

## Offre inox ferritique KARA : nuance **K44X**



### Composition chimique

Eléments	C	N	Si	Mn	Cr	Nb	Mo
%	0,015	0,015	0,40	0,30	19	0,6	1,9

Valeurs typiques

#### Désignation européenne<sup>(1)</sup>

X2CrMoTi18-2

1. 4521

<sup>(1)</sup> Selon NF EN 10088-2

#### Désignation américaine<sup>(2)</sup>

type 444 UNS S44400

IMDS n° 5033993

<sup>(2)</sup> Selon ASTM A 240

Cette nuance est conforme à :

- > La fiche de données sécurité Stainless Europe N°1 : aciers inoxydables selon la directive européenne 2001/58/CE.
- > La directive européenne 2000/53/CE relative aux véhicules hors d'usage et l'annexe II du 27 juin 2002.

### Caractéristiques générales

Les principales caractéristiques de notre nuance K44X sont:

- > Des caractéristiques mécaniques à chaud élevées sans risque de formation de phase  $\sigma$  aux températures intermédiaires
- > Une bonne résistance à l'oxydation à chaud et au fluage jusqu'à 1050°C
- > Une très bonne durabilité en fatigue thermique
- > Une bonne tenue à la corrosion dans les atmosphères de gaz d'échappement
- > Une conductivité thermique supérieure aux austénitiques et un coefficient de dilatation plus faible.
- > Une bonne soudabilité
- > Une grande facilité de conformation

**"X"** pour l'échappement = la garantie

- > des livraisons en juste à temps
- > d'une qualité fiable
- > de l'amélioration continue comme exigée par le marché automobile.

### Applications

- > Différentes parties des lignes d'échappement des véhicules (collecteurs, tubes de liaison, enveloppes de catalyseur et de filtre à particules)

### Possibilités de livraison

**Formes** : tôles, flans, bobines, feuillards

**Épaisseurs** : de 1,2 à 4 mm

**Largeur** : suivant épaisseur, nous consulter

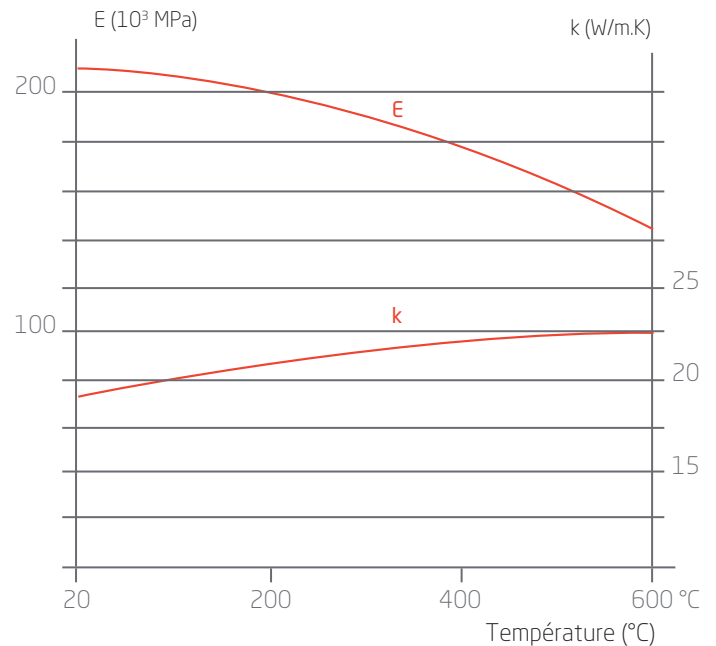
**Finitions** : laminé à froid

## Caractéristiques physiques

Sur tôle laminée à froid. A l'état recuit

(Valeurs typiques)

Densité	d	kg/dm <sup>3</sup>	20 °C	7,7
Point de fusion		°C	Liquidus	1447
Chaleur spécifique	c	J/kg.K	20 °C	452
Conductivité thermique	k	W/m.K	20 °C 600 °C	19,7 22,8
Coefficient moyen de dilatation linéique	$\alpha$	10 <sup>-6</sup> /K	20-200 °C 20-400 °C 20-600 °C 20-800 °C	10,6 11 11,4 11,9
Résistivité électrique	$\rho$	$\Omega$ mm <sup>2</sup> /m	20 °C	0,66
Perméabilité magnétique	$\mu$	à 0,8 kA/m DC ou AC	20 °C	751
Module d'élasticité	E	MPa.10 <sup>3</sup>	Rolling direction 20 °C	215



## Caractéristiques mécaniques

### A l'état recuit

Selon la norme ISO 6892-part 1,  
éprouvette perpendiculaire au sens du laminage

### Eprouvette

L = 80 mm (épaisseur < 3 mm)

L = 5,65  $\sqrt{So}$  (épaisseur  $\geq$  3 mm)

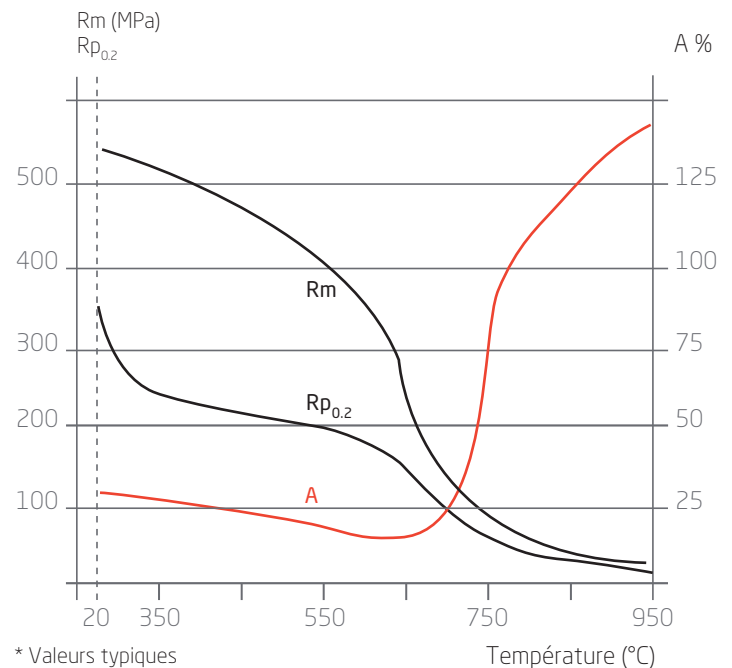
Présentation	R <sub>m</sub> <sup>(1)</sup> (MPa)	R <sub>p0,2</sub> <sup>(2)</sup> (MPa)	A <sup>(3)</sup> (%)	HRB
Laminé à froid*	540	370	29	86

1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>.

\*Valeurs typiques

<sup>(1)</sup> Résistance à la traction <sup>(2)</sup> Limite d'élasticité <sup>(3)</sup> Allongement

### Aux températures élevées\*



## Caractéristiques à haute température

La composition chimique du K44X a été optimisée afin de répondre aux caractéristiques requises sur les différentes pièces du système d'échappement telles que le collecteur, le catalyseur ou le filtre à particule par exemple. Ces pièces sont soumises à de nombreux cycles de démarrage et d'arrêt du véhicule. Ainsi les premiers critères pris en considération ont été la résistance à la fatigue thermique et la capacité à développer une couche d'oxyde protectrice.

### Fluage Sag-Test à 1000°C

Epaisseur = 2mm

Le dosage du niobium présent dans le K44X confère à la nuance une bonne résistance mécanique à chaud associée à une résistance optimisée au fluage comme le montre le tableau ci-contre avec un test effectué à une température de 1000°C.

Fluage sag test 1000°- durée : 100 h	K44X	1.4509 K41X	1.4828 R20-12
Flèche (mm)	6	21	>30

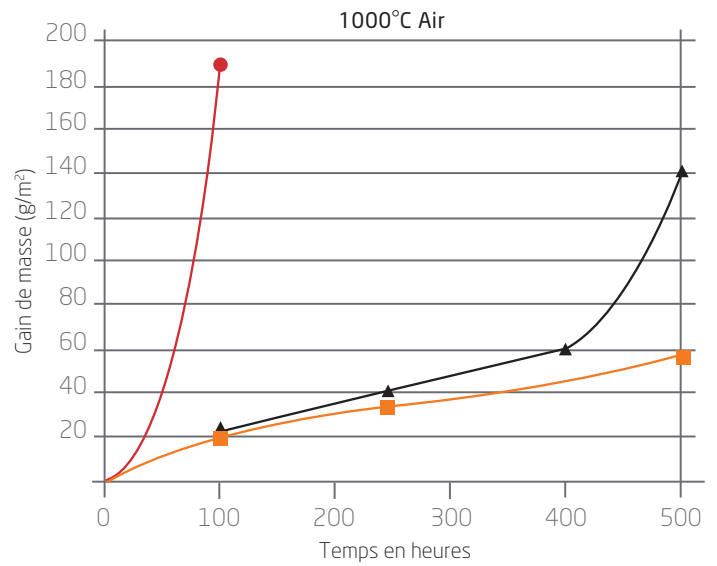
### Résistance à l'oxydation

Environnement : air  
Epaisseur échantillon : 1,5mm

La diffusion du chrome est facilitée dans la matrice ferritique du K44X par rapport à une matrice austénitique. Ceci permet d'éviter l'appauvrissement en chrome et favorise la formation d'une couche d'oxyde protectrice riche en chrome.

Le coefficient de dilatation thermique du K44X est plus proche de celui de la couche d'oxyde qu'il développe, comparativement aux nuances austénitiques. Les contraintes thermiques sont de ce fait beaucoup plus faibles, pratiquement aucun écaillage de la couche n'est enregistré. Cela se traduit par une faible perte de masse.

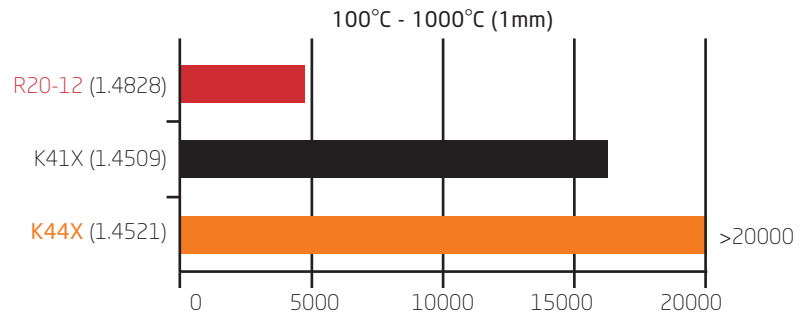
A chaud, notre K44X présente une tenue élevée à l'oxydation et en particulier en oxydation cyclique permettant son emploi jusqu'à 1050°C.



### Fatigue thermique

Epaisseur échantillon : 1,0mm

Nos tests réalisés sur éprouvettes en V pour un cycle 100-1000°C montrent un très bon comportement du K44X par rapport à la nuance austénitique 1.4828 et au 1.4509.



### Résistance à la corrosion

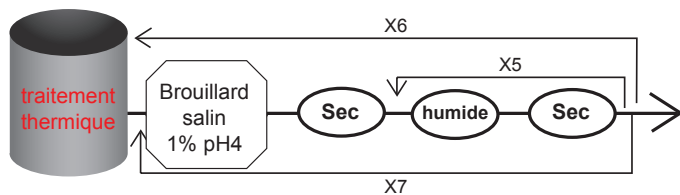
#### Résistance à la corrosion par piqure.

Le K44X présente une très bonne tenue à tous les types de corrosion grâce à ses teneurs en Cr, en Mo et à sa stabilisation au Nb. Son PREN est de 26, et ses valeurs de potentiels de piqûration traduisent une très bonne résistance à la corrosion par piqûres, meilleure que celle de l'acier austénitique 304D (18-9ED), 1.4301. **Valeurs des potentiels de piqûres conventionnels (MV/ECS) pour les 4 milieux d'essai**

Appellation commerciale	NaCl 0.02M, 23°C	NaCl 0.02M, 50°C	NaCl 0.5M, 23°C	NaCl 0.5M, 50°C
304D (18-9ED)	540	385	305	175
K44X	775	550	555	310

#### Résistance à la corrosion externe par le sel

Outre le critère de durabilité, les constructeurs automobiles sont de plus en plus sensibles, à l'aspect de la ligne d'échappement. Pour cela, nous avons dû bâtir un test simulant les agressions externes sur la ligne avec des séquences de mouillage et de séchage en présence de sel suivi de chauffage régulier à 300°C. Les échantillons sont classés en fonction de l'oxydation et de la corrosion. Notre nuance K44X montre une tenue à la corrosion supérieure à la nuance austénitique 1.4301.



Essais de corrosion en chambre climatique pour simuler les phénomènes de corrosion externe. (Durée du cycle : 24 heures, Durée totale du test : 500 heures, Traitement thermique : 300°C, Brouillard salin NaCl: 10 000 ppm)

Appellation commerciale	Insuffisant	Acceptable	Moyen	Bon	Très bon
K09X					
K39M					
K33X					
K41X					
304D (18-9ED)					
K44X					

## Conformation

Notre K44X se prête bien aux exigences de conformation à froid, notamment pour les collecteurs où les formes se complexifient. Cela se vérifie au travers des essais visant à simuler les phénomènes d'expansion et de rétreint rencontrés lors de l'emboutissage. Les capacités en expansion sont quantifiées par la mesure de la flèche Ericshen ; tandis que l'aptitude au rétreint se mesure par le biais du Limiting Drawing Ratio.

Le K44X présente des caractéristiques de conformation au niveau du K41X.

Les designs des lignes se complexifiant également, les tubes doivent pouvoir présenter des rayons de cintrage les plus faibles possibles.

L'aptitude de cette capacité au cintrage est mesurée par le Limiting Bending Ratio qui est le rapport entre le rayon moyen de cintrage et le diamètre du tube.

### Emboutissage en expansion (test Ericshen)

Appellation commerciale	EN	LDR*	Flèche Ericshen (mm)*
K44X	1.4521	2,05	10
K41X	1.4509	2,08	9,9

\* sur tôle épaisseur 1,5mm avec lubrifiant mobilux EPOO

### Cintrage du tube roulé soudé

Cintrage	Ra=R/Dmini
Tube Ø 35 x 1,5	1,1

Résultats en laboratoire

Ra : rapport de cintrage  
D : diamètre tube  
R : rayon de cintrage

## Soudage

Notre K44X est soudable par résistance par point ou à la molette. On obtient de bons résultats sans traitement ultérieur si le forgeage de la soudure est suffisant.

Procédé de soudage	Sans apport		Avec apport		Gaz de protection*
	Epaisseurs indicatives	Epaisseurs	Métal d'apport		* Hydrogène et azote prohibés dans tous les cas
			Baguettes	Fils	
Résistance : Point, molette	≤ 2 mm				
TIG	< 1,5 mm	> 0,5 mm	G 19 12 3L ou G 18 LNb		Argon Argon + Hélium
PLASMA	< 1,5 mm	> 0,5 mm		G 19 12 3L ou G 18 LNb	Argon Argon + Hélium
MIG		> 0,8 mm		G 19 12 3L (Si) ou G 18 LNb	Argon + 2% CO <sub>2</sub> Argon + 2% O <sub>2</sub> Argon + 2% CO <sub>2</sub> + Hélium
Electrode		Réparation	E 19 12 3L		
Laser	< 5 mm				Hélium Sous conditions: Argon

G 18LNb selon EN ISO 14343 A ou 430LNb selon EN ISO 14343 B, 1.4511 selon EN 1600 : application nécessitant une tenue à la fatigue thermique  
G 19 12 3L (Si) selon EN ISO 14343 A ou ER 316L (Si) selon ISO 14343B, 1.4430 selon ISO 1600 : application nécessitant une tenue à la corrosion accrue.

L'addition d'hydrogène ou d'azote dans l'argon est à proscrire car elle diminue la ductilité des soudures.

Pour des raisons analogues, l'utilisation d'azote est interdite et celle du CO<sub>2</sub> limitée à 3 %.

Pour limiter le grossissement du grain en ZAT, il convient d'éviter les énergies de soudage excessives.

À titre d'exemple, en TIG automatique, pour une épaisseur de 1,5 mm, l'énergie de soudage ne dépassera pas 2,5 kJ/cm.

Autre exemple, le MIG/MAG pulsé permettra de mieux contrôler la géométrie des cordons et la taille du grain (l'énergie de soudage est inférieure à celle utilisée en MIG conventionnel).

Notre K44X présente par ailleurs une très bonne soudabilité par induction, haute et moyenne fréquence.

Il n'est généralement pas nécessaire d'effectuer de traitement thermique après soudure.

Les soudures doivent être décapées mécaniquement ou chimiquement et passivées, décontaminées après décapage.

Le soudage au chalumeau oxyacétylénique est à proscrire.