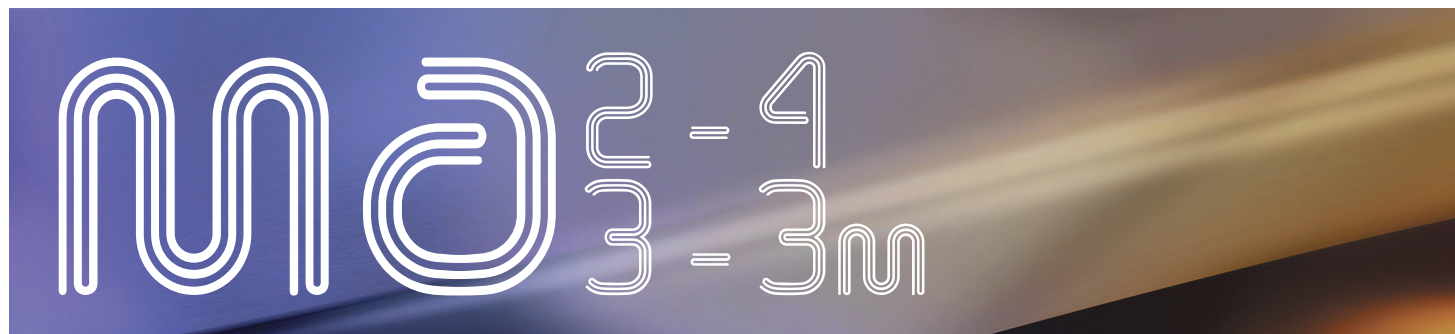


Offre acier inoxydable martensitique

nuances MA2 - MA3 - MA3M - MA4



Compositions chimiques

Grades	C	Si	Mn	Cr	Mo
MA2	0,22	0,35	0,35	13,3	-
MA3	0,32	0,35	0,30	13,7	-
MA3M	0,38	0,30	0,30	14,0	0,8
MA4	0,46	0,40	0,30	13,8	-

Les valeurs moyennes (% en poids)

MA2 Désignation européenne ⁽¹⁾	MA3 Désignation européenne ⁽¹⁾	MA3M Désignation européenne ⁽¹⁾	MA4 Désignation européenne ⁽¹⁾
X20Cr13 1.4021	X30Cr13 1.4028	X38CrMo14 1.4419	X46Cr13 1.4034
Désignation américaine ⁽²⁾		(1) selon la norme EN 10088	
AISI 420		(2) selon la norme ASTM A 176	

Ces nuances sont conformes avec :

- La fiche de donnée sécurité Stainless Europe n°1 : aciers inoxydables (Directive européenne 2001 /58/EC)
- La directive européenne 2000/53/EC relative aux véhicules hors d'usage et à son annexe II du 27 juin 2002.
- La norme NFA 36 711 «Acier inox destinés à entrer au contact des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme et des animaux» (hors emballage).
- La NSF/ANSI 51 - 2009 édition internationale Standard pour «Matériaux pour équipements alimentaires» et celles de la F.D.A. (United States Food and Drug Administration) portant sur les matériaux utilisés en contact avec les aliments.
- Le décret français n° 92-631 daté du 8 juillet 1992 et la Réglementation n° 1 935/2004 du Parlement européen et du conseil du 27 octobre 2004 sur les matériaux et articles prévus pour être au contact de la nourriture (et les directives abrogatoires 80/590/EEC et 89/109/EEC).
- L'arrêté français en date du 13 janvier 1976 portant sur les matériaux et articles fabriqués en acier inoxydable entrant au contact des denrées alimentaires.
- Le Décret italien en date du 21 mars 1973 : une liste de types d'acier inoxydable conformes à la «Réglementation sur l'hygiène des emballages, des récipients et outils destinés à être en contact avec les substances à usage alimentaire ou avec des substances à usage personnel

Caractéristiques générales

La caractéristique de ces nuances martensitiques est leur capacité à être durcies par traitement thermique. Ainsi, dans l'état trempé et revenu, ils atteignent de hauts niveaux de résistance permettant la réalisation d'un tranchant. Combiné avec leur bonne résistance à la corrosion, cette aptitude répond aux exigences de nombreuses applications.

Applications

- Lames pour couteaux et ustensiles divers de préparation des aliments
- Lames pour équipements industriels
- Outils de coupe
- Pièces mécaniques et outils divers.

Pour les lames de couteaux de cuisine et ustensiles utilisés dans la préparation des aliments, la nuance MA3M contenant du molybdène est préconisée en raison de sa résistance à la corrosion améliorée et de la possibilité de réaliser des niveaux de dureté élevés à l'état trempé et revenu.

Possibilités de livraison

Produits recuit

Formes : feuilles, flans, bobines, feuilards

Épaisseurs : de 0,4 jusqu'à 7mm

Largeur : selon les épaisseurs, maximum 1000mm

Fini : laminé à froid, laminé à chaud, selon l'épaisseur

Produits écrouis (classe d'écrouissage)

C 700 - C850

Propriétés physiques

Tôle laminée à froid

Densité	d	-	4 °C	7,7
Point de fusion	-	°C	-	1420
Température spécifique	c	J/kg.K	20 °C	460
Conductivité thermique	k	W/m.K	20 °C 200 °C	30 31
Coefficient moyen de dilatation	α	10 ⁻⁶ /K	20-200 °C 20-400 °C	11 12
Resistivité électrique	ρ	Ω mm ² /m	20 °C	0,62
Resistivité magnétique	H	à 0,8 kA/m DC ou AC	20 °C	700
Module de young	E	MPa.10 ³	20 °C	215

Point de curie : 700°C

Caractéristiques mécaniques

Après recuit (état de livraison)

Selon la norme ISO 6892-1, partie 1,
Éprouvette perpendiculaire au sens de laminage.

Éprouvette

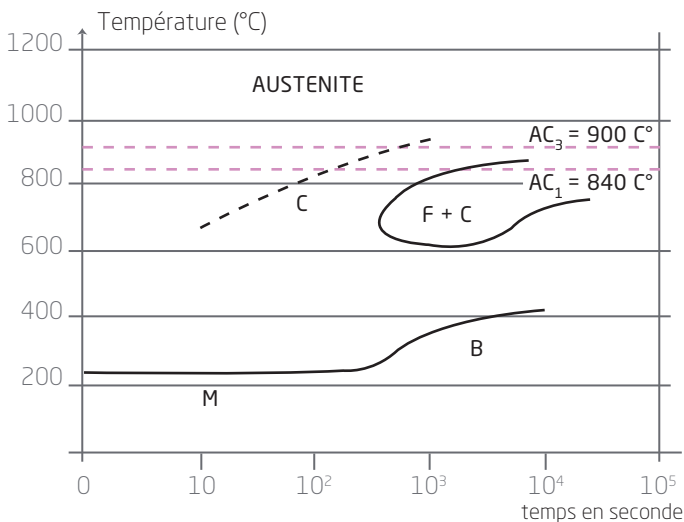
Lo : 80 mm (épaisseur < 3 mm)
Lo : 5.65 √ So (épaisseur ≥ 3 m)

Nuances		Rm ⁽¹⁾ (MPa)	Rp _{0,2} ⁽²⁾ (MPa)	A ⁽³⁾ (%)	HRB
MA2	selon EN 10088	≤ 700	-	≥ 15	≤ 95
	valeurs typiques	550	320	28	81
MA3	selon EN 10088	≤ 740	-	≥ 15	≤ 97
	valeurs typiques	600	340	26	85
MA3M	selon EN 10088	≤ 760	-	≥ 15	≤ 97
	valeurs typiques	690	410	22	89
MA4	selon EN 10088	≤ 780	-	≤ 12	≤ 99
	valeurs typiques	650	380	22	89

⁽¹⁾ Résistance à la rupture (Rm), ⁽²⁾ limite élastique (Rp_{0,2}), ⁽³⁾ Allongement (A)

MA2

Courbe Transformation Refroidissement Continu (TRC)

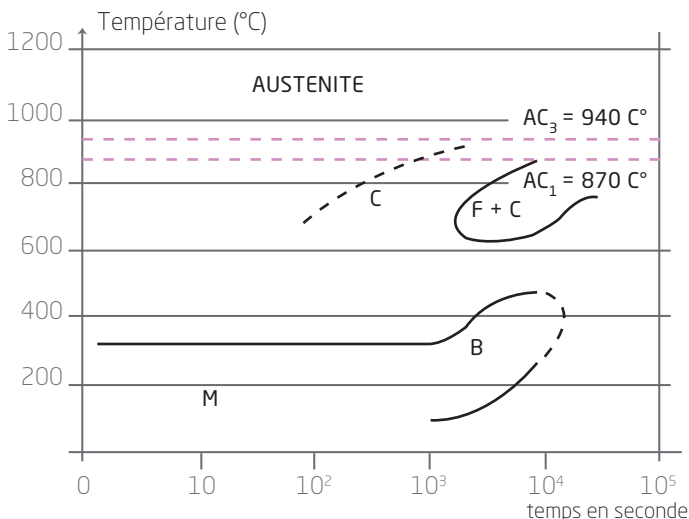


F = Ferrite C = Carbures B = Bainite M = Martensite

AC1 = début de la transformation α→γ AC3 = fin de la transformation α→γ

α = ferrite γ = austénite

MA3



F = Ferrite C = Carbures B = Bainite M = Martensite

AC1 = début de la transformation α→γ AC3 = fin de la transformation α→γ

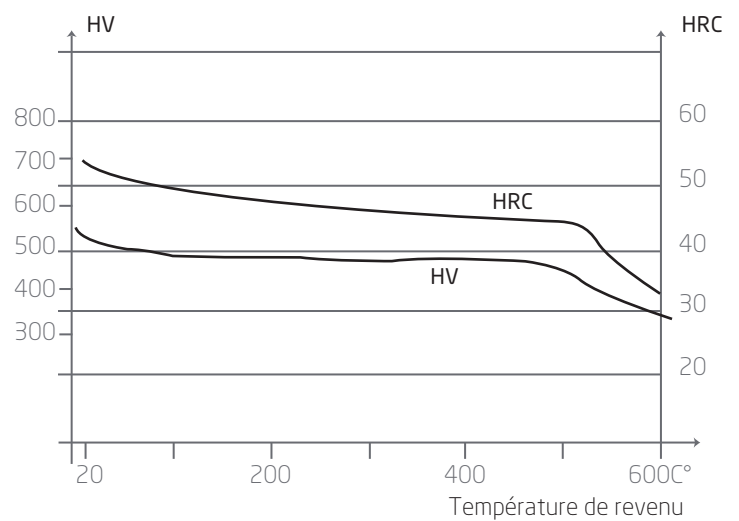
α = ferrite γ = austénite

Dureté après trempe à l'huile et revenu

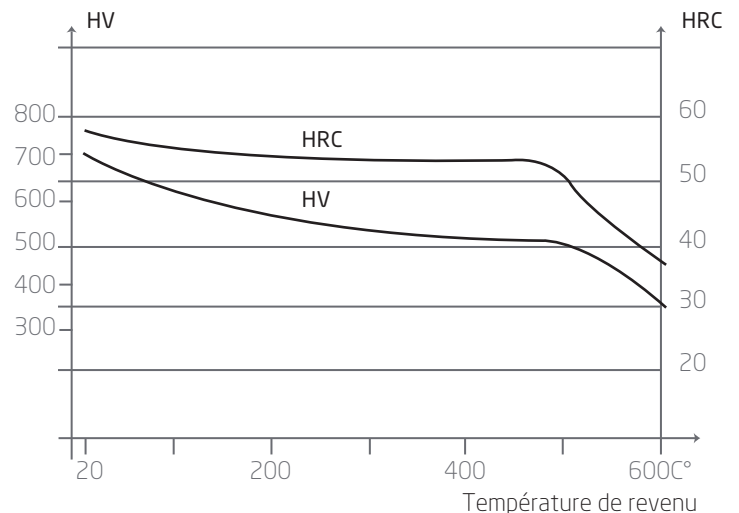
Trempe à l'huile à 1050 °C
Revenu à 250 °C

Nuances	selon EN 10088		valeurs typiques		
	HRC	HV	HRC	HV	Rm ⁽¹⁾ MPa
MA2	44 à 50	440 à 530	45	450	1500
MA3	45 à 51	450 à 550	51	540	1700
MA3M	-	-	55	610	1800
MA4	-	-	55	610	1800

Dureté après trempe à l'huile (1050 °C) et revenu



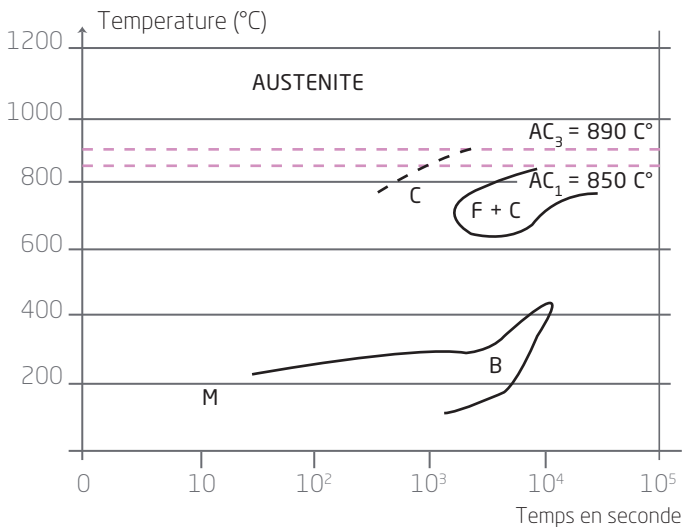
α = ferrite γ = austénite



α = ferrite γ = austénite

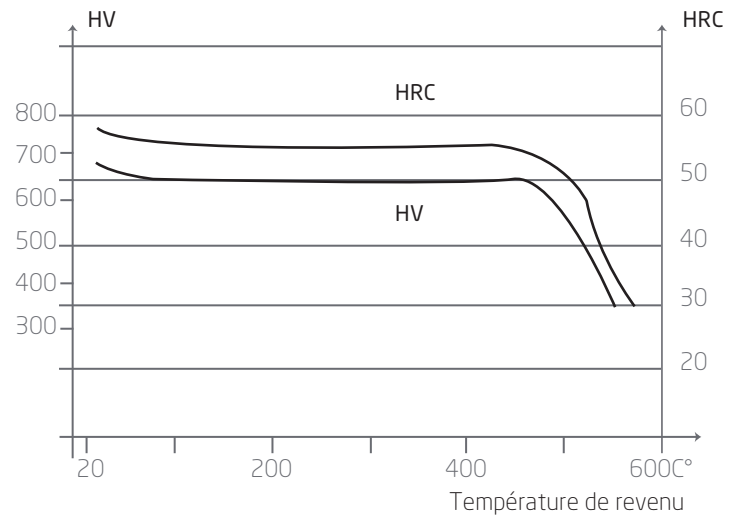
MA3M

Courbe Transformation Refroidissement Continu (TRC)

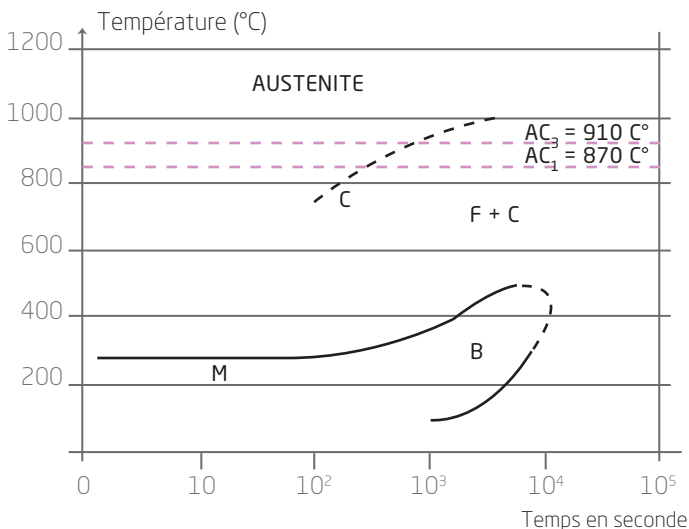


F = Ferrite C = Carbures B = Bainite M = Martensite
 AC₁ = début de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ AC₃ = fin de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$
 α = ferrite γ = austenite

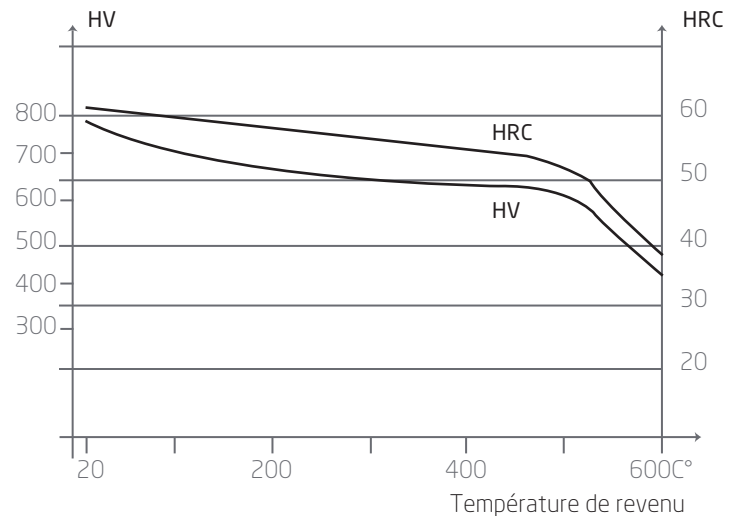
Dureté après trempe à l'huile et revenu



MA4



F = Ferrite C = Carbures B = Bainite M = Martensite
 AC₁ = début de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ AC₃ = fin de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$
 α = ferrite γ = austenite



Résistance à la corrosion

La résistance à la corrosion dépend fortement des conditions de trempe et revenu employées. Le comportement optimum est obtenu lorsque la trempe est réalisée à partir d'une température de l'ordre de 1040 à 1070°C.

Un contrôle étroit de la vitesse de trempe est essentiel pour obtenir une bonne résistance à la corrosion. En dessous de la vitesse critique de refroidissement, une perte de la résistance à la corrosion par piqûres est observée, en raison de la précipitation de carbures issue de l'appauvrissement en Chrome. En pratique, cela signifie qu'un simple refroidissement à l'air doit être évité, et devrait être remplacé par une trempe à l'huile, à l'air pulsé, ou par un refroidissement par gaz.

La température de revenu a aussi une influence décisive. Si elle est trop élevée, elle peut aussi entraîner la formation de carbures due à un appauvrissement en Chrome, ce qui nuit fortement à la résistance à la corrosion. Pour cette raison, la gamme de température de trempe recommandée est de l'ordre de 230 à 300°C.

De plus, le chauffage localisé dû à des opérations de finition de composants mécaniques tels que le meulage, affûtage, polissage, cannelage ne doit pas induire des températures plus élevées que celle recommandée pour la trempe.

Enfin, l'état de surface est un autre facteur qui peut affecter la corrosion: une surface polie à faible rugosité est toujours bénéfique.

Soudage

Certaines précautions sont nécessaires lors du soudage des aciers inoxydables martensitiques, à cause de la transformation martensitique qui a tendance à provoquer des fissures (parfois différées) à des températures inférieures à 400°C. Il est recommandé de préchauffer les pièces entre 200 et 300°C avant de les souder.

Dans les procédés de soudage nécessitant l'utilisation de gaz de protection (TIG, MIG, plasma), l'utilisation de l'hydrogène et de l'azote est strictement interdite. Les aciers inoxydables martensitiques peuvent être assemblés par soudage par points et par soudage à la molette, mais aussi par soudure à l'arc.

Un traitement thermique de post-soudage est recommandé pour les nuances dont la teneur en carbone est supérieure à 0,2%.

Lorsque le soudage est effectué sans métal d'apport, les traitements thermiques post-soudure suivants peuvent être utilisés :

- Adoucissement entre 650 et 800°C
- Trempe à 1050°C, suivi d'un revenu à 250°C.

Lorsque le soudage est effectué avec un métal d'apport, le choix se situe entre:

- Un alliage ayant la même composition que le métal de base (électrode AWS 420 ou fil), éventuellement avec un traitement thermique post-opératoire tel que ci-dessus.
- Un alliage de composition différente de la base métallique (électrode ou fil ER 308 L, 309 L ou 310), et on pourra éventuellement appliquer un traitement thermique post-opératoire afin d'éviter la fragilisation de la Z.A.T.

Les soudures doivent être découpées mécaniquement, et de préférence repassivées

Décapage

- Mélange d'acide nitrique et d'acide fluorhydrique (15% HNO₃ + 1% HF).

Passivation

- HNO₃ à 25% (acide nitrique), soit à 20°C pendant 2 heures, ou à 50°C pendant 10 minutes, suivie d'un rinçage abondant à l'eau froide.

Soudage	Sans apport	Avec métal d'apport		Gaz de protection*	
	Epaisseurs typiques	Epaisseurs	Métal d'apport		Hydrogène et azote interdits dans tous les cas
			Barre	Fil	
Résistance, point, molette	≤ 2 mm ≤ 2 mm				
TIG	< 1,5 mm	> 0,5 mm	ER 309 L (Si) ER 420 ⁽¹⁾	ER 309 L (Si) ER 420 ⁽¹⁾	Argon Argon + Hélium
PLASMA	< 1,5 mm	> 0,5 mm		ER 309 L (Si) ER 420 ⁽¹⁾	Argon
MIG		> 0,8 mm		ER 309 L (Si) ER 420 ⁽¹⁾	Argon + 2% CO ₂ Argon + 2% O ₂
S.A.W.		> 2 mm		ER 309 L (Si) ER 420 ⁽¹⁾	
Electrode		Réparations	ER 309 L (Si) ER 420 ⁽¹⁾		
Laser	< 5 mm				Hélium

⁽¹⁾ Le métal d'apport homogène ER 420 doit être utilisé lors de la trempe ultérieure, et la trempe est de beperformed afin d'obtenir la même dureté de la soudure et du métal de base.

Traitement thermique et finition

Livraison à l'état recuit

Les aciers inoxydables martensitiques possèdent une grande résistance mécanique après traitement thermique complet. Afin d'éviter une perte de résistance à la corrosion et pour faciliter les opérations de polissage ultérieures, il est recommandé d'effectuer les traitements d'austénitisation et de trempe sous vide ou sous une atmosphère réductrice à l'ammoniac craqué.

Une austénitisation à 1050-1060°C doit être suivie d'un refroidissement rapide (1050°C à 20°C en moins de 60 secondes) dans un courant d'ammoniac craqué ou d'air pulsé, ou, de préférence, par une trempe dans un bain d'huile.

Le refroidissement peut être poursuivi sous la température ambiante (-40°C) pour éliminer toutes les traces d'austénite résiduelle, ce qui peut créer un risque de fissuration lors du meulage. Un traitement de revenu est effectué à 250°C pour réduire les contraintes.

Un traitement thermique bien mené est un gage de bonne résistance à la corrosion.