

# APLICAÇÃO DE BACK UP 3% CR COM DUREZA ALTA EM LAMINADORES DE TIRAS A FRIO<sup>1</sup>

*Carlos Henrique da Silva<sup>2</sup>*

*Julio Cesar Linhares<sup>3</sup>*

*Carlos Morone<sup>4</sup>*

*Sidnei Berghi<sup>5</sup>*

## **Resumo**

Os laminadores de tiras a frio tem objetivado aumentar sua produtividade por meio de cilindros de trabalho com durezas mais altas que mantenham a rugosidade pelo maior tempo possível em uma campanha, esta modificação das propriedades mecânicas dos cilindros de trabalho trazem como consequência uma aceleração no mecanismo de degradação nos cilindros de apoio, degradação que provoca sua substituição mais freqüente, aumentando os tempos de retífica e paradas do laminador para troca dos cilindros de encosto. As reduções do número de substituições dos cilindros de encosto durante o mesmo período e da remoção na retífica de Back Ups pode contribuir para otimização das operações do laminador e da oficina de cilindros. Este trabalho apresenta a aplicação de cilindros com 3% de Cr com durezas mais altas que as usuais (60/65 HSC para 67/72 HSC ASTM E140) no laminador Tandem número 2 da CSN(LTF2), que possui capacidade de produção média de 60.000t /mês de folhas de flandres nas condições atuais de operação. Os resultados obtidos são comparados com os cilindros 5% Cr utilizados atualmente, analisando principalmente as condições mensuráveis sob o ponto de vista do comportamento mecânico do cilindro na aplicação. São discutidos os performances obtidos na aplicação de Back Ups com 3 e 5% de Cr e os critérios para determinar o material mais adequado a aplicação de tiras a frio.

**Palavras-chave:** Laminação; Cilindros; Back up.

## **APPLICATION OF BACK UP 3% CR WITH HIGH HARDNESS IN COLD MILL**

### **Abstract**

The rolling in cold mills have been aiming at to increase your productivity through work rolls with higher hardness than they maintain the roughness for the largest possible time in a campaign, this modification of the mechanical properties of the work rolls they bring as consequence an acceleration in the degradation mechanism in the back up rolls, degradation that provokes more frequent substitution, Increasing the times of grinding and stops of the rolling mill for change of the back ups. As reductions of the number of substitutions of the rolls during the same period and of the removal in the grinding of Back Ups it can contribute to optimization of the operations of the rolling mill and of the workshop of rolls. This paper presents the application of Rolls with 3% de Cr with higher hardness than the usual ones (60/65 HSC for 67/72 HSC ASTM E140) in the cold mill number 2 of CSN(LTF2), that possesses capacity of medium production of 60.000t /month of tin plates in the current conditions of operation. The obtained results are compared with the rolls 5% Cr used now, analyzing mainly the measurable conditions under the point of view of the mechanical behavior of the roll in the application. The performances are discussed obtained in Back Ups's application with 3 and 5% of Cr and the criteria to determine the most appropriate material the application of cold mills.

**Key words:** Lamination; Cylinders; Back up.

<sup>1</sup> Trabalho a ser apresentado no 43º Seminário de Laminação; 2006, Curitiba; PR

<sup>2</sup> Diretor de produção da Brasimet - Joinville.

<sup>3</sup> Engenheiro de produção sênior, Gerência de Cilindros da Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>4</sup> Gerente de vendas e assistência técnica da Aços Villares S.A.

<sup>5</sup> Engenheiro de vendas e assistência técnica da Aços Villares S.A

## 1 INTRODUÇÃO

O histórico de fabricação de Back Ups e sua aplicação apresentaram nos últimos 30 anos uma grande evolução. Esta evolução pode ser observada na Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). Apesar deste trabalho discorrer sobre a utilização dos Back Ups em laminadores de tiras a Frio um breve resumo dos resultados obtidos no laminador de tiras a quente (LTQ2) é necessário, considerando que as primeiras grandes performances com os desenvolvimentos realizados ao longo do tempo são verificados nesta aplicação, por sua natureza possibilitar análises mais frequentes e significativas. Os resultados favoráveis de performance em LTQ's são analisados e eventualmente podem ser incorporados em LTFs. O quadro da Tabela 1 mostra para o LTQ2 da CSN esta evolução:

**Tabela 1.** Evolução dos materiais e campanhas médias de Back Ups nos laminadores de tiras a quente da CSN

Década	Processo Fabricação	Material % Cr	Marca Villares	Dureza (HSC)	Campanha (t)	Remoção média Ø /Campanha(mm)
1970	Fundição	3	VDE	55/60	30.000	5 a 10
1980	Forjado	3	VC4A	60/65	90.000	3 a 6
1990	Forjado	5	VC4TS	67/72	450.000	2 a 4
2000	Forjado	5 modificado	VC4HM	67/72	Em teste	Não disponível

Os resultados mostrados na Tabela 1 apresentam ao longo do tempo um aumento de campanha significativo para um laminador de tiras a quente da CSN que possui quatro 04 cadeiras desbastadoras (2ª cadeira reversível) e 07 cadeiras acabadoras, e que executa uma produção diversificada com espessuras variando entre 1,6 a 6,5 mm em média. As especificações usuais recomendadas pela Villares para laminadores a quente e a frio na aplicação de Back Ups são descritas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Aplicação de Back Ups em laminadores de tiras a Quente e a Frio

Material	Marca Villares	Dureza(HSC)	Aplicação
3% Cr	VC4A	60/65	Laminadores tiras a Frio
3% Cr	VC4CM	67/72	Laminadores Tiras a Frio Alta Performance
5% Cr	VC4TS	67/72	Laminadores Tiras a Quente e Tiras a Frio Alta Performance
5% Cr	VC4HM	67/72	Laminadores Tiras a quente

Devemos considerar que quando o tempo gasto para troca de Back Ups em laminadores de tiras a frio é relevante como é observado nos laminadores de tiras a quente os ganhos de aumento de produtividade podem ser efetivados de forma

significativa, influenciando no aumento de volume laminado em cada campanha. Devemos analisar para esta aplicação algumas diferenças importantes que seguem: Os programas de laminação para laminadores de Tiras a Frio são em geral menores, devido a constante troca de cilindros de trabalho que ocorrem em função da forte diversificação de espessuras e larguras das tiras laminadas provocando uma produtividade menor. Na Tabela 3 abaixo podemos verificar a distribuição média da produção de espessuras laminadas no LTF2 da CSN.

**Tabela 3.** Espessuras médias laminadas no LTF2 -CSN

Espessura (mm)	Participação %
0,180	0,60
0,190	77,0
0,200	9,00
0,210	7,90
0,213	0,60
0,225	0,57
0,230	2,54
0,235	3,00
0,240	1,21

O mecanismo de degradação dos BURs para tiras a frio não é predominantemente desgaste abrasivo e fadiga de contato como em um laminador de tiras a quente, a interferência de outras variáveis provocadas por agentes externos que geram deformações plásticas na superfície como marcas de cilindro (Roll Marks) e amassamentos é mais significativa.

O tempo de permanência no laminador Tandem número 2 da CSN dos Back Ups de acordo com as regras atuais, é dependente da cadeira em que são utilizados. No laminador de tiras a quente da CSN o tempo de permanência é uniforme, objetivando-se 30 dias em média para todas cadeiras. Segue Tabela 4 demonstrando as diferenças entre as cadeiras do laminador de tiras a frio 2 da CSN:

**Tabela 4.** Principais características do Laminador a Frio Tandem nº2 da CSN

Cadeira N°	Ø Cilindro Trabalho (mm)	Ø Cilindro BUR(mm)	Distância entre cadeiras(mm)	Vel. Máxima m/min	Carga Nominal (t)	Potência Nominal (KW)	Campanha (dias)
1	558,80	1346,20	4550	700	1200	3500	15
2	558,80	1346,20	4400	879	1500	5000	15
3	558,80	1346,20	4400	1091	1500	5000	07
4	558,80	1346,20	4400	1375	1500	5400	07
5	558,80	1346,20	4500	1520	1500	5400	07

Observando a evolução descrita podemos concluir que as condições de utilização que motivam o desenvolvimento de BURs para Laminadores de Tiras a Quente são diferentes na aplicação para Tiras a Frio, principalmente quando se é considerado o

mecanismo de degradação predominante que direciona o desenvolvimento de novos cilindros.<sup>(1)</sup> O objetivo principal deste trabalho é discutir as diferenças que podem existir na aplicação de cilindros de encosto com 3 e 5 %Cr em um laminador de Tiras a Frio.<sup>(2)</sup> São apresentados os resultados de campo da aplicação de cilindros Back Ups com 3% de Cr com dureza similar a de cilindros com 5% de Cr no Laminador de tiras a Frio Tandem número 2 da CSN .

## 2 DESENVOLVIMENTO

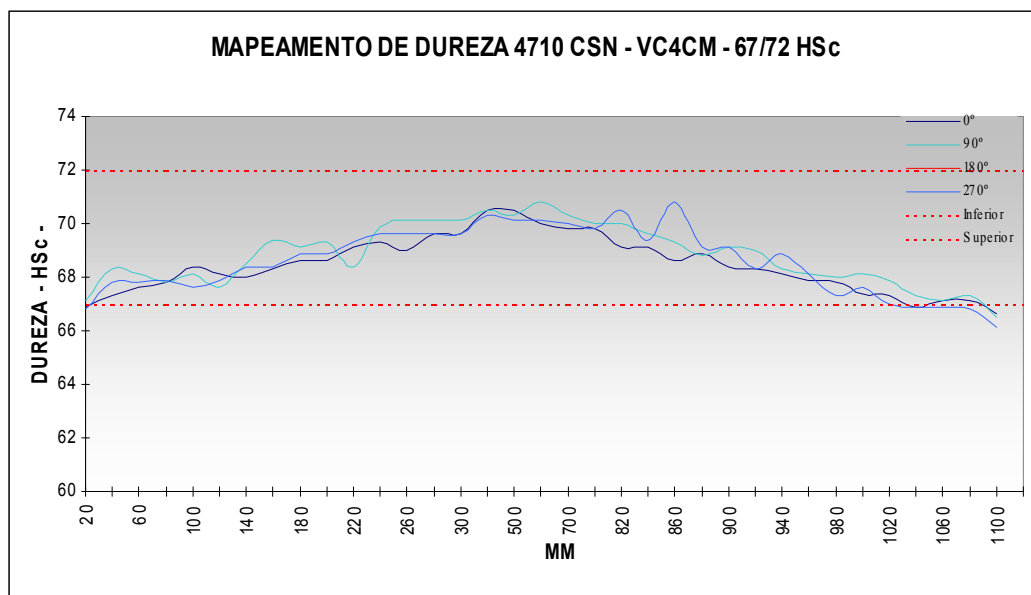
### 2.1 Fabricação

Foram produzidos 2 cilindros em 3% Cr (VC4CM) conforme Tabela 5 a seguir:

**Tabela 5.** Composição Química Back Up Roll 3% Cr (VC4CM) e dureza de aplicação

Composição Química %								Dureza (HSC- ASTM E140)
C	Si	Mn	Cr	Mo	V	S	P	67/72
0,35	0,25	0,20	2,50	0,20	0,25	<	<	
0,45	0,35	0,90	3,80	2,00	0,75	0,030	0,35	

Os resultados de dureza final após fabricação, ao longo da mesa de trabalho são mostrados nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Durezas medidas ao longo da mesa cilindro 40T600 em três geratrizes

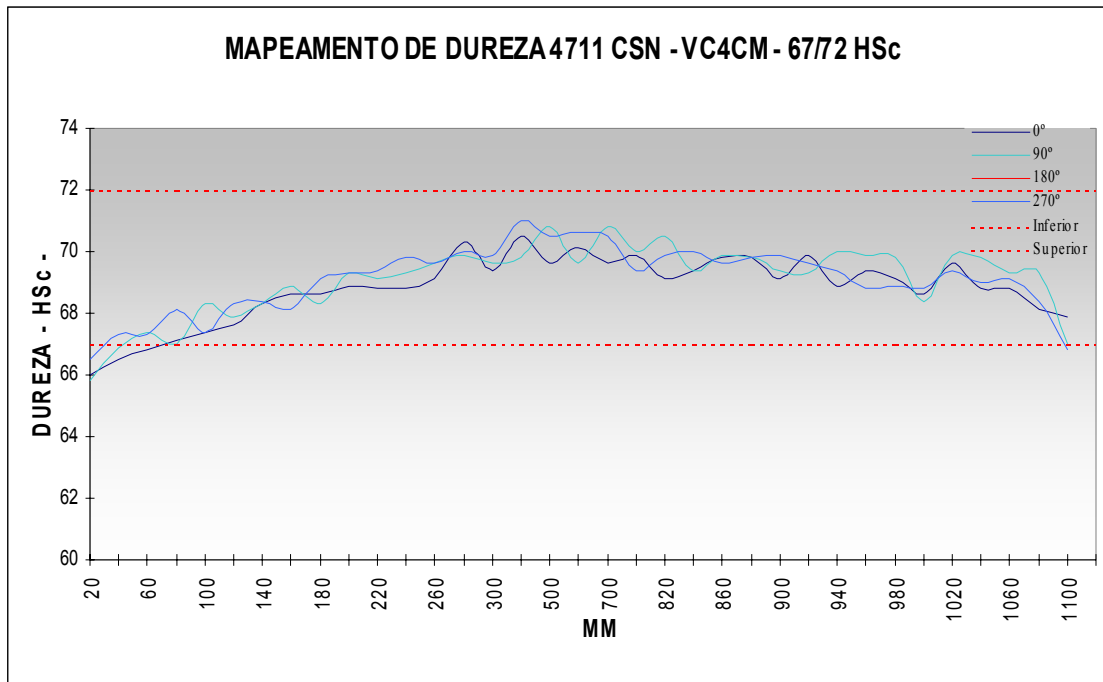


Figura 2. Durezas medidas ao longo da mesa cilindro 40T601 em três geratrizes

## 2.2 Aplicação no Laminador

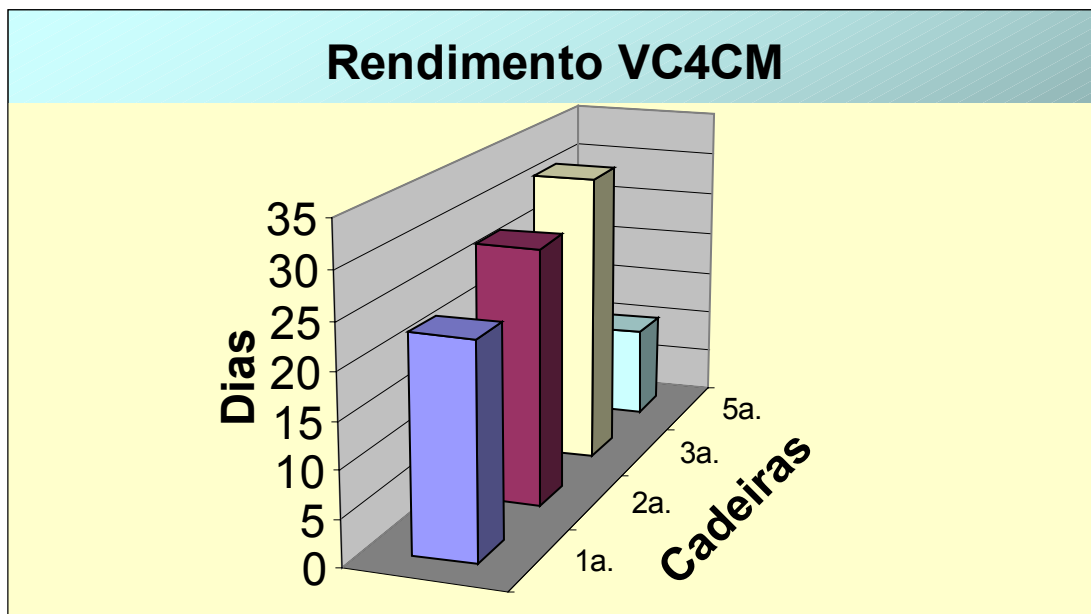
Os cilindros foram colocados em operação no laminador Tandem número 2 da CSN nas cadeiras 1, 2, 3 e 5 de acordo com a programação de laminação. As campanhas realizadas e rendimentos são mostrados na Tabela 6:

Tabela 6. Campanhas cilindros VC4CM Laminador LTF2 CSN

Período	Cilindro Posição	Campanha(t)	Remoção Retifica(mm)	Rendim. (t/mm)	Cadeira Utilizada
07/05 - 12/05/03	40T600	9807	Novo	-----	5
01/10 - 03/11/03	40T600	54982	1,4	39272,86	3
02/12 - 08/01/04	40T600	45766	3,72	12302,69	3
03/03- 30/03/03	40T600	42607	3,33	12794,89	2
02/06- 22/06/04	40T600	26545	2,49	10660,64	2
20/07-02/08/04	40T600	19777	2,12	9328,77	5
01/10-25/10/04	40T600	36072	3,34	10800	1
12/01-31/01/05	40T600	25508	2,3	11090,43	1
13/05-19/05/03	40T601	9807	Novo	-----	5
01/10-03/11/03	40T601	54982	1,62	33939,51	3
02/12-08/01/03	40T601	45766	2,63	17401,52	3
30/03-05/05/04	40T601	54544	3,42	15948,54	2
25/05-01/06/04	40T601	4812	2,33	2065,23	5
22/06-30/06/04	40T601	4260	2,05	2078,05	5
01/10-25/10/04	40T601	36072	2,10	17177,14	1
12/01-31/01/05	40T601	25508	2,30	11090,43	1

As Campanhas de BUR para laminadores de tiras a frio são dependentes da programação da quantidade e tipo de materiais que serão laminados, como as espessuras e larguras estão bastante diversificadas e variando bastante isto torna-se o fator determinante para definir a extensão das campanhas e assim influenciar diretamente na performance dos cilindros de encosto e trabalho. Podemos verificar

no gráfico da Figura 3 que a cadeira 03 apresenta um rendimento de 25700t/mm e a cadeira 05 um rendimento de 4500 t/mm . Esta diferença de performance se deve exclusivamente ao tempo de permanência médio no laminador em cada cadeira, 35 dias na cadeira 03 e 08 dias na cadeira 5. A determinação do tempo de permanência é feita com base no histórico específico do laminador a partir de resultados empíricos observados ao longo de experimentações realizadas para verificar a influência e intensidade no aparecimento dos defeitos comuns a esta operação como amassamentos ,marcas de cilindro e variação da rugosidade que provoca patinações entre o cilindro de trabalho e encosto.<sup>(3)</sup> A principal análise ,além da dureza, que a CSN efetua é visual ,avaliando os danos que a superfície do BUR apresenta após cada campanha por cadeira, estes defeitos devem ser eliminados na retifica e dureza de fabricação restabelecida.



**Figura 3.** Rendimento VC4CM por cadeira no LTF2

Os mecanismos de degradação<sup>(4)</sup> predominantes e atuantes BURs para laminadores de tiras a frio estão relacionados aos processos de deformação plástica(amassamentos) principalmente em função das altas durezas dos cilindros de trabalho<sup>(5)</sup> e da interação com agentes externos (não retidos nos sistema de filtragem) de maior dureza presentes na emulsão que é utilizada no sistema de refrigeração. Na CSN os principais motivos que conduzem a substituição dos BURs são na ordem:

- Tempo padrão de permanência do Back Up no laminador de acordo com a cadeira

- Parada para manutenção programada do Laminador

Indiretamente, pois são os fatores intrínsecos do cilindro avaliados para determinação do tempo de permanência no laminador, também são considerados:

- Encruamento da Superfície

- Dimensões de amassamentos causados por corpos estranhos

## 2.3 Critérios para Definição de Campanha

Os critérios para definição de campanha por cadeira são determinados em razão do aspecto superficial (amassamentos e incrustações) e das durezas medidas na mesa após trabalho sendo portanto resultado da experiência específica na operação do laminador. Após as campanhas já realizadas com VC4CM(3% Cr 70 HSC) e o histórico do VDE (3% Cr fundido), VC4A(3% Cr forjado dureza 60HSC) e VC4TS (5% de Cr dureza 70HSC) a Tabela 7 de critérios de utilização foi definida:

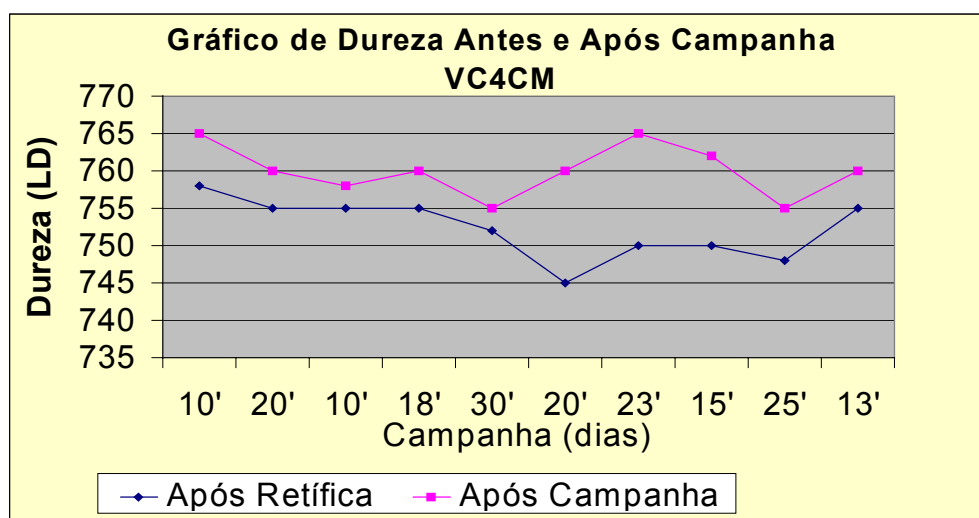
**Tabela 7.** Campanhas e remoção na retífica de BURs do LTF2 CSN

Cadeira	VDE		VC4A		VC4TS		VC4CM	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	<10	>5,0	<15	>4,0	>35	>2,0	>35	>2,0
2	<10	>5,0	<15	>4,0	>35	>2,0	>35	>2,0
3	<10	>5,0	<15	>4,0	>15	>2,0	>15	>2,0
4	< 7	>5,0	<10	>4,0	>15	>1,5	>15	>1,5
5	< 5	>3,0	< 7	>2,0	>9	>1,5	>9	>1,5

A – Campanha (dias); B – Remoção (mm)

## 2.4 – Dureza e Aspecto Superficial após Utilização

A medição de dureza superficial na mesa antes e após as campanhas é mostrada no gráfico da Figura 4



**Figura 4.** Gráfico de dureza VC4CM antes a após as campanhas no LTF2

O aspecto superficial típico dos BURs em VC4CM após campanha pode ser observado nas Figuras 5 e 6.



**Figura 5.** Foto Panorâmica 3% Cr



**Figura 6.** Superfície após uso 3% Cr

Podemos observar nas Figuras 7 e 8, o aspecto da superfície típico dos BUR com 5% de Cr



**Figura 7.** Foto Panorâmica 5% de Cr



**Figura 8.** Superfície após uso 5% Cr

### 3 RESULTADOS

As campanhas realizadas com os cilindros VC4CM (3%Cr) seguiram as mesmas solicitações que ocorrem para utilização normal de VC4TS (5% Cr). O tempo de permanência dos cilindros em cada cadeira (Tabela 7) é determinado pelo histórico de utilização, pela avaliação visual do “estado” da superfície da mesa após o uso e pelas observações do comportamento dos cilindros durante a operação. O mecanismo de degradação dos BURs no LTF2 da CSN exclui o desgaste abrasivo, sendo amassamentos, aumento de dureza e arrancamentos na superfície os principais sinais de deterioração visíveis e mensuráveis que motivam a interrupção da utilização dos cilindros. As campanhas dos BURs executadas no laminador de tiras a frio 2 buscam atingir o máximo de utilização previsto em dias para cada cadeira, sendo a tonelagem máxima laminada resultado quase exclusivo da programação. Observamos no gráfico da Figura 4 que a utilização em cada cadeira foi superior ao desejado no padrão o que demonstra a possibilidade de aumentar a permanência dos BURs no LTF2 em campanhas futuras, esta oportunidade é reforçada pelo comportamento da dureza após campanha como mostra o gráfico da



Figura 5, verificamos que não existe encruamento apreciável após uso. A explicação para justificar o número de dias(baixo) atualmente estabelecido como padrão de utilização para cada cadeira é a variação da rugosidade que ocorre na superfície dos cilindros de encosto e trabalho, rugosidades mais baixas ao longo do processo de laminação podem conduzir a instabilidade operacional e resultar em deslizamentos entre as superfícies dos cilindros causando dificuldades operacionais e no extremo, acidentes como lascamento dos cilindros de encosto . O estudo do aumento das campanhas para os BURs neste laminador sugere a realização de medições da rugosidade dos cilindros de encosto e trabalho ao longo da utilização para direta associação com as possíveis ocorrências de deslizamento entre as superfícies.

#### **4 CONCLUSÃO**

A aplicação dos cilindros BURs com 3% e 5 % de Cr não apresenta diferenças de desempenho no laminador de tiras a Frio 2 da CSN. Foi observado no trabalho que existe um potencial para aumento de campanha significativo para ambos materiais. A escolha de qual material é mais adequado a aplicação trata-se de uma questão administrativa e econômica.

#### **REFERÊNCIAS**

- 1 Recent Developments in Wear – Resistant Back Up Rolls T.Fusada Kanto Special Steel Works Ltd. ISS 39 th Mechanical Working and Steel Processing Conference, October 1997 in Indianapolis, IN.
- 2 Development of materials for Back Up Rolls – Miguel Ângelo de Carvalho at al Aços Villares S.A ISS Technical Paper
- 3 Variations of Friction in the Roll Bite and Their Effects on Cold Strip Rolling – W.Y.D. Yuen ,Y.Popeliansk and M.Prouten BHP Steel -ISS 37<sup>th</sup> Mechanical Working and Steel Processing Conference held in October 1995 in Hamilton ,Ontário, Canadá.
- 4 Wear Characteristics of Back Up Roll Materials- Kevin Marsden at al, West Homestead Engineering and Machine Company
- 5 Effect of Work Roll Materials and Progress of Manufacturing Technology on Cold Rolling and Future Development in Japan –Shuichi IWADOH and Toshikazu MORI NKK Corporation- ISIJ International, Vol.32(1992),N<sup>o</sup> 11,pp.1131-1140.