

Oferta de acero inoxidable ferrítico KARA calidad **K44X**



Composición química

Elementos	C	N	Si	Mn	Cr	Nb	Mo
%	0.015	0.015	0.40	0.30	19	0.6	1.9

Valores típicos

Designación europea⁽¹⁾

X2CrMoTi18-2

1. 4521

Designación americana⁽²⁾

type 444 UNS S44400

IMDS n° 5033993

⁽¹⁾ Según EN 10088-2

⁽²⁾ Según ASTM A 240

Esta calidad está conforme con:

- > Ficha de seguridad sobre el material inoxidable en Europa n°1: aceros inoxidables (directiva europea 2001/58/EC).
- > Directiva de la Comisión Europea 2000/53/EC para los vehículos al final de su vida útil, y el Anexo II del 27 de junio de 2002.

Descripción general

El **K44X** se caracteriza por:

- > Características mecánicas en caliente sin riesgo de formación de fase σ a temperaturas intermedias,
- > Buena resistencia a la oxidación en caliente y a la fluencia hasta 1050°C,
- > Muy buena durabilidad a la fatiga térmica,
- > Buena resistencia a la corrosión en atmósferas de gas de escape,
- > Una conductividad térmica superior a la de los austeníticos y un coeficiente de dilatación más débil,
- > Una buena soldabilidad,
- > Una gran facilidad de conformado.

"X" para el escape significa la garantía de:

- > Entregas Just-in-time
- > Calidad fiable
- > Mejora continua para responder a las exigencias del mercado del automóvil.

Aplicaciones

- > Diferentes elementos de líneas de escape (colector, tubo de conexión, cubierta de catalizador, cubierta de silenciador, brida).

Gama de productos

Formas: chapas, formatos, bobinas, tiras, tubos.

Espesores: 0.2 a 4.0 mm

Ancho: según espesor, consultar.

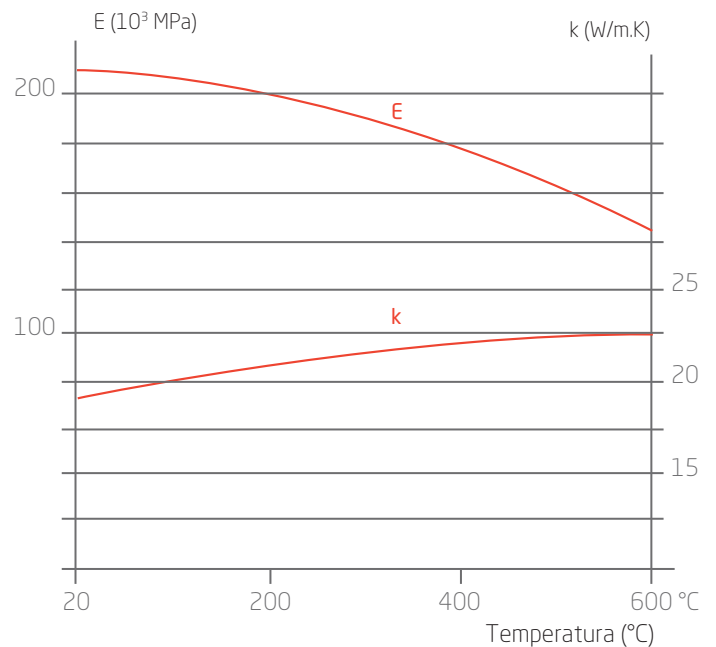
Acabados: laminado en frío.

Propiedades físicas

Chapa laminada en frío - recocido*

* Valores típicos

Densidad	d	kg/dm ³	20 °C	7.7
Temperatura de fusión		°C	Liquidus	1447
Calor específico	c	J/kg.K	20 °C	452
Conductividad térmica	k	W/m.K	20 °C 600 °C	19.7 22.8
Coeficiente medio de dilatación térmica*	α	10 ⁻⁶ /K	20-200 °C 20-400 °C 20-600 °C 20-800 °C	10.6 11 11.4 11.9
Resistividad eléctrica	ρ	Ω mm ² /m	20 °C	0.66
Permeabilidad magnética	μ	a 0.8 kA/m DC o AC	20 °C	751
Modulo de Young	E	MPa.10 ³	Sentido de laminado 20 °C	215



Propiedades mecánicas

Condición de recocido

Según la norma ISO 6892-1, parte 1, probeta perpendicular al sentido de laminado.

Probeta

L = 80 mm (espesor < 3 mm)

L = 5.65 So (espesor ≥ 3 mm)

Estado	R _m ⁽¹⁾ (MPa)	R _{p0.2} ⁽²⁾ (MPa)	A ⁽³⁾ (%)	HRB
Laminado en frío	540	370	29	86

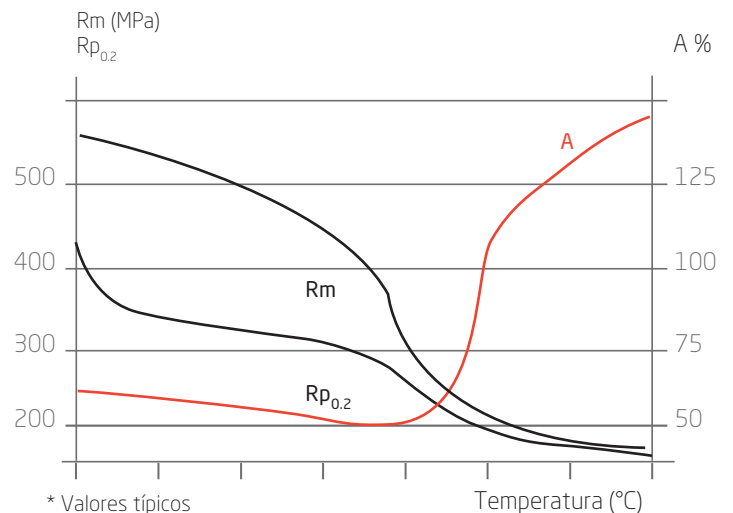
1 Mpa = 1 N/mm².

*Valores típicos

(1) Resistencia máxima a la tracción (UTS) (2) Limite elástico (YS)

(3) Elongación (A)

A altas temperaturas*



* Valores típicos

Propiedades térmicas

La composición química del **K44X** ha sido optimizada para cumplir con las características requeridas por las diferentes piezas del sistema de escape, el colector, el catalizador o el filtro de partículas. Estos elementos están a menudo sometidos a numerosos ciclos de arranque y paro del vehículo. Por lo tanto, se consideraron como principales criterios la resistencia a la fatiga térmica y la capacidad para desarrollar una capa de óxido protectora.

Prueba de fluencia Sag-Test a 1000°C

Espesor = 2mm

El alto contenido de niobio del K44X proporciona una buena resistencia mecánica a altas temperaturas asociada a una resistencia optimizada a la fluencia, tal y como muestra la siguiente tabla para un ensayo a 1000°C.

Prueba de fluencia 1000°C- duración: 100 h	K44X	1.4509 K41X	1.4828 R20-12
Flecha (mm)	6	21	>30

Resistencia a la oxidación

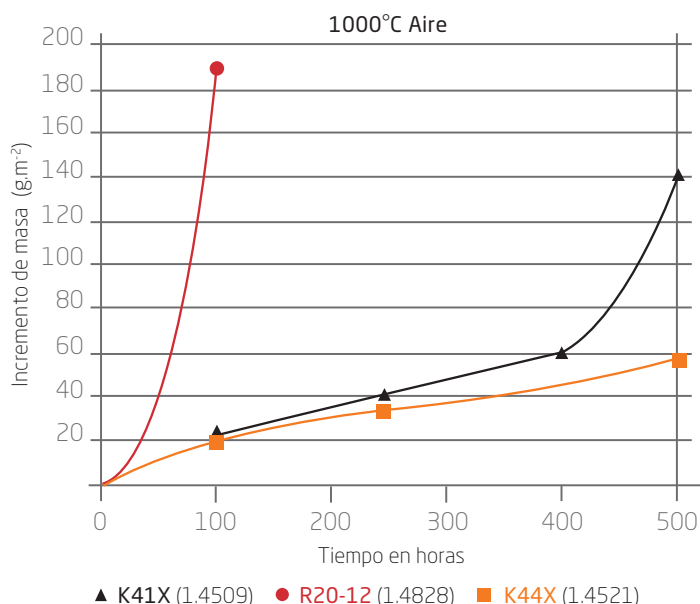
Ambiente: aire

Espesor probeta: 1.5mm

El cromo se difunde más fácilmente en la matriz ferrítica del **K44X** en comparación con una matriz austenítica. Esto permite evitar un empobrecimiento en cromo y favorecer la formación de una capa de óxido protectora rica en este elemento químico.

En comparación con los austeníticos, el coeficiente de dilatación del **K44X** es similar al de la capa pasiva que se forma. Las tensiones térmicas son de esta manera también inferiores, por lo que no se observa prácticamente desgaste de la capa pasiva. Este resultado procura una mínima pérdida de masa.

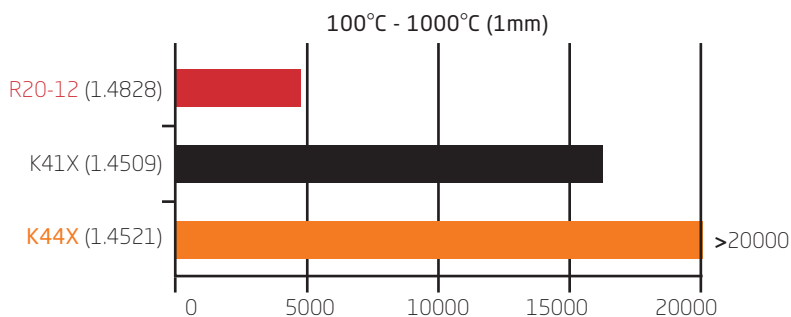
A altas temperaturas el **K44X** presenta una alta resistencia a la oxidación, en particular en caso de oxidación cíclica, lo cual permite un uso hasta 1050°C.



Fatiga térmica

Espesor probeta: 1 mm

Nuestros ensayos, realizados en probetas con forma de V para 100-1000°C, demuestran un buen comportamiento del **K44X** comparado con el austenítico 1.4828 y con el 1.4509.



Resistencia a la corrosión

Resistencia a la corrosión por picadura

El **K44X** presenta una muy buena resistencia a todo tipo de corrosión gracias a su contenido de Cr, Mo y a su estabilización con Nb. Su valor PREN es 26 lo cual se traduce en una buena resistencia a la corrosión por picaduras, superior a la de los austeníticos como el 18-9ED, Tipo 304, 1.4301.

Valores de corrosión por picadura (MV/ECS) según 4 ambientes

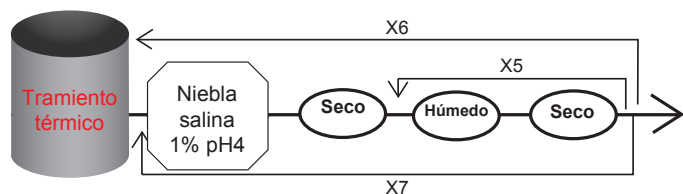
Designación	NaCl 0.02M, 23°C	NaCl 0.02M, 50°C	NaCl 0.5M, 23°C	NaCl 0.5M, 50°C
18-9ED	540	385	305	175
K44X	775	550	555	310

Resistencia a la corrosión externa por sal

Además el criterio de durabilidad, el fabricante de automóviles se preocupan cada vez más por el aspecto de la línea de escape. Para responder a este requisito, hemos desarrollado un ensayo específico de simulación de los ataques corrosivos en línea de escape mediante secuencias de secado, niebla salina y tratamiento térmico hasta 300°C.

Las probetas están clasificadas según el comportamiento a la oxidación y a la corrosión.

Nuestro **K44X** presenta una resistencia a la corrosión superior a la del austenítico 1.4301.



Ensayos realizados en cámara climática para simular el fenómeno de corrosión externa.
(Duración del ciclo: 24 horas, Duración total del ensayo: 500 horas, Tratamiento térmico: 300°C, Niebla salina Na Cl: 10 000 ppm)

Designación calidad	Insuficiente	Aceptable	Medio	Bueno	Muy bueno
K09X					
K39M					
K33X					
K41X					
18-9ED					
K44X					

Clasificación de las calidades en función de su corrosión cosmética.

Conformado

El **K44X** responde perfectamente a los requisitos de conformado a baja temperatura, particularmente en colectores donde el diseño es más complejo. Se ha comprobado a través de nuestros ensayos que simulan fenómenos de expansión y contracción similares a los encontrados durante las operaciones de embutición.

La aptitud a la expansión se mide a través del ensayo Erichsen. La aptitud a la embutición profunda se define según el ratio LDR o Ratio Máximo de Embutición.

El **K44X** presenta características de conformado similares a las del K41X. Debido a la creciente complejidad de los diseños de los sistemas de escape, los tubos deben tener radios de plegado tan pequeños como sea posible. La aptitud al curvado se mide a través del Ratio Límite de Plegado que es la relación entre el radio de curvatura y el diámetro del tubo.

Soldadura

La calidad **K44X** es soldable por resistencia tanto por puntos como por roldanas sin necesidad de realizar un tratamiento posterior si el forjado de la soldadura es el suficiente.

Se tiene que evitar añadir hidrogeno o nitrógeno al argon puesto que estos gases disminuyen la ductilidad de la soldadura. Por las mismas razones, la protección con nitrógeno no debe utilizarse, y la adición de CO₂ debe limitarse a 3%.

Con el fin de limitar el crecimiento del grano en la zona termo-afectada, se tiene que evitar una potencia de soldadura excesiva.

Por ejemplo, en la soldadura TIG automática, la potencia no tiene que superar 2.5 kJ/cm para una chapa con espesor de 1.5 mm.

La soldadura MIG / MAG pulsada tiene una carga de potencia inferior a la soldadura MIG convencional y permite un mejor control de la geometría de la unión y del tamaño del grano.

El **K44X** presenta además una soldabilidad por inducción muy buena, a alta y media frecuencia.

En general, no es necesario ningún tratamiento térmico después de la soldadura. Las soldaduras tienen que ser decapadas de manera mecánica o química, y pasivadas después del decapado. Se tendrá que evitar soldar con soplete de oxiacetileno.

Proceso de soldadura	Sin metal de aportación	Con metal de aportación		Gas de protección*	
	Espesores típicos	Espesores	Metal de aportación		* Hidrogeno y nitrógeno prohibidos
			Alambrón	Hilo	
Resistance: spot, seam	≤ 2 mm				
TIG	< 1.5 mm	> 0.5 mm	G 19 12 3L O G 18 LNb		Argon Argon + Helio
PLASMA	< 1.5 mm	> 0.5 mm		G 19 12 3L o G 18 LNb	Argon Argon + Helio
MIG		> 0.8 mm		G 19 12 3L (Si) o G 18 LNb	Argon + 2% CO ₂ Argon + 2% O ₂ Argon + 2% CO ₂ + Helio
Electrodo		Reparación	E 19 12 3L		
Laser	< 5 mm				Helio Argon en algunas condiciones

G 18LNb según EN ISO 14343 A o 430LNb según EN ISO 14343 B, 1.4511 según EN 1600: para altos requisitos de fatiga térmica.

G 19 12 3L (Si) según EN ISO 14343 A o ER 316L (Si) según ISO 14343B, 1.4430 según ISO 1600 :

para requisitos de resistencia a la corrosión optimizada.

Expansión (Ensayo Erichsen)

Designación	EN	LDR*	Flecha Erichsen (mm)*
K44X	1.4521	2.05	10
K41X	1.4509	2.08	9.9

* probeta de 1.5mm de espesor con lubricante mobilux EPOO

Curvado de tubos soldados

Curvado	Ra=R/Dmini
Tubo Ø 35 x 1.5	1.1

Resultados de laboratorio

Ra: Ratio de plegado

D: Diámetro tubo

R: Radio de plegado