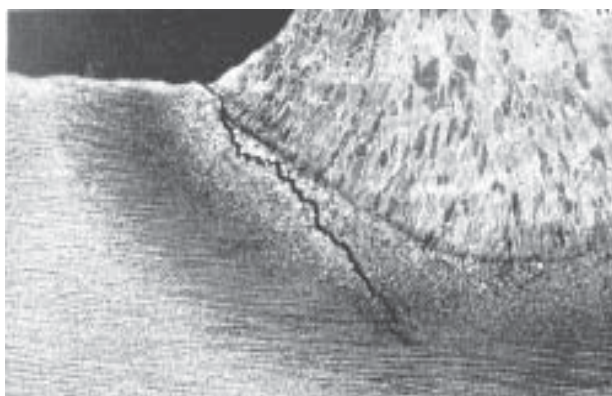


Fissuração pelo Hidrogênio "Trincas a Frio"

Cláudio L. Jacintho da Silva
Prof. Ronaldo Paranhos

A fissuração por hidrogênio, ou trinca a frio, são descontinuidades que ocorrem algum tempo após a soldagem, o que a torna extremamente crítica, sendo ainda mais perigosa do que a trinca a quente, pois se não forem tomados cuidados especiais, como por exemplo, inspeção com ensaios não destrutivos (END) 48h após a execução da soldagem, surpresas desagradáveis podem ocorrer, colocando em risco a integridade de peças, equipamentos e estruturas. No entanto, às vezes o aparecimento destas trincas pode chegar a dezenas de horas após a soldagem e possuir tamanhos abaixo do limite de detecção dos ensaios não destrutivos adequados, o que as torna ainda mais traiçoeiras e perigosas. Desta maneira, este tipo de descontinuidade deve ser evitado ao máximo, uma vez que podem causar danos muito sérios a um equipamento soldado. As trincas a frio, ou fissuração a frio, normalmente aparecem na ZTA, podendo também ocorrer na ZF de aços de maior resistência mecânica.



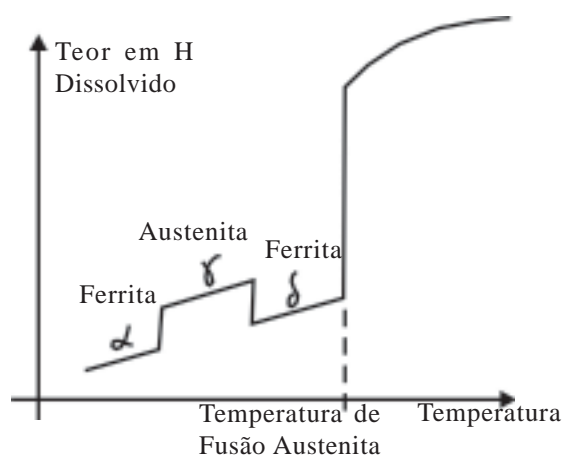
Trinca a frio na ZTA.

Mecanismos da Fissuração

A fissuração pelo hidrogênio é consequência da ação simultânea de quatro fatores: 1. A presença de hidrogênio dissolvido no metal fundido; 2. as tensões residuais associadas a soldagem; 3. a uma micro-estrutura frágil (normalmente a martensita) e 4. à baixa temperatura (abaixo de 150°C). Nenhum desses fatores, isoladamente, provoca a fissuração a frio.

Formação do Hidrogênio Atômico

O hidrogênio que pode ser fornecido de diferentes fontes (revestimento orgânico dos eletrodos; umidade do fluxo e do revestimento do eletrodo; compostos hidratados existentes na peça - ferrugem; umidade do ar), se decompõe na atmosfera do arco liberando hidrogênio atômico ou iônico (H+)

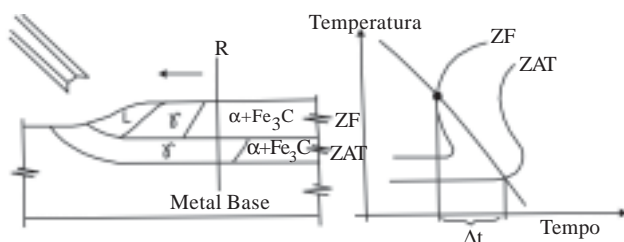


Saturação da Solda por Hidrogênio

A solda no estado líquido, dissolve quantidades apreciáveis de hidrogênio e a solubilidade decresce com a temperatura, e de forma contínua na solidificação e nas modificações alotrópicas. Conseqüentemente, na fase final do resfriamento, a solda estará super saturada em hidrogênio.

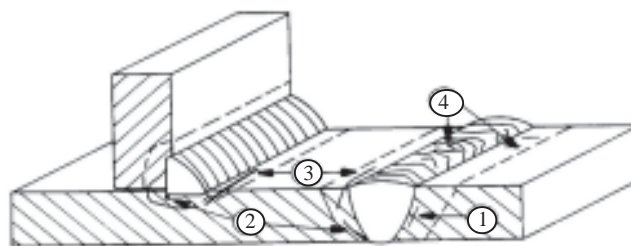
Migração do Hidrogênio para a ZTA

Devido ao menor teor de carbono da solda, a temperabilidade da zona fundida, normalmente, é inferior à da ZTA, o que permite que o hidrogênio migre para esta última zona. Caso a temperabilidade na ZF seja superior ou quando a estrutura for austenítica, o hidrogênio fica retido na ZF.



Microestrutura Frágil e Baixa Temperatura

A martensita, que é uma microestrutura de baixa tenacidade, quando saturada em hidrogênio é consideravelmente frágil. A solda, em virtude de sua composição química e das condições térmicas da soldagem, pode gerar tais microestruturas. Nessas condições e na fase final do resfriamento, apresentará regiões frágeis a baixa temperatura saturadas em hidrogênio, submetidas a um sistema de tensões residuais, cuja intensidade é próxima do limite de escoamento da ZF. O mesmo pode ocorrer na ZTA.



1. trinca sob cordão (underbead crack)
2. trincas na raiz (root cracks)
3. trincas na margem (toe cracks)
4. trincas transversais (transverse cracks)

Tipos de Trincas Provocadas pelo Hidrogênio

As trincas na raiz e na margem resultam de entalhes como; mordedura, falta de penetração e inclusões, que promovem através da concentração de tensões, deformações plásticas locais que põem em movimento as discordâncias, que conduzem o hidrogênio, aumentando a sua concentração no local, favorecendo a fissuração junto aos entalhes.

Comportamento do Hidrogênio na Solda com o Tempo

O mecanismo de difusão, que depende da temperatura, faz com que a maior parte do hidrogênio em super saturação se difunda e abandone a solda após um determinado tempo. Portanto, o risco de fissuração é temporário, existindo enquanto o hidrogênio estiver se despreendendo da solda. Portanto, é sempre recomendável o tratamento de pós-aquecimento de soldas sensíveis à fissuração a frio, para acelerar o processo de eliminação do hidrogênio da solda

Medidas Preventivas

Devem ser tomadas de acordo com as principais causas de formação de trincas:

Teor de Hidrogênio: Manter a atmosfera com o menor teor de hidrogênio possível. Manter os eletro-

dos guardados em lugares adequados e secos, promovendo a secagem em forno dos mesmos antes de utiliza-los.

Micro-estrutura frágil: O ideal é tentar evitá-la, utilizando um pré-aquecimento, o aumento da energia de soldagem, a escolha de metal de adição de menor resistência possível.

Tensões: Tentar promover a soldagem com o menor grau de restrição possível, é uma excelente medida para evitar as tensões residuais, pois as tensões promovem a deformação plástica do material, que por sua vez, aumenta o número de discordâncias, que são responsáveis pelo trans-

porte do hidrogênio para as extremidades dos entalhes. Deve-se levar em conta a ação dos esforços como por exemplo: peso próprio, concentração de outras soldas, teste de pressão, etc.

Temperatura: Use pré-aquecimento. Após a soldagem, manter a solda numa temperatura suficiente para permitir a difusão do hidrogênio, diminuindo a sua concentração na solda, diminui o risco de ocorrer a fissuração a frio. Realizar um pós-aquecimento de 2h a 250°C é na maioria das vezes suficiente para promover a difusão do hidrogênio, eliminando a susceptibilidade a trincas a frio.

