



COLETÂNEA DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS – AÇO INOXIDÁVEL

AÇOS INOXIDÁVEIS – Noções básicas

1.1 INTRODUÇÃO

O perfil do parque manufatureiro de inox, mesmo nos centros mais adiantados do país como o de São Paulo, mostra uma grande concentração de pequenas indústrias resultado do desmembramento de pequenos fabricantes de pias e cubas. Nelas, o serviço é basicamente artesanal executado em equipamentos obsoletos com resultados desastrosos no que tange à qualidade.

Experiências de revestimento de fachadas de esquadrias, escadas e revestimentos internos executados em Belo Horizonte e em São Paulo evidenciaram a necessidade premente de habilitação de mão de obra especializada.

O nível de tecnologia utilizado pelas empresas transformadoras do aço inox no Brasil ainda é muito baixo. As dificuldades de mão de obra e o desconhecimento do correto manuseio têm onerado desnecessariamente os custos de fabricação e comprometido a qualidade final do produto.

As informações contidas neste manual são básicas para o desenvolvimento da mão de obra e devem ser consideradas como uma primeira abordagem dos parâmetros que devem ser levados em consideração para a correta especificação, manuseio e conformação dos aços inoxidáveis laminados a frio.

1.2 BREVE HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS

O desenvolvimento dos aços inoxidáveis é atribuído ao inglês Harry Brearly, em 1912. Ao experimentar um liga ferro-cromo com aproximadamente 13% de cromo, fez algumas observações metalográficas e constatou que a liga fabricada resistia à maior parte dos reagentes freqüentemente usados em metalografia; a essa liga ele denominou “Stainless Steel”, ou seja, “aço sem manchas”. Brearly, na verdade quis dizer que esse aço não era atacado ou “manchado” quando submetido aos ataques metalográficos da época.

No mesmo ano, na Alemanha, Eduard Maurer afirmava que uma liga ferro-cromo elaborada por Brenno Straus resistiu por vários meses aos vapores agressivos do laboratório em que trabalhava.

Os aços inoxidáveis descobertos por Brealy e Strauss são, basicamente, os tipos conhecidos hoje como ABNT 420 e ABNT 302. Na mesma época, foram feitos tratamentos térmicos a altas temperaturas para conseguir boa ductilidade (No tipo ABNT 302) e alta dureza (no tipo ABNT 420), no primeiro caso o tratamento foi dado por Maurer.

Na Alemanha, já em 1914, uma liga à base de ferro e contendo 20% de cromo, 7% de níquel e 0,25% de carbono foi utilizada numa fábrica de anilina e soda; imediatamente os aços inoxidáveis foram adotados nas fábricas de amônia sintética do país.

As ligas ferro-cromo (17% cromo) e ferro-cromo-níquel (18% cromo e 8% níquel) foram amplamente usadas nos anos de 1920/1930 nos Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha, em fábricas de amônia e ácido nítrico.

1.3 DEFINIÇÃO - O PAPEL DO CROMO E A PASSIVIDADE

Os aços inoxidáveis são, basicamente, ligas de ferro-cromo. Outros metais atuam como elementos de liga, mas o cromo é mais importante e sua presença é indispensável para se conferir a resistência à corrosão desejada.

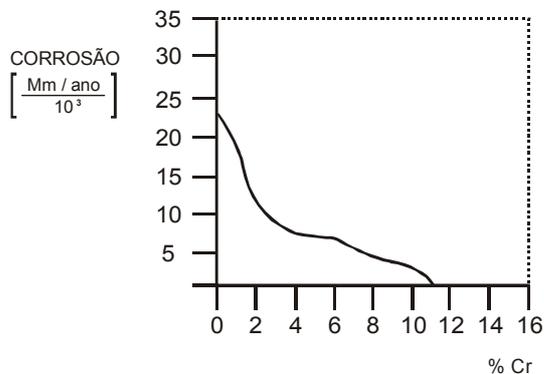


Figura 1 - Efeito do teor crescente de Cr na resistência à corrosão atmosférica de ligas Fé-cr.

Quando comparamos os aços inoxidáveis com alguns metais ou ligas, observamos diferenças importantes. O comportamento típico de um metal em presença de um determinado meio agressivo é mostrado na figura 2. Imaginemos um metal qualquer imerso numa solução ácida que tenha um certo poder oxidante, indicado pelo ponto A na figura. À medida que o poder oxidante da solução aumenta, aumenta o ataque ao metal, medido pela intensidade da corrente que passa pelo material.

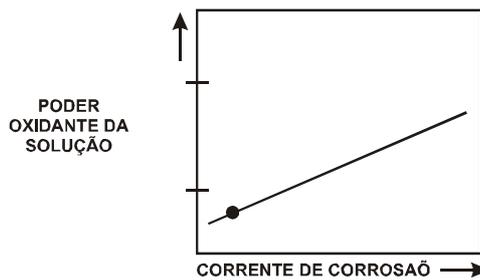


Figura 2 - Comportamento ativo de um metal em soluções ácidas oxidantes.

As figuras 2 e 3 mostram claramente as diferenças existentes, em termos de resistência a corrosão entre os aços inoxidáveis e alguns outros metais e ligas. O fenômeno da passividade é conferido aos aços inoxidáveis pelo cromo e é por isso que apresentam excelente comportamento em muitos meios agressivos.

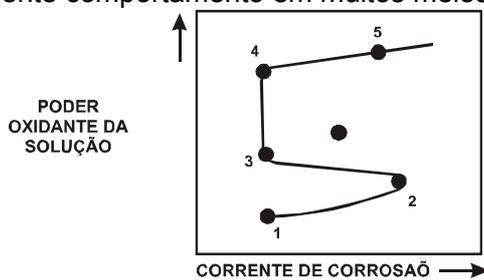


Figura 3 - Comportamento passivo de um metal em soluções ácidas oxidantes.

Na figura 3, do ponto 1 até o ponto 2, o aço inox inicia o processo de oxidação; entre os pontos 2 e 3 temos a etapa de passivação, consequência da formação do filme de óxido de cromo, extraordinariamente fina, (30 a 50 Å) e extremamente resistente; entre os pontos 3 e 4 o material já formou a Camada Passiva e é imune ao meio, não sendo mais atacado; entre os pontos 4 e 5, o meio já é tão agressivo que a Camada Passiva não protege mais o material, iniciando-se novamente processos de oxidação.

1.4 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS

• AÇOS AUSTENÍTICOS - Aços Típicos ABNT 304 e 316

São ligas não-magnéticas de ferro-cromo-níquel contendo tipicamente 8% de níquel, com baixo teor de carbono. Apresentam boas propriedades mecânicas, boa soldabilidade, trabalhabilidade a frio e resistência à corrosão. Podem ser endurecidos por deformação e, neste estado, são ligeiramente magnéticos. A adição de elementos de liga como o molibdênio e a redução do teor de carbono melhoram sua resistência à corrosão.

• AÇOS FERRÍTICOS - Aços Típicos ABNT 409 e 430

São ligas ferro-cromo contendo de 12 a 17% de cromo com baixo teor de carbono. Não são endurecíveis por tratamento térmico. São magnéticos e apresentam boa resistência à corrosão em meios menos agressivos, boa ductilidade, razoável soldabilidade. O trabalho a frio os endurece moderadamente.

- **AÇOS MARTENSÍTICOS - Aço Típico ABNT 420**

São ligas de ferro-cromo contendo de 12 a 14% de cromo e com alto teor de carbono. São endurecíveis por tratamento térmico e magnéticos. Quando temperados são muito duros e pouco dúteis, e é nesta condição que são resistentes à corrosão. Quando recozidos não apresentam bom comportamento frente à corrosão atmosférica.

1.5 TIPOS DE PROPRIEDADES

Propriedades	Tipo - ABNT/ASTM/AISI				
	301	304	304L	316	316L
Composição Química					
% em peso					
	C	0,08 máx	0,08 máx	0,03 máx	0,03 máx
	Mn	2,00 máx	2,00 máx	2,00 máx	2,00 máx
	Si	1,00 máx	1,00 máx	0,75 máx	0,75 máx
	P	0,045 máx	0,045 máx	0,045 máx	0,045 máx
	S	0,030 máx	0,030 máx	0,030 máx	0,030 máx
	Cr	16,0 A 18,0	18,0 A 20,0	18,0 A 20,0	16,0 A 18,0
	Ni	6,0 A 8,0	8,0 A 10,50	8,0 A 12,0	10,0 A 14,0
	Mo	-	-	-	2,00 A 3,00
	N ₂	0,10 máx	0,10 máx	0,10 máx	0,10 máx
	OUTROS	-	-	-	-
Propriedades	Estrutura	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica
	Densidade(g/cm ³)	7,7	8,0	8,0	8,0
	Calor Específico 0-100°C (kcal/kg °C)	0,36	0,29	0,29	0,36
	Coefficiente Médio de Dilatação Térmica	17,0 x 10 ⁻⁶	17,9 x 10 ⁻⁶	17,9 x 10 ⁻⁶	16,2 x 10 ⁻⁶
	14 / m °C	18,8 x 10 ⁻⁶	18,8 x 10 ⁻⁶	18,8 x 10 ⁻⁶ (*)	18,6 x 10 ⁻⁶
	Intervalo de Forno (°C)	1398 - 1420	1398 - 1454	1398 - 1454	1371 - 1398
	Magnetismo em Estado	Recozido, não Magnético	Recozido, não Magnético	Recozido, não Magnético	Recozido, não Magnético
	Resistividade Elétrica Específica e Temperatura Ambiente	14,97 - 17,0	14,97 - 17,0	14,97 - 17,0	14,97 - 17,0
	Condutividade Térmica 100 °C (cal/s em °C)	16,2	16,2	16,2	16,2
	Módulo de Elasticidade (GPa)	200	200	200	200
	Módulo de Rigidez (GPa)	86,2	86,2	86,2	86,2
Propriedades	Limite de Resistência (MPa)	600 / 900	530 / 770	530 / 770(*)	515 / 700
	Limite de Escoamento (MPa)	250 / 370	200 / 350	240 / 350(*)	250 / 370
	Alongamento 50 mm (%)	50 / 65	50 / 65	45 / 65	45 / 65
	Dureza RockWell - B	75 / 90	75 / 85(*)	70 / 85(*)	70 / 85(*)
	Limite de Fadiga (MPa)	241	241	241	269
Representativas	Dobramento a Frio (Graus)	180	180	180	180
	Embutimento Erichsen(mm)	13	12	12	12
	Embutibilidade	Bom	Ótimo	Ótimo	Bom
Tratamentos	Temperatura Inicial de Esforço (°C)	1150 - 1260	1150 - 1260	1150 - 1260	1150 - 1260
	Temperatura Formação de Carapa (°C)	815	840	840	840
Térmicos	Recozimento Contínuo (°C)	1010 - 1120	1010 - 1120	1010 - 1120	1010 - 1120
	Esfriamento	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
	Temperatura de Tempera (°C)	Não Temperável	Não Temperável	Não Temperável	Não Temperável
	Soldabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo	Ótima

(*) - Babina Laminação Frio

Propriedades	Tipo - ABNT/ASTM/AISI				
	301	304	304L	316	316L
Composição Química					
% em peso					
	C	0,08 máx	0,08 máx	0,03 máx	0,03 máx
	Mn	2,00 máx	2,00 máx	2,00 máx	2,00 máx
	Si	1,00 máx	1,00 máx	0,75 máx	0,75 máx
	P	0,045 máx	0,045 máx	0,045 máx	0,045 máx
	S	0,030 máx	0,030 máx	0,030 máx	0,030 máx
	Cr	16,0 A 18,0	18,0 A 20,0	18,0 A 20,0	16,0 A 18,0
	Ni	6,0 A 8,0	8,0 A 10,50	8,0 A 12,0	10,0 A 14,0
	Mo	-	-	-	2,00 A 3,00
	N ₂	0,10 máx	0,10 máx	0,10 máx	0,10 máx
	OUTROS	-	-	-	-
Propriedades	Estrutura	Austenítica	Austenítica	Austenítica	Austenítica
	Densidade(g/cm ³)	7,7	8,0	8,0	8,0
	Calor Específico@ 100°C (kcal/kg °C)	0,36	0,29	0,29	0,36
Físicas	Coeficiente Médio de Dilatação Térmica	17,0 x 10 ⁻⁶	17,9 x 10 ⁻⁶	17,9 x 10 ⁻⁶	16,2 x 10 ⁻⁶
	14 / m °C	18,8 x 10 ⁻⁶	18,8 x 10 ⁻⁶	18,8 x 10 ⁻⁶ (*)	18,6 x 10 ⁻⁶
	Intervalo de Fusão (°C)	1398 - 1420	1398 - 1454	1398 - 1454	1371 - 1398
	Magnetismo em Estado	Recorrido, não Magnético	Recorrido, não Magnético	Recorrido, não Magnético	Recorrido, não Magnético
	Resistividade Elétrica Específica e Temperatura Ambiente	14,97 - 17,0	14,97 - 17,0	14,97 - 17,0	14,97 - 17,0
	Condutividade Térmica 100 °C (cal/s em °C)	0,035	0,031	0,031	0,032
	Módulo de Elasticidade (GPa)	200	200	200	193
	Módulo de Rigidez (GPa)	86,2	86,2	86,2	-
Propriedades	Limite de Resistência (MPa)	600 / 900	530 / 770	530 / 730(*)	515 / 700
	Limite de Escoamento (MPa)	250 / 370	200 / 350	240 / 350(*)	250 / 370
	Alongamento 50 mm (%)	50 / 65	50 / 65	45 / 65	45 / 65
Mecânicas	Dureza RockWell - B	75 / 90	75 / 85(*)	70 / 85(*)	70 / 85(*)
	Limite de Fadiga (MPa)	241	241	-	269
Representativas	Dobramento a Frio (Graus)	180	180	180	180
	Embutimento Erichsen(mm)	13	12	12	12
	Embutibilidade	Bom	Ótimo	Ótimo	Bom
Tratamentos	Temperatura Inicial de Esforço (°C)	1150 - 1260	1150 - 1260	1150 - 1260	1150 - 1260
	Temperatura Formação de Carapa (°C)	815	840	840	840
Térmicos	Resfriamento	1010 - 1120	1010 - 1120	1010 - 1120	1010 - 1120
	Resfriamento Contínuo (°C)	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
	Temperatura de Tempera (°C)	Não Temperável	Não Temperável	Não Temperável	Não Temperável
	Soldabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo	Ótima

(*) - Babina Laminação Frio

1.6 FENÔMENOS DE CORROSÃO

A seleção de um material com resistência à corrosão inadequada a uma aplicação específica, pode ser um erro de alto custo. Os prejuízos diretos e indiretos que podem advir do processo corrosivo estão relacionados ao superdimensionamento para suportar a corrosão, à substituição do equipamento corroído, à perda do produto devido a vazamentos, contaminação de produtos e/ou ambientes, etc.

A corrosão pode se manifestar de duas formas principais:

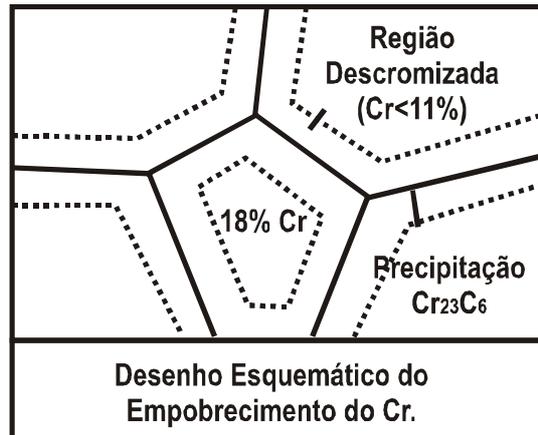
- **Corrosão geral que ocorre em toda a superfície do metal à velocidade uniforme;**
- **Corrosão localizada, que ocorre somente em uma área restrita.**

Todos os metais e ligas estão sujeitos a manifestar qualquer destas formas de corrosão. Os problemas de corrosão em aços inoxidáveis em aplicações arquitetônicas são praticamente inexistentes, pela sua reconhecida capacidade de resistir ao ataque dos agentes poluidores existentes nos grandes centros urbanos, nas indústrias e nas proximidades da orla marinha. Caso sejam especificados corretamente para cada ambiente, não deverão apresentar problemas sérios de corrosão.

Contudo, problemas de corrosão poderão acontecer, mesmo nos aços inoxidáveis, provenientes de projetos mal concebidos. São os casos das corrosões por frestas e por efeito de par galvânico.

1.6.1 A Sensitização e a Corrosão Intergranular

Alguns aços inoxidáveis austeníticos, quando aquecidos na faixa de temperatura compreendida entre 420 e 870°C, então sujeitos ao fenômeno conhecido como sensitização. Nessa temperatura, o cromo e o carbono se combinam para formar carboneto de cromo (Cr_{23}C_6), que se precipita preferencialmente nos contornos de grão, figura 4. Dessa forma, uma grande quantidade de cromo é removida de uma faixa relativamente estreita e a consequência é uma fragilização desta região que pode ficar com até 2% de cromo ou menos.



Essas regiões descromizadas, desde que tenham menos de 11% de cromo, não são mais inoxidáveis e deixam de resistir ao ataque de determinados meios agressivos. Como consequência, tem-se um ataque localizado nos contornos de grãos, razão pela qual a corrosão assim promovida é conhecida como corrosão intergranular.

Na região termicamente afetada pelo cordão de solda, existem faixas submetidas às temperaturas críticas que levam à ocorrência de corrosão intergranular em determinados meios, em duas faixas paralelas e próximas ao cordão de solda.

Quanto maior é o teor de carbono do material, maior também é o teor de cromo removido da solução sólida e, conseqüentemente, maior será a susceptibilidade do material a se corroer intergranularmente em certos meios. É importante observar que nem todos os meios são capazes de provocar corrosão intergranular. Nos meios sulfúricos, nítricos, fluorídricos e até em alguns molhos comestíveis, existirá tendência a essa forma de corrosão em materiais sensibilizados.

Nas juntas soldadas (Figura 5) há sempre uma região da ZAC que está sujeita à faixa de sensibilização e, dependendo da velocidade de resfriamento, o tempo de permanência pode ser suficiente para provocar a precipitação de carbonetos de cromo.

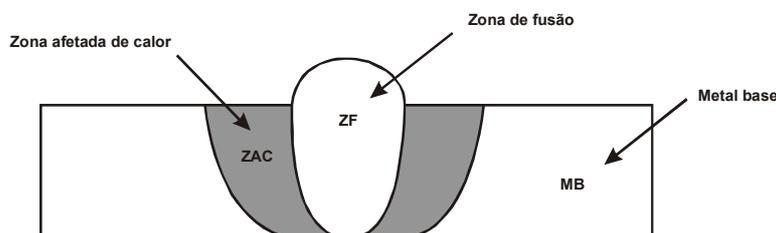


Figura 5 – Figura esquemática de uma junta soldada.

Quando ocorre, a corrosão intergranular se dá como uma faixa paralela e próxima, mas não adjacente ao cordão de solda. É a região que ficou aquecida por mais tempo na faixa crítica.

1.6.2 A Solução do Problema da Sensitização

A austenitização à temperatura de aproximadamente 1100°C, seguida de resfriamento rápido, é uma técnica utilizada para recuperar um aço inox austenítico sensitizado. Em temperaturas superiores a 1050°C, os carbonetos de cromo formados, por exemplo, durante uma operação de soldagem são rapidamente dissolvidos, o carbono e o cromo ficam novamente em solução sólida. Se o tratamento a altas temperaturas é seguido de um rápido resfriamento, a precipitação de carbonetos não acontece porque o cromo e o carbono não dispõem de tempo suficiente para se combinarem novamente. A técnica de se tratar termicamente um material para eliminar a sensitização, nem sempre é possível, devido ao tamanho e forma de certas peças e equipamentos.

Nos anos 30, outra solução foi encontrada para se evitar o problema de sensitização, ou seja, a utilização de estabilizadores. O titânio, adicionado como elemento de liga, inibe a formação de carbonetos de cromo devido ao fato de ter uma afinidade maior pelo carbono que aquela que tem o cromo. Assim precipita-se o carboneto de titânio e o cromo permanece em solução sólida. Com a mesma finalidade pode ser utilizado o nióbio. Tanto o titânio quanto o nióbio são estabilizadores do carbono e os aços inoxidáveis assim obtidos (por exemplo, tipo ABNT 321 e ABNT 347) são conhecidos como aços inoxidáveis estabilizados. Uma terceira alternativa, introduzida em 1947, atualmente mais utilizada, é a redução do teor de carbono nas ligas austeníticas.

O limite de solubilidade do carbono na austenita é de 0,02%. Logo, mantendo-se o carbono abaixo desse teor, a formação de carboneto de cromo não será possível. Assim, surgiu o aço inoxidável ABNT 304L, com o teor máximo de carbono de 0,030%. O excedente de 0,01% de carbono que, eventualmente poderá precipitar, não é suficiente para remover grandes quantidades de cromo da solução sólida.

Hoje, os aços inoxidáveis austeníticos extra baixo carbono têm substituído os aços estabilizados em muitas aplicações, com grandes vantagens em muitos casos.

1.6.3 Corrosão Sob Tensão

Este tipo de corrosão afeta os aços inoxidáveis austeníticos submetidos à tensões e à presença de certos elementos corrosivos, como cloretos e sais de metais halógenos (cloro, flúor e bromo) tais como cloreto de lítio, fluoreto de lítio, cloreto de sódio, cloreto de potássio e cloreto de célio entre outros, em solução aquosa ou mesmo em vapor.

Esse tipo de corrosão não é específico das juntas soldadas, mas a soldagem pode contribuir indiretamente, pelas tensões residuais de tração, resultante dos diferentes ciclos térmicos dos diferentes pontos de uma junta soldada. Estas tensões são, por si só, suficientes para provocar o fenômeno, uma vez que são da ordem do limite de escoamento do material.

As principais características da corrosão sob tensão são:

1 - As trincas podem ser intergranulares ou transgranulares dependendo do tipo de material. Podem ainda ser ramificadas ou não.

2 - Há um tempo de incubação, em que a trinca se forma, mas não aparece. A seguir progride rapidamente.

3 - O oxigênio acelera a corrosão sob tensão.

4 - A velocidade de corrosão é muito lenta quando o teor de níquel vai a mais de 40% ou desce a menos de 5%.

5 - Uma grande pureza de metal é um elemento favorável à resistência à corrosão sob tensão.

6 - A estrutura também contribui. Os aços austeno-ferríticos resistem melhor que os austeníticos.

7 - Em caso de dúvidas, é sempre aconselhável testar espécimes contendo soldas, nos meios onde o material vai trabalhar, sujeitos às tensões de trabalho.

A fissuração por corrosão sob tensão pode ser reduzida ou prevenida por medidas como:

- diminuição do nível de tensões, por exemplo através de um tratamento térmico de alívio de tensões. Em aços austeníticos, este tratamento é normalmente feito entre 900 e 1000°C.

- eliminação do componente ambiental crítico.

- substituindo a liga, se não for possível atuar no ambiente nem reduzir o nível de tensões. Os aços inoxidáveis podem ser substituídos por ligas mais ricas em níquel ou por aços inoxidáveis que não contenham ou que contenham menor quantidade de níquel.

- aplicando proteção catódica.

1.6.4 Corrosão por Pites

Em determinados meios, notadamente aqueles que contêm cloretos, os aços inoxidáveis austeníticos, ferríticos e martensíticos mostram propensão a uma outra forma de corrosão, chamada corrosão por pites. É um tipo de corrosão extraordinariamente localizada, na qual, em pontos discretos da superfície dos materiais, o meio agressivo consegue quebrar o filme passivo protetor para depois progredir em profundidade e em volume.

Ocorrendo em dois estágios, iniciação e crescimento, o último é um processo auto-sustentável, isto é, cresce continuamente independente da necessidade de novos ataques

agressivos. Embora a perda de massa possa ser insignificante em um processo de corrosão por pites, é uma forma de corrosão muito grave já que muitas vezes um pite é suficiente para paralisar um equipamento.

Para diminuir a susceptibilidade a estas formas de corrosão, é introduzido o molibdênio como elemento de liga nos aços inoxidáveis. O aço ABNT 316 é uma variação do aço 304, contendo um mínimo de 2% de molibdênio, cuja presença permite a formação de uma camada passiva mais resistente a essas formas localizadas de corrosão. A versão extra baixo carbono do tipo ABNT 316 é aço inox ABNT 316L, para aqueles casos em que seja importante evitar a sensitização. Os aços ABNT 316 e ABNT 316L ligados ao molibdênio têm ampla utilização na indústria química, do álcool, petroquímica aeronáutica e naval.

1.6.5 Corrosão Localizada em Frestas

A corrosão por frestas pode ser considerada como uma corrosão superficial por pites. O aspecto da corrosão por frestas é frequentemente semelhante ao da corrosão por pites e seu crescimento verifica-se também por um processo auto-sustentável. No entanto, a existência de uma fresta é necessária para a ocorrência do fenômeno, não havendo a mesma necessidade na corrosão por pites. Os mesmos meios agressivos capazes de provocar a corrosão por pites, promovem a corrosão por frestas nos aços inoxidáveis.

Este tipo de corrosão está associado a pequenos volumes de soluções agressivas (por exemplo, cloretos na orla marinha) estagnados em poros, superfícies de vedação, juntas superpostas, frestas associadas a parafusos e a cabeça de rebites. A falta de oxigênio e a acumulação de agentes agressores são as causas fundamentais deste tipo de corrosão. Para evitar este tipo de corrosão, o arquiteto/engenheiro deverá projetar.

- **Juntas soldadas de topo em vez de rebites;**
- **Fechar as frestas existentes nas junções com soldas contínuas;**
- **Evitar os ângulos vivos e áreas possíveis de estagnação;**
- **Usar material de vedação não absorvente.**

1.6.6 Corrosão Galvânica

O aço inox como elemento arquitetônico pode ser combinado com vários outros materiais metálicos e não metálicos, seja como revestimento de fachadas, esquadrias para janelas, ou mesmo esculturas. São possíveis as composições com vidros, mármore e granitos, materiais cerâmicos, concreto, etc.

As soluções arquitetônicas envolvendo aço inox e outros metais são possíveis mas requerem cuidados especiais para se evitar a formação de par galvânico.

O par galvânico ocorre quando dois metais dessemelhantes estão em contato em presença de um eletrólito. A diferença de potencial entre ambos, em função de um meio corrosivo ou de uma solução condutora, produzirá um fluxo de elétrons entre eles. O material menos resistente corroerá com maior intensidade, tornando-se anódico. A força impulsora para a circulação da corrente e, conseqüentemente da corrosão, é a diferença de potencial entre os dois metais.

A série galvânica apresentada abaixo, orienta a especificação do aço inox com outros materiais.



A relação entre as áreas catódicas e anódicas de um par galvânico é outro efeito a ser considerado. Uma relação de área desfavorável consiste em um grande catodo e um pequeno anodo. A maior densidade de corrente na área anódica gera uma maior taxa de corrosão no anodo, para manter o equilíbrio elétrico entre as reações catódica (de proteção) e anódica (de corrosão).

Portanto, quando for necessário o contato de dois metais dessemelhantes, deve-se prever um isolamento entre ambos (revestir ou pintar com primer de epóxi o material mais nobre).

Métodos para a prevenção e combate à corrosão galvânica:

- **Selecionar os materiais metálicos de modo que estejam mais próximos na série galvânica;**
- **Evitar o efeito de área desfavorável, evitando pequeno anodo e grande catodo;**
- **Isolar materiais metálicos dessemelhantes onde for possível, aplicando, por exemplo, revestimento à base de epóxi;**

- **Nas juntas soldadas, o cordão deve ter composição química similar ao metal base. No caso de aços inoxidáveis, os metais de adição de alto teor de cromo e níquel são necessários para compensar as perdas por oxidação preferencial;**
- **Projetar partes anódicas facilmente substituíveis ou fazê-las mais espessas para se ter uma vida útil maior;**
- **Aplicar um terceiro metal que seja anódico a ambos os metais em contato.**

1.7 MEIOS AGRESSIVOS

No âmbito dos aços inoxidáveis utilizados na serralheria para a construção civil, a experiência vem demonstrando que existem diversos graus de solicitações dos ambientes com relação à resistência à corrosão generalizada ou localizada.

Especifica-se de acordo com os vários ambientes.

O aço ABNT 304 para uso arquitetônico em zonas urbanas e suburbanas das cidades. Este aço, garante ótima resistência à corrosão atmosférica nestas regiões e deve ser especificado onde exista a exigência de aspecto estético invariável ao longo do tempo.

O aço ABNT 316 em situações ambientais muito agressivas, como em regiões vizinhas a indústrias e laboratórios químicos, em regiões de grande concentração industrial, na orla marítima e mesmo em regiões urbanas de alto índice de poluição atmosférica.

O aço ABNT 430 em ambientes rurais e suburbanos com baixa poluição atmosférica.

No quadro abaixo, os dados experimentais de perda de peso por corrosão generalizada em amostras expostas em Milão (zona urbano-industrial), Savona (zona litorânea) e Castel Romano (zona rural), em três anos de exposição.

Materiais	Atmosfera	Perda de peso (mg/dm ² /ano)		
		Urbano industrial	Marinha	Rural
ABNT 304I		5,4	14,7	0,9
ABNT 316I		1,2	13,5	0,7
ABNT 430I		6,4	13,5	1,3
COBRE ASTM152I		92,0	229,0	ND

O poder corrosivo dos meios ambientes sobre as superfícies metálicas varia de um lugar para outro. A qualidade da superfície metálica é fator importante na análise de sua resistência à corrosão.

Superfícies polidas, apresentam melhor resistência à corrosão pelo seu baixo índice de rugosidade. À medida que a rugosidade superficial aumenta, maior será a facilidade de retenção de impurezas e, conseqüentemente, maior sua suscetibilidade de corroer-se.

A tabela a seguir especifica os tipos de aço em função dos ambientes.

Tipos	Nível de Poluição Ambiente											
	Rural / Suburbano			Urbano			Industrial			Marinho		
	Baixa	Típica	Alta	Baixa	Típica	Alta	Baixa	Típica	Alta	Baixa	Típica	Alta
316	3	3	3	3	3	2	2	2	(2)	2	2	(2)
304	3	3	2	2	2	(2)	(2)	1	1	(2)	1	1
430	2	2	(2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Obs.:

1. *aço inadequado*
2. *aço mais adequado*
3. *aço superdimensionado*

(2). *aço indicado com cuidados especiais com relação a qualidade da superfície, possibi-*

dade de lavagem frequente ou usado em ambientes internos.

Se por um lado os fenômenos de corrosão generalizada acima mensurados dependem unicamente da atmosfera do lugar, os fenômenos de corrosão localizada dependem tanto da atmosfera quanto:

➤ do transporte, carregamento e descarregamento das chapas de aço inox que devem ser executadas em caminhões e / ou vagões ferroviários em boas condições, limpos e devidamente protegidos por lonas;

➤ do projeto e montagem que devem evitar zonas de estagnação e de formação de sedimentos em presença de atmosfera fortemente agressiva;

➤ da estocagem, manuseio e fabricação que devem evitar a contaminação de inox por material ferroso (uso de parafusos, rebites e outros componentes de ferro e / ou de outros metais menos nobres como o alumínio);

Desta forma, podemos afirmar com segurança que, o aço inox é resistente à corrosão do meio ambiente quando:

➤ o aço for corretamente especificado para o ambiente;

➤ o projeto corretamente desenvolvido, evitando possibilidade de corrosão em frestas, por par galvânico ou por qualquer outro motivo

➤ o manuseio do aço durante as operações de transporte não propiciar a contaminação do aço inox.

1.8 ESPECIFICAÇÃO

ABNT 304 - Austenítico



O material apresenta excelente resistência à corrosão, conformabilidade e soldabilidade.

Equipamentos para a indústria aeronáutica, ferroviária, naval, petroquímica, de papel e celulose, têxtil, frigorífica, hospitalar, odontológica, cirúrgica, alimentícia, laticínios, farmacêutica, cosmética, química, utensílios domésticos, instalações criogênicas, destilarias, eletrodomésticos, fotografia, tubos e tanques em geral, estampagem geral e profunda.

ABNT 301 – Austenítico



Apresenta elevada resistência mecânica obtida por conformação a frio.

Utilizado para fins estruturais em equipamentos para indústria alimentícia, aeronáutica, ferroviária, rodoviária, petrolífera, na confecção de facas e lâminas, pias e cubas, frisos, caldeiraria, estampagem geral e profunda.

Apresenta resistência à corrosão intergranular, tornando-se adequado para aplicações que não permite tratamento térmico após a soldagem.

ABNT 304L - Austenítico



Equipamentos para a indústria aeronáutica, ferroviária, naval, petroquímica, de papel e celulose, têxtil, frigorífica, hospitalar, odontológica, cirúrgica, alimentícia, laticínios, farmacêutica, cosmética, química, utensílios domésticos, instalações criogênicas, destilarias, eletrodomésticos, fotografia, tubos e tanques em geral e profunda.

ABNT 316 – Austenítico

Oferece melhor resistência à corrosão que o 304, em meios que contêm cloretos.

Construção civil e uso arquitetural, equipamentos para indústria aeronáutica, ferroviária, naval, química e petroquímica, farmacêutica, cosmética, têxtil, borracha, tintas, laticínios, hospitalar, odontológica, cirúrgica, de mineração, siderúrgica, refrigeração, refinarias, na fabricação de tubos e vasos de pressão, destilarias de álcool e caldeiraria.



O Edifício de escritório do BankBoston incorpora 90 toneladas de inox

ABNT 316L - Austenítico



Apresenta resistência à corrosão intergranular, sendo adequado para aplicações que não permitem tratamento térmico após a soldagem.

Construção civil e uso arquitetural, equipamentos para indústria aeronáutica, ferroviária, naval, química e petroquímica, farmacêutica, cosmética, têxtil, borracha, tintas, laticínios, hospitalar, odontológica, cirúrgica, de mineração, siderúrgica, refrigeração, refinarias, na fabricação de tubos e vasos de pressão, destilarias de álcool e caldeiraria

ABNT 430 - Ferrítico



Aço ferrítico ligado ao cromo.

Equipamentos para a fabricação de ácido nítrico, adornos de automóveis, utensílios domésticos, baixelas, fogões, geladeiras, pias e talheres, cunhagem de moedas e fichas telefônicas, revestimentos de elevadores e tubulões frigoríficos. Desenvolvido especificamente para a aplicação em sistemas de exaustão automotivo.

ABNT 409 - Ferrítico



Sistemas de exaustão de gases em motores de explosão e estampagem em geral, além de caixas de capacitores.

ABNT 410 S - Ferrítico

Baixo teor de carbono para melhorar a resistência à corrosão no estado recozido. Recheios de colunas de destilação, componentes para plataforma de petróleo.



ABNT 420 - Martensítico



Aço inoxidável temperável por tratamento térmico, para aplicações onde é exigida uma elevada dureza.

Cutelaria, instrumentos de medida, hospitalares, odontológicos e cirúrgicos, áreas de mineração, siderúrgica, além de lâminas de corte e discos de freios, facas, lâminas e correntes para máquinas de lavar garrafas.