 1 mostra um desenho esquemático representando o layout do laminador com as principais características técnicas.

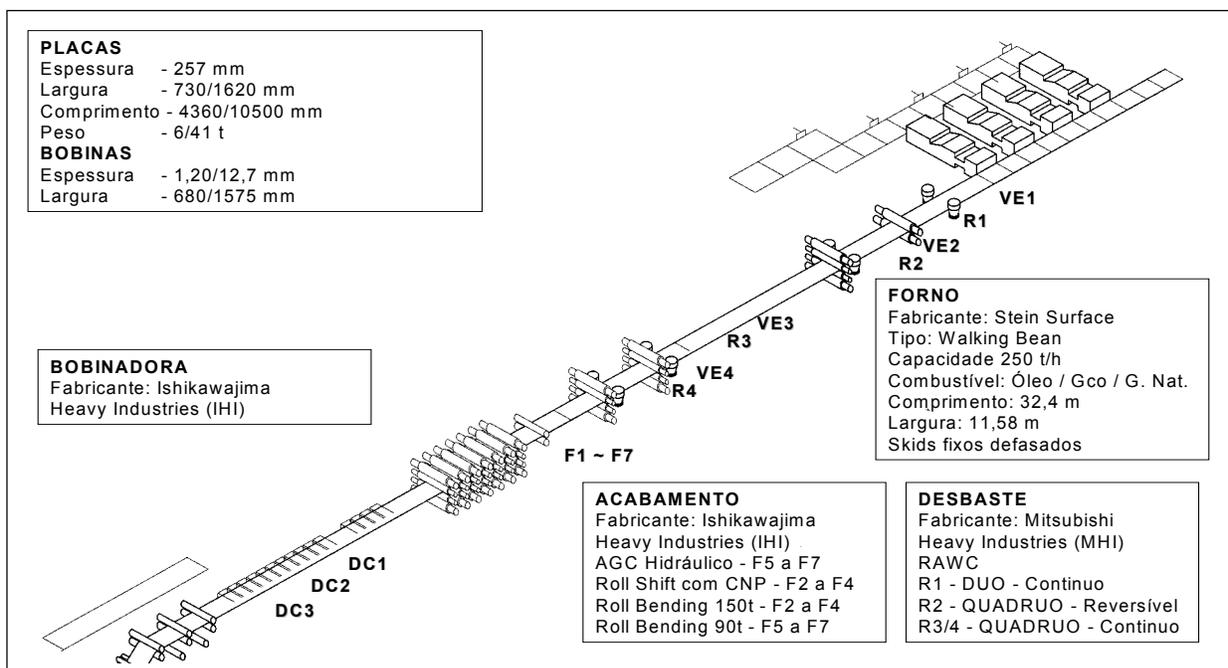


Figura 1. Desenho Esquemático do Laminador de Tiras a Quente da CSN

No ano de 2001, passou por grande reforma, sendo que um dos principais pontos foi sua automação, com a implantação do cilindro roll shift nas cadeiras F-2, F-3 e F-4 utilizando cilindro com perfil em curva dupla chamado de CNP.

O Laminador de Tiras a Quente, possui uma ampla variedade de cilindros quanto ao processo de fabricação e a composição química, sendo uma variável fundamental para pesquisas em termos de processo de usinagem. A Tabela 1 mostra as principais características dos cilindros do LTQ-2

Tabela 1. Características dos Cilindros do LTQ

Lam.	Cad.	Pos.	Dimensões mm			Peso Kg	Material do Cilindro	Qtde
			Diam. Máx.	Diam. Mín.	Comprimento			
Desb.	R1	Trab.	1270,00	1170,00	1730,00	27100	Aço forjado	8
			1270,00	1170,00	1730,00	27100	Aço grafitico	2
Desb.	R2,3,4	Enc.	1525,00	1320,00	1700,00	36200	Aço fundido	4
							Aço forjado	23
		Trab.	1120,00	1020,00	1730,00	21120	Aço Alto cromo	66
							Semi HSS	16
Acab.	F1 a F7	Enc.	1525,00	1325,00	1730,00	35970	Aço forjado	62
	F1	Trab.	745,00	675,00	1730,00	9890	Fe Alto Cr Centrifugado	13
							HSS	53
	F5 a F7	Trab.	745,00	675,00	1730,00	9890	Ferro Centrifugado Esp.	99
	F2 a F3	Trab.	745,00	675,00	2030,00	9982	Fe Alto Cr Centrifugado	55
	F4						HSS	80
Ferro Centrifugado Esp.							81	

3 UNIDADE DE CILINDROS

A unidade de cilindros responsável pelo abastecimento do Laminador de Tiras a Quente, possui três retificadoras de cilindros, fabricante Giustina Farrel com operação manual e três retificadoras, fabricante Toshiba com operação automática, com capacidade de produção de 36.000 cilindros/ano entre cilindros de trabalho e encosto.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Rebolo

Pela diversidade de cilindros para o Laminador de Tiras a Quente com perfil de acabamento variado, torna-se necessário maior variação de especificações de rebolos, fator não viável para o processo em função de indisponibilidade de máquinas retificadoras.

Ao longo dos anos, vem-se trabalhando novas aplicações de rebolos visando sempre maior rendimento com melhor qualidade de acabamento superficial.

Na CSN, até o início dos anos 90, a aplicação de rebolos para cilindros do LTQ-2 era basicamente de grãos Óxido de Alumínio ou grãos Carbureto de Silício.

A partir de então, iniciaram-se os primeiros experimentos com rebolos constituídos por grãos Cerâmicos, sendo uma combinação de grãos Carbureto de Silício e grãos Cerâmicos para toda variedade de cilindros, rebolos estes com alta friabilidade, no entanto, esta especificação apresenta menor rendimento e maior consumo. A partir de 2006, iniciaram-se novos experimentos com rebolos de maior tenacidade na combinação de grãos Óxido de Alumínio marrom e grãos Cerâmicos, quando foi necessário também o desenvolvimento de novos padrões tecnológicos de processo de retífica.

Na constituição do rebolo, o grão Cerâmico de estrutura microcristalina tem a função de remoção, enquanto o grão Óxido de Alumínio de estrutura macrocristalina tem função de ancoragem do grão Cerâmico, estabelecendo desta forma uma relação de melhor rendimento em processos de retífica.

O grão abrasivo é definido quanto ao tamanho segundo a norma FEPA, sendo que o grão de granulometria 36 possui diâmetro médio de 0,50 mm.

4.2 Análise de Performance

O desenvolvimento tecnológico de usinagem nos processos de retificação e as avaliações de performance dos rebolos nas condições anteriores ao desenvolvimento e após ocorreram a partir de Fevereiro de 2006, sendo escolhida como piloto a retificadora automática n° 23.

A Tabela 2 mostra a performance de rebolos na combinação grãos Cerâmicos com grãos Carbureto de Silício (SiC), na razão de 50% e de granulometria 36, usados para retificação dos cilindros de trabalho do Laminador de Tiras a Quente na sua variação de perfil e material, onde utilizamos rebolos de fornecedores diferentes, todos na mesma concepção de especificação.

Tabela 2. Performance de Rebolos Grãos Cerâmicos com Grãos SiC

Rebolo		Desempenho			Produção		
Tamanho de Grão	Tipo de Grão	Volume de Remoção mm ³	Volume Gasto mm ³	IR*	Cilindros Retificados	Remoção mm	Remoção média
36	Cerâmico e SiC	0,977 . 10 ⁸	0,432 . 10 ⁸	2,26	112	48,04	0,43
36	Cerâmico e SiC	1,309 . 10 ⁸	0,450 . 10 ⁸	2,90	157	64,35	0,41
36	Cerâmico e SiC	0,897 . 10 ⁸	0,438 . 10 ⁸	2,04	130	41,64	0,32
36	Cerâmico e SiC	0,984 . 10 ⁸	0,450 . 10 ⁸	2,18	120	45,34	0,38
36	Cerâmico e SiC	0,892 . 10 ⁸	0,441 . 10 ⁸	2,02	107	43,38	0,40
Média		1,011 . 10⁸	0,442 . 10⁸	2,28	125	48,55	0,38

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

A performance dos experimentos de rebolos na combinação de grãos Cerâmico com grãos Óxido de Alumínio (Al₂O₃) na razão de 50% e de granulometria 36, nas mesmas condições é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Performance de Rebolos Grãos Cerâmicos com Grãos Al₂O₃

Rebolo		Desempenho			Produção		
Tamanho de Grão	Tipo de Grão	Volume de Remoção mm ³	Volume Gasto mm ³	IR*	Cilindros Retificados	Remoção mm	Remoção média
36	Cerâmico e Al ₂ O ₃	1,913 . 10 ⁸	0,450 . 10 ⁸	4,25	260	93,93	0,36
36	Cerâmico e Al ₂ O ₃	2,162 . 10 ⁸	0,450 . 10 ⁸	4,80	250	105,00	0,42
36	Cerâmico e Al ₂ O ₃	1,897 . 10 ⁸	0,435 . 10 ⁸	4,35	333	86,65	0,26
36	Cerâmico e Al ₂ O ₃	1,946 . 10 ⁸	0,450 . 10 ⁸	4,32	222	99,44	0,44
36	Cerâmico e Al ₂ O ₃	2,429 . 10 ⁸	0,449 . 10 ⁸	5,41	271	124,12	0,45
Média		2,069 . 10⁸	0,446 . 10⁸	4,63	267	101,78	0,38

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

A Tabela 4 mostra a produção de cilindros retificados e a produção de laminados a quente fazendo uma correlação com o consumo de rebolo nos anos de 2005, 2006 e de Janeiro a Maio/2007.

Tabela 4. Correlação da produção com o consumo de rebolos

Ano	Cilindros Retificado	Remoção mm	Remoção mm ³	Consumo de Rebolo Peças	Produção LTQ Ton.	Relação Ton. / Rebolo	Relação mm ³ / Rebolo
2005	36.881	20.216,42	45,950.10 ⁹	420	4.847.303	11.541	1,094 . 10 ⁸
2006	29.868	14.499,93	32,760.10 ⁹	265	4.083.754	15.410	1,236 . 10 ⁸
2007	14.680	6.832,48	15,160. 10 ⁹	95	2.115.306	22.266	1,596 . 10 ⁸

4.3 Padrões Tecnológicos de Retífica

Os cilindros do LTQ se diferem quanto ao material e quanto ao perfil, exigindo então, padrões tecnológicos de retífica diferenciado, principalmente em se tratando de uma ferramenta de usinagem única.

Em função da variedade de cilindros e com nova concepção da constituição dos rebolos foi necessário o desenvolvimento de novos padrões tecnológicos de usinagem com alterações nos parâmetros de processo da retífica.

O padrão tecnológico com aplicação de rebolo grãos Cerâmicos e grãos Carbureto de Silício na retífica de cilindros com perfil CNP (*control numeric profile*) é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5. Padrão para retífica de cilindros perfil CNP rebolo grão Cerâmico com SiC

Estágio	Velocidade do Cilindro RPM	Velocidade do Rebolo RPM	Velocidade do Carro mm / min.	Velocidade de Avanço Micro / Seg.	Carga de corte Ampères	Nº de Passes
1º	30	800	3000	4,92	170	15
2º	30	800	2800	3,90	160	4
3º	40	800	1500	1,60	140	2
4º	40	800	800	0,65	115	1
5º	40	750	800	0,52	90	1

A Tabela 6 mostra o padrão tecnológico com utilização de rebolos constituído pela combinação de grãos Cerâmicos com grãos Óxido de Alumínio marrom para retífica do cilindro de trabalho com perfil CNP.

Tabela 6. Padrão para retificas de cilindros perfil CNP rebolo grão Cerâmico com Al₂ O₃

Estágio	Velocidade do Cilindro RPM	Velocidade do Rebolo RPM	Velocidade do Carro mm / min.	Velocidade de Avanço Micro / Seg.	Carga de corte Ampères	Nº de Passes
1º	30	600	2400	2,17	130	12
2º	30	600	2100	1,46	110	2
3º	35	550	1400	0,80	90	2
4º	45	550	900	0,44	80	1
5º	45	550	800	0,36	70	1

5 RESULTADOS

O resultado de rendimento dos experimentos com rebolos, nas Tabelas 2 e 3, mostra um ganho de 103 % conforme representado no gráfico da Figura 2.

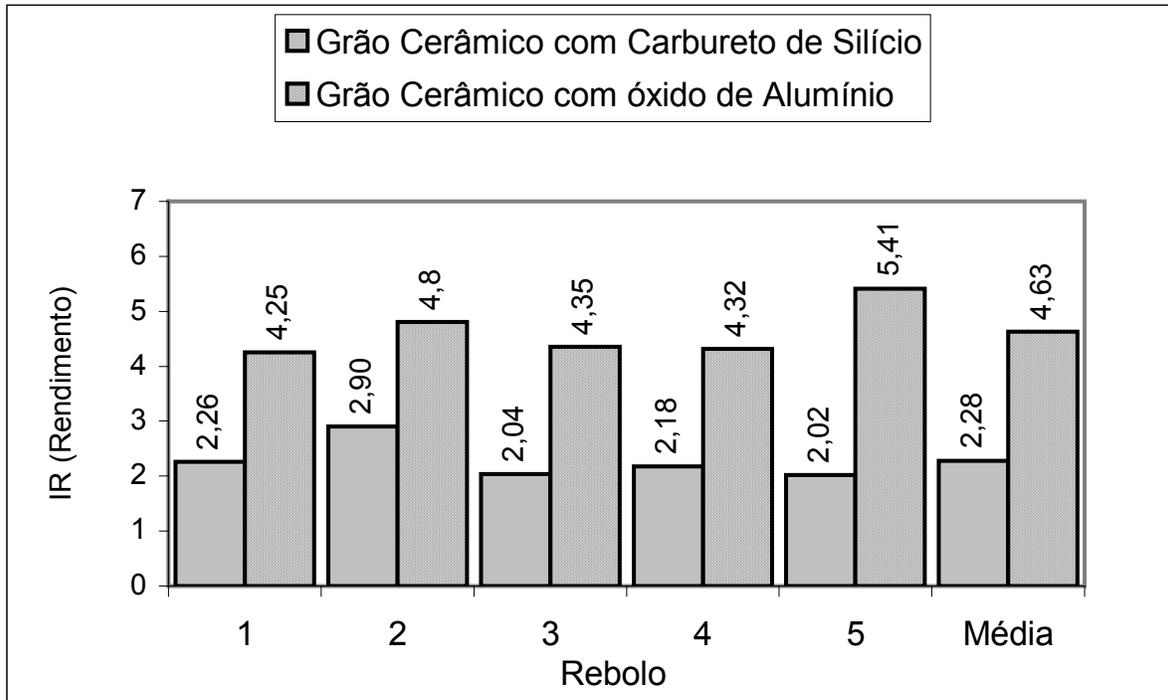


Figura 2. Rendimento de Rebolo

A capacidade de remoção em mm^3 em relação ao consumo unitário de rebolo foi de 48% anual, conforme Tabela 4, e esta representado no gráfico da Figura 3.

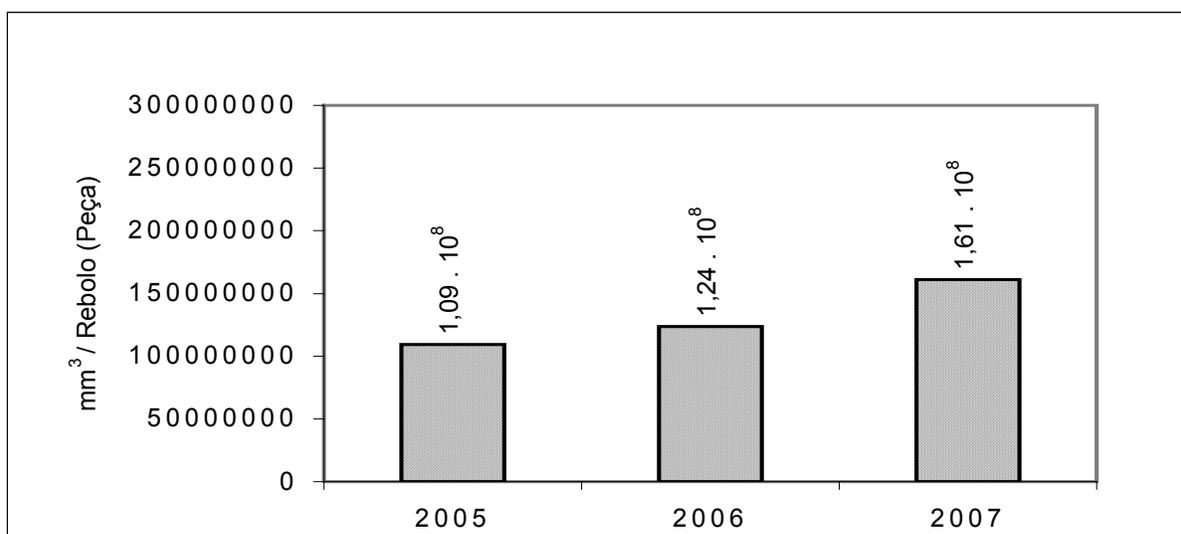


Figura 3. Remoção mm^3 por Rebolo

O gráfico da Figura 4 mostra a produção de laminados a quente em relação ao consumo unitário de rebolo, conforme Tabela 4.

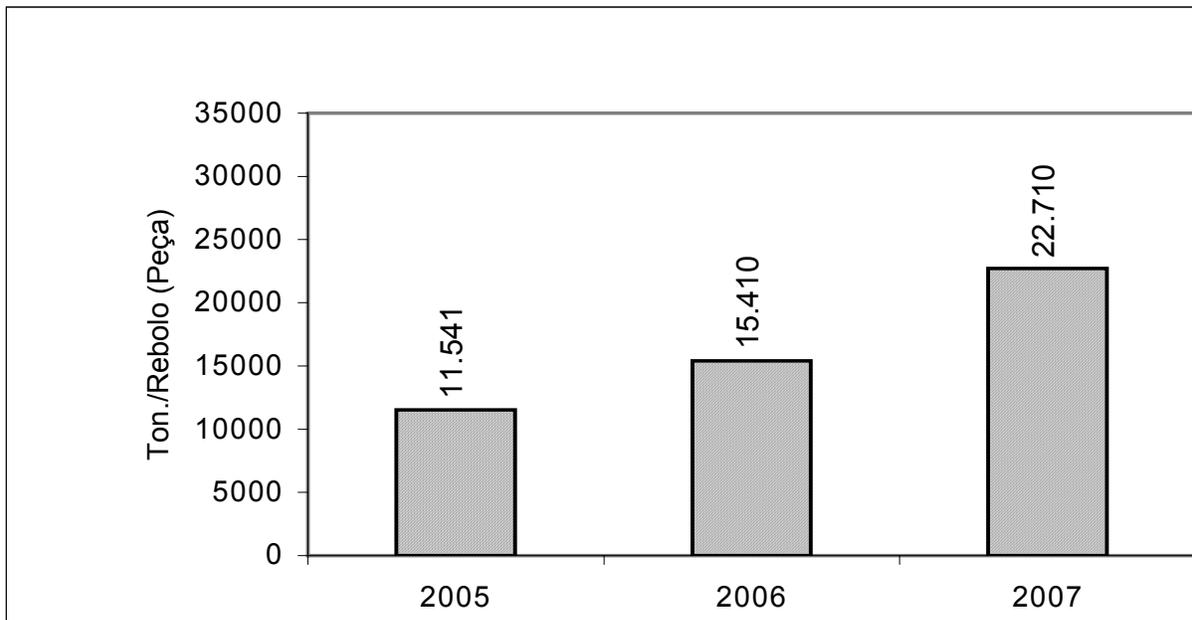


Figura 4. Produção por Rebolo

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do rebolo de grãos Cerâmicos combinado com grão Óxido de Alumínio marrom atendeu o objetivo proposto, com maior rendimento e redução de custo de retífica.

Este trabalho proporcionou um desenvolvimento tecnológico na concepção de usinagem por abrasão para cilindros de laminação a quente.

Outro benefício alcançado foi a melhoria no posto de trabalho com redução no número de montagens e troca de rebolo nas retificadoras.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Nussbaum C. G. Rebolo e Abrasivos Tecnologia Básica (1988) Editora Ícone.
- 2 FEPA Federation of European Producers of Abrasives.