

AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA E BAIXA LIGA – PARTE II – SOLDABILIDADE

Metalurgista Industrial

junho 2019

www.metalurgistaindustrial.com.br

A soldabilidade (*weldability*) dos materiais ou a habilidade de poderem ser unidos (*joinability*) pode ser definida como a capacidade de serem soldados. Muitos metais e outros materiais não metálicos, como os termoplásticos, podem ser soldados, mas alguns são mais fáceis de o serem do que outros.

O conceito de soldabilidade é usado para determinar o processo de soldagem e comparar a qualidade do material soldado com a de outros materiais. Não há critério de definição quantitativa para a soldabilidade, então esta é usualmente definida qualitativamente. Por exemplo, a norma ISO 581-1980 assim define soldabilidade:

"Metallic material is considered to be susceptible to welding to an established extent with given processes and for given purposes when welding provides metal integrity by a corresponding technological process for welded parts to meet technical requirements as to their own qualities as well as to their influence on a structure they form."

Ou seja, soldabilidade é a capacidade de os materiais preservarem suas integridades estruturais enquanto submetidos a processos de soldagem.

Zonas termicamente afetadas

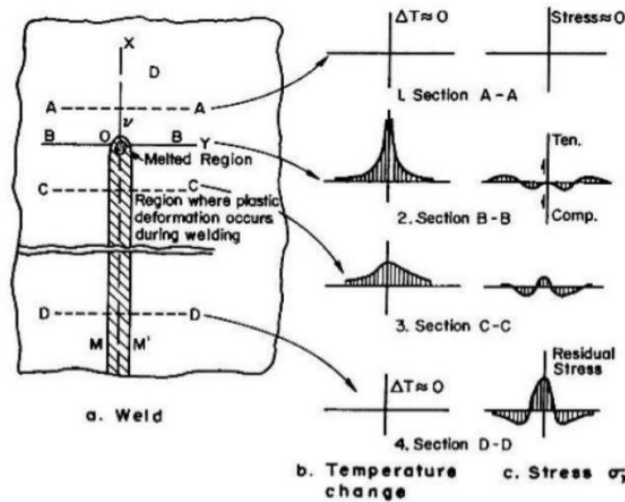
Zona termicamente afetada (heat – affected zone – HAZ) refere-se à área não fundida do metal que experimenta mudanças em suas propriedades como resultado de exposição a elevadas temperaturas. Essas alterações nas propriedades são usualmente consequência de procedimentos de soldagem ou de cortes térmicos. A HAZ é identificada como a área entre a solda ou corte a quente e o metal base.

Essas áreas podem variar em tamanho e severidade dependendo das propriedades do material envolvido, da intensidade e concentração de calor, das taxas de resfriamento e do processo de solda empregado. A largura das HAZ aumenta com o aumento das taxas de resfriamento.

Os problemas associados com HAZ podem ser mitigados por tratamentos térmicos anteriores ou posteriores à soldagem. A geometria das soldas também exerce papel no tamanho das HAZ.

O pré-aquecimento do aço a ser soldado reduz a diferença entre as temperaturas da região soldada e a do metal base e, conseqüentemente, diminui a taxa de resfriamento da área de soldagem, promovendo a redução da dureza da HAZ e o risco de indução de trincas por hidrogênio por favorecimento à difusividade. Adicionalmente, reduz as tensões por contração e promove uma melhor distribuição das tensões internas. A necessidade por pré-aquecimento é maior com o aumento da espessura do aço, contenção da solda e teores de carbono e elementos de liga.

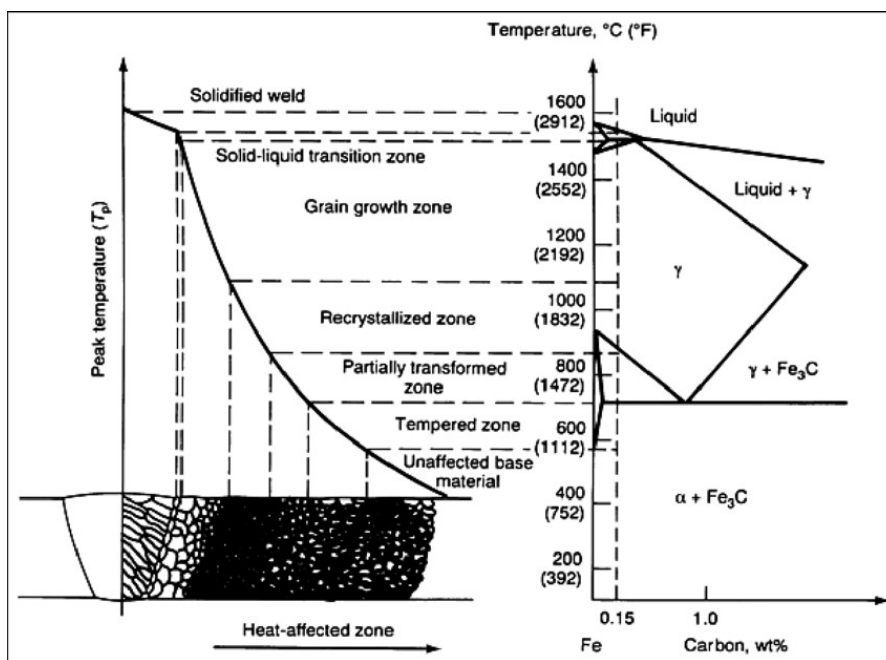
Entre os tratamentos térmicos após soldagem, o mais empregado é o de alívio de tensões. Em algumas situações, como, por exemplo, em aços para vasos de pressão, esse é mandatório. O alívio de tensões é promovido a temperaturas na faixa de 600° C.



Nas operações de corte a altas temperaturas, a profundidade das HAZ é associada com o processo de corte, velocidade de corte, propriedades do material e sua espessura. De modo similar aos resultados dos processos de soldagem, os processos de corte que operam a elevadas temperaturas e baixas velocidades tendem à formação de grandes HAZ.

Como as HAZ são submetidas a calor por longos períodos de tempo, a camada afetada sofre alterações microestruturais e de propriedades que diferem do metal base. Essas alterações de propriedades são usualmente indesejáveis. As mudanças microestruturais são mais uma fonte de formação de tensões internas e redução da resistência e da ductilidade, diminuição da resistência à corrosão e/ou resultar no trincamento do material. Como consequência, as HAZ são as regiões mais críticas e sujeitas a falhas.

A seguir um diagrama esquemático das subzonas que ocorrem em HAZ com suas respectivas temperaturas de ocorrência e correspondência com o diagrama de equilíbrio ferro – carbono. A microestrutura de grãos grosseiros prejudica a ductilidade e tenacidade do material.

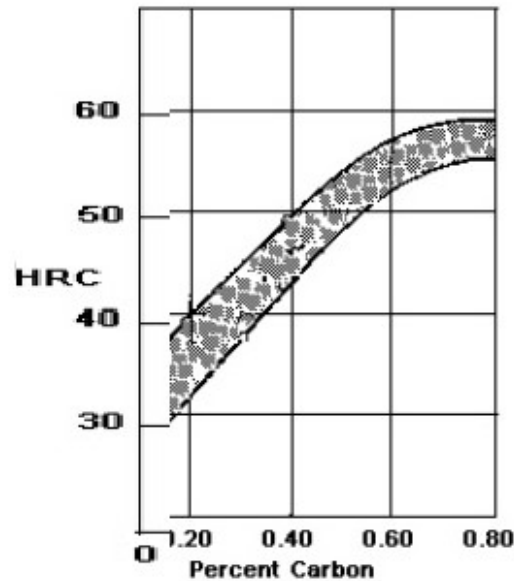


Equivalência em carbono

No tratamento da questão soldabilidade em aços com maiores teores de elementos de liga como os microligados em pauta, dois fatores são considerados de forma isolada e combinada:

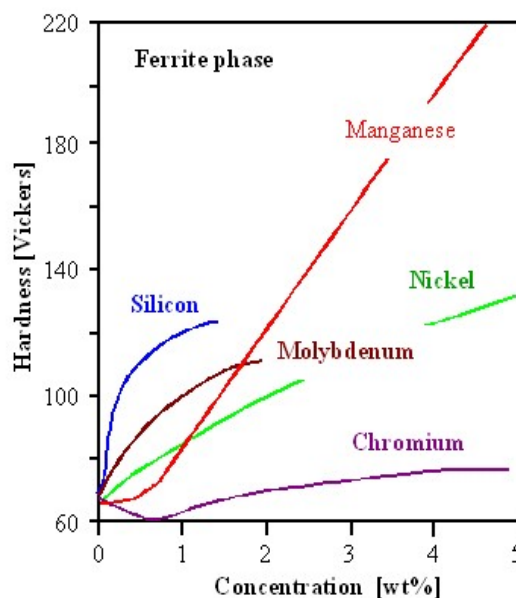
(i) Influência dos teores em carbono

O carbono exerce marcante influência nas propriedades dos aços. A dureza e o limite de resistência aumentam com o aumento dos teores de carbono até 0,85%C em peso. A ductilidade e a soldabilidade reduzem-se com o aumento dos teores em carbono. Esse elemento comporta-se como “herói” e “vilão” dos aços dependendo das circunstâncias.



(II) Influência de elementos em solução sólida na ferrita

Como exemplificado a seguir. Dos efeitos combinados do carbono e da presença em maior ou menor grau de elementos de liga resulta a tendência de redução dos teores em carbono dos aços microligados como mencionado na Parte I desta Resenha Técnica, e emerge o conceito de carbono equivalente.



As formulações de equivalência em carbono foram desenvolvidas com o propósito de oferecer um valor numérico para uma composição de aço que servisse como indicador do teor em carbono que contribuiria para um nível equivalente de capacidade de endurecimento (*hardenability*) desse aço. As equivalências em carbono são também empregadas como parâmetros composicionais para a caracterização de outras propriedades que podem ser relacionadas com a dureza como tenacidade e resistência.

A fórmula adotada pelo International Institute for Welding (IIW) para prever a dureza de zonas termicamente afetadas é:

$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Outras formulações foram posteriormente propostas por diferentes autores de modo a refletir a evolução dos tipos de aços e as interações entre o carbono e demais elementos de liga presentes.

Trincas induzidas por hidrogênio (Hydrogen Induced Cracking - HIC)

Esse é um caso particular que deve ser mencionado à parte. Esses tipos de trincas são um defeito de solda que pode conduzir a eventos catastróficos se não for detectado antes de as partes soldadas entrarem em serviço.

O mecanismo das HIC começa com a difusão de átomos de hidrogênio no material, facilitada pelas altas temperaturas envolvidas nos processos de soldagem. À medida que a solda esfria, esses átomos de hidrogênio ficam aprisionados, migram para as HAZ, recombina-se nos vazios existentes no metal e formam o gás hidrogênio que pressiona as cavidades até eventualmente chegar ao ponto de provocar trincas internas no material. De tais riscos de trincamentos, resulta a necessidade de controlar a presença de hidrogênio durante os processos de soldagem.

Os aços mais suscetíveis a HIC são os de mais elevadas durezas. De modo geral, aços com dureza inferior a 30HRC e limite de resistência (*ultimate tensile strength*) abaixo de 1.000MPa, basicamente os aços comuns ao carbono, são reportados como pouco suscetíveis à ocorrência de HIC.

