

MÓDULOS DE TREINAMENTO

CONHECENDO OS AÇOS INOXIDÁVEIS

Coordenação:

ABINOX

Por:

Eng. Ronaldo Claret Ribeiro da Silva



6

**SOLDABILIDADE DOS
AÇOS INOXIDÁVEIS**

MÓDULOS DE TREINAMENTO

CONHECENDO OS AÇOS INOXIDÁVEIS

Professor:

Ronaldo Claret Ribeiro da Silva

Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Metalúrgica pela UFMG.

Experiência Profissional: 40 anos na Aperam South America nas áreas de Produção, Metalurgia e Pesquisa, tendo ocupado as posições de Pesquisador (processos a quente e a frio dos aços Inox), Gerente Executivo de Metalurgia do Inox, Gerente Executivo do Centro de Pesquisa. Larga experiência internacional. Autor e coautor de inúmeros artigos técnicos e de várias patentes de produtos e processos.

Organizado por:

ABINOX

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis são escolhidos por sua resistência à corrosão, sua resistência à oxidação em altas temperaturas ou por sua resistência mecânica. A fabricação de diversos componentes em aço inox pode requerer um processo de soldagem, figura 1. Embora todos os aços inox possam ser soldados pelos métodos usuais, alguns cuidados devem ser observados para não prejudicar sua resistência à corrosão e suas propriedades mecânicas.



Figura 1. Uso intenso de solda

A solda não é uma região homogênea. Pelo contrário, ela consiste de diversas estruturas macroscópicas, figura 2. De maior relevância são a zona de fusão e a zona termicamente afetada. São os locais onde ocorrem as imperfeições, caso os cuidados recomendados não sejam adotados.

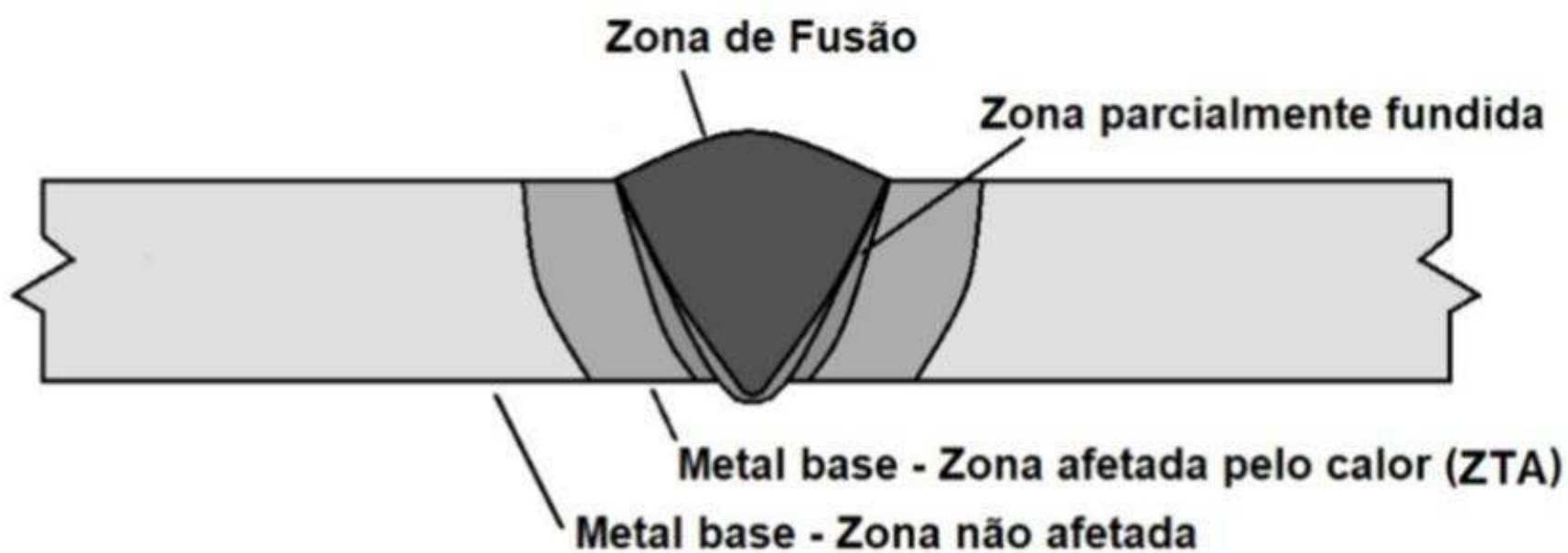


Figura 2. Regiões de uma solda.

Aços Inoxidáveis Austeníticos

Esses aços podem ser soldados por qualquer um dos processos de soldagem a arco (TIG, MIG, MMA e SA). Por não serem endurecíveis no resfriamento, apresentam boa tenacidade e não há necessidade de tratamento térmico pré ou pós-soldagem.

Embora o aço inoxidável austenítico seja facilmente soldado, podem ocorrer trincas de solidificação na solda. Estas trincas ocorrem em estruturas totalmente austeníticas, que são mais sensíveis a trincas do que aquelas que contêm uma pequena quantidade de ferrita. O efeito benéfico da ferrita é atribuído à sua capacidade de dissolver impurezas prejudiciais, como P e S, que, de outra forma, formariam segregados de baixo ponto de fusão e rachaduras interdendríticas. A rede de ferrita também impede a propagação de trincas e ajuda a ter uma granulação mais fina. Na figura 3 tem-se dois exemplos clássicos: o aço 304 que tem excelente soldabilidade (vide a presença de ferrita) e aço 310, conhecido pela sua tendência às trincas de solidificação devido à ausência de ferrita na estrutura solidificada.

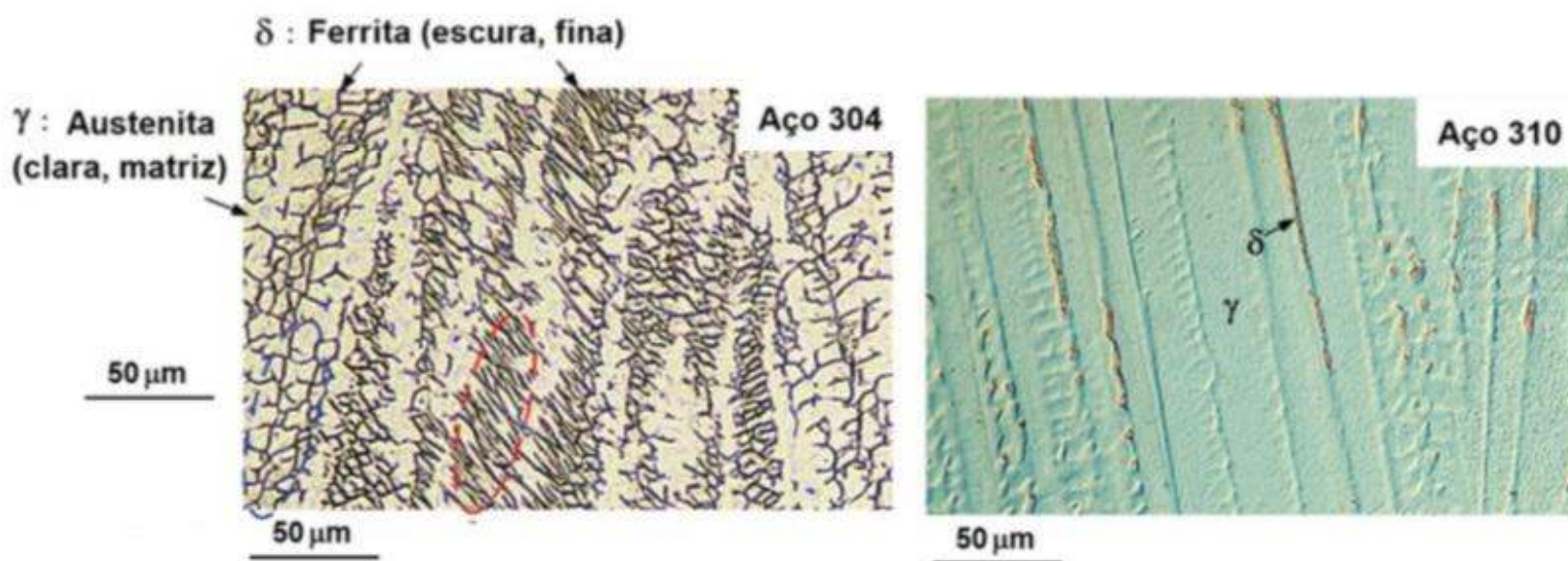


Figura 3. Estrutura de solidificação dos aços 304 e 310

Como a presença de 5-10% de ferrita na microestrutura é extremamente benéfica, a escolha da composição do material de enchimento, bem como a especificação da composição química do próprio metal base, é crucial para suprimir o risco de trincas. Uma indicação do equilíbrio ferrita-austenita para diferentes composições é fornecida pelo diagrama de Schaeffler modificado por DeLong, figura 4. A soldabilidade do 310 pode ser garantida com algumas medidas: utilizar um metal base e de adição com baixíssimos teores de S, reduzir a temperatura entre-passes e, no caso de juntas com alta restrição, usar arames de 309.

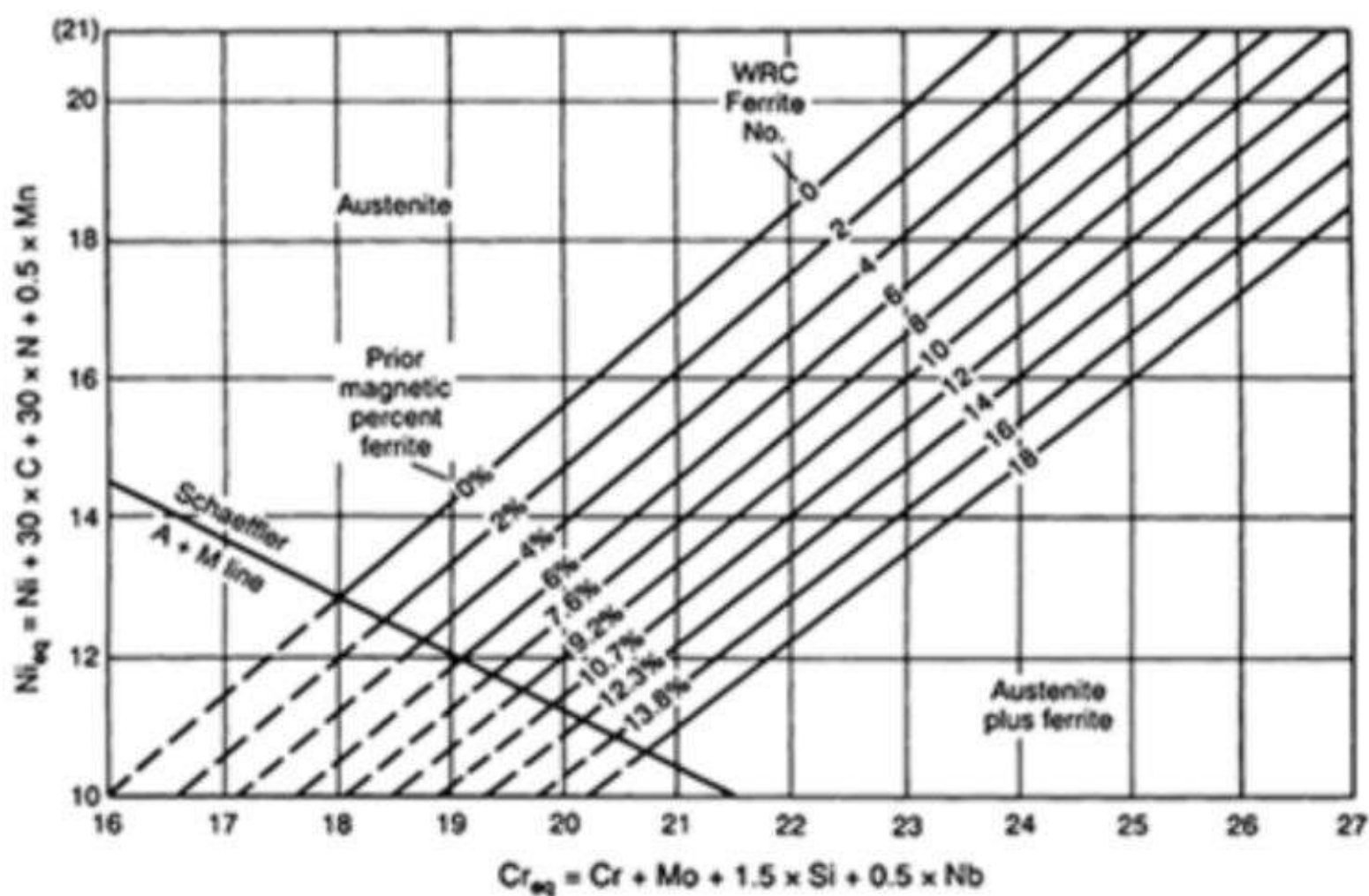


Figura 4. Diagrama de Schaeffler modificado por DeLong

Um outro ponto de atenção na soldagem de um aço austenítico é a sensitização, ou a precipitação de carbonetos de cromo nos contornos de grão na região termicamente afetada. Esta precipitação leva a uma redução da resistência à corrosão nesta região. No gráfico apresentado na figura 5a observa-se como ocorre esta precipitação em função dos teores de C, da temperatura e do tempo. Para um elevado teor de C, superior a 0,08%, a sensitização se dá em temperaturas mais elevadas e em um tempo muito curto, menos de 1 minuto. Já para carbono mais baixo, inferior a 0,030%, a temperatura de sensitização é mais baixa, e o tempo é bem longo, mais de 10 horas.

Na figura 5 (b) ilustra-se como se dá a precipitação de Carbonetos de Cromo nos contornos de grão. As regiões vizinhas a estes precipitados ficam empobrecidas em Cr, reduzindo sua resistência à corrosão, possibilitando a ocorrência da corrosão intergranular.

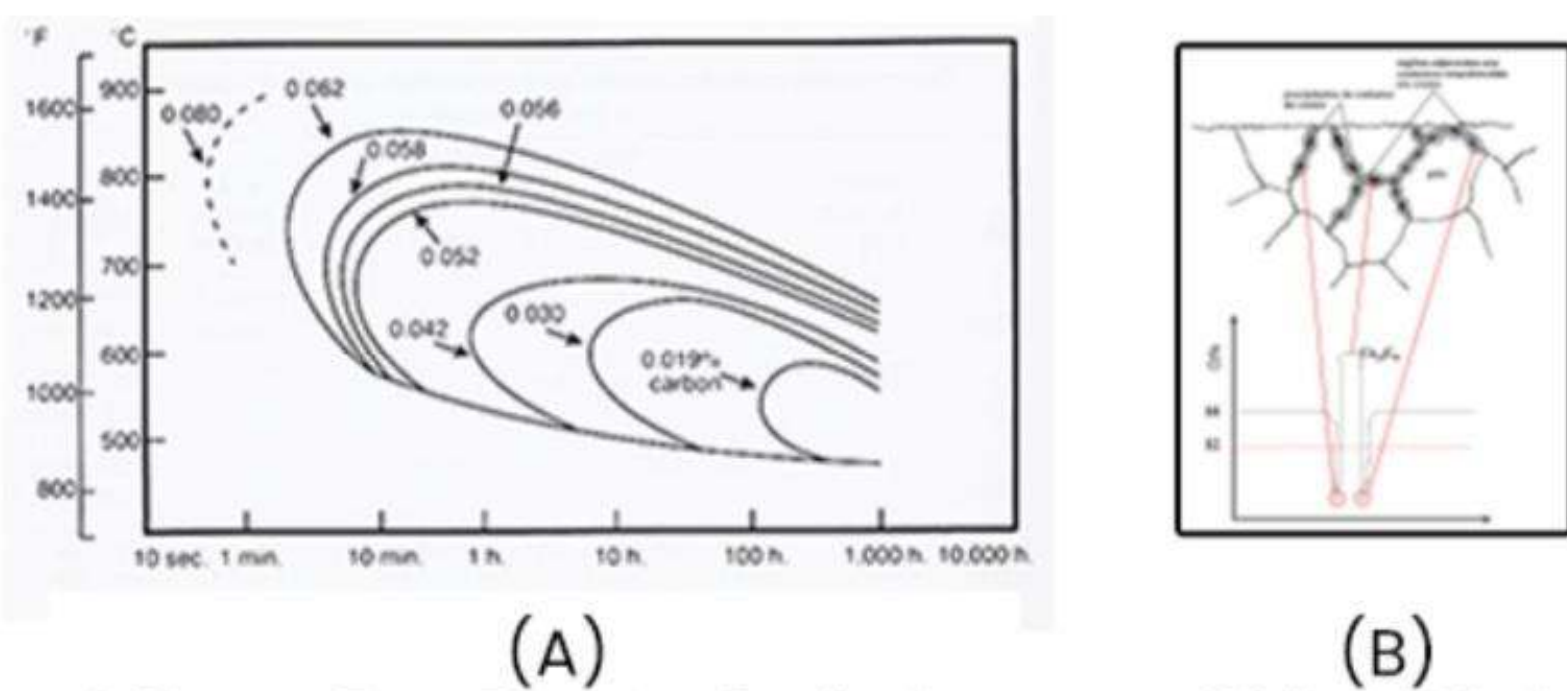


Figura 5. Diagramas Tempo-Temperatura-Sensitização para um aço 304 (a); Precipitação de Carbonetos de Cromo nos contornos de grão (b).

Para evitar a sensitização, ou a corrosão intergranular, há duas maneiras: a utilização de aços com baixo teor de C, como o 304L, ou a utilização de aços estabilizados, como o 321.

Nos aços estabilizados o carbono está todo combinado com Ti, ou Nb, evitando-se assim a sua combinação com o Cr. No caso de chapas mais finas, inferiores a 1,0 mm, a utilização de carbono inferior a 0,05% já é suficiente para evitar a sensitização.

Na figura 6 são dados dois exemplos de corrosão intergranular. É nítido como se manifesta a corrosão intergranular, e como o carbono afeta este tipo de corrosão.

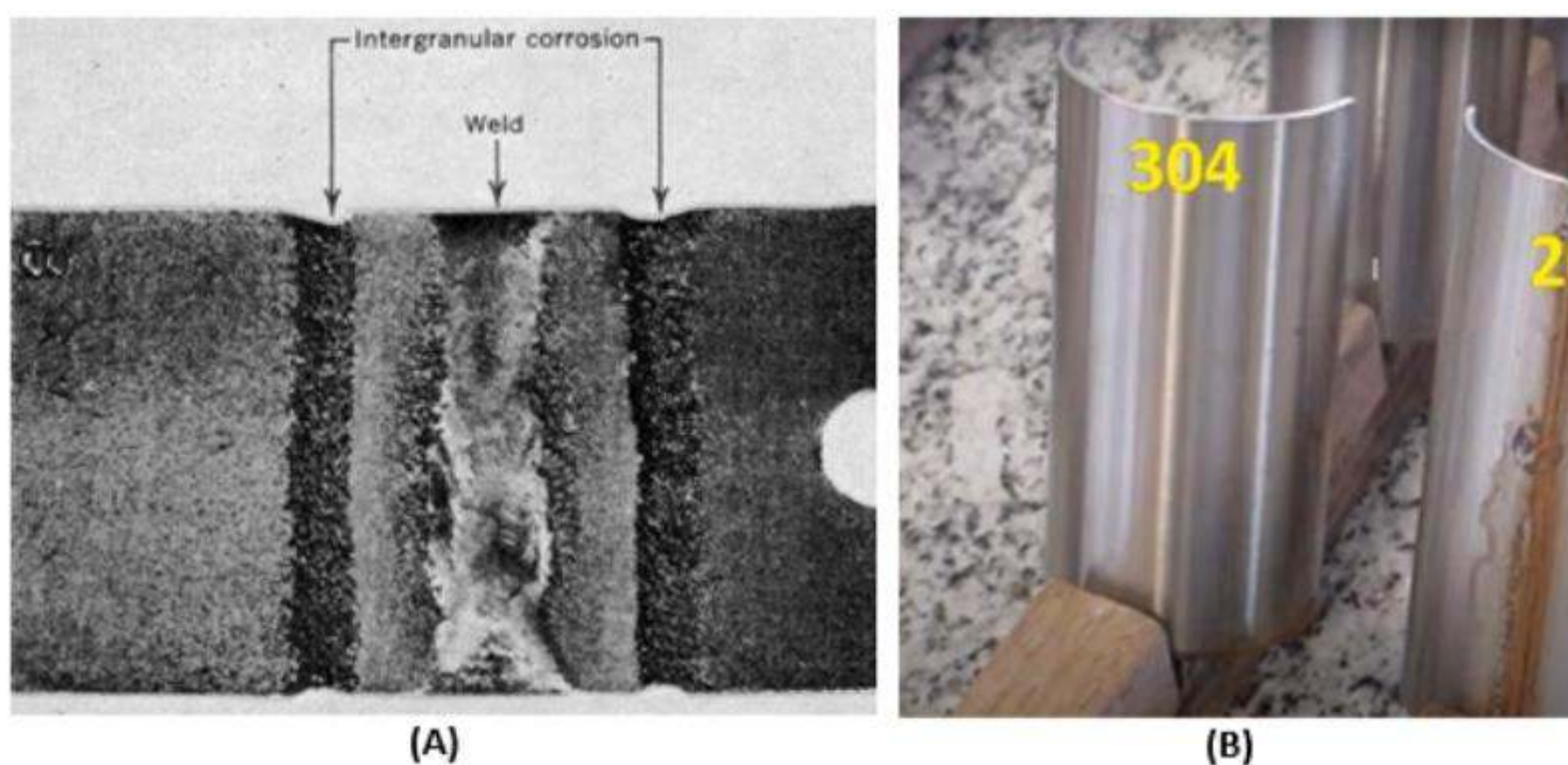


Figura 6: Corrosão intergranular na ZTA da solda de duas chapas de aço inox austenítico (a), e uma comparação após ensaio em névoa salina de um aço 304 com um aço 201 (alto carbono)

Aços Inoxidáveis Ferríticos

Os Aços ferríticos podem ser soldados por diversos processos, desde que se tenha certos cuidados. São amplamente utilizados no setor automotivo com emprego de solda, figura 7. Os problemas com a soldabilidade dos aços ferríticos serão relatados a seguir, bem como as medidas para evitá-los.



Figura 7. Aplicação de aços ferríticos em sistemas de exaustão

Pode haver a formação de pequena quantidade de martensita nos contornos de grão da zona termicamente afetada da solda, reduzindo a tenacidade e a ductilidade. A solução seria realizar um recozimento após a soldagem. Embora os aços ferríticos contenham apenas pequenas quantidades de carbono, a precipitação de carboneto de cromo nos contornos de grãos pode 'sensibilizar' o aço, tornando-o suscetível à corrosão intergranular.

No entanto, os desenvolvimentos nos últimos anos de aços estabilizados (contendo baixo teor de carbono), titânio ou nióbio melhoraram essa situação. O uso de aços estabilizados, na maioria das vezes, também inibe o aparecimento de martensita.

Além disso, se o aço for aquecido a uma temperatura suficientemente alta, pode ocorrer crescimento de grão, resultando também em uma perda de ductilidade e tenacidade. Este fenômeno é inevitável, mas pode ser minimizado reduzindo-se o input de calor, e evitando-se soldar materiais acima de 6,0 mm.

Na figura 8 é apresentada uma micrografia da ZTA de uma solda TIG realizada em um aço 430, espessura 1,0mm. É bem visível, na região de maior input de calor, o crescimento de grão e as agulhas de martensita. É provável que este material também esteja sensibilizado.

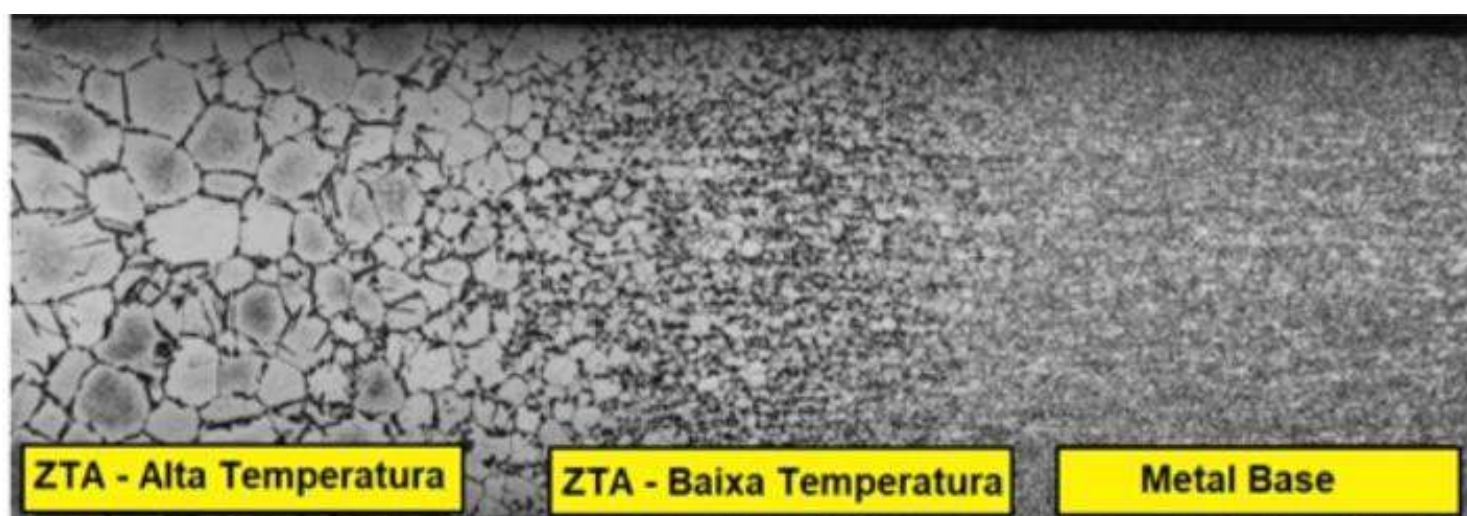


Figura 8. Regiões termicamente afetadas de uma solda TIG realizada em um aço 430, espessura 1,0mm.

Aços Inoxidáveis Martensíticos

Os aços martensíticos apresentam mais problemas nas soldas que os aços ferríticos devido às mudanças de fase que ocorrem. A transformação da austenita, fase presente em temperaturas elevadas, em martensita causa mudanças de volume, tensões internas, aumento de dureza e perda de ductilidade.

Ambas as versões do aço, alto carbono (> 0,1%) e baixo carbono (<0,1%), com algumas exceções, requerem pré-aquecimento e tratamento térmico pós soldagem para evitar problemas de trincas de soldagem e para fornecer uma solda suficientemente resistente e dúctil.

Estes aços são soldados na condição recozida, a estrutura martensítica não tem ductilidade para suportar as tensões provocadas pela solda. Os tratamentos de tempera e revenido devem ser realizados após a soldagem.

CONCLUSÕES

A solda é um dos métodos de fabricação mais empregados nos aços inox em todos os setores da indústria. Uma vez que se adote as recomendações técnicas, ela pode ser realizada sem imperfeições nas aplicações mais complexas, figura 9. No apêndice 1 são fornecidas informações sobre cuidados operacionais ao se soldar os aços inox.



MÓDULOS DE TREINAMENTO

CONHECENDO

OS AÇOS INOXIDÁVEIS

Coordenação:

ABINOX

Por:

Eng. Ronaldo Claret Ribeiro da Silva

**ENVIE SUAS DÚVIDAS OU
COMENTÁRIOS PARA O
ESPECIALISTA DA ABINOX:**

 www.abinox.org.br  [/abinox](https://www.linkedin.com/company/abinox)

 (11) 963405604

 [/associação.abinox](https://www.facebook.com/associação.abinox)

 [@abinox.oficial](https://www.instagram.com/abinox.oficial)

 [@abinox](https://www.youtube.com/@abinox)