

ArcelorMittal Inox Brasil



ArcelorMittal

Acero Inoxidable Ferrítico ACE P444A



transforming
tomorrow

ACE P444A

El acero inoxidable ferrítico ACE P444A es un material que tiene una elevada resistencia a la corrosión, en muchos casos superior a la del acero inoxidable austenítico AISI 304.

Posee también algunas ventajas que son propias de la estructura ferrítica de este acero y que detallaremos a continuación.

Composición química

La composición química del ACE P444A es la que se muestra en la Tabla I. Es equivalente al acero inoxidable AISI 444, al UNS S44400 de la norma ASTM A 240 y también al acero con designación europea EN 1.4521.

Tabla I - Composición Química

| C | Mn | P | S | Si | Cr | Ni | Outros |
|---------|--------|---------|---------|--------|-------------|--------|--|
| ≤ 0,025 | ≤ 1,00 | ≤ 0,040 | ≤ 0,030 | ≤ 1,00 | 17,5 ~ 19,5 | ≤ 1,00 | $0,2+4(C+N) \leq (Ti+Nb) \leq 0,80$ $N \leq 0,025$ $Mo = 1,75 \sim 2,50$ |

Fuente : Norma ASTM A240 (2001)

En la composición química del ACE P444A se destaca: 1) la presencia de Mo, que mejora la resistencia a la corrosión por picado y en rendija y 2) la dupla estabilización, con Ti y Nb.

La ausencia de Ni, ya que el Ni presente es solamente residual, hace que este material tenga un precio muy competitivo.

Propiedades mecánicas

En la Tabla II se muestran las propiedades mecánicas típicas del ACE P444A. Esta tabla nos permite hacer una comparación entre estas propiedades y las propiedades mecánicas típicas de los austeníticos ACE P304A y ACE P316B.

Tabla II – Propiedades mecánicas típicas. Aceros recocidos.

| Acero | Límite de resistencia (MPa) | Límite de fluencia 0,2% (MPa) | Alargamiento (%) | Dureza HRB |
|-----------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|------------|
| ACE P444A | 517 | 347 | 30 | 80 |
| ACE P304A | 710 | 312 | 56 | 81 |
| ACE P316B | 645 | 322 | 54 | 77 |

Fuente : ArcelorMittal Inox Brasil

El ACE P444A presenta un elevado límite de fluencia, un aspecto importante y benéfico en el momento de la realización del proyecto de equipamientos industriales. El alargamiento es bueno, pero inferior al de los inoxidables austeníticos que, como sabemos, en este aspecto, son prácticamente incomparables. Pese a ello, el ACE P444A, como todos los inoxidables ferríticos, puede ser doblado, estampado y conformado, lo que lo transforma en un acero con muy buenas características en muchas aplicaciones.

Propiedades físicas

En la Tabla III se encuentran las propiedades físicas del ferrítico 444. Estas propiedades pueden ser comparadas en la misma tabla con las propiedades físicas de los austeníticos 304 y 316.

Tabla III – Propiedades físicas. Aceros recocidos.

| Acero | Coeficiente de dilatación térmica medio de 0°C a | | | Conductividad térmica | |
|----------|--|--|--|-----------------------|--------------------|
| | 100°C ($\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$) | 315°C ($\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$) | 538°C ($\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$) | a 100°C (W/m.K) | a 500°C (W/m.K) |
| AISI 304 | 17,2 | 17,8 | 18,4 | 16,2 | 21,5 |
| AISI 316 | 15,9 | 16,2 | 17,5 | 16,2 | 21,5 |
| AISI 444 | 10,0 | 10,6 | 11,4 | 26,8 | - |

| Acero | Densidad (g/cm ³) | Módulo de elasticidad (GPa) | Calor específico (J/kg.K) | Resistividad eléctrica (nW.m) | Permeabilidad magnética (aproximada) |
|----------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---|
| AISI 304 | 8,0 | 193 | 500 | 720 | 1,02 |
| AISI 316 | 8,0 | 193 | 500 | 740 | 1,02 |
| AISI 444 | 7,8 | 200 | 420 | 620 | - |

Fuente : ASM SPECIALTY HANDBOOK - STAINLESS STEELS

El ACE P444A, como todos los aceros inoxidable ferríticos, tiene una conductividad térmica que supera, en este caso en más del 50%, a la conductividad térmica de los aceros inoxidable austeníticos, una propiedad muy importante en operaciones de intercambio de calor. Por eso el ACE P444A es un material muy apreciado para la fabricación de tubos con elevada resistencia a la corrosión para evaporadores e intercambiadores de calor.

La alta conductividad térmica y el bajo valor del coeficiente de dilatación (si lo comparamos con el de los inoxidable austeníticos), permiten la realización de soldaduras sin tantas distorsiones de forma.

La baja dilatación térmica, más próxima a la dilatación térmica del acero al carbono es también una ventaja en el proyecto de equipamientos que combinan la utilización de inoxidable con el uso de aceros al carbono en partes estructurales. El ACE P444A puede también ser usado, por esta razón, en el revestimiento interno de equipamientos fabricados con acero al carbono.

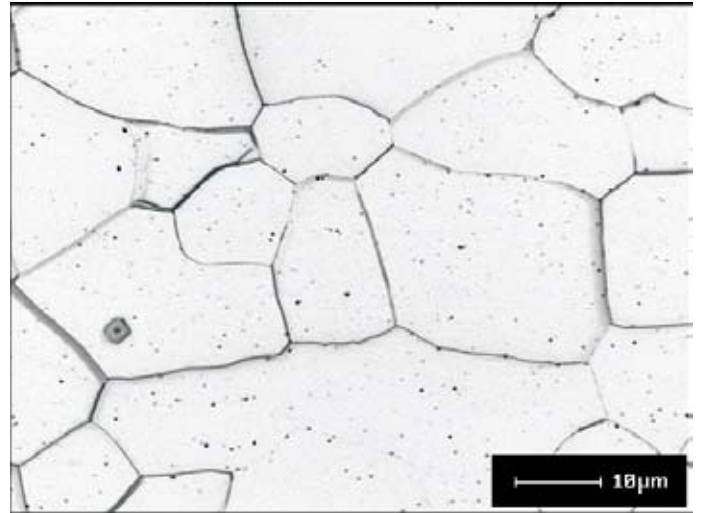
Otras propiedades y características

Los aceros inoxidable ferríticos estabilizados, como lo son tanto el ACE P439A como el ACE P444A, tienen muy buen comportamiento en la conformación para la fabricación de tubos soldados por el proceso ERW y también en el estampado de piezas, a veces, bastante complejas. Desde luego, estampados muy profundos exigen la utilización de aceros inoxidable austeníticos.

La rugosidad del ACE P444A varía entre 0,10 y 0,28 micrómetros Ra. Este valor de rugosidad se refiere a la del acabado 2D en la laminación en frío. Es el acabado más usado en este acero, que también puede ser usado con el acabado 2B. En el acabado en frío 2B la rugosidad varía bastante en función del espesor: cuanto más fino sea el material, menor será la rugosidad. Detalles sobre la estampabilidad del acero ACE P444A se encuentran en el documento adjunto a este material.

Microestructura

En la siguiente figura se muestra la microestructura típica de los aceros inoxidables ferríticos estabilizados. El ataque metalográfico fue realizado con reactivo Vilella durante 1,5 minutos en un acero ACE P444A con acabado 2B. El aumento es de 1000X. El tamaño de grano ASTM, en el acabado 2B, varía entre 6 y 8.



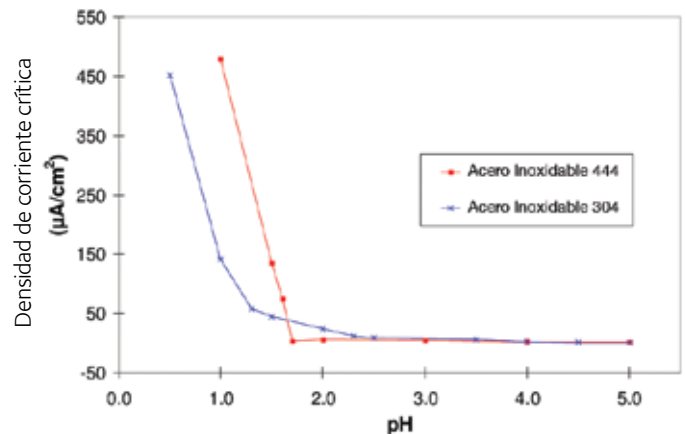
Microestructura típica del ACE P444A.

La resistencia a la corrosión del ACE P444A

El ACE P444A es un acero inoxidable ferrítico de elevada resistencia a la corrosión. Esta característica es una consecuencia directa de su composición química donde se destacan un alto contenido de Cr y la presencia de Mo.

Resistencia a la corrosión bajo tensión

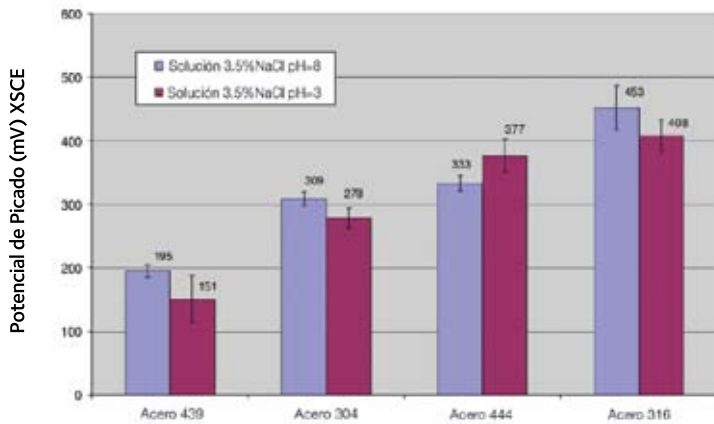
El ACE P444A (como todos los aceros inoxidables ferríticos) es inmune a la corrosión bajo tensión en medios que contienen cloruros.



Resistencia a la corrosión por picado y a la corrosión en rendija

Se trata de un material con muy buena resistencia a la corrosión por picado y a la corrosión en rendija. Esto se debe a su composición química, con contenido de Cr de 18% y con 2% de Mo. El potencial de picado del ACE P444A en una solución de cloruro de sodio 3,5% con pH = 3 (medio ácido) o con pH = 8 (medio neutro o ligeramente básico) es superior al del AISI 304. En algunos ensayos es equivalente al potencial de picado del AISI 316. En la figura siguiente son mostrados los potenciales de picado en los ensayos realizados. Cuanto mayor es este potencial de picado, mayor es la resistencia a esta forma de corrosión. En la figura el ACE P444A es comparado con los ACE P304A, 316B y 439A.

La presencia de Mo también mejora la resistencia a la corrosión en rendija. En esta forma de corrosión un parámetro muy importante es el pH de despasivación, el menor valor de pH en el que aun es posible la conservación de la película pasiva en la superficie del material. Naturalmente, cuanto menor sea este valor, mejor será la resistencia a la corrosión en rendija.



El pH de despasivación del AISI 439, un ferrítico estabilizado con Ti, es 2,5, el del AISI 304 es 2,1, el del AISI 444 es 2 y el del AISI 316 es 1,9.

Resistencia a la corrosión intergranular

Los aceros inoxidables ferríticos estabilizados (y como tal el ACE P444A), no sufren corrosión

intergranular asociada a precipitación de carbonitruros de cromo ya que la estabilización con Ti y Nb impide la precipitación de los mismos.

Resistencia a la corrosión atmosférica

El ACE P444A presenta una resistencia a la corrosión atmosférica muy buena en ambientes urbanos. La resistencia a la corrosión atmosférica en ambientes marítimos es muy superior a la del AISI 304. En la fotografía se puede ver el estado en que quedaron dos muestras, una de ACE P444A y otra de ACE P304A, abandonadas (y por lo tanto sin limpieza) durante dos años en las proximidades del mar en el estado de Espírito Santo, Brasil.

Soldabilidad

El ACE P444A puede ser soldado por los diferentes procesos utilizados en la soldadura de los aceros inoxidables. Cuando es necesaria la utilización de material de adición, este debe ser el 316L.



excesos en el aporte de energía durante la soldadura para evitar el crecimiento de grano, crecimiento éste que puede fragilizar al material.

Debido a la presencia de estabilizadores, en la soldadura del ACE P444A no se forma martensita ni precipitan carbonitruros de cromo.

El gas de protección que debe ser usado es el argón, o el argón con adiciones de helio. La adición de 1 a 2% de oxígeno puede ser considerada para mejorar el aspecto de la región soldada. No deben ser usados nitrógeno, hidrógeno ni dióxido de carbono.

Cuando son soldados aceros inoxidables ferríticos es muy importante no cometer

Aplicaciones del acero ACE P444A

- Tubos de intercambiadores de calor y evaporadores.
- Tubos para conducción de fluidos.
- Tubos para pasamanos (ambientes externos e internos).
- Tubos para fabricación de muebles.
- Tubos y chapas para ingenios de azúcar: tanques, evaporadores, tachos para cocimiento, secadores, cristalizadores, fermentadores.
- Tachos para fermentación y almacenado en la fabricación de vinos.
- Diversos equipamientos de la industria de alimentos.
- Revestimiento interno de equipamientos fabricados con acero al carbono.
- Equipamientos de la industria del petróleo.
- Tanques de agua.
- Termotanques.
- Revestimiento de fachadas externas de edificios, incluso en ciudades próximas al mar.
- Cocinas industriales.



Tanque de almacenamiento de cerveza

Evaporador de múltiple efecto de ingenio azucarero.
Placa y tubos de ACE P444A





Ascensor NeoLift com BioPass
Atlas Schindler



Ed. Platinum - Dória Lopes Fiuza Arquitetura

ArcelorMittal Inox Brasil

Sede

Av. João Pinheiro, 580 - Centro
CEP 30130-180 - Belo Horizonte - MG - Brasil
Tel: +55 31 3235-4200
Fax: +55 31 3235-4294

Planta

Praça 1º de Maio, 9 - Centro
CEP 35180-018 - Timóteo - MG - Brasil
Tel: +55 31 3849-7000
Fax: +55 31 3848-4699

Oficina Comercial

Av. Brigadeiro Faria Lima, 1.355 - 20º andar
CEP 01452-002 - São Paulo - SP - Brasil
Tel: +55 11 3818-1700
Fax: +55 11 3816-1812

www.arcelormittalinoxbrasil.com.br