

Acero inoxidable ferrítico KARA
calidad **K44M**



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° 336853368

⁽¹⁾ Según EN 10088-2

⁽²⁾ Según ASTM A 240

Esta calidad está conforme con:

- > Ficha de seguridad sobre el material inoxidable en Europa nº1: 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 K44M se caracteriza por:

- > Elevadas propiedades mecánicas en caliente sin riesgo de formación de fase σ a temperatura intermedia.
- > Resistencia a la oxidación y fluencia a altas temperatura hasta 1050°C
- > Buena durabilidad a la fatiga térmica
- > Buena resistencia a la corrosión en calderas y quemadores de gas
- > Una buena conductividad térmica superior a los austeníticos y un coeficiente de dilatación dos veces menor.
- > Buena soldabilidad
- > Fácilmente embutible

Aplicaciones

- > Quemadores de calderas domésticas
- > Pilas de combustible
- > Quemadores para equipamiento de colectividades
- > Hornos
- > Elementos para de calderas industriales

Gama de producto

Formas: chapas, formatos, bobinas, flejes, tubos
Espesores: desde 0.2 hasta 4.0 mm
Ancho: según espesor, consultar.
Acabados: Laminado en frío

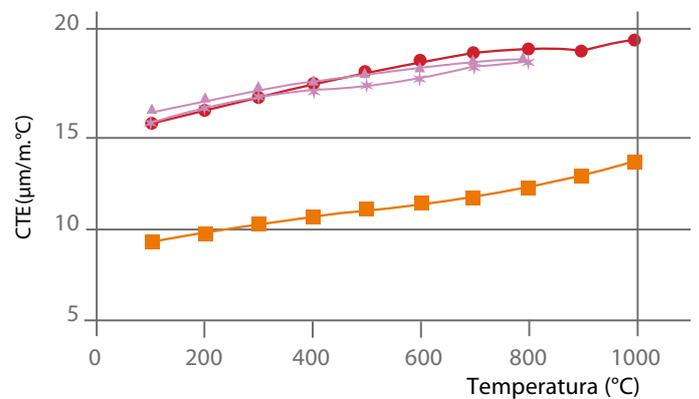
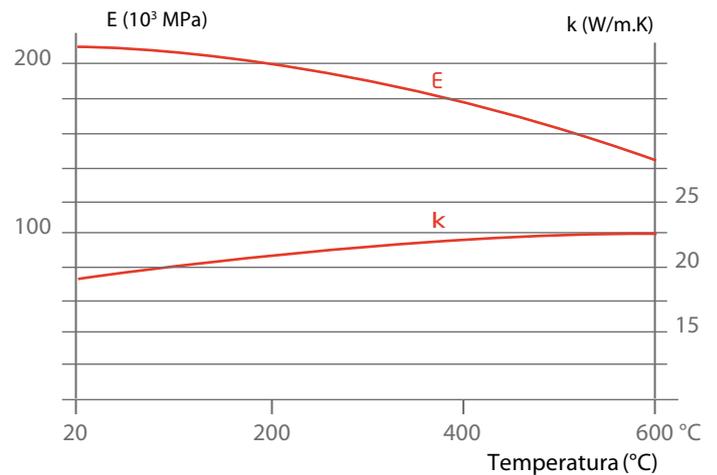
Propiedades físicas

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
Coefficiente 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	10 ³ .MPa	Sentido de laminado 20 °C	215

- K44M (1.4521)
- 309 - R20-12 (1.4828)
- ▲ 316L - 18-11ML (1.4404)
- * 304D - 18-9ED (1.4301)



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)

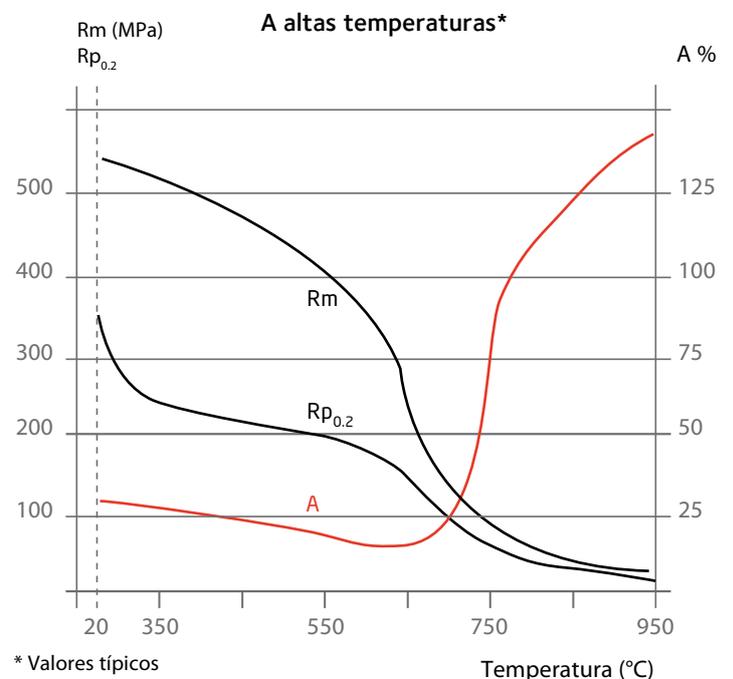
L = 5.65 So (espesor ≥ 3 mm)

Acabado	R _m ⁽¹⁾ (MPa)	R _{p0.2} ⁽²⁾ (MPa)	A ⁽³⁾ (%)	HRB
Cold-rolled*	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)



* Valores típicos

Propiedades a altas temperaturas

La composición química del K44M ha sido optimizada para responder a los requisitos de los elementos expuestos a altas temperaturas, tal como los quemadores de calderas domésticas o pilas de combustible. Estas piezas están sometidas a numerosos ciclos de temperatura de arranque y paro. Por lo tanto, los criterios a considerar son la resistencia a la fluencia y fatiga térmica y la capacidad de desarrollar una capa protectora de óxido.

Prueba de fluencia Sag-Test a 1000°C

Espesor = 1.5mm

El alto contenido de niobio en el K44M procura a esta calidad una buena resistencia mecánica a alta temperatura y una resistencia a la fluencia optimizada como muestra la tabla de resultados de un ensayo realizado a 1000°C

Fluencia sag test 1000°C- duración: 100 h	K44M	1.4509 K41	1.4828 309 (R20-12)
Flecha (mm)	6	35	>17

Resistencia a la oxidación

Ambiente: aire

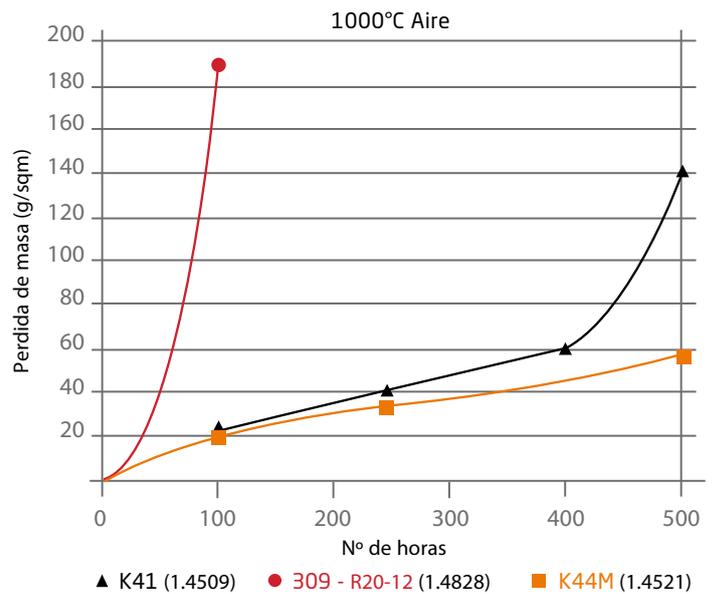
Espesor de la probeta: 1.5mm

El cromo se difunde más fácilmente en la matriz ferrítica del K44M 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 K44M 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.

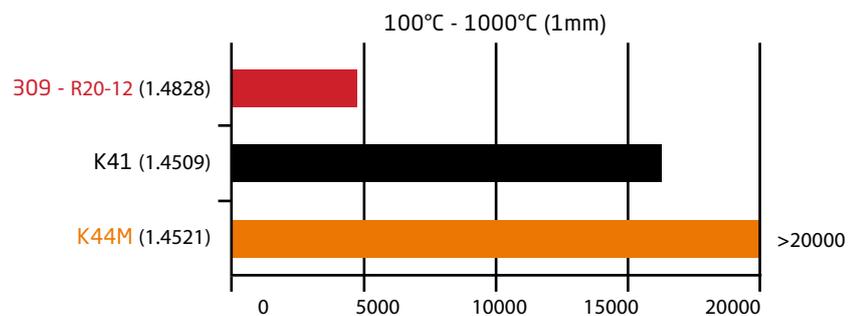
A altas temperaturas, el K44M presenta una alta resistencia a la oxidación, en particular en caso de oxidación cíclica, lo cual permite un uso hasta 1050°C.



Fatiga térmica

Espesor de la probeta: 1 mm

Nuestros ensayos, realizados en probetas con forma de V para 100-1000°C, demuestran un buen comportamiento del K44M comparado con el austenítico 1.4828 y el 1.4509.

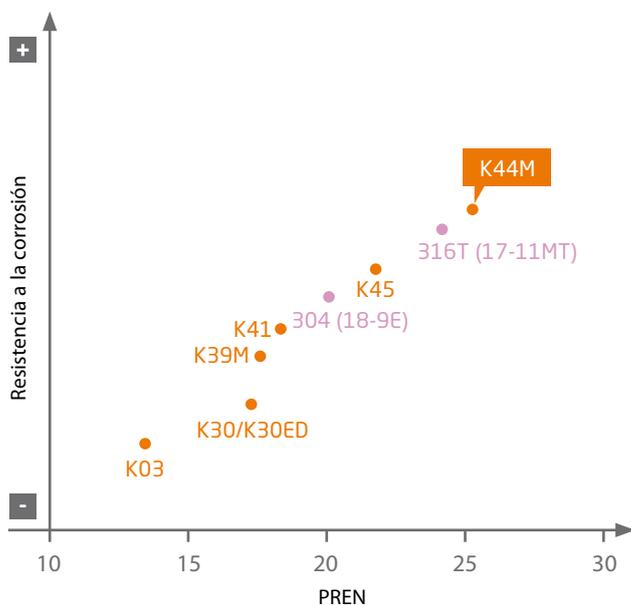


Resistencia a la corrosión

Resistencia a la corrosión por picaduras

El K44M presenta una excelente resistencia a todo tipo de corrosión debido a un contenido de Cr y Mo adecuado, y a una estabilización con Nb. Un PREN de 26 refleja su excelente resistencia a la corrosión por picaduras, superior a la de las calidades 304D (18-9ED), Tipo 304, 1.4301.

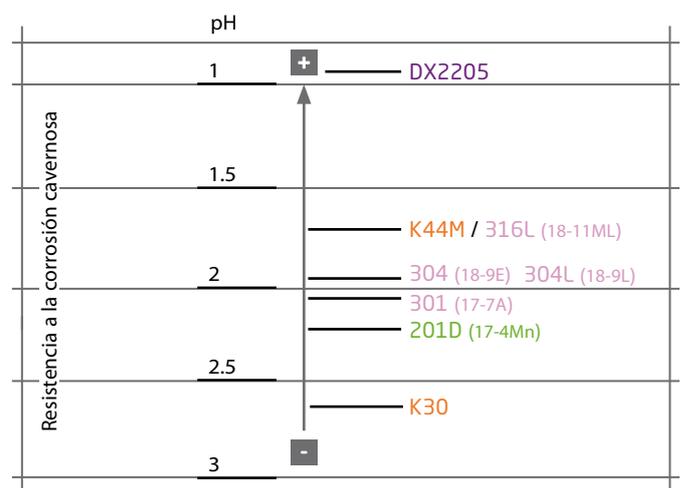
Valores típicos de corrosión por picaduras en NaCl 0.02M a 23 °C y pH6 en función del PREN (%Cr+3.3%Mo+16%N).



Corrosión cavernosa

Gracias al Mo, el K44M presenta una muy buena resistencia a la corrosión cavernosa, similar a la del acero 316L. Se evalúa mediante el pH de depasivación en una solución NaCl 2M. Este pH es de alrededor 1,8 y poco sensible al efecto de la temperatura.

pH de depasivación en entorno confinado NaCl 2M a 23 °C



Conformado

K44M responde perfectamente a los requisitos de conformado a baja temperatura (plegado, perfilado, curvado, embutición etc.). Recomendamos la embutición de los ferríticos, incluido el K44M, favoreciendo el modo de embutición profunda o "deep drawing" (rendimiento reflejado por el LDR), es decir, permitiendo que el metal fluya y minimizando la sujeción para evitar la aparición de pliegues.

Curvado de tubos soldados

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

Resultados de las pruebas

Ra: ratio de plegado
D: Diametro tubo
R: Radio de plegado

Embutición en expansión (Prueba Erichsen)

Calidad	EN	Flecha Erichsen (mm)*
K44M	1.4521	10
K41	1.4509	9.9

* probeta con espesor 1.5mm con lubricante mobilux EP00

Embutición profunda (Prueba Swift)

Calidad	EN	LDR*
K44M	1.4521	2.05
K41	1.4509	2.08

* en probetas de 1.5mm de espesor con lubricante mobilux EP00

Soldadura

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 termoaffectada, 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. El MIG/MAG pulsado permite un mejor control de la geometría de la unión y del tamaño del grano (la carga de potencia es inferior a la utilizada en MIG convencional).

El K44M 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
			Alambrión	Hilo	
Resistencia: Continua, Por puntos	≤ 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		
Láser	< 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 requisitos de fátiga térmica elevada.

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.