

# FICHES D'INFORMATION ACIERS INOXYDABLES [PARTIE 2]

## DIFFERENCES DANS LES GROUPES PRINCIPAUX D'ACIERS INOXYDABLES

Comme la première partie de cette série de fiches le mentionnait, les aciers inoxydables peuvent être classés en quatre (cinq) groupes principaux (Métallurgie 98, édition de janvier).

Le premier tableau donne une comparaison de dénominations européennes, américaines, japonaises, suédoises et d'autres normes.

Le deuxième tableau reprend les analyses types des aciers inoxydables les plus courants au sein de chaque groupe.

Dans la première partie de cette série, on a traité de la différence entre les principaux groupes. Cette deuxième partie traitera des différences au sein des des trois groupes principaux.

 Ing. Johan Dedeene, conseiller technologique Clusta (expertise dans le domaine des aciers inoxydables pour la construction et l'alimentation)  
Article dans le cadre du projet IWT TAD 50536



Pingouins en acier inoxydable (Sculptor: Mark Dedrie, Fondery: Art Casting Belgium, Photo: Herman Huys)

## ACIERS INOXYDABLES AUSTENITIQUES

Quand on prend comme base le type 1.4301 (304), on voit que les propriétés mécaniques et la résistance à l'oxydation augmentent quand on ajoute du Cr et du Ni comme dans les types 1.4833 (309S) et 1.4845 (310S). On peut ajouter du N afin d'améliorer les propriétés mécaniques (type 1.4315 – 304L) et en plus diminuer le C pour éviter la formation de carbures de chrome dans la ZAT de telle sorte que le chrome reste libre pour former une couche d'oxydes de chrome. On obtient ainsi le type 1.4311 (304LN). Le "L" signifie "Low Carbon". Si on ajoute plus de Ni, la déformabilité à froid est améliorée (type 1.4303 – 305). En ajoutant du C et en diminuant la teneur en Ni, on obtient le type 1.4310 (301) avec de meilleures propriétés mécaniques. Dans le type 301, on peut diminuer la teneur en C et augmenter la teneur en N (la limite d'allongement augmente) pour avoir une meilleure résistance à la corrosion (1.4318 – 301 LN). Pour améliorer la résistance à la corrosion par piqûres, on ajoute du molybdène (type 1.4401 (316)). Ici, on peut diminuer la teneur en C (316L) et augmenter la teneur en Ni (316LN). Dans les

aciers austénitiques, il existe des aciers stabilisés. On y ajoute de faibles quantités de Ti (316Ti), Nb ou Zr en fonction de la teneur en C (pour Ti 5 x m% C jusque 0,70 m%, pour Nb 10 x m% C jusque 1 m%). L'addition de ces éléments entraîne la formation de carbures de Ti, Nb et Zr ce qui diminue la formation de carbures de Cr durant le soudage et assure un affinement des grains. On a ainsi une limite d'allongement plus élevée et une résistance plus élevée à haute température. Le type 1.4539 (904L) a une teneur plus élevée en Cr et Mo ce qui augmente considérablement la résistance à la corrosion. De plus, la teneur en Ni et N dans ces aciers est également plus élevée de telle sorte qu'ils restent austénitiques. L'addition de S entraîne une meilleure usinabilité (les copeaux s'enlèvent plus facilement). Ceci n'améliore pas la résistance à la corrosion. Il existe également des aciers inoxydables austénitiques résistant à la chaleur. On entend par là la capacité d'un métal à former une couche d'oxydes protectrice dans un environnement riche en oxygène à température élevée. Ceux-ci ont un suffixe H dans la classification AISI.

Les aciers inoxydables austénitiques sont:

- très sensibles à la corrosion sous tension
- généralement plus sensibles au Fe et à la rouille.

**LES ACIERS INOXYDABLES AUSTENITIQUES SONT TRÈS SENSIBLES À LA CORROSION SOUS TENSION ET SONT GÉNÉRALEMENT PLUS SENSIBLES AU FE ET À LA ROUILLE**

## ACIERS INOXYDABLES FERRITIQUES

Ces aciers sont ferritiques tant à température élevée qu'à température ambiante et sont également tous magnétiques. Dans les aciers inoxydables ferritiques, on peut faire la distinction entre les aciers ferritiques à 12% Cr et les aciers ferritiques à 18% Cr. Dans les deux groupes, on peut diminuer la teneur en C et augmenter la teneur en Ni et Ti afin d'améliorer la soudabilité et les propriétés mécaniques. On peut également ajouter quelques m% Mo afin d'améliorer la résistance à la corrosion.

## ACIERS INOXYDABLES MARTENSITIQUES

Ces aciers contiennent 12 – 18% Cr, peu ou pas de nickel et ont une teneur en C inférieure à 0,15 m% jusque 0,06 m%. Le pourcentage croissant de C

assure l'augmentation de la dureté. En fait, ces aciers conservent une structure austénitique à température ambiante. Ceci donne une structure dure qui les rend appropriés pour des applications telles que les couteaux..

## ACIERS INOXYDABLES AUSTENITO-FERRITIQUES (DUPLEX)

Ces aciers duplex (deux phases) ont une microstructure contenant environ 50 % d'austénite et 50 % de ferrite. Les aciers ayant une structure à deux phases sont plus résistants que ceux à une phase. Leur limite d'allongement est donc également plus élevée que celle des aciers austénitiques purs. □

## BIBLIOGRAPHIE

- roestvast staalgids (tableaux comparatifs des normes)
- Euro-Inox: "stainless steel tables of technical properties" (composition chimique des différents aciers inoxydables)
- Clusta themanmiddag 1998: "roestvast staal en Chloriden"
- www.dedriemark.be

TABLEAU 2: ANALYSES DIRECTIVES DE L'ACIER INOXYDABLE

N° substance active	AISI-N°	m%C	m%Si	m%Mn	m%Pmax	m%S	m%N	m%Cr	m%Mo	m%Ni	Autre
<b>Types austénitiques</b>											
1.4310	301	0,05 - 0,15	<2,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	16,00 - 19,00	<0,80	6,00 - 9,50	
	301L	<0,030	<1,00	<2,00	0,045	<0,030	<0,20	16,00 - 18,00		6,00 - 8,00	
1.4305	303	<0,10	<1,00	<2,00	0,045	0,15 - 0,35	<0,11	17,00 - 19,00		8,00 - 10,00	Cu<1,00
1.4301	304	<0,07	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	17,00 - 19,50		8,00 - 10,50	
1.4311	304LN	<0,030	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	0,12 - 0,22	17,00 - 19,50		8,50 - 11,50	
1.4307	304L	<0,030	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	17,50 - 19,50		8,00 - 10,00	
1.4306	304L	<0,030	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	18,00 - 20,00		10,00 - 12,00	
1.4833	309S	<0,15	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	22,00 - 24,00		12,00 - 14,00	
1.4845	310S	<0,10	<1,50	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	24,00 - 26,00		19,00 - 22,00	
1.4401	316	<0,07	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	16,50 - 18,50	2,00 - 2,50	10,00 - 13,00	
1.4436	316	<0,05	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	16,50 - 18,50	2,50 - 3,00	10,50 - 13,00	
1.4404	316L	<0,030	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	16,50 - 18,50	2,00 - 2,50	10,00 - 13,00	
1.4435	316L	<0,030	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	17,00 - 19,00	2,50 - 3,00	12,50 - 15,00	
1.4432	316L	<0,030	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	16,50 - 18,50	2,50 - 3,00	10,50 - 13,00	
1.4406	316LN	<0,030	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	0,12 - 0,22	16,50 - 18,50	2,00 - 2,50	10,00 - 12,00	
1.4571	316Ti	<0,08	<1,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,15	16,50 - 18,50	2,00 - 2,50	10,50 - 13,50	Ti:5 x C avec max. 0,70
1.4539	904L	<0,020	<0,70	<2,00	0,03	<0,010	<0,15	19,00 - 21,00	4,00 - 5,00	24,00 - 26,00	Cu: 1,20 - 2,00
1.4864	330	<0,015	1,00 - 2,00	<2,00	0,045	<0,015	<0,11	15,00 - 17,00		33,00 - 37,00	
<b>Types ferritiques</b>											
1.4002	405	<0,08	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		12,00 - 14,00			Al: 0,10 - 0,30
1.4512	409	<0,030	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		10,50 - 12,50			Ti:6x(m%C + m%N) avec max. 0,65
1.4000	410S	<0,08	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		12,00 - 14,00			
1.4016	430	<0,08	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		16,00 - 18,00			
1.4113	434	<0,08	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		16,00 - 18,00	0,90 - 1,40		
1.4510	439	<0,05	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		16,00 - 18,00			Ti:4x(m%C + m%N)+ 0,15 avec max. 0,80
1.4521	444	<0,025	<1,00	<1,00	0,04	<0,015	<0,030	17,00 - 20,00	1,80 - 2,50		Ti:4x(m%C + m%N)+ 0,15 avec max. 0,80
1.4526	436	<0,08	<1,00	<1,00	0,04	<0,015	<0,040	16,00 - 18,00	0,80 - 1,40		Nb:7x(m%C + m%N)+ 0,10 avec max. 1,00
1.4749	446	<0,15 - 2,00	<1,00	<1,00	0,04	<0,015	0,15 - 0,25	26,00 - 29,00			
<b>Types martensitiques</b>											
1.4006	410	0,08 - 0,15	<1,00	<1,50	0,04	<0,015		11,50 - 13,50		<0,75	
1.4021	420	0,16 - 0,25	<1,00	<1,50	0,04	<0,015		12,00 - 14,00			
1.4028	420	0,26 - 0,35	<1,00	<1,50	0,04	<0,015		12,00 - 14,00			
1.4031	420	0,36 - 0,42	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		12,50 - 14,50			
1.4034	420	0,43 - 0,50	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		12,50 - 14,50			
1.4116		0,45 - 0,55	<1,00	<1,00	0,04	<0,015		14,00 - 15,00	0,50 - 0,80		V: 0,10 - 0,20
1.4122		0,33 - 0,45	<1,00	<1,50	0,04	<0,015		15,50 - 17,50	0,80 - 1,30	<1,00	
1.4313		<0,05	<0,70	<1,50	0,04	<0,015	>0,02	12,00 - 14,00	0,30 - 0,70	3,50 - 4,50	
1.4418		<0,06	<0,70	<1,50	0,04	<0,015	>0,02	15,00 - 17,00	0,80 - 1,50	4,00 - 6,00	
<b>Types à durcissement par précipitation</b>											
1.4542	630	<0,07	<0,70	<1,50	0,04	<0,015		15,00 - 17,00	<0,60	3,00 - 5,00	Cu: 3,00 - 5,00; Nb: 5xC max. 0,45
1.4568	631	<0,09	<0,70	<1,00	0,04	<0,015		16,00 - 18,00		6,50 - 7,80	Al: 0,70 - 1,50
<b>Duplex</b>											
1.4462		<0,030	<1,00	<2,00	0,035	<0,015	0,10 - 0,22	21,00 - 23,00	2,50 - 3,50	4,50 - 6,50	
1.4362		<0,030	<1,00	<2,00	0,035	<0,015	0,05 - 0,20	22,00 - 24,00	0,10 - 0,60	3,50 - 5,50	Cu: 0,10 - 0,60
1.4410		<0,030	<1,00	<2,00	0,035	<0,015	0,20 - 0,35	24,00 - 26,00	3,00 - 4,50	6,00 - 8,00	
1.4507		<0,030	<0,70	<2,00	0,035	<0,015	0,15 - 0,30	24,00 - 26,00	2,70 - 4,00	5,50 - 7,50	Cu: 1,00 - 2,50
1.4501		<0,030	<1,00	<1,00	0,035	<0,015	0,20 - 0,30	24,00 - 26,00	3,00 - 4,00	6,00 - 8,00	Cu: 0,50 - 1,00; W: 0,50 - 1,00

TABLEAU 1: TABLEAU COMPARATIF INDICATION DES NORMES

N° substance active	DIN	AFNOR	S.S.	UNI	JIS	SS	UNE	AISI
Allemagne		France	Grande-Bretagne	Italie	Japon	Suède	Espagne	USA
1.4000	x 6 Cr13	Z6 C13	403 S 17	x 6 Cr 13	SUS 403	2301	F3110-x 6 Cr 13	403
1.4001	x 7 Cr14	Z3 C14	403 S 17	x 6 Cr 14	SUS 410 S	2301	F8401-AM-X 12 Cr 13	410S
1.4006	(G-)x 10 Cr13	Z12 C13	410 S 21	x 12 Cr 13	SUS 410 S	2302	F3401-X 12 Cr 13	410
1.4016	x 6 Cr17	Z8 C17	430 S 15	x 8 Cr 17	SUS 430	2320	F3113-X 8 Cr17	430
1.4104	x 12 CrMoS 17	Z10 CF 17		x 10 CrS17	SUS 430 F	2383	F3117-X 110 CrS17	430F
1.4112	x 90 CrMoV 18				SUS 440 B			440B
1.4113	x 6 CrMo 17	Z8 CD 17,01	434 S 17	x 8 CrMo17	SUS 434	2325		434
1.4125	x 105 CrMo 17	Z 100 CD 17			SUS 440C			440C
1.4301	x 5 CrNi 18 10	Z 6 CN 18,09	304 S 15	x 5 CrNi 18 10	SUS 304	2332	F3551-X 5 CrNi 18 11	304
1.4305	x 10 CrNiS 18 9	Z 10 SNF 18,09	303 S 21	x 10 CrNiS 18 9	SUS 303	2346	F3508-X 10 CrNiS 18 09	303
1.4306	x 2 CrNi 19 11	Z 2 CN 18,10	304 S 12	x 2 CrNi 18 11	SCS 19	2352	F3503-X 10 CrNi 19 10	304 L
1.4319	x 5 CrNi 18 7	Z 10 CN 18 09	302 S 17	x 5 CrNi 18 9		2331		302
1.4401	x 5 CrNiMo 17 22 2	Z 6 CND 17,11	316 S 16	x 5 CrNiMo 17 12	SUS 316	2347	F3543-X 5 CrNiMo 17-12	316
1.4404	x 2 CrNiMo 17 13 2	Z 2 CND 18,13	316 S 11	x 2 CrNiMo 17 12	SUS 316 L	2348	F3533-X 2 CrNiMo 17-12-03	316 L
1.4435	x 2 CrNiMo 18 14 3	Z 2 CND 17,13	316 S 11	x 2 CrNiMo 17 13	SCS 16	2353	F3534-X 6 CrNiMo 17-12-03	316 L
1.4406	x 2 CrNiMoN 17 12 2	Z 2 CND 17,12 AZ	316 S 61	x 2 CrNiMoN 17 12	SUS 316 LN			316 LN
1.4449	x 5 CrNiMo 17 13		317 S 16	(x 5 CrNiMo 18 15)	SUS 317			317
1.4571	x 6 CrNiMoTi 17 12 2	Z 6 CNDT 17,12	320 S 31	x 6 CrNiMoTi 17 12		2350	F3535-X CrNiMoTi 17-12-03	316 Ti
1.4573	x 10 CrNiMoTi 18 12		320 S 33	x 6 CrNiMoTi 17 13				316 Ti

## LE DIPLOME 'SOUDEUR' IIW/EWF GARANTIT SA COMPETENCE

### DISPONIBILITE OPTIMALE GRACE AUX FORMATIONS HARMONISEES

Dans cet article nous traiterons de l'historique et de l'importance de la création de formations harmonisées pour le soudeur. Nous énumérons également tous les centres de formation qui ont déjà franchi le pas pour être reconnus comme ATB (Approved Training Body) pour la formation des soudeurs.

 Ir Robert Vennekens, IWE, CEWE, Fweldj; Guidance technologique Soudage; Centre de recherche de l'IBS

### HISTORIQUE

Les formations de soudeur sont très différentes d'un pays européen à l'autre et pourtant chacune débouche sur un diplôme ayant la mention "SOUDEUR".

Toutes ces différences ont poussé à définir des exigences sur l'aptitude manuelle du soudeur quand les soudures doivent être contrôlées. Ceci a donné naissance à l'EN 287 "Epreuve de qualification des soudeurs - Soudage par fusion".

### Difficultés

Quand on veut apprendre à souder, il faut faire des choix divers.

Il faut d'abord choisir le procédé de soudage (soudage à l'arc avec électrodes enrobées, soudage MIG/MAG, soudage TIG) et ensuite le matériau (acier, acier inoxydable, aluminium, ...), le type de produit (tôle ou tube) et la forme du joint (angle, bout à bout).

Quand on a choisi une combinaison, il faut encore déterminer l'épaisseur du matériau et éventuellement le diamètre du tube ainsi que la position de soudage (PA, PB, ...).

Ceci donne une masse d'éprouvettes différentes possibles que le soudeur peut (apprendre à) souder. On qualifie naturellement les éprouvettes les plus difficiles pour les plus simples. Les domaines de validité sont définis dans l'EN 287.

Un facteur complémentaire mais non négligeable dans la formation professionnelle est qu'un "diplôme terminal" du niveau le plus élevé n'est pas toujours accessible pour certains candidats. Un système modulaire où le candidat peut passer par différents niveaux devrait permettre au soudeur d'apprendre continuellement. Quand il en a besoin, le soudeur

peut suivre d'autres formations qui complètent les diplômes obtenus auparavant.

De plus, l'industrie n'a pas toujours besoin des qualifications les plus élevées. Plus de 80 % des travaux de soudage concernent les joints d'angle.

Pourquoi faudrait-il que tous les soudeurs soient des soudeurs de tôles ou de tubes?

Pour un jeune soudeur, l'idéal est qu'il commence comme soudeur d'angles et acquiert ainsi de l'expérience pour ensuite passer à la phase du soudage de tôles et enfin au soudage de tubes.

### Les débuts en 1994

On peut déjà en conclure que l'établissement d'un programme de formation "soudeur" tenant compte de tous ces facteurs est une tâche très complexe.

Néanmoins, en 1994, il a été décidé, au sein de l'EWF (European Welding Federation), de s'atteler à cette énorme tâche. L'EWF avait alors déjà harmonisé les formations en soudage plus élevées (European Welding Engineer - European Welding Technologist - European Welding Specialist - European Welding Practitioner).

### Structure modulaire nécessaire

Suite aux premières discussions entre spécialistes de divers instituts européens de soudage, il est apparu rapidement qu'une structure modulaire était nécessaire.

Il a ensuite été décidé que le type de joints (angle, tôle et tube) constituerait la base du système modulaire.

Des directives de formation pour chaque procédé de soudage et matériau ont ainsi pu être établies. Les épaisseurs du matériau en combinaison ou non avec le diamètre du tube, et les positions