

Notice technique

UGIPURE® 4441

Analyse chimique (%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	P	S	N
≤0,030	≤0,75	≤2,0	13,0 – 15,0	17,0 – 19,0	≤0,5	2,5 – 3,0	≤0,025	≤0,010	≤0,1

12-06-2019 – REV 02

Présentation générale

La nuance 4441 est une nuance austénitique implantable qui comporte une refusion par électrode consommable lors de son élaboration. Cette élaboration liée à un process de fabrication très exigeant, garantissent une structure très propre en terme de population inclusionnaire et très homogène avec l'absence de ferrite delta. Par ailleurs, elle garantit une bonne biocompatibilité. La matière obtenue est amagnétique et adaptée aux examens IRM.

Classification

Acier Inoxydable Austénitique

Désignation

N° Matière		
Europe		USA
DIN 17443	Symbole	UNS
1.4441	X2CrNiMo18-15-3	S31673

- ISO 5832-1 nuance D
- ASTM F138

Microstructure

La nuance UGIPURE® 4441 est entièrement austénitique. Elle ne contient pas de ferrite résiduelle (ou ferrite delta). Sa teneur en inclusions non métalliques (sulfures et oxydes) est très faible, ce qui se traduit par les niveaux de propreté suivants (cotation selon ASTM E45 / A ou ISO 4967 / A) :

Type d'inclusion	Sulfures - A	Alumines - B	Silicates - C	Oxydes globulaires - D
Fines	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5
Epaisses	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Propriétés mécaniques

Données de traction

État	Température	Résistance à la traction	Limite d'élasticité	Allongement à rupture	Striction
	T	R _m	R _{p0,2}	A	Z
	(°C)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)
Hypertrempé (Ø≥1,6mm)	20°C	490 - 690	≥ 190	≥ 40	
Ecroui (Ø≥1,6mm)	20°C	860 - 1100	≥ 690	≥ 12	
Tréfilé (Ø<1,6mm)	20°C	860 - 1035		≥ 5	
Extra-dur	20°C	≥ 1400			

Propriétés physiques

Température	Densité	Module d'élasticité	Conductivité thermique	Coefficient de dilatation (entre 20°C et la T°)	Résistivité électrique	Chaleur spécifique	Magnétisme
(°C)	(kg/dm³)	(GPa)	(W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	(10 ⁻⁶ .K ⁻¹)	(μΩ.mm)	(J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	
20°C	8,0	200	15	-	0,75	500	Non
100°C		194		16,0			
200°C		186		16,5			
300°C		179		17,0			
400°C		172		17,5			
500°C		165		18,0			

La nuance UGIPURE® 4441 est amagnétique (absence de ferrite résiduelle).



Swiss Steel Group

Sites de production : Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Notice technique

UGIPURE® 4441

Analyse chimique (%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	P	S	N
≤0,030	≤0,75	≤2,0	13,0 – 15,0	17,0 – 19,0	≤0,5	2,5 – 3,0	≤0,025	≤0,010	≤0,1

12-06-2019 – REV 02

Résistance à la corrosion

Corrosion généralisée

Les fortes teneurs en Nickel, en Chrome et en Molybdène permettent à l'UGIPURE® 4441 de posséder une très bonne résistance à la corrosion généralisée dans les milieux acides.

Corrosion localisée

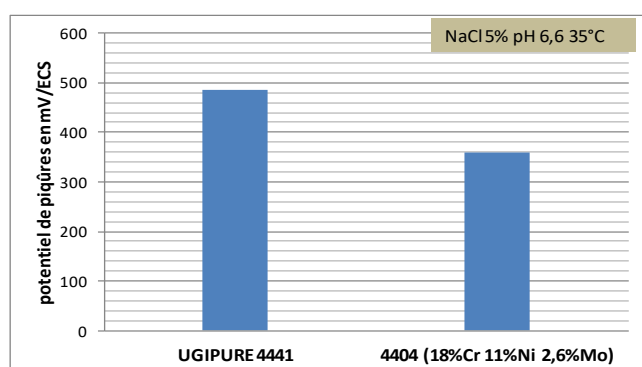
— Corrosion par piqûres

La résistance à la corrosion localisée par piqûres peut être estimée au moyen de la formule du Pitting Index :

$$\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3,3\% \text{Mo} + 16\% \text{N}.$$

A partir de la composition de l'UGIPURE® 4441, le PREN calculé est de 27,8 ce qui le place dans les fortes valeurs de PREN de la famille des austénitiques au Molybdène.

Le potentiel de piqûres a été mesuré au moyen d'une mesure électrochimique dans le milieu salin (concentration en sel de 5% en poids), à pH neutre et à 35°C. La figure ci-dessous donne une comparaison de potentiels de piqûres entre l'UGIPURE® 4441, et un 1.4404 (AISI 316L) : l'UGIPURE® 4441 possède une très bonne résistance à la corrosion par piqûres.



— Corrosion intergranulaire

La très faible teneur en carbone de l'UGIPURE® 4441 lui permet de remplir les conditions des tests de corrosion intergranulaire de l'ASTM A262 practice E et de l'ISO 3651-2.

Corrosion sous-contrainte

En général, une nuance austénitique dans certaines conditions de température et d'agressivité (teneur en ions chlorure) peut présenter des risques de fissurations par corrosion sous contrainte.

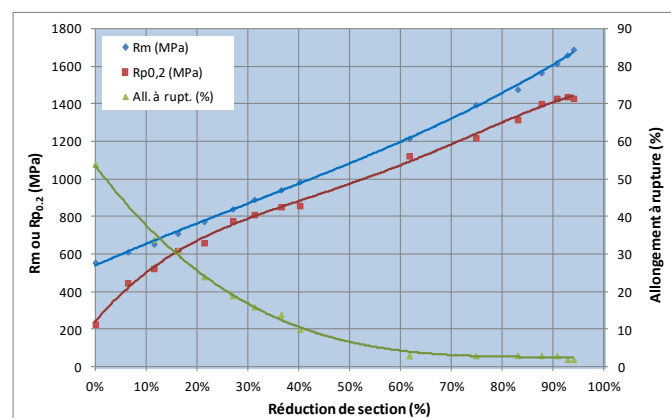
Transformation à chaud

Forgeage

La nuance peut être transformée à chaud entre 900°C et 1200°C et refroidie ensuite rapidement, à l'eau ou à l'air. La mise en forme à chaud est généralement suivie d'un traitement thermique de mise en solution ou hypertrempe (voir recommandations au paragraphe correspondant).

Transformation à froid

La nuance UGIPURE® 4441 possède une bonne aptitude à la mise en forme à froid. Son écrouissabilité est importante comparée à des nuances non austénitiques, ce qui peut nécessiter des outils adaptés. La nuance reste amagnétique même après de forts taux de déformation à froid (pas de formation de martensite d'écrouissage).



Courbe d'écrouissage à froid de la nuance UGIPURE® 4441



Swiss Steel Group

Sites de production : Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Notice technique

UGIPURE® 4441

Analyse chimique (%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	P	S	N
≤0,030	≤0,75	≤2,0	13,0 – 15,0	17,0 – 19,0	≤0,5	2,5 – 3,0	≤0,025	≤0,010	≤0,1

12-06-2019 – REV 02

Usinabilité

Du fait de sa très faible population inclusionnaire, l'UGIPURE® 4441 présente, pour l'ensemble des opérations de coupe, une mauvaise fragmentation des copeaux. C'est pourquoi, il faudra, à chaque fois que cela sera possible, adapter les conditions de coupe et les positions d'outils pour limiter au maximum la formation d'amas de copeaux autour des outils (voir plus bas).

Par ailleurs, comme pour n'importe quelle nuance austénitique au Mo (1.4401, 1.4404, 1.4435...), l'UGIPURE® 4441 présente des caractéristiques mécaniques élevées et une forte écrouissabilité, de nature à augmenter les efforts de coupe sur les outils et donc leur usure par rapport à ce que l'on peut constater sur un inox austénitique sans Mo comme, par exemple, un 1.4307. Il conviendra donc d'ajuster les conditions de coupe en conséquence.

Tournage

En termes d'usure d'outils, l'absence de population inclusionnaire optimisée pour l'usinabilité oblige à limiter les conditions de coupe pour conserver des durées de vie satisfaisantes. Cette réduction est cependant assez limitée. Elle est, par exemple, inférieure de 25 à 30% par rapport à une nuance voisine à usinabilité améliorée comme l'UGI® 4435 ICH.

La principale difficulté en tournage est induite par la mauvaise fragmentation des copeaux de l'UGIPURE® 4441. Cette difficulté oblige à adopter des stratégies de coupe particulières parmi lesquelles :

- une augmentation, à chaque fois que cela est possible, des avances de coupe (accompagnée dans le même temps d'une réduction des vitesses de coupe si celles-ci ne sont pas déjà très basses) afin d'aider à la fragmentation des copeaux ;
- l'orientation des faces de coupe des outils vers le bas pour favoriser l'évacuation des copeaux par gravité, en particulier pour les opérations de finition où l'augmentation de l'avance n'est, en général, pas possible ;
- une lubrification importante avec des jets de lubrifiants bien orientés pour aider mécaniquement la fragmentation des copeaux longs générés.

Perçage

En perçage encore plus qu'en tournage, la mauvaise fragmentation des copeaux de l'UGIPURE® 4441 oblige à adopter des stratégies de coupe spécifiques. Ainsi, on privilégiera des forets avec arrosage central de nature à favoriser à la fois la fragmentation des copeaux par l'effet mécanique de la pression de lubrifiant en pointe d'outil et l'évacuation de ces copeaux par les goujures des forets.

De façon générale, si les copeaux sont longs et s'évacuent difficilement par les goujures des forets, il faudra envisager un ou plusieurs déburrages, suivant la profondeur des trous à percer.

Dans le cas de l'utilisation de forets en carbure monobloc, on essaiera de maximiser les avances (tout en réduisant les vitesses de coupe) afin d'essayer de mieux fragmenter les copeaux.

Dans le cas de l'utilisation de forets à plaquettes (corps en acier rapide et plaquettes en carbure revêtu), on pourrait préférer des vitesses de coupe élevées et des avances faibles afin de limiter les efforts de coupe sur l'outil tout en aidant à la fragmentation des copeaux par l'apparition de vibrations souvent présentes à grandes vitesses de rotation de foret.

Soudage

Malgré une forte propension à la fissuration à chaud liée à son mode de solidification primaire austénitique, l'UGIPURE® 4441, grâce à son très bas taux de soufre, est soudable par la plupart des procédés.

Cependant, la conception d'implant mécano-soudé est très fortement déconseillée.

Traitement thermique

Mise en solution (hypertrempe)

Le traitement d'hypertrempe permet de garantir des propriétés optimales de résistance à la corrosion. Il doit être réalisé à une température comprise entre 1050°C et 1120°C et suivi d'un refroidissement rapide à l'eau ou à l'air (pour les produits de faible section).



Swiss Steel Group

Sites de production : Ugitech SA
www.swisssteel-group.com

Notice technique

UGIPURE® 4441

Analyse chimique (%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	P	S	N
≤0,030	≤0,75	≤2,0	13,0 – 15,0	17,0 – 19,0	≤0,5	2,5 – 3,0	≤0,025	≤0,010	≤0,1

12-06-2019 – REV 02

Traitement de surface

Décapage

En présence de surfaces oxydées lors d'une opération à chaud, ce procédé est nécessaire. Un bain acide doit être utilisé : acide chlorhydrique, ou acide sulfurique, ou acides mixtes nitro-fluorhydrique. La mise en température du bain (par exemple 50°C) permet de réduire la durée d'immersion. Un rinçage efficace des surfaces est absolument indispensable en dernier lieu.

Par contre, les aciers inoxydables peuvent être contaminés par contact avec des aciers au carbone ou avec des aciers faiblement alliés : c'est le phénomène dit de contamination ferreuse. Dans ce cas, une passivation à l'acide nitrique à l'ambiante durant 30 minutes est nécessaire. Un rinçage voire une neutralisation de la surface est indispensable comme traitement final.

Passivation

Les aciers inoxydables n'ont généralement pas nécessité d'être passivés : la couche passive se forme spontanément à l'air et au bout de 24h, elle a atteint une certaine stabilité.

Électropolissage

Les conditions usuelles d'électropolissage des austénitiques au molybdène peuvent être utilisées pour l'UGIPURE® 4441. Produits disponibles

Produits disponibles

Produit	Forme	Finition	Tolérance	Dimension
Barres	Rondes	Tournée polie	9 à 11	Ø 22 à 130 mm
		Rectifié	7 à 9	Ø 1,8 à 80 mm
		Etiré	9	Ø 1,8 à 55 mm
Fil machine	Rond	Laminé décapé		Ø 5 à 32 mm
Billette	Carrée			Ø 50 à 120 mm

Autre options possibles, nous consulter

Applications

La nuance UGIPURE® 4441 est utilisée pour la fabrication de tout implant chirurgical destiné à rester longtemps ou de façon permanente dans le corps humain :

- prothèse,
- vis,
- plaque...



Swiss Steel Group

Sites de production : Ugitech SA
www.swisssteel-group.com