



A SOLUÇÃO FERRÍTICA

PROPRIEDADES | VANTAGENS | APLICAÇÕES



GUIA ESSENCIAL PARA O AÇO INOXIDÁVEL FERRÍTICO





International Stainless Steel Forum (ISSF)

Fundado em 1996, o ISSF (International Stainless Steel Fórum) é uma entidade sem fins lucrativos que funciona como um fórum mundial em relação a vários aspectos da indústria internacional do aço inoxidável. Embora tenha sua própria diretoria, seu orçamento e seu Secretário Geral, o ISSF é parte do 'International Iron and Steel Institute' (IISI). O ISSF é hoje formado por 67 membros corporativos e afiliados em 24 países. Juntos, eles respondem por cerca de 85% da produção mundial de aço inoxidável. Uma lista completa dos membros do instituto pode ser encontrada na página do ISSF na Internet: www.worldstainless.org.

Índice

RESUMO: “A SOLUÇÃO FERRÍTICA” JEAN-YVES GILET	5
PREFÁCIO: “CHEGOU A SUA VEZ!” ICDA	6
O QUE ELES DIZEM SOBRE OS FERRÍTICOS	9
Os “FERRÍTICOS FANTÁSTICOS”	13
PROPRIEDADES DE RESISTÊNCIA À CORROSÃO	21
PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS	27
CONFORMAÇÃO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS	31
UNINDO OS AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS	37
PRODUTOS E APLICAÇÕES	45
ANEXO:	
A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS	59
ACABAMENTOS DE SUPERFÍCIE	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
MEMBROS DO ISSF	66
AGRADECIMENTOS	67



ESTRUTURA DE AÇO PARA PONTE
SOBRE RODOVIA EM DURBAN,
ÁFRICA DO SUL, EM AÇO
INOXIDÁVEL FERRÍTICO PINTADO.

Resumo

“A SOLUÇÃO FERRÍTICA”

JEAN-YVES GILET, PRESIDENTE DO COMITÊ DE DESENVOLVIMENTO DE MERCADO DO ISSF

Em fevereiro de 2004 o ISSF discutiu pela primeira vez um projeto para promover os aços inoxidáveis ferríticos, visto que seus membros haviam apontado que nenhum esforço conjunto da indústria estava sendo feito nesta direção.

Sob a supervisão do ‘Comitê de Desenvolvimento de Mercado’, um grupo internacional de especialistas, liderados por Philippe Richard, iniciou a coleta estatística de dados de mercado sobre os aços inoxidáveis ferríticos e suas aplicações. Eles receberam contribuições de todo o mundo – especialmente do Japão, onde o mercado de ferríticos é o mais desenvolvido.

O ICDA (International Chromium Development Association) logo propôs se unir à iniciativa e ajudar a financiar o projeto. Tal proposta foi aceita com grande entusiasmo, como um exemplo concreto de cooperação entre organizações internacionais.

Durante a fase de implantação do projeto, os preços do níquel subiram drasticamente e com isso o interesse em aços inoxidáveis com preços mais estáveis aumentou sobremaneira. O ISSF então conferiu ao projeto prioridade máxima! Tenho hoje o orgulho em apresentar os resultados que irão chegar ao mercado na hora certa.

Eu acredito firmemente que o aço inoxidável ferrítico pode e deve ser mais amplamente utilizado. O objetivo desta publicação é levar ao uso mais intensivo destes tipos de aço inoxidável.

Os aços inoxidáveis são ‘inoxidáveis’ devido ao seu teor de cromo que confere a eles significativa resistência à corrosão. Os ferríticos, contendo somente cromo e possivelmente outros elementos de liga (Mo, Ti, Nb, etc) não são exceção. Os aços inoxidáveis ferríticos padrão e amplamente conhecidos 409, 410 e 430 estão disponíveis em todo o mundo. Usados com muito sucesso em aplicações importantes, como tambores para máquinas de lavar roupas e sistemas de exaustão de veículos automotores, eles na verdade apresentam um potencial de aplicação muito mais amplo e diversificado em inúmeras áreas.

Os aços inoxidáveis ferríticos desenvolvidos mais recentemente, como o 439 e 441, atendem a uma série ainda mais ampla de exigências. Eles podem ser moldados em formatos mais complexos e unidos com métodos de junção convencionais, incluindo a soldagem. Graças à adição do molibdênio, a resistência à corrosão localizada do aço inoxidável ferrítico 444 é pelo menos igual ao do tipo austenítico 316.

Uma vez que os aços inoxidáveis ferríticos não contêm níquel, seu custo se torna mais baixo e mais estável do que o dos aços inoxidáveis autênticos. Portanto, ele pode:

- Complementar o tipo 304 da família de aços inoxidáveis (embora o 304 continue sendo um tipo versátil e usado com frequência);
- Ser uma alternativa para a série 200 (oferecendo em geral melhores propriedades de utilização);
- Substituir outros materiais em muitas áreas (ex. aço carbono, Cu, Zn, Al, plástico, etc,...) graças às suas propriedades técnicas especiais – sendo as razões para a substituição geralmente os benefícios técnicos e o custo do ciclo de vida útil.

O magnetismo do aço inoxidável ferrítico não é uma característica ‘negativa’, que de certa forma o associa ao aço carbono comum. Pelo contrário, o magnetismo é um ativo especial destes excelentes aços inoxidáveis, diferenciando-os de outros tipos de aço inoxidável.

Para podermos obter os melhores resultados dos ferríticos, é importante que:

- Os novos usuários sejam treinados sobre as técnicas de conformação e união;
- O usuário consulte o seu produtor de aço inoxidável sobre a seleção do tipo correto;
- O usuário adquira seu material de uma fonte confiável, capaz de oferecer garantia comprovada do tipo, qualidade e origem do material fornecido.

A alta qualidade dos esforços empreendidos pela equipe, assim como o apoio precioso do ICDA nos permitem hoje apresentar um documento de referência para o mercado do aço inoxidável. Nesta publicação há testemunhos valiosos dos clientes, que demonstram um interesse muito grande nos novos desenvolvimentos. O ISSF é grato a todas estas contribuições.

Jean-Yves Gilet

Presidente

Comitê de Desenvolvimento de Mercado
ISSF



Prefácio

“CHEGOU A SUA VEZ!”

FRIEDRICH TERERDE DA ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO CROMO (ICDA-INTERNATIONAL CHROMIUM DEVELOPMENT ASSOCIATION)

Primeiramente, gostaria de agradecer ao ISSF pelo convite feito ao ICDA para escrever o prefácio da ‘Solução Ferrítica’ – uma publicação que é certamente muito expressiva no que se refere ao cromo.

O ICDA foi fundado em Paris em 1990 e conta hoje com 96 membros de 26 países em 5 continentes. Nossa missão é contar ao mundo a história de sucesso do cromo.

O cromo é usado no ferro e no aço para produzir o aço inoxidável e outras ligas. No aço inoxidável, o cromo é um ingrediente especial. Ele é o elemento de liga que torna o aço inoxidável ‘inoxidável’, conferindo ao material inigualável resistência à corrosão e oxidação. O cromo tem pronta disponibilidade e é facilmente reciclado a partir do aço inoxidável, não apresentando nenhuma ameaça ao meio ambiente.

No papel de um órgão que representa os produtores de cromo, estamos apoiando esta publicação porque acreditamos que ela irá desenvolver a indústria do cromo. O cromo nunca é usado sozinho. O ‘Comitê de Desenvolvimento de Mercado’ do ICDA vem implantando projetos de interesse comum com institutos como o ISSF há alguns anos. O cromo é o elemento básico de todas as famílias de aço inoxidável – com teor médio de 18%. O consumo anual de aço inoxidável está aumentando a uma taxa de crescimento composto de 5% e o material é utilizado em um número cada vez maior de aplicações nos setores alimentícios, bebidas, mineração e automotivo, assim como na arquitetura.

Vocês sabem que o níquel, utilizado nos aços inoxidáveis ‘austeníticos’ está sujeito a flutuações consideráveis de preço, devido ao mercado de metais. Na verdade, nos últimos anos o preço do níquel aumentou a níveis nunca antes vistos, afetando drasticamente o custo dos aços inoxidáveis austeníticos.

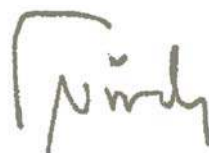
Os ferríticos, a segunda grande família dos aços inoxidáveis, não contêm níquel. Todavia, eles contêm cromo. No contexto do nosso próprio desenvolvimento, dado o crescimento excepcional do mercado de aço inoxidável, sentimos que devemos incentivar fortemente o uso mais abrangente dos ferríticos neste momento.

Ficamos então muito satisfeitos quando o ISSF nos chamou para apoiar o seu projeto de identificação e desenvolvimento de novas aplicações de mercado para o aço inoxidável ferrítico. O grande objetivo deste projeto é atingirmos um crescimento sustentável no mercado de aço inoxidável e construir um futuro brilhante para estes excelentes aços inoxidáveis.

Analisando as informações disponíveis sobre os ferríticos, encontramos muitos materiais sobre o aço inoxidável em geral, mas poucos sobre os ferríticos especificamente – embora estes aços já existam há quase 100 anos! Esta lacuna motivou o ISSF a criar esta publicação. Ela fornece informações essenciais sobre as propriedades técnicas, vantagens e aplicações potenciais dos aços inoxidáveis ferríticos e também oferece recomendações sobre o processo de fabricação. Além disso, ela também tenta corrigir certos enganos sobre o uso e características do aço inoxidável ferrítico.

Para finalizar, o ICDA está ciente de que a volatilidade do preço do níquel apresenta um problema importante para os usuários do aço inoxidável. Estamos preparados para apoiar a indústria e seus clientes, participando da busca por soluções alternativas. É claro para nós que, graças às suas qualidades técnicas comprovadas e suas vantagens em termos de custo, chegou a hora do aço inoxidável ferrítico.

As páginas a seguir irão instruir usuários atuais e em potencial do aço inoxidável sobre como ampliar o uso dos ferríticos para novas áreas de aplicação.



Friedrich Teroerde

Presidente

Comitê de Desenvolvimento de Mercado

ICDA





O AÇO INOXIDÁVEL FERRÍTICO É IDEAL
PARA SUPERFÍCIES EXTERNAS
DE EQUIPAMENTOS
PARA COZINHA PROFISSIONAIS.



A APARÊNCIA BRILHANTE DO AÇO INOXIDÁVEL FERRÍTICO SIMBOLIZA LIMPEZA E HIGIENE NAS APLICAÇÕES EM QUE HÁ CONTATO COM OS ALIMENTOS.

O que eles dizem sobre os ferríticos

As vantagens econômicas e os benefícios técnicos dos aços inoxidáveis ferríticos têm sido apreciados por certos setores do mercado há vários anos. Os depoimentos a seguir, representando os mercados já existentes e os que estão surgindo, mostram que estes benefícios já são mais amplamente conhecidos.

STEFAN RAAB

**DIRETOR DE COMPRAS DE MATERIAIS PARA PRODUTOS,
BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERATE GMBH, MUNIQUE, ALEMANHA**

“Utilizamos o aço inoxidável em aproximadamente um terço de nossos produtos. O motivo de usarmos este material é parte funcional, devido à sua resistência à corrosão, e em parte devido à estética. A fatia de mercado do aço inoxidável ferrítico é de aproximadamente 50% no momento. Nosso objetivo é aumentar isto, principalmente porque o ferrítico oferece ao cliente os benefícios do aço inoxidável, em termos de qualidades funcionais e design, em muitos tipos de aplicação, mas com custos reduzidos. Vamos usar os aços inoxidáveis ferríticos onde a resistência à corrosão e a formabilidade permitirem.



ROBERTA BERNASCONI

**GERENTE, TECNOLOGIA GLOBAL – MATERIAIS,
WHIRPOOL CORPORATION, CASSINETTA DI BIANDRONNO, ITÁLIA**

“Como fabricantes de eletrodomésticos, usamos o aço inoxidável ferrítico em nossas geladeiras e máquinas de lavar roupas, e estamos avaliando a possibilidade de também usarmos o ferrítico nos utensílios de cozinha e nas lavadoras de louça. A vantagem em termos de custo é tanta que faz sentido para nós e nossos clientes usarmos mais este aço inoxidável.



“Projetamos nossos produtos tendo em mente as considerações de fabricação necessárias para atendermos nossas especificações e ocasionalmente selecionamos um aço inoxidável revestido e até mesmo um aço inoxidável revestido com proteção para marcas de dedos, caso necessário, a fim de garantir vida útil longa aos nossos itens. Podemos

em alguns casos usar um aço inoxidável ferrítico com teor de liga mais alto. O importante é usufruir dos benefícios das vantagens econômicas que a utilização dos ferríticos nos oferece.

“Nós os consideramos excelentes para nossas aplicações e, devido ao alto custo do níquel, o futuro, no nosso caso, certamente está nestes aços de excelente qualidade.”

JEAN-LOUIS LALBA

**COMPRADOR DE MERCADO DO GROUPE SEB, (TEFAL, ROWENTA, KRUPS,
MOULINEX, ARNO, ALL CLAD, PANEX, ETC.), RUMILLY, FRANÇA**

Usamos cerca de 15.000 toneladas métricas de aço inoxidável por ano, dos quais cerca de 40% são ferríticos. Nosso grupo usava originalmente os ferríticos para as tampas de panelas, para as quais ele é ideal, para as bases estampadas ou brazadas das panelas de cozimento por indução e mesmo para as residências. Esta linha foi ampliada, incluindo as frigideiras, e nestes casos o resultado é plenamente satisfatório para o usuário final.



Geralmente, nestas aplicações, a resistência à corrosão e as características de repuxo profundo e polimento dos ferríticos têm sido muito bem aceitas tanto por nós como por nossos clientes. Existem casos em que exigências de fabricação ou manutenção muito rígidas se sobrepõem aos limites dos aços inoxidáveis ferríticos em uma ou mais destas qualidades ou mesmo em relação à sua facilidade de processamento. E há até preconceitos infundados contra os ferríticos em alguns países! Todavia, consideramos estes aços a escolha perfeita em muitos casos. Na verdade, sua natureza magnética é essencial para as panelas de aço inoxidável para cozimento por indução. E, obviamente, o preço dos ferríticos é estável e confiável.

“Com a nossa ampla experiência nos ferríticos, pretendemos ampliar seu uso em outras aplicações.”



NA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR,
O AÇO INOXIDÁVEL FERRÍTICO
PROVOU SER SUPERIOR AO AÇO
CARBONO EM TODOS OS NÍVEIS.

GAETANO RONCHI

GERENTE SÊNIOR, COMPRAS DE METAIS, IKEA

“Utilizamos aço inoxidável nas travessas e panelas, talheres – incluindo as facas – e acessórios para cozinha e banheiro. Nosso consumo anual hoje é de 60.000 toneladas/ano, crescendo cerca de 15% ao ano. Uma parte significativa deste consumo é de aço inoxidável ferrítico.”



Em meados de 2003 a IKEA decidiu adotar os ferríticos como o aço inoxidável de uso geral, principalmente devido ao preço estável e previsível do produto. Testes mostraram que os artigos com soldas contínuas exigem um aço inoxidável com teor mais alto de cromo que o padrão 430, a fim de promover ótima resistência à corrosão, e que os componentes soldados precisam de um processamento extra para atender às exigências. Todavia, a decisão representava um avanço em nosso desenvolvimento de artigos em aço inoxidável. O crescimento nas vendas e o uso do aço inoxidável no design de novos produtos teriam sido seriamente prejudicados se tivéssemos insistido no uso dos aços inoxidáveis austeníticos.

“Inúmeros produtos em aço inoxidável da IKEA são produzidos por um OEM (fabricante de equipamentos originais) asiático e o sucesso da nossa transição para os ferríticos se deu devido à educação e treinamento oferecidos aos escritórios de compras do grupo na Ásia e aos seus representantes OEM. Nosso objetivo é retirar os aços inoxidáveis austeníticos da nossa linha de produtos, substituindo-os por completamente ferríticos aprimorados. Estamos agora testando os novos ferríticos com propriedades aprimoradas de repuxo profundo ou resistência à corrosão.”

MICHAEL LEUNG

GERENTE ASSISTENTE, YIU HENG INTERNATIONAL COMPANY LIMITED, MACAU

“Os principais produtos da nossa subsidiária Xinhui Rixing Stainless Steel Products, com sede na província de Guangdong, China, são panelas e utensílios de cozinha em aço inoxidável. No momento da preparação deste testemunho a empresa consumia cerca de 800 toneladas métricas de aço inoxidável por mês, dos quais 66-70% é ferrítico. Quando inauguramos nossa fábrica, em 1999, usamos somente aços da série 400 para o fundo das panelas. Começamos a utilizá-lo para o corpo das panelas em 2002.”



“O custo reduzido não é o único motivo para preferirmos os ferríticos. Os aços inoxidáveis ferríticos são magnéticos e apresentam boa condutividade térmica. Eles são fáceis de serem reciclados, o que ajuda a proteger os recursos do planeta. Mudar do aço 304 para o ferrítico significa tornar o fabricante mais competitivo e oferecer ao consumidor um produto seguro com um preço mais baixo. Precisamos acabar com o preconceito infundado de que porque os ferríticos são magnéticos eles apresentam qualidade inferior e menor resistência à corrosão.”

“Nas fábricas onde o aço inoxidável 304 é usado de forma mais predominante, mudar para os ferríticos significa adaptar o processo de fabricação e as ferramentas. Isto representa um custo elevado. Entretanto, nossa experiência demonstra que os custos totais de produção podem ser reduzidos com os ferríticos.”

“No geral, estamos muito satisfeitos com os ferríticos. Uma ampla variedade de ferríticos foi desenvolvida, a fim de atender às diversas exigências. Esperamos que o aço inoxidável ferrítico se torne amplamente disponível nos centros de serviço de aço e extensivamente utilizado em uma grande variedade de setores.”

ATUSHI OKAMOTO

GERENTE DA SEÇÃO DE PRODUÇÃO NR. 1, PLANTA DE OSAKA, TAKARA STANDARD CORP., JAPÃO

“Takara Standard é um importante fabricante de produtos para cozinhas e banheiros no Japão. Usamos o aço inoxidável em pias e bancadas de embutidas cozinhas embutidas e para banheiras e componentes de montagem de banheiras embutidas. Esta empresa usa os ferríticos há cerca de 40 anos pelo simples fato que as suas propriedades são suficientes para estas aplicações.”



“Temos tido sucesso com os ferríticos porque o design dos nossos produtos leva em consideração as propriedades mecânicas específicas destes aços, e também porque dispomos da tecnologia necessária para a conformação com prensa e ferramental. Quando um formato mais elaborado é solicitado, realizamos testes para estabelecer os melhores parâmetros de processamento.”

“Para concluir, estamos muito satisfeitos com o aço inoxidável ferrítico. Considero muito importante e útil termos informações publicadas que auxiliem as empresas a escolherem o aço inoxidável ferrítico que melhor se ajuste às suas aplicações.”

OUTROS DEPOIMENTOS APARECEM NAS PÁGINAS DA ESQUERDA, ANTES DO INÍCIO DE CADA CAPÍTULO.



TUBOS SOLDADOS DE AÇO INOXIDÁVEL
FERRÍTICO TÊM UM FUTURO MUITO
PROMISSOR NO MERCADO DE TUBOS
DEVIDO ÀS VANTAGENS TÉCNICAS
E ECONÔMICAS DESTES AÇOS.

CLOVIS TRAMONTINA

PRESIDENTE, TRAMONTINA, SÃO PAULO, BRASIL

“Como importante fabricante brasileiro de produtos para a casa e ferramentas, com uma intensa atividade de exportação, a Tramontina utiliza hoje cerca de 850 toneladas de aço inoxidável por mês, dos quais quase 30% é de ferríticos. Os produtos nos quais usamos principalmente os ferríticos são as bandejas e talheres das linhas econômicas, pias e bases das panelas.”



“Usamos os ferríticos desde 1974 quando iniciamos a produção de panelas e jogos de serviço em nossa planta em Farroupilha. O principal motivo para introduzirmos os ferríticos foi o custo reduzido desta matéria-prima, combinado ao fato de que suas características e propriedades são muito satisfatórias para estas aplicações.”

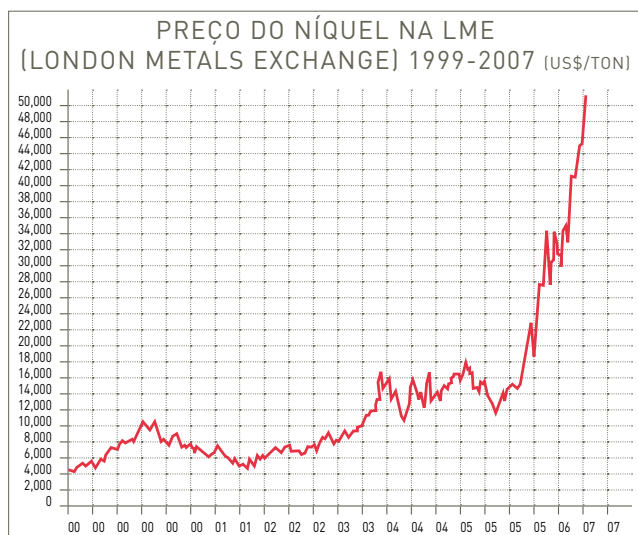
“No que concerne à fabricação de itens com repuxo profundo, como as cubas de pias, os aços inoxidáveis ferríticos não são tão fáceis de serem trabalhados como os austeníticos e exigem um processo de laminação intermediário. Todavia, eu ainda acredito que o aço inoxidável ferrítico seja uma boa opção, devido à sua relação custo-benefício. Por apresentar fácil limpeza e manutenção, o material é higiênico. Ele também tem todos os méritos estéticos do aço inoxidável e encontra-se disponível com vários acabamentos de superfície.”

“Em resumo, estamos felizes com os ferríticos e já os utilizamos há muitos anos. Na verdade, estamos sempre procurando por novas aplicações para poder utilizá-los, usufruindo assim mais e mais de suas vantagens econômicas.”

Os “ferríticos fantásticos”

Devido à explosão nos custos da matéria-prima, o aço inoxidável ferrítico surge como uma solução útil em muitas aplicações onde a substituição por um material mais econômico se tornou imperativa.

Nos últimos anos, os preços de matérias-primas como o alumínio, cobre, zinco e níquel explodiram. Os fabricantes e usuários de aço inoxidável são notavelmente afetados pelo preço alto e volátil do níquel, que flutua diariamente. O níquel é um dos constituintes comumente usados nos aços inoxidáveis austeníticos (série 300).



Os produtores de aço inoxidável não têm controle sobre estes fenômenos, que inevitavelmente geram o aumento e a desestabilização do custo de seus aços que contêm níquel. Esta situação está forçando alguns usuários atuais destes aços a procurarem materiais que custem menos que os austeníticos, mas que tenham características adequadas de produção e manutenção para os seus produtos ou aplicações.

A situação também assusta usuários em potencial do aço inoxidável, que podem acreditar que o aço inoxidável com as qualidades que eles precisam está fora de suas possibilidades financeiras.

CUSTO MAIS BAIXO, PREÇO ESTÁVEL

A boa notícia é que os aços inoxidáveis ferríticos (série 400) – com preço baixo e estável, mas com características técnicas de alta qualidade – estão prontos para provar que são uma excelente alternativa de material para aplicações que supostamente são exclusivamente dos austeníticos.

Sem nenhum níquel, os ferríticos consistem basicamente em ferro



Grill profissional em aço inoxidável 430



Cobertura em aço inoxidável 444X, na Coreia do Sul

e cromo (mínimo 10,5%). O preço do cromo – o ingrediente que torna o aço ‘inoxidável’ especialmente resistente à corrosão – é historicamente relativamente estável. Certos ferríticos contêm elementos de liga adicionais, como o molibdênio, para incrementar propriedades específicas.

O aço inoxidável ferrítico apresenta a maioria das propriedades mecânicas e de resistência à corrosão que os seus parceiros mais caros, os austeníticos, e ainda supera os austeníticos em algumas características. Por que pagar pelo níquel se você tem outras alternativas?

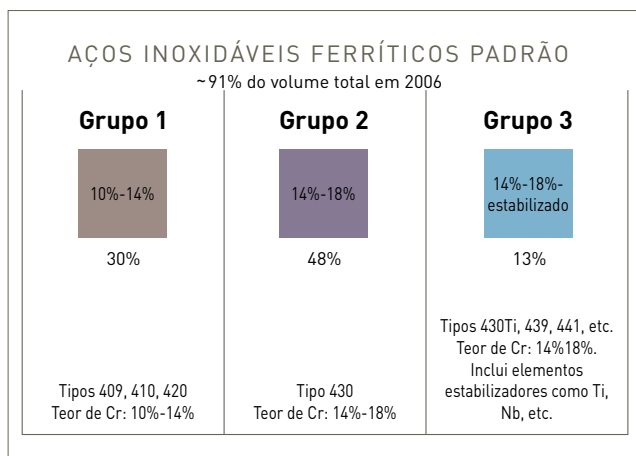
Os usuários de cobre, alumínio ou aço inoxidável austenítico em busca de uma outra solução podem acreditar: os ferríticos consistem na maneira ideal e viável, financeira e tecnicamente, para se beneficiarem das qualidades exclusivas do aço inoxidável.



“Por que pagar pelo níquel se você tem outras alternativas?”

AS 5 “FAMÍLIAS” DO FERRÍTICO

Os aços inoxidáveis ferríticos são classificados em cinco grupos – três famílias de aços inoxidáveis padrão e duas de aços inoxidáveis especiais. Sem sombra de dúvida, o uso atual mais comum dos ferríticos, tanto em termos de tonelagem como em número de aplicações, fica em torno dos aços inoxidáveis padrão. Os aços inoxidáveis ferríticos padrão são claramente e, portanto, totalmente adequados e satisfatórios para muitas aplicações exigentes.



Grupo 1 (tipo 409/410L) apresenta o menor teor de cromo de todos os tipos de aço inoxidável e é também o mais barato. Este grupo pode ser ideal para ambientes sem ou com pouca corrosão, ou aplicações onde uma pequena corrosão localizada é aceitável. O tipo 409 foi desenvolvido originalmente para os silenciadores do sistema de exaustão dos automóveis (partes externas em ambientes corrosivos não severos). O tipo 410L é geralmente utilizado para *containers*, ônibus e recentemente para as molduras dos monitores de LCD.

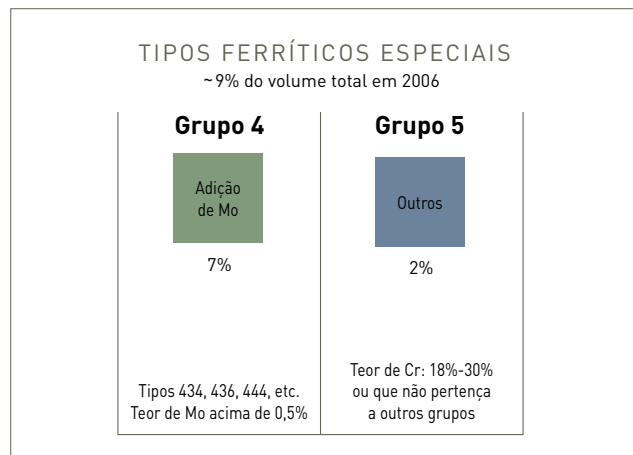
“O aço inoxidável ferrítico padrão é totalmente adequado e satisfatório para muitas aplicações exigentes.”



Containers, nos tipos 409L e 410L.

Grupo 2 (tipo 430) é a família mais amplamente utilizada de ligas ferríticas. Com um teor mais alto de cromo, os aços inoxidáveis do grupo 2 apresentam melhor resistência à corrosão e se comportam de forma muito parecida com o grau austenítico 304. Em algumas aplicações estes tipos são adequados para substituir o tipo 304 e são geralmente suficientes para aplicações em ambientes fechados. Os usos típicos incluem o tambor da máquina de lavar roupa, os painéis internos, etc... O tipo 304 é geralmente substituído pelo tipo 430 em utensílios de casa, lavadoras de louça, baixelas e panelas. Para maiores informações sobre suas características de soldagem, consulte a pág. 37 e as páginas seguintes.

Grupo 3 inclui os tipos 430Ti, 439, 441, etc... Comparado ao grupo 2, estes tipos apresentam melhor soldabilidade e formabilidade. O comportamento deles é estável, em muitos casos melhor que o tipo austenítico 304. As aplicações comuns incluem pias, tubos de trocador de calor (indústria de açúcar, energia, etc.), sistemas de exaustão (vida útil mais longa que com o tipo 409) e peças soldadas das máquinas de lavar roupa. Os tipos do grupo 3 podem até substituir o tipo 304 em aplicações nas quais este tipo está super especificado.



Grupo 4 inclui os tipos 434, 436, 444, etc. Estes aços inoxidáveis receberam adição de molibdênio para resistência extra à corrosão. As aplicações típicas incluem tanques de água quente, aquecedor solar para água, partes visíveis dos sistemas de exaustão, chaleira elétrica e elementos do forno de microondas, guarnições automotivas e painéis externos, etc.. O nível de resistência à corrosão do tipo 444 pode ser similar à do tipo 316.

Grupo 5 (tipos 446, 445/447 etc.) contém cromo adicional e molibdênio para resistência extra à corrosão e descamação (oxidação superficial). Este aço inoxidável é superior ao tipo 316 no que diz respeito a estas propriedades. Os usos comuns incluem aplicações em ambientes marítimos e outros altamente corrosivos. A resistência à corrosão do JIS 447 é igual à do metal titânio.

REFERÊNCIAS DE PESO

Entre as histórias de sucesso do aço inoxidável ferrítico, duas aplicações típicas e extremamente exigentes se destacam. Por anos, o aço inoxidável ferrítico tem sido intensivamente utilizado em duas aplicações de alta exigência: sistemas de exaustão de automóveis e tambores de máquinas de lavar roupas.



Os sistemas de exaustão são expostos a altas temperaturas e condições ambientais corrosivas. O uso do aço inoxidável (ferrítico) possibilita ampliar o período de garantia destas peças.

Os tambores das máquinas de lavar roupas têm de resistir aos detergentes e a um ambiente praticamente sempre úmido. Neste contexto, no entanto, a corrosão seria totalmente inadmissível.

Os proprietários de automóveis e as donas de casa podem comprovar sua satisfação em relação aos sistemas de escapamentos resistentes e aos tambores das máquinas de lavar roupas. Para os fabricantes destes produtos, a “facilidade de fabricação” e as importantes vantagens econômicas são fatores adicionais que tornam o aço inoxidável ferrítico a opção mais óbvia.

“... em muitos casos os ferríticos estão surgindo como a melhor escolha, em detrimento a materiais mais caros.”

Outros usos atuais dos aços inoxidáveis ferríticos incluem desde utensílios e equipamentos para a cozinha até móveis e itens decorativos para interiores, guarnições automotivas, tubos para super aquecedores e re-aquecedores, queimadores, dutos de ar condicionado, grelhas para churrasqueiras, etc... Muitas novas aplicações estão a caminho.



Aquecimento solar para água, Taiwan, China

OS EXCELENTES FERRÍTICOS ATUAIS

Os aços inoxidáveis ferríticos de alta qualidade existem há alguns anos e muitas pesquisas e desenvolvimentos já foram realizados para definir os tipos disponíveis hoje.

Eles não são novos nem para o mercado nem para os produtores altamente experientes. Todavia, é surpreendente constatar que a atitude em relação a este aço pareça estar repleta de enganos e preconceitos, devido a motivos principalmente históricos. O tipo 430 era há um tempo atrás o único disponível e os usuários pioneiros devem ter recebido na época um suporte técnico inadequado sobre o uso deste tipo – especialmente, talvez, no caso das estruturas soldadas ou em condições corrosivas mais sérias. De qualquer forma, uma idéia falsa se consolidou em alguns setores de que os ferríticos são “inferiores” e que somente os “austeníticos” servem.

Os ferríticos se desenvolveram há muito tempo! Hoje existe suporte técnico completo e a variedade de tipos aumentou e se diversificou, a fim de atender às necessidades dos usuários, no que concerne às suas propriedades. Uma vez que estas propriedades são comparáveis às dos austeníticos, torna-se incorreto considerar os aços ferríticos como inferiores ou superiores. Eles são só diferentes – o que é bastante positivo.



Placa anti-ruídos sob viaduto, Japão.

Na verdade, em muitos casos, os ferríticos estão surgindo como uma escolha mais adequada que os materiais mais caros. Eles parecem atender de forma mais próxima às especificações reais de uma determinada aplicação, oferecendo somente as qualidades necessárias – nem mais e nem menos.



Caminhão tanque com feitor, revestimento com tipo 430, África do Sul.

PERFEITO PARA A CONFORMAÇÃO

Tão maleáveis quanto o aço carbono, os aços inoxidáveis ferríticos são ideais para as operações de conformação. Eles são menos maleáveis que os aços inoxidáveis austeníticos, que apresentam excelentes propriedades, mas que em muitos casos suas especificações vão além do necessário.

O aço carbono e o aço inoxidável ferrítico demonstram comportamento de conformação equivalente. Você só precisa pensar nas formas complexas em que o aço carbono foi utilizado (ex. carroceria dos carros) para admirar as amplas possibilidades dos aços inoxidáveis ferríticos. Com a correta adaptação do ferramental e a escolha do tipo, formas variadas podem ser criadas com os ferríticos.

ORGULHO DE SER MAGNÉTICO

Um engano geral é que porque os ferríticos são magnéticos eles não são aços inoxidáveis “verdadeiros” e enferrujam como o aço carbono. Isto é bobagem. Puramente por questões de estrutura atômica, alguns aços inoxidáveis são magnéticos e alguns não são. A resistência à corrosão não é uma questão de estrutura atômica, mas de composição química

“Um engano amplamente divulgado é que devido ao fato dos ferríticos serem magnéticos eles não são aços inoxidáveis “verdadeiros” e enferrujam como o aço carbono. Isto é bobagem.”

– principalmente em termos do teor de cromo. O magnetismo não tem nada a ver com isso.

Na verdade, o magnetismo dos aços inoxidáveis ferríticos é um dos principais ativos do material, com muitos usos e vantagens existentes e em potencial, incluindo desde grudar avisos na porta da geladeira até guardar facas e outros instrumentos metálicos. É vital, na verdade, que as painéis usadas para o cozimento por indução sejam magnéticas, visto que o processo envolve gerar calor na própria panela através da transferência de energia magnética.



Geladeira, revestimento com tipo 430.

VANTAGENS TÉCNICAS ESPECIAIS

O aço inoxidável é um material especialmente durável e de baixa manutenção, com vantagens significativas sobre custo do ciclo de vida em relação ao aço carbono. Ele também é 100% reciclável: mais de 60% do aço inoxidável novo é produzido de sucata fundida.

As principais propriedades do aço inoxidável podem ser resumidas da seguinte forma:

- resistência à corrosão
- esteticamente atraente
- resistência ao calor
- custo reduzido do ciclo de vida
- reciclagem completa
- neutralidade biológica (em conformidade com as exigências da EU RoHS)
- facilidade de fabricação

Os aços inoxidáveis ferríticos usufruem de todas as vantagens que os aços inoxidáveis têm sobre o aço carbono no que concerne a resistência à corrosão, custo reduzido do ciclo de vida e longevidade. Além disso, suas vantagens sobre os austeníticos não param somente no custo inferior. Os ferríticos na verdade superam os austeníticos em várias características.

VANTAGENS ESPECIAIS DO AÇO INOXIDÁVEL FERRÍTICO

- Os ferríticos são **magnéticos**.
- Os ferríticos apresentam **baixa expansão térmica** (eles se expandem menos que os austeníticos quando aquecidos).
- Os ferríticos apresentam **excelente resistência à oxidação em alta temperatura** (eles são menos susceptíveis à descamação que os austeníticos)
- Os ferríticos apresentam **alta condutividade térmica** (eles conduzem o calor de forma mais uniforme que os austeníticos).
- Os ferríticos estabilizados com nióbio apresentam **excelente resistência à fluência** (eles deformam menos que os austeníticos em resposta à tensão de longo prazo).
- Os ferríticos são **mais fáceis de serem cortados e trabalhados** que os austeníticos (o que exige para o processamento dos austeníticos ferramentas especiais e máquinas mais potentes, gerando assim maior desgaste do ferramental).
- Os ferríticos são significativamente **menos suscetíveis à recuperação elástica** que os austeníticos durante a conformação a frio.
- Os ferríticos apresentam **um maior limite de escoamento** (similar aos aços carbono comuns) que o tipo 304 austenítico.
- Os ferríticos, diferentemente dos austeníticos, **não são suscetíveis à corrosão sob tensã**.



PERFEIÇÃO SIGNIFICA COMBINAR AS ESPECIFICAÇÕES

Nas condições do mercado atual, usuários habituais e potenciais devem, acima de tudo, evitar a “super especificação” quando escolhem um aço para uma determinada aplicação.

Historicamente, o tipo 304 austenítico tem sido o aço inoxidável mais amplamente desenvolvido e disponível devido à grande variedade de aplicações às quais ele é adequado. Os tipos de aço inoxidável ferrítico atuais, quando adequadamente especificados, podem freqüentemente substituir o 304 com resultados excelentes.

Um exame detalhado e realista das qualidades de fabricação e manutenção exigidas irá freqüentemente revelar que um aço inoxidável ferrítico, economicamente vantajoso, pode perfeitamente atender a estas especificações, tanto para o fabricante como para o usuário final.



“Hoje, os aços inoxidáveis ferríticos, quando adequadamente especificados, podem freqüentemente substituir o tipo 304, com excelentes resultados.”



Linha de cozinha, no tipo 430, África do Sul.

Às vezes, um simples procedimento de manutenção (ex. aconselhar os usuários a limpar regularmente a superfície de seus produtos) é tudo que é necessário para manter um aço inoxidável ferrítico econômico livre de corrosão durante a vida útil do produto.



Painéis de revestimento em aço inoxidável 430 pintado, Itália.

“AGORA É A VEZ DESTA AÇO INOXIDÁVEL”

Dadas as qualidades do aço inoxidável ferrítico atual, suas vantagens em termos de custo e suas propriedades excepcionais que podem ser obtidas através do uso de elementos de liga adicionais, as oportunidades para os aços inoxidáveis ferríticos parecem ser ilimitadas.

Esta publicação tenta explicar as qualidades dos ferríticos, descrevendo-as de forma clara e simples. Seu objetivo é incentivar um maior uso dos aços inoxidáveis em geral, promovendo um maior conhecimento sobre os méritos destes tipos com excelente relação custo/benefício. Isto é parte da iniciativa da indústria de aço inoxidável para ajudar os usuários a especificarem os tipos corretos para suas aplicações.

As páginas a seguir abordam as propriedades dos ferríticos de hoje, o papel dos vários elementos de liga e as inúmeras aplicações já existentes e em potencial destes aços.



EM CERTOS AMBIENTES OS AÇOS
INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS OFERECEM
UMA SOLUÇÃO ESTÉTICA,
DURÁVEL E ECONÔMICA PARA
ATENDER ÀS EXIGÊNCIAS
DO MOBILIÁRIO URBANO.



O QUE ELES DIZEM SOBRE OS FERRÍTICOS

DOMINIQUE MARET

DIRETOR DE MARKETING, FAURECIA EXHAUST SYSTEMS, FRANÇA

“Como fornecedor mundial de equipamentos automotivos, o principal uso do aço inoxidável para a Faurecia é em sistemas de exaustão. Das aprox. 200.000 toneladas métricas de aço inoxidável que utilizamos para este fim anualmente, cerca de 90% é de ferríticos. Na verdade, usamos os ferríticos desde meados dos anos 70, quando começamos a produzir os catalisadores em conformidade com os padrões de emissão dos EUA. Os ferríticos apresentam expansão térmica muito menor que os austeníticos, o que foi crucial para a durabilidade destes catalisadores.



“Os ferríticos são uma história de sucesso para nós porque nosso profundo conhecimento sobre o comportamento específico destes aços inoxidáveis em diferentes ambientes de exaustão significa podermos escolher o aço inoxidável correto para a aplicação em questão. Obviamente, devemos considerar as limitações de formabilidade e a necessidade de evitarmos a corrosão intergranular tanto no design do produto como no processo de fabricação. Exigimos cada vez mais o desenvolvimento contínuo dos ferríticos em áreas que envolvam o desempenho em altas temperaturas acima de 900°C e resistência à corrosão. Acreditamos que tais melhorias nos aços inoxidáveis ferríticos irão aproximá-los ainda mais dos austeníticos, mas ainda com um custo menor e mais estável. Com tudo isso podemos dizer que já estamos muito satisfeitos com os ferríticos.”

Propriedades de resistência à corrosão

Os aços inoxidáveis são “inoxidáveis” devido ao seu teor de cromo que confere a eles uma resistência excepcional contra a corrosão.

Todos os aços são susceptíveis à corrosão, em graus diferentes. Os aços inoxidáveis, no entanto, são significativamente mais resistentes à corrosão que os aços carbono devido ao cromo que contém. O cromo (não níquel, como às vezes se imagina) é o principal ingrediente para a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis.

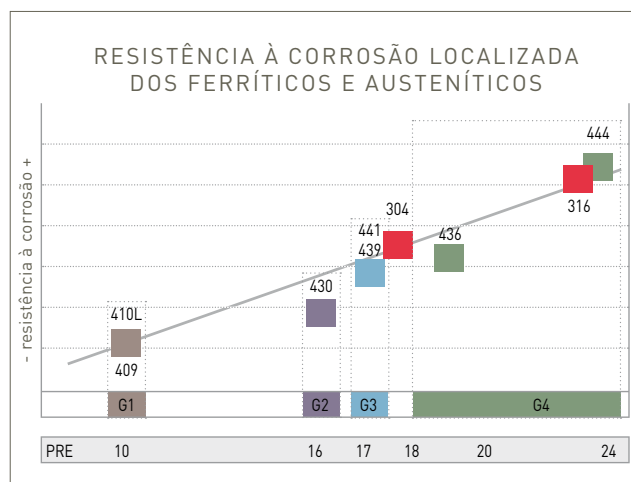
RESISTÊNCIA À CORROSÃO LOCALIZADA

As aplicações do aço inoxidável não necessitam em sua maioria de manutenção, mas em alguns casos, uma manutenção leve (remoção de depósitos, por exemplo) pode ser necessária para garantir uma vida útil sem corrosão.

A resistência à corrosão dos aços inoxidáveis é determinada mais por sua composição química do que pela estrutura atômica austenítica ou ferrítica. Na verdade, em termos de resistência à corrosão, os ferríticos e os austeníticos podem ser vistos como duas famílias intercambiáveis de aços inoxidáveis.

“... os ferríticos e austeníticos podem ser vistos como famílias intercambiáveis de aços inoxidáveis.”

Uma comparação das propriedades de resistência à corrosão dos cinco grupos “ferríticos” com as do tipo 304 austeníticos enfatiza o papel essencial do cromo e mostra que a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis que contém níquel (os austeníticos) pode ser equiparada à da maioria dos membros da família ferrítica.



O gráfico acima mostra que somente os aços inoxidáveis ferríticos com molibdênio apresentam melhor resistência à corrosão localizada (“pitting”) que o 304. Todavia, os tipos padrão de ferríticos estabilizados, embora posicionados um pouco abaixo do 304, ainda apresentam uma resistência à corrosão localizada muito boa.



Re-aquecedor/separador de umidade no tipo 439, Europa.



Grelha e guarnições do radiador, no tipo 436.



Revestimento parcial em edifício com 444, Brasil.

Os ferríticos do **grupo 1** são mais adequados para condições não severas, como o interior de residências (onde o material não é exposto ao contato com a água ou então é seco regularmente) ou ambientes externos onde uma certa corrosão superficial é aceitável. Este grupo de ferríticos apresenta uma vida útil mais longa que o aço carbono.

Os ferríticos do **grupo 2** são eficazes em aplicações que envolvem um contato intermitente com água em condições não severas.

Os tipos do **grupo 3** são adequados para contextos similares aos do grupo 2, mas são mais fáceis de serem soldados.

Os ferríticos do **grupo 4** são mais resistentes à corrosão que o tipo 304 e são adequados para uma grande variedade de usos.

O **grupo 5** inclui, por exemplo, aços com um teor muito alto de cromo, cerca de 29% Cr mais 4% Mo, o que os torna tão resistentes à corrosão na água do mar como o metal titânio.

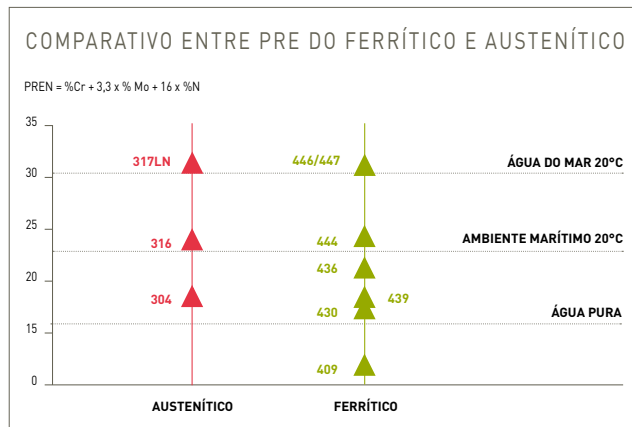


Tanque de armazenagem no tipo 444, Brasil.

“O níquel não exerce nenhum papel na resistência à corrosão localizada.”

O FATOR PRE

O valor “PRE” (ou Pitting Resistance Equivalent = Equivalência à Corrosão por Pites) é uma medida da resistência à corrosão localizada relativa de um aço inoxidável em um ambiente com cloreto. Quanto maior for o valor “PRE” de um aço, mais resistente à corrosão ele será.



A tabela comparativa do PRE mostra em uma primeira análise que para cada aço austenítico há um ferrítico com resistência à corrosão similar.

Na fórmula do PRE simplificada e comumente utilizada, $PRE = \%Cr + 3,3 \times \%Mo$, o molibdênio (Mo) é expresso como sendo 3,3 vezes mais eficaz que o cromo contra a corrosão localizada. Todavia, o cromo é sempre essencial para promover a resistência básica à corrosão. O molibdênio não pode substituir esta quantidade “base” de cromo no aço inoxidável, mas ele pode ser utilizado para melhorar a resistência à corrosão.

O teor de níquel não é considerado nesta fórmula visto que na maioria das aplicações ele não exerce nenhum papel na resistência à corrosão localizada.

EVITANDO A CORROSÃO

A camada “passiva” do aço inoxidável (ver pág. 59) precisa de oxigênio para manter-se intacta. Um acúmulo de depósitos pode privar o aço inoxidável de oxigênio nos pontos críticos, o que pode levar à corrosão. A propagação da corrosão pode levar a uma eventual ruptura da peça.



Churrasqueira e carrinho em aço inoxidável 430, Itália.

FATORES DE RISCO DA CORROSÃO

- Partículas engastadas
- Depósitos nas superfícies
- Defeitos superficiais
- Descontinuidades estruturais
- Salinidade (áreas com sal, água do mar, etc.)
- Aumento da temperatura
- Condições altamente ácidas (ácidos fortes)
- Um ambiente fortemente “reduztor”

FATORES QUE PREVINEM A CORROSÃO

- Superfície limpa
- Superfície lisa
- Superfície pré-passivada
- Envelhecimento da superfície
- O efeito de lavagem (ex. Chuva)
- Alto teor de cromo
- Condições oxidantes (O_2 – não muito forte)
- Adição de molibdênio



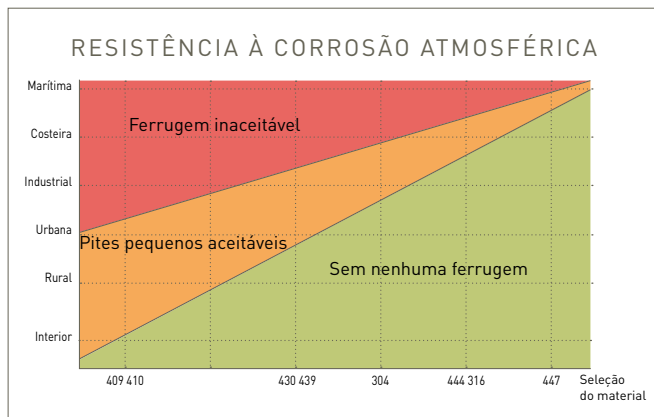
A corrosão se instala quando o pH atinge um valor muito baixo (pH baixo = acidez alta). O nível de pH é uma unidade de medida que descreve um grau de acidez ou alcalinidade de uma solução. Ele é medido em uma escala de 0 a 14.



Barreira de proteção de uma estação de trem, em SUSUKU JIL, Japão.

CORROSÃO ATMOSFÉRICA

Este tipo de corrosão ocorre sobre uma superfície de aço, no filme fino e molhado criado pela combinação de umidade e impurezas do ar. Ela geralmente começa com a presença de cloretos ou compostos sulfúricos – em um ambiente industrial. As condições típicas para o surgimento desta corrosão podem ser, por exemplo, depósitos de cloreto em uma atmosfera úmida e marítima.



Ambientes diferentes exigem diferentes aços inoxidáveis ferríticos (série 400) ou austeníticos (série 300), a fim de resistir à corrosão atmosférica. Nos ambientes industriais, costeiros e marítimos, um pouco de corrosão localizada (pitting) pode ser aceita em determinadas aplicações.

“Os aços inoxidáveis ferríticos podem ser utilizados em ambientes atmosféricos com diferentes níveis de corrosividade.”

ESCOLHA DO AÇO INOXIDÁVEL

O aço inoxidável ferrítico pode ser utilizado em ambientes atmosféricos com diferentes níveis de severidade da corrosão. Todos os parâmetros relacionados às condições de manutenção devem ser cuidadosamente considerados para a seleção do tipo de aço inoxidável apropriado.

Se uma oxidação localizada leve sobre uma superfície (corrosão por pites), por exemplo, não é importante para uma certa aplicação ou ambiente, um aço inoxidável de custo mais baixo pode ser a escolha correta de material.

REGRAS PRÁTICAS

- No caso de um ambiente agressivo, selecione um aço inoxidável com um teor mais alto de cromo e/ou molibdênio.
- Evite acabamentos rugosos para as superfícies – prefira uma superfície polida com um valor Ra (rugosidade absoluta) baixo.
- Otimize o design em nome da “capacidade de lavagem” (ex. mín. 15° de inclinação em superfícies inclinadas)
- Evite geometrias do tipo fresta.
- Mantenha a superfície limpa, com lavagens regulares, a fim de evitar acúmulo de poeira, maresia ou compostos químicos trazidos pela poluição.



Caixa de Eterificação em aço inoxidável 410 pintado, África do Sul.

RESISTÊNCIA À OXIDAÇÃO

Diferentemente dos dois tipos de corrosão acima mencionados, a oxidação a alta temperatura é uma “corrosão seca” que ocorre em altas temperaturas (>500°C) e em atmosferas oxidantes, com ou sem o ciclo térmico.

Quando os aços inoxidáveis são aquecidos, o cromo forma uma “película” protetora de óxido de cromo sobre a superfície que retarda a oxidação. A película e o substrato do metal apresentam diferentes comportamentos de expansão térmica, que podem afetar a estabilidade da película, principalmente em condições de uso com ciclos térmicos frequentes. O coeficiente de expansão da película é muito baixo e se o do metal for muito alto, será gerada tensão película que irá lascas ou rachar quando o metal esfria e contrai.

Graças ao coeficiente de expansão térmica mais baixo, os aços inoxidáveis ferríticos são muito menos susceptíveis à descamação da oxidação cíclica a alta temperatura que as ligas austeníticas. Quando não há lascas ou rachaduras, não há oxidação nova. Isto consiste em uma vantagem específica em aplicações como os sistemas de aquecimentos, queimadores ou sistemas de exaustão, incluindo os coletores de escape.

AMPLAS POSSIBILIDADES DE APLICAÇÕES

Estas propriedades interessantes da resistência à corrosão estão longe de ser o único atrativo dos aços inoxidáveis ferríticos. Todavia, elas já são o suficiente para conquistar defensores dos ferríticos no cenário atual de materiais com custos altos.

Um exame cuidadoso das propriedades dos ferríticos tende a valer a pena. Alguns usuários atuais de austeníticos podem achar, ao examinarem suas especificações, que um aço ferrítico é na verdade perfeitamente adequado para as suas aplicações.



Cobertura do ginásio em aço 445, Coreia do Sul.

... os aços inoxidáveis ferríticos são muito menos susceptíveis à descamação de oxidação cíclica em alta temperatura que as ligas austeníticas.



Os queimadores em aço 430.



Coletor de escape em aço 441.

Usuários potenciais de aço inoxidável podem se surpreender com as excepcionais qualidades dos ferríticos – e descobrir que os aços inoxidáveis podem ser uma opção viável.

O CUSTO DO CICLO DE VIDA: UM GUIA VALIOSO

É muito importante realizarmos um estudo de custo do ciclo de vida sobre qualquer aplicação em potencial. Tal estudo geralmente revela que o aço inoxidável – freqüentemente visto como uma solução cara – é na verdade a opção de menor custo, em uma análise de longo prazo.

A resistência à corrosão do aço inoxidável significa uma vida útil mais longa, menor manutenção, maior valor de revenda, melhor aparência, etc... Ela torna a pintura ou galvanização desnecessárias. E se isso só não bastasse, o custo mais baixo do investimento em aços ferríticos pode ser um argumento decisivo a favor do aço inoxidável como a escolha em material.

Os aços inoxidáveis ferríticos, já amplamente utilizados e respeitados, estão, no entanto, ainda sendo “descobertos”. As inúmeras aplicações comprovadas já existentes, todavia, abrem espaço para novas possibilidades interessantes para estes aços finos.

...o custo mais baixo do investimento dos ferríticos pode ser o argumento decisivo a favor do aço inoxidável...



O COZIMENTO
POR INDUÇÃO NECESSITA DAS
PROPRIEDADES MAGNÉTICAS
DOS AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS.

SEUNG TAE BAEK

LÍDER DE EQUIPE, COMPRAS DE MÁQUINAS DE LAVAR,
LG ELECTRONICS, CORÉIA

"Utilizamos os aços inoxidáveis ferríticos principalmente nos tambores das máquinas de lavar roupas e fazemos isso desde o início de nosso desenvolvimento em máquinas de lavar automáticas. Na verdade, em 2006 usamos algo em torno de 15.500 toneladas de ferríticos contra 2.500 toneladas de austeníticos. Sendo assim, os ferríticos respondem por 85% do nosso consumo de aço inoxidável."



"A vantagem para nós é simplesmente que os ferríticos apresentam qualidades mecânicas muito satisfatórias, e são mais baratos que os austeníticos. Tecnicamente, os avanços na tecnologia de moldagem e o desenvolvimento de aços inoxidáveis ferríticos de qualidade superior significam que podemos usar os ferríticos com muito sucesso hoje em dia. As rachaduras e vincos na prensa ainda são uma fonte ocasional de defeitos e precisamos aprimorar alguns aspectos do processo de repuxo profundo. Todavia, com os ferríticos, podemos obter resultados que agradam a todos em termos de preço e qualidade."

Propriedades mecânicas e físicas

Os aços inoxidáveis ferríticos são de fácil fabricação e adequados a uma grande variedade de diferentes aplicações.

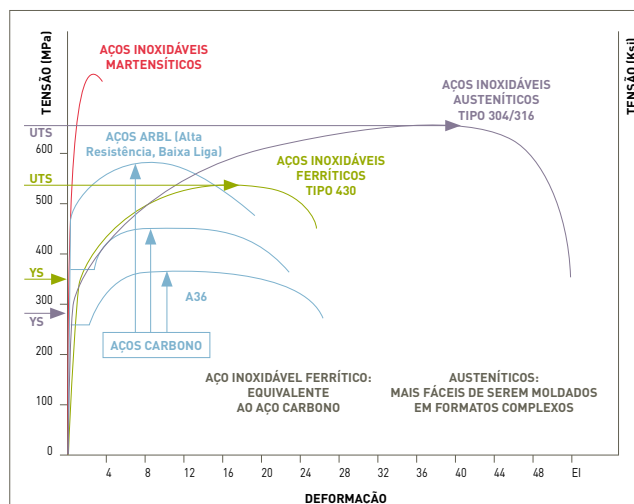
Os ferríticos apresentam boas propriedades mecânicas, ocupando uma posição intermediária neste aspecto quando comparados com outras famílias de aços inoxidáveis. Eles apresentam um maior tensão de escoamento que os austeníticos, enquanto suas propriedades de alongamento e conformação são equivalentes às do aço carbono. Suas propriedades físicas incluem duas características nas quais eles se comportam melhor do que os austeníticos: expansão térmica e condutividade térmica.

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Em termos gerais, as propriedades mecânicas de uma liga metálica são aquelas que descrevem a habilidade do material em ser comprimido, esticado, dobrado, riscado, vincado ou quebrado. Os critérios mais comumente utilizados para avaliar as características mecânicas são:

- **Resistência mecânica:** o grau de resistência de um material à deformação. Dois valores importantes são geralmente considerados aqui:
 - Tensão de escoamento, ou tensão ao qual o material pode estar sujeito antes que a deformação plástica (permanente) ocorra;
 - Resistência à tração, ou tensão ao qual ele pode estar sujeito antes da ruptura/falha.
- **Dureza:** o grau de resistência à penetração devido a uma carga aplicada.
- **Tenacidade:** a capacidade de absorver a energia de deformação antes de uma fratura.
- **Ductilidade (ou plasticidade):** habilidade de se deformar plasticamente sem quebrar.

Algumas destas propriedades podem ser mensuradas com um teste de tração. Os gráficos tensão deformação tornam possível determinar a tensão de escoamento (YS – *yield strength*), a resistência máxima à tração (UTS – *ultimate tensile strength*) e o alongamento total após a ruptura (E). Estes testes resultam em uma definição da curva tensão deformação que determinam o desempenho do material em resposta a diferentes tipos de carga.



A UTS é medida em MPa ($1\text{MPa} = 1\text{N/mm}^2 = 145\text{PSI} = 0,1\text{kg/mm}^2$) e representa a resistência máxima na falha. YS se refere ao início da fase "plástica", na qual o alongamento não mais desaparece quando a tensão é removida.

As curvas tensão-deformação demonstram que enquanto o aço inoxidável ferrítico 430 tem seus limites, ele apresenta claramente um desempenho muito bom dentro destes limites.



Estrutura da carrocça de um ônibus em aço inoxidável 430, África do Sul



Degraus de escada rotante em aço inoxidável 304/316, Japão.

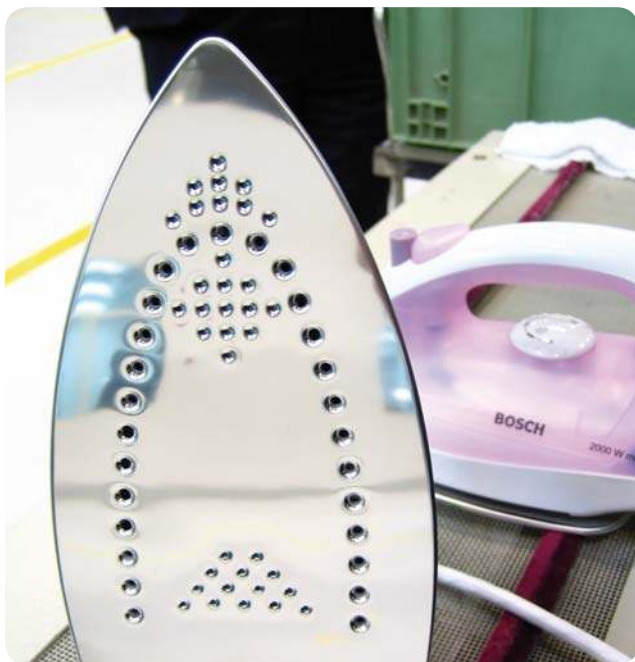
“As propriedades de alongamento e conformação são equivalentes às do aço carbono.”

Os aços inoxidáveis ferríticos apresentam curvas de tensão deformação bastante parecidas com as do aço carbono comum. Com a elasticidade moderadamente alta (geralmente mais alta que a dos austeníticos), resistência à tração máxima moderadamente alta e bom desempenho total de alongamento, eles oferecem boa ductilidade.

PROPRIEDADES MECÂNICAS (LAMINADOS A FRIO)

ASTM A 240				JIS G 4305				EN 10088-2				
	R _m min	R _{p0.2} min	A ₅ min		R _m min	R _{p0.2} min	A ₅ min		R _m	R _{p0.2} min	A ₅₀ min	
409	380	170	20	--	--	--	--	X2CrTi12	1.4512	380-560	220	25
410S	415	205	22	SUS 410	440	205	20	X2CrNi12	1.4003	450-650	320	20
430	450	205	22	SUS 430	420	205	22	X6Cr17	1.4016	450-600	280	18
434	450	240	22	SUS 434	450	205	22	X6CrMo17-1	1.4113	450-630	280	18
436	450	240	22	SUS 436	410	245	20	X6CrMoNb17-1	1.4526	480-560	300	25
439	415	205	22	--	--	--	--	X2CrTi17	1.4520	380-530	200	24
439	415	205	22	--	--	--	--	X2CrTi17	1.4510	420-600	240	23
441	415	205	22	--	--	--	--	X2CrMoNb18	1.4509	430-630	250	18
S44400 (444)	415	275	20	SUS 444	410	245	20	X2CrMoTi18-2	1.4521	420-640	320	20
304	515	205	40	SUS 304	520	205	40	X5CrNi1-80	1.4301	540-750	230	45

A tabela acima apresenta as propriedades nos padrões norte-americanos, japoneses e europeus, comparando os aços inoxidáveis ferríticos com o aço inoxidável austenítico padrão 304. R_m – resistência máxima à tração (equivalente à UTS), R_{p0.2} – elasticidade (equivalente à YS) e A_{5/A80} – alongamento até fratura.



Base do ferro elétrico no tipo 430 (polido).



Tubo interno da caldeira, no tipo 444, Cordeis do Sul.

PROPRIEDADES FÍSICAS

As propriedades físicas de uma liga metálica afetam a habilidade do material em conduzir calor e eletricidade, expandir-se ou encolher-se sob a ação da temperatura, etc.

Os ferríticos são magnéticos. Eles também apresentam outras vantagens importantes sobre os austeníticos. Sua condutividade térmica, por exemplo, é notadamente alta. Isto significa que eles difundem o calor de forma comparativamente mais eficaz, o que os torna altamente adequados para aplicações como os ferros elétricos ou trocadores de calor (tubulares ou a placas).

O coeficiente de expansão térmica dos aços inoxidáveis ferríticos é similar ao do aço carbono e muito mais baixo que o do aço inoxidável austenítico. Conseqüentemente, os ferríticos se distorcem menos quando aquecidos.

PROPRIEDADES FÍSICAS

Tipo de aço inoxidável	Densidade g/cm ³	Resistência elétrica Ω mm ² /m	Calor específico 0 - 100°C J/kg • °C	Condutividade térmica 100°C W/m • °C	Coeficiente de expansão térmica		Módulo de Young x10 ³ N/mm ²
					0-200°C 10 ⁻⁶ /°C	0-600°C 10 ⁻⁶ /°C	
409/410 10%-14% Cr	7.7	0.58	460	28	11	12	220
430 14%-17% Cr	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Estabilizado 430Ti, 439, 441	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Mo > 0,5% 434, 436, 444	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Outros 17%-30% Cr	7.7	0.62	460	25	10.0	11.0	220
304	7.9	0.72	500	15	16	18	200
Aço carbono	7.7	0.22	460	50	12	14	215

O módulo de elasticidade dos aços inoxidáveis ferríticos [a 20°C] é superior ao do austenítico 304. Unidades SI : g/cm³ = kg/dm³ - J/kg • °C = J/kg • °K - W/m • C = W/m • K - 10⁻⁶/°C = 10⁻⁶/K - N/mm² = MPa.



TÃO FORTE QUANTO
O AÇO CARBONO, OS AÇOS
INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS
COM BAIXO CROMO SÃO TAMBÉM
RESISTENTES À CORROSÃO.
OS VAGÕES FERROVIÁRIOS
DE MINÉRIOS APRESENTAM
PORTANTO UM CUSTO
DO CICLO DE VIDA MAIS BAIXO.



ESTÉTICA E HIGIENE TORNAM
O FERRÍTICO O MATERIAL IDEAL
PARA O TAMPO DOS FOGÕES.

ZHANG SEN

DIRETOR DE COMPRAS DE AÇO INOXIDÁVEL. QINGDAO HAIER
INTERNATIONAL TRADING CO.LTD., REPÚBLICA POPULAR DA CHINA

O QUE ELES DIZEM SOBRE OS FERRÍTICOS

“Como líder de mercado na fabricação de eletrodomésticos, o grupo Haier utiliza os ferríticos em uma grande variedade de produtos, incluindo máquinas de lavar roupas, lavadoras de pratos, fogões, exaustores e fornos de microondas. Tendo iniciado a utilização destes aços antes do ano 2000, estamos hoje usando cerca de 14.500 toneladas métricas de ferríticos por ano, o que representa aproximadamente 85% de nosso consumo total de aço inoxidável. Os aços inoxidáveis ferríticos são mais econômicos que os austeníticos e se adequam perfeitamente a estas aplicações.”



“Comparados ao aço inoxidável austenítico 304, os ferríticos padrão não atendem às exigências do repuxo profundo de toda peça e nem demonstram a mesma resistência à corrosão em ambientes com cloretos, nem apresentam as mesmas características de soldagem. Todavia, eles se mantêm como materiais excelentes para os eletrodomésticos e em termos de fabricação os tipos adaptados que utilizamos apresentam boas propriedades de perfuração e embutimento. Portanto, estamos felizes com os ferríticos.”

“Com o preço do níquel subindo de forma desenfreada, nossos custos com a compra de aço inoxidável também subiram drasticamente. Substituir os austeníticos pelos ferríticos não só diminui os custos da matéria-prima como também economiza recursos e protege o nosso meio ambiente.”

“Eu iria mais longe ao dizer que, enquanto os austeníticos dominam o mercado de aço inoxidável atual, o futuro do consumo de aço inoxidável está nos ferríticos.”

Conformação dos aços inoxidáveis ferríticos

Devido às suas boas características de repuxo, os aços inoxidáveis ferríticos podem atender aos desafios de designs complexos e tridimensionais.

Uma vez que o uso deles em designs complexos não prejudica suas qualidades extraordinárias de resistência à corrosão, ao calor e suas características decorativas, os aços inoxidáveis ferríticos são geralmente a escolha correta tanto para os produtos industriais como para consumo.



Topes e fundos de caldeiras estampadas em aço inoxidável 441, África do Sul.

As operações de conformação a frio mudam o formato dos produtos em tiras ou chapas ao sujeitá-los à tração plástica. A operação de conformação envolve combinações complexas de carga de tração e compressão, usando uma combinação de deformações de esticamento e embutimento profundo.

Embora a capacidade total de embutimento dos aços inoxidáveis austeníticos seja superior que a dos ferríticos, alguns ferríticos (certamente os estabilizados ao titânio, com 17% de cromo) demonstram um desempenho excelente no embutimento.

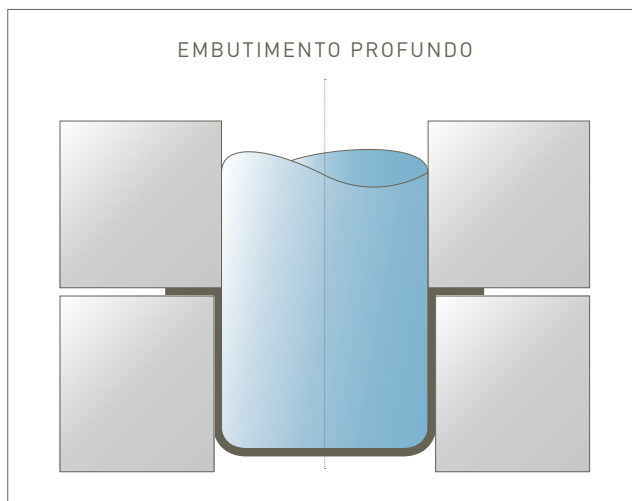
EMBUTIMENTO COM OS AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS

O embutimento é o processo mais comumente utilizado para formar objetos ocios de uma chapa reta ou de um "blank". O bom comportamento de repuxo dos aços inoxidáveis ferríticos, combinado à conveniência de seu preço, podem tornar os ferríticos uma excelente opção.

"...alguns ferríticos apresentam excelente desempenho no embutimento."

COMO O EMBUTIMENTO FUNCIONA

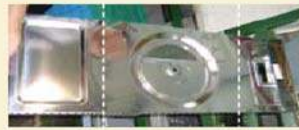
No processo de embutimento, a modelagem da peça é realizada pressionando-se uma chapa reta em uma cavidade de molde através de um macho de estampagem. O metal é puxado para dentro, escorregando entre o molde e o dispositivo anti-ruga para formar as paredes ou "saídas" da peça.



O efeito de deslizamento diferencia "embutimento" do método de "conformar esticando" no qual o blank é seguro pelo dispositivo anti-ruga.



Cuba de pia em aço inoxidável 430, Japão.



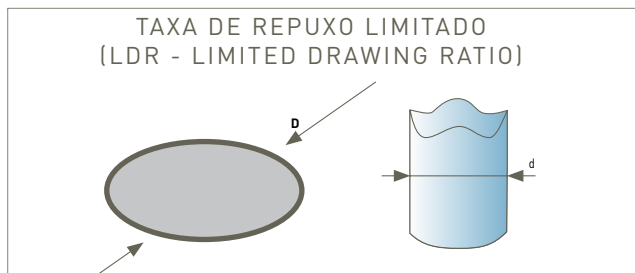
Forno de microondas em aço 430, acabamento BA, Coréia do Sul.

EMBUTIMENTO BEM SUCEDIDO SIGNIFICA

- Ausência de fraturas
- Excelente aparência da superfície
- Consumo mínimo de material
- Alta produtividade
- Baixo desgaste do ferramental

**O FATOR LDR (Limited Drawing Ratio),
o que poderia ser traduzido para “taxa de embutimento limitado”**

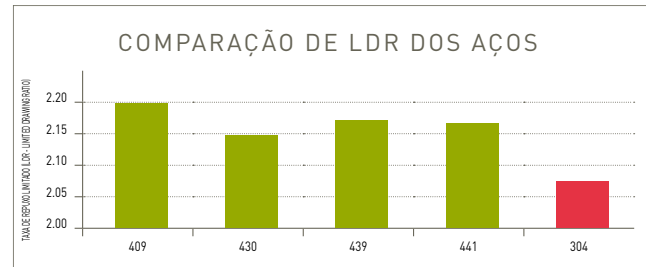
O LDR é um parâmetro importante para o embutimento profundo.



O LDR se refere ao quociente do diâmetro máximo do blank (D) que pode sofrer o repuxo profundo em um cilindro em uma etapa e o diâmetro deste cilindro. $LDR = D/d$.

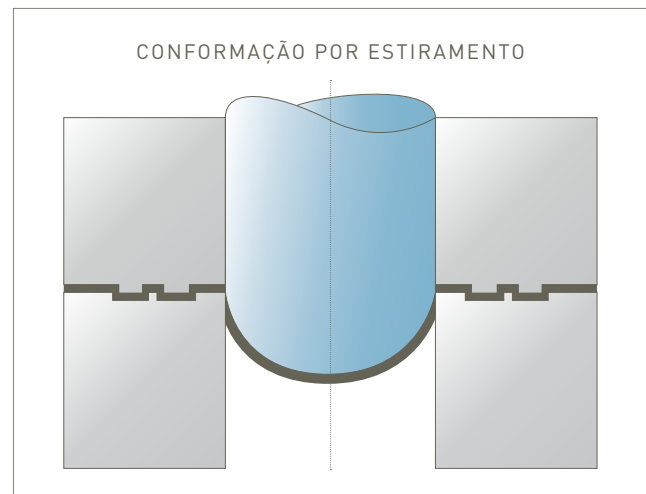
“Os ferríticos apresentam valores LDR mais altos que os austeníticos, o que os torna particularmente adequados para o repuxo.”

Os ferríticos apresentam valores LDR mais altos que os austeníticos, o que os torna particularmente adequados para o repuxo.



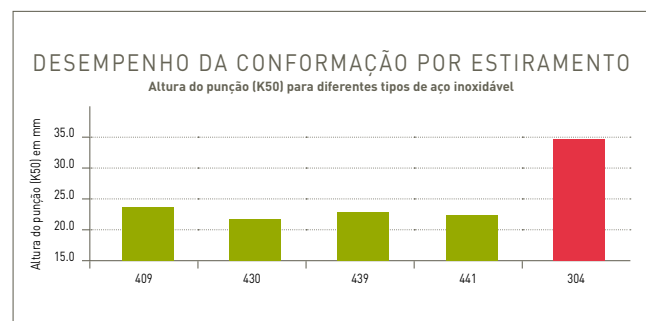
AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS PARA CONFORMAÇÃO POR ESTIRAMENTO

Os aços inoxidáveis ferríticos são inferiores aos austeníticos na conformação pura por estiramento.



Na conformação por estiramento, a área repuxada se torna mais fina.

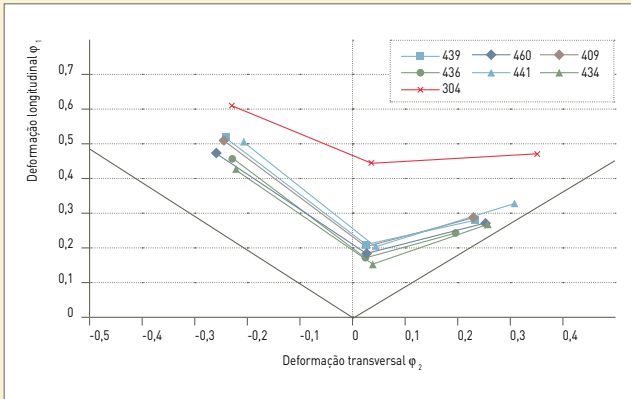
A tabela abaixo compara o desempenho no estiramento de vários aços. A “altura de punção” se refere ao grau máximo de deformação antes de “necking” (a fase anterior à falha) do blank que está sendo estirado.



CURVAS DE LIMITE DE CONFORMAÇÃO

Na prática, as operações de conformação industrial envolvem uma combinação de deformação por repuxo puro e por conformação por estiramento em uma série de 'passes'.

As curvas de limite de conformação servem como um guia útil da deformação máxima antes da falha, tanto no repuxo profundo como nos processos de estiramento. Definidas para os principais aços inoxidáveis, elas podem ser utilizadas para analisar uma operação de conformação.



Estas curvas definem as deformações locais durante e depois da formação no que se refere às duas principais "deformações verdadeiras": longitudinal e transversal. As curvas simulam os efeitos de várias combinações destas duas deformações, até o ponto da fratura. Quanto mais alta a posição da curva melhor a conformabilidade do aço.

COMO OS FERRÍTICOS SE COMPORTAM

Em geral, as características de endurecimento e alongamento de trabalho dos aços inoxidáveis ferríticos são comparáveis às do aço carbono de alta resistência. Elas não são as mesmas dos austeníticos.

Os parâmetros de projeto, construção e fabricação assim como as propriedades do material do aço inoxidável ferrítico devem ser consideradas em conjunto, a fim de que se obtenha o melhor resultado do processo de repuxo.



Compartimento de calibrador estampado, em aço tipo 441.

“O aço inoxidável 430 Ti estabilizado com titânio é geralmente escolhido para substituir um austenítico em aplicações que envolvam o embutimento profundo.”

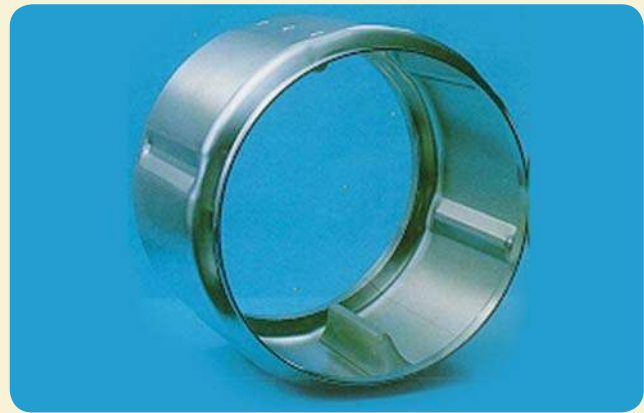
FORMAÇÃO DE ESTRIAS

Depois de certas operações de conformação, os aços ferríticos são às vezes susceptíveis a fenômenos de superfície conhecidos como 'formação de estrias' e 'cordas'.



Com e sem defeitos na superfície.

Este defeito consiste em uma série de linhas ou estrias, paralelas à direção de laminação da chapa. As 'estrias' descrevem o perfil completo da superfície deformada e inclui tanto as modificações microgeométricas e as ondulações em 'cordas' causadas pela deformação.



Tambor de secadora em chapa soldada 409, formada por expansão.

A adição de um elemento estabilizante, como o titânio, traz benefícios neste caso. O aço inoxidável 430 Ti estabilizado com titânio apresenta excelentes resultados neste caso e é por isso geralmente escolhido para substituir um austenítico em aplicações que envolvam o embutimento profundo.



Coletor de escape estampado em aço inoxidável 441.

LUBRIFICAÇÃO

A boa lubrificação da peça e do ferramental é essencial para uma estampagem bem sucedida, para evitar a alteração da aparência da superfície e para evitar o fenômeno de colamento, danoso à vida útil das ferramentas.

Se os aços inoxidáveis ferríticos são entregues com uma superfície brilhante e lisa, um lubrificante de estampagem de alta viscosidade pode ser usado. Os lubrificantes usados com os aços inoxidáveis são óleos especiais com alta resistência à pressão e com pouco ou nenhum cloro. Se aplicado de forma uniforme na peça, eles são removidos facilmente de um componente em aço inoxidável após a operação de estampagem.

FERRAMENTAL

O uso correto da ferramenta é essencial, visto que exerce influência decisiva nas condições de fricção e assim no fluxo do metal durante a operação de conformação. Em casos especiais, o ferramental (molde e ferramenta) pode ser de cobre, ferro ou bronze ao alumínio.



Os tratamentos de superfície como uma camada de TiCN podem ser aplicados para aumentar a vida útil do ferramental. O dispositivo de fixação do blank e as ferramentas devem ser cuidadosamente polidos. O macho de estampagem pode manter-se sem polimento.

“Os lubrificantes usados nos aços inoxidáveis são facilmente removidos de um componente após a estampagem.”

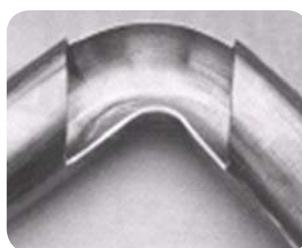
AS PROPRIEDADES DE CONFORMAÇÃO DOS PRINCIPAIS GRUPOS DE AÇO

A tabela abaixo compara as propriedades de conformação dos aços inoxidáveis ferríticos (que apresentam uma estrutura metalúrgica específica e conseqüentemente um comportamento específico) com as do aço carbono e dos aços inoxidáveis austeníticos. Ela utiliza critérios padrão aplicados para definir as características de deformação. CCC (cúbica de corpo centrado) e CFC (cúbica de face centrada) se referem à microestrutura cristalográfica particular de cada tipo de aço.



Tubos soldados dobrados de um coletor de escape, em aço 441.

	Aço carbono	Aço inoxidável ferrítico	Aço inoxidável austenítico
Microestrutura	CCC	CCC	CFC
Endurecimento por deformação plástica	Baixo	Baixo	Alto
Recuperação elástica	Baixo	Baixo	Alto
Estampagem profunda	Excelente	Bom	Bom
Conformação por estiramento	Bom	Bom	Excelente
Formação de estrias	Nenhum	Pode ocorrer	Nenhum



Curva de tubo soldado em 430Ti.



Tubos soldados corrugados de trocador de calor tipo 439.



Tubo soldado hidroformado 1.4003.



Deformação de solda 1.4003.



PONTOS A FAVOR DOS FERRÍTICOS

Enquanto as tabelas e curvas demonstram que os austeníticos são superiores, de forma geral, em termos de conformabilidade, as vantagens de custo dos ferríticos são tão expressivas que um olhar mais atento sobre esta família de aços inoxidáveis pode sempre trazer excelentes dividendos. Especialmente em relação ao método de estampagem, permite-se uma gama extensa de aplicações para o aço inoxidável ferrítico. Na verdade, em determinados casos específicos – como a estampagem profunda ou os efeitos de recuperação elástica – os ferríticos se comportam melhor que os austeníticos.

Os usuários deveriam discutir profundamente as questões técnicas referentes ao uso dos aços inoxidáveis ferríticos com um fornecedor

do material bem conceituado no mercado. A experiência da indústria de aço inoxidável está sempre à disposição para ajudar os usuários a encontrar a melhor maneira de fazer com que os aços inoxidáveis ferríticos funcionem bem e garantir a escolha correta do aço inoxidável mais apropriado para uma determinada aplicação.

“...Especialmente em relação ao método da estampagem, permite-se uma gama extensa de aplicações para o aço inoxidável ferrítico.”



AS REGULAMENTAÇÕES ANTI-POLUIÇÃO CADA VEZ MAIS RÍGIDAS E AS EXIGÊNCIAS TÉCNICAS E ECONÔMICAS TORNAM OS FERRÍTICOS O MATERIAL BÁSICO PARA OS SISTEMAS DE EXAUSTÃO.

BERNHARD BLAESER

**DIRETOR, MACADMS BAKING SYSTEMS (PTY) LTD
ÁFRICA DO SUL**

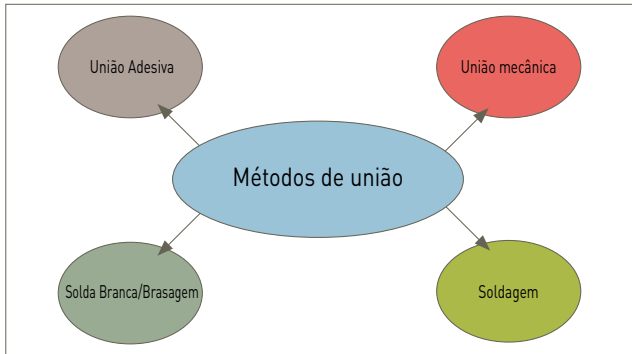
"Minha empresa fabrica sistemas de fornos e equipamentos para assar. Devido aos aumentos significativos nos preços dos austeníticos recentemente, muitos concorrentes na indústria deixaram o aço inoxidável ou estão ainda no processo de troca deste material. Isso aconteceu especialmente em aplicações que não envolvem calor, como nas paredes externas dos fornos, e outros equipamentos para assar que não tem contato direto com o alimento. Como os preços dos ferríticos não foram tão afetados, eles se tornam uma boa alternativa de substituição. Essencialmente, os fabricantes deveriam considerar a substituição dos austeníticos por ferríticos ao invés de desistir completamente de usar o aço inoxidável."



O QUE ELES DIZEM SOBRE OS FERRÍTICOS

Unindo os aços inoxidáveis ferríticos

Os aços inoxidáveis ferríticos são adequados a todos os inúmeros métodos de união.



- **Soldagem:** Obtenção de uma união completa de dois ou mais materiais através do derretimento e re-solidificação do metal base e dos metais de adição.
- **Solda Branca:** Produz a união de materiais pelo aquecimento dos mesmos à temperatura de solda (abaixo da curva solidus do metal base) na presença de metais de adição com curva liquidus de < 450°C
- **Brasagem:** O mesmo que solda branca, mas a coalescência ocorre a > 450°C.
- **União mecânica:** Inclui sobreposição, soldagem contínua, rebiteagem e fixadores mecânicos.
- **União adesiva:** Obtida através da pressão de superfícies limpas e ativadas após a aplicação de um agente adesivo, que age com oxigênio, água ou através de reação química.



“Os aços inoxidáveis ferríticos têm algumas vantagens sobre os austeníticos quando se trata de soldagem...”

SOLDAGEM

Dos muitos processos de soldagem desenvolvidos para os aços carbono que podem ser utilizados com os aços inoxidáveis, somente alguns poucos são realmente apropriados para esses materiais e por isso se tornaram padrão: soldagem a arco, por resistência, por feixe de elétrons, de laser e por fricção.

A soldagem é o método mais eficiente e de menor custo para unir metais. O processo torna possível a produção de estruturas mais leves (através do uso otimizado dos materiais), une todos os metais comerciais e ainda oferece flexibilidade aos projetos.

As características da soldagem dos aços inoxidáveis são determinadas pela composição química, pela estrutura metalográfica e pelas propriedades físicas. Os aços inoxidáveis ferríticos têm algumas vantagens sobre os austeníticos quando se trata de soldagem, visto que apresentam menor expansão térmica, menor resistência elétrica e condutividade térmica mais elevada.

AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS ESTABILIZADOS E NÃO-ESTABILIZADOS

Em média, os aços inoxidáveis ferríticos tendem a ser menos susceptíveis que os austeníticos à corrosão intergranular, resultante da soldagem.



Isso é particularmente verdadeiro quando se trata dos aços inoxidáveis ferríticos “estabilizados”, que contém formadores de carbonetos fortes, como o titânio (Ti) e o nióbio (Nb). Eles se ligam ao carbono do aço, durante o processo de soldagem, prevenindo sua combinação com o cromo para formar o carboneto de cromo. Com a conseqüente diminuição de cromo nos limites de granulação, os aços inoxidáveis ferríticos são virtualmente imunes à corrosão intergranular.

Para garantir a completa estabilização, o teor de Ti deve ser cinco vezes maior que o do carbono, ou o teor de Nb mais Ti deve ser três vezes maior que o do carbono. Às vezes, a introdução do nitrogênio nessa fórmula é aconselhável para refinar os grãos na zona de fusão.

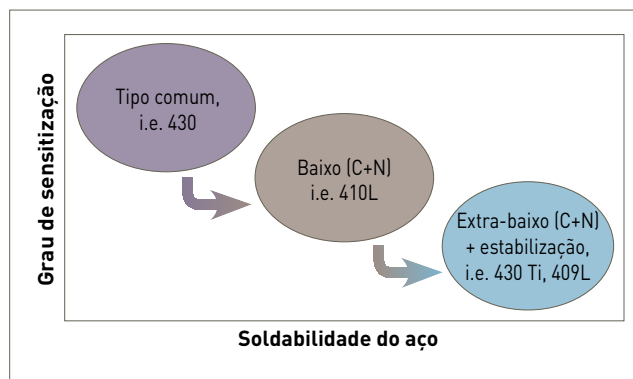
Os aços inoxidáveis ferríticos desestabilizados não contém Ti ou Nb e podem, portanto, ficar susceptíveis à corrosão intergranular na zona afetada pelo calor, devido à formação de carboneto de cromo. Esse fenômeno é chamado de “sensitização”. O seu efeito depende principalmente do teor de carbono.

A resistência à corrosão do aço sensitizado pode, contudo, ser recuperada através do recozimento em temperaturas que variam de 600-800°C.



Soldagem sistema de escapamento, tipo 439, Korea.

“...os aços inoxidáveis ferríticos estabilizados são praticamente imunes à corrosão intergranular.”



SUPERANDO OS METAIS DE ADIÇÃO

Para garantir que uma solda será resistente à corrosão, qualquer metal de adição ferrítico utilizado deve superar levemente a composição do metal base no que se refere aos elementos de liga Cr, Mo, Ti e/ou Nb. Isso se deve porque o aquecimento tende a causar a perda de cromo na zona de soldagem. Há também a possibilidade de se utilizar metal de adição austenítico superando os elementos de liga Cr e Mo.

GASES DE PROTEÇÃO

Por terem alto teor de cromo, os aços inoxidáveis são altamente oxidáveis em seu estado fundido. Se eles não são protegidos do ar durante o processo de soldagem, o cromo se perde e formam-se óxidos, que resultam em soldas com falta de solidez e menor resistência à corrosão. A proteção da superfície de solda e das áreas circunvizinhas normalmente ocorre através de uma barreira gasosa inerte. Este gás protetor inerte pode ser tanto argônio puro (Ar) como hélio (He) ou ainda uma mistura de Ar e He.

Para a soldagem dos ferríticos, estes gases de proteção devem ser argônio puro ou misturas de argônio-hélio. As misturas de argônio-hidrogênio, geralmente utilizadas nos aços inoxidáveis austeníticos, provocam o risco de uma fragilização pelo hidrogênio na junta soldada, no caso dos aços ferríticos. O argônio é o gás de proteção mais comumente utilizado (para proteger a parte oposta à face de trabalho). O nitrogênio não pode ser utilizado com os aços inoxidáveis ferríticos.

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA SOLDAGEM DOS FERRÍTICOS

Assim como os riscos acima mencionados, pode haver o risco de fragilização pela “formação de fase” e “crescimento de grão” em altas temperaturas. As soluções para estes problemas encontram-se na tabela a seguir:



Tanque soldado, tipo 444, Europa.

SOLDA DE AÇOS FERRÍTICOS EM EXECUÇÃO: REMÉDIOS

Grupo de aços inoxidáveis	Característica especial	Fenômeno	Causa	Como evitar
Aços inoxidáveis não estabilizados	Sensitização	Baixa resistência à corrosão na zona de soldagem	Precipitação de carboneto de cromo nos contornos de grão	Recozimento em temperaturas de 600-800°C
Aços inoxidáveis estabilizados	Crescimento do grão	Baixa tenacidade na zona de soldagem	Crescimento excessivo do grão devido à alta temperatura	Minimização do aporte de calor da soldagem
Teor de cromo superior a 15%	Fragilização a 475°C	Fragilização ocorre na faixa de 400-540°C	Decomposição da matriz em duas fases, uma rica em ferro e outra rica em cromo	Re-aquecimento a 600°C e rápido resfriamento
Aços inoxidáveis com alto teor de Cr-Mo	Fragilização da fase Sigma (σ)	Fragilização ocorre a 550-800°C	Formação da fase sigma (σ) devido à decomposição da ferrita delta (δ)	Re-aquecimento a 800°C e rápido resfriamento
Aços inoxidáveis não estabilizados	Fragilização da fase martensítica	A fragilização ocorre em tipos com teor mais baixo de Cr e teor mais alto de C	Formação de fase martensítica devido ao rápido resfriamento	Remover a fase martensítica através do recozimento longo na faixa de 600-700°C

SOLDAGEM A ARCO

A soldagem a arco é a forma de soldagem mais comumente aplicada nos aços inoxidáveis ferríticos.

SOLDAGEM A ARCO COM GÁS TUNGSTÊNIO (TIG)

Neste processo (também conhecido como processo Tungstênio ou *Wolfram Inert Gas*) a energia necessária para fundir o metal é fornecida por um arco elétrico entre um eletrodo de tungstênio e a peça de trabalho.



Tanque soldado, tipo 441, África do Sul.

Os aços inoxidáveis são sempre soldados no modo de polaridade direta DC (sendo o eletrodo o polo negativo), em uma atmosfera inerte. Se um metal de adição é utilizado, este será na forma de varetas não revestidas (soldagem manual) ou em arame tubular (soldagem automática).



Fabricação de tubos em aço inoxidável ferrítico, Brasil.

SOLDAGEM A ARCO COM PROTEÇÃO GASOSA (GMAW OU MIG)

Diferentemente do processo GTAW/TIG, no GMAW/MIG (também conhecido por Processo de Gás Inerte do Metal) o eletrodo é consumível. O arco é aberto entre o arame de preenchimento fundido e a peça de trabalho. O gás de proteção, injetado através da tocha, ao redor do arame, é geralmente argônio com a adição de 2% a 3% de oxigênio, embora misturas mais complexas possam ser usadas para certos métodos de soldagem.

Uma vez que a solda é composta basicamente de metal de adição, é essencial que a composição do arame promova a penetração e o molhamento perfeito do metal base.

Este processo de alta produtividade é mais difícil de ser executado que a soldagem GTAW/TIG, mas os resultados podem ser excelentes quando o processo é bem controlado.

SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA

Na soldagem por resistência, uma corrente elétrica passa através das partes a serem unidas e a soldagem ocorre através do aquecimento resistivo (efeito Joule).



Armação estrutural soldada em aço 1.4003.

Existem várias técnicas de soldagem por resistência, sendo as mais comuns a soldagem por ponto e a soldagem por costura. Em ambos os casos, as principais vantagens da soldagem por resistência são:

- A modificação limitada da microestrutura nas zonas afetadas pelo calor (ZAC);
- A ausência virtual de oxidação da superfície se as chapas são resfriadas corretamente;
- O nível muito baixo de distorção das chapas após a soldagem;
- Deformação de “forjamento” durante a soldagem, particularmente útil para a união de aços inoxidáveis ferríticos.

Se comparado com as exigências do aço doce, as principais diferenças nos parâmetros do processo para o aço inoxidável são a resistência da soldagem menor e ajustada mais precisamente (devido às baixas condutividades elétricas e térmicas) e forças mais altas dos eletrodos.

OUTROS PROCESSOS

Outros processos de soldagem aplicáveis aos aços inoxidáveis ferríticos incluem a soldagem por feixe de elétrons de laser a soldagem por fricção.

SOLDA BRANCA E BRASAGEM

A solda branca e brasagem são processos para unir componentes metálicos em estado sólido através de um metal de adição fundido que atinge um ponto de fusão bem abaixo dos metais base. A solda branca emprega ligas de preenchimento leves com pontos de fusão abaixo de 450°C, enquanto que as ligas de brasagem são mais duras e fundem em temperaturas mais altas.



Solda branca em uma calha de aço inoxidável 430 Ti, revestido de estanho.

As vantagens destas técnicas de união incluem os seguintes aspectos práticos:

- Elas necessitam somente de uma fonte de calor com baixa temperatura.
- As juntas soldadas podem ser permanentes ou temporárias.
- Materiais diferentes podem ser unidos.
- As taxas de aquecimento e resfriamento são lentas.
- Peças de espessuras diferentes podem ser unidas.
- O realinhamento é fácil.
- Elas requerem menos calor que a soldagem.

Para decidir qual técnica, solda branca ou brasagem, é mais adequada para uma união estrutural específica, deve-se tomar cuidado para avaliar atentamente a força ou o desempenho esperado da junta soldada.

Em todos os casos, durante a execução da união, é importante garantir o molhamento perfeito das duas peças sólidas pelo material fundido de preenchimento.

A sensitização pode ocorrer mais rapidamente no caso de aços inoxidáveis não estabilizados.



Antes e depois da decapagem.



Tubos unidos por brasagem, aço inoxidável 441.

DECAPAGEM, PASSIVAÇÃO E DESCONTAMINAÇÃO

O leve descoloramento resultante da soldagem pode ser eliminado com a descamação mecânica ou por um tratamento químico chamado de decapagem.

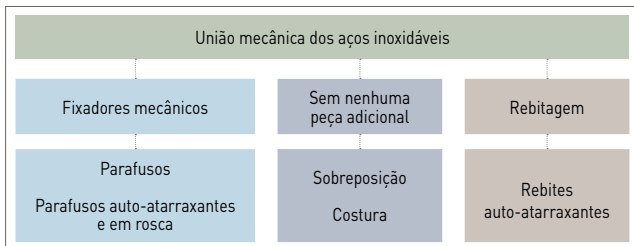
A decapagem é feita em uma solução fluonítrica (10% HNO₃ + 2% HF) ou usando pastas de decapagem preparadas especialmente para as soldas.

Este tratamento pode ser seguido por um tratamento de passivação ou descontaminação – para ajudar a camada passiva (ver pág. 59) a se recuperar rapidamente e remover os resíduos metálicos orgânicos (partículas ricas em ferro). O processo envolve a imersão em um banho com 20%-24% de ácido nítrico frio.

A passivação local das zonas de solda pode ser realizada através de pastas especiais de passivação.

UNIÃO MECÂNICA

As técnicas de união mecânica usadas para o aço carbono podem apresentar os mesmos resultados positivos com os aços inoxidáveis.



A união mecânica apresenta algumas vantagens:

- Materiais diferentes podem ser facilmente unidos.
- Não há zona afetada pelo calor (ZAC).
- Peças com espessuras diferentes podem ser unidas.
- Não há expansão térmica.

Deve-se, entretanto, considerar o fato de que as propriedades mecânicas das uniões mecânicas podem apresentar certas fraquezas visto não haver coalescência completa das partes que estão sendo unidas. O método de operação da junção pode exigir acesso pelos dois lados.

É essencial garantir que nenhuma das superfícies em contato tendam a induzir à corrosão galvânica. Para evitar este risco, as peças a serem unidas devem ser preferencialmente feitas do mesmo aço inoxidável ou um tipo equivalente. Certamente qualquer parafuso, porca, fixador ou rebite deve ser de aço inoxidável.

PARAFUSOS E PORCAS

Os parafusos e porcas em aço inoxidável estão disponíveis em todos os tipos principais de aços inoxidáveis. Enquanto que os aços inoxidáveis ferríticos com 17% de cromo são os mais adequados para uso somente em ambientes levemente agressivos, sua resistência à corrosão em meios que contêm cloreto é ampliada pela adição de 1% a 1,5% de molibdênio.



REBITAGEM

Esta técnica é sempre executada em temperatura ambiente, utilizando rebites com diâmetro máximo de cerca de 5 mm. Recomenda-se que as juntas sejam projetadas de forma a permitir que os rebites sejam solicitados em cisalhamento ao invés de em tração.



Auto-rebites em 430, 1,5 mm.

SOBREPOSIÇÃO

Esta técnica de união relativamente nova pode ser aplicada aos aços inoxidáveis, graças a sua alta ductilidade. Por ser um processo de conformação a frio, ele não causa mudanças estruturais ou oxidação da superfície.

Já que as chapas a serem unidas devem estar sobrepostas, o processo é geralmente combinado com uma união adesiva, produzindo uma união hermeticamente selada para evitar o risco de corrosão galvânica. Isto também pode abafar as vibrações.

COSTURA (SOLDAGEM CONTÍNUA)

Nesta técnica mecânica de união das chapas, as bordas de uma ou das duas chapas são dobradas em um ângulo de 180°, para produzir uma costura firme. Assim como com a sobreposição, diferentes materiais podem ser unidos – por exemplo, um aço inoxidável austenítico e um ferrítico.

Com esta técnica, amplamente utilizada na produção de eletrodomésticos, é possível obter junções completamente perfeitas e sem vazamentos.



Vista explodida do interior de uma máquina de lavar roupas.

UNIÃO ADESIVA

A união adesiva pode ser empregada para reforçar as uniões mecânicas e também para unir chapas finas de aço inoxidável.



União de calhas, em 430 Ti revestido de estanho.

As vantagens da união adesiva são:

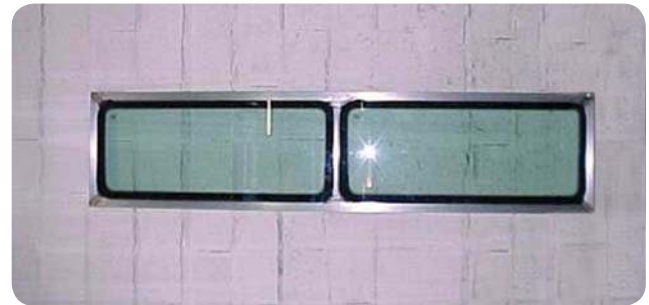
- Não há modificação da aparência da superfície, geometria ou microestrutura das áreas montadas.
- Materiais diferentes podem ser unidos fácil e esteticamente
- Se projetadas corretamente, as junções podem apresentar uma excelente resistência à fadiga.
- O método pode promover isolamento térmico, elétrico ou acústico.
- Partes de espessuras variadas podem ser unidas.

Os pontos a serem considerados incluem, no entanto, o fato de que tais uniões tendem a apresentar um limite de temperatura de 200°C e uma certa sensibilidade à umidade. As uniões adesivas não são tão resistentes quanto às produzidas por soldagem ou brasagem. Por isto, elas são mais utilizadas para produzir juntas sobrepostas, com a carga espalhada sobre uma área suficiente, a fim de limitar a concentração de tensões.

Também é possível que um aço inoxidável com a superfície lisa (especialmente os recozidos com brilho) não apresente boas propriedades adesivas.

Após a superfície ficar rugosa, ela deve ser limpa, seca e bem preparada. A condição essencial para uma boa união é o molhamento satisfatório do substrato pelo adesivo.

Como exemplo da união adesiva, hoje os fabricantes de ônibus em geral constroem uma estrutura de carroceria em aço inoxidável formatada em seções, normalmente em aço inoxidável ferrítico 1.4003/410. A pele (folha e/ou vidro) é grudada como um adesivo a esta estrutura. Esta técnica aumenta a vida útil do veículo e reduz o seu peso.



Juntas ligadas a uma estrutura tubular em aço 1.4003.







NICK MCDONALD

GERENTE DE MARKETING, LINCAT LIMITED,
LINCOLN, GB

"Estabelecida em 1971, a Lincat é líder na produção de equipamentos para cozinhas profissionais há 36 anos. O aço inoxidável ferrítico 430 que usamos desde o início é a base da nossa linha de produtos."

Este tipo de aço inoxidável atende às especificações destas aplicações e consiste em uma forma econômica de se beneficiar das vantagens do aço inoxidável, importante quando trabalhamos com preparo e apresentação dos alimentos. Além disso, a expansão térmica relativamente baixa do aço inoxidável 430 é um adicional técnico muito importante em aplicações em alta temperatura.



Produzimos praticamente tudo em aço inoxidável ferrítico 430, exceto alguns componentes, como os recipientes internos de panelas para banho-maria, onde ainda estamos usando o 304. No que diz respeito à fabricação, nossos produtos são projetados para uma limpeza simples e prática e o aço 430 é um material que nos permite conseguir isso.

"Ao ficarmos próximos das necessidades de nossos clientes, construímos nossa reputação em excelência na fabricação de produtos com confiabilidade, solidez e durabilidade. O aço inoxidável ferrítico 430 é parte essencial desta equação. Nós e nossos clientes estamos todos muito satisfeitos com ele."

Produtos e aplicações

Os aços inoxidáveis ferríticos são geralmente associados a guarnições, pias e escapamentos de carros. Mas, a aplicação real e potencial destes aços vai muito além destes limites...

Os aços inoxidáveis ferríticos são aços planos ao cromo sem nenhum níquel. Eles resistem à corrosão e a oxidação e são altamente resistentes à corrosão sob tensão, são úteis por serem magnéticos e oferecem uma série de outras vantagens técnicas, estéticas e práticas. Eles geralmente demonstram resultados de longo prazo melhores que o aço carbono e são significativamente mais econômicos que seus primos austeníticos com níquel.

As possíveis utilizações para este aço ainda não foram totalmente exploradas e as páginas a seguir apresentam um pouco desta variedade de usos destes materiais. O capítulo cobre aplicações em vários setores do mercado e em várias partes do mundo.

Esta publicação pretende inspirar os usuários de aços inoxidáveis ferríticos existentes e os em potencial ao apresentar exemplos de aplicações já existentes e bem sucedidas. Ela também pretende incentivar a seleção responsável e bem informada de materiais – combinação e aplicação otimizadas de materiais nunca foram tão importantes.

SETOR AUTOMOTIVO

COMPONENTES PARA SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE AUTOMÓVEIS



Tipo 1.4509/441,
filtro de partículas de diesel,
Peugeot 607, Faurecia

COMPONENTES PARA SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE AUTOMÓVEIS



Tipo 1.4509/441,
coletor de escape, Faurecia

COMPONENTES PARA SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE AUTOMÓVEIS



Tipo 1.4512/409, silenciador,
Faurecia, Coreia do Sul

COMPONENTES PARA SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE AUTOMÓVEIS



Tipo 304 & 441,
filtro de partículas de diesel,
Mercedes Classe E, Faurecia

COMPONENTES PARA SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE AUTOMÓVEIS



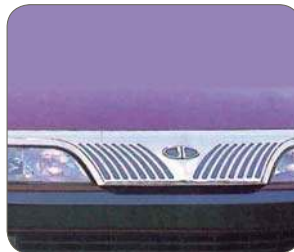
Tipo SUS430J1L
Capa do catalisador,
em liga 20%Cr-5%Al

COMPONENTES PARA SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE AUTOMÓVEIS



Tipo 1.4509/441, catalisador,
Faurecia

GUARNIÇÕES DECORATIVAS



Tipo SUS430, Coreia do Sul

GUARNIÇÕES DECORATIVAS



Tipo SUS430J1L, Japão

GUARNIÇÕES DECORATIVAS



Tipo SUS430, Coreia do Sul

GUARNIÇÕES DECORATIVAS



Tipo 1.4016/430, guarnição pintada de preto, EUA

GUARNIÇÕES DECORATIVAS



Tipo 1.4113/434, EUA

ELEMENTO FRONTAL DO UTILITÁRIO ESPORTIVO (S.U.V.)



Tipo 1.4513, Plastic Omnium, França

SOLEIRA DO PORTA-MALAS



Tipo 1.4510/430Ti, Peugeot 307, França

FARÓIS



Tipo 1.4513, guarnição do farol, Itália

CAMINHÃO



Tipo 1.4113, guarnição decorativa de caminhão, EUA

BRAÇADEIRAS



Tipos 1.4509/441 e 1.4016/430

FILTROS



Tipo 1.4512/409I, Taiwan, China

DISCOS DE FREIO



Tipo 1.4028/420

TERMOSTATO



Tipo 1.4512/409, França

RODA DE PÁS



Tipo 1.4512/409, 1,5 mm de espessura, França

CONSTRUÇÃO CIVIL

ACESSÓRIOS

- DOBRADIÇAS E FECHOS DE JANELAS



Tipo 1.4016/430, Europa

CALHAS



Tipo 1.4510/439,
estanhado, Europa

CALHAS



Tipo 1.4510/439, Europa

DUTOS DE CHAMINÉS



Tipo 1.4521/444,
Cheminées Poujoulat, França

CONSTRUÇÃO

PEÇAS PARA ISOLAMENTO EXTERIOR EM TUBOS QUADRADOS



Tipo SUH409L (1.4512/409),
JSSA, Japão

COMPARTIMENTO DE EMERGÊNCIA



Tipo 1.4016/430, pintado,
VERNEST® e Centro Inox, Itália

ABRIGO PARA SISTEMA DE COMUNICAÇÃO



Tipo SUS436L (1.4526/436),
JSSA, Japão

CONSTRUÇÃO DE FÁBRICAS



TIPO 1.4003, novo acabamento
da fábrica Columbus, África do Sul

ESTRUTURA DE TELHADO



Suporte para telhado:
uma aplicação em potencial
para os ferríticos

PRÉDIOS



Tipo SUS445J1 & SUS445J2,
Nakano Sakaue Bldg., 1996, Japão

PRÉDIOS



SUS445J2 revestido de resina,
Phoenix Resort, 1994, Japão

PRÉDIOS



Partes externas SUS445J1,
Internas SUS304, Nihonbashi
Mitsui Bldg., 2005, Japão

CONSTRUÇÃO CIVIL

PLACAS PARA ABSORÇÃO DE RUIDOS EM VIADUTO



Tipo SUS436 (1.4526/436), JSSA, Japão

ESTRUTURA EM AÇO DE PONTE



Tipo 1.4003/410 pintado, SASSDA, África do Sul (ponte em uso há mais de 8 anos)

PAREDE INTERNA DE TÚNEL



Tipo SUS430J1L (1.4016/430), JSSA, Japão

PAREDE INTERNA DE TÚNEL



Tipo 1.4016/430, pintado, Túnel Monte Mario, Centro Inox, Itália

GRADE DE PROTEÇÃO (QUEBRA-VENTO)



Tipo SUS445J2, JSSA, Japão

PORTA DE TELA EM PLATAFORMA



Tipo 1.4510/439, acabamento hair-line, KOSA, Coreia do Sul

POSTES DE ELETRIFICAÇÃO



Tipo 1.4003 (primeira aplicação importante em 1982, ao longo da via costeira – 10 m da área de arrebentação, sem corrosão), África do Sul

GERAÇÃO DE ENERGIA



Tipo 1.4003/ 410, envelope da torre de resfriamento em grade em X, África do Sul

REVESTIMENTO

REVESTIMENTO PARA FACHADA DE EDIFÍCIO



Tipo SUS445m2, acabamento fosco com pouco reflexo, ASSDA, Austrália

REVESTIMENTO PARA FACHADA DE EDIFÍCIO



Tipo 1.4521/444 escovado no. 4 (painéis horizontais), Prédio da Vivo, Rio de Janeiro, Núcleo Inox, Brasil (ambiente costeiro)

REVESTIMENTO PARA FACHADA DE EDIFÍCIO



Tipo SUS445J2, Museu da Ciência do Futuro, JSSA, Japão

REVESTIMENTO PARA FACHADA DE EDIFÍCIO



Tipo 1.4526/436, Centro de Serviço de Aço da Ugine & Alz, Arcelor Mittal Stainless, Katowice, Polônia

ELEVADORES

DEGRAUS DA ESCADA ROLANTE



Tipo SUS430LX (1.4016/430),
Japão

PAINÉIS DE ELEVADORES



Grade 1.4510/439

TELHADOS

TELhado 'MEDIADOME'



Tipo SUS445J2,
Kitakyushu Mediadome
(Prefeitura de Fukuoka)1998, Japão

TELhado DE ESCOLA



Tipo 430Ti
(técnica de "standing seam"),
Ugine & Alz, Áustria

TELhado DO GINÁSIO DE ESPORTES



Tipo 445, KOSA, Coreia do Sul

CANOPLA



Tipo 446, KOSA,
Seul, Coreia do Sul.

TELhado DE CASA DE CAMPO



Tipo 1.4510/430Ti
(técnica "standing seam"),
Ugine & Alz, Alemanha.

TELhado DE AEROPORTO



TIPO SUS447J1, Prédio do terminal
do Aeroporto Kansai
(arquiteto Renzo Piano),
JSSA, Osaka, Japão

MOBILIÁRIO URBANO

POSTE DE LUZ



Tipo 1.4510/439,
tubo soldado, eletro-polido,
KOSA, Seul, Coreia do Sul

CAIXAS DE CORREIO



Tipo 1.4003/410, pintado, SASSDA,
África do Sul. Os ferríticos para os
'serviços' são geralmente pintados,
sempre que a estética for um fator
importante a ser considerado.

MÁQUINA DE BILHETES NA PLATAFORMA FERROVIÁRIA



Tipo 1.4003/410, pintado
(15 anos em serviço),
SASSDA, GB

CAIXAS DE ELETRIFICAÇÃO



Tipo 1.4003/410, pintado
(15 anos em serviço),
SASSDA, África do Sul

EQUIPAMENTOS COMERCIAIS PARA ALIMENTOS

FORNO DE PADARIA



Tipo 430, Macadams Baking Systems (PTY) Ltd, África do Sul

EQUIPAMENTO PARA COZINHAR A GÁS



Tipo 430, Lincat, Grã-Bretanha

EQUIPAMENTO PARA SERVIR CAFÉ



Tipo SUS430J1, JSSA, Japão

ESTUFA COM VISOR



Tipo 430, Lincat, Grã-Bretanha

TORRADEIRA



Tipo 430, Lincat, Grã-Bretanha

FORNO DE MICROONDAS



Tipo 430 (interior e exterior), JSSA, Japão

FOGAREIRO



Tipo 430 (a gás), POSCO, Coreia do Sul

GELADEIRA



Painel SUS430J1L revestido com resina, JSSA, Japão

MÁQUINA DE CAFÉ



Tipo 430, Lincat, Grã-Bretanha

CARRINHO PARA RESTAURANTE



Tipo 430

EXPOSITOR REFRIGERADO



Tipo 430, Lincat, Grã-Bretanha

ARMÁRIO DE PAREDE



Tipo 430, Lincat, Grã-Bretanha

CASA & ESCRITÓRIO

Nas aplicações a seguir, os aços inoxidáveis ferríticos (série 400) são hoje considerados os ideais, devido à sua qualidade estética, sua resistência aos agentes de limpeza e desinfecção, seu baixo coeficiente de expansão térmica e seu magnetismo (para o cozimento por indução). Eles também oferecem vantagens econômicas consideráveis sobre outros materiais.

EQUIPAMENTOS DE COZIMENTO DOMÉSTICO

FOGÃO



KOSA, Coreia do Sul

VÁRIOS



TKN, Alemanha

FORNO DE MICROONDAS



Tipo SUS430J1, JSSA, Japão

TAMPO DE FOGÃO À GÁS



Tailândia, TSSDA

CHURRASQUEIRA



Tipo 1.4016/430, tampa e braseiro, Ompagrill e Centro Inox, Itália

CHURRASQUEIRA



Tipo 1.4016/430 churrasqueira, EUA

PANELAS

PANELA 'WOK'



PANELAS PARA COZIMENTO POR INDUÇÃO



Grupo SEB (Tefal)

PANELA DE PRESSÃO



Tipo 430, Grupo SEB

PANELAS



Tipo 430, POSCO, Coreia do Sul

LAVADORAS DE LOUÇA

LAVADORA DE LOUÇA



Painel interior em 430

LAVADORA DE LOUÇA



Painel exterior revestido de resina SUS430J1L, JSSA, Japão

ELETRDOMÉSTICOS

LAVADORA DE LOUÇA



Tipo 430 (painel exterior e interior), Haier, PRC

BATEDEIRA



Tipo 1.4513, TKN, Itália

BATEDEIRA



Tipo 430

PANELA ELÉTRICA PARA FAZER ARROZ



SUS430 revestido de resina, JSSA, Japão

EQUIPAMENTOS

CHALEIRA ELÉTRICA



SUS430 revestido de resina, JSSA, Japão

PRATELEIRAS



Tipo 1.4016/430, prateleiras horizontais, Graepel e Centro Inox, Itália

LATA DE LIXO



Tipo 1.4016/430, Graepel e Centro Inox, Itália

DIVISÓRIA



Tipo 430, POSCO, Coreia do Sul

CORRIMÃO



Tubo soldado em aço 430

MOLDURA DE TV DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)



Tipo 410, POSCO, Coreia do Sul

COIFAS

COIFA PARA COZINHA



Tipo 430, Blanco, TKN, Alemanha

COIFA PARA COZINHA



Tipo 430, Falmec, Núcleo Inox, Brasil

UTENSÍLIOS PARA COZINHA

PORTA-LÍQUIDOS



Tipo 430

CHALEIRA ELÉTRICA



Tipo 430, Grupo SEB

ESPAGUETEIRA



SUS430J1L
em camada única (aquecimento
por indução), JSSA, Japão

GELADEIRAS

GELADEIRAS E CONGELADORES



Painel em aço 430

PIAS

GELADEIRAS E CONGELADORES



Painel da porta em aço 430,
TKN, Alemanha

PIA DE COZINHA RESIDENCIAL



Tipo 430, Tramontina, Brasil

MÁQUINAS DE LAVAR ROUPAS

TAMBOR



Tipo 430 (tambor e painel
externo), TKN, Alemanha

TAMBOR



Tambor em aço 430,
LG Electronics, Coreia do Sul

SECADORAS

TAMBOR



Tipo SUS430, JSSA, Japão

TAMBOR



Tipo 409, Whirlpool, Europa

TALHERES

COLHER ASIÁTICA



Tipo 430

TALHERES



Tipos da série 400, IKEA

INDÚSTRIA

O aço inoxidável ferrítico é utilizado nos casos em que a manutenção do aço carbono é praticamente impossível.

TUBULAÇÃO DE SAÍDA DA REPRESA



Tipo 1.4003/410 pintado, Columbus, África do Sul

COMPORTAS PARA CONTROLE DE ENCHENTES



Tipo 1.4003/410 pintado, Columbus, África do Sul

TANQUES



Tipo SUS430J1L, revestido com resina colorida (jaqueta externa), JSSA, Japão

COLUNA DE FRACIONAMENTO



Tipo 410S, Europa

QUEIMADORES

ESTEIRA



Tipo 410S, Europa

QUEIMADORES



Tipo 1.4509/441 (alta resistência à oxidação)

QUEIMADOR



Tipo SUS430, queimador para caldeira a gás, JSSA, Japão

CALDEIRAS

TUBO INTERNO DA CALDEIRA



Tipo 1.4521/444, KOSA, Coreia do Sul

AQUECEDOR DE ÁGUA COM AQUECIMENTO INSTANTÂNEO HYDROBOIL



Tipo 1.4521/444, ZIP Industries e ASSDA, Austrália

CALDEIRA



Tipo 444, Europa

TANQUE DE ÁGUA QUENTE



Tipo 1.4521/444, Europa

TANQUE DE ÁGUA QUENTE



Tipo SUS444, JSSA, Japão

PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

PAREDES E TETO



Tipo 445M2,
Melbourne, Austrália

TROCADORES DE CALOR

TUBOS SOLDADOS DO REAQUECEDOR
SEPARADOR DE UMIDADE

Tipo 1.4510/439,
VALTIMET, Europa

TUBOS SOLDADOS
DE AQUECEDOR DE ÁGUA

Tipo 1.4510/439,
VALTIMET, Europa

TUBOS SOLDADOS
DO CONDENSADOR

Tipo 1.4510/439,
VALTIMET, Europa

AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA

AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA



Tipo SuS444,
Suncue Company Ltd.
e YUSCO, Taiwan, China

AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA



Tipo 1.4509/441 (cilindro),
tanque de sol e SASSDA,
África do Sul

AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA



Painéis solares: estrutura
e coletor – uma aplicação potencial
para os ferríticos 441/444

INDÚSTRIA DO AÇÚCAR

SISTEMA TRANSPORTADOR



Tipo 1.4003/410, Columbus, África
do Sul. Neste caso,
o ferrítico durou mais de 18 anos.

CARREGADOR
DE ARDÓSIA

Tipo 1.4003/410,
Columbus, África do Sul.
Esta máquina está
em funcionamento há 22 anos

TAMPAS DOS AQUECEDORES
DE SUÇO

Tipo 1.4003/410, Columbus,
África do Sul. Aço carbono
(no alto) comparado ao ferrítico
(abaixo) após 6 anos de uso

ESPELHO DE TROCADOR
DE CALOR

Tipo 1.4521/444,
Núcleo Inox, Brasil

CRISTALIZADOR E DIFUSOR



Tipo 1.4003/410,
Columbus, África do Sul

Substituição do cupro-níquel (devido à erosão pelo vapor e migração do cobre), aço carbono (problemas de erosão) e 304 (expansão térmica mais alta que a estrutura de aço carbono).

TANQUES

TANQUES DE ÁGUA E TUBULAÇÕES



Aço 444, Brasil

TANQUE DE ÁGUA



Tipo 444, KOSA, Coreia do Sul

TANQUE DE ÁGUA

Parte em aço SUS444,
acabamento nr. 4, JSSA, Japão

TANQUE DE ÁGUA

Parte em aço SUS444,
acabamento nr. 4, JSSA, Japão

MOTOCICLETA

TANQUE DE FERMENTAÇÃO
E ARMAZENAGEMTipo 444,
Núcleo Inox, Brasil.
Sander Inox produz estes tanques
com sucesso há 7 anosTANQUE DE FERMENTAÇÃO
E ARMAZENAGEM

Tipo 444, Núcleo Inox, Brasil

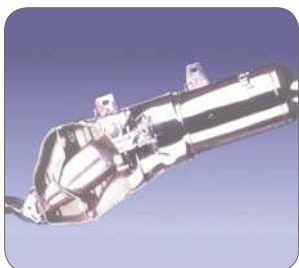
ESCAPAMENTO DE MOTOCICLETA

Tipo 1.4512/409L,
YUSCO, Taiwan, China

ESCAPAMENTO DE MOTOCICLETA

Tipo 1.4509/441,
Centro Inox, Itália.
A nova Vespa ET2 é equipada com
um silenciador catalisador ferrítico

ESCAPAMENTO DE MOTOCICLETA



Tipo 409L

ESCAPAMENTO DE MOTOCICLETA



Tipo 409L, Acesita, Brasil

DISCO DE FREIO

Tipo SUS410SM1,
JSSA, Japão

VÁRIOS

Discos de freio em aço 420, 1.4113
na guarnição decorativa, Itália

TRANSPORTES

CARROCERIA DE ÔNIBUS



Tipo 1.4003/410,
Columbus, África do Sul.

CARROCERIA DE ÔNIBUS



Tipo 1.4003/410
(parte inferior pintada),
Columbus, África do Sul

CARROCERIA DE ÔNIBUS



Tipo 1.4003
nos tubos e painéis soldados,
Solaris Bus & Coach Co. Polônia

CONTAINER



Tipo 1.4003/410
(estrutura e painéis),
POSCO, Coreia do Sul

CONTAINER



Tipo 1.4003/410, pintado
(estrutura e painéis das portas)

VAGÃO DE CARVÃO



Tipo 1.4003/410 (painéis),
Columbus, África do Sul.
Em uso há mais de 20 anos.

VAGÃO DE CARVÃO



Tipo 1.4003/410 (painéis),
Columbus, África do Sul.
Em uso há mais de 15 anos

VAGÃO DE CARVÃO



Tipo 1.4003
(interior do vagão anterior),
SASSDA, África do Sul

VAGÃO DE CARVÃO



Tipo 1.4003/410, pintado,
Europa

VAGÃO DE CARVÃO



Tipo 409/410, pintado,
TISCO, PRC

VAGÃO DE CARVÃO



Tipo 1.4003, SASSDA,
África do Sul

BONDE



Tipo 1.4003/410
(estrutura da carroceria
e painéis pintados), Europa



SIEMENS

SIEMENS

SIEMENS

ANEXOS

A composição química dos aços inoxidáveis ferríticos

Os aços inoxidáveis ferríticos apresentam propriedades similares às encontradas no aço leve, mas resistência à corrosão muito melhor. O desenvolvimento deles começou há mais de um século.

OS PRIMEIROS FERRÍTICOS

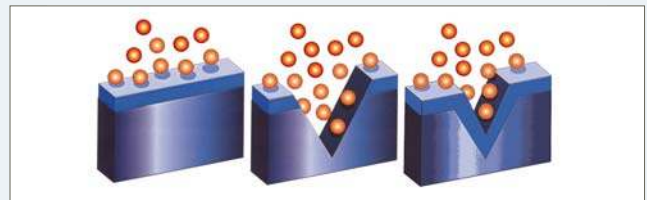
O aço inoxidável foi 'descoberto' por volta de 1900-1915. Assim como com outras várias descobertas, esta foi na verdade o resultado do esforço conjunto de vários cientistas. Pesquisas foram publicadas na Inglaterra, França e Alemanha sobre ligas com composições que seriam hoje conhecidas como os aços 410, 420, 430, 442, 446 e 440C.

Os aços inoxidáveis devem conter um teor muito baixo de carbono. Por muitos anos foi difícil obter tal nível baixo de carbono, o que explica a chegada tardia dos bons aços inoxidáveis ferríticos (nos anos 80).

OS TIPOS DE AÇO E SUA QUÍMICA

O cromo (Cr) é sem sombra de dúvida o elemento de liga mais importante na produção do aço inoxidável. Ele forma o filme de superfície "passivo" que torna o aço inoxidável resistente à corrosão e aumenta a resistência à descamação, ao desgaste e à tração.

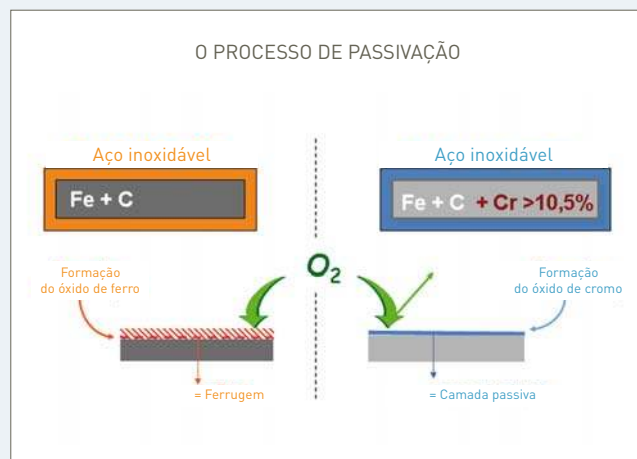
Para que a camada da superfície protetora e auto-reparadora de óxido de cromo se forme de maneira confiável é necessário um teor mínimo de 10,5% de cromo (em peso).



Se a superfície do aço inoxidável é usinada ou danificada acidentalmente, a camada passiva se forma novamente no mesmo momento, na presença de ar ou água.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PADRÕES INTERNACIONAIS

As tabelas a seguir demonstram a análise química dos cinco grupos de aços inoxidáveis ferríticos.



OS CINCO GRUPOS DE AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS				
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
10%-14%	14%-18%	14%-18% estabilizado	Adição de Mo	Outros
Tipos 409, 410, 420 Teor de Cr: 10%-14%	Tipo 430 Teor de Cr: 14%-18%	Tipos 430Ti, 439, 441, etc. Teor de Cr: 14%-18%. Inclui elementos estabilizantes como o Ti, Nb, etc.	Tipos 434, 436, 444, etc. Teor de Mo acima de 0,5%	Teor de Cr de 18%-30% ou não pertencente a outros grupos

PADRÕES: - ASTM A 240 06C NOVEMBRO DE 2006
 - EN 10088-2, SETEMBRO DE 2005
 - JIS G 4305, 1991

GRUPO 1

	AISI, ASTM	Elemento químico (peso máximo %)													Padrão	Ref.
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni		
10%-14%Cr	403(M)	0.15 0.12-0.17	0.5 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.015	11.5-13.0 12.0-14.0								JIS EN	SUS403 1.4024
	405	0.08 0.08 0.08 0.08	1.0 1.0 1.0 1.0	1.0 1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.015 0.03	11.5-14.5 12.0-14.0 12.0-14.0 11.5-14.5					0.1-0.3 0.1-0.3 0.1-0.3	0.6	UNS EN EN JIS	S40500 1.4000 1.4002 SUS405	
	409L	0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.08 0.03	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.5 0.7 1.0	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.5 1.5 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04	0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.015 0.015 0.03	10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-12.5 10.5-12.5 10.5-12.5 10.5-11.75		6x[C+N]-0.5 8x[C+N]-0.5 [0.08+8x[C+N]]-0.75 0.05-0.2 6x[C+N]-0.75 6x[C+N]-0.65 0.05-0.35 6xC-0.75	0.17 0.1 0.18-0.4		0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.5 0.5-1.0 0.3-1.0	0.5 0.5 0.5 0.5 1.0 1.0 0.5 0.5-1.5 0.6	UNS UNS UNS UNS UNS UNS EN EN JIS	S40910 S40920 S40930 S40945 S40975 S40977 1.4512 1.4516 SUH409L	
	410(M)	0.08-0.15 0.08-0.15 0.15	1.0 1.0 1.0	1.0 1.5 1.0	0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.03	11.5-13.5 11.5-13.5 11.5-13.5							0.75 0.75	UNS EN JIS	S41000 1.4006 SUS410
	410L	0.03 0.03 0.04 0.03	1.0 1.0 1.0 1.0	1.5 1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.045 0.04	0.03 0.03 0.03 0.03	10.5-12.5 12.0-13.0 10.5-12.5 11.0-13.5			9[C+N]-0.6			0.03 0.03 0.1	1.5 0.5 0.6-1.10	UNS UNS UNS JIS	S41003 S41045 S41050 SUS410L
		0.03	1.0	1.5	0.04	0.015	10.5-12.5							0.3-1.0	EN	1.4003
	410S(M)	0.08 0.08	1.0 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.03	11.5-13.5 11.5-13.5							0.6 0.6	UNS JIS	S41008 SUS410S
	420J1(M)	0.16-0.25 0.16-0.25	1.0 1.0	1.0 1.5	0.04 0.04	0.03 0.015	12.0-14.0 12.0-14.0								JIS EN	SUS420J1 1.4021
	420J2(M)	0.26-0.40 0.26-0.35 0.36-0.42 0.43-0.50	1.0 1.0 1.0 1.0	1.0 1.5 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.015 0.015	12.0-14.0 12.0-14.0 12.5-14.5 12.5-14.5								JIS EN EN EN	SUS420J2 1.4028 1.4031 1.4034

GRUPO 2

	AISI, ASTM	Elemento químico (peso máximo %)													Padrão	Ref.
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni		
14%-18%Cr	420	0.08 0.08	1.0 1.0	1.0 1.0	0.045 0.04	0.03 0.015	13.5-15.5 13.5-15.5	0.2-1.2 0.2-1.2	0.3-0.5 0.3-0.5					1.0-2.5 1.0-2.5	UNS EN	S42035 1.4589
	429	0.12 0.12	1.0 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.03	14.0-16.0 14.0-16.0								UNS JIS	S42900 SUS429
	429J1(M)	0.25-0.4.0	1.0	1.0	0.04	0.03	15.0-17.0								JIS	SUS429J1
	430	0.12 0.08 0.12	1.0 1.0 0.75	1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.03	16.0-18.0 16.0-18.0 16.0-18.0							0.75	UNS EN JIS	S43000 1.4016 SUS430
	1.4017	0.08	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0							1.2-1.6	EN	1.4017
	440(M)	0.6-0.75	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0								JIS	SUS440A

GRUPO 3

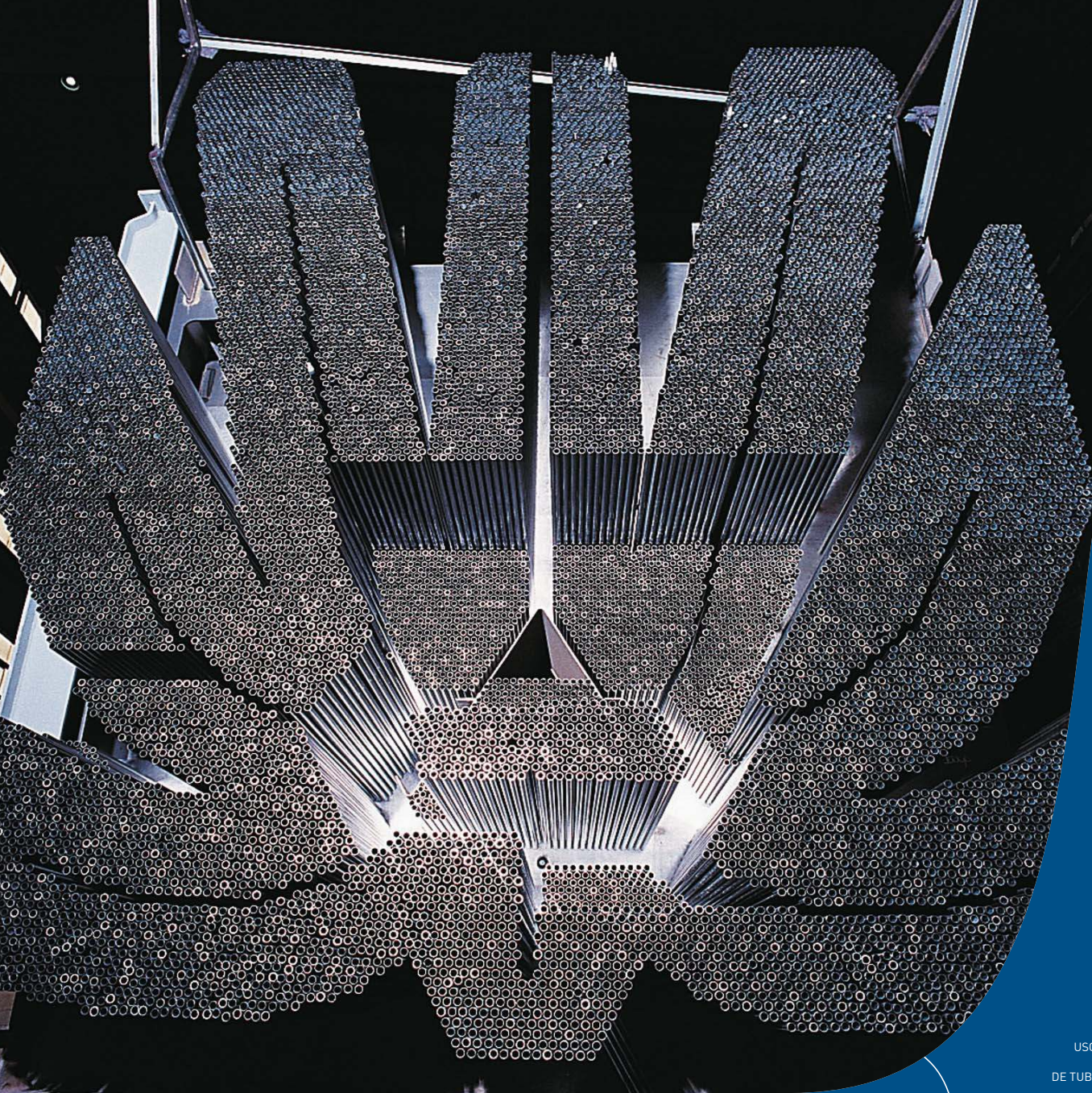
	AISI, ASTM	Elemento químico (peso máximo %)													Padrão	Ref.		
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni				
14%-18%Cr estabilizado	430J1L	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-20.0				8x[C+N]-0.8	0.3-0.8		0.025			JIS	SUS430J1L
	430LX	0.03	0.75	1.0	0.04	0.03	16.0-19.0			0.1-1.0					0.6		JIS	SUS430LX
	439	0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-19.0			[0.2+4x(C+N)]-1.10			0.15	0.03	0.5		UNS	S43035
		0.05	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0			[0.15+4x(C+N)]-0.8							EN	1.4510
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-19.0			[0.2+4x(C+N)]-0.75			0.15	0.03	0.5		UNS	S43932
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	17.5-18.5			0.1-0.6	[0.3+(3xC)]						UNS	S43940
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-17.5				0.35-0.55						EN	1.4590
		0.025	0.5	0.5	0.04	0.015	16.0-18.0			0.3-0.6							EN	1.4520
		0.02	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-15.0				0.2-0.6						EN	1.4595
	430Ti	0.05	1.0	1.0	0.4	0.015	16.0-18.0			0.6							EN	1.4511
441	0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.5-18.5			0.1-0.6	9xC+0.3-1						UNS	S44100	
	0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	17.5-18.5			0.1-0.6	3xC+0.3-1						EN	1.4509	

GRUPO 4

	AISI, ASTM	Elemento químico (peso máximo %)														Padrão	Ref.		
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni	Other				
Adição de Mo	415	0.05	0.6	0.5-1.0	0.03	0.03	11.5-14.0	0.5-1.0						3.5-5.5			UNS	S41500	
	434	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25										UNS	S43400
		0.08	0.75	0.8	0.04	0.015	16.0-18.0	0.9-1.4										EN	1.4113
		0.08	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0	0.8-1.4					0.04					EN	1.4526
		0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25			[7x(C+N)+0.1]-1.0						JIS	SUS434	
	436	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25			8x(C+N)-0.8			0.025			UNS	S43600	
		0.025	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0	0.9-1.4			0.3-0.6						EN	1.4513	
		0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-19.0	0.75-1.25			8x(C+N)-0.8			0.025			JIS	SUS436L	
	1.4419(M)	0.36-0.42	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-14.5	0.6-1.0									EN	1.4419	
	1.4110(M)	0.48-0.60	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-15.0	0.5-0.8							V≤0.15		EN	1.4110	
	1.4116(M)	0.45-0.55	1.0	1.0	0.04	0.015	14.0-15.0	0.5-0.8							0.1≤V≤0.2		EN	1.4116	
	1.4122(M)	0.33-0.45	1.0	1.5	0.04	0.015	15.5-17.5	0.8-1.3									EN	1.4122	
	1.4313(M)	≤0.05	0.7	1.5	0.04	0.015	12.0-14.0	0.3-0.7						≥0.02	3.5-4.5		EN	1.4313	
	1.4418(M)	≤0.06	0.7	1.5	0.04	0.015	15.0-17.0	0.8-1.5						≥0.02	4.0-6.0		EN	1.4418	
	436J1L	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-20.0	0.4-0.8			8x(C+N)-0.8			0.025			JIS	SUS436J1L	
	444	0.025	1.0	0.7-1.5	0.04	0.03	17.5-19.5	1.75-2.5			0.2+4(C+N)-0.8				1.0		UNS	S44400	
0.025		1.0	1.0	0.04	0.015	17.0-20.0	1.8-2.5			4x(C+N)+0.15-0.8			0.03			EN	1.4521		
0.025		1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-20.0	1.75-2.5			8x(C+N)-0.8			0.025			JIS	SUS444		

GRUPO 5

	AISI, ASTM	Elemento químico (peso máximo %)													Padrão	Ref.			
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni					
Outros	445	0.02	1.0	1.0	0.04	0.012	19.0-21.0				10x(C+N)-0.8	0.3-0.6		0.03	0.6		UNS	S44500	
	445J1	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	21.0-24.0				0.7-1.5			0.025			JIS	SUS445J1	
	445J2	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	21.0-24.0	1.5-2.5						0.025			JIS	SUS445J2	
	446	0.06	0.75	0.75	0.04	0.02	25.0-27.0	0.75-1.5			0.2-1.0		0.2		0.04			UNS	S44626
		0.01	0.4	0.4	0.02	0.02	25.0-27.5	0.75-1.5				0.05-0.2	0.2		0.015	0.5		UNS	S44627
		0.025	0.75	1.0	0.04	0.03	24.5-26.0	3.5-4.5			[0.2+4(C+N)]-0.80			0.035	3.5-4.5		UNS	S44635	
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	25.0-28.0	3.0-4.0			6x(C+N)-1.0			0.04	1.0-3.5		UNS	S44660	
		0.01	0.4	0.4	0.03	0.02	25.0-27.5	0.75-1.5						0.015	0.5		JIS	SUSXM27	
	447	0.01	0.2	0.3	0.025	0.02	28.0-30.0	3.5-4.2					0.15		0.02	0.15	[C+N] 0.025	UNS	S44700
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	28.0-30.0	3.6-4.2			6x(C+N)-1.0			0.045	1.0		UNS	S44735	
		0.025	1.0	1.0	0.03	0.01	28.0-30.0	3.5-4.5			[4x(C+N)+0.15]-0.8			0.045			EN	1.4592	
		0.01	0.4	0.4	0.03	0.02	28.5-32.0	1.5-2.5						0.015			JIS	SUS447J1	
448	0.01	0.2	0.3	0.025	0.02	28.0-30.0	3.5-4.2					0.15		0.02	2-2.5	[C+N] 0.025	UNS	S44800	



USO DE SUCESSO
DE TUBOS SOLDADOS
EM AÇO INOXIDÁVEL FERRÍTICO
EM UM CONDENSADOR
DE ESTAÇÃO DE FORÇA.

ANEXO

Acabamentos de superfície

Os tratamentos para acabamento de superfícies aplicados aos aços inoxidáveis podem ser de várias formas. Os principais acabamentos estão descritos abaixo. Os acabamentos de superfície para os ferríticos são os mesmos usados para os austeníticos e outros aços inoxidáveis.

Descrição	ASTM	EN10088-2	Observações
Laminado a quente	1	1E/1D	Uma superfície relativamente rugosa e sem brilho, produzida pela laminação à quente para a espessura especificada, seguida de recozimento e decapagem.
Laminado a frio	2D	2D	Um acabamento a frio sem brilho produzido pela laminação a frio para uma espessura especificada, seguida de recozimento e decapagem. Também pode ser alcançada através de uma passagem final leve sobre rolos de pano.
Laminado a frio	2B	2B	Um acabamento brilhante a frio normalmente produzido da mesma forma que o acabamento Nr. 2D, exceto que a folha recozida e decapada recebe uma passagem final de laminação à frio sobre as bobinas polidas. Este é um acabamento laminado a frio para fins gerais e é mais rapidamente polido que o Nr. 1 ou Nr. 2D.
Recozido com brilho	BA	2R	Acabamento BA produzido através do recozimento com brilho em uma atmosfera inerte após a laminação a frio. Mais lisa e brilhante que o nr. 2B.
Polido com escova ou pano	No. 4	1J/2J	Um acabamento polido brilhante para fins gerais, obtido através de um acabamento com uma lixa abrasiva 120-150, após esmerilhamento inicial com abrasivos mais espessos.
Acabamento acetinado polido (fosco)	No. 6	1K/2K	Um acabamento suave acetinado com menos reflexo que o acabamento escovado (ou polido com pano). Produzido por uma escova 'tampico'
Polido com brilho (espelho)	No. 8	1P/2P	O acabamento com maior reflexo mais comumente produzido. Ele é obtido através do polimento com abrasivos finos sucessivamente e em seguida de polimento com um tecido composto muito fino. A superfície é essencialmente livre de riscos causados pelas operações preliminares de esmerilhamento.
Superfícies eletropolidas	-	-	Esta superfície é produzida por um ataque eletrolítico. Este processo eletroquímico aprimora o acabamento da superfície ao remover picos de irregularidade da superfície.

[NB: a tabela acima não é oficial e deve ser usada somente como uma referência]



2D



2B



BA



no. 4



no.6

Referências Bibliográficas

- Bucher, L., P.-O. Santacreu, et al. "Elasto-Viscoplastic behaviour of ferritic Stainless Steel AISI 441-EN 1.4509 from room temperature to 850°C." *Journal of ASTM International (JAI) Vol. 3, Issue 7 (2006)*. Também: *Fatigue and Fracture Mechanics* (symposium), Vol. 35.
- Cunat, Pierre-Jean. "Working with Stainless Steels" Paris: SIRPE, 1998.
- Fedosseev, A, and D. Raabe. "Application of the method of superposition of harmonic currents for the simulation of inhomogeneous deformation during hot rolling of FeCr." *Scripta Metall. Mater* Vol. 30 (1994): 1-6.
- Gümpel, P., N. Arlt, et al. "Simulation des Korrosionsverhaltens von nichtrostenden Stählen in PKW-Abgasanlagen." *Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ)* No. 4 (2004): 350-356.
- Huh, M.-Y., J.-H. Lee, et al. "Effect of Through-Thickness Macro and Micro-texture gradients on ridging of 17%Cr Ferritic Stainless Steel Sheet." *Steel Research* Vol. 76, no. 11 (2005): 797-806.
- Kim, D. S., J. H. Park, et al. "Improvement of Cleanliness of 16%Cr-containing Ferritic Stainless Steel in AOD Processes", *La Revue de Metallurgie* No. 4, Paris (2004): 291-299.
- Kim, K, Y. Kim, et al. "POSCO's development of Ferritic Stainless Steel." *The Second Baosteel Biennial Academic Conference* Vol. 3, Shanghai, China (2006).
- Lee, S.-B., M.-C. Jung, et al. "Effect of Niobium on Nitrogen Solubility in High Chromium Steel." *ISIJ International* Vol. 42 (2002): 603-608.
- Lee, S.-B., J.-H. Choi, et al. "Aluminum Deoxidation Equilibrium in Liquid Fe-16 Pct Cr Alloy." *Metallurgical and Materials Transactions B*, Vol. 36B (2005): 414-416.
- Miyazaki, A., J. Hirasawa, et al. "Development of High Heat-Resistant Ferritic Stainless Steel with High Formability, RMH-1, for Automotive Exhaust Manifolds." *Kawasaki Steel Technical Report* No. 48 (2003): 328.
- Miyazaki, A., Takao, et al. "Effect of Nb on the Proof Strength of Ferritic Stainless Steels at Elevated Temperatures." *ISIJ International* Vol. 42, No. 8 (2002): 916-920.
- Murayama, M, N. Makiishi, et al. "Nano-scale chemical analysis of passivated surface layer on stainless steels." *Corrosion Science* Vol. 48 (2006): 1307-1308.
- Park, J. H., D. S. Kim, et al. "Inclusion Control of Fe-16%Cr Stainless Steel Melts by Aluminum Deoxidation and Calcium Treatment." *AIST Transactions in Iron & Steel Technology Magazine* Vol. 4, No. 1 (2007): 137-144.
- Park, S. H., K.Y. Kim, et al. "Evolution of Microstructure and Texture Associated with Ridging in Ferritic Stainless Steels." ICOTOM 13, Seul, Coréia (2002): 1335.
- Park, S. H., K. Y. Kim, et al. "Investigation of Microstructure and Texture Evolution in Ferritic Stainless Steels, *ISIJ International* Vol.42, No.1 (2002): 100.
- Park, S. H., K. Y. Kim, et al. "Effect of Annealing Process on the Microstructure and Texture Evolution in Type 430 Stainless Steel." *Journal of the Korean Institute of Metals & Materials* Vol.39, No. 8 (2001): 883.
- Park, S. H., K. Y. Kim, et al. "Effect of annealing process on the microstructure and texture evolution in Fe-16%Cr ferritic stainless steel." *Rex & GG Aachen, Alemanha* (2001): 1203.
- Park, S. H., K. Y. Kim, et al. "Effect of initial orientation and austenitic phase on the formation of deformation band and recrystallization behavior in hot rolled ferritic stainless steels." *THERMEC 2000*, Las Vegas, USA (2000): 163.
- Raabe, D. "Experimental investigation and simulation of crystallographic rolling textures of Fe-11wt.% Cr." *Materials Science and Technology* No. 11 (1995): 985-993.
- Raabe, D. "On the influence of the Chromium content on the evolution of rolling textures in ferritic stainless steels." *Journal of Materials Science* No. 31 (1996): 3839-3845.
- Raabe, D. "Metallurgical reasons and mechanical consequences of incomplete recrystallization." *Stahl und Eisen* No. 120 (2000): 73-78.
- Raabe, D, and K. Lücke. "Influence of particles on recrystallization textures of ferritic stainless steels." *Steel Research* No. 63 (1992): 457-464.
- Raabe, D, and K. Lücke. "Textures of ferritic stainless steels." *Materials Science and Technology* No. 9 (1993): 302-312.

Santacreu, P.-O., L. Bucher, *et al.* "Thermomechanical fatigue of stainless steels for automotive exhaust systems." *La Revue de Métallurgie* No. 1, Paris (Jan. 2006): 37-42.

Santacreu, P.-O., O. Cleizergues, *et al.* "Design of stainless steel automotive exhaust manifolds." *La Revue de Métallurgie* Nos. 7-8, Paris (July-Aug. 2004): 615-620. Also: JSAE Paper No. 20037127 (2003).

Schmitt, J.-H., F. Chassagne, *et al.* "Some Recent Trends in Niobium Ferritic Stainless Steels". *Proceedings of the symposium Recent Advances of Niobium Containing Materials in Europe*, Düsseldorf (20 May 2005): 137.

Sinclair, C. W., and J.-D. Mithieux, "Coupling recrystallization and texture to the mechanical properties of ferritic stainless steel sheet." *Proceedings of 2nd International Conference on Recrystallization & Grain Growth*, Annecy, France (30 Aug.-3 Sept. 2004): 317.

Sinclair, C.W., J.-D. Mithieux, *et al.* "Recrystallization of Stabilized Ferritic Stainless Steel Sheet", *Metallurgical and Materials Transactions A*, Vol. 36A (Nov. 2005): 3205.

Van Hecke, B. "The Forming Potential of Stainless Steel" *Materials and Applications Series* Vol. 8, Euro Inox (2006).

Toscan, F., Galerie, *et al.* "Relations between Oxidation Kinetics and Chromium Diffusion in Stainless Steels." *Materials Science Forum* Vols. 461-464 (2004): 45-52. Online at www.scientific.net.

Yazawa, Y., Y. Kato, *et al.* "Development of Ferritic Stainless Steel with Excellent Deep Drawability for Automotive Fuel tanks." *Review of Automotive Engineering* Vol. 26 (2005): 59.

Yazawa, Y., M. Muraki, *et al.* "Effect of Chromium Content on Relationship Between r-value and {111} Recrystallization Texture in Ferritic Steel." *ISIJ International* Vol. 43, No. 10 (2003): 1647-1651.

Yazawa, Y., Y. Ozaki, *et al.* "Development of ferritic stainless steel sheets with excellent deep drawability by {111} recrystallization texture control." *JSAE Review* No. 24 (2003): 483.



Membros do ISSF

MEMBROS CORPORATIVOS

Acciaierie Valbruna
Acerinox S.A.
Acesita S.A.
Aichi Steel Corporation
Arcelor Mittal
Baoshan Iron and Steel Co. (Stainless Steel Branch)
Cogne Acciai Speciali S.p.A.
Columbus Stainless (Pty) Ltd
Daido Steel Co. Ltd.
Deutsche Edelstahlwerke GmbH
Hyundai Steel Company
Industeel
JFE Steel Corporation
Jindal Stainless Ltd.
JSC Dneprospetsstal
Ningbo Baoxin Stainless Steel Co., Ltd.
Nippon Kinzoku Co., Ltd.
Nippon Metal Industry Co. Ltd.
Nippon Steel and Sumikin Stainless
Nippon Yakin Kogyo Co., Ltd.
Nisshin Steel Co., Ltd.
North American Stainless
Outokumpu Oyj
Panchmahal Steel Limited (PSL)
POSCO
POSCO Specialty Steel Co., Ltd.
Shanghai Krupp Stainless (SKS)
SIJ - Slovenska industrija jekla d.d./Slovenian Steel Group
Steel Authority of India Ltd. (SAIL)
Sumitomo Metal Industries, Ltd.
Taiyuan Iron and Steel (Group) Co. Ltd. (TISCO)
Takasago Tekko K.K.
Tang Eng Iron Works Co. Ltd.
Thainox Stainless Public Company Limited
ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni S.p.A.

ThyssenKrupp Mexinox S.A. de C.V.
ThyssenKrupp Nirosta GmbH
Ugine & ALZ
Ugitech S.A.
Viraj Group
Walsin Lihwa Corporation
Yieh United Steel Corporation (YUSCO)
Zhangjiagang Pohang Stainless Steel Co. Ltd. (ZPSS)

MEMBROS AFILIADOS

Australian Stainless Steel Development Association (ASSDA)
British Stainless Steel Association (BSSA)
Cedinox
CENDI
Centro Inox
Edelstahl-Vereinigung e.V.
Euro Inox
EUROFER
Institut de Développement de l'Inox (ID Inox)
Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER)
Indian Stainless Steel Development Association (ISSDA)
Japan Stainless Steel Association (JSSA)
Jernkontoret
Korea Iron and Steel Association (KOSA)
New Zealand Stainless Steels Development Association (NZSSDA)
Núcleo Inox (Brasil)
Southern Africa Stainless Steel Development Association (SASSDA)
Special Steel and Alloys Consumers and Suppliers Association (USSA)
Specialty Steel Industry of North America (SSINA)
Stainless Steel Council of China Specialist Steel Enterprises Association (CSSC)
Swiss Inox
Taiwan Steel and Iron Industries Association (TSIIA)
Thai Stainless Steel Development Association (TSSDA)
Union de Empresas Siderúrgicas (UNESID)

ANEXOS

Agradecimentos

O ISSF agradece Friedriche Teroerde (ICDA) por ter escrito o prefácio desta publicação e Philippe Richard (Arcelor Mittal Stainless, França), que coordenou o grupo de trabalho, formado por Jacques Charles (Ugine & Alz, França), Peirteh Huang (Yusco, Taiwan, China), Kwangyuk Kim (Posco, Coreia do Sul), Jochen Krautschick (ThyssenKrupp Nirosta, Alemanha), Juan Antonio Simon (Acerinox, Espanha) and Hideaki Yamashita (JFE, Japão). Nossos agradecimentos também a Benoît Van Hecke (Euro Inox, Bélgica) pela revisão do texto e a Paul Snelgrove, consultor 'freelance' e escritor no idioma inglês (Paris, França), por sua ajuda valiosa na preparação deste volume.

Também agradecemos de blauwe peer (Ghent, Bélgica) pela formatação e produção, MBCOM (Paris, França) pela criação da capa e Stevens Creative Printing (Merelbeke, Bélgica) pela impressão.

ISSF gostaria de agradecer ao Núcleo Inox (www.nucleoinox.org.br) pela tradução para o português.

CRÉDITOS DAS FOTOS

O ISSF gostaria de agradecer às empresas e indivíduos que contribuíram com fotografias para esta publicação. O ISSF pede desculpas ao proprietário dos direitos autorais das fotografias cuja origem não é conhecida e mencionada.

Capa: MBCOM, Paris, França; **p. 2-3:** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 4:** Columbus Stainless [Pty] Ltd, África do Sul; **p. 5:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 7:** Lincat Limited, Lincoln, Grã-Bretanha; **p. 8:** ISSF China, República Popular da China; **p. 9 (tl):** BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, Munich, Alemanha; **p. 9 (bl):** Whirlpool Corporation, Cassinetta di Biandronno, Itália; **p. 9 (r):** Groupe SEB, Rumilly, França; **p. 10:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 11 (tl):** IKEA, Aelmhult, Suécia; **p. 11 (bl):** Yiu Heng International Company Limited, Macau; **p. 11 (r):** Takara Standard Corporation, Japão; **p. 12 (t):** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 12 (b):** Tramontina, São Paulo, Brasil; **p. 13 (l):** Lincat Limited, Lincoln, GB; **p. 13 (r):** South Korea Iron & Steel Association (KOSA), Seoul, Coreia do Sul; **p. 14:** POSCO, Pohang, Coreia do Sul; **p. 15 (l & c):** Ugine & Alz (Arcelor

Mittal Group), França; **p. 15 (tr):** Suncue Company Ltd. and Yieh United Steel Corp. (YUSCO), Taiwan, China; **p. 15 (br):** Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tóquio, Japão; **p. 16 (l):** South Africa Stainless Steel Development Association (SASSDA), Rivonia, África do Sul; **p. 16 (r):** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 17:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 18 (l):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 18 (tr):** Mac Brothers Catering Equipment, Cidade do Cabo, África do Sul; **p. 18 (br):** Centro Inox and ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni S.p.A., Itália; **p. 19:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 20 (t):** BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, Munique, Alemanha; **p. 20 (b):** Faurecia, Nanterre, França; **p. 21 (l):** Valtimet, Boulogne-Billancourt, França; **p. 21 (c):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 21 (r):** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 22 (l):** Sander Inox and Núcleo Inox, Brasil; **p. 22 (r):** Ompagrill and Centro Inox, Itália; **p. 23:** BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, Munique, Alemanha; **p. 24 (tl & tr):** Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tóquio, Japão; **p. 24 (br):** Columbus Stainless [Pty] Ltd, África do Sul; **p. 25 (l):** South Korea Iron & Steel Association (KOSA), Seul, Coreia do Sul; **p. 25 (tc):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 25 (tr):** Faurecia, Nanterre, França; **p. 26 (t):** Group SEB, Rumilly, França; **p. 26 (b):** LG Electronics, Coreia do Sul; **p. 27 (l):** Columbus Stainless [Pty] Ltd, África do Sul; **p. 27 (r):** Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tóquio, Japão; **p. 28 (l):** BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, Munique, Alemanha; **p. 28 (r):** South Korea Iron & Steel Association (KOSA), Seul, Coreia do Sul; **p. 29:** Taiyuan Iron & Steel (Group) Company Ltd. (TISCO), Taiyuan, República Popular da China; **p. 30 (t):** ISSF China, República Popular da China; **p. 30 (b):** Qingdao Haier International Trading Co. Ltd., República Popular da China; **p. 31 (l):** SunTank, Pretoria, África do Sul; **p. 31 (r):** Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tóquio, Japão; **p. 2 (box):** POSCO, Pohang, Coreia do Sul; **p. 33 (all):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 34 (l):** Centro Inox, Itália; **p. 34 (tr):** Faurecia, Nanterre, França; **p. 34 (b):** all 4 photos Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 35:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 36 (t):** ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, Alemanha; **p. 36 (b):** Macadams Baking Systems (Pty) Ltd, Cidade do Cabo, África do Sul; **p. 37 (l):** Faurecia, Nanterre, França; **p. 37 (r):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 38 (l):** Faurecia, Nanterre, França; **p. 38 (r):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 39 (l):** SunTank, Pretoria, África do Sul; **p. 39 (tr):** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasil; **p. 39 (br):** Solaris Bus & Coach Co., Polônia; **p. 40 (l):** Brandt Edelstahlhach GmbH, Cologne, Alemanha; **p. 40 (r):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 41 (tr):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 41 (br):** ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, Alemanha; **p. 42 (tl):** Willem de Roover, Ghent, Bélgica; **p. 42 (bl):** Faurecia, Nanterre, França; **p. 42 (tr):** Centro Inox, Milão, Itália; **p. 42 (br):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), França; **p. 43:** Hanjin, Coreia do Sul; **p. 44 (t):** Groupe SEB, Rumilly, França; **p. 44 (b):** Lincat Limited, Lincoln, Grã-Bretanha; **p. 58:** ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, Alemanha; **p. 62:** Valtimet, Boulogne-Billancourt, França; **p. 63:** POSCO, Pohang, Coreia do Sul.

TERMO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Todos os esforços foram feitos para que as informações contidas nesta publicação estejam tecnicamente corretas. Todavia, o leitor deve ser avisado de que o material aqui contido serve somente para fins gerais. O ISSF, seus membros, funcionários e consultores estão isentos de qualquer responsabilidade por perdas, danos ou ofensas resultantes do uso das informações contidas neste documento (impressas, eletrônicas ou em outro formato).



www.issf.org



Contatos:
International Stainless Steel Forum (ISSF)
Rue Colonel Bourg 120
1140 Brussels • Belgium
T: +32 2 702 8900 • F: +32 2 702 8912
E: info@issf.org

