

DISCUSSÃO

FALHAS EM SOLDAS DE AÇO DEVIDAS AO EFEITO FRAGILIZANTE DO HIDROGÊNIO ⁽¹⁾

pelo PROF. W. GRUNDIG

Presidente: *Jorge do Amaral Cintra* ⁽²⁾

A. Foldes ⁽³⁾ — O Senhor se referiu a um método de revelação de fissuras em soldas de aço, desenvolvido na Suécia. Queria saber se o método é químico, físico ou ótico.

W. Grundig ⁽⁴⁾ — É um processo metalográfico, utilizando reativos que foram desenvolvidos nos laboratórios da ESAB, fabricantes de eletrodos. As soluções usadas são ditas «**Cloropierina 160, 163 e 166**». Nelas intervêm as seguintes soluções-base:

Solução-base I:

5 g. cloreto de cobre;
75 cm³ ácido clorídrico;
100 cm³ álcool etílico;
100 cm³ água

Solução-base II:

4 g ácido pícrico;
96 cm³ álcool

Composição dos reativos de ataque:

“Cloropierina” 160: 1 parte da solução base I; 6 partes da solução-base II.

“Cloropierina” 163: 1 parte da solução base I; 6 partes da solução-base II; 3 partes de álcool.

“Cloropierina” 166: 1 parte da solução-base I; 6 partes da solução-base II; 6 partes de álcool.

A. Foldes — Temos observado que o perigo de corrosão é muito aumentado, em lugares analisados pelo senhor, no seu trabalho, onde há enriquecimento de hidrogênio e, especialmente, onde ocorrem diferenças na microestrutura dos aços. Eu queria saber se essa ativação da corrosão é proveniente da diferença de estrutura ou de presença de hidrogênio.

(1) Contribuição Técnica n.º 422. Publicada em «ABM-Boletim», volume 17, página 793. Discutida na Comissão «E» do XVI Congresso Anual da ABM; Porto Alegre, julho de 1961.

(2) Membro da ABM e Presidente da Comissão; Docente da Escola Politécnica da USP; Engenheiro da Mercedes Benz do Brasil; São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM. Gerente da SUNBEAM do Brasil; São Paulo, SP.

(4) Membro da ABM. Professor Catedrático da URGs; Engenheiro-Chefe do ITERS.

W. Grundig — Parece-me que o hidrogênio retido nos aços não influi, praticamente, no perigo de corrosão; êle fragiliza os aços. A heterogeneidade de estrutura é um fator importante que reduz a resistência à corrosão.

Wolodymyr Krywickyj ⁽⁵⁾ — Na observação rotineira das inclusões no aço, notámos que aluminatos, com muita freqüência, apresentam cavernas nos contornos, o que não se verifica em outras inclusões. Peço explicar se essas cavernas seriam provocadas por gases ou se vê outro motivo para sua formação.

W. Grundig — Os contornos de todos os tipos de inclusões são locais preferenciais onde se originam, fãcilmente, núcleos de bôlhas de gás durante a solidificação dos aços. Conforme a composição química de inclusões não-metálicas, gases dissolvidos nos aços podem reagir com elas. Êstes núcleos, em geral, crescem em tamanho e as bôlhas assim formadas podem vir à tona, enquanto os aços mantêm-se no estado líquido.

Parece-me pouco provável que as aludidas reações possam ocorrer com aluminatos. Mais provável parece-me a hipótese de que certas inclusões (digamos Al.N), que fundem a muito altas temperaturas, têm contornos poligonais e são de alta dureza, podem causar fissuras em contornos de grãos austeníticos quando neles se acumulam e isto, principalmente, quando os aços experimentam trabalhos a quente. Nas cavidades assim formadas acumulam-se gases.

W. Krywickyj — Tenho a impressão de que junto aos eixos dendríticos deve acumular-se hidrogênio. Nestes locais também se acumulam sulfetos. Porém acontece que nas interfaces de sulfetos nunca se apresentam cavernas, enquanto elas ocorrem, freqüentemente, junto aos aluminatos. No caso seria necessário saber a influência da técnica de polimento, porque há inclusões que podem acomodar-se mais fãcilmente, podendo mesmo preencher frestas nas interfaces.

J. A. Cintra — Gostaria perguntar antes ao Prof. Grundig se haveria uma preponderância de precipitações ou acumulação de gases em zonas sujeitas a tensões de tração.

W. Grundig — Tensões de tração elásticas determinam evidentemente um afastamento dos planos reticulados; para estas regiões podem afluir gases de raios atômicos compatíveis, por exemplo hidrogênio. Não se sabe se são átomos de hidrogênio, prótons ou ambas as formas simultâneamente as que são dissolvidas.

J. A. Cintra — Dada a diferença dos coeficientes de contração do material das inclusões e da matriz de aço, ocorrem ao redor das inclusões de tração, que causam, às vêzes, mesmo fissuras. Talvez aí se segreguem gases.

(5) Membro da ABM. Chefe do Departamento de Pesquisas da Companhia Siderúrgica Nacional; Volta Redonda, RJ.

DISCUSSÃO

EFEITO DO HIDROGÊNIO NA FORMAÇÃO DE BÔLHAS E FISSURAS A QUENTE EM SOLDAS DE AÇO AO ARCO ELÉTRICO, COM ELETRODOS REVESTIDOS ⁽¹⁾

pelo PROF. W. GRUNDIG

Presidente: *Jorge do Amaral Cintra* ⁽²⁾

V. Chiaverini ⁽³⁾ — Quando foi abordada a questão da porosidade e fissuração a quente, também foi estudada a influência do metal de base? Há alguma relação entre a formação de bôlhas e de fissuras a quente, ou vêm a ser fenômenos completamente independentes? E, finalmente, uma última pergunta. Haveria uma tendência mais acentuada desses fenômenos se registrarem em determinados tipos de aço, os de alta liga, por exemplo, quando comparados com aços comuns, de baixo carbono?

W. Grundig ⁽⁴⁾ — No trabalho em discussão foi mostrado que a composição do metal de base vem a ser um dos fatores que influi na porosidade e fissuração de emendas de aço soldadas. Foram igualmente apresentadas e discutidas as razões porque certos elementos (enxôfre, oxigênio, carbono, silício e hidrogênio) quando acima de certos limites, favorecem o aparecimento dessas falhas. Com efeito: o hidrogênio dissolvido na solda líquida reage com os referidos elementos, formando produtos gasosos: H_2S , H_2O , CH_4 , H_2 . Bôlhas destes e de outros gases podem ficar retidas em soldas durante a solidificação, de sorte que elas vêm a ser porosas.

Quanto à fissuração a quente, é admitido que se originariam numerosíssimas microcavidades nas membranas ainda líquidas que envolvem grãos de austenita. Nestas membranas segregar-se-iam oxigênio, enxôfre, fósforo, carbono e hidrogênio. E, nas referidas microcavidades, se acumulariam gases sob pressão. Cristalizadas essas membranas, tensões de retração, somadas às que decorrem dos gases em aquelas ocluídos, superariam a resistência à coesão, causando fissuras entre grãos austeníticos, ou seja, fissuras a quente.

(1) Contribuição Técnica n.º 423; publicada em «ABM-Boletim», volume 17, página 821. Discutida na Comissão «E» do XVI Congresso Anual da ABM; Pôrto Alegre, julho de 1961.

(2) Membro da ABM; Docente da Escola Politécnica da USP; da Mercedes Benz do Brasil; São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM; Docente da Escola Politécnica da USP; Superintendente da BRASSINTER; São Paulo, SP.

(4) Membro da ABM; Professor Catedrático da Universidade do Rio Grande do Sul — URGs; Engenheiro-Chefe do Instituto de Tecnologia do Rio Grande do Sul — ITERS.

A grandeza das deformações e tensões de retração, bem como a quantidade de hidrogênio capaz de ser dissolvido nas soldas líquidas e a dos gases que nelas pode ser formada e retida durante o resfriamento, dependem grandemente da composição química e estrutural das soldas de aço. Assim, é esclarecido neste trabalho porque a composição química do metal de base influi na porosidade e na fissuração a quente e, ainda, que na formação destas falhas intervêm alguns fenômenos que são comuns tanto na aparição de poros como na de fissuras a quente.

É evidente que além dos fatores citados existem outros, que podem causar as falhas em estudo.

T. de Souza Santos (5) — Nas soldas de aço inoxidável, do tipo 18-8, feitas pelo processo de argônio, quando a atmosfera está totalmente protegida com argônio de pureza razoável, cerca de 99,8%, constata-se, freqüentemente, bôlhas e fissuras a quente, em tudo análogas às que o Senhor atribuiu ao efeito da umidade. Perguntaria, neste caso, qual a causa provável da ocorrência de bôlhas e fissuras.

W. Grundig — No presente trabalho foi estudada a contribuição, direta ou indireta, do hidrogênio na formação de poros e fissuras a quente em soldas de aços comuns, feitas com eletrodos revestidos. Não importa, no entanto, se o hidrogênio provém da umidade do revestimento dos eletrodos ou tenha outra origem. No caso de soldas feitas em aços do tipo 18-8, por qualquer processo, hidrogênio encontra-se no próprio aço, pois êle é de alto níquel; tôdas as fôrmas comerciais de níquel contêm sensível quantidade de hidrogênio dissolvido. Além disso, êste aço é austenítico; é sabido que a austenita pode reter, em solução, mais hidrogênio do que a ferrita, sendo êle praticamente insolúvel nos carbonetos.

As soldas dêste aço, no entanto, mesmo se executadas com eletrodos austeníticos de alto níquel, não vêm a ser totalmente austeníticas; nelas encontram-se ferrita e, eventualmente, carbonetos. Assim, nem todo o hidrogênio inicialmente dissolvido no metal de base e no eletrodo pode ficar retido nas emendas de solda. O mesmo deverá ocorrer com nitrogênio, pois apreciável volume dêste gás é fisicamente dissolvido nos aços de alto cromo.

E o hidrogênio e o nitrogênio excedentes podem levar à formação de poros e fissuras a quente, mesmo se o metal líquido for totalmente protegido por argônio praticamente puro. Impurezas nessas soldas (principalmente oxigênio e enxôfre), favorecem a ocorrência dessas falhas. Além disso, o aço 18-8 experimenta forte contração, a qual determina o aparecimento de altas tensões devidas à soldagem.

T. de Souza Santos — Nessas condições, provávelmente os mesmos mecanismos expostos em seu trabalho explicariam a fissuração a quente e também a formação de bôlhas, mesmo se a soldagem fosse executada em atmosfera de argônio.

W. Grundig — Sim, porque, neste caso, a contaminação pelo hidrogênico e nitrogênio não é externa, porém interna, pois êles já se encontram nesse aço.

(5) Membro da ABM; Professor Catedrático da Escola Politécnica da USP; Engenheiro-Chefe no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, IPT; São Paulo, SP.

ÍNDICE ALFABÉTICO

do Volume 17 de "ABM-BOLETIM", correspondente aos números 62, 63, 64, 65, 66 e 67, respectivamente dos meses de Janeiro, Março, Maio, Julho, Setembro e Novembro de 1961.

ABM; Estatutos da —; aprovados em 30 de setembro de 1960; página 171

Abrão, José; página 267

Aço; estudo do aquecimento de lingotes de — em fornos-poço; página 957

Aços; amostragem e análise do C nos —; página 695

Aços; inclusões nos —; página 935

Aço tipo RCC; estudo do revenido de um —; página 763

Aço: determinação do Si no —; página 71

Almeida, Derson de; página 957

Alumínio 99,99%; segregação e discordâncias na solidificação do —; página 391

Aquecimento de lingotes em fornos-poço; página 957

Arantes, Alberto Albuquerque; página 975

Auto-peças: Reunião Aberta sobre «Problemas de qualidade nas peças automobilísticas»; página 727

Balbi, S. W.; página 59

Barbosa, O. L.; página 59

Barros, Esther; página 975

Berezin, Isaac; página 81

Biloni, Heraldo; página 391

Botar, Livius Maria; página 957

Braga, C. H. M.; página 59

Brain, David Fuller; páginas 195 e 613

Bresciani, Sergio; página 103

Brizola, Leonel de Moura; página 781

Brosch, Carlos Dias; página 147

Burger, Darcy; página 957

Burrel, Joaquim; páginas 361 e 645

Carbono nos aços; amostragem e análise do —; página 695

Carvão mineral de Santa Catarina; propriedades coqueificantes de um; página 925

Carvão mineral do Rio Grande do Sul; gaseificação do —; Conferência Científica do XVI Congresso Anual; página 905

Carvão nacional, caracteres coqueificantes do —; página 403

Carvão vegetal; efeitos das matérias voláteis no —; página 645

Catani, Renato A.; página 71

Chapas SAE 1025; estudo metalográfico de —; página 267

Chiaverini, Vicente; página 845

Chumbo, método geral para cálculo das cargas de fornos de —; página 119

Cintra, Jorge do Amaral; página 935

Cobalto, fenômenos na oxidação a alta temperatura; página 195

Cobre; fusão do — para peças fundidas; página 81

Conferência Geral do XVI Congresso da ABM; página 781

Congresso da ABM; temário do XVI —, realizado em Pôrto Alegre; página 895

Contrôle de qualidade numa usina siderúrgica; página 431

Coque de carvão nacional; página 403

Corrêa da Silva, Luíz C.; páginas 45 e 351

Costa, Ronald F.; página 957

Cowpers de Monlevade, cálculo das modificações nos —; página 667

CSBM — Fabricação de oxigênio para a aciaria LD; página 361

Disparidades regionais no desenvolvimento brasileiro. Conferência do XVI Congresso Anual; página 781

Doi, Michiyasu; páginas 187 e 889

Dompieri, Carlos Aurélio; página 351

Energia nuclear; problemas e realizações da produção e industrialização da — no Brasil. XV Conferência Anual; página 5

Entalhe em aço doce; sensibilidade ao —; página 881

Estoques numa usina siderúrgica; determinação dos estoques; página 147

Ferreira, J. Dias; página 695

Figuerola, Juan; páginas 597 e 606

Flores, Alberto; página 957

Forjamento em matriz fechada; página 947

Forno elétrico básico, atmosfera controlada no —; página 351

Fornos Siemens Martin; controle da temperatura de vazamento; resultados obtidos na CSN; página 59

Franco, Egberto, página 45

Friedrich, Sylvio E.; página 237

Ferro fundido: determinação do Si em ferro e em aço fundido; página 71

Fundição do cobre; a técnica da —; página 81

Fundição, moldagem em casca na —; página 337

Fundição; processos e materiais de moldagem na —; página 289

Fundição; Reunião Aberta sobre «Peças de ferro fundido de alta qualidade»; página 747

Fundição; ultrassom em peças fundidas; 205

Garlipp, Waldir; página 763

Garnierita; estudo experimental da sinterização e redutibilidade dos sinters de —; páginas 103 e 133

Geisel, Bernardo; página 905

Germânio; extração do — de fuligens; página 625

Grees, Edmundo; páginas 59 e 957

Grundig, Werner; páginas 793 e 821

Guimarães, Cyro; página 289

Gunter Joseph; páginas 597 e 606

Gusa níquelífero; refino no conversor LD; página 45

Hasek, M. L.; página 59

Inclusões nos aços; aspectos do problema das —; página 935

Latões: casos de corrosão de —; páginas 597 e 606

L. D.; desenvolvimento do processo — nos últimos anos. Conferência de H. Trenkler; página 15

L. D.; fabricação de oxigênio na aciaria de Monlevade; página 361

L. D.; operação de pequeno conversor e sua aplicação ao refino de gusa níquelífero; página 45

Leister, Helena; página 925

Liga Cu-Sb; maclação possível na fase ϵ ; página 187

Lo Ré, Victor; página 289

L. V. Silva; página 59

Macedo Soares e Silva, Edmundo de; página 727

Madeira, José A. P.; página 957

Maeder, Hans; página 431

Malm, Finn; página 361

Manfredi, Marco; página 337

Mendes, Moacelio de Aguiar; página 863

Metalografia; emprêgo de réplicas na; página 975

Metalurgia do pó; fabricação de materiais de fricção; página 845

Minérios de ferro; pelotização dos —; página 863

Moldagem de peças em fundição, processos de —; páginas 289

Moldagem em casca; página 337

Moraes, George Soares de; página 625

Motta, Walter de Almeida; página 403

Nogueira, Earle F.; página 845

Níquel; sinterização da garnierita; página 103

Oxidação em alta temperatura de ligas de ferro e manganês; página 613

Peças automobilísticas; Reunião Aberta sobre a qualidade das; página 727

Pelotização dos minérios; notícias sobre a —; página 863

Pires, Ney Bonoso; página 957

Placas de aço ao carbono; contrôle da qualidade pelo ultrassom;
página 237

Salabascheff, Pantscho; página 667

Santos, Antonio Fischer dos; página 763

Siegel, Miguel; página 747

Silício; sua determinação em aço e ferro fundido; página 71

Soares, Jorge A. M. Flores; página 947

Soldas de aço:

— Falhas em —, devidas ao efeito fragilizante do hidrogênio;
página 793

— Efeito do hidrogênio na formação de bôlhas e fissuras a quente
em —, com eletrodos revestidos; página 821

Souza, E. P. Souza, página 59

Souza Santos, Marcelo Damy de; páginas 5

Souza Santos, T. D. de; páginas 103, 119, 133 e 989

Suarez, Herman; página 195

Trenkler, Herbert; página 15

Ultra-som; contrôle de qualidade de placas de aço pelo —; página 237

Ultra-som em peças fundidas; página 205

Wolffenbüttel, Ney; página 947

Wscieklica, Janusz; páginas 267 e 645

Vera, Juan Figueroa; página 989

Yasujima, Yasuo; página 881

Zanella, Mario M.; página 205