

## ACIERS INOXYDABLES 1996

Ce sont des aciers alliés présentant une résistance élevée à la corrosion à chaud ou à froid dans de nombreux milieux. Cette résistance chimique est due à la présence de chrome (à des teneurs supérieures à 11,5 %), qui protège, par passivation (formation d'oxyde  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  à l'interface alliage-film passif), la surface de l'alliage. La résistance à la corrosion atmosphérique est multipliée par cent par rapport aux aciers courants.

### DIFFERENTS TYPES D'ACIERS INOXYDABLES :

**Aciers au chrome** : contenant de 12 à 27 % de Cr. Ils possèdent une structure :

- Martensitique : avec de 12 à 18 % de Cr. Cette structure correspond à une sursaturation en carbone dans le Fer alpha obtenue par trempe à partir de l'austénite (Fe gamma). Ils allient une bonne résistance à la corrosion avec des caractéristiques mécaniques élevées. Ils sont utilisés pour les instruments chirurgicaux, en coutellerie.
- Ferritique (Fe alpha) : avec une teneur élevée en Cr ou la présence d'éléments alphagènes (Zr, Ti, Nb), qui ne permettent pas la transformation, à chaud, en austénite et donc ne donnent pas de trempe martensitique. Les plus utilisés, en architecture, dans les ustensiles de cuisine, contiennent 17 % de Cr. Ils sont plus économiques que les aciers Cr-Ni de type 18-10 car le nickel compte pour près de 40 % dans le coût de production des aciers inoxydables.

**Aciers au Chrome-Nickel** : la nuance de base contient 18 % de Cr et 10 % de Ni (nuance 18-10). Ils renferment peu de carbone : de 0,02 à 0,15 %. Les éléments le plus souvent ajoutés sont : Mo et Mn. Ils possèdent une structure :

- Austénitique : la structure Fe gamma est conservée à la température ambiante. Ils ne prennent pas la trempe et sont amagnétiques. Ils allient une grande résistance à la corrosion avec une bonne aptitude à la déformation facilitant la mise en forme. Ce sont les aciers inoxydables les plus utilisés, dans les industries chimiques, alimentaires, les couverts de table...

Ils représentent 76 % de la production d'aciers inoxydables du monde occidental.

- Les aciers austéno-ferritiques sont biphasés, 50 % alpha, 50 % gamma pour la nuance la plus répandue. Ils contiennent de 22 à 25 % de Cr et de 4 à 7 % de Ni. Ils sont surtout utilisés pour élaborer des aciers moulés.

### Rôle des ajouts :

- Ni : pour des teneurs allant jusqu'à 9 %, augmente le domaine de stabilité de la phase austénitique (c'est un élément gammagène) et améliore la résistance à la corrosion acide.
- Mo : de 1 à 3 %, renforce l'action de Cr.
- C : forme, aux joints de grains, des carbures de chrome ( $\text{Cr}_23\text{C}_6$ ), ce qui entraîne une déchromisation dans les zones proches des joints de grains et ainsi facilite la corrosion intergranulaire. On utilise soit de très basses teneurs en carbone ( $< 0,03$  %), soit des ajouts de Ti et/ou Nb qui piègent le carbone.

**FABRICATION INDUSTRIELLE** : la difficulté réside dans la nécessité d'atteindre une décarburation importante tout en évitant des pertes élevées de chrome par oxydation. Les équilibres d'oxydation de Cr et C sont déplacés dans le sens d'une oxydation préférentielle de C, en faisant le vide (procédé V.O.D), ou plus couramment, en diluant CO formé par un gaz neutre (argon ou diazote dans le procédé A.O.D. : Argon-Oxygène-Décarburation).

**Procédé A.O.D.** : utilisé par 75 % des unités de production européennes.

Un mélange de ferrailles, chutes d'acier inoxydable recyclées, ferrochrome, ferronickel et divers éléments d'alliage est fondu vers 1700°C dans un four à arc électrique (ou à induction), la teneur en C est de 1,5 à 2,5 %, puis coulé dans un convertisseur dans lequel est injecté du dioxygène dilué par de l'argon.

Le rapport initial oxygène-argon est de 3 parts de dioxygène pour 1 part d'argon. Au cours de la décarburation, la proportion d'oxygène diminue fortement. La réaction de décarburation étant fortement exothermique, l'ajout de ferrailles froides permet de maintenir la température vers 1700°C. Après la décarburation, l'ajout de ferrosilicium, permet de réduire l'oxyde de chrome formé. Les fours utilisés ont des capacités qui peuvent atteindre 140 t. La fusion dure environ 1 h 30 et la décarburation : de 1 h à 1 h 30.

**NORMES AFNOR** : dans l'ordre :

Lettre : Z indique que l'acier est allié avec au moins 1 élément d'addition dépassant la teneur de 5 % en masse.

Nombre : indique la valeur multipliée par cent de la concentration en carbone exprimée en % en masse.

Lettres : précisent les éléments d'addition majoritaires avec : C : Cr, N : Ni, D : Mo, U : Cu, A : Al, T : Ti, F : S, Nb : Nb, M : Mn, S : Si, W : W, K : Co.

Nombres : donnent les concentrations des éléments d'alliages exprimées en % en masse s'ils sont supérieurs à 5 %.

Exemples avec ( ) la norme américaine AISI :

- Z 2 CN 18-10 (304L) : C : 0,02 %, Cr : 17 à 19 %, Ni : 9 à 11 %, utilisés en chaudronnerie nucléaire.

- Z 2 CND 17-12 (316L) : C : 0,02 %, Cr : 16-18 %, Ni : 11-13 %, Mo : 2 %, utilisés dans les industries chimiques, pétrolières, agro-alimentaires, pour les cuves de vins.

- Z 8 C 17 (430) : C : 0,08 %, Cr : 16-18 %, utilisés pour les articles de ménage, l'électroménager, les éviers.

- Z 6 CT 12 (409) : C : 0,06 %, Cr : 11-13 %, Ti, utilisé dans les échappements automobiles.

**PRODUCTIONS** : en 1994, en milliers de t. Monde : 14 236, Union européenne : 4 911.

Japon	3 438	Italie	854
États-Unis	1 823	Corée du Sud	676
Allemagne	1 418	Espagne	663
France	922	Suède	602

En 1996, la production du monde occidental est de 14,7 millions de t.

En 1994, sur une production du monde occidental de 13,1 millions de t dont 9,98 millions de t d'acier austénitique, la quantité estimée de Ni contenu est de 905 000 t de Ni provenant à 55 % de Ni vierge.

**Producteurs** : européens, en 1996, en milliers de t d'aciers inoxydables plats, sur un total de 3 millions de t.

Krupp-Thyssen-Narista (Allemagne, Italie)	1 100	Avesta Sheffield (Suède, RU)	370
Ugine (France)	760	Outokumpu (Finlande)	280

Acerinox (Espagne)	420	ALZ (Belgique)	250
--------------------	-----	----------------	-----

En 1992, fusion, dans Avesta Sheffield, des activités inox d'Avesta et de British Steel.

**SITUATION FRANÇAISE :** en 1996.

**Usinor** : est le principal producteur français d'aciers inoxydables. Sa branche aciers inoxydables et produits plats spéciaux a réalisé un chiffre d'affaires de 14 444 millions de F pour un effectif de 12 854 personnes. Production de l'ordre de 1 million de t/an par les filiales suivantes :

- Ugine SA : production de tôles inoxydables et en aciers spéciaux, contrôle J & L acquis en 1990, 3ème producteur américain de produits plats inoxydables (300 000 t/an, 1 375 personnes), usines : Gueugnon (71), Firminy (42), Isbergues (62), L'Ardoise (30), Pont-de-Roide (25), St-Chely d'Apcher (48). En 1993, démarrage d'une usine de laminage à froid à Rayong (Thaïlande), 60 000 t/an de capacité.
- Ugine Savoie : production de produits longs en acier inoxydable, usine à Ugine (73).
- Imphy : production de fils inoxydables, de pièces forgées et d'alliages Fe-Ni, usines à Imphy et La Machine (58), Bourg-en-Bresse (01), Brionne (27), Montargis (45), Lizy-sur-Ourcq (77), Hemer et Reichshof (Allemagne).
- Creusot Loire Industrie : production de tôles hyper lourdes (cuves de centrales nucléaires), usines au Creusot (71), Châteauneuf et St Chamond (42).

Autre producteur : Aciéries Aubert et Duval, usine : Les Ancizes.

**UTILISATIONS :**

**Consommation** : en 1994. Monde occidental : 10 millions de t. Répartition :

Europe	33 %	Etats-Unis	19 %
Asie (hors Japon)	23 %	Japon	18 %

**Secteurs d'utilisation** : en 1990, dans le monde occidental.

Chimie, alimentation, boisson	36 %	Transport, construction, décoration	10 %
Equip. ménager, collectivités	35 %	Automobile	4 %
Énergie, environnement	15 %		

**Utilisations diverses :**

C'est la présence, à la surface de l'acier, d'une très mince couche passive d'oxyde de chrome (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), de 2 à 5 nm d'épaisseur, qui assure la protection de l'acier inoxydable contre la corrosion.

- Chimie : l'utilisation des aciers inoxydables a débuté en 1920, dans l'industrie de l'acide nitrique.
  - Produits ménagers : tambours de lave-linge, éviers, couverts, plats... Nisshin Steel a mis au point un acier inoxydable bactéricide (avec 1,5 % de Cu) destiné à être utilisé dans les tambours de lave-linge.
  - Pièces de monnaie : utilisation d'environ 180 000 t/an, pour plus de 10 % de la production mondiale de pièces (Brésil...).
  - Casseroles : l'inox représente 21 % du marché français des casseroles, l'acier émaillé, 55 %.
- Producteur n°1 européen : Sitram, 70 % du marché français, exporte 40 % de sa production, 360

personnes dans l'usine de St-Benoît-du-Sault (36).

- Bâtiment : en France, 3 millions de m<sup>2</sup> de toits sont recouverts d'inox. Exemples parisiens : le Palais de Justice et la gare du Nord. Utilisation en architecture : façade de l'Opéra Bastille. En France, le bâtiment représente 10 % de la consommation d'aciers inoxydables.

- Transports : trains de banlieue parisiens, métro de New-York, pots d'échappements.

- Agro-alimentaire : industries du chocolat, des produits laitiers, cuves et fûts des brasseries, cuves viticoles (17 % du vin français est stocké dans de l'acier inoxydable). Pour être reconnu de qualité alimentaire, un acier inoxydable doit contenir plus de 13 % de Cr. En vinification, l'acier AISI 304 est plutôt employé pour les vins rouges, l'acier AISI 316L pour les vins blancs (contenant du SO<sub>2</sub>).

- Fûts à bière : 70 % des fûts sont en acier inoxydable, 20 % en aluminium, 10 % en bois. En Europe de l'Ouest, le marché est de 3,7 millions d'unités/an (400 000 aux Etats-Unis) dont 250 000 en France. La consommation mondiale d'acier inoxydable dans ce secteur est de 30 000 t/an.

- Nucléaire : la cuve principale du réacteur Super Phénix est en acier inoxydable austénitique (316L) : épaisseur, 2,5 cm ; masse, 350 t ; hauteur, 19,5 m ; diamètre, 21,5 m. L'industrie nucléaire utilise également l'acier inoxydable pour stocker des déchets à haute et moyenne activité. La consommation d'acier inoxydable dans ce secteur est, en France, de 7 500 t/an.