Alliage 600 (UNS N06600)

INTRODUCTION

L'alliage 600 (désignation UNS N06600) est un alliage nickel-chrome conçu pour une utilisation allant des températures cryogéniques jusqu'aux températures élevées pouvant atteindre 1093°C (2000°F). Il est non magnétique et se soude facilement.

Cet alliage est utilisé dans de nombreuses applications nécessitant une résistance élevée à la corrosion. Sa forte teneur en nickel lui confère une bonne résistance aux environnements réducteurs, tandis que sa teneur en chrome lui assure une résistance aux milieux oxydants modérés. La forte teneur en nickel procure également une excellente résistance à la fissuration par corrosion sous contrainte en présence de chlorures.

Les propriétés de formage de l'alliage 600 sont similaires à celles des aciers inoxydables austénitiques stables.

FORMES DE PRODUITS

L'alliage 600 est disponible sous forme de :

- tôles fortes (plate),
- tôles fines (sheet),
- feuillards (strip),
- produits longs.

L'alliage est généralement fourni à l'état recuit. Les tôles minces et feuillards peuvent être livrés dans différents états de dureté spécifiés. Les tôles fortes peuvent également être fournies à l'état brut de laminage (« as rolled »).

Alliage 600

SPÉCIFICATIONS ET CERTIFICATIONS

Les principales spécifications applicables à l'alliage 600 sont :

Forme de produit	Spécification			
	ASTM	ASME	AMS	MIL
Tôles et feuillards	B168	SB-168	5540	MIL-N-23228
Tubes et tuyaux	B167 B516 B517	SB-167 SB-516 SB-517	5580	MIL-DTL-23227
Tubes de condenseur	B163	SB-163		DTL
Barres, ronds et pièces forgées	B166	SB-163	5665	MIL-23229
Fil	B166	SB-166	5687	

Alliage 600

ANALYSE CHIMIQUE TYPE

Élément	% en masse
Carbone	0,05 max
Manganèse	0,25 max
Soufre	0,002 max
Silicium	0,20 max
Chrome	15,5
Nickel + Cobalt	Balance
Fer	8,0
Cuivre	0,10

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Densité

0.304 lb./in^3

8.42 g/cm^3

Masse volumique relative

8.42

Perméabilité magnétique

<1.02

Chaleur spécifique

32-212°F 0.11 Btu/lb-°F

(0-100°C) 460 Joules/kg•K

JACQUET

Alliage 600

Coefficient de dilatation thermique linéaire

Plage de température °F (°C)		Coefficient moyen de dilatation thermique linéaire	
°F	°C	10-6/°F	10-6/°C
70-200	21-93	6.9	12.4
70-400	21-204	7.3	13.1
70-600	21-316	7.6	13.7
70-800	21-427	7.9	14.2
70-1000	21-538	8.1	14.6
70-1200	21-649	8.4	15.1
70-1400	21-760	8.7	15.7

Conductivité thermique

Température		Conductivité thermique	
°F	°C	Btu-ft/h-ft^2-°F	W/m•K
70	21	8.6	14.8
200	93	8.9	15.4
400	204	9.9	17.1
600	316	10.8	18.7
800	427	11.9	20.6
1000	538	13.0	22.5

Module d'élasticité, module de rigidité et coefficient de Poisson

Température		Module d'élasticité (E)		Module de rigidité (G)		Coefficient de Poisson
°F	°C	10^6 psi	GPa	10^6 psi	GP	
70	21	30	207	11	76	0.29

Alliage 600

Résistance à la corrosion

La forte teneur en nickel de l'alliage 600 lui confère une bonne résistance aux environnements modérément réducteurs. Cette teneur élevée en nickel rend également l'alliage extrêmement résistant à la fissuration par corrosion sous contrainte induite par les chlorures. L'alliage 600 est notamment utilisé dans des solutions de chlorure de magnésium.

De même, sa teneur en chrome lui assure une bonne résistance aux environnements faiblement oxydants. À ce titre, l'alliage 600 offre de meilleures performances que l'alliage 200 (nickel commercialement pur). En revanche, sa résistance est médiocre dans les milieux fortement oxydants tels que l'acide nitrique chaud et concentré.

L'alliage 600 est peu attaqué par la plupart des solutions salines neutres ou alcalines. Il est également utilisé dans certaines applications en milieux caustiques.

L'alliage 600 résiste à la vapeur ainsi qu'aux mélanges de vapeur, d'air et de dioxyde de carbone. Il présente une excellente résistance à l'oxydation jusqu'à environ 1149°C (2100°F). Toutefois, sa forte teneur en nickel le rend sensible aux attaques à haute température dans les atmosphères contenant du soufre.

Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques suivantes correspondent à l'alliage 600 à l'état recuit.

Limite d'élasticité à 0,2 %		Résistance à la traction		Allongement
psi	(MPa)	psi	MPa	% in 2" (51 mm)
37,000	(255)	93,000	640	45

JACQUET

Alliage 600

Propriétés de traction à chaud (courte durée)

Le tableau suivant présente les propriétés de traction de l'alliage 600 à différentes températures. Les valeurs à basse température sont incluses à titre de comparaison.

empérature		Limite d'élasticité 0,2 %		Résistance à la traction		Allongement
°F	°C	psi	MPa	psi	MPa	
-110	-79	42,400	292	106,450	734	64
600	316	31,000	213	90,500	624	46
800	427	29,500	203	88,500	610	49
1000	528	28,500	197	84,000	579	47
1200	649	26,500	183	65,000	448	39
1400	760	17,000	117	27,500	190	46
1600	871	9,000	62	15,000	103	80
1800	982	4,000	28	7,500	52	118

Résistance aux chocs

L 'alliage 600 conserve une excellente ténacité même à des températures inférieures à zéro. Les résultats ci-dessous correspondent à des éprouvettes Charpy V prélevées dans des tôles.

Température		Énergie de résilience Charpy, ft-lb (joules)					
°F	°C	Recuit		Laminé à chaud		Laminé à froid	
-100	-73	180	(244)	180	(244)	-	-
70	21	180	(244)	180	(244)	155	(210)
1000	538	160	(217)	160	(217)	-	-

JACQUET

Alliage 600

Propriétés de fluage et de rupture sous contrainte

Les données suivantes montrent les contraintes nécessaires pour provoquer la rupture après différents temps d'exposition. Elles indiquent que l'alliage 600 possède une capacité de charge modérée lorsque le fluage et la rupture sous contrainte deviennent des critères de conception.

Température d'essai		Alliage	Contrainte, psi (MPa) pour produire une rupture dans					
°F	°C		10 hr		100 hr		1000 hr	
1000	538	304	-	-	43,000	(297)	34,000	(234)
		600	74,000	(510)	50,000	(345)	34,000	(234)
		A-286	100,000	(690)	95,000	(655)	88,000	(607)
1200	649	304	-	-	23,000	(159)	16,000	(110)
		600	34,000	(234)	23,000	(159)	14,500	(100)
		800	40,000	(276)	32,000	(221)	21,000	(145)
1350	732	600	20,000	(138)	13,500	(93)	9,200	(63)
		A-286	49,000	(338)	35,000	(241)	21,000	(145)

Formage à froid

L'alliage 600 présente les excellentes caractéristiques de formage à froid habituellement associées aux inox austénitiques au chrome-nickel. Sa forte teneur en nickel empêche la transformation austénite-martensite qui peut se produire lors du formage à froid des nuances 301 ou 304.

L'alliage 600 s'écrouit moins rapidement que les inox 301 ou 304. Il est donc bien adapté aux opérations d'emboutissage profond multiples nécessitant d'importantes déformations entre les recuits.

Lorsqu'un recuit à haute température est réalisé afin d'obtenir un gros grain pour les applications à haute température, un formage important peut générer un aspect de surface ondulé appelé« peau d'orange » (orange peel). Cette caractéristique est liée à la taille importante des grains et n'affecte généralement pas les performances du matériau.

JACQUET

Alliage 600

Soudabilité

L'alliage 600 peut être assemblé par les procédés de soudage par résistance et par fusion habituellement utilisés pour les aciers inoxydables.

De nombreuses baguettes et fils d'apport sont disponibles pour souder l'alliage 600 sur lui-même ou sur d'autres matériaux. Comme l'alliage forme une couche d'oxyde très adhérente qui ne peut être éliminée que par meulage, l'utilisation d'une protection gazeuse inerte est recommandée.

Traitement thermique

L'alliage 600 ne peut pas être durci par traitement thermique. Son renforcement ne peut être obtenu que par écrouissage.
Le recuit est utilisé pour adoucir le matériau après les opérations de mise en forme à froid.

- Le ramollissement débute vers 871°C (1600°F).
- Le recuit peut être réalisé jusqu'à environ 1149°C (2100°F).

À partir de 982°C (1800°F), la croissance des grains devient rapide. Toutefois, un maintien très court à 1038°C (1900°F) permet d'adoucir le matériau sans provoquer une croissance excessive des grains.
Le refroidissement lent ou la trempe produisent sensiblement la même dureté finale sur l'alliage 600.

Applications courantes

- Rouleaux de transport, tuyauteries, ventilateurs et équipements de fours industriels.
- Moufles de fours de traitement thermique, notamment sous atmosphère d'azote (N_2).
- Gaines de protection d'éléments thermiques en atmosphères de nitruration et de cémentation.
- Tubes de pyrolyse du dichloroéthylène.
- Équipements pour la production de tétrafluorure d'uranium à partir d'acide fluorhydrique.
- Production d'alcalis caustiques, en particulier en présence de composés soufrés.
- Réacteurs et tubes d'échangeurs de chaleur pour la fabrication du chlorure de vinyle.
- Équipements de production d'hydrocarbures chlorés et fluorés.
- Tubes de gainage de barres de contrôle, cuves de réacteur, joints, sécheurs et séparateurs de vapeur dans les réacteurs à eau bouillante.
- Tuyauteries d'évaporateurs de $TiCl_4$ pour la fabrication du TiO_2.
- Cuves et réseaux de tuyauterie contenant des solutions caustiques.
- Industrie automobile : capteurs haute température, disques de rupture pour airbags, électrodes de bougies d'allumage et joints d'étanchéité.