

O SISTEMA AGC DO LAMINADOR DE CHAPAS GROSSAS DA USIMINAS(1)

Pedro Caetano da Silva (2)

Delí Daniel Moreira (3)

RESUMO

Aborda-se o funcionamento do sistema AGC do laminador de chapas grossas da Usiminas, os resultados que se tem obtido com sua utilização, bem como os principais problemas e soluções apresentadas. Através das curvas de razão elástica da cadeira e deformação do material, chega-se à relação fundamental do sistema e ao cálculo da variação do módulo do laminador, que define a rigidez do conjunto.

- (1) Contribuição técnica a ser apresentada no simpósio da COLAM, em outubro/79 - Niteroi
- (2) Membro da ABM - Eng. mecânico - chefe da seção de manutenção da linha de acabamento de chapas grossas da Usiminas
- (3) Membro da ABM - Tec. mecânico - chefe da seção de manutenção da laminação de chapas grossas da Usiminas.

I - INTRODUÇÃO

A evolução da indústria siderúrgica mundial, tem feito com que sejam desenvolvidos novos equipamentos, com a finalidade de melhorar a qualidade dos produtos.

A fim de acompanhar esta evolução, a USIMINAS adquiriu seu laminador de chapas grossas dotado do sistema de controle automático de espessura (AGC), que melhora as características de forma e aspecto, permitindo assim o fornecimento de material de melhor qualidade no mercado e o acompanhamento da evolução tecnológica mundial.

Este trabalho descreve, de maneira geral, o princípio de fun - cionamento dos atuadores do sistema AGC da USIMINAS, bem como as técnicas de manutenção nele empregados, com o objetivo prin - cipal de fornecer informações a quem utilizar este tipo de e - quipamento.

2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O laminador de chapas grossas da Usiminas, possui um sistema de controle automático de espessura que consiste basicamente em dois cilindros hidráulicos com \varnothing de 1570 e curso de 20mm, localizados sob os mancais do cilindro de encosto inferior. Estes cilindros são acionados por um sistema hidráulico cuja pressão de recalque é de 210 kg/cm^2 . Os sinais de comando para o sistema hidráulico dos cilindros são fornecidos por um painel comparador, que por sua vez recebe sinais de outros sensores entre eles a célula de carga (load cell) e sensor de posição do cilindro (LVDT)

Célula de carga

As células de carga (load cell) estão localizadas sob os parafusos de aperto (screw down) e tem como finalidade transformar a força de laminação em sinal elétrico. Esta célula regulada para trabalhar de $0 \sim 5.000t$, que convertido em sinal elétrico fornecerá o equivalente de $0 \sim 5V$. A capacidade máxima desta célula é de $7.000t$.

Sensor de posição

Estes sensores estão localizados no interior dos cilindros hidráulicos atuadores e são usados para registrar as variações do curso dos mesmos transformando estas variações em sinais elétricos.

Características:

Tipo: LVDT (Linear variable diferencial transformer)

Curso de detenção: $\pm 10\text{mm}$

Linearidade: $\pm 0,2\%$

Voltagem de excitação: $5MV$ pico a pico

Frequência de excitação: 5 KHZ

Sensibilidade: $0,2 \text{ V/mm}$

Válvula de controle

Trata-se de uma válvula direcional muito precisa e que funciona recebendo sinais elétricos do painel comparador e sua função é basicamente controlar o fluxo de óleo dos cilindros atuadores (fig 1)

Sistema hidráulico

O sistema difere dos convencionais por seu grau de precisão e pureza do óleo. Seus componentes são fabricados em aço inox com

sistema de recirculação própria onde estão inseridos filtros de 3 a 5 μ . As bombas em número de quatro, são de pistões axiais e vazão variável, e o tanque do sistema, com capacidade para 3.000 L, é pressurizado com N₂. As válvulas de controle acima citadas são em número de quatro para cada cilindro. É necessário que funcione sempre o mesmo número de válvulas em cada cilindro para que tenhamos sempre a mesma vazão.

Cilindro hidráulico atuador

Uma das características importantes dos cilindros hidráulicos atuadores dos sistema é o fato dos retentores de óleo estarem montados em um anel flutuante fazendo com que as vibrações da carga dos cilindros não sejam transmitidos para o êmbolo. Outro fato a ressaltar é que a parte móvel é a carcaça, ficando o êmbolo fixo sobre o parafuso de elevação (screw up). A câmara inferior do cilindro é pressurizada para evitar aspiração de sujeira (fig 2)

Painel de controle eletrônico

O painel controlador recebe sinais dos vários sensores do sistema, compara com as referências memorizadas e envia sinal de correção para as válvulas controladoras de fluxo do óleo do cilindro atuador. (fig. 3, 4 e 5)

PRINCIPIO FUNDAMENTAL DO SISTEMA A. G. C.

Durante o processo de laminação, mesmo que se mantenha constante a redução por parte da operação, ocorre variações de espessuras do material e as causas podem ser relacionadas como:

- 1 - Faixas frias oriundas do contato da placa com as vigas de apoio do forno, que são refrigeradas a água (marca de skids).
- 2 - Variação de temperatura no sentido longitudinal do material devido a regulagem do forno.
- 3 - Variação na velocidade de laminação
- 4 - Outras causas: Dilatação térmica dos cilindros, descarepação concentrada ou parcial.

O sistema AGC (Automatic Gage Control) corrige a variação de espessura do material, com uma eficiência de 70% e 0,1 seg. de tempo de resposta, através do deslocamento do conjunto, cilindro de trabalho e encosto inferiores, usando como atuador o cilindro hidráulico descrito anteriormente.

Na figura nº 6 mostramos o esquema gráfico de funcionamento do sistema através das curvas de plasticidade do material e razão elástica do conjunto de laminação

Ponto 1: Temos $h_0 = S_0 + F_0/KM$ (material fora da região de maior dureza.

Ponto 2: Temos $h_1 = S_0 + F_1/KM$ (neste instante, menor que 0,1 seg. a curva de plasticidade se desloca antes da atuação do AGC)

Ponto 3: Temos $h_0 = S_1 + F_2/KM$ (retôrno da espessura de h_1 para h_0 , devido ao deslocamento do ponto inicial da curva do KM de S_0 para S_1 , com um aumento de força de F_1 p/ F_2)

Tivemos no ponto 3 a operação do AGC através da mudança de posição do pistão hidráulico de S_0 para S_1 .

Igualando as equações dos pontos 1 e 3 temos:

$$h_0 = S_0 + F_0/KM$$

$$h_0 = S_1 + F_2/KM$$

$$S_0 + F_0/KM = S_1 + F_2/KM$$

$$KMS_0 = KMS_1 + F_2 - F_0$$

$$KM \cdot \Delta S = \Delta F$$

$$\frac{\Delta S}{\Delta F/KM} = C$$

O sistema trabalha para manter constante a relação acima.

Para $C = 1$ diríamos que a correção foi de 100% e o deslocamento do cilindro (ΔS) é igual ao cedimento da cadeira e cilindros. ($\Delta F/KM$) originado pela mudança da curva de plasticidade do material e o deslocamento do cilindro.

SIMBOLOGIA

h_0 = Espessura na região do ponto 1 e 3

S_0 = Abertura dos cilindros sem carga

F_0, F_1 e F_2 = Força de laminação nos pontos 1, 2 e 3

KM = Razão elástica da cadeira e cilindros

S_1 = Abertura inicial corrigida dos cilindros

CONTROLE DE VARIAÇÃO DO MÓDULO DO LAMINADOR

A compensação feita no módulo do laminador é devido a duas causas: A variação de largura do material e dos diâmetros dos cilindros. Esta compensação é feita variando o valor de KE das fórmulas. Podemos indicar as operações como se segue:

$$h_1 = h_0 + \frac{\Delta F}{KM} \quad (\text{Sem AGC})$$

$$h_1 = h_0 + \frac{\Delta F}{KM} - \frac{\Delta F}{KM} \cdot C \quad (\text{Com AGC})$$

$$h_1 = h_0 + \frac{(1 - C) \cdot \Delta F}{KM}$$

$$\text{Fazendo } \frac{KM}{1 - C} = KE$$

$$\text{Temos: } h_1 = h_0 + \frac{\Delta F}{KE}$$

Para $C \Rightarrow 1$ $KE \Rightarrow \infty$ e $\frac{\Delta F}{KE} \Rightarrow 0$ - Laminador infinit. duro

Para $C \Rightarrow 0$ $KE \Rightarrow KM$ e $\frac{\Delta F}{KE} \Rightarrow \frac{\Delta F}{KM}$ - Laminador convencional

Para $C \Rightarrow -1$ $KE \Rightarrow \frac{KM}{2}$ e $\frac{\Delta F}{KE} \Rightarrow \frac{\Delta F}{KM} \times 2$ - Laminador tipo soft

SIMBOLOGIA

h_1 = Espessura de saída na região de maior dureza

h_0 = Espessura de saída fora da região de maior dureza

ΔF = Variação total da força da correção

KM = Razão elástica de cadeira e cilindros

C = Eficiência de correção

KE = Controle do módulo do laminador

3 - MANUTENÇÃO DO CILINDRO ATUADOR

A manutenção do cilindro consiste basicamente na substituição dos elementos de vedação e teste de vazamento, o que seria uma tarefa relativamente simples, não fosse pelos preparativos e cuidados envolvidos nesta operação dado ao grau de precisão e limpeza que o sistema exige. Para isto necessário se fez construção de uma sala que pudesse atender estas exigências, dotada de equipamentos indispensáveis a este tipo de trabalho conforme fig. 7.

SEQUÊNCIA DE MANUTENÇÃO

Os cuidados com a limpeza começa na preparação dos serviços e para tal, antes de entrarmos com o cilindro para o interior da sala, faz se uma completa lavagem da parte externa e retira-se todos os acessórios presos ao cilindro. Ainda fora da sala e com o cilindro na posição de trabalho retira-se o sensor de posição (LVDT) que é preso no êmbolo.

Esta tarefa requer cuidados e ferramentas especiais devido a sua sensibilidade e fragilidade. Após estes preparativos e com a sala devidamente preparada, inicia-se a manutenção propriamente dita. Retira-se o êmbolo removendo deste os anéis flutuantes que são: Anel principal, anel do sensor e anel flutuador da câmara inferior, onde se encontram os elementos de vedação a serem substituídos.

A partir daí o trabalho fica dividido em 3 tarefas paralelas ou seja:

- a) Troca de elementos de vedação do sensor de posição
- b) Limpeza dos componentes
- c) Ajustagem dos novos elementos de vedação
- a) Troca do elemento de vedação do sensor

Esta tarefa consiste na remoção dos elementos de vedação, na limpeza do conjunto com álcool etílico e montagem dos novos elementos que são previamente aquecidos em banho de óleo à temperatura de 90°C durante 20 minutos. O material utilizado na fabricação destes elementos de vedação é teflom impregnado de cobre, e fabricado única e exclusivamente pela coppers (USA).

b) Limpeza dos componentes do cilindro

Trata-se de um dos principais pontos desta manutenção e para isto foi construído um tanque especial para coletar os resíduos e o querosene utilizado nesta lavagem. Atendendo a recomendação do fabricante utilizamos querosene de aviação que é submetido a teste de pureza em nosso laboratório. As peças no interior do tanque são suspensas pela ponte rolante, e jateadas através de uma bomba que recalca o querosene a uma pressão de 30 kg/cm^2 , evitando-se qualquer tipo de contato manual.

c) Ajustagem dos elementos de vedação

Utilizando um gabarito com rasgos correspondendo aos diâmetros dos encaixes existentes nos anéis flutuantes, faz-se o ajuste individual por elemento o que requer mão de obra especializada por ser um trabalho feito manualmente à lima e necessitar um paralelismo perfeito entre faces. (fig.8)

- Montagem do conjunto

Após inspeção da limpeza de todas as peças inicia-se a montagem dos elementos de vedação nos anéis flutuantes. Para garantir uma perfeita vedação nas emendas sem a necessidade do uso de cola, estes elementos são ajustados com 4mm a mais no diâmetro, sendo necessário contraí-los, o que é feito com gelo seco, no ato da sua montagem.

Procede-se em seguida a montagem de todo o conjunto observando-se os fatores limpeza e manuseio (fig. 9)

- Teste de vazamento

Os testes de vazamento são feitos com auxílio de um dispositivo construído de duas placas com espessura de 410mm e quatro parafusos de 270mm de diâmetro, e um sistema hidráulico provido de duas bombas de 20 e 130 kg/cm^2 respectivamente, (fig. 10). Os testes realizados c/ pressão de 20 kg/cm^2 são mais significativos dado ao tipo de vedação projetado. (fig. 11)

- Teste do óleo hidráulico

Parte da sala construída para manutenção do cilindro, é tomada pelo laboratório destinado a testes de pureza do óleo hidráulico.

O óleo é recebido em tambores plásticos ou tambores comuns com embalagem plástica interna, evitando qualquer tipo de contaminação.

- Contagem de partículas

Fazendo-se passar 100 ml da amostra do óleo através de uma membrana quadriculada de 0,8 (fig.12) é processada a contagem das partículas de impureza retiradas na membrana, através do microscópio, e em seguida classifica-se o óleo segundo tabela do NAS (National aerospace standard) (fig. 13)

O método utilizada na contagem das partículas varia segundo a distribuição das mesmas sobre a membrana, podendo ser contagem direta de todas as partículas acima de 5 microns ou cálculo estatístico.

- Cálculo estatístico

Este processo é empregado quando as partículas retidas ficam uniformemente distribuídas sobre a membrana quadriculada.

- Contagem direta

Quando as partículas ficam concentradas em uma área da membrana faz-se a contagem de todas elas.

CONCLUSÃO

Nestes últimos seis meses após a manutenção geral feita no sistema AGC do laminador de chapas grossas da Usiminas, ocasião em que foram trocados todos os elementos de vedação do cilindro hidráulico, ajuste de todo o circuito hidráulico e eletrônico, bem como algumas modificações mecânicas, temos conseguido um índice de funcionamento de 96% com uma sensível melhoria na qualidade do produto como foi mostrado no gráfico das figuras 4 e 5. Com a atuação do AGC a variação da espessura na chapa ficou reduzida em aproximadamente 70% do valor sem AGC, de tal forma que temos conseguido espessuras bem próximas dos valores nominais.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Manual de instrução do volume III-A da Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co. Ltda.
- 2 - Catálogo 731 675 da Moog
- 3 - Informe técnico XXI-I-CG-05
Autor: Isamu Iwasaki
- 4 - Informe técnico nº 6.
Autor: H. Tanaka 10º grupo Assist. Técnica da Nippon Steel Corporation.

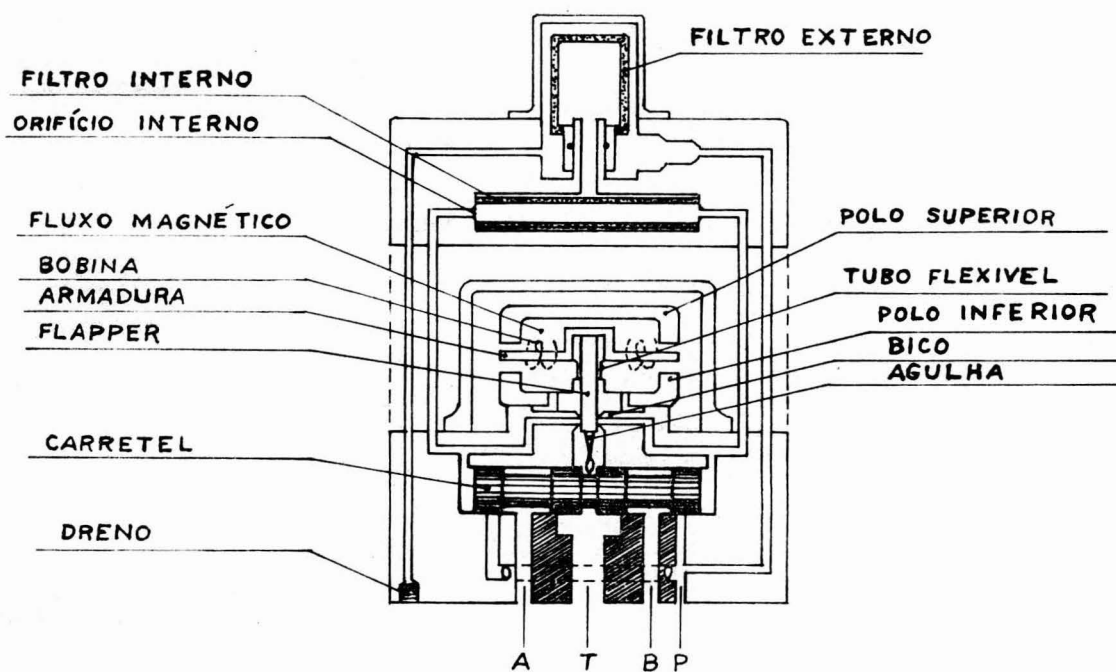


FIGURA 1

CILINDRO ATUADOR

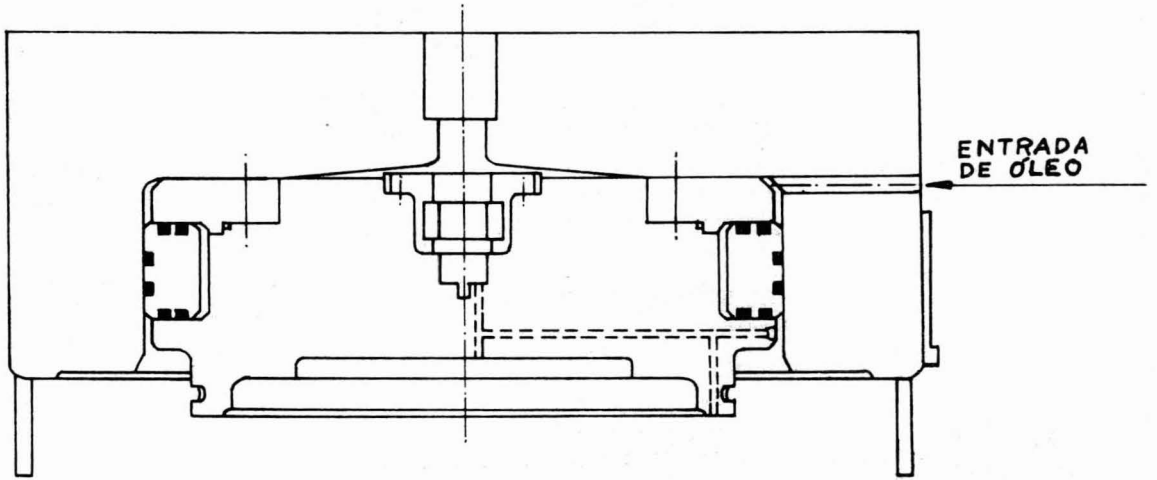


FIGURA 02

ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO AGC

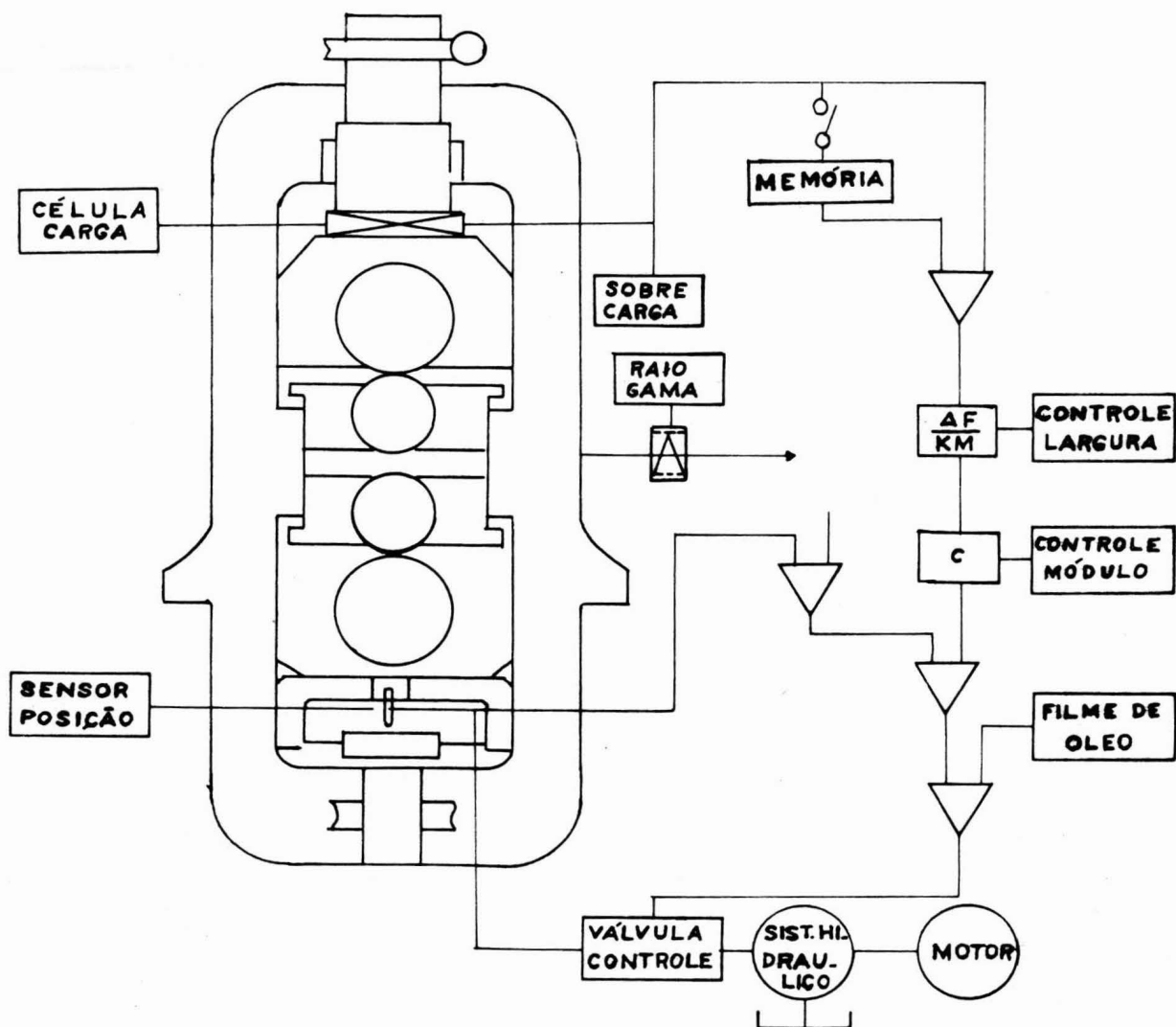


FIGURA 03

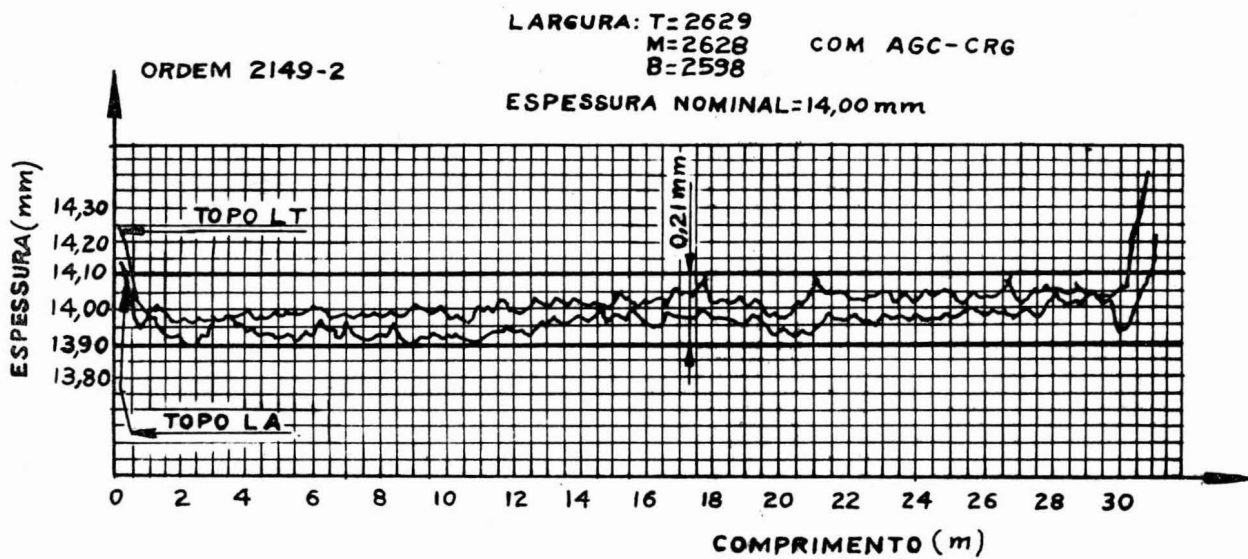


FIGURA 04

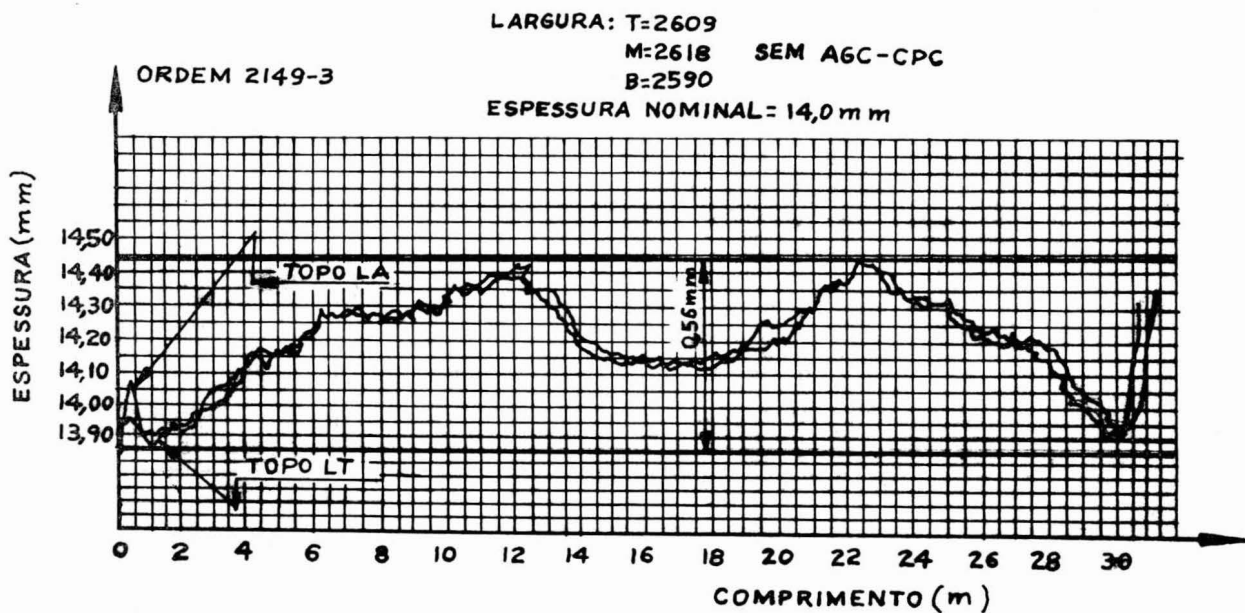


FIGURA 05

Fonte: USIMINAS - UMQ - 1979 - Unidade de Metalurgia
 da laminação de chapas grossas.

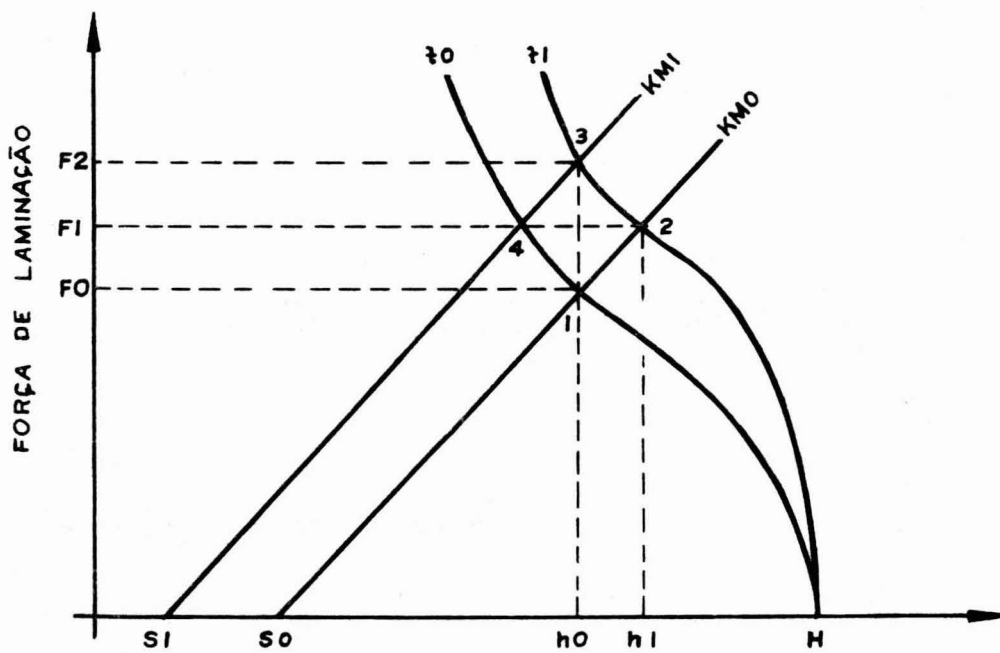
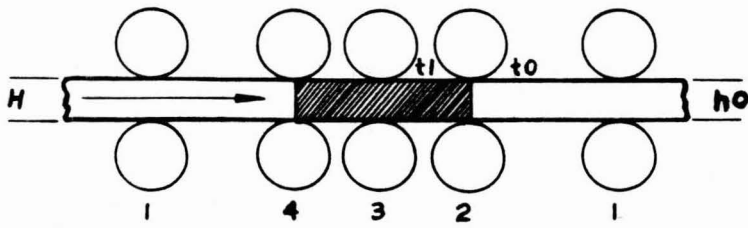
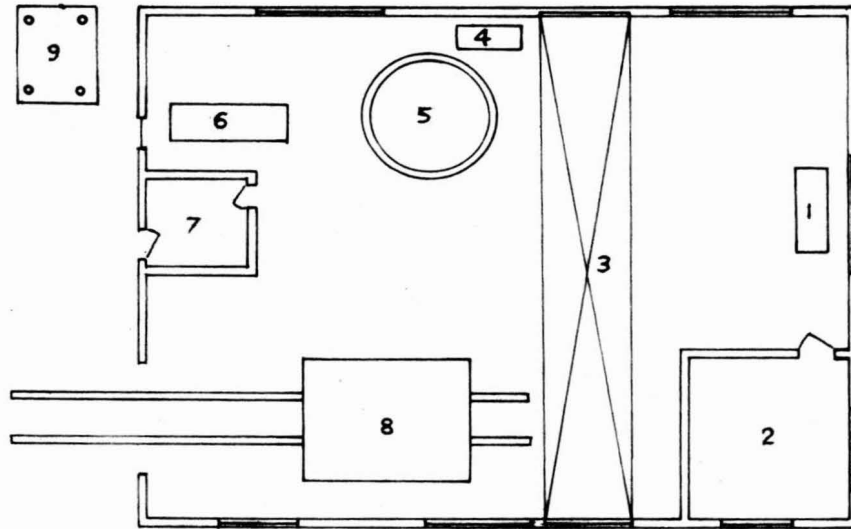


FIGURA 06



- 1- AR CONDICIONADO
- 2- SALA DE ANÁLISE DE ÓLEO
- 3- PONTE ROLANTE
- 4- BOMBA DE GUEROZENE
- 5- TANQUE DE LIMPEZA
- 6- SIST. HIDRÁULICO DE TESTE
- 7- ANTE SALA
- 8- CARRO TRANSPORTADOR
- 9- DISPOSITIVO DE TESTE

FIGURA 07

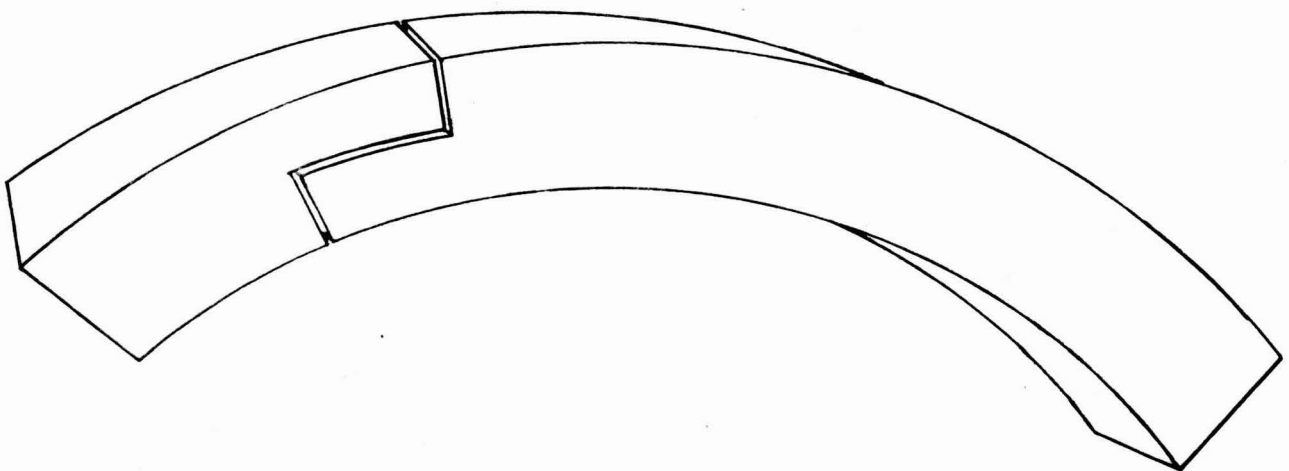


FIGURA 08

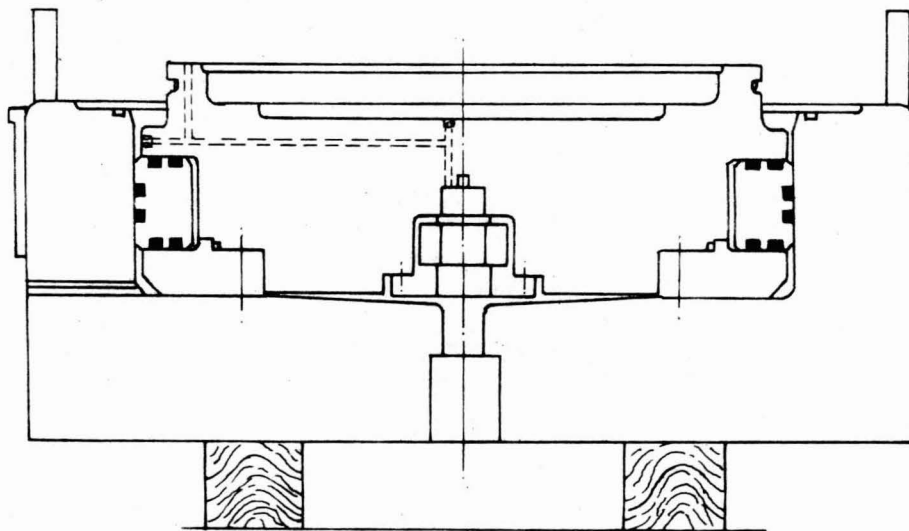


FIGURA 09

DISPOSITIVO DE TESTE DO CILINDRO

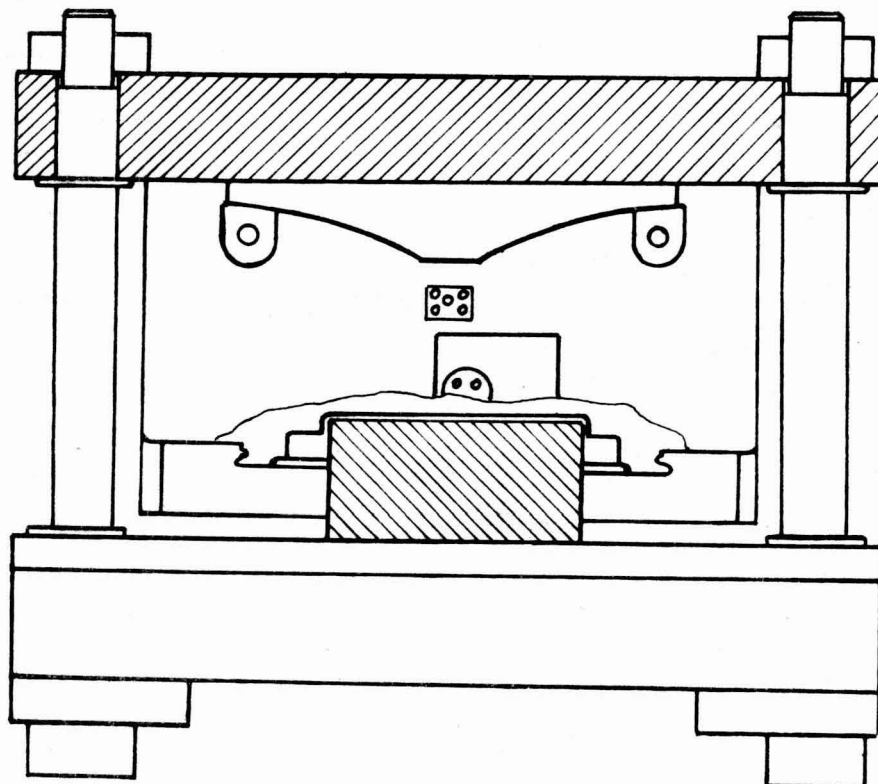


FIGURA 10

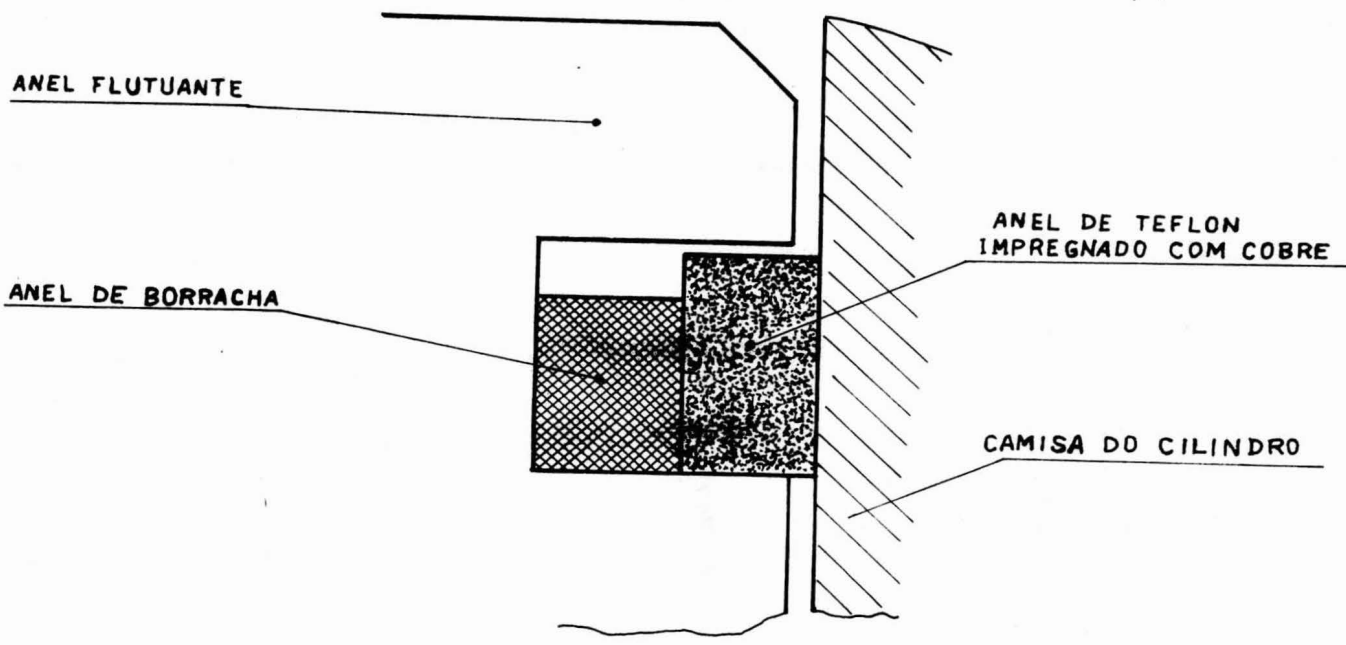


FIGURA 11

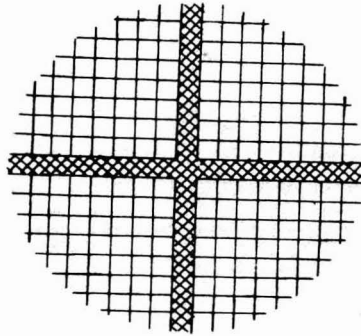


FIGURA 12

<i>Parti- culas</i> N.S.A.	5 - 15 μ	15 - 25 μ	25 - 50 μ	50 - 100 μ	maior que 100 μ
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1,000	178	32	6	1
3	2,000	356	63	11	2
4	4,000	712	126	22	4
5	8,000	1,425	253	45	5
6	16,000	2,850	506	90	16
7	32,000	5,700	1,012	180	32
8	64,000	11,400	2,025	360	64
9	128,000	22,800	4,050	720	125
10	256,000	45,600	8,100	1,440	256
11	512,000	91,200	16,200	2,800	512
12	1,024,000	182,400	32,400	5,760	1,024

FIGURA 13