

CARACTERIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE CAREPA DE BURACO NA LAMINAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS¹

Pedro Campos Dias²
Antônio Adel dos Santos³
José Antônio Poncio Vita⁴

Resumo

Foi realizado um estudo visando à redução da ocorrência do defeito denominado *carepa de buraco* em chapas grossas. A partir da caracterização do defeito em laboratório, foram indicados os prováveis locais de sua origem na Linha de Laminação e realizadas inspeções no processo e nas chapas produzidas. Induziram-se também as condições que levassem à reprodução do defeito com a identificação da origem e o mecanismo de sua formação. Com isso, foram implementadas diversas ações no processo para sua contenção. As principais foram ajustes na prática operacional dos fornos de reaquecimento e na descarepação primária. Após as alterações, o índice de rejeição de material por esse defeito reduziu em 75% e o de retrabalho em 55%.

Palavras-chave: Laminação de chapas grossas; Carepa; Defeitos superficiais.

¹ *Contribuição Técnica ao 42º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos da ABM – Santos, SP, 25 a 28 de outubro de 2005.*

² *Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista, M.Sc., CQE/ASQ, Gerência de Laminação a Quente da Usiminas; Ipatinga, MG.*

³ *Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista, M.Sc., CQE/ASQ, Gerência do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas; Ipatinga, MG.*

⁴ *Membro da ABM; Técnico Metalurgista, Gerência de Laminação a Quente da Usiminas; Ipatinga, MG.*

1 INTRODUÇÃO

O defeito *carepa de buraco* em chapas grossas caracteriza-se por uma depressão superficial de forma irregular, impregnado de carepa na superfície, e com profundidade de até 2mm. Essa depressão dificulta a recuperação da chapa, levando a sua perda, Figura 1. Esse defeito ocorre de forma esporádica e aleatória nas duas superfícies das chapas. Entretanto, no primeiro semestre de 2004, observou-se um aumento de sua incidência. Mesmo com o índice elevado, a análise era dificultada devido a descontinuidade de ocorrências.

Foi criado um grupo matricial com o objetivo de caracterizar o defeito e apresentar ações visando à sua contenção e melhoria contínua no processo de laminação de chapas grossas.

Buscou-se assim caracterizar o defeito, baseado em análises laboratoriais, com levantamento e indução das hipóteses prováveis visando a provocar o defeito, assim como, apresentação das principais estratégias de ações tomadas para sua redução e os resultados obtidos.

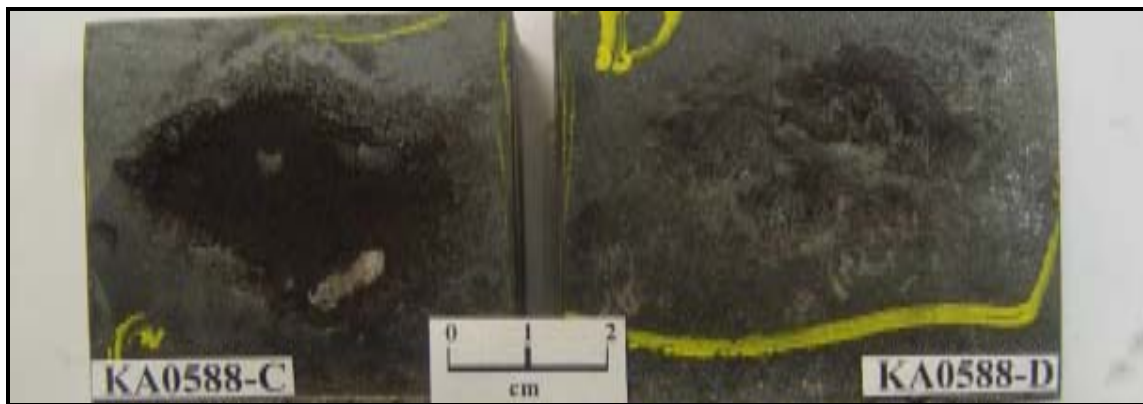


Figura 1. Foto de aspectos da ocorrência da *carepa de buraco*.

2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Na primeira etapa do procedimento experimental foram realizadas análises laboratoriais de diversas amostras de chapas com defeito. Foram utilizados recursos de microscopia ótica, de microscopia eletrônica de varredura e de difratometria de raios-x. Posteriormente, foram realizadas experiências industriais procurando-se induzir o defeito no processo. As amostras de chapas, com os defeitos induzidos, também foram analisadas em laboratório.

3 CARACTERIZAÇÃO DO DEFEITO

3.1 Defeito Original

As análises foram realizadas nas seções longitudinais à direção de laminação, nos locais dos defeitos e fora deles. As amostras foram preparadas através de procedimentos metalográficos padronizados.

A seção metalográfica em uma das amostras de chapa na região do defeito é mostrada na Figura 2. As observações na região do defeito evidenciam a presença de uma camada contínua de carepa em toda superfície do material, apresentada ao microscópio, com tonalidade cinza médio. A espessura dessa camada foi de 10 μm

a 20 μm . As análises dessa camada, por difratometria, mostraram ser constituída principalmente de magnetita, com menores quantidades de hematita. Na região do defeito sobre a camada contínua de magnetita, destaca-se a presença de elevada camada descontínua de carepa residual, atingindo 500 μm de espessura. Por difratometria mostrou-se que essa carepa era composta basicamente por hematita. Notou-se, também, que essa camada de hematita estava extremamente trincada, tanto transversal quanto longitudinalmente, enquanto que a camada de magnetita na superfície do metal base na região do defeito e fora dele manteve-se intacta.

É possível que parte da carepa residual tenha sido removida durante a preparação metalográfica e que parte das trincas seja resultante do resfriamento da amostra, conforme indica a bibliografia ^(1,2). A ocorrência de carepa com presença predominante de hematita, em espessuras elevadas, não é normal em chapas laminadas a quente². No caso observado, é provável que uma camada de carepa residual formada por magnetita ou wustita, gerada nos estágios iniciais de laminação, tenha se transformado em hematita, devido ao ambiente oxidante dos passes seguintes de laminação. Contudo, pela espessura das camadas de carepa, de até 500 μm , supõe-se que sua formação tenha sido durante o processo de reaquecimento da placa ⁽³⁾.

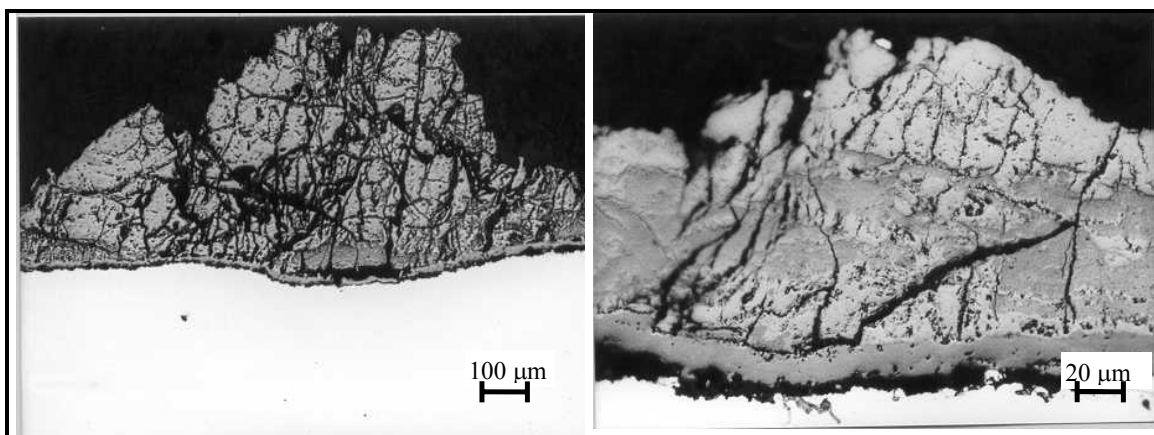


Figura 2. Fotomicrografia da região do defeito *carepa de buraco*.

3.2 Amostra de Carepa no Esboço

Foi retirada uma amostra, Figura 3, de um esboço revogado logo no início de laminação e que apresentou ocorrência de carepa semelhante a do defeito *carepa de buraco* em chapas. O material amostrado foi da classe API.

O aspecto superficial da amostra evidenciou regiões que poderiam originar os buracos, apresentando uma carepa relativamente coesa, cuja espessura aproximou-se daquelas observadas para a *carepa de buraco*, Figura 3-a. A sua superfície evidenciou a presença de uma interface metal/carepa bastante irregular, com penetração da carepa nos contornos de grão do metal, Figuras 3-b e 3-c. Esse comportamento é conhecido⁽⁴⁾, e é acentuado em aços com adições de níquel, elemento esse presente na composição química do aço amostrado. Com isso, a carepa primária forma-se mais aderente, com maior probabilidade de apresentar carepa residual nas etapas subsequentes de laminação, não removida na descarepação primária.

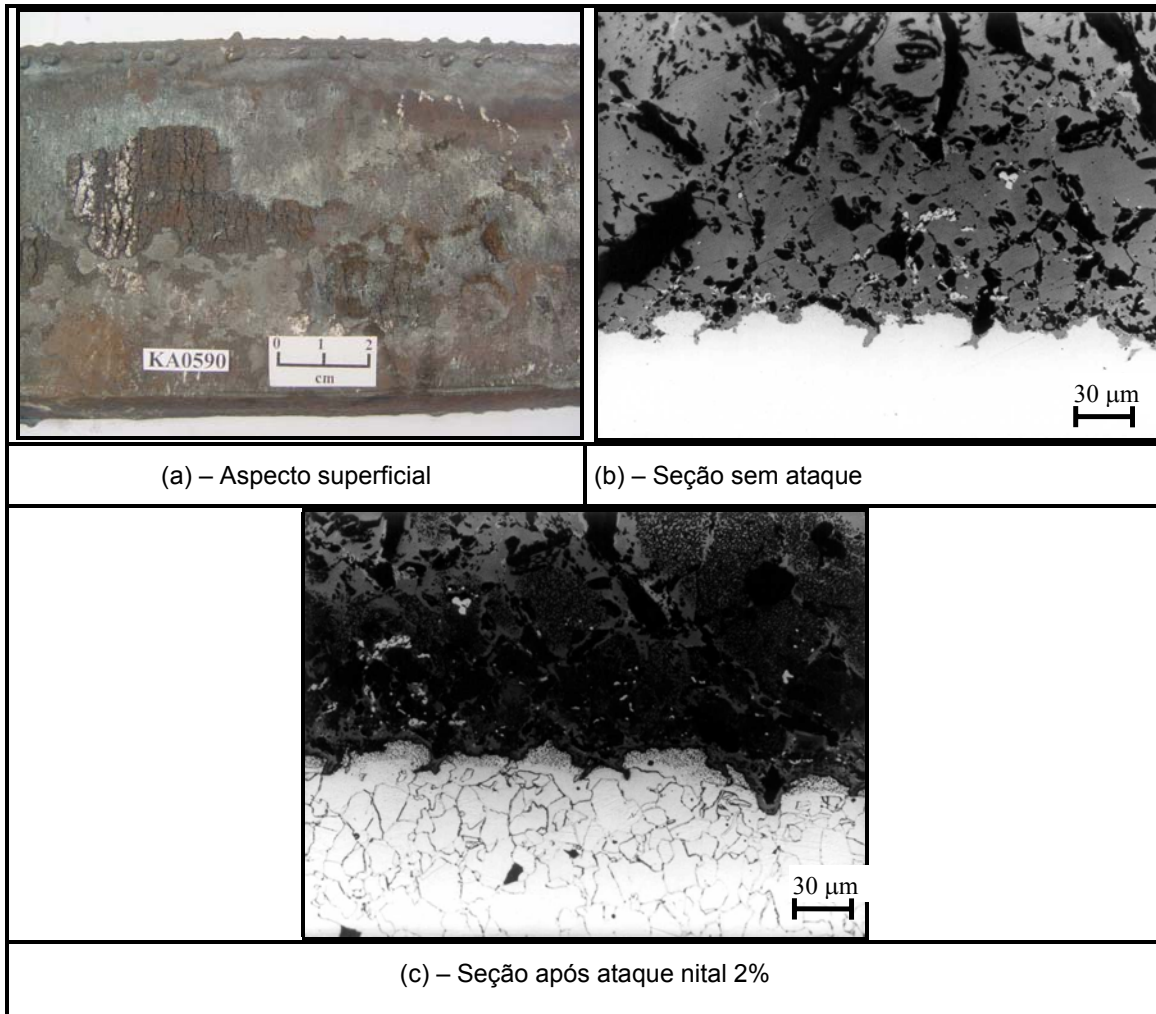


Figura 3 . Imagens da carepa incrustada na amostra de esboço de aço API.

As análises por difratometria indicaram, no entanto, que a constituição dessa carepa foi predominantemente de wustita, possivelmente justificada pela temperatura elevada em que se encontrava na etapa do processo. O aspecto da interpenetração da interface metal/carepa pode ser visto em mais detalhes na Figura 4, obtida via microscopia eletrônica de varredura (MEV).

As caracterizações do defeito *carepa de buraco*, originadas em chapas e da carepa incrustada no esboço, permitiram elucidar a sua origem. A causa raiz é a presença de carepa residual primária na chapa nos passes finais de laminação. Essa carepa é formada por hematita que, pela sua elevada dureza e incapacidade de ser removida pela descarepação, permanece incrustada no produto.

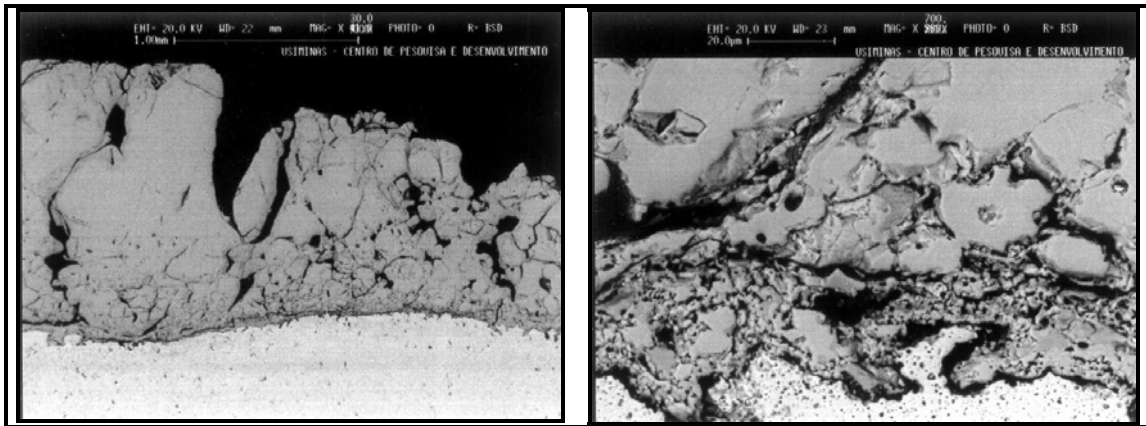


Figura 4. Imagens da carepa incrustada na amostra de esboço, no MEV.

3.3 Simulação do Defeito no Processo Industrial

A experiência consistiu em lançar fragmentos de carepa primária sobre um esboço pouco antes do final de sua laminação. Embora a situação não seja exatamente a mesma daquela onde o defeito *carepa de buraco* ocorreria, foi possível fazer comparações. O aspecto dos defeitos resultantes, observados na chapa, é apresentado na Figura 5. Existe semelhança entre as duas ocorrências, embora seja possível perceber claramente que houve material estranho. As fotografias da seção longitudinal do defeito são mostradas na Figura 6-a e 6-b. Os fragmentos de carepa, constituídos basicamente de wustita e magnetita, incrustaram na chapa deformando o metal base.

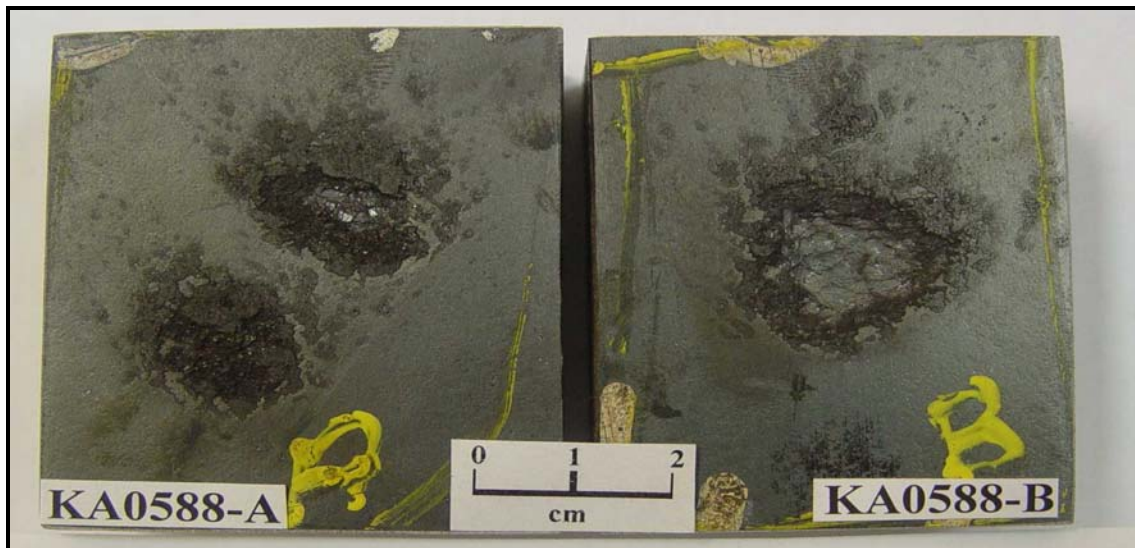
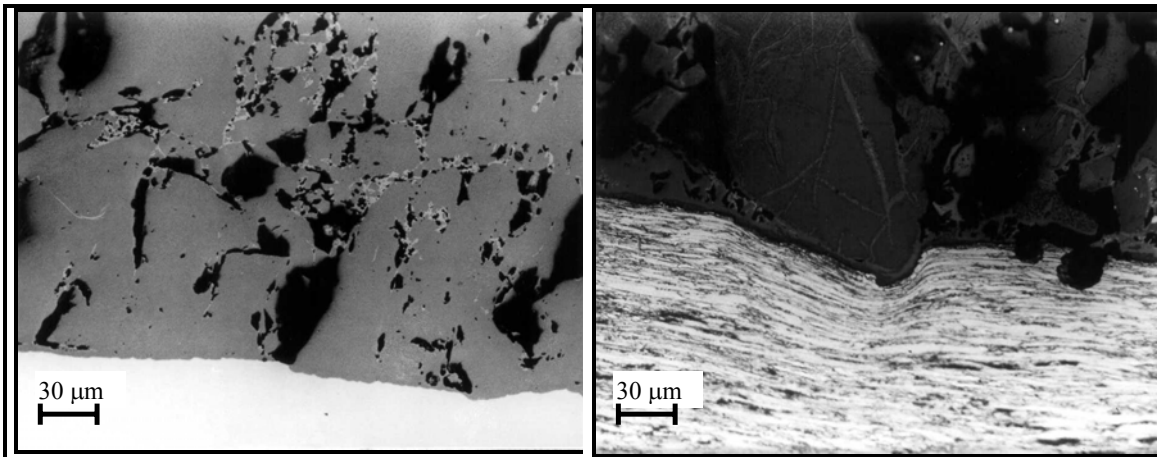


Figura 5. Aspectos do defeito *carepa de buraco* simulado.



(a) – Detalhe da carepa, sem ataque.

(b) – Detalhe da microestrutura abaixo da carepa após ataque com nital 2%.

Figura 6. Fotografias da seção longitudinal de amostras contendo o defeito *carepa de buraco* induzido na chapa.

As análises evidenciaram que o defeito é originário de resíduos de carepa primária presente na placa. Parte da carepa não removida na descarepação primária permanece incrustada na placa, sendo impressa no laminado. Parte dessa carepa é despreendida com os passes subsequentes, formando o seu alojamento até o final da laminação, originando o defeito. Esse tipo de ocorrência é mais freqüente em aços com adições de elementos de liga, tais como o níquel, que aumentam a aderência da carepa. Em outros casos, o defeito se assemelhava à carepa incrustada, conforme obtido na simulação do defeito. Nesse caso, verificou-se, através de observação da laminação, que pequenos fragmentos de carepa, retidos na estrutura do laminador (*stripper*), eventualmente se desprendiam, caindo sobre o laminado. Em qualquer dos casos, porém, a causa raiz do problema é a carepa primária não removida na descarepação primária.

4 AÇÕES CORRETIVAS

Definida a causa raiz de formação do defeito, buscou-se otimizar a eficiência do descarepador primário, de modo que a placa seja laminada isenta de carepa. O mesmo cuidado foi tomado para as faces laterais da placa, a fim de remover totalmente a sua carepa primária, especialmente nos aços com adições de níquel.

As ações para otimizar o descarepador primário foram:

- instalação de bicos de descarepação nas laterais;
- instalação de um *header* para descarepar a base da placa;
- troca dos bicos comuns para bicos de alta pressão de impacto.

Para os aços com adições de níquel (devido à sua carepa mais aderente), foi elaborado um novo padrão operacional nos fornos de reaquecimento de placas alterando a proporção ar/gás e ar/óleo.

5 RESULTADOS

As melhorias introduzidas no descarepador primário e o controle diferenciado de reaquecimento de placas de aços com adições de níquel proporcionaram uma maior eficiência do processo de descarepação primária,

evitando que essa carepa permanecesse incrustada na placa e a formação do defeito *carepa de buraco*.

Os índices de rejeição e retrabalho por esse defeito apresentaram um decréscimo significativo após a implementação das ações. Um comparativo desses índices entre os períodos antes e depois das melhorias é mostrado na Figura 7.

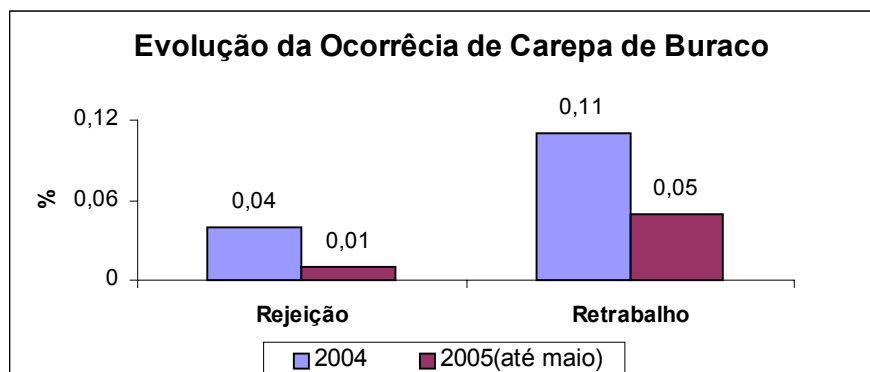


Figura 7. Comparação entre os índices de ocorrência do defeito *carepa de buraco* em períodos antes e após a implementação de medidas.

6 CONCLUSÕES

A origem do defeito *carepa de buraco* em chapas grossas foi associada com a remoção parcial de carepa durante a descarepação primária que permanece até o final da laminação. Em outros casos, esses resíduos de carepa primária são removidos durante a laminação e ficam alojados na estrutura do laminador. Posteriormente, se desprendem e incrustam no laminado durante o processo na fase de acabamento.

Com as ações implementadas, garantiu-se a eficiência do processo de descarepação primária, obteve-se uma redução significativa na ocorrência do defeito e pôde-se, também, criar novos parâmetros de controle para a garantia da qualidade do produto chapas grossas.

REFERÊNCIAS

- 1 CHEN, R. Y.; YUEN, W. Y. D. Examination of Oxide Scales of Hot Rolled Steel Products. ISIJ International, v 45, n° 1, 2005, p. 52-59.
- 2 PICKENS, J. W.. The Microstructural Characteristics of Oxide Scale Formed During Bar Processing, In: Mech. Working and Steel Proc. Conference, ISS/AIME, 1984, **Proceedings...**
- 3 SANTOS, A. A.; BARRETO, G. R., CARMO, R. A. Estrutura e Morfologia da Carepa Formada em Aços Processados na Laminação de Tiras a Quente. In: 39° Seminário de Laminação da ABM, outubro/2002, Ouro Preto, MG, **Anais...**
- 4 ASAI, T., SOSHIRODA, T.; MIYAHARA, M. Influence of Ni Impurity in Steel on the Removability of Primary Scale in Hydraulic Descaling - ISIJ International, v 37, n° 3, 1997, p. 272-277.

CHARACTERISATION OF THE HOLE TYPE SCALE DEFECT IN PLATE ROLLING¹

*Pedro Campos Dias²
Antônio Adel dos Santos³
José Antônio Poncio Vita⁴*

Abstract

A study was carried out with the aim of reducing the occurrence of the defect called hole scale in hot rolled plates. From the defect characterisation in laboratory, their probable places of origin in the plate rolling line were identified. Inspections in both the process and the plates were also conducted. Additionally, it was induced conditions leading to occurrence of such defect in terms of its origin and formation mechanism in the rolling process. Thus, several actions were implemented in the process to avoid the defect formation, mainly concerned to processes of reheating and primary descaling. As a result, the material rejection rate and the rework rate due to the hole defect decreased by 75% and 55%, respectively.

Key words: Plate rolling; Scale; Surface defects.

¹ *Technical Contribution to the 42st Rolling Seminar - Processes, Rolled and Coated Products of Brazilian Society for Metallurgy and Materials (ABM) – Santos, SP Brazil, October 25-28, 2005.*

² *ABM Member; Metallurgical Engineer, M.Sc., ASQ/CQE, Hot Rolling Department of Usiminas of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*

³ *ABM Member; Metallurgical Engineer, M.Sc., ASQ/CQE, Research and Development Center of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*

⁴ *ABM Member; Metallurgical Technician, Hot Rolling Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil*