



1.4441 IMPLANT

1.4441/AISI 316L – Acier inoxydable austénitique pour implants

Caractéristiques et particularités

L'acier 1.4441 IMPLANT est l'acier inoxydable austénitique classique pour les applications médicales. Il a été développé et optimisé spécifiquement pour les implants de l'ostéosynthèse. Son équivalent américain est l'acier refondu VAR, ASTM F 138, 316LVM. Cet acier refondu ESR a une teneur en S particulièrement basse. Sa composition assure l'absence Ferrite δ (Delta) et la non formation de martensite α (Alpha) ferromagnétique lors de déformations plastiques à froid intenses, qui permettent d'obtenir des Rm élevées. Sa résistance à la fatigue à 10^7 cycles est bonne. Il possède une bonne résistance à la corrosion, dont à la corrosion par piqûres notamment.

Utilisations

L'acier 1.4441 IMPLANT satisfait les très nombreuses exigences des implants pour l'ostéosynthèse interne ou externe. Comme les plaques, vis, clous, broches et fils de guidage et les prothèses articulaires. Cet acier est également indiqué pour de nombreuses utilisations non-médicales présentant une palette d'exigences élevées, comme l'habillage de la montre par exemple.

Normes

Numéro matières	1.4441
ISO	5832-1
EN 10088-3 09/05	X2CrNiMo18-15-3
DIN / AFNOR	X2CrNiMo18-15-3
AISI/SAE	316 LVM
ASTM	F 138
UNS	S31673

Composition chimique (%pds)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Cu	Fe
max.	max.	max.	max.	max.	17.0	13.0	2.70	max.	max.	Solde
0.030	0.75	2.00	0.025	0.003	19.0	15.0	3.00	0.10	0.50	

Dimensions et exécutions

Standard: Barres 3 m (+50/0 mm), torches pour Escomatic

- Barres $\varnothing < 0.8-18$ mm: ISO h8
- Barres $\varnothing \geq 2.00$ mm: ISO h6 (h7)
- Fils $\varnothing 0.80 - 3.00$ mm: ISO fg7, torches pour Escomatic
- Malrond max: $\frac{1}{2}$ tolérance du diamètre

Conditionnement

- Barres $\varnothing \geq 2.00$ mm: étiré à froid, meulé, poli, $Ra \leq 0.4 \mu\text{m}$ (N5) test anti-fissure EN 10277-1 Tab1: $\varnothing < 6.0$ cl. 2, ≤ 6.0 cl. 3 extrémités: pointées et chanfreinées
 - Barres < 2.00 mm: Etat de surface: étiré à froid
 - Barres ≥ 6.00 mm: exécution [SWISSLINE](#)
 - Fils $\varnothing < 3.00$ mm: Etat de surface: étiré à froid, torches pour Escomatic
- Autres exécutions et tolérances sur demande

Résistance

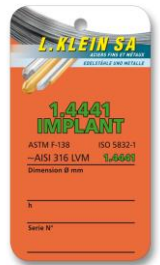
- Barres $\varnothing \geq 3.0 - 22$ mm: Résistance Rm: état pour vis: 930-1100 MPa
- Barres $\varnothing \geq 0.80 - 13$ mm: état extra-dur: $\geq 1'400$ MPa

Disponibilité

Dimensions standards en stock, voir: [Programme de livraison](#)

Conditions de coupe

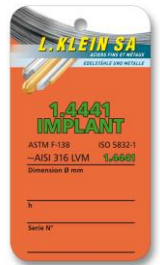
- Usinabilité: relativement difficile, meilleure à l'état écroui
 Vitesse de coupe: $V_c \approx 30 - 40$ m/min.
 Lubrification: choix individuel
- Les conditions de coupe optimales sont fonction de la machine-outil, des outils de coupe, de la taille du copeau, du lubrifiant, des tolérances et des états de surface à réaliser.



1.4441 IMPLANT

1.4441/AISI 316L – Acier inoxydable austénitique pour implants

Propreté de la structure	Selon: EN 50602: ASTM 45 (E 1122):	K0.5 < 1 (K1 < 0.5) < 1 A, B, C et D type d'inclusions
Grosseur du grain	Selon: ASTM E47: ● Barres laminées à chaud: ● Barres et fils étirés à froid:	ASTM Nr. ≥ 6-7 ASTM Nr. ≥ 8
Ferrite δ (Delta)	Cet acier ne contient pas de ferrite δ (Delta). Il est non-magnétique. Formules et diagramme de Schaeffler-DeLong modifiés par Outokumpu: ● $Cr_{eq} = 1.5Si + Cr + Mo + 2Ti + 0.5Nb$ ● $Ni_{eq} = 30(C + N) + 0.5Mn + Ni + 0.5(Cu + Co)$ ● %vol Ferrite δ ou FN Ferrite Number FN = $([1.375 (Cr_{eq} - 16) + 10] - Ni_{eq}) 2.586$ ● Les valeurs négatives de FN indiquent l'absence de ferrite δ (Delta)	
PREN	● PREN = %Cr + 3.3%Mo + 18%N ● Paramètres de base:	min. / max. 25.9/30.7
Formage	À chaud, forgeage: 970 – 1100°C, trempe ou refroidissement rapide ● Si la température descend en-dessous de 960°C une remise en solution à 1060-1080°C devrait être faite préventivement. A froid: sans limitations. Voir Figure1 courbes d'écroissage à froid, page 3	
Recuit de mise en solution	1050-1080°C/trempe ou refroidissement rapide ● Un taux d'écroissage minimum de ≥ 10 - 15% avant recuit est recommandé, pour prévenir le risque d'un grossissement trop rapide et intensif du grain. ● Le domaine de température 500 - 960°C doit être évité, car il peut conduire à la formation indésirable de la phase σ (Sigma). ● La formation de la phase σ (Sigma) conduit à une fragilisation, un abaissement de la ductilité, de la résistance à la corrosion et de l'aptitude au polissage. Dans ce cas, un recuit de remise en solution à 1060-1080°C est toujours recommandé.	
Durcissement	● Cet acier ne peut pas être durci par traitement thermique.	
Durcissement par écroissage	● Cet acier peut seulement être durci par écroissage à froid. Voir Figure 1, page 3	
Microstructures	Etat de livraison, laminé à chaud: Pour l'usinage et le polissage:	Austénite, recuite Austénite, recuite ou écrouie
Polissage	Poli spéculaire: Polissage électrolytique: ● L'acier 1.4441 IMPLANT ne contient pas de ferrite δ (Delta). ● Au cas où la phase σ (Sigma) serait présente, un traitement de remise en solution à 1060-1080°C peut être nécessaire pour ne pas entraver le polissage.	Très bien adapté Très bien adapté
Soudage	Réalisable	
Marquage laser	La zone HAZ (Heat Affected Zone) affectée par la chaleur d'un marquage laser normal sans surchauffe, ne devrait pas influencer négativement la microstructure. Plus d'info.	



1.4441 IMPLANT

1.4441/AISI 316L – Acier inoxydable austénitique pour implants

Durcissement

L'acier 1.4441 IMPLANT peut seulement être durci par écrouissage à froid. La Figure 1 montre les courbes de durcissement Rm, R_{0.2%} et la limite d'endurance à la fatigue en flexion rotative à 10⁷ cycles en fonction du taux d'écrouissage. La Figure 2 montre la courbe de fatigue de Wöhler en flexion rotative de cet acier.

Figure 1
Courbes d'écrouissage
Rm et R_{0.2%}
Limite d'endurance
à la fatigue:
10⁷ cycles

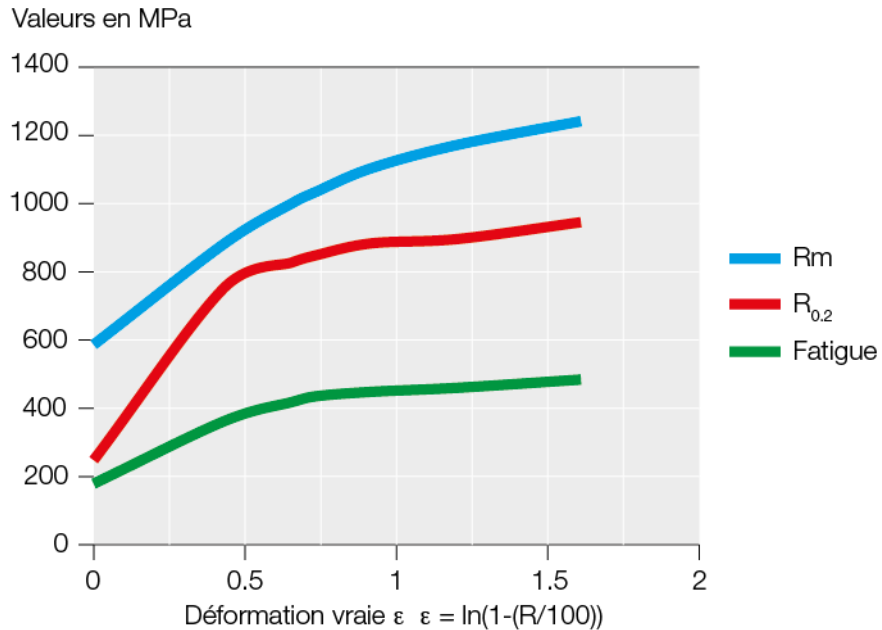
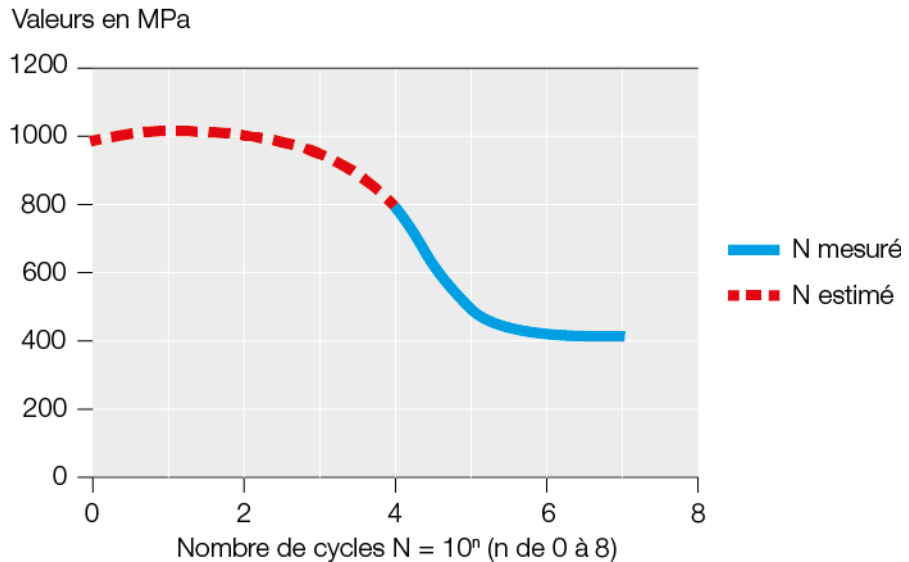
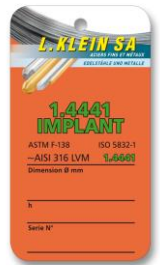


Figure 2
Limite d'endurance à la
fatigue à 10⁷ cycles
Courbe de Wöhler-



Referenz: Daten der Abbildungen 1 und 2
 John Disegi, Implant Material, 3. Auflage, Synthes (USA), 2009



1.4441 IMPLANT

1.4441/AISI 316L – Acier inoxydable austénitique pour implants

Surface oxidation

Une oxydation thermique produit des couches d'oxydes qui doivent être éliminées mécaniquement ou chimiquement par décapage.

- La présence de calamine ou de d'oxydes colorés en surface peut fortement réduire la résistance à la corrosion.

Pickling - Passivation

Les produits et procédures de décapage et de passivation doivent adaptées aux traitements d'aciers inoxydables austénitiques.

- Afin d'éviter une réaction potentielle "Flash back" un décapage est fortement recommandé. [Plus d'info.](#)
- Un traitement de passivation après le polissage électrolytique n'est pas nécessaire.

Corrosion resistance

- Etat de surface optimal: surfaces propres, aux états recuit et passivé.
- Le Tableau 1 indique qualitativement l'adéquation de la résistance à la corrosion de l'acier 1.4441 IMPLANT pour des applications dans l'habillage de la montre.

Tableau 1
Comportement
à la corrosion
Habillage de la montre

Type de corrosion	Etat	Sensibilité à la corrosion
Corrosion par piqûres	tous	résistant
Brouillard salin	tous	résistant
Eau de mer	tous	résistant
Corrosion sous tension	recuit	résistant
	écroui ≤ 63% ε=1	en général: pas sensible
Dans certains cas un traitement de détente à 250-300°C/1h peut être fait préventivement		

Corrosion galvanique

- L'acier 1.4441 IMPLANT est plus noble que la plupart des métaux, y compris les aciers inoxydables 18/8 courants. L'électrolyte et les métaux immédiatement environnants peuvent dans certains cas former un pile conduisant à une corrosion galvanique. [Plus d'info.](#)

Précautions élémentaires

- La protection la plus simple et efficace et de toujours s'assurer que la surface soit propre et polie.
- Bien nettoyer les pièces et composants (ne pas tolérer de résidus d'utilisation) et les sécher.
- N'utiliser que des solutions de nettoyage, lavage et de désinfection ne contenant pas de chlore.

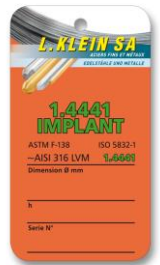
Magnétisme

Cet acier 1.4441 IMPLANT n'est pas ferromagnétique.

Perméabilité relative μ_r : max 1.003

- Aucune ferrite δ (Delta) ne peut être détectée au „Ferritoscope“ ou observée métallographiquement à un grossissement de 100X.
- Un écrouissage intensif de p.ex. $\epsilon = 1$ ($\approx 63\%$) ne rend pas cet acier ferromagnétique par formation de martensite α (Alpha) d'écrouissage.

Magnétisme des aciers inoxydables austénitiques: [Plus d'info.](#)



1.4441 IMPLANT

1.4441/AISI 316L – Acier inoxydable austénitique pour implants

Propriétés physiques

Propriétés	Unité	Température (°C)				
		20	200	300	400	500
Densité	g cm ⁻³	8.00				
Module de Young E	GPa	200	186	179	172	165
Coefficient de Poisson		0.29				
Résistance électrique	Ω.mm ² .m ⁻¹	0.75				
Dilatation thermique	10 ⁻⁶ m m ⁻¹ K ⁻¹	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0
Conductibilité thermique	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	15			15.2	
Chaleur spécifique	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	500				
Melting range	°C	1370-1400				
Perméabilité relative	μ _r	max. 1.003				
Magnétisme		non-ferromagnétique				

Renonciation: Les informations et données de cette fiche technique ne sont qu'indicatives. Elles ne sont pas un mode d'emploi. Celui-ci doit être établi dans chaque cas par l'utilisateur de la matière.