

gica Nacional. Em 1963 passou a Assistente da Linha de Contrôlo de Qualidade, cargo que passou a chefiar a partir de 1966; estagiou em várias usinas nos Estados Unidos no ano de 1955, e em 1963 representou o Brasil no Seminário de Normalização de Produtos Planos, em Santiafo do Chile, promovido pelo COPANT; além de chefe do Contrôlo de Qualidade da Usina de Volta Redonda, exerce a função de Assistente da Cadeira de Me-

talurgia Geral na Escola de Engenharia Industrial talúrgica, da Universidade Federal Fluminense."

Tem a palavra o Sr. Pedro Silva.

— O Sr. Pedro Silva expõe o trabalho "Métodos de Investigação da Origem dos Defeitos Superficiais em Produtos Laminados Planos de Aço Carbono", de sua autoria.

Métodos de Investigação da Origem dos Defeitos Superficiais em Produtos Laminados Planos de Aço Carbono

Eng.º Pedro Silva¹

1. QUALIDADE DE SUPERFÍCIE

A qualidade da superfície dos laminados planos de aço é um requisito tão importante quanto os demais que caracterizam estes produtos, ou seja:

— propriedades mecânicas, forma adequada, enquadramento nas tolerâncias dimensionais, etc. Este conjunto de características deve atender um mínimo qualitativo e quantitativo, cada uma isoladamente e no seu total, de modo que o produto alcance um nível de qualidade compatível com o uso final.

A questão da qualidade superficial dos produtos laminados planos de aço, principalmente chapas finas a frio e chapas finas a quente, tem merecido atenção especial nos últimos anos, em todos os países envolvidos na sua produção. No Brasil, em particular, as exigências do mercado, neste aspecto, começaram a se fazer sentir com o desenvolvimento das indústrias de eletrodomésticos e, em seguida, com a implantação da indústria automobilística.

O problema do atendimento dos padrões exigidos avulta em nosso país, porquanto as indústrias consumidoras desejam receber material semelhante ao que têm disponível nos países de origem. As exigências variam de um consumidor para outro, porém, as Usinas Siderúrgicas Nacionais aceitaram o desafio e estão cômicas de que devem satisfazer as exigências do mercado. Para isto, naturalmente, deverão se adaptar em muitos pontos e ter, mesmo, programas de melhoria da qualidade de seus produtos.

Assim sendo, fica justificada a oportunidade de se debater neste Seminário uma faceta do problema da qualidade superficial dos produtos laminados planos de aço, qual seja o estabelecimento de método para investigação ou estudo

dos defeitos superficiais que surgem nestes produtos. Sendo vasto o assunto, abordaremos aspectos gerais e daremos exemplos típicos do roteiro seguido em alguns casos, dentro do tempo disponível de exposição.

2. CONSEQÜÊNCIAS DOS DEFEITOS SUPERFICIAIS

A presença de defeitos superficiais nos laminados planos traz inconvenientes, em 1.º lugar à Usina produtora devido aos desvios ou sucata-mentos internos e, em 2.º lugar, ao consumidor, devido às perdas na utilização ou acondicionamento de peças.

Normalmente tôdas as Usinas produtoras se defrontam com a ocorrência de defeitos superficiais, em maior ou menor proporção, pois nenhuma consegue que o produto passe intacto por tôdas as fases de processamento. Mesmo as que se propõem ao programa chamado "zero defects" deverão garantir esta condição no produto entregue (nível de qualidade externo), arcando com certos desvios nas linhas de produção (nível de qualidade interno).

De uma determinada produção P , haverá uma fração defeituosa p que não pode ser entregue para a ordem do pedido. A porção rejeitada pP pode ser analisada quanto às causas de desvio e verifica-se que ocorrem os defeitos A, B, C , etc., nas porcentagens a, b, c , etc.

Todo esforço deve ser dirigido no sentido de minimizar p ; se o seu valor ultrapassa certo máximo, geralmente estabelecido em cartas de controle ou por índice esperado, o Contrôlo de Qualidade deve passar a analisar a incidência dos defeitos causadores do aumento de p . Evidentemente, passam a merecer atenção os defeitos

(1) Engenheiro Civil, de Minas e Metalurgista; Chefe de Linha de Contrôlo de Qualidade da Companhia Siderúrgica Nacional — Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

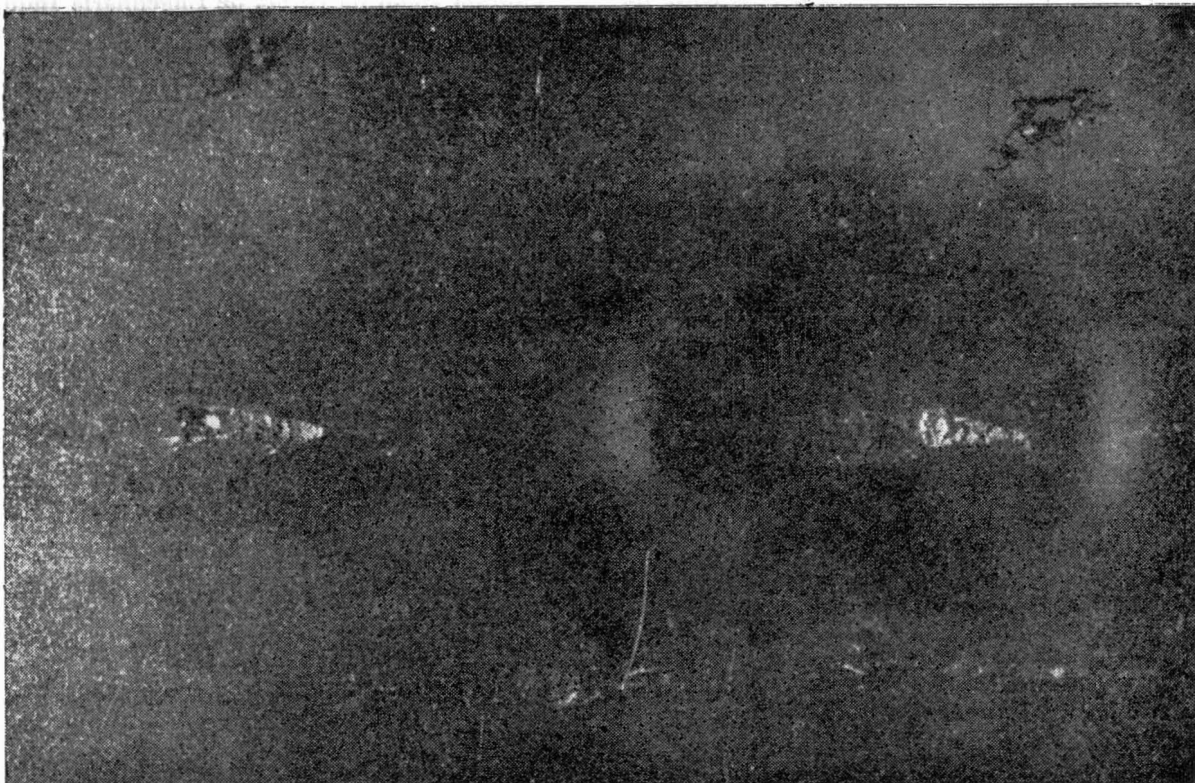


Foto 1 — Defeito em chapa fina a frio originado de arranhado anterior.

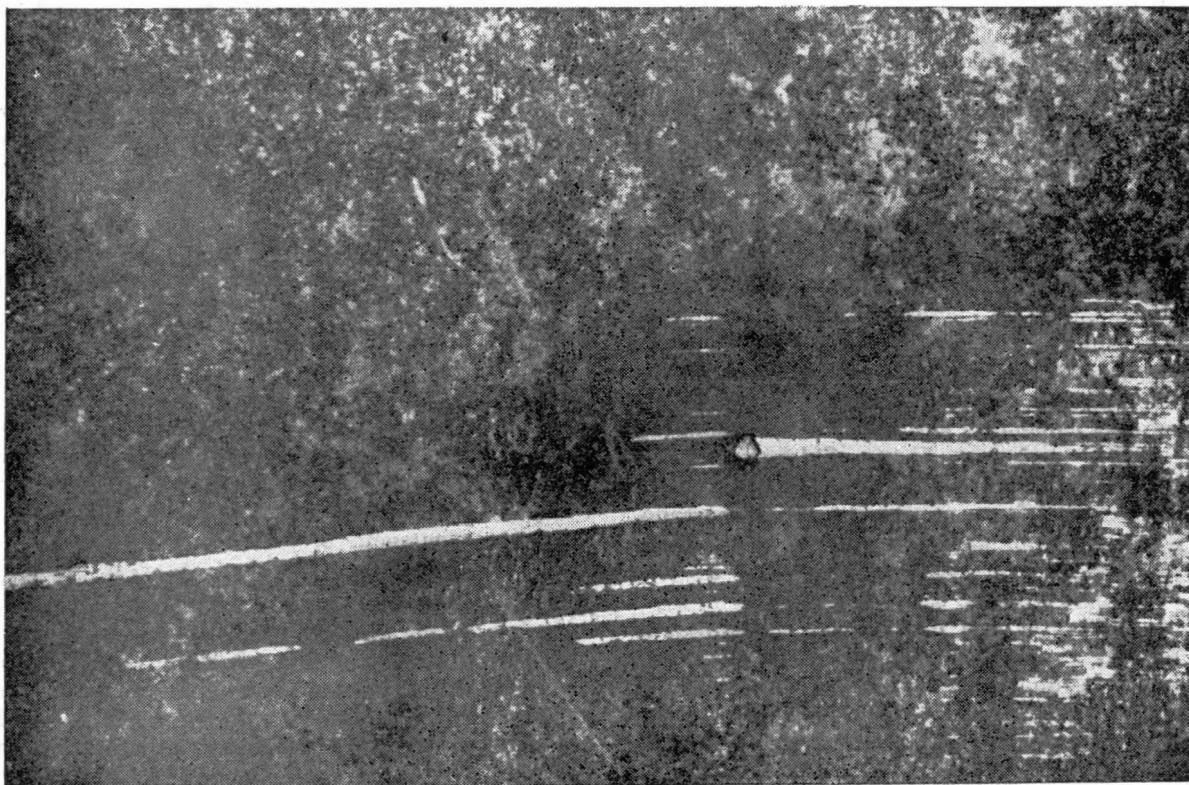


Foto 2 — Arranhado em bolinha laminada a quente.

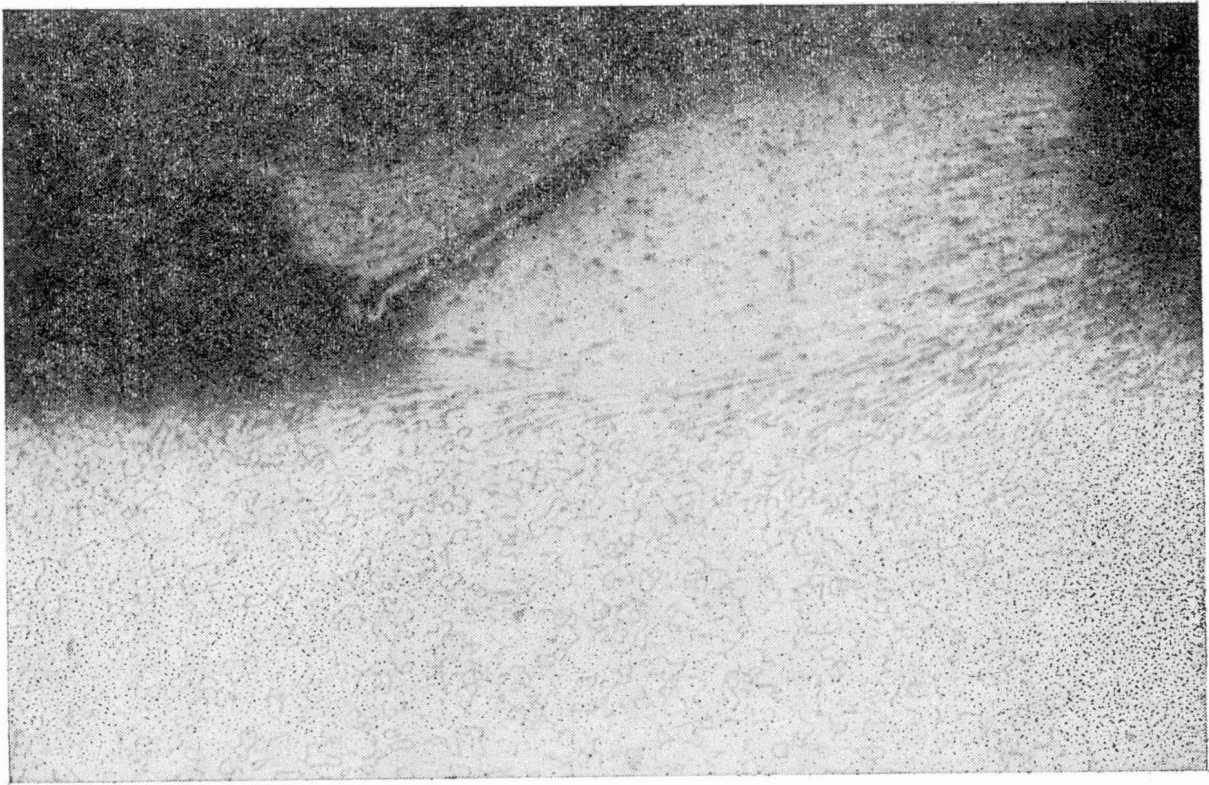
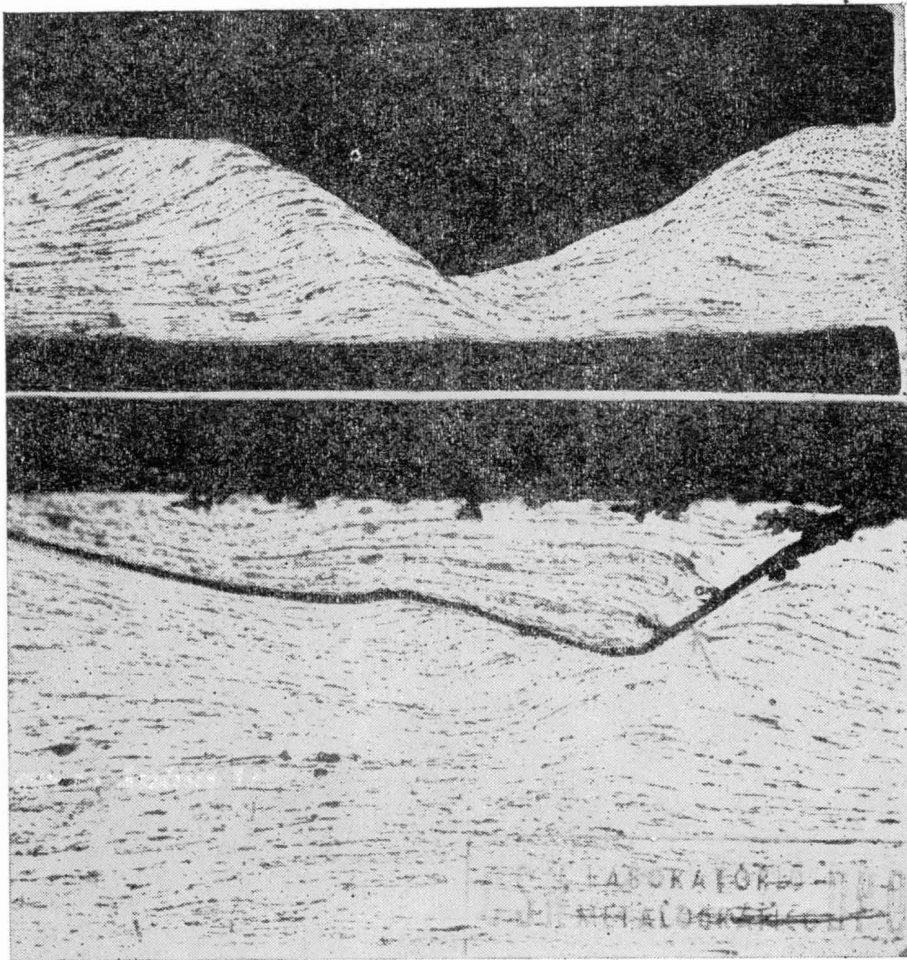


Foto 3 — Secção micrográfica do acúmulo de sucata no extremo do arranhado.



Fotos 4a e 4b — Cavidade e incrustação de grão de aço originário de arranhado.

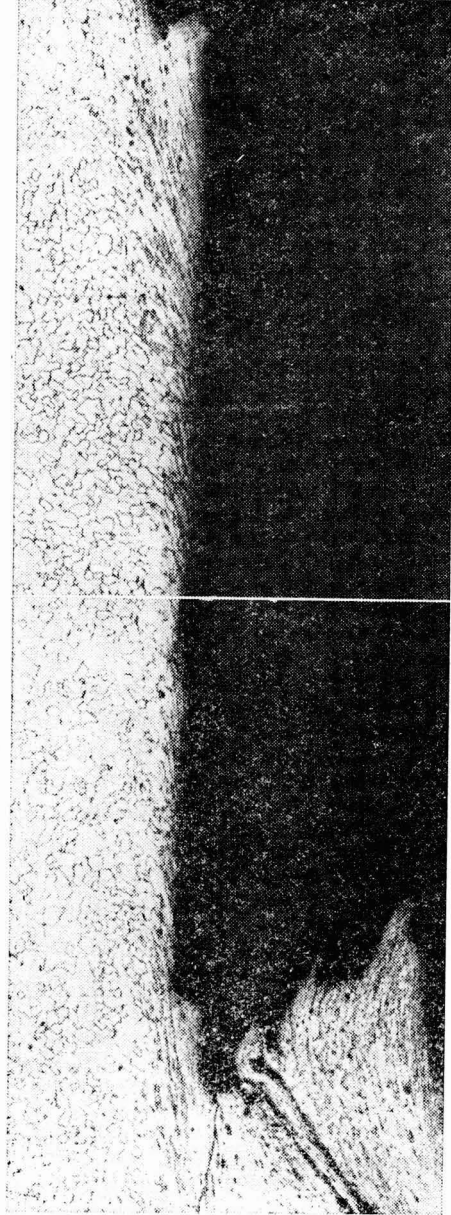


Foto 4 — Micrografia de um trecho de arranhad o, mostrando o fundo encruado.



Foto 5 — Esfoliação mecânica em chapa fina a quente.



Foto 6 — Esfoliação mecânica em chapa fina a quente; mesma amostra da foto 5.

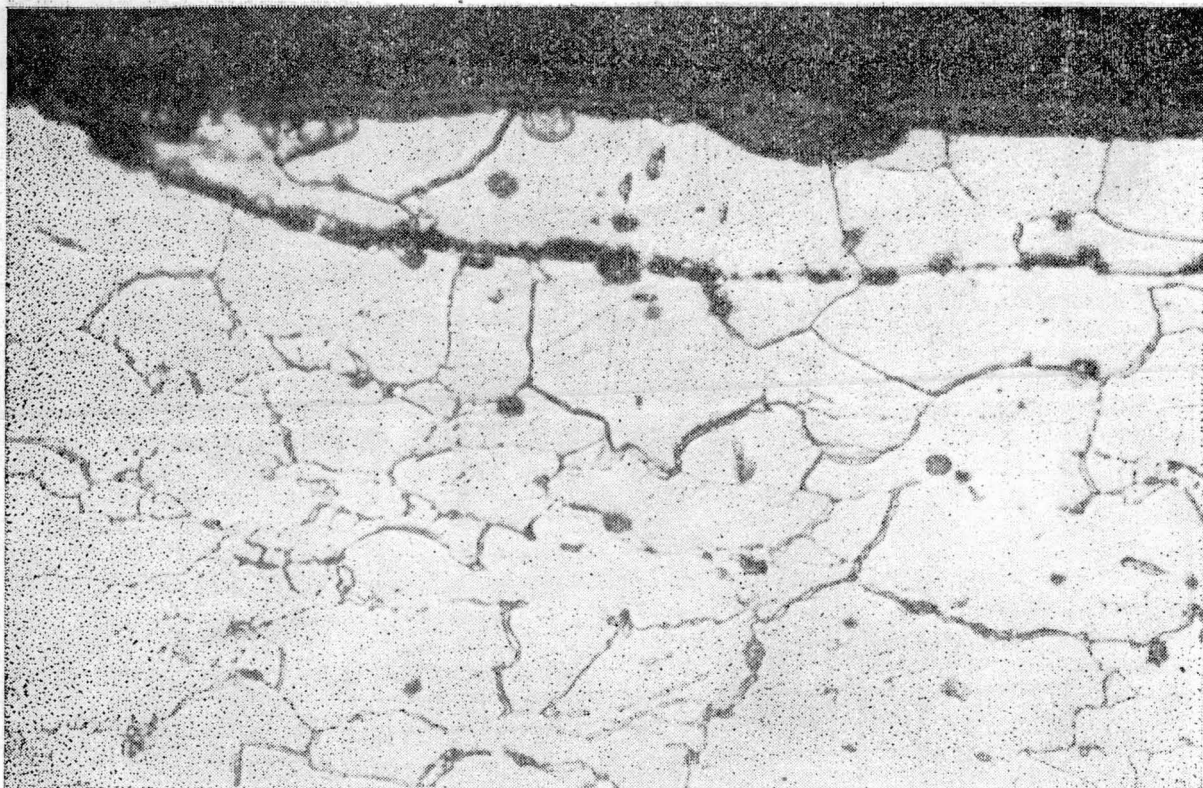


Foto 7 — Micrografia da amostra da foto 6.

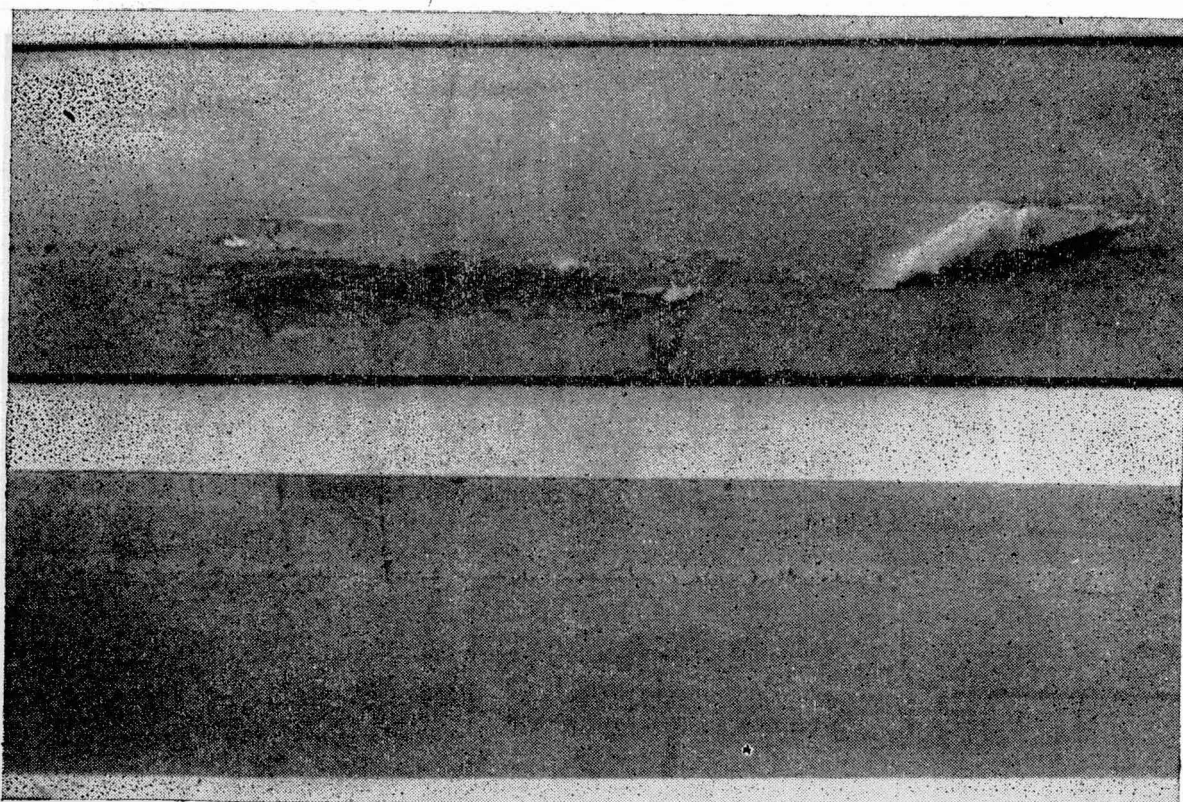


Foto 8 — Esfoliação devido à condição interna do aço, em chapa fina a frio.



Foto 9 — Micrografia da amostra da foto 8.

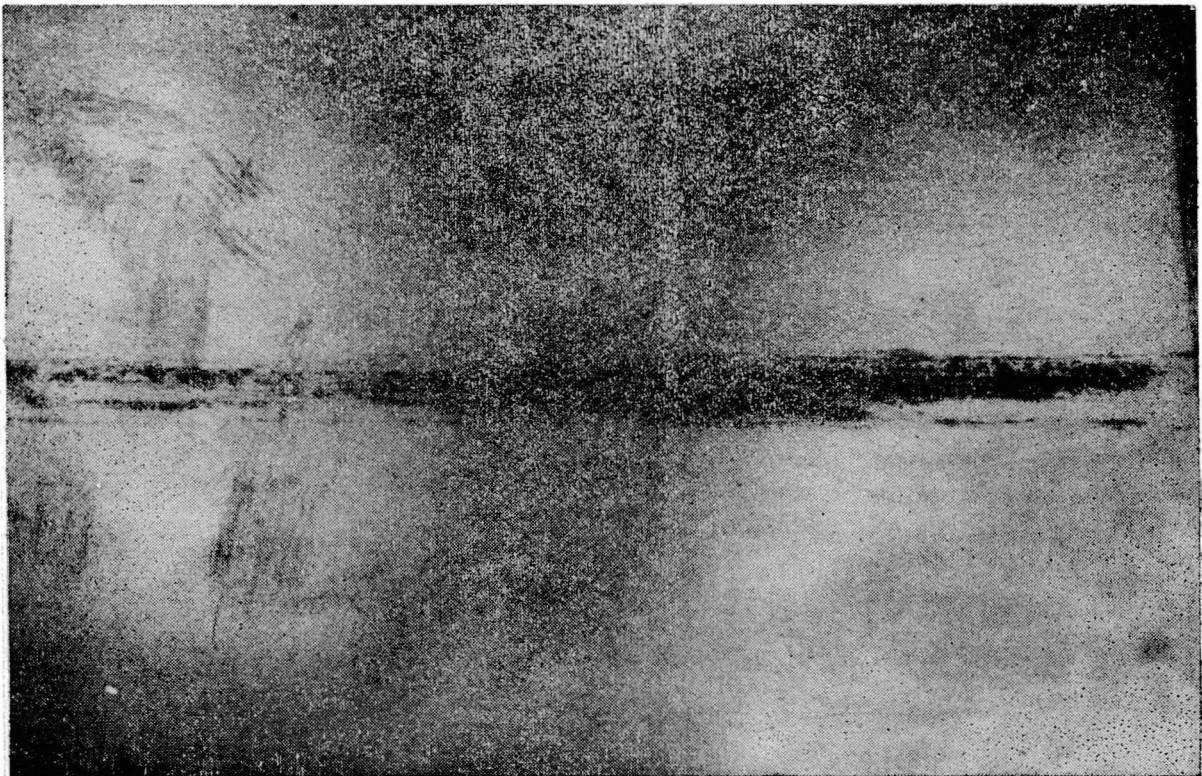


Foto 10 — Esfoliação mecânica em chapa fina a frio.

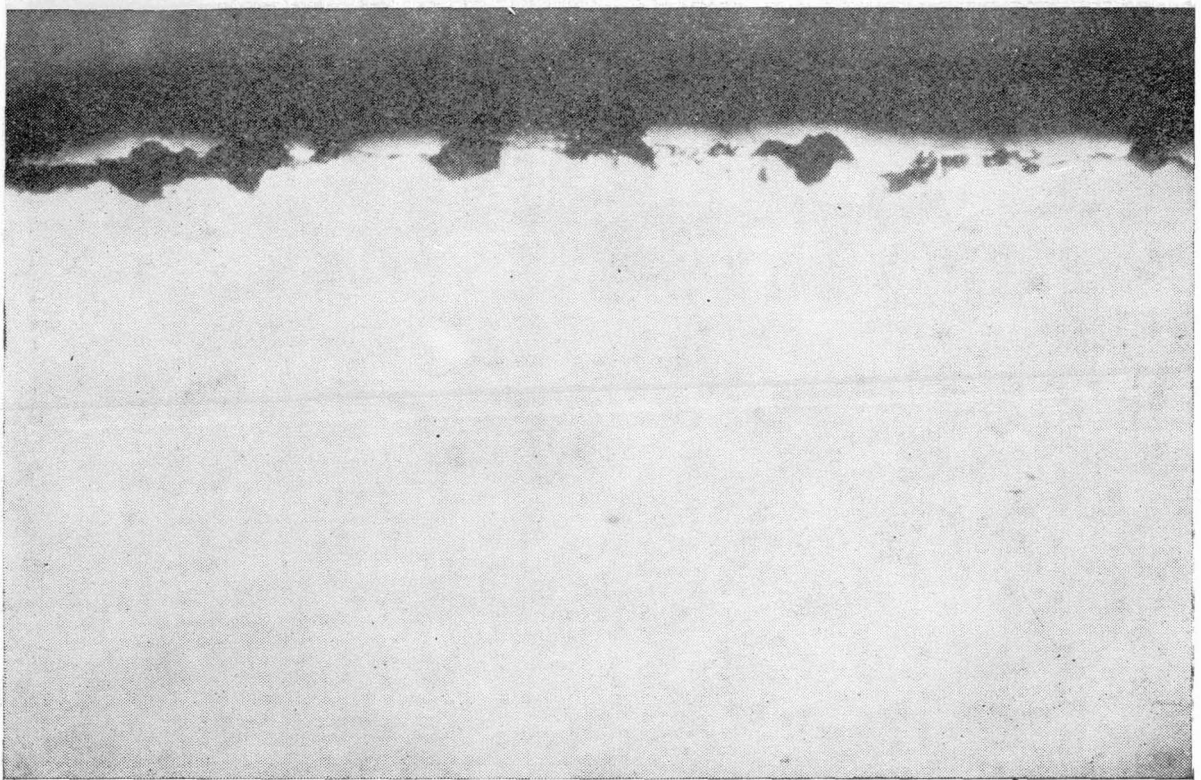


Foto 11 — Micrografia da amostra da foto 10.

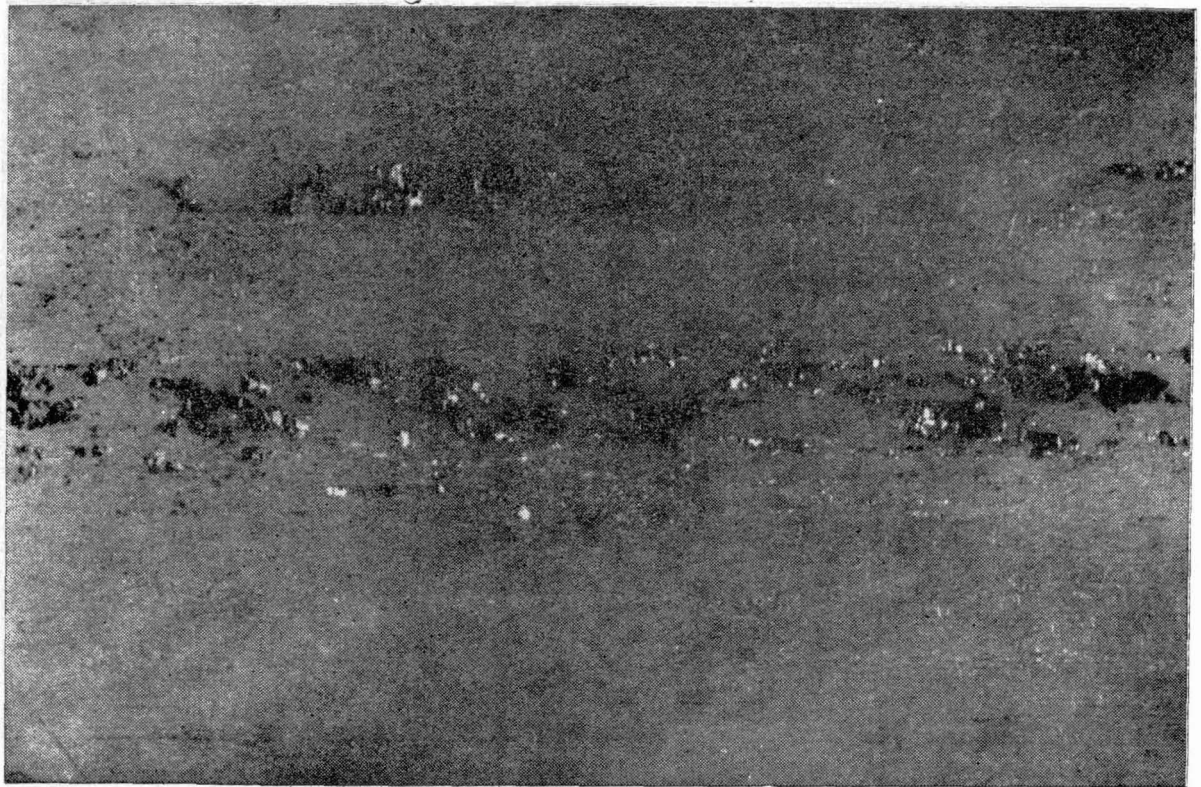


Foto 12 — Carepa incrustada em chapa fina a frio.

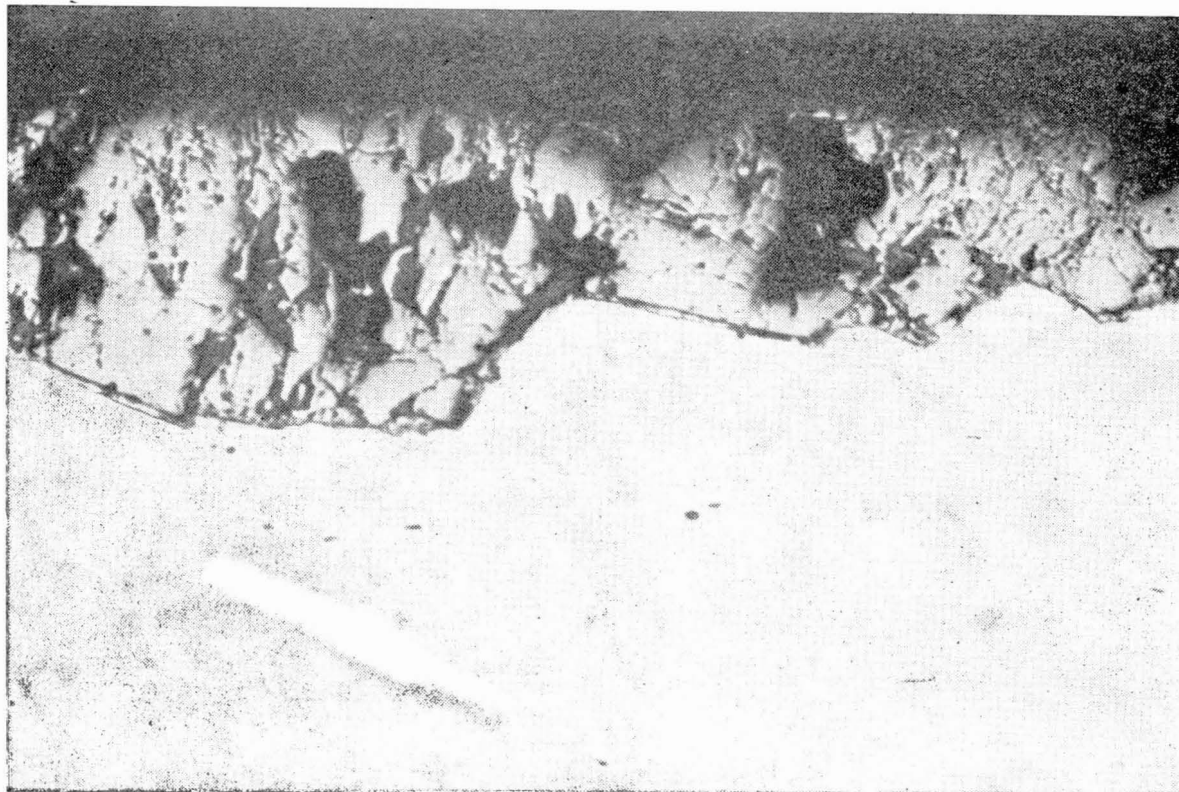


Foto 13 — Micrografia da amostra da foto 12.

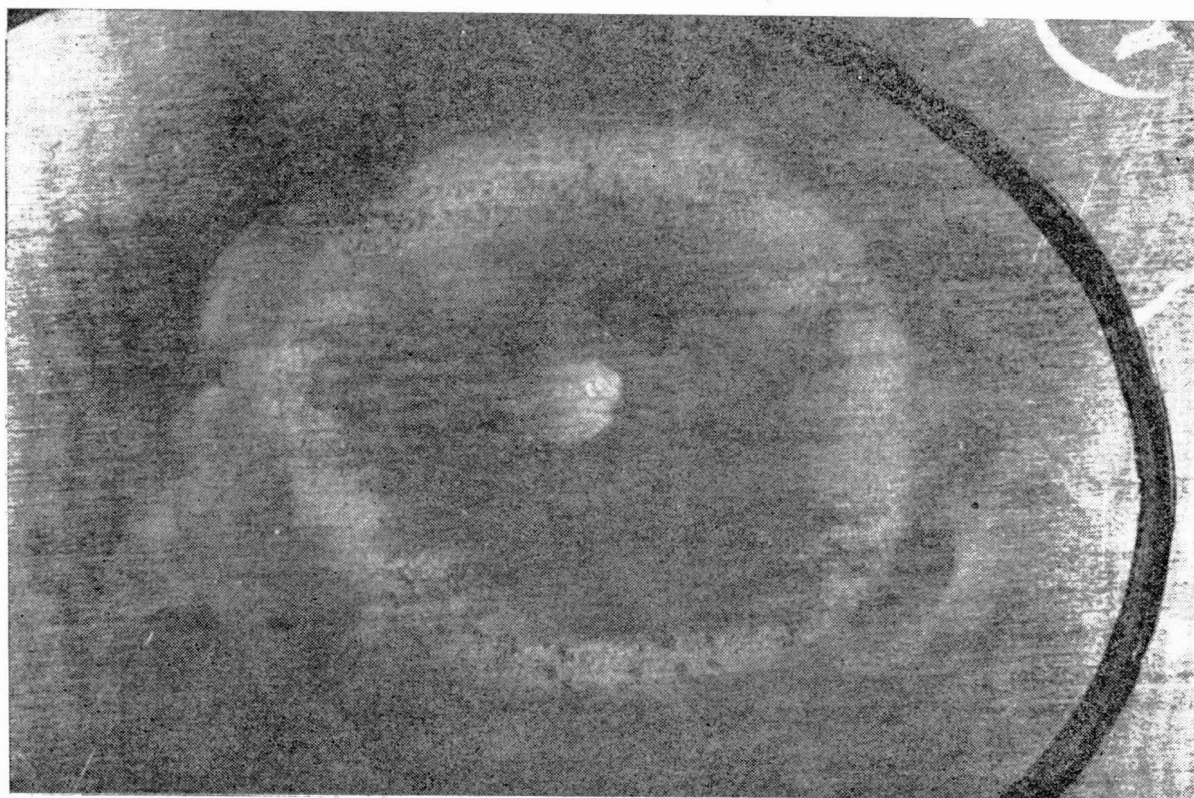


Foto 14 — Defeito superficial em fôlhas-de-flandres' eletrolítica causado por inclusão grosseira.

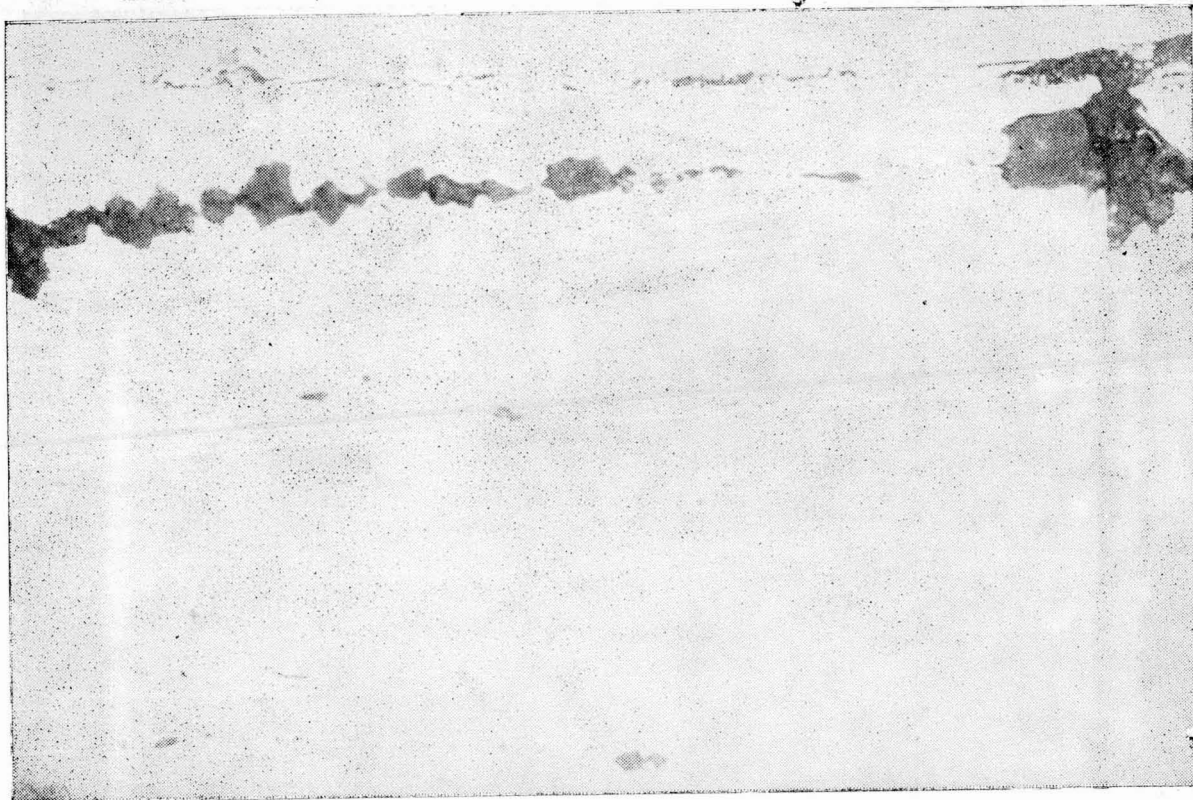


Foto 15 — Micrografia da amostra da foto 14.

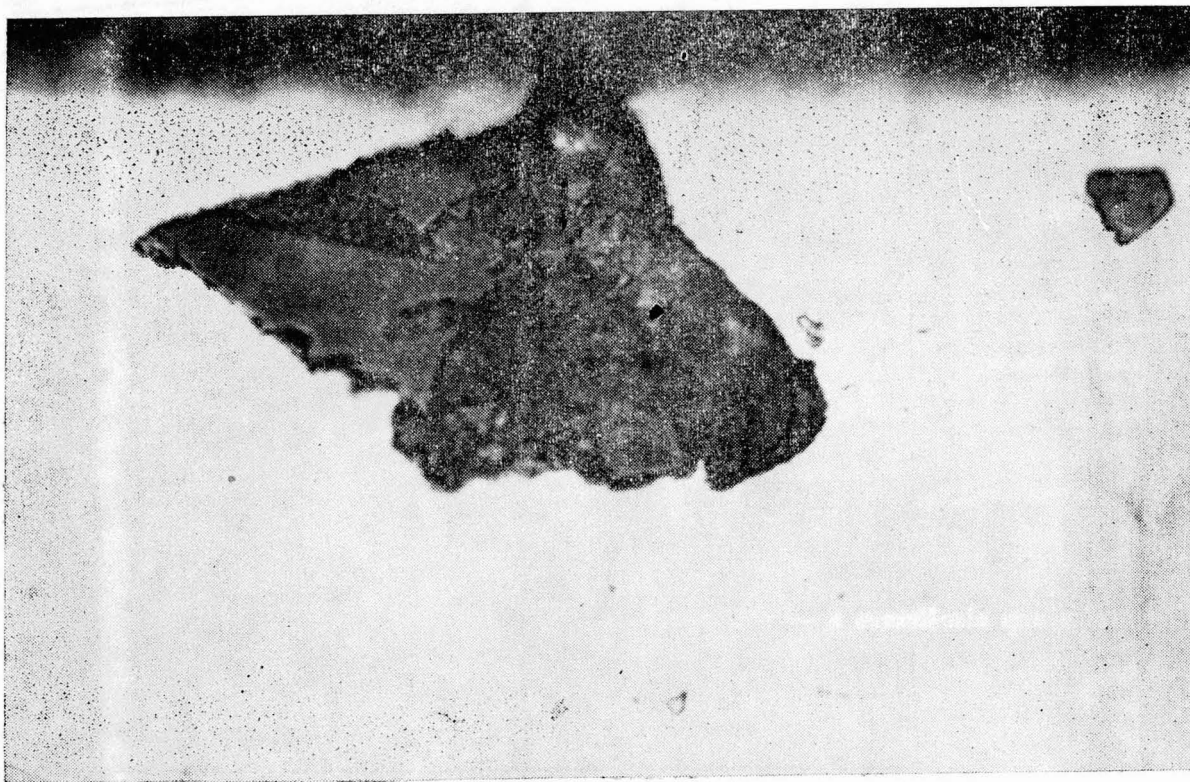


Foto 16 — Detalhe da inclusão que aflora à superfície — (aumento 500 vêzes)

superficiais cujas ocorrências percentuais são maiores.

Ao Contrôlo de Qualidade cabe a importante tarefa de conhecer as necessidades do mercado consumidor a fim de fazer a seleção judiciosa e, não se limitando à inspeção final, atuar nas linhas intermediárias de produção, inclusive realizando estudos, muitas vezes com os elementos de Operação, a fim de satisfazer aos clientes e possibilitar altos índices de aproveitamento e produtividade.

Geralmente os defeitos superficiais podem acarretar uma ou mais das seguintes consequências:

Comprometem a resistência mecânica — É o caso de chapas grossas e finas laminadas a quente do tipo estrutural. Certos defeitos como: carepa incrustada, cavidade de carepa, marca de cilindros em depressão, arranhados profundos, etc., afetam a espessura da secção reta resistente, devido à profundidade alcançada.

Comprometem a estampabilidade — No caso de chapas utilizadas na estampagem, quando coincidem com os locais de maior deformação ou devido às tensões localizadas que os defeitos superficiais acarretam, principalmente nas áreas onde se verifica repuxamento ("stretching").

Comprometem a montagem — Certas marcas de cilindros em relêvo podem impedir a ajustagem de componentes de um conjunto feito com chapas grossas ou finas a quente. A presença de depósitos carbonosos em chapas finas a frio, que devem ser soldadas, pode causar problemas na soldagem sempre que o defeito coincidir com a junção.

Comprometem processamentos na fabricação — Um defeito superficial no produto laminado a quente pode dificultar a redução a frio subsequente, assim como uma contaminação de óleo não permite boa decapagem para posterior revestimento.

Comprometem o aspecto das peças acabadas — Grande quantidade de peças produzidas com chapas finas a frio devem satisfazer exigências de aprimoramento do aspecto, para fins promocionais do produto. O Comprador é o Inspetor mais exigente e suas exigências induzem o consumidor das chapas a desejar receber material que necessita o mínimo ou nenhum acondicionamento (lanternagem ou funilaria). Neste caso, qualquer defeito superficial é inconveniente. No entanto, como veremos a seguir, é um contra-senso exigir qualidade superficial superior à necessária para a confecção das peças.

O racional é considerar na inspeção final o uso final das chapas, adotando-se critérios de seleção que atendam às seguintes alternativas:

a) *peças expostas críticas* — como gabinete externo de geladeira, lataria externa de

automóveis, etc.

b) *peças expostas não-críticas* — como gabinete interno de geladeira, painéis interiores de portas de automóveis, etc.

c) *peças não-expostas* — como interiores de fogões, reforços internos diversos, caixa de rodas de veículos, etc.

A rigor, qualquer efeito superficial em chapa destinada a peça *não-exposta*, somente deverá ser rejeitado se a sua presença prejudicar a estampagem ou afetar a ferramenta utilizada na conformação.

3. Classificação dos Defeitos de Superfície

De modo geral pode-se fazer classificação dos defeitos superficiais, nos produtos laminados planos de aço, conforme o fator preponderante que lhes deu origem, em dois grupos: defeitos de origem interna e defeitos de origem externa.

3.1. — Defeitos de origem interna

São os defeitos que, ocorrendo na superfície do laminado, têm sua origem na condição interna do aço, como os que são:

Causados pela composição química, como é o caso de ruturas provocadas por fragilidade a quente ("red-shortness") devido ao não proporcionamento entre os teores de enxôfre e manganês.

Causados pela estrutura interna, como ocorre no caso de esfoliações provocadas por linhas de inclusões grosseiras situadas na sub-superfície e que durante a laminação, afloram devido ao adelgaçamento da camada de aço superjacente. Como outros exemplos temos: pele de laranja ("orange peel") causada por granulação grosseira; linhas de distensão ("stretcher-strain") devidas a envelhecimento do aço; bôlhas superficiais, causadas por expansão de gases oclusos, principalmente após uma decapagem seguida de aquecimento (estanhagem, zincagem); fervimento de esmaltes (defeito surgente na utilização da chapa) causado por concentrações de carbono na sub-superfície, etc.

3.2. — Defeitos de origem externa

São os defeitos superficiais que têm sua origem em fatores ou causas externas ou deficiência da própria superfície. Podemos citar os defeitos:

Causados pelos processamentos de fabricação, como: marcas de cilindro de laminação; gôtas-frias, etc.

Causados por falhas em operações realizadas em benefício da superfície, como no caso de escarrafagem deficiente nas placas ou ocorrência de faixas de carepa incrustada devido a falhas de jatos de descamação. *Enquadram-se também aqui as linhas de distensão devidas a deficiência de laminação de encruamento.*

Causados por condições inadequadas do material numa determinada fase de fabricação. Por exemplo, condições de oleamento de bobinas du-

rante a redução a frio podem dar origem a depósitos carbonosos ou manchas durante o recozimento.

Causados por manuseio inadequado, como acontece nos casos de arranhados, amassados, etc.

Causados por reações químicas de agentes externos, como no caso de super-decapagem; azulamento do aço no final do recozimento; ferrugem devida à ação da umidade, etc.

4. Método de Investigação de Defeitos Superficiais

A persistência de um ou mais defeitos em níveis acima dos considerados normais exige ação corretiva imediata. A repercussão econômica pode ser considerável, não só devido à tonelagem envolvida, como também pelo fato do material geralmente estar numa fase de fabricação em que seu custo é mais elevado.

Se o defeito já é conhecido e tem sua origem estabelecida, o que se faz é atuar na fase de processamento onde está o problema.

Se o defeito não é ainda conhecido, ou tem sua origem duvidosa, cabe a realização de investigação com o fim de estabelecer a sua origem exata e ação corretiva.

Esta investigação geralmente se processa por etapas que podem ser as seguintes:

4.1. — Caracterização do defeito e seu modo de ocorrência

O primeiro passo consiste em se caracterizar o defeito, conforme sua aparência, geralmente lhe sendo atribuído um nome cuja tendência é *descrever* o defeito antes de qualquer referência à causa.

O modo de ocorrência refere-se ao fato do defeito aparecer de um lado apenas da chapa (lado *superior* ou *inferior*) ou em ambos os lados, à sua distribuição e sentido na superfície da chapa (nas bordas, no centro, em raias longitudinais, esparsas ou concentradas, etc).

É recomendável, sempre que possível, denominar os defeitos superficiais interligando-os com as causas e origens, pois a sua correção em épocas de incidência anormal será muito mais rápida.

Defeitos desconhecidos e que, após investigação, tiverem sua origem identificada devem ter a denominação trocada se, provisoriamente, foram chamados de outro modo.

Nesta oportunidade lembramos a necessidade de se fazer a normalização de defeitos em geral dos produtos laminados, tarefa que poderia ser confiada à ABNT com a colaboração de nossas Usinas Siderúrgicas. Poder-se-ia fazer trabalho semelhante ao que recentemente foi publicado pelo Verein Deutscher Eisenhüttenleute edição 1967 em alemão, inglês e francês, sob o título "Surface Defects on Cold Rolled Strip and Sheet", estendendo o trabalho aos demais tipos de laminados. Na CSN iniciamos um álbum de defeitos que poderia ser o ponto de partida.

4.2. — Amostragem e correlações prováveis

O modo de amostragem e número de amostras a colher devem ser decididos pelo Metalurgista que estuda o defeito, não havendo regras estabelecidas a seguir; porém, as amostras devem possibilitar exame completo do defeito, inclusive estudo micrográfico em laboratório.

Em geral, pode-se ter como certo que os defeitos que ocorrem em *um lado (ou face)* apenas dos laminados planos não têm origem nas condições internas do aço. Poderão ter como fatores mecânicos ou falhas de processamentos.

Se um defeito aparece em um lado apenas do produto, na linha de acabamento (por exemplo, linha de tesouras) verifica-se a que lado corresponde, na bobina, em cada uma das operações precedentes, até localizar-se o equipamento onde surge o defeito.

Se o defeito aparece nos dois lados do produto, segue-se o mesmo processo, porém, a possibilidade de localização rápida da causa pode ser menor, pois o defeito poderá estar se originando na elaboração do aço e a investigação terá de ser levada até à Aciaria.

Na análise dos processamentos, em sentido contrário ao fluxo do material, desde o acabamento até a fabricação do aço, trabalho afeto ao Controle de Qualidade (com frequentes participações de elementos da Operação em áreas especializadas), o Metalurgista encontra "barreiras" de dificuldades, justamente onde o material sofre modificações profundas. A primeira delas é na *redução a frio*, onde a bobina de aço recebe alongamento de $n = e^o/e$ vezes, sendo e^o a espessura de entrada e e a de saída (aproximadamente $n = 4$ para CFF-0,90 mm). Assim, um defeito na bobina a quente alonga-se n vezes durante a redução a frio.

Nesta fase, é sempre conveniente obter amostra interrompendo-se a laminação em determinado ponto, de modo que se obtém um trecho da bobina reduzida a frio adjacente ou próximo de um trecho sem redução a frio, o que será de grande valia para se ter o aspecto do defeito *antes* desta operação, desde que o mesmo venha de operações anteriores.

Igualmente, a laminação a quente produz modificações profundas; uma placa de 140 mm de espessura pode-se transformar numa bobina de 2 mm, ou seja, com o comprimento 70 vezes maior.

A localização exata da causa de um defeito de origem mecânica somente será possível procedendo-se ao exame de cada equipamento, na *saída* e na *entrada*; se o defeito é notado na *saída*, a origem está, obviamente, no equipamento examinado. Neste caso, seus componentes devem ser verificados. Em casos de dúvida ou para melhor comprovação, costuma-se passar a bobina (ou chapa) em posição invertida ou virada.

4.3. — Exames de Laboratório

Em grande número de casos, a natureza e ori-

gem de defeitos superficiais são determinadas pelo seu exame em Laboratório, consistindo desde um simples exame com auxílio de lupa, do uso do estereomicroscópio, até a micrografia com e sem ataque. A interpretação micrográfica deve ser feita em correlação com o histórico do material, levando-se em conta as operações a que o laminado foi submetido. Nos exemplos que escolhemos para ilustração deste trabalho pode-se verificar o inestimável e imprescindível auxílio que o Laboratório oferece na investigação de defeitos.

4.4. — Medidas corretivas

Evidentemente, tão logo se localize a origem de determinado defeito, implanta-se um sistema de controle que se inicia com a supressão ou minimização da causa (ou causas) do defeito. Se a origem é um equipamento em más condições, providencia-se sua manutenção adequada.

Um dos defeitos mais comuns em laminação, as marcas de cilindros ou rolos (distanciadas de πD) são evitadas pelas trocas dos cilindros ou rolos causadores.

Outros defeitos são de mais difícil ou demorada correção, podendo exigir mudança de processos ou instalação. O controle de Qualidade deve manter atualizada uma estatística dos defeitos deste tipo, estudando as suas oscilações e respostas às medidas corretivas postas em prática.

Todo o pessoal envolvido, no setor onde surgiu o problema, deve ser esclarecido quanto à sua inconveniência para a economia da Usina, e instruído quanto ao modo de evitar a incidência dos defeitos, imediatamente após tenha se chegado a uma conclusão quanto a sua origem.

Pode-se ter como certo que um defeito surgido numa linha de processamento tende a agravar-se nos processamentos seguintes. Nunca se deve esperar ou supor sua correção ou eliminação posterior; as medidas corretivas devem ser tomadas na origem, logo que o problema teve sua localização fixada.

5. Alguns Exemplos de Defeitos Superficiais

Como ilustração desta exposição, passaremos a discutir três defeitos superficiais, sua caracterização e origem.

5.1. — Arranhado

Trata-se de defeito sério em laminados planos, tanto mais quanto menor a espessura; pode originar-se em várias linhas de fabricação, pelo contato da superfície de bobinas ou chapas com o equipamento que movimentam o material, abrasão em Avenuais, ou atrito entre espirais da bobina.

Na foto 1, temos o aspecto de um defeito consequência de arranhado na saída da linha de decapagem, e que foi reduzido a frio em seguida; nesta condição o defeito pode ser confundido com carepa ou outra incrustação.

Para o estudo deste defeito, quando localizada após a redução a frio, é interessante obter

amostra da bobina contendo um trecho não reduzido a frio adjacente à parte reduzida. Na bobina a quente o arranhado pode ser mais ou menos profundo, de comprimento variável, e pode apresentar na extremidade um acúmulo do material arrancado da superfície (foto 2).

O fundo do sulco do arranhado fica com dureza mais elevada que a da chapa e encruado, devido ao trabalho a frio executado pelo agente produtor do arranhado. O acúmulo no final do arranhado é como um pacote de sucata, formado de aparas com dureza mais elevada (f. 3 e 4). Na redução a frio este pacote de sucata incrusta na chapa, produzindo cavidades que podem chegar a furar a chapa de menor espessura (fotos 4a e 4b) ou dar origem a grãos de aço incrustados.

Também o trecho correspondente ao fundo do arranhado, devido ao seu estado de encruamento, e conforme a profundidade, pode acarretar na chapa final uma linha ou faixa de coloração ou rugosidade diferente do restante da superfície. Por isto, o defeito no produto acabado se assemelha a um cometa, notando-se uma faixa de coloração destacada que termina numa incrustação metálica ou cavidade.

5.2. — Esfoliação e sua diferenciação da carepa incrustada

Os defeitos esfoliação e carepa incrustada são muitas vezes confundidos na inspeção final, quando as chapas são examinadas visualmente, em ritmo normal. Enquanto ambos os defeitos estiverem ocorrendo em nível baixo, este fato não tem maior significação.

Na eventualidade de um surto de ocorrência em nível anormal, o primeiro passo é procurar caracterizar o defeito, verificando o mais exatamente possível, de qual dos dois se trata. Propomos, então, a sugerir um modo de caracterizar estes defeitos.

Por *esfoliação* deve-se entender basicamente o defeito superficial que esfolia, isto é, nota-se uma lâmina de metal que se destaca com relativa facilidade. Uma camada de aço, sem continuidade com a parte subjacente, porém tendo a mesma plasticidade, alonga-se na laminação e pode permanecer aderente em todo ou em parte do comprimento afetado pelo defeito.

Por *carepa incrustada* deve-se entender o defeito superficial, originado na laminação a quente, quando películas de óxidos são recalçadas ou incrustadas na superfície da bobina laminada a quente, contrastando com o filme de óxido normal produzido naquela operação. Tem-se uma película de óxido, sem continuidade com a parte subjacente e sem plasticidade, que não se alonga na laminação e cuja tendência é fraturar-se, principalmente na redução a frio.

A confusão entre os dois defeitos é causada pelo fato de freqüentemente se romper a película da esfoliação, expondo o plano de separação, normalmente oxidado, adquirindo então o aspecto de carepa. Procede-se então, ao exame micrográfico em vários locais da extensão do defeito, para melhor esclarecimento da sua origem. Para isto, pode-

-se adotar o seguinte esquema, para o defeito *esfoliação*:

Esfoliação:

a) Devida a descontinuidade interna do aço, causada por linhas de inclusões grosseiras, bôlhas não caldeadas, etc.

b) Devida a fatores mecânicos, como trincas de desbaste do lingote, sulcos de escarfa-gem, cristas de escarfagem, dobras de laminação, arranhados nos primeiros estágios da laminação a quente, etc.

A esfoliação de origem mecânica aparece como uma dobra, sem nenhuma correlação com a estrutura do aço (fotos 5, 6 e 7); ao contrário, a esfoliação de origem interna do aço deve estar associada a alguma descontinuidade interna, comumente uma seqüência de inclusões grosseiras na sub-superfície (fotos 8 e 9).

Portanto, dentro de uma margem de segurança bem razoável e para fins práticos, pode-se estabelecer que a esfoliação, quando é originária da condição interna do aço (ligada às variáveis de elaboração do aço na Aciaria), deve estar associada a inclusões ou bolhas não caldeadas (que normalmente estão contaminadas por inclusões).

Na foto 10, vê-se um caso em que o defeito aparenta carepa incrustada; o exame micrográfico, feito logo à frente da faixa escura (foto 11) revela esfoliação mecânica, pois o aço está limpo.

Nas fotos 11 e 12, o aspecto apresentado por carepa incrustada e micrografia, em chapa fina a frio.

5.3. — *Afloramento de inclusão grosseira*

Esse defeito surgiu em fôlhas-de-flandres, porém é de interesse para os produtores de chapas bastante finas. Pela sua aparência, foi inicialmente chamado "variola", tendo posteriormente

sido esclarecido pelos estudos realizados pelo nosso Departamento de Pesquisas.

O defeito ocorria nos dois lados da chapa, esparsos na superfície, caracterizando-se por apresentar um ponto ou pequena área escura circundada, às vezes, por um halo brilhante após o estanhamento (foto 13).

Na chapa antes de estanhar não se observava o halo brilhante e o defeito variava desde uma simples área de rugosidade elevada até uma pequena cratera. A incidência do defeito era crescente com a diminuição da espessura da chapa; além disto notava-se que havia períodos de maior e de menor ocorrência.

Tendo em vista a importância e valor do material afetado — fôlhas-de-flandres — o problema recebeu tôda prioridade de tratamento.

O estudo micrográfico revelou presença de inclusões grosseiras esparsas, aflorando no local do defeito; estas inclusões são de alta dureza... (1000/1200 Vickers), frágeis, geralmente alojadas em cavernas e fáceis de serem destacadas (fotos 14 e 15). Somadas a outras características, estas propriedades permitiram ao Departamento de Pesquisas da CSN concluir que se trata de inclusões do tipo vidro-sílico-aluminoso.

Verificando as possíveis origens destas conclusões, foi constatado que periodicamente a argamassa para assentamento dos tijolos refratários de panela era feita com tijolos removidos dos fornos de reaquecimento de placas, de alto teor de alumina. Sustada esta prática, como a seleção mais conveniente para a confecção da argamassa, o defeito praticamente desapareceu.

(As micrografias e fotos deste trabalho foram executadas no Departamento de Pesquisas da CSN, pelo Sr. Dalmo Soares de Oliveira, cuja colaboração agradecemos).

BIBLIOGRAFIA

1. Surface Defects on Cold Rolled Strip and Sheet — Vários autores, publicado pelo Verlag Stahleisen M. B. H. Düsseldorf.
2. Control of Defects — Flat rolled products — G. J. McLean Iron and Steel Engineer Year Book — pág. 1085.
3. Incomplete Mixing of Manganese at the Origin of Surface Pencil Lines in Aluminium — Killed Steel for Autobody — por L. Luyckx — Journal of Metals, Junho 1968 — página 61.
4. Annealing for better surface steel — pro J. E. Howkins — Iron and Steel Engineer — Novembro, 1968, pág. 73.
5. Defeitos superficiais nas tiras laminadas a quente e seus efeitos nas Chapas para estampagem profunda — J. J. Beese, Revista ABM, fevereiro 1967.
6. Estudo do problema «variola» em fôlhas-de-flandres — Relatório interno do Eng^o Georges Leonardos — novembro, 1968.
7. Investigação sobre conseqüências de arranhados em bobinas a quente. Relatório interno do Eng^o Pedro Silva — outubro, 1964.

DEBATES

Oscar Alberto Podestá (Orientador)² — É intenção deste Congresso agradecer ao Eng. Pedro Silva por tão interessante, amena e instrutiva dissertação. Entendo que uma exposição deste tipo vai levar a uma série de discussões muito instrutivas, já que o tema é de candente qualidade. Como disse no princípio, o problema de custos está tratado lateralmente. Entretanto, o objetivo que temos de chegar ao produto acabado nos leva, de uma maneira ou de outra, ao custo da produção.

Frisou o autor que as irregularidades superficiais têm uma série de inconvenientes que comprometem tôdas as etapas posteriores do processo. O racional, como premissa para a inspeção dos produtos terminados, é conhecer o seu destino, e nesse sentido deu três tipos de utilização das chapas, o que permitirá dirigir a inspeção de maneira mais lógica, evitando desperdiçar material que pelo seu uso específico é perfeitamente útil.

É muito importante a relevância que o expositor deu ao fato de se deter o processo de fabricação em etapas primárias, sabendo desde já que nas posteriores os defeitos não se corrigirão. Obtém-se, com isso, evidente poupança de custos e se evita desgaste da instalação inútilmente. A ação do controle deve ser imediata para se poder resolver rapidamente ou pelo menos determinar a origem do defeito, o que redundaria sensivelmente em benefício do processo. Tem o autor a idéia de que um bom controle, que ajuda na localização das origens dos defeitos, é aquele feito ao princípio e ao final de cada linha de produção, ou seja, poder localizar os defeitos rapidamente. Sabemos que o material que entra está em perfeitas condições. Se o que sai não está assim, podemos determinar rapidamente a origem do defeito.

Trata, posteriormente, como último tema da sua dissertação, dos três aspectos superficiais, identifica-os e explica a forma de reconhecê-los, sem cair no erro de confundí-los uns com os outros, já que à simples vista podem assemelhar-se. Explicou os três tipos de defeitos que espero haver entendido: como esfoliação, um defeito que se nota à simples vista e apresenta, como característica, a mesma plasticidade material, podendo ser produzido por inclusões ou por defeito do trem desbastador; e posteriormente se refere à carepa incrustada, que é uma película de óxido possivelmente produzido pela corrida e que se identifica perfeitamente por ser não plástica.

Por último, lembrou a "variola", que é um defeito que se apresenta dos dois lados da chapa quando esta se vai afinando e se deve a inclusões grosseiras de alta adureza por aderência de refratários nas pás.

Está livre a palavra sobre este tema.

Francisco Pedro Pampado do Canto³ — Cumprimento o Eng. Pedro Silva pela interessante exposição, muito oportuna, porquanto todos nós temos de nos preocupar com os problemas aqui levantados. Gostaria de indagar do autor sobre alguns problemas oriundos de aços acalmados com Al em chapas finas a frio para estampagem profunda: aqueles defeitos típicos de linhas pretas, linhas brancas, estão caracterizados como defeitos de esfoliação, ou na CSN se dá denominação à parte para isso? Ao mesmo tempo, desejamos levantar o problema de saber como as indústrias automobilísticas reagem em relação à intensidade desses defeitos que chamaríamos de linhas de alumina, por pequenas que sejam, ou de linhas pretas.

Pedro Silva — Estamos denominando defeitos de esfoliação. Nesse caso, a esfoliação foi causada, sem dúvida, por inclusão interna do aço, quer dizer, linhas de inclusão de alumina que estão próximas da superfície. Inclusive, durante um certo período, passamos sem escarar as placas 100% e tivemos sérios problemas com esse defeito. Tirou-se a prova de uma vez por tôdas e nós temos de escarar o aço acalmado 100% na superfície, e sei de casos em que se faz dupla escarfagem manual, sem falar em casos em que há escarfagem mecânica, de máquina, e ainda a manual. Evidentemente, quando as inclusões são muito grandes, o defeito esfolia; quando as inclusões são menores, há um reflexo da sua dureza na superfície, aparece apenas como uma linha mais clara, não chega a esfoliar. Mas, para simplificação do controle, nós chamamos de esfoliação, porque no fundo a causa aí seria a mesma. Está citado na bibliografia um trabalho interessante, que não sei se o senhor conhece, é o número três, que já seria um trabalho de pesquisa mais aprofundado, porque o autor chama aqui de "pencil lines". Nós não estamos preocupados com "pencil lines". Pelo menos ao que eu saiba não tivemos esse problema ainda.

Francisco Pedro Pampado do Canto — Particularmente, posso dizer que nós estivemos bastante preocupados. Esse trabalho se refere a "pencil lines", linhas pretas que foram atribuídas a problemas de homogeneização de ferro-manganês na panela de aço. A nossa experiência foi atacarmos mais o problema da escarfagem. Com uma escarfagem bastante adequada, tivemos uma redução bastante grande dessas "pencil lines", sem dar maior atenção ao problema dessa referência bibliográfica, que é a mistura do ferro-manganês na panela. Gostaria de levantar o problema junto à indústria automobilística, em relação a esse tipo de

(2) Altos Hornos Zapla — Buenos Ayres, Argentina

(3) Companhia Siderúrgica Paulista — COSIPA — São Paulo, Brasil

defeitos menores, de linhas prêtas, que talvez ocorram em linhas brancas também; se existe algum comentário.

Pedro Silva — Seria interessante uma informação dos consumidores principalmente no uso da chapa importada, pois é um defeito que acredito possa ocorrer. Não é um defeito que eu diria muito sério, mas é provável que ocorra.

*Carlos A. Martinez Vidal*⁴ — Eu queria tomar um dos pontos indicados, bastante importante entre os defeitos, que é o problema da esfoliação no trem desbastador, ou a incrustação de carepa nos processos posteriores. Lamentavelmente na parte não lida na palestra inicial, ao tratar do problema do aquecimento de lingotes, há, não chega a ser estudo, uma enunciação de alguns dos fatores que intervêm a respeito desses problemas relativos a sucessivas formações de óxido na temperatura de trabalho, o desgaste incorreto e uma quantidade de fatores, como a atmosfera de forno, colocação e forma de dispor o lingote nos fornos de fôso. Tudo isso conduz, posteriormente, inclusive à possibilidade de fusão da carepa por um superaquecimento ou por um excesso de oxidação, que pode chegar a produzir uma reação do tipo isotérmico que aumente superficialmente a temperatura, mas já além da temperatura real do forno, e chega a produzir fusão da carepa, ocasionando um choque no lingote. Evidentemente, todos estes fatores podem conduzir a que o processo inicial de desbaste não seja correto e então permanecem posteriormente restos de carepa que se aderem à superfície.

Com respeito à definição de esfoliação — se bem que eu considere que essa esfoliação seja produto de escarfas metálicas que devem estar ligeiramente oxidadas, a não ser que elas se tenham produzido nas últimas etapas do processo do laminado — redução, geralmente, de lingote até a chapa, é suficiente para se chegar a obter, com a união dos metais a frio, a eliminação desse defeito e uma liga perfeita do metal. Ou seja, a esfoliação não solda a capa superficial com o resto do metal, através de uma oxidação. Essa oxidação pode ser muito ligeira, geralmente óxido-férrico, isto é, óxido formado a baixa temperatura. É essa a razão pela qual em geral não aparece, com o que se forma uma ligeira capa de óxido, e o corpo seria um corpo plástico espalhado fundamentalmente pelo metal.

Pedro Silva — Queria dizer que muitas vezes a película metálica pode estar semi-oxidada, mas ela tem sempre a parte metálica como suporte; pode haver uma dobra, por exemplo, com um óxido natural de laminação, um arranhado da laminação da chapa grossa, que depois dobra e já contém aquele óxido natural.

*Rodolfo Paredes*⁵ — Vemos, no quadro exposto, que se passará por quatro fases para atingir as medidas corretivas sobre determinado defei-

to. Pergunto o seguinte — o senhor falou que precisamos imediatamente corrigir isso — as quatro fases; pegar uma amostra, ir até o laboratório e fazer uma micrografia, não é um processamento muito longo demais para se falar em correção imediata de um determinado defeito?

Pedro Silva — A idéia de correção imediata é quando o defeito é conhecido, evidentemente. Quando êle está em estudo, nós passaríamos por tôdas aquelas fases. Mas o contrôle de qualidade normalmente é dinâmico, êle trabalha ao lado das linhas de produção e vai procurar resolver o problema a curto prazo. Só os casos mais complicados é que transferimos para o setor de pesquisa, e aí poderá levar mais tempo.

Rodolfo Paredes — Correto. A filosofia mais avançada de contrôle de qualidade nos diz que êsse contrôle não é a inspeção final do elemento. Inserir na linha de produção elementos bem treinados que saibam determina certos defeitos é muito mais rápido do que fazer exame de laboratório. Essas correções ficam exclusivamente a critério do pessoal de produção?

Pedro Silva — O contrôle de qualidade das usinas, pelo menos ao que sabemos, tem êsses elementos na linha de produção. Defeito conhecido surge, o aviso é imediato. Por exemplo, na nossa linha de estanhamento eletrolítico, o inspetor tem um microfone, como temos aqui agora. Êle está vendo o material passar. Qualquer irregularidade é comunicada pelo microfone, e muitas pessoas ficam sabendo disso ao mesmo tempo. Isso pode ser usado por outro sistema de comunicação e em outras linhas também. Quando se conhece o defeito, pode-se dizer que o alarme é imediato.

Rodolfo Paredes — Exatamente, então seriam dois caminhos paralelos de detecção de defeitos. Um, que seria o caminho certo, o técnico, que levaria ois turnos, um ou dois dias, que seria êsse que o senhor expôs. E o outro, que seria o rotineiro, que seria feito pelo pessoal do contrôle de qualidade e não através do pessoal de produção.

Pedro Silva — Sim, mas geralmente quem vê o defeito primeiro é o contrôle de qualidade. Muitas vezes o contrôle de qualidade já sabe também onde está a causa, e isso ajuda muito a operação. Outras vezes, não: êle não sabe de imediato. Vou dar um exemplo aqui, perguntando ao Eng. Sérgio, da Inspeção, quantos rolos tem uma linha de estanhamento eletrolítico, mais ou menos, lembra? Lembro-me de um defeito que estava dando no rôlo n.º 32. Então, é um pequeno deslissamento do rôlo que, surgindo, precisa de uma técnica e de rapidez também; numa linha que está se movendo a mil pés por minuto, surge um defeito causado por um rôlo, e num produto que custa mil cruzeiros novos por tonelada; nessa velocidade, a ação corretiva tem de ser imediata, senão o prejuízo é grande. Então, se é uma marca de rôlo, são mais de trinta rolos que podem ser prejudi-

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

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

cados. Às vezes, a Inspeção sabe qual é o rôlo; mas muitas vezes não sabe. Então avisa-se, e os operadores é que vão investigar. Se uma laminação está dando marca de cilindro, geralmente o operador sabe qual é o cilindro que está marcando.

Dutervil Cr. de Magalhães ⁶ — Na página 9 do trabalho há um trecho que fala num álbum de defeitos. Quería, na primeira pergunta, saber se esse álbum de defeitos é usado, por exemplo, também para os inspetores da linha visualizarem o defeito e respectivo grau. Para saber, por exemplo, se determinado material pode ser liberado ou não.

Pedro Silva — O objetivo é esse. Inclusive, é linguagem comum de todo o pessoal da Usina. Podemos usar o álbum ou a amostra diretamente.

Dutervil A. de Magalhães — A CSN usa amostras também, não é? Amostras de diversos graus?

Pedro Silva — Exatamente.

O Sr. Dutervil A. de Magalhães — A outra parte sobre a qual queria fazer uma pergunta é sobre o esfoliamento; inclusive o senhor já tinha previsto que poderia causar debate. Quería saber se esse esfoliamento é característico de um aço efervescente ou de um aço acalmado.

Pedro Silva — Acho que antes se pode dizer que é de origem do aço, porque esfoliação mecânica qualquer um poderia dar, independentemente do tipo do aço. Acredito que ambos, desde que tenham descontinuidade interna, são capazes de promover aquêle plano de separação, uma linha de inclusão, por exemplo. O aço acalmado, pela natureza de fabricação, já tem esse plano, esse plano tem de ser tirado. Então, já sabemos que êle existe e deve ser tirado.

Dutervil A. de Magalhães — Quer dizer que no aço efervescente pode dar.

Pedro Silva — Pode ter, embora não esteja condenado a ter. Êle pode ter locais de concentração de inclusão. Mas o aço acalmado já tem esse plano de inclusões. Inclusive há uma curiosidade: quando se usa lingoteira corrugada, essas linhas de inclusões tendem a coincidir com os ondulados. Então aparecem linhas paralelas. É uma condição do aço.

Dutervil A. de Magalhães — O senhor está chamando aqui de esfoliamento, só quando há realmente uma separação.

Pedro Silva — Esfoliação. A propósito, desde que se destaque uma película metálica é esfoliação.

Dutervil A. de Magalhães — E tanto pode dar no aço acalmado, como no efervescente.

Pedro Silva — Poderia inclusive ser mecânica ou do próprio aço. Note-se que uma gôta-a-frio, pode-se esfoliar também, mas está presa de um lado.

Dutervil A. de Magalhães — Aqui o senhor separa, por exemplo, esfoliamento e esfoliação.

Pedro Silva — A palavra que propomos é esfoliação.

Dutervil A. de Magalhães — Nós chamamos de esfoliamento.

Pedro Silva — Pois é. Por isso é que precisamos ter álbum, é preciso ter norma para chamar do mesmo nome.

Dutervil A. de Magalhães — Mas o senhor está separando, por exemplo, “blow-up” de “lamination”. Esse é outro tipo de defeito? Esfoliação, por exemplo, não seria nem “blow-up”, nem “lamination”.

O Sr. Pedro Silva — Desde que uma seqüência de bôlhas desse uma separação plástica que esfoliasse, seria uma esfoliação devida. Quer dizer, em essência a coisa é essa.

Márcio Gastão de Magalhães ⁷ — Desejo reportar-me à página 7, primeiro parágrafo; queria um pequeno esclarecimento quanto às linhas de distensão devidas a deficiência de laminação de encruamento. Perguntaria se o senhor já correlacionou essa deficiência não somente ao equipamento, mas também à granulação.

Pedro Silva — Tamanho de grão do aço, não. Já fizemos correlações entre redução na laminação de encruamento e o aparecimento de linha de distensão, ou seja, um envelhecimento, e verificou-se que há influência. Quando a laminação não é suficiente, então o aço está praticamente no estado em que sai do recozimento, vai apresentar essas linhas de distensão e muitas vezes quebra a superfície nas bordas, por exemplo, onde muitas vezes a laminação não atinge. Seria outro exemplo, no caso, de quebra de superfície.

Márcio Gastão de Magalhães — Acontece que o alongamento na parte de encruamento é função direta da granulação média.

Pedro Silva — Certo. É o que digo; não fizemos correlação com o tamanho do grão, mas só com a redução realizada.

Carlos A. Martinez Vidal — Uma consequência que encontro, dos trabalhos apresentados hoje, é que talvez se poderiam considerar dois enfoques ao pretender melhorar o controle de qualidade ou ao pretender aplicá-lo. O primeiro é, dados os limites e as tolerâncias, diminuir as causas da rejeição ou seus efeitos e levar tolerâncias exageradas a valores reais aplicáveis de tolerância. O segundo enfoque é procurar melhorar também as tolerâncias a fim de poder adaptar os processos às mesmas técnicas de automatização. Que sucederia? O primeiro aparece, como se viu na reunião da manhã, em geral nas usinas que temos na América Latina, devido às maiores exigências que temos de parte do produtor. O segundo se apresenta normalmente nas usinas européias ou norte-americanas e começam a se apresentar também nas usinas latino-americanas, sendo unção dos planos de expansão e automatização dessas mesmas usinas. Creio que talvez se pudesse dizer que começa a aparecer uma sombra de economia de escala. Uma sombra, sim, longínqua, a pretender melhorar e realmente passar a uma redução de

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

custos real. Ou seja, estamos falando em redução de custo, e acredito que aí a comparação é reduzir custo frente a um custo artificial e não a um custo real. Dadas as tolerâncias e dadas as condições ótimas de trabalho, apareceriam os custos reais. Então, se estamos reduzindo custos sobre produção e não sobre um custo previamente calculado, temos conseguido, em geral, alcançar o primeiro enfoque e não o segundo.

O Sr. Oscar Alberto Podestá (Orientador)
— Vamos devolver a palavra ao Sr. Presidente.

Fred Woods de Lacerda (Presidente) (8) — Ainda precisamos descobrir uma fórmula para que existam concomitantemente trabalhos bons, bem apresentados, e não existissem, em decorrência, muitos apartes, muitos pedidos de esclarecimentos. Mas temos um compromisso para com todos. Já são quase 19 horas e, muito embora a contragosto, assumimos o papel de Presidente e de moderador nesta reunião.

Desejamos agradecer não só ao Sr. Oscar Alberto Podestá, como orientador, mas também ao Sr. Geraldo Magela Sanábio e aos apresentadores de trabalhos desta tarde: Sr. F. Said Sivira, Sr. Francisco Pedro Pampado do Canto e Sr. Pedro Silva, assim como a esta assistência, que durante estes dois dias vem acompanhando com tanto interesse a apresentação dos trabalhos e concorrendo, com os seus debates, para enriquecer a soma de conhecimento que nós vamos,

muito em breve, inserir em um só livro, que esperamos possa ser até distribuído a todos aqueles que compareceram a este seminário. É uma previsão já antecipada que lhes dou.

Convocamos todos para a última reunião de amanhã, que impreterivelmente será iniciada às 9,00 h. Em seguida, depois de amanhã, passaremos às visitas. Parece que o êxito deste seminário vai-se circunscrever mais às apresentações de trabalhos e discussões. Não vejo nenhuma diminuição neste seminário pelas poucas inscrições que temos tido às visitas. Acreditamos que numa seqüência rápida de reuniões desse tipo, alguma coisa tinha que ser feita com relação às visitas. Muita coisa tem mudado na organização destes seminários. Realmente, os senhores vêem que houve um desdobramento no Congresso que tínhamos anualmente na ABM. Hoje, com as comissões técnicas da ABM nós temos tido, durante o ano, algumas reuniões do tipo desta que estamos realizando, onde se focaliza algum assunto mais detalhado, mais circunscrito, portanto atacado com mais profundidade. Por uma questão de tradição, talvez, ainda se mantém aquele programa de visitas. É uma coisa que está-me ocorrendo agora, apenas um comentário, e falado assim em voz alta, com um Congresso da ABM tão à vista e com alguns colegas, como eu, presidentes de comissões técnicas da ABM, acho que essas repercussões ajudarão a no futuro melhorarmos cada vez mais a mecânica de reuniões como esta.

Agradeço a presença de todos e esperamos contar com o comparecimento de todos na reunião de amanhã.

(8) Instituto Brasileiro de Siderurgia — Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil