

Tentativa de Classificação de Defeitos em Fio Máquina de Aços ao Carbono — Origens, Contrôles e Consequências

Cyro da Cunha Mello¹

Rafael Pinto Fiuza²

José Walmílio de M. Monteiro³

RESUMO

Visa-se classificar os defeitos em fio máquina segundo sua origem dando-se os meios de corrigi-los e eliminá-los. Ressaltam-se as consequências sobre o arame, descreve-se o controle na linha de fio máquina na Usina de Monlevade e discutem-se as melhorias nos trens de laminação em busca de um aprimoramento da qualidade.

1 — Introdução

Os trefiladores, forçados pela ampliação do campo de aplicação de trefilados, não cessam de exigir, cada vez mais, melhores aços, tolerâncias mais estreitas e melhor superfície do fio máquina. São eles, como utilizadores, que têm — ou podem ter — uma idéia mais clara do que os laminadores, sobre o comportamento do fio máquina e, somente de uma ligação entre ambos podem resultar melhorias importantes na qualidade.

Pretende-se, neste trabalho, analisar apenas o aspecto qualitativo dos defeitos ou anomalias que podem ocorrer no fio máquina, definindo-os, classificando-os conforme sua origem, assinalando-se as consequências na trefilação e na qualidade do trefilado, visando dar, aos laminadores e trefiladores, uma percepção mais ampla dos problemas que podem surgir nas diversas fases de processamento, até o produto acabado.

São analisados, ainda, os métodos de controle e a evolução dos trens de fio máquina, objetivando ressaltar o que se tem feito, ao longo dos anos, no sentido de aprimorar a qualidade.

2 — Definição de fio máquina

Fio máquina é um produto semi acabado, laminado a quente, de seção circular, produzido em rolos, em bitolas normalmente compreendidas entre 5 e 20mm, destinado à fabricação de arames. Pode apresentar, mais raramente, seção quadrada, retangular, hexagonal ou semi-circular.

3 — Classificação dos defeitos em fio máquina segundo suas origens

Para produção de um arame satisfatório, é necessário que cuidados especiais sejam tomados em cada estágio da obtenção do fio máquina. A começar pelo aço, que deve apresentar uma composição uniforme tanto mais próxima possível daquela desejada. O fio máquina deve ser consistente em qualidade e trefilabilidade para que seja mantida uma produção contínua nas fábricas de arames, livre de paradas ou interrupções.

Uma falha proveniente do fio máquina, muitas vezes não é descoberta em tempo e poderá resultar, durante a trefilação, em rupturas, com consequente perda de produção e de materiais desclassificados para a finalidade pretendida.

De uma maneira geral, poderíamos classificar os defeitos que ocorrem no fio máquina, a partir de suas origens, em:

- a) Provenientes do lingotamento
- b) Provenientes do aquecimento
- c) Provenientes das operações de laminação.

O quadro seguinte apresenta os defeitos que serão analisados no presente trabalho, classificados segundo suas origens.

4 — Descrição dos defeitos

Na composição química dos aços ocorre a presença de certos elementos nocivos à qualidade do fio máquina, desde que presentes em teores acima dos normais. Dentre estes, podemos citar os efeitos do P, S, H, etc., que influem de forma negativa sobre ductilidade. Um fio máquina de boa qualidade deve, pois, apresentar uma composição química homogênea, com todos os elementos dentro dos teores especificados. Não abordaremos seus efeitos, por fugir ao assunto a que nos propusemos tratar.

4.1 — Defeitos provenientes do lingotamento

4.1.1 — Vazios — Bolhas

Vazio — É caracterizado por uma descontinuidade no interior do produto.

(1) Chefe do Departamento de Laminação da Usina de Monlevade da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira — Monlevade, Minas Gerais, Brasil.

(2) Chefe do Departamento de Metalurgia da Trefilaria da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira — Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

(3) Chefe do Controle Metalúrgico da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira — Monlevade, M. Gerais, Brasil

| ORIGENS | DEFEITOS OU ANOMALIAS |
|---------------------------|--|
| 1) LINGOTEAMENTO | Vazios — Bólhas — Segregação — Inclusões — Palhas — Trincas |
| 2) AQUECIMENTO | Trincas — Queimadura — Descarbonetação |
| 3) OPERAÇÕES DE LAMINAÇÃO | Ovalização — Rebarbas — Dobraduras — Rugosidades — Trincas — Marcas de Laminação |

O fio máquina se apresenta com um furo central, que pode estar preenchido com escória, refratário, óxido, etc. (fig. 1 e 2)

Esta condição indesejável resulta de uma cavidade ou bolsa, formada no centro da parte superior do lingote pela contração do aço durante sua solidificação na lingoteira. O vazio deve ser eliminado na sua fase primária de laminação (desbaste) pelo corte nas tesouras da parte defeituosa (fig. 3) e em alguns casos, além disto, pela eliminação do primeiro "billette" da cabeça do lingote.

Vazios secundários podem ocorrer mais profundamente no corpo do lingote e não são eliminados pelo corte nas tesouras. Sua eliminação é possível mediante ensaio com ultra-som. Se a parte defeituosa não foi eliminada, é bem provável a ocorrência de um acidente durante a laminação. Casos há em que o material é laminado produzindo por vêzes um fio máquina ondulado ou uma seção inteiramente irregular. (fig. 4 e 5).

Bolhas — As bolhas são pequenas cavidades que se apresentam no lingote, cuja forma, número e distribuição variam segundo os métodos de desoxidação e condições de solidificação.

Os vazios, bolhas ou porosidades têm uma influência decisiva nas propriedades mecânicas dos arames, em consequência das descontinuidade do material.

Muitas vêzes o defeito não se manifesta durante a laminação e, se não fôr detetado pelo controle, persistirá durante a trefilação e poderá resultar, ou numa quantidade considerável de rolos aparentando externamente perfeição, ou em rupturas freqüentes do fio da máquina de trefilar.

4.1.2. — Segregação

A segregação é uma heterogeneidade química dos lingotes que se conserva até o fio máquina. É um fenômeno físico-químico que se manifesta na solidificação do aço. Ela tem por origem a separação progressiva de uma das partes dos constituintes do aço, em regiões do lingote, que se solidificam por último. Estas regiões serão constituídas de um metal notadamente mais impuro que a média do lingote. (fig. 6)

Sua inconveniência se traduz sôbre o produto, podendo também influir na laminação. Se a segregação é notável, a seção do material laminado pode se apresentar irregular devido à má deformabilidade da zona segregada. Por outro lado, quando nas diversas passagens o material não é convenientemente guiado, a zona segregada pode

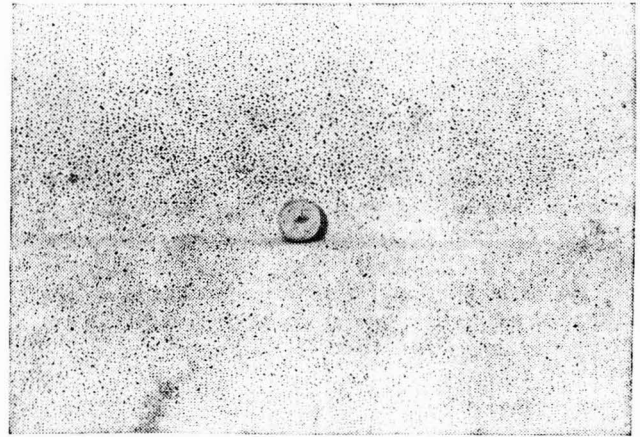


Fig. 1
Seção transversal de um fio máquina com vazio

se deslocar para a periferia, produzindo lascas no material laminado. O fio máquina com uma segregação importante apresenta uma série de inconvenientes para a trefilação.

Todo trefilador conhece a fratura em "cup and cone" provocada pela segregação. (fig. 7).

Ela se manifesta durante a trefilação, mas pode, também, ocorrer em consequência de um tratamento térmico inadequado ou de um ângulo incorreto da fieira. Sempre que se verificar tal tipo de fratura, uma seção do fio máquina deve ser convenientemente atacada para se confirmar ou não a existência de segregação.

Uma segregação acentuada no fio máquina resultará em características de resistência à tração diferentes daquelas previstas após a trefilação.

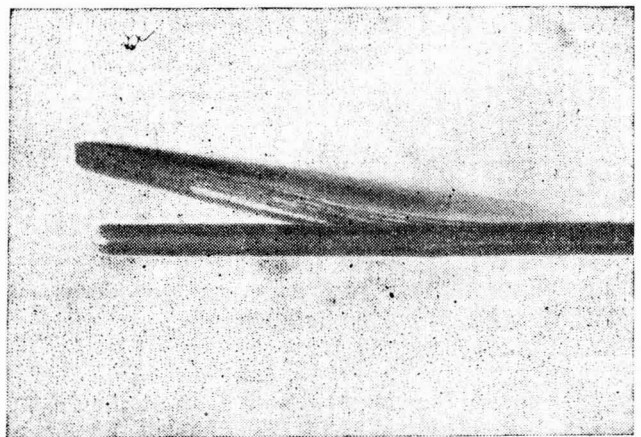


Fig. 2
Vazio preenchido com refratário

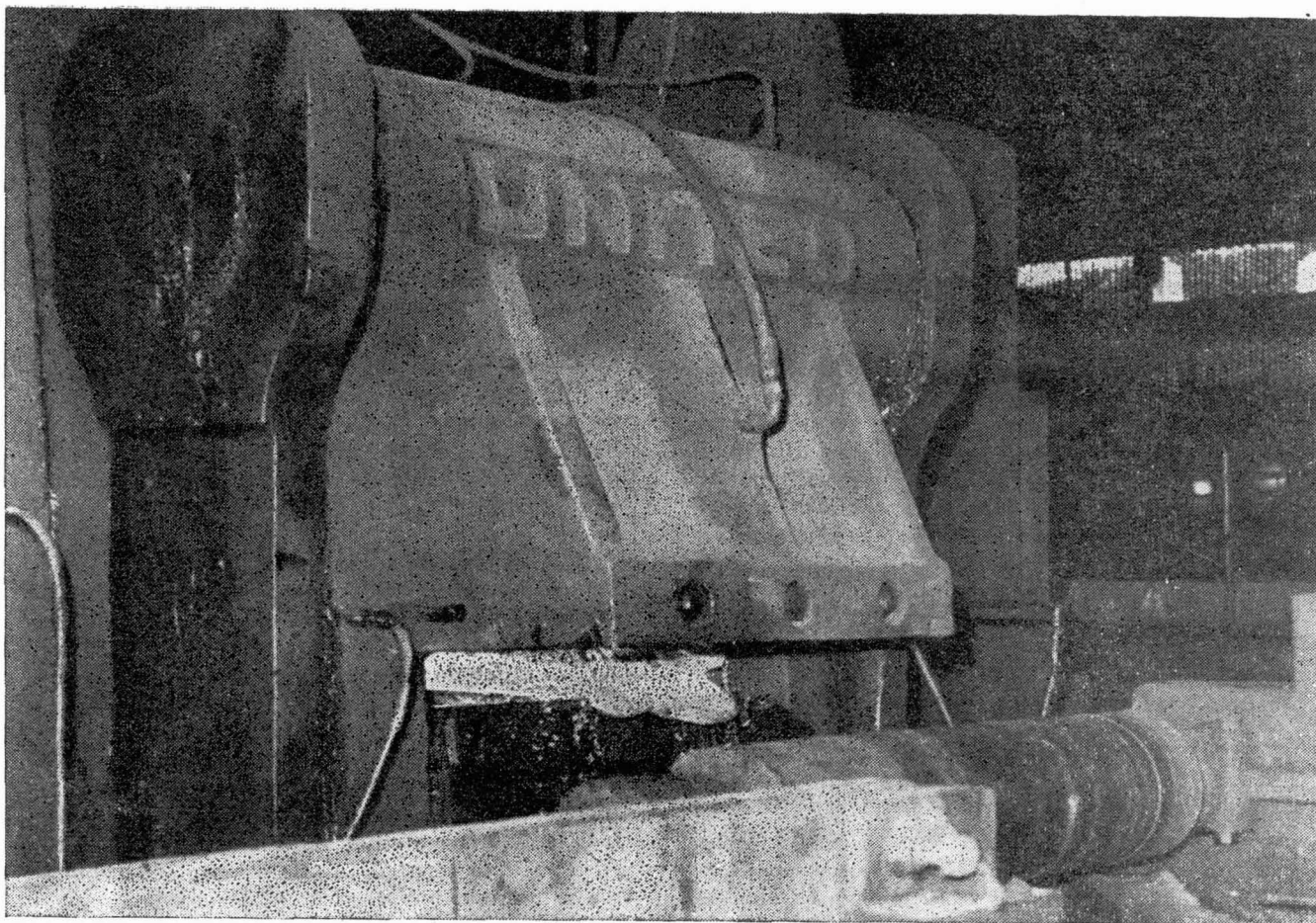


Fig. 3

Descarte na tesoura do desbastador

4.1.3 — *Inclusões*

São corpos estranhos de natureza endógena ou exógena que aparecem no aço, provenientes de sua elaboração e lingotamento. (fig. 8)

As inclusões de natureza exógena são provenientes de escórias, refratários ou de reações do aço com estes materiais.

As inclusões de natureza endógena formam-se no metal durante o resfriamento, devido a reações de desoxidação ou a precipitações de compostos dissolvidos. Admite-se a nocividade das inclusões em tôdas as peças nas quais estarão envolvidas solicitações alternadas como, por exemplo, no caso de molas, uma vez que constituem centro de concentração de esforços, principalmente quando de dimensões notáveis. As inclusões pequenas e bem distribuídas não apresentam os mesmos inconvenientes, mas se concentradas, essas inclusões, mesmo pequenas, podem provocar a ruptura do fio durante a trefilação. Elas influenciam negativamente as características de fadiga e de dutilidade dos arames.

O tipo ou natureza, o número, tamanho, forma, deformabilidade e distribuição das inclusões são em cada caso de grande importância sobre as condições de trefilação e qualidade dos arames. Grandes inclusões não metálicas e não plásticas

são, por exemplo, a causa de formação de uma espécie de "inclusões de martensita" na estrutura de um aço de alto teor em carbono. A formação dessa martensita durante o processo de trefilação deve-se justamente àquelas inclusões menos plásticas do que a perlita fina.

A deformabilidade das inclusões é de grande importância, especialmente quando são de maiores dimensões. Alguns tipos, por exemplo os sulfetos, são relativamente dúteis e podem não interferir na trefilação. Entretanto, os silicatos, nitretos e carbonitretos são praticamente indeformáveis, chegando a impedir a trefilação, principalmente de arames muito finos.

4.1.4 — *Palhas*

As palhas têm sua origem no lingotamento, quando se solidifica na parede da lingoteira uma gota de aço. Esta gota ou película oxida e se destaca da superfície do lingote, formando palhas (fig. 9)

Sua consequência na laminação do fio máquina se manifesta pelo despreendimento das mesmas, agarrando nas guias o que provoca ranhuras na superfície do material laminado, quando não um acidente na laminação. Por vêzes este tipo de defeito pode ser confundido com outros defeitos

de laminação. Em certos casos, quando não visíveis no fio máquina, as palhas acarretam sérios inconvenientes na trefilação. No momento da sua passagem na fieira, elas podem se destacar provocando profundas ranhuras sobre o arame, acarretar uma ruptura do fio ou danificar as fieiras por incrustações das partes destacadas.

4.1.5 — *Trincas*

Durante o processo de lingotamento, em consequência de uma contração da camada externa ou soldadura parcial do lingote à lingoteira, poderão surgir trincas que persistem no fio máquina, sendo dificilmente observadas a olho nu, mas que podem ser reveladas nos testes de recalque, torção alternada ou ataque em ácido. (fig. 10,11)

Seus efeitos se manifestam na trefilação de maneira semelhante às dobraduras, se bem que, dependendo de sua profundidade, sejam às vezes mais graves.

4.2 — *Defeitos provenientes do aquecimento*

O aquecimento insuficiente, tanto para os lingotes, como para os "billetes", traz como consequência avarias mais ou menos graves durante a laminação com quebra de cilindros, deslocamento de guias e guardas, além de problemas inerentes à laminação propriamente dita (alargamento irregular).

Por outro lado, temperaturas muito elevadas e um aquecimento impróprio levam a uma formação intensa de carepa, descarbonetação, abertura de bôlhas subcutâneas, superaquecimento e queima. O aquecimento acima de certos limites pode resultar na rejeição dos lingotes ou "billetes" e trazer como consequência os defeitos que passamos a descrever:

4.2.1 — *Trincas*

No reaquecimento dos lingotes, diferenças de temperaturas, aquecimento irregular, etc. podem provocar fissuras ou trincas superficiais, sobretudo quando o lingote é isento de bôlhas. Devido a isso, se explica o fato do aquecimento de um aço acal-

mado ser mais delicado que o de um aço efervescente, processando-se geralmente de uma maneira mais lenta. Seus efeitos na qualidade do fio máquina são os mesmos que as trincas provenientes do lingotamento.

4.2.1 — *Queimadura*

É um fenômeno que ocorre nos fornos de reaquecimento devido a temperaturas e tempos excessivos, ocasionando, durante a laminação, uma desagregação irregular do material. O exame ao microscópio revela a existência de óxido no contorno dos grãos.

Os aços mais sujeitos a queimaduras são os de elevado teor de C. O material queimado, é, normalmente, desclassificado no desbaste, devido à impraticabilidade no prosseguimento do processo de laminação.

4.2.3 — *Descarbonetação*

A descarbonetação superficial do fio máquina decorre da oxidação das camadas superficiais durante a operação de aquecimento dos "billetes". A profundidade da camada descarbonetada depende da atmosfera do forno da temperatura, do tempo e velocidade de aquecimento.

A descarbonetação é extremamente indesejável em qualquer arame destinado à fabricação de molas, cabos, arames para concreto protendido, bem como nos arames para fabricação de parafusos e uma série de artefatos que são submetidos a tratamentos térmicos posteriores.

Ela pode afetar adversamente a resistência à fadiga em arames de alto teor de carbono, visto que entre as estruturas de ferrita e de perlita podem existir certas tensões. Em alguns casos a descarbonetação pode atingir uma percentagem elevada do diâmetro do fio, sendo, entretanto, mais comum sua ocorrência localizada, acompanhando quase sempre uma dobra de laminação (fig. 12).

A descarbonetação pode ocorrer somente em determinadas extensões do material e não regularmente ao longo de todo o comprimento do rôlo, o que reduz a possibilidade de sua verificação.

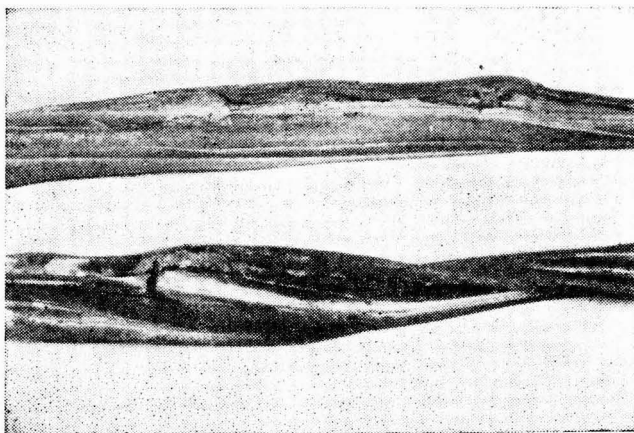


Fig. 4
Material inteiramente irregular provocado por vazio

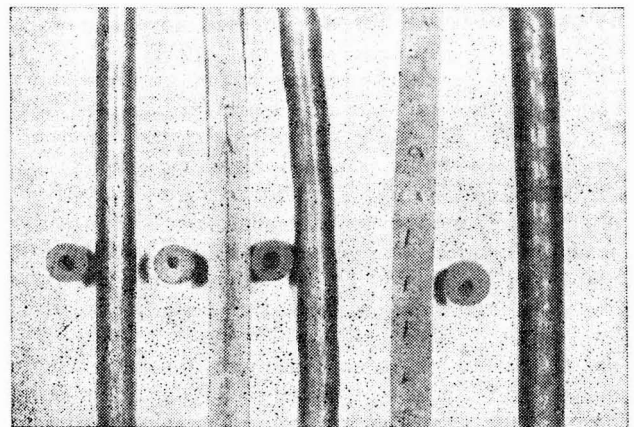


Fig. 5
Arame ondulado proveniente de um vazio secundário

Se no fio máquina ela não é muito pronunciada, durante as várias operações de tratamento térmico, decapagem e alongamento do arame na trefilação, a espessura da camada descarbonetada poderá desaparecer quase completamente e sua influência pode ser ignorada. Lembramos, ainda, que a dureza da perlita é cerca de 4 vezes maior do que aquela da ferrita, de modo que a existência de uma zona descarbonetada mais profunda pode resultar numa redução do limite de resistência do fio trefilado.

4.3 — Defeitos provenientes das operações de laminação

Admitindo-se que a elaboração do aço tenha sido perfeita, o lingotamento bem conduzido e um semi-produto bem laminado e controlado, podem ainda ocorrer acidentes durante a laminação do fio máquina, provocando os defeitos mais comuns que passamos a enumerar:

4.3.1 — Ovalização

É definida pela diferença entre o maior e o menor diâmetro do fio laminado considerado na

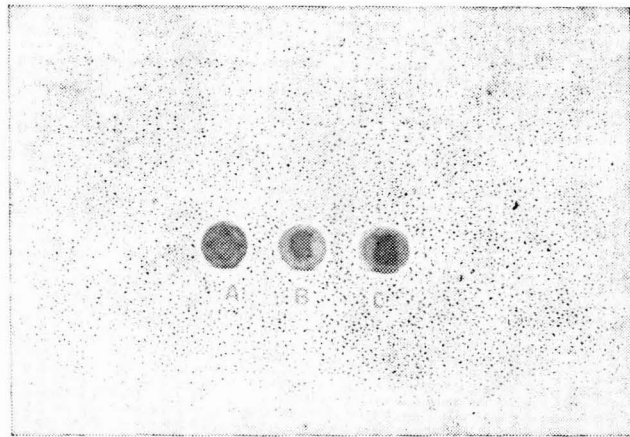


Fig. 6
Seções transversais mostrando segregação em fio máquina.

mesma seção. (fig. 13).

Podemos citar como causas de laminação de um fio oval:

- 1) A seção oval da penúltima canelura não é suficiente para preencher o redondo da última.
- 2) Afastamento maior dos cilindros da última gaiola neste caso, a altura está acima do diâmetro nominal.
- 3) Tração exagerada entre as gaiolas, provocando uma diminuição da seção e, conseqüentemente um mau preenchimento do canal acabador.

A qualidade de um arame acabado depende, em muitos casos, das corretas dimensões do fio máquina do qual foi produzido. Cada rôlo de fio máquina deve ter uma seção transversal no fio o mais próximo possível de uma seção perfeitamente circular, ou naturalmente dentro das tolerâncias permitidas para a bitola e ovalização.

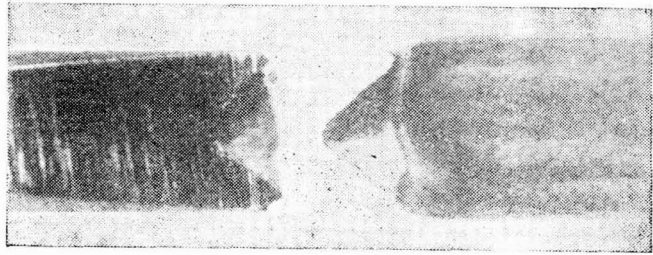


Fig. 7
Fratura em "cup and cone"

Na fabricação de cada bitola, as condições de trefilação são previamente calculadas, prevendo-se as características finais desejadas para cada classe de produto. É, portanto, escolhido o tipo de aço e a redução de seção, ou encruamento, de modo a que o produto final apresente, por exemplo, a resistência à tração dentro de limites desejados ou especificados. Se o fio máquina não apresentar, entretanto, variações dentro dos limites de tolerância permitidos para cada bitola nominal, a redução e, conseqüentemente, a resistência podem não ficar dentro dos limites especificados. Por outro lado, variações na bitola do fio máquina ao longo do rôlo significará encruamento variável, que mais uma vez resultará em propriedades físicas variáveis no arame acabado.

A ovalização excessiva, além das conseqüências acima, apresenta o inconveniente de uma distribuição irregular dos esforços na ficira, desgastando-a de maneira anormal, provocando paradas mais frequentes da máquina para sua troca e resultando ainda em arames também de seções irregulares.

4.3.2 — Rebarba

Saliência do metal, proveniente da passagem de parte do material através dos cordões dos cilindros. (fig. 14 e 15).

As rebarbas podem se apresentar dos dois lados ou somente de um lado do fio máquina laminado. O primeiro caso normalmente provém do

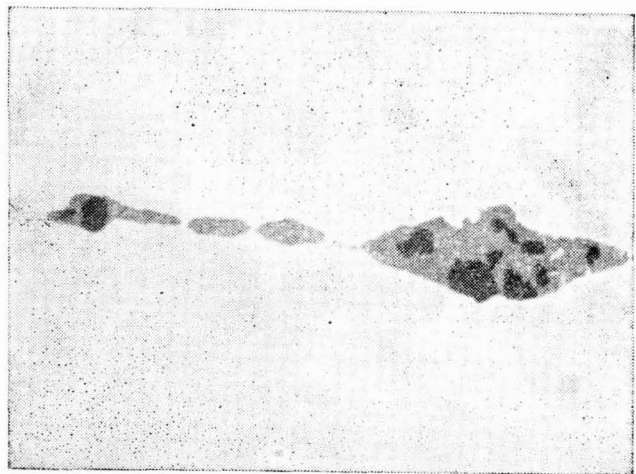


Fig. 8
Inclusão de óxido



Fig. 9
Fio máquina com palha

excesso de material do "oval leader", ou de uma pressão exagerada na gaiola acabadora e, neste caso, deve-se medir a altura do redondo para determinar onde agir para eliminá-la. As vezes, provém de uma laminação a temperaturas mais baixas, o que provoca um alargamento irregular.

A rebarba de um só lado, provém do mau posicionamento do oval em relação ao eixo vertical do canal acabador, normalmente causado por uma irregularidade na colocação das guias de entrada da última gaiola.

Um defeito semelhante às rebarbas é provocado por um desalinhamento dos cilindros em relação ao eixo vertical da canelura e tem o aspecto da fig. 16.

O laminador deve medir o maior e menor diâmetro, o que lhe indicará a correção a ser feita.

As conseqüências destes defeitos, principalmente em aços de médio e alto C, são de tal ordem prejudiciais à trefilação e à qualidade do arame que o fio máquina nestas condições deve ser desclassificado.

A trefilação de um fio com rebarbas além de danificar as fieiras e até mesmo quebrá-las, provoca encruamento muito elevado com zonas de tensão muito fortes e o arame assim produzido não resistirá aos testes de torção ou dobramento. (fig. 17)

Quando a rebarba é grosseira, a trefilação é

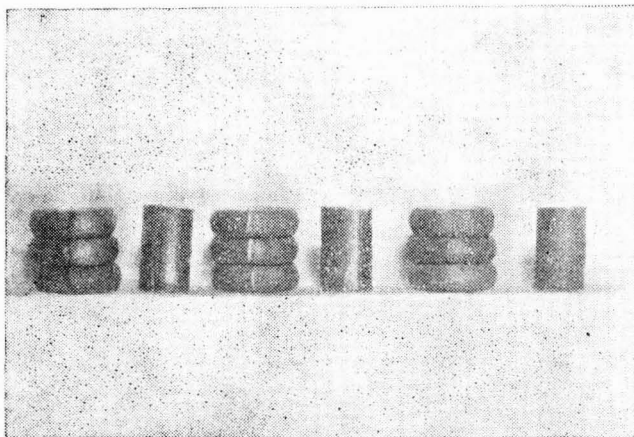


Fig. 10
Recalque em fio máquina. Redução de 30%

interrompida pela ruptura do fio máquina. (fig. 18)

Principalmente no caso dos trens contínuos, as extremidades dos rolos se apresentam freqüentemente com rebarbas, e as espiras defeituosas devem ser eliminadas.

4.3.3 — Marcas de laminação

De uma maneira geral, as marcas de laminação são frisões longitudinais provocados principalmente pelas guias. (fig. 19)

Durante a laminação, partículas do metal se acumulam e se soldam nas guias, produzindo riscos no material pelo atrito da barra laminada contra as mesmas. Para se atenuar êste efeito, deve-se proceder a uma boa escolha do material das guias, bem como, um bom projeto do seu perfil. Saliente-se que o trabalho com excessiva tração, conduz também a êsse tipo de defeito.

Outro tipo freqüente de marca de laminação provém da quebra de canais dos últimos passes acabadores. (fig. 20).

As marcas de guias e de cilindros são bastante prejudiciais à continuidade na trefilação e à qualidade dos arames. Os defeitos em relêvo danificam as fieiras e o arame produzido apresenta arranhaduras superficiais que persistem mesmo

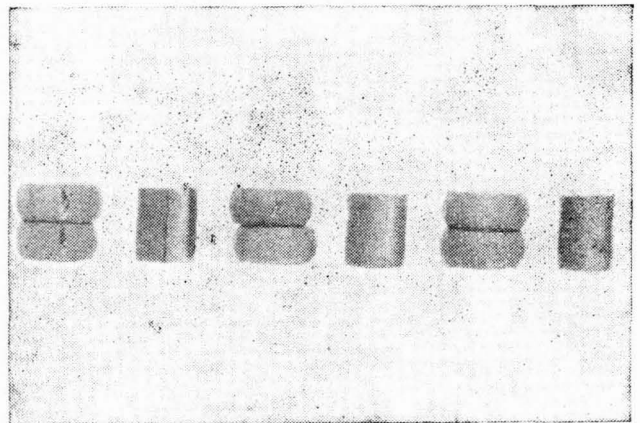


Fig. 11
Recalque em fio máquina. Redução de 50%

após várias passagens. Os defeitos reentrantes, provocados por marcas de guias, permanecem da mesma forma no arame, prejudicando o bom acabamento de superfície.

4.3.4 — Trincas

As trincas que ocorrem durante a operação de laminação do fio máquina são decorrentes na maioria das vezes de uma calibragem incorreta ou de um controle deficiente, por parte dos laminadores, durante o processo de laminação. Essas trincas são formadas quando o metal não preenche adequadamente a canelura oval e esta seção é laminada no quadrado seguinte.

Mesmo após alguns passes, essas trincas permanecem no redondo acabado. Êsse defeito pode

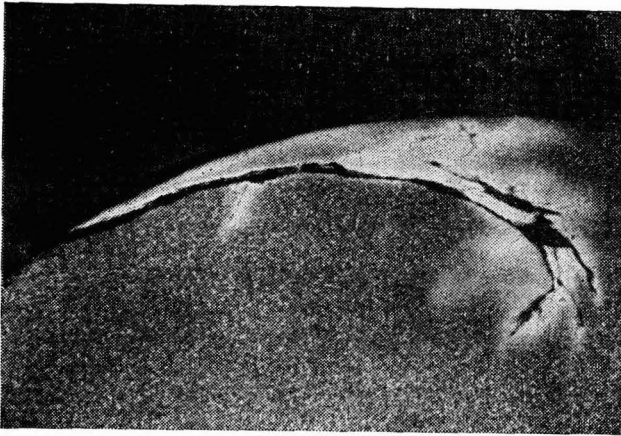


Fig. 12
Descarbonetação acompanhando uma dobradura de laminação.

também ser causado pela laminação a temperaturas mais baixas. Análogamente às trincas de aquecimento e lingotamento, as de laminação constituem pontos de partida para fissuras superficiais na estampagem. São também prejudiciais às características de utilidade. O teste de recalque, torção alternada ou ataque em ácido revelará sua presença. (fig. 10 e 11)

4.3.5 — Rugosidades

Caracterizam-se por asperezas na superfície do fio máquina proveniente do uso exagerado dos canais. (fig. 21)

Importantes progressos vêm sendo realizados no campo de fabricação de cilindros visando principalmente à elevação de sua dureza, permitindo maior utilização dos mesmos e uma superfície bem melhor do fio máquina. O desgaste dos cilindros depende também de um bom resfriamento. Sua influência se faz sentir na trefilaria sobre as características de acabamento do arame.

4.3.6 — Dobradura

A dobradura resulta da laminação de um fio máquina com rebarba originada num passe precedente e que não se solda à superfície. (fig. 12)

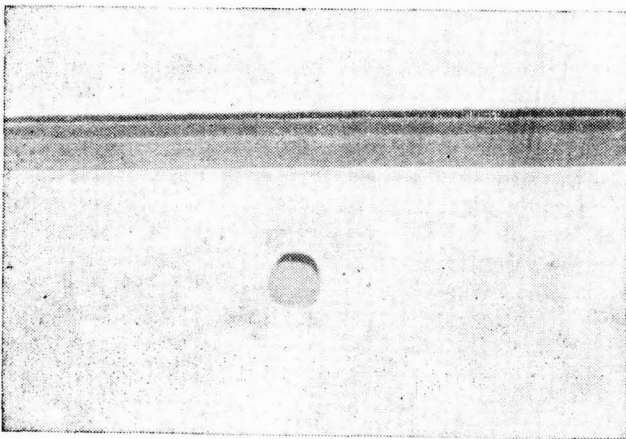


Fig. 13
Fio máquina ovalizado.

Durante a laminação, deve ser observado um controle cuidadoso em cada passe. As dobraduras superficiais persistem através de muitas passagens na trefilação sem revelar sua presença. Na maioria dos casos, uma fina película tende a fragmentar-se ou destacar-se do fio durante a trefilação, de maneira bastante visível, podendo ainda haver uma incrustação de fragmentos na fiação danificando-a e ainda mais o fio em processamento. (fig. 22 e 23)

Quando as trincas e dobraduras resistem à trefilação, o arame é frequentemente rejeitado na inspeção final. Os defeitos mais profundos podem acarretar, durante o processo de trefilação, uma ruptura repentina do arame. Consideramos, entretanto, como piores conseqüências, as características inadequadas, ou baixa ductilidade do material para aplicações de maior responsabilidade.

Êsses defeitos são também constantes causas de problemas que aparecem em operações subsequentes de revestimentos, como na galvanização, niquelagem, etc., pela incrustação de óxidos, graxas e outras impurezas de difícil remoção, impedindo um recobrimento perfeito das partes defei-

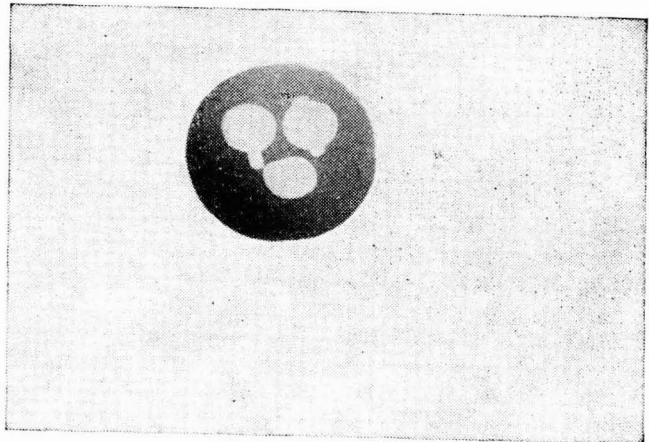


Fig. 14
Seção transversal de um fio máquina apresentando rebarbas de dois lados, de um lado e ovalizada.

tuosas, aparecendo como manchas ou falhas no produto acabado. (fig. 24)

5 — Processos de controle e limpeza de semi-produto

O fio máquina de boa qualidade precisa ser obtido a partir de um semi-produto isento de defeitos. Os defeitos que eles apresentam podem impedir ou não a sua laminação posterior. No primeiro caso se acham os defeitos de seção dos billetes torcidos e empenados. No segundo caso se acham aqueles que, embora podendo não impedir a laminação, a dificultam e trazem prejuízo na utilização do fio máquina. Êstes devem ser totalmente eliminados nas bancas de controle e são: vazios, bolhas, inclusões superficiais não metálicas, palhas e trincas.

Vários meios podem ser utilizados para detecção e remoção desses defeitos:

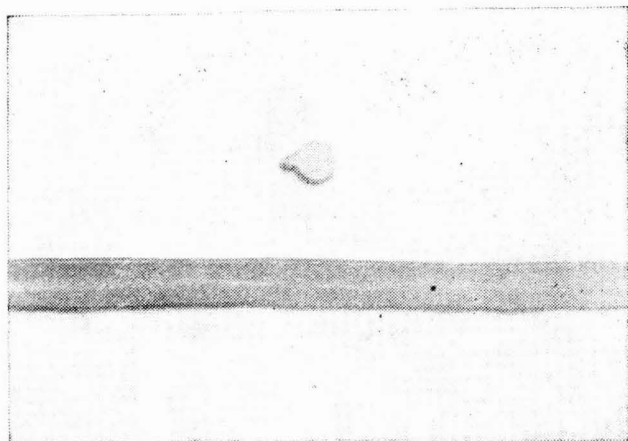


Fig. 15
Fio máquina com rebarba de um lado.

1 — Escarfagem a quente do tarugo — para a remoção de palhas, trincas e inclusões superficiais.

Este processo remove uma fina camada de metal da superfície, nas quatro faces do produto, simultaneamente, por meio da máquina de escafiar. A espessura da camada removida é determinada pela velocidade de passagem do tarugo pela máquina. Varia com os diferentes tipos de aço, mas a perda de metal é, geralmente, de 2 a 3% do produto.

2 — Exame com ultra-som para detetar os defeitos internos.

3 — Limpeza da superfície com martelo, escarfagem ou eletrodo para eliminação de palhas, trincas e inclusões superficiais.

Esse meio é empregado mesmo que se disponha de escarfagem a quente.

Para a limpeza dos defeitos superficiais, é necessário que a superfície do semi-produto esteja livre da camada de óxido que o encobre. Isto pode ser feito quimicamente (decapagem em ácido) ou mecânicamente (grenalhagem, sablagem ou esmeril). Podem ser ainda utilizados os processos de pós magnéticos para realçar os defeitos tornando desnecessária uma limpeza prévia: magna-glo,

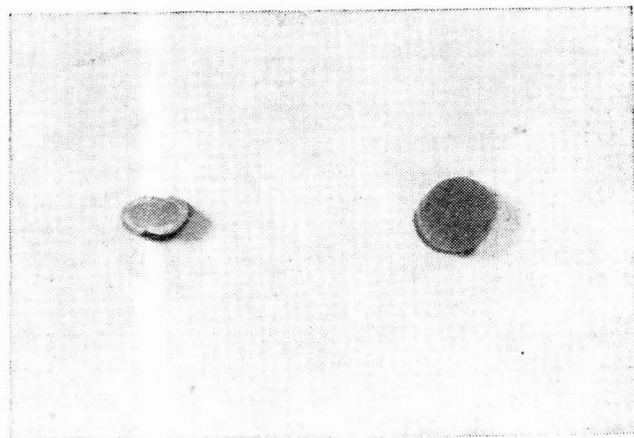


Fig. 16
Defeito proveniente de desalinhamento de cilindros

líquidos penetrantes, etc.

Uma vez revelados, os defeitos poderão ser removidos por martelo a ar comprimido, escarfagem do produto frio (quando aplicável) ou por eletrodo. Este último processo é o mais moderno e mais rápido, sem nenhuma contra-indicação quanto ao tipo de aço.

4 — Para casos especiais, a limpeza pode ser feita mecânicamente com plainas e tornos.

— Em face da exigência constante de produtos controlados, têm-se desenvolvido continuamente instalações altamente automatizadas com um controle eficiente e elevada produtividade.

6 — O controle de Fio Máquina na Usina de Monlevade

O fio máquina produzido na Usina de Monlevade recebe cuidados especiais desde a elaboração do aço até sua expedição.

Na tesoura do desbastador, o corte é feito de modo a eliminar defeitos superficiais grosseiros ou restos de vazio.

No controle de semi-produto, aços de qualidade especial sofrem exame com ultra-som e limpeza da superfície com martelo a ar comprimido.

Durante a laminação, inspetores de qualida-

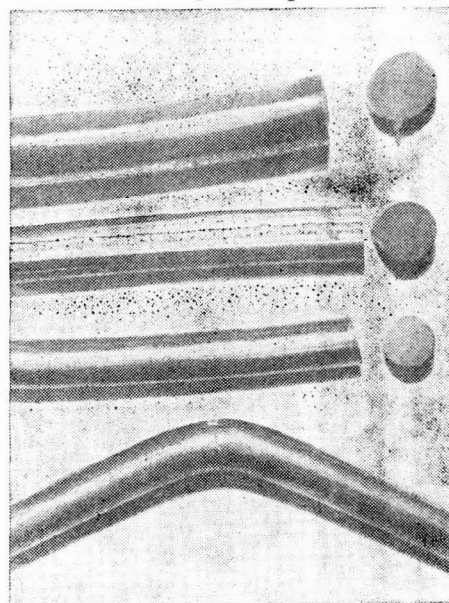


Fig. 17
Defeitos provenientes da trefilação de um fio máquina com rebarba.

de examinam os rolos, na corrente, alertando os contra-mestres do Laminador quanto a defeitos e irregularidades de dimensões que o fio máquina apresenta. No trem Morgan, além desse controle, é feito recalque em amostras de 10% dos rolos de cada corrida a fim de serem detetadas trincas e dobraduras.

Os resultados são anotados em fichas próprias que, ao fim de cada turno de trabalho, são examinadas pelos contra-mestres de serviço. São calculados os rendimentos por corrida e por turno, a fim de se acompanhar a qualidade do material laminado, e a eficiência dos operadores. Esses re-

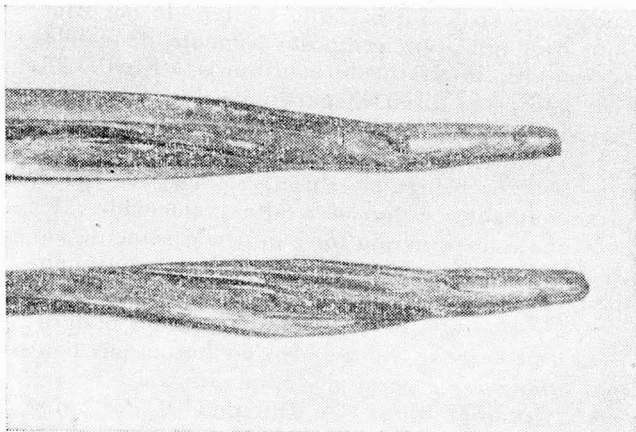


Fig. 18
Ruptura de um fio máquina na trefilação, provocada por vazio e rebarbas grosseiras.

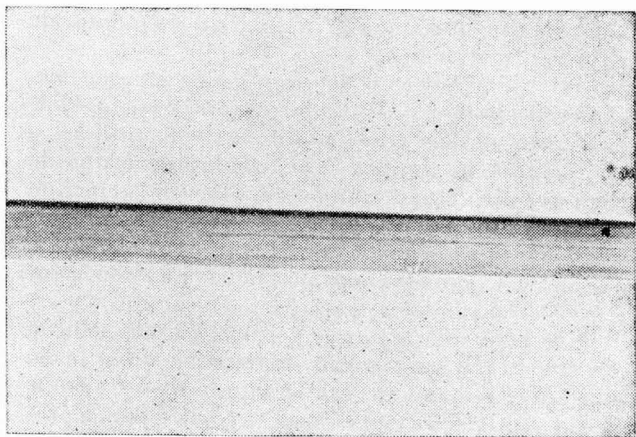


Fig. 19
Friso longitudinal provocado por guias

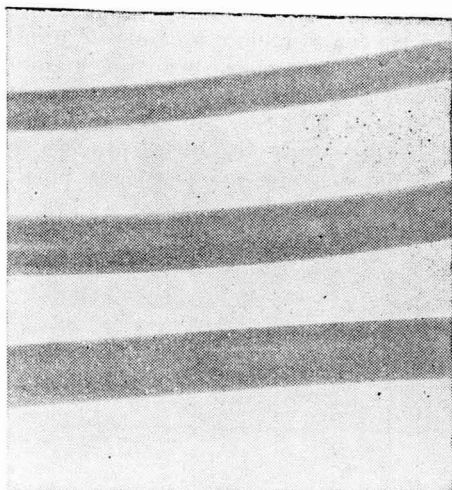


Fig. 20
Fio máquina com marcas provenientes de canal quebrado.

sultados são grupados mensalmente e discutidos na reunião da Comissão de Qualidade.

Dispõe ainda a Usina de um aparelho Magnetest Q tipo 3202 para evitar a possibilidade de mistura de material quando do empacotamento

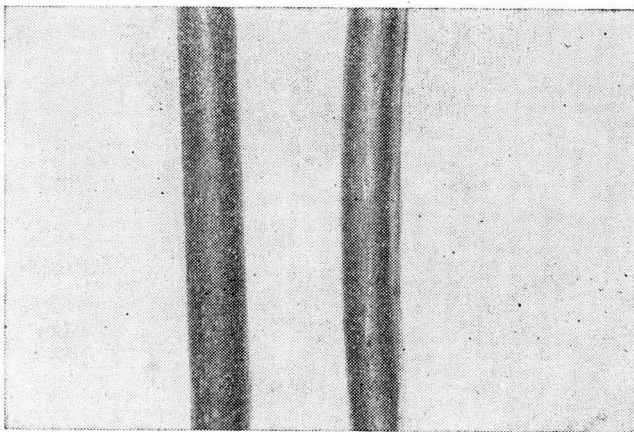


Fig. 21
Rugosidades em fio máquina.

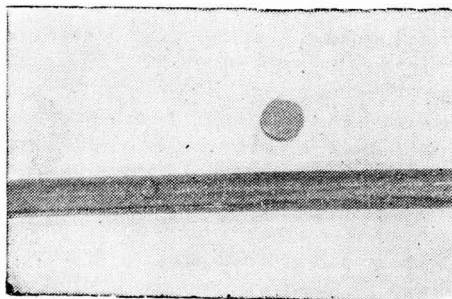


Fig. 22
Fio máquina com dobradura

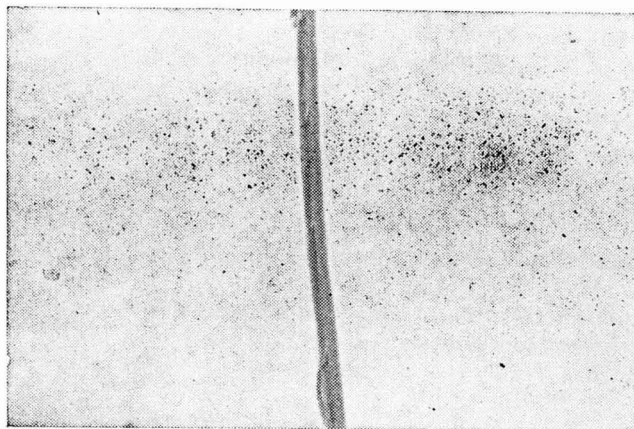


Fig. 23
Arame resultante da trefilação do fio máquina indicado na Fig. 22.

para a expedição.

Periódicamente, são feitos levantamentos das ocorrências ao longo de um rôlo para se ter um índice de qualidade do trem. O gráfico abaixo, fig. 25, é parte de um levantamento feito no mês de abril e bem demonstra a uniformidade do produto obtido.

7 — Evolução dos Trens de Arame

Ao longo dos anos a evolução dos Trens de Fio Máquina se processa contínua e ininterruptamente visando, não só à melhoria de produtividade, como também da qualidade.

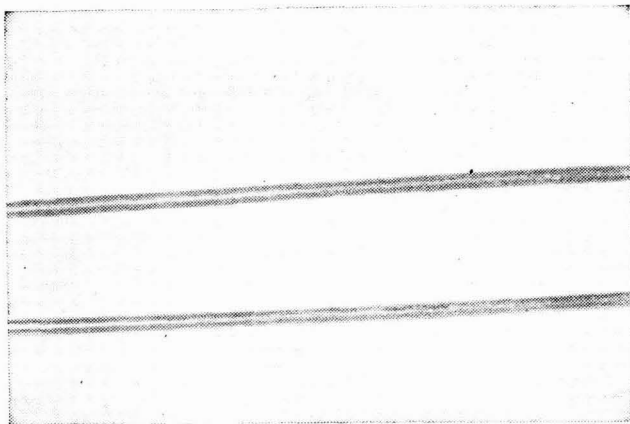


Fig. 24
Arame com falha de galvanização provocada por uma dobradura.

Os trefiladores não cessam de exigir cada vez tolerâncias mais estreitas e melhor superfície do fio máquina.

Os métodos conhecidos no século passado não eram particularmente apropriados à laminação de fio máquina. A transformação do semi-produto (billetes ou blooms) num produto de tão pequena seção, exige um número elevado de passagens.

O desbaste sobre trens trios acarretava perda de tempo e temperatura. A laminação nos trens acabadores abertos, acarretava a formação de grandes laços produzindo, com isto, diferenças acentuadas de temperatura ao longo da mesma barra. (fig. 26)

Por outro lado, o dobramento manual impõe uma velocidade máxima de saída da ordem de 10 metros/seg. Devido a estas limitações e para não se restringir as produções a valores irrisórios, era necessário laminar-se no trem acabador com diversas barras (4 a 9).

Tôdas essas condições influem muito desfavoravelmente na boa qualidade do fio máquina.

Foi assim que, já em 1798, John Hazledine requereu a patente para um Trem inteiramente contínuo, como mostra a figura 27.

Em 1862, Bedson, construiu de acôrdo com

êste princípio o primeiro Trem contínuo, que 16 anos mais tarde foi bastante melhorado por Morgan, com um trem composto somente de gaiolas horizontais, inteiramente contínuo — Figura 28.

Isto possibilitou chegar-se a velocidades mais elevadas. Havia, entretanto, necessidade de torcer a barra entre gaiolas.

Êste problema, de difícil solução na época, principalmente, a torção a altas velocidades, fêz com que êste princípio fôsse aplicado somente aos trens desbastadores, os trens acabadores continuando abertos, figura 29.

A construção de trens semi-contínuos malgrado a limitação de velocidades melhorou um pouco o problema de perda de temperatura das barras sem contudo eliminar essa dificuldade. Por outro lado a construção das gaiolas deixava muito a desejar produzindo um material de qualidade inferior, se comparadas as gaiolas dos trens contínuos de hoje.

A seqüência oval-quadrado, sem dúvida de bom rendimento, não é a melhor do ponto de vista de qualidade.

Os progressos no domínio da construção mecânica e eletrônica, contudo, encorajaram a Morgan a voltar aos trens inteiramente contínuos o que ocorreu no ano de 1911, sendo êste o tipo de trem dos dias atuais com as modificações e melhoramentos que se processam de ano para ano.

Com o advento dos trens contínuos o laminador abraçava dois grandes problemas que persistem até os dias atuais: a torção e a tração.

Se bem que a torção possa ter a sua solução nos trens H/V com gaiolas horizontais e verticais, solução extremamente cara a exigir investimentos elevados, a tração parece que persistirá como problema, a desafiar sempre a perícia dos laminadores.

A tração altera as tolerâncias em razão de sua irregularidade e provoca uma diferença de dimensões entre a cabeça, o meio e a cauda de uma mesma barra. Além disso provoca um maior desgaste dos canais e estrias superficiais no material laminado. Figura 30.

A torção em guias estáticas provoca fortes atritos, podendo ocorrer que pequenas partículas

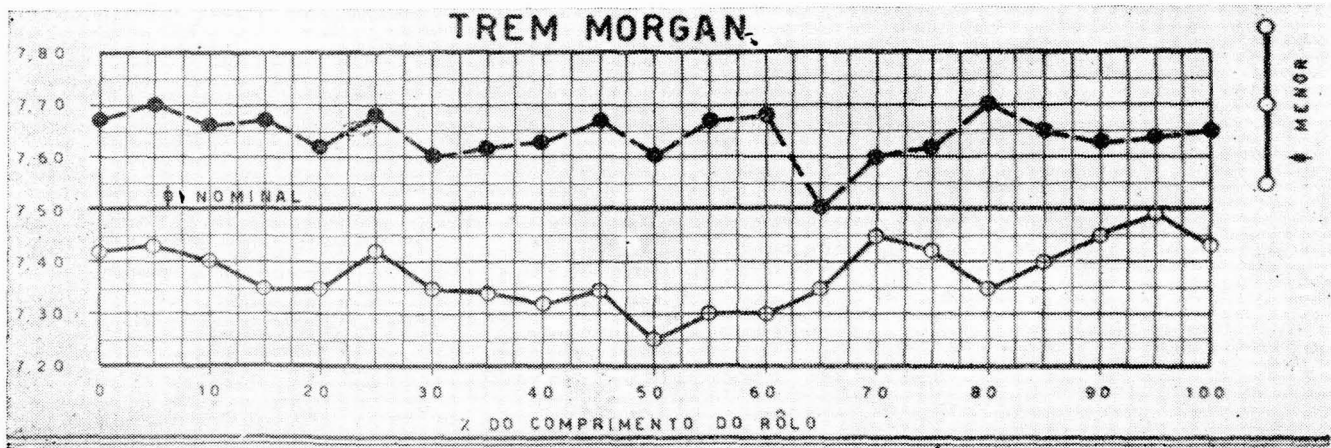


Fig. 25
Variação de bitola ao longo de um rôlo de fio máquina do trem MORGAN da Usina de Monlevade

do metal se fixem nas guias, riscando o material.

Na concepção e projeto dos modernos trens de arame, êstes problemas estão sempre presentes, bem como a tentativa de solucioná-los, além evidentemente de outros que contribuem para uma boa qualidade do fio máquina.

Assim é que a torção se processa em aparelhos com rolos de torção e não mais em guias estáticas, o que muito contribui para a melhoria da qualidade. Figuras 31 e 32.

Do ponto de vista da tração, melhorias importantes vêm sendo feitas.

Para se obter uma marcha satisfatória de um trem contínuo, é necessário que o mesmo seja regulado pela lei que se traduz pela fórmula $S \times V = K$, isto é, o produto da seção pela velocidade deve ser constante para tôdas as gaiolas. Se esta condição é exatamente obedecida, não existirá para uma barra prêsa entre duas gai-

Por outro lado, é necessária a observância rigorosa das relações entre os diâmetros do cilindro.

Evidentemente, a qualidade do produto não

Nos trens contínuos modernos, temos a possibilidade de variar a velocidade de cada gaiola, equipando-as com motores individuais de corrente contínua.

depende de modo exclusivo da construção dos trens. A calibragem, guias, natureza dos cilindros, etc. têm pelo menos, uma importância igual. No que toca à calibragem, nos trens acabadores, a série oval-quadrado tem sido substituída pela oval-redondo que apresenta, a nosso ver, uma série de vantagens:

1 — O desgaste do oval será menor com um redondo que com um quadrado cujos ângulos vivos marcam a canelura oval.

2 — A introdução do oval no quadrado, principalmente quando êste oval se apresen-

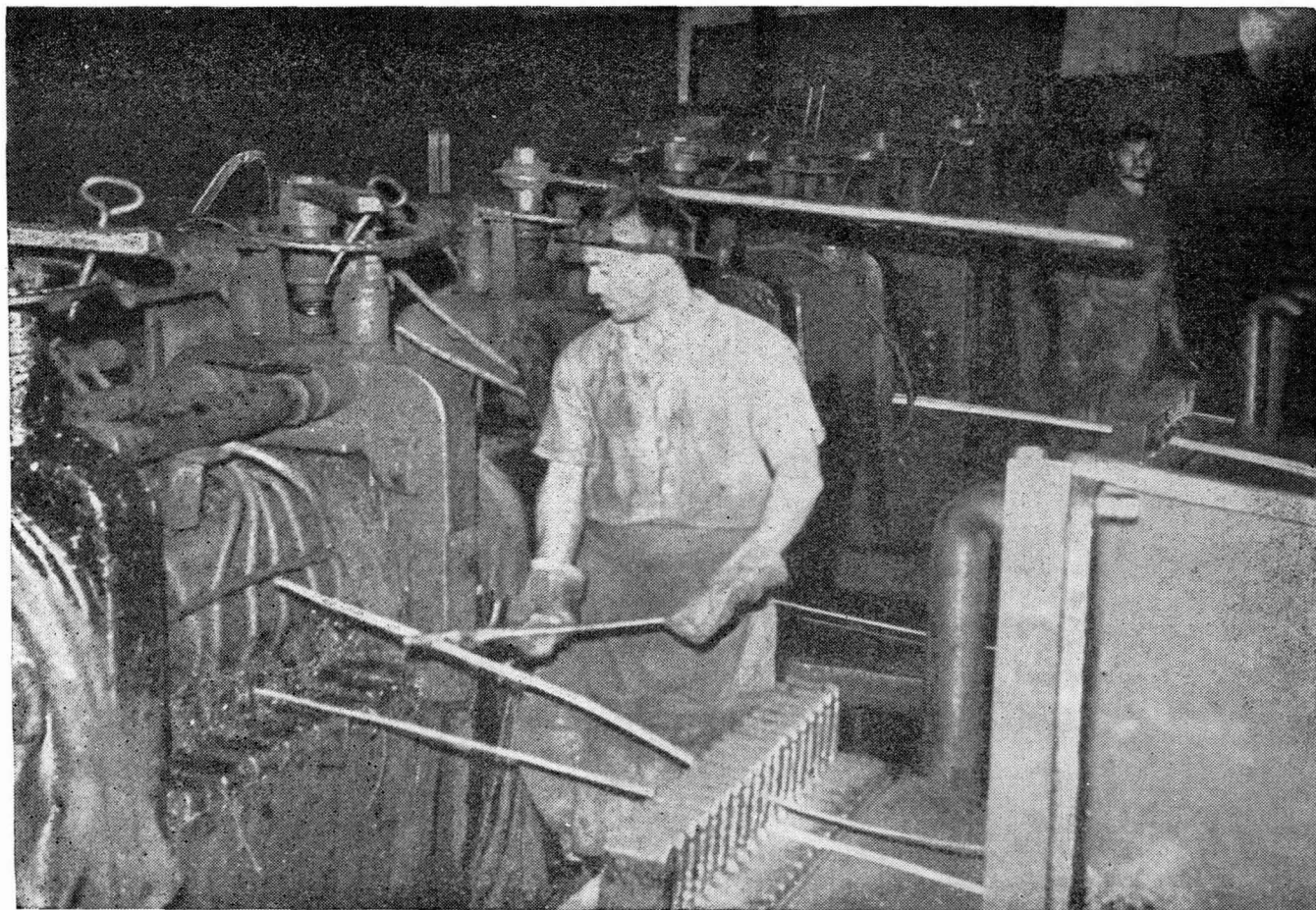


Fig. 26

Trem acabador aberto (Krupp) — Usina de Monievade

las, nem tração, nem laço. Nos velhos trens contínuos de arame esta condição é impossível de ser executada desde que um conjunto de gaiolas é atacado por um único motor (V constante).

Resta, portanto, ao laminador a possibilidade de atuar sobre a secção, isto é, aproximando ou afastando os cilindros. Em consequência desta limitação, resulta um trabalho quase sempre com tração excessiva.

ta mal preenchido, constitui causa de finas fissuras superficiais observadas sobre os redondos.

3 — O resfriamento muito rápido das arestas do quadrado constitui, igualmente, uma fonte de defeitos.

De outra forma, a melhor repartição das pressões envolve uma série de vantagens entre as quais o menor esforço sobre os cilindros que tra-

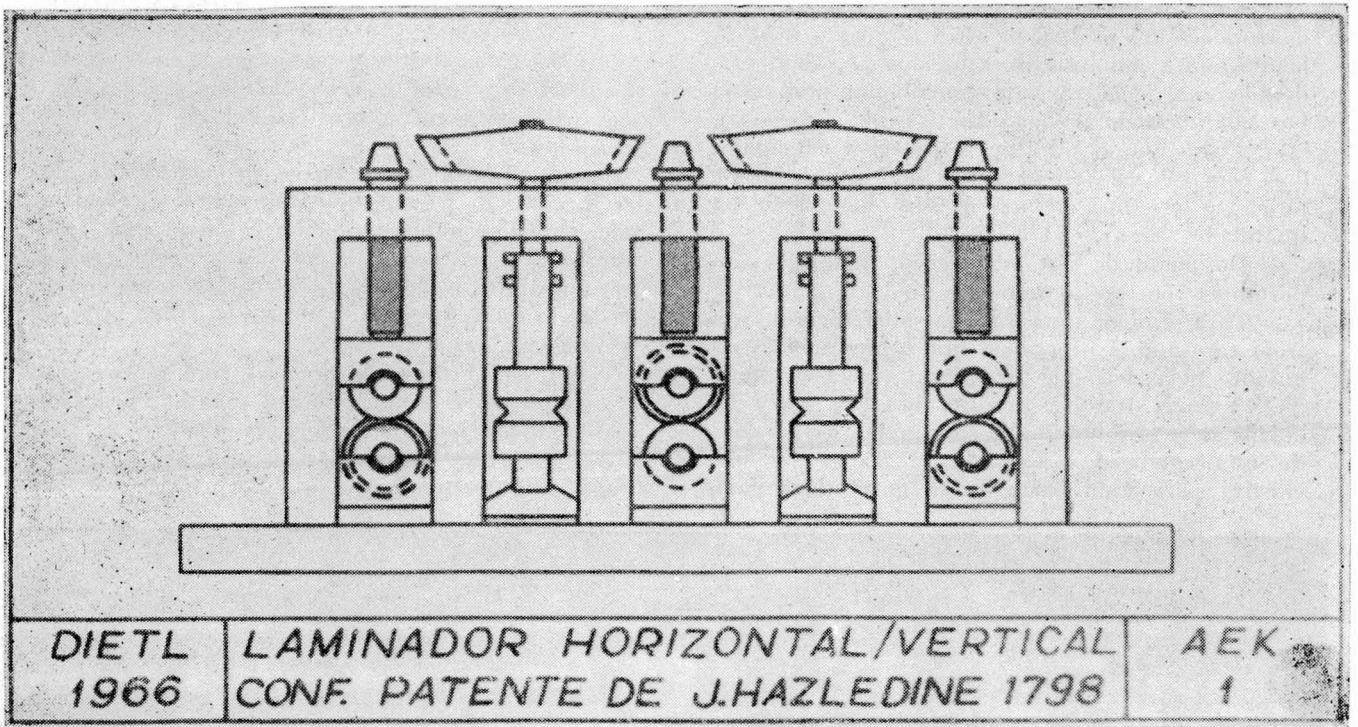


Fig. 27

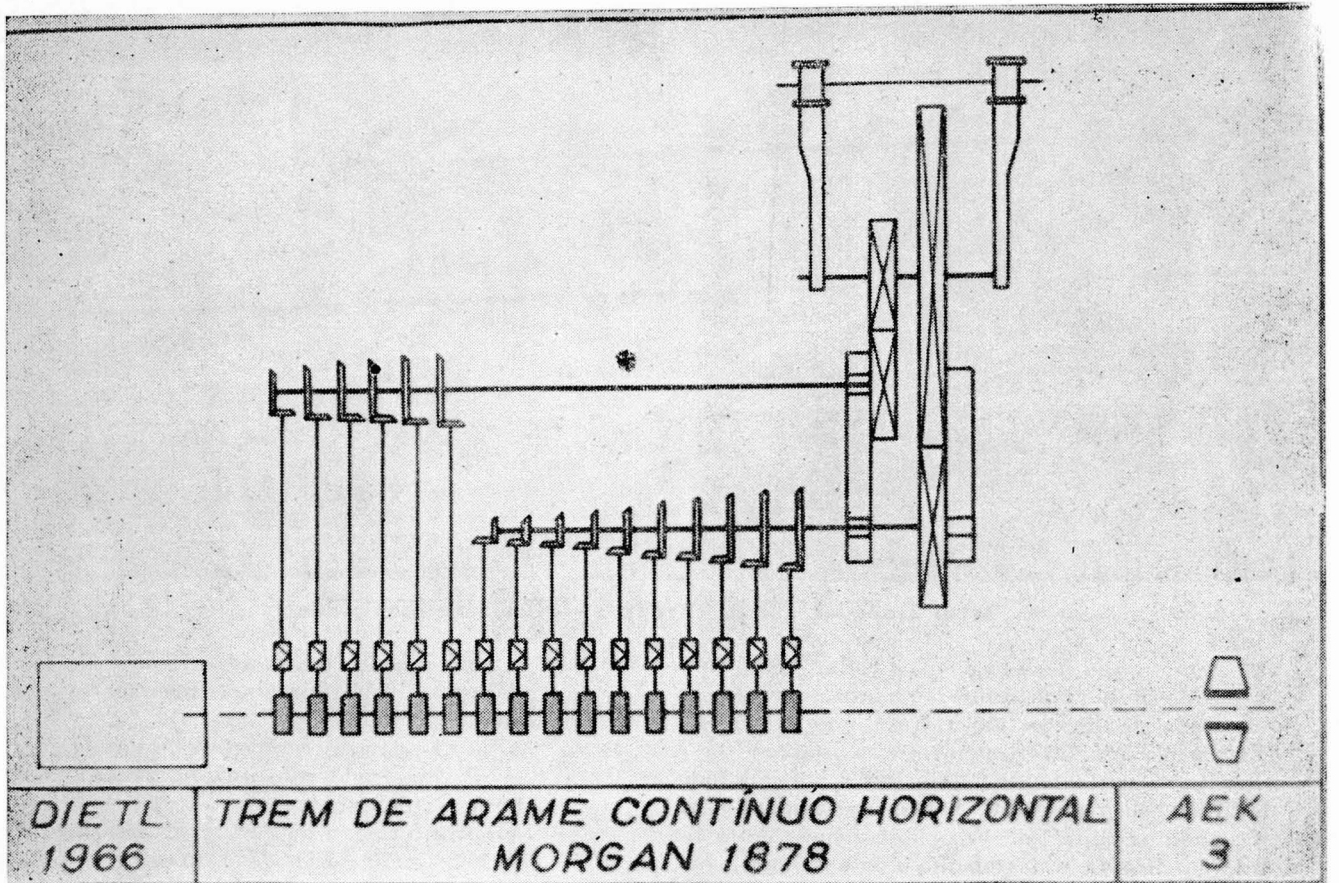


Fig. 28

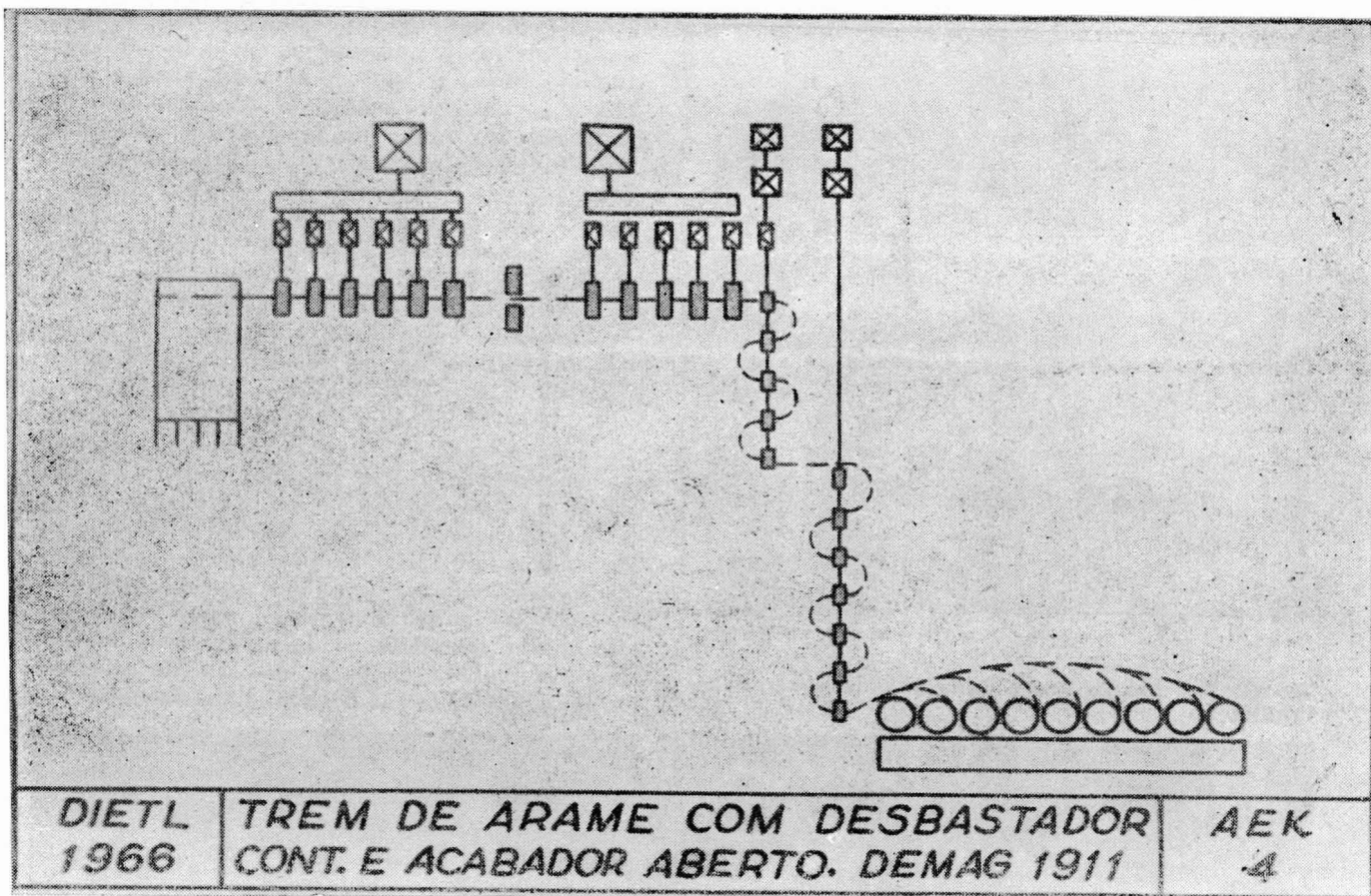


Fig. 29

balham com menor flexão podendo-se utilizar um material mais duro, mais resistente ao desgaste.

O desgaste sendo menor, as trocas de caneluras são menos freqüentes, ganhando-se em tempo, economia de cilindro e precisão de laminação. A cedagem dos cilindros também é menor, o que influencia na precisão do produto.

Entretanto, por melhor que fôsse a calibra-

gem, de nada adiantaria se os cilindros não tivessem uma boa duração. Sôbre este ponto, têm-se observado melhorias acentuadas.

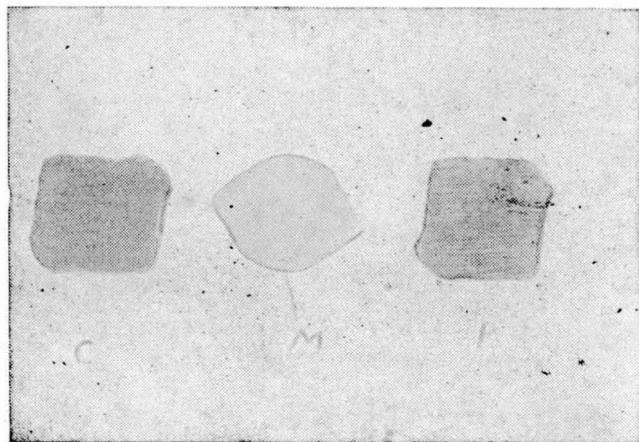


Fig. 30
Diferença de seção ao longo de uma mesma barra, provocada por torção excessiva.

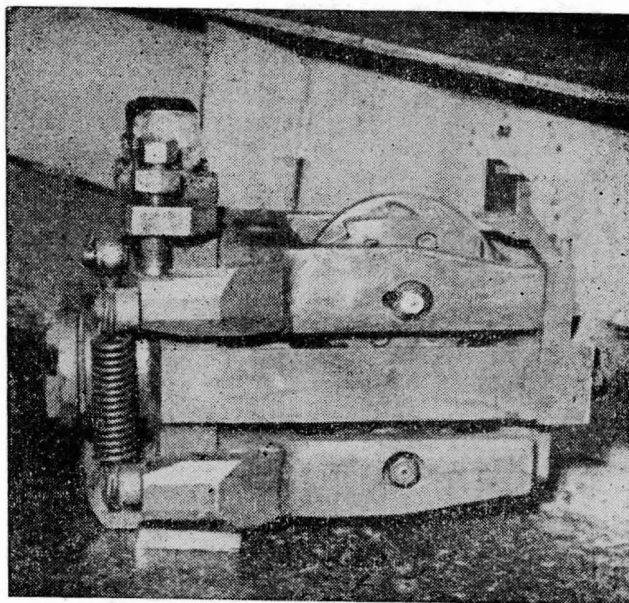


Fig. 31
Aparêlho de torção do trem Morgan da Usina de Monlevade.

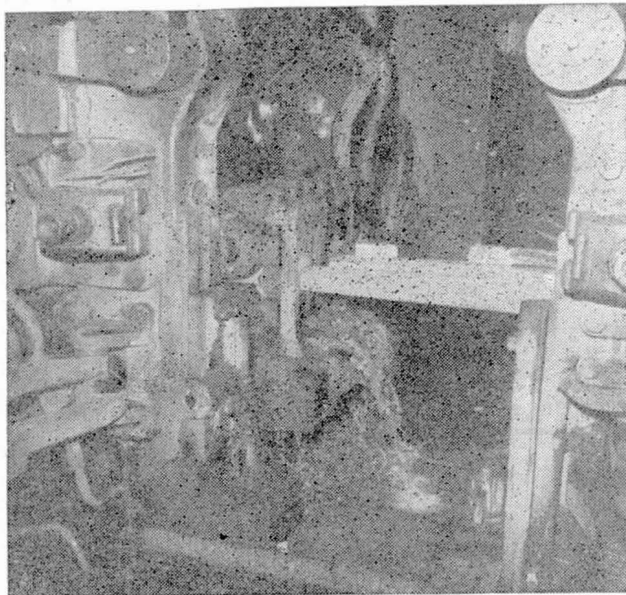


Fig. 32
Torção das barras entre duas gaiolas durante a laminação

Atualmente, os desbastadores são equipados quase que exclusivamente com cilindros de ferro fundido modular que apresentam melhor resistência ao desgaste, mantendo, contudo, uma boa resistência à rutura. Por outro lado têm-se utilizado cilindros de aço, recarregado, em seguida, por solda.

Os cilindros dos trens acabadores tiveram sua dureza bastante elevada, o que foi possível graças à melhoria na técnica de retificação.

As oficinas de cilindros de um moderno trem de laminação são equipadas com retificas modernas que ultrapassam os tornos em precisão e rendimento. Figura 33.

Melhorias também apreciáveis se fizeram sentir nas guarnituras. Com efeito, elas têm uma enorme importância na boa qualidade de superfície do produto acabado e sobre os acidentes durante a laminação. Sua importância foi muito aumentada com o acréscimo das velocidades de laminação, particularmente no que respeito à torção. A troca das guias estáticas por aparelhos de torção muito contribuiu para a boa qualidade do produto, embora do ponto de vista de acidentes os aparelhos de torção deixem ainda a desejar.

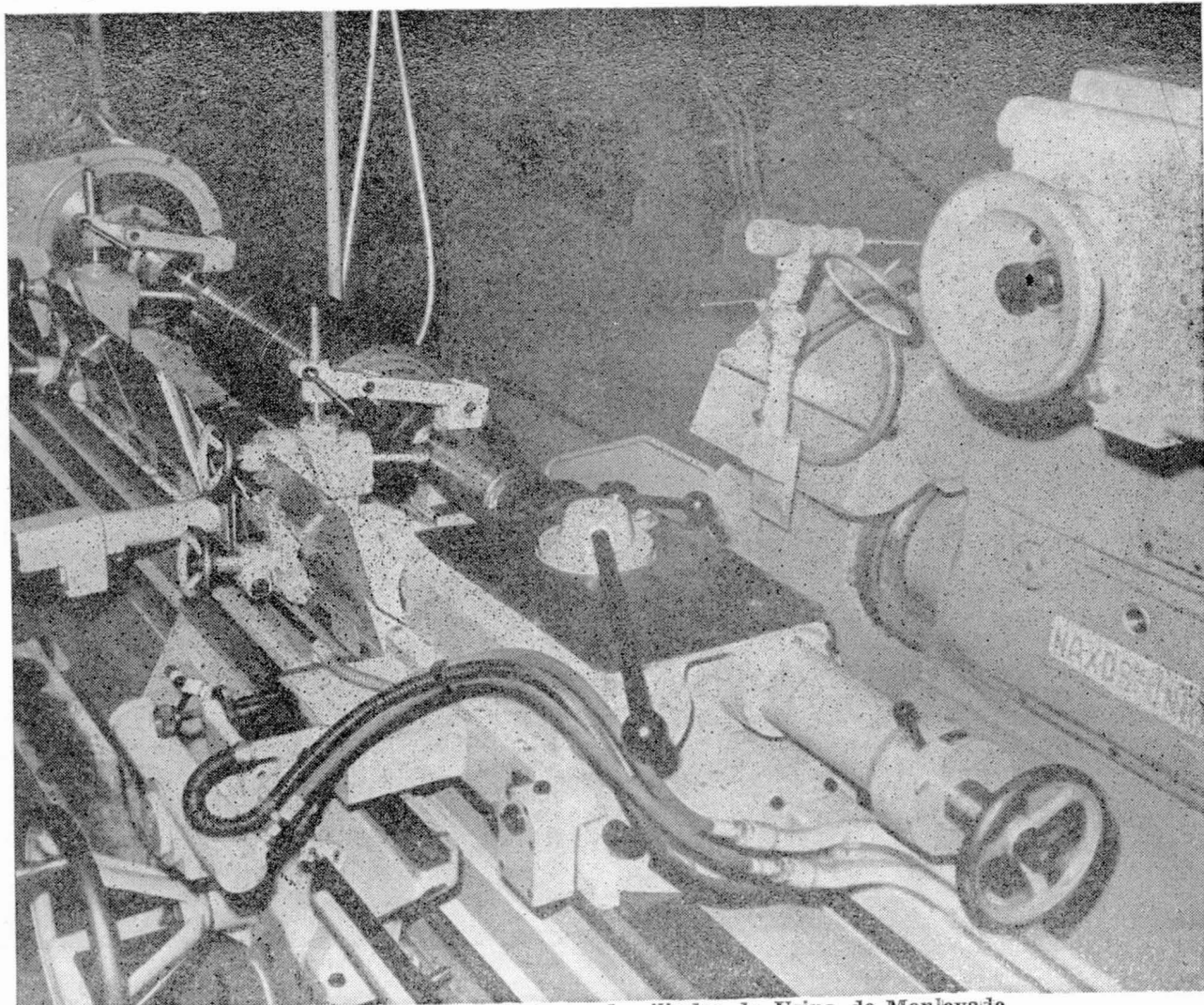


Fig. 33 Retifica Naxos da oficina de cilindro da Usina de Monlevade.

Ensaia-se, hoje, uma série de materiais, a fim de se reduzirem as dificuldades.

As guarnituras dos desbastadores, que laminam em velocidades baixas são de ferro fundido modular, dando inteira satisfação. Nos trens acabadores, usa-se um aço ao cromo e uma liga de bronze ao fósforo que, ajudados por um bom resfriamento, diminuem a tendência de colagem de partículas.

Uma melhoria acentuada que se faz sentir é a substituição das guias estáticas de entrada, para ovais, por guias de rolos eliminando-se, assim, o atrito por deslissamento. Fig. 34.

Tais guias de rolos permitem também uma regulagem mais fácil e mais rápida.

8 — Conclusão

O trefilador, na sua obrigação de entregar

ao cliente um material de alta qualidade exige, certamente, um fio máquina isento de defeitos. A êle compete, portanto, fornecer ao laminador um quadro o mais claro possível da performance do material que recebe.

Os modernos trens de arames estão perfeitamente equipados para responder a esta exigência.

Entretanto, por si sós, são insuficientes se o pessoal que os opera não tem a qualificação exigida.

O conhecimento consciente dos problemas que surgem durante a laminação, bem como das conseqüências na Trefilaria, do processamento de materiais defeituosos, é o complemento de que se necessita para entrega de um produto de boa qualidade.

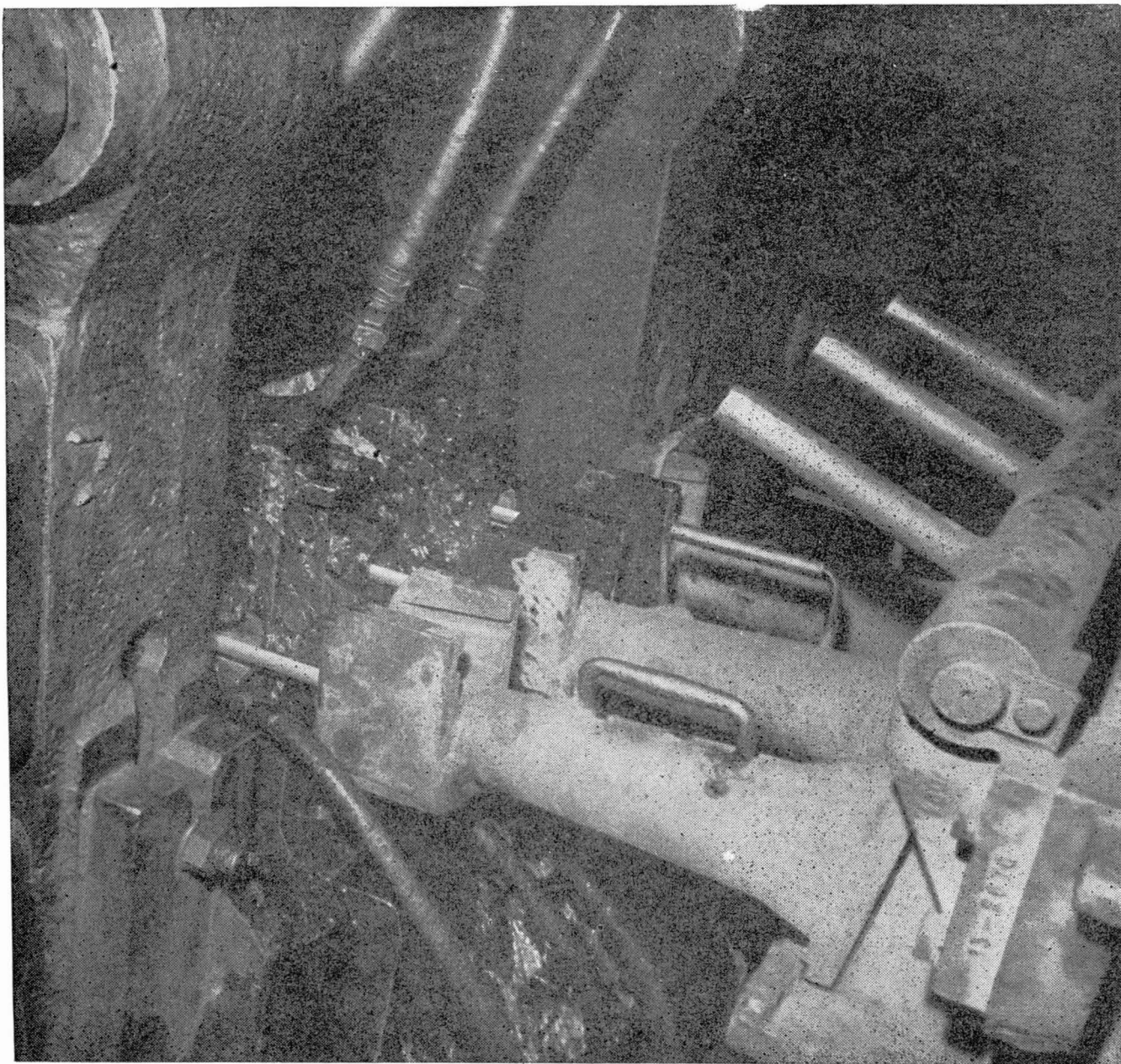


Fig. 34

. Guias de rolos para entrada de ovais.

DEBATES

Pedro Silva (Orientador) (4) — Os termos do trabalho dos engenheiros da Belgo-Mineira, Srs. Cyro da Cunha Mello, Rafael Pinto Fiuza e José Walmílio de Mello Monteiro, apresenta aspecto bastante interessante, qual seja uma tentativa de classificação de defeitos em fio-máquina. Temos uma síntese dos grandes objetivos do controle de qualidade, que é o conhecimento e combate dos defeitos. Eliminar os defeitos é o objetivo precípuo e, afinal de contas, possibilitará a produção com um máximo de economia.

Estão abertos os debates.

Detlef W. Schultz (5) — O autor se referiu várias vezes ao controle de trincas no fio-máquina, mas não encontrei nenhuma referência ao controle 100%. Gostaria de saber se é feito o controle 100% e, se não é feito, qual o motivo?

Cyro da Cunha Mello — O controle para verificação de trincas é feito, em Monlevade, através do teste de recalque com 10% dos rolos de cada corrida. Por exemplo, na corrida de nosso trem Morgan, nós temos cerca de 60 rolos. São cortadas as provas e feitos os testes de recalque. Esse o controle que fazemos para a determinação de trinca.

Na linha de produção, essa é a fórmula que melhor encontramos.

Detlef W. Schultze — Segundo entendi, o cliente estaria arriscado a receber um produto defeituoso, devido a ser feito um controle de 10%.

Tenho ciência de que existem métodos com rapidez de produção de até dois metros por segundo, que possibilitariam eventualmente um ensaio. Não sei se essa velocidade seria aceitável. São métodos modernos utilizados em outros casos.

Cyro da Cunha Mello — Esse controle à velocidade de dois metros por segundo seria impraticável de se fazer, por exemplo, no fio-máquina que sai do trem Morgan. Lá, nós temos a velocidade de cerca de 36 metros por segundo. Esse controle, para ser feito na corrente transportadora, também seria de difícil exequibilidade. O que se faz, durante a laminação, é o controle dos perfis. É processo mais ou menos rudimentar, que funciona razoavelmente bem. Passa-se uma madeira através desse perfil, para se verificar a seção de material compatível com a seção que deve passar através daquela cadeira.

Carlos A. Martinez Vidal (6) — O Sr. falou em dois controles. Um, que diz respeito à matéria-prima; outro, que se refere ao material terminado, no qual se efetuam ensaios de recalque, para possibilitar a determinação de trincas.

No controle da matéria-prima, ou seja, do material que vai ser posteriormente laminado, creio que os testes de recalque podem dar idéia bastante boa do que se passa com o material, porque ele está submetido a um estado fundamentalmente de tração. Mas, quanto ao material acabado, o ensaio de recalque dá um resultado de compressão pura, e a trefilação é um estado de tração no sentido longitudinal. Assim, não creio que o teste de recalque dê idéia do comportamento do material e da possibilidade de trincas, sobretudo nas primeiras passagens de trefilados.

Com relação ao desenvolvimento de métodos de alta velocidade para determinação de trincas superficiais, está-se chegando, acredito, à ordem de 20 a 25 metros por segundo, naturalmente numa etapa experimental. A maioria dos defeitos que aparecem na trefilação de barras, são fundamentalmente dados por defeitos de lubrificação superficial. Se não aparecem na matéria-prima, são provenientes, geralmente, de um defeito de lubrificação em algumas das etapas da fabricação das barras.

José Walmílio de Melo Monteiro — Com referência ao que disse o Sr. Martinez Vidal, tenho a complementar o seguinte: apesar de termos tração do fio-máquina e o ensaio de recalque ser de compressão, exatamente essas duas situações opostas que teremos quando do teste de recalque, a inversão de sentido de esforços permite que a trinca se manifeste bem visível, após o recalque.

Pedro Silva — Parece que ambos prestaram esclarecimentos adicionais; não se tratou propriamente de perguntas.

Continuam abertos os debates.

*Eliseu Gonçalves Batista*⁷ — O Sr. Cyro da Cunha Mello fez referência sobre tipo de inclusão e chamou-o de tipo martensítico, não metálico. Gostaria que esclarecesse melhor este ponto.

Cyro da Cunha Mello — Esse tipo de inclusão martensítica resulta do próprio processo de trefilação. Ao se trefilar o fio-máquina, essas inclusões não plásticas, indeformáveis, oferecem um tipo martensítico. Isso é verificado através de ensaios de micro-dureza, ou, às vezes, pelo ensaio microscópico. É uma inclusão inerente ao processo de trefilação. Pelo fato de ela não se deformar, ocasiona uma concentração, um encruamento muito forte, provocando esse tipo de inclusão a que me referi.

(4) Companhia Siderúrgica Nacional — Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil

(5) Panambra Industrial e Técnica S.A. — São Paulo, Brasil

(6) Comisión Nacional de Energía Atómica — CNEA — Buenos Ayres, Argentina

(7) Krupp Metalúrgica Campo Limpo S.A. — São Paulo, Brasil

Pedro Silva — Pediria que o Sr. Cyro da Cunha Mello não fizesse confusão na terminologia. Seria preferível chamar-se de inclusão de alta dureza, ou frágil, porque acredito que tenha sido a denominação que causou espécie, devido à expressão já ser consagrada pela metalografia.

Cyro da Cunha Mello — Estou de acôrdo. Simplesmente foi chamada de inclusão martensítica, devido ao fato de, no ensaio de microdureza, a dureza se revelar semelhante à martensítica.

*Márcio de Carvalho Ferreira*⁸ — Com respeito ao desgaste na tesoura do desbastador, o autor tem alguma inspeção especial para detectar a segregação nesse ponto?

Uma outra pergunta seria sobre trincas, já que elas podem ocorrer em todo o material proveniente tanto do lingotamento, como do aquecimento ou da operação de laminação. Durante o teste mencionado, pode-se determinar a origem dessas trincas?

Cyro da Cunha Mello — Não temos, na tesoura do desbastador, inspeção de segregação. O descarte é feito visualmente, pelo próprio operador da tesoura. Para corridas que sofrem controle de todo o material, fazemos periodicamente levantamentos estatísticos. Com referência à segunda pergunta, eu havia dito que a origem dessas trincas é verificada pelo ensaio de recalque dando indicação de onde elas provêm.

*Geraldo Magela de M. Sanábio*⁹ — Pelo diagrama mostrado, relativo ao ensaio de recalque, me pareceu que o Sr. faz ensaio de recalque nos ganchos da corrente transportadora, no material já bastante acabado. Dessa forma, se o Sr. constatar pelo ensaio de recalque, a existência de trinca, toda essa linha daquele veio estaria desviada da produção?

Cyro da Cunha Mello — Nesse caso, a corrida estaria comprometida. Dêsse modo, desde que foi dito que fazemos ensaio em 10% dos rolos, então seria feito novo ensaio de todos os rolos, ocasião em que esse rôlo defeituoso seria desclassificado.

Geraldo Magela de M. Sanábio — Normalmente, essas trincas são verificadas por defeitos mais de laminação do que de qualidade material. São provenientes de dobras ou de defeitos de ajustagem, como o Sr. citou. Acontece que o Sr. teria quase que praticamente toda aquela produção desviada, porque a experiência que temos tido nos possibilita dizer que, quando constatamos por ensaio de torção, na saída da bobinadora — em cada cinco bobinas fazemos um ensaio dêsse — a correção tem que ser feita imediatamente, para que apenas sejam prejudicadas aquelas cinco bobinas. A experiência nos mostra que todas as outras também apresentariam trincas. É muito difícil, se uma bobina sair trincada, encontrar outras sem trincas.

No seu trabalho, o Sr. diz que consegue um aumento de dureza na retificação do cilindro. Seria possível uma informação adicional nesse sentido?

Cyro da Cunha Mello — O ensaio feito na corrente não é só para verificação da qualidade do material, como também é um teste corretivo. Nos primeiros rôlos de cada corrida, a resposta é dada quase que imediatamente. Não se espera que a bobina chegue à máquina de recalque, para se cortar uma prova. Quando passa a primeira barra, o próprio laminador se incumbem de tirar a primeira prova, e ele mesmo, o próprio laminador, faz o ensaio de recalque. Por ali, constata-se o material está bom ou não.

Por outro lado, êsse controle deve ser feito periodicamente, durante a fase de processamento de laminação. Na entrada do trem Morgan, nós temos dois operadores, no trem intermediário dois, e no acabador três operadores. Êsse pessoal é incumbido de freqüentemente fazer a inspeção do material e verificar se a torção está sendo bem feita, se a secção do material está correta. Além disso, a primeira bobina de cada corrida sofre inspeção. O laminador desce a bobinadeira, despreza algumas voltas do rôlo e retira uma prova, leva-a à máquina de recalque, faz ensaio de tração, de forma que, após a passagem de duas barras, êle já tem o resultado se o material se abriu ou não.

Quanto à sua segunda pergunta, quero lembrar que eu disse que a técnica de retificação propiciou trabalhar-se com cilindros de dureza mais elevada e não que a retífica produzisse uma dureza adicional.

*German S. de Cordova*¹⁰ — São cilindros importados?

Cyro da Cunha Mello — Os primeiros cilindros do trem Morgan foram importados da Bélgica.

*Rodolfo N. Enrico*¹¹ — Falando de segregação, na figura 6, o Sr. se refere a aços efervescentes, ou são aços ao carbono acalmado?

Cyro da Cunha Mello — São aços efervescentes.

Rodolfo N. Enrico — Em trefilados de alta resistência tivemos a presença contínua de rupturas. Depois de uma revisão do processo, descobrimos que elas eram devidas ao hidrogênio.

Cyro da Cunha Mello — Quando ocorre uma fratura dêsse tipo, à primeira vista leva a pensar que é devida a um defeito de segregação. Gostaria que o Sr. Rafael Pinto Fiuza respondesse, já que é trefilador, à questão que o Sr. formula, através do problema que levantou.

Rafael Pinto Fiuza — Como mencionamos no próprio trabalho, êsse tipo de fratura ocorre por segregação. Existem diversas literaturas que fazem menção a êsse tipo de fratura. Menciona-

(8) Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. — USIMINAS — Ipatinga, Minas Gerais, Brasil

(9) Cia. Ferro e Aço de Vitória, — Vitória Espírito Santo, Brasil

(10) Sociedad Mixta Siderurgia Argentina — Buenos Ayres, Argentina

(11) IKA — Renault S.A. — Buenos Ayres, Argentina

mos, também, que o mesmo tipo de fratura pode ocorrer por tratamento térmico inadequado; o patenteamento, digamos. Se o patenteamento não foi feito em condições adequadas, pode ocorrer esse tipo de fratura. Ao mesmo tempo, pode ocorrer por um ângulo incorreto da fileira, ou por reduções muito elevadas.

Carlos A. Martinez Vidal — Em geral, os exemplos que foram dados quanto aos defeitos são muito característicos e perfeitamente prováveis. Lamentavelmente, num processo de produção em si, quase nunca se obtêm defeitos tão perfeitamente definidos, mas, sim, uma somatória de vários fatores que se agregam.

Por exemplo, na figura que o trabalho mostrou sobre defeito de vazios, segregações secundárias, haveria um defeito de segregação, que nas barras a quente pode produzir a típica “bôca de crocodilo”. Por outro lado, quase sempre na laminação de barras não se tem um controle muito estrito nas transformações gama-alfa, o que diminui consideravelmente a solubilidade do hidrogênio. Esse não chega a adquirir solubilidade e forma, então, pequenas “villetas” interiores. O material, submetido posteriormente a um estado de tração, apresenta fratura “cup and cone”. Isto é a soma de dois fatores, em geral.

*Avelino Garcia Uteau*¹² — No quadro que se refere aos defeitos, se afirma que as trincas, entre outras causas, se podem atribuir ao lingotamento, ou seja, à qualidade dos lingotes. Dêsse ponto de vista, deve-se esperar que um aço efervescente tenha um bom desempenho, já que é superior. Porém, o que acontece quando se utiliza um aço semi-acalmado ou um aço acalmado? Que diferença há entre os três? Por que algumas literaturas recomendam, de preferência, o emprêgo do aço SAE 18, para laminados a frio?

Pedro Silva — Creio que a pergunta diz respeito a uma diferença na ocorrência de trincas quando se tratar de aço efervescente, semi-acalmado ou acalmado.

José Walmílio de M. Monteiro — O aço efervescente tem uma pele melhor e não dá trinca. Os aços acalmado e semi-acalmado podem apre-

sentar trincas. Então, quais os cuidados que nós teríamos para evitar trincas dos aços semi-acalmado e acalmado? Simplesmente através do controle do semiproduto, antes da laminação. O aço efervescente sofre um controle menos rigoroso, e o aço acalmado e semi-acalmado um controle mais severo. Fazemos decapagem, observação visual e eliminação das trincas or meio do martelo a ar comprimido.

Rafael Pinto Fiuza — Queria complementar essa informação, no que se refere à ocorrência de trincas em aço efervescente, acalmado e semi-acalmado.

A gente verifica que o aço acalmado é mais compacto do que o aço efervescente. Naturalmente, neste caso, cuidados especiais devem ser tomados no aquecimento. Aliás, mencionamos isto também no trabalho. Um aço efervescente se apresenta menos compacto.

*Emílio Engelstein Nachvalger*¹³ — No item 5.2 fala-se em exame com ultra-som, para detectar os defeitos internos. Gostaria de saber se esse controle é usado na linha, diretamente, em 100% dos casos; se ele é baseado em alguma norma internacional, ou simplesmente trata-se de uma norma interna; se é utilizado, também, em aços do tipo acalmado ou semi-acalmado.

José Walmílio de M. Monteiro — O controle que fazemos com ultra-som é feito em certos tipos de aço, dependendo da finalidade do produto. Certas qualidades não sofrem controle e outras sofrem. O critério é baseado numa somatória das normas. É mais um critério interno, através do qual, pela nossa experiência, verificamos qual a grandeza de defeitos que se pode tolerar.

Pedro Silva — Não havendo mais quem queira se manifestar, damos por encerrados os debates.

O SR. PRESIDENTE — Ao término da Sessão “A”, quero agradecer aos conferencistas, pelos interessantes trabalhos apresentados; aos Srs. congressistas, pela participação ativa nas discussões; ao Sr. Pedro Silva, orientador dos debates, bem como ao Sr. Hernani Fischer, secretário da Mesa.

Está encerrada a sessão. (*Palmas*).

(12) Cia. de Acero del Pacifico y Universidad de Concepción — Concepción, Chile

(13) Indústrias Elétricas Brown Boveri S.A. — São Paulo, Brasil