

ACIERS INOXYDABLES 2011

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 10,5 %), qui protège par passivation grâce à la formation d'oxyde Cr_2O_3 à 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 l'une ou l'autre des structures suivantes :

- Martensitique : avec 12 à 18 % de Cr. Cette structure correspond à une sursaturation en carbone dans la structure fer α obtenue par trempe à partir de l'austénite (fer γ). Ils allient une bonne résistance à la corrosion à des caractéristiques mécaniques élevées. Ils sont utilisés pour les instruments chirurgicaux, en coutellerie, etc...

- Ferritique (de structure fer α) : avec une teneur élevée en chrome ou la présence d'éléments alphas (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 plus de 40 % dans le coût de production des aciers inoxydables. Les aciers Cr-Ni contiennent aussi du molybdène dont les cours sont élevés.

Ils représentent 28,0 % de la production d'aciers inoxydables, en 2011.

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 fer γ est conservée à la température ambiante. Ils ne prennent pas la trempe et sont amagnétiques. Ils allient une grande résistance à la corrosion à 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 de qualité (car les couverts courants, dans les collectivités par exemple, sont en acier inoxydable ferritique).

Ils représentent 56,4 % de la production d'aciers inoxydables en 2011.

Aciers au Chrome-Manganèse : pour faire face au coût élevé du nickel, dans des pays asiatiques tels que l'Inde et la Chine, des nuances d'acier ont été développées en remplaçant, en partie, le nickel par le manganèse, avec présence d'azote et parfois de cuivre. Les teneurs en chrome sont comprises entre 15 et 19 %, en manganèse de 4 à 16 %, en nickel de 1 à 7 %, en cuivre de 0 à 4 %, en N jusqu'à 0,5 %.

Ils représentent 13,8 % de la production d'aciers inoxydables, en 2011.

Les aciers austéno-ferritiques (appelés Duplex) sont biphasés, 50 % α , 50 % γ 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 et du carbone :

- Ni : pour des teneurs allant jusqu'à 9 %, il augmente le domaine de stabilité de la phase austénitique (c'est un élément gammagène) et améliore la résistance à la corrosion **en milieu acide**.
- Mo : de 1 à 3 %, il renforce l'action de Cr.
- C : forme, aux joints de grains, des carbures de chrome ($Cr_{23}C_6$), 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 : [Vacuum Oxygen Decarburization](#)), ou plus couramment, en diluant le CO formé par un gaz neutre ([argon](#) ou [diazote](#) dans le procédé A.O.D. : Argon-Oxygène-Décarburation).

Procédé A.O.D. : utilisé par 70 % des capacités mondiales de production.

Un mélange de [ferrailles](#), de chutes d'acier inoxydable recyclées, de [ferrochrome](#), de [ferronickel](#) et de divers éléments d'alliage est fondu vers 1700°C dans un four à arc électrique (**plus rarement** à induction), la teneur en carbone est alors 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 160 t. La fusion dure environ 1 h 30 et la décarburation de 1 h à 1 h 30.

L'association **entre** convertisseur et affinage V.O.D. (Vacuum Oxygen Decarburization) qui permet d'atteindre de très faibles taux de carbone représente 18 % des capacités mondiales de production alors que le procédé V.O.D. employé seul en représente 7 %.

Recyclage : on estime que 60 % de la production provient d'acier recyclé (25 % d'aciers en fin de vie, **soit un cycle long après usage**, 35 % de chutes **neuves** de production, **cycle très court correspondant à une refonte des chutes d'usines**).

NORMES AFNOR : dans l'ordre :

Lettre : X 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, par leur symbole chimique, les éléments d'addition majoritaires, rangés en teneur décroissante.

Nombres séparés par des traits d'union : donnent les concentrations des éléments d'alliages, classés dans l'ordre des symboles préalablement décrits, exprimées en % en masse s'ils sont supérieurs à 5 %.

Exemples avec, entre parenthèse, la norme américaine AISI ([American Iron & Steel Institute](#)) :

- X 2 CrNi 18-10 (304L) : C : 0,02 %, Cr : 17 à 19 %, Ni : 9 à 11 %, utilisés en chaudronnerie nucléaire et [autres usages civils](#)

- X 2 CrNiMo 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, etc...

- X 8 Cr 17 (430) : C : 0,08 %, Cr : 16-18 % ([acier inoxydable ferritique](#)) utilisés pour les articles de ménage, l'électroménager, les éviers, etc...

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

- X 9 CrMnNiCu 17-8-5-2 (série 200) : acier au chrome-manganèse surtout fabriqué en Asie.

PRODUCTIONS : en 2011, en milliers de t. Monde : 33 991, Union européenne : 7 528.

| | | | |
|--------------|--------|-----------|-------|
| Chine | 14 352 | Italie | 1 602 |
| Japon | 3 256 | Allemagne | 1 463 |
| Corée du Sud | 2 157 | Belgique | 1 241 |
| Inde | 2 163 | Taiwan | 1 203 |
| États-Unis | 2 074 | Finlande | 1 003 |

Source : ISSF

A la fin du XX^{ème} siècle, la Chine ne produisait pratiquement pas d'aciers inoxydables.

La production d'aciers inoxydables représente environ 2 % de la production mondiale d'aciers.

Principaux pays exportateurs, en 2010, en milliers de t : sur un total échangé de 14 372.

| | | | |
|--------------|-------|-----------|-------|
| Belgique | 1 500 | Japon | 1 081 |
| Taiwan | 1 234 | Allemagne | 961 |
| Chine | 1 230 | Finlande | 813 |
| Corée du Sud | 1 196 | France | 626 |
| Italie | 1 113 | Espagne | 612 |

Source : ISSF, Lisbon, 28-09-2011

Producteurs : productions brutes, en 2010, en millions de t.

| | | | |
|----------------------|------|--------------------|-----|
| Posco (Corée du Sud) | 2,4 | Acerinox (Espagne) | 1,7 |
| Tisco (Chine) | 2,35 | Aperam | 1,4 |

| | | | |
|--|-----|--------------------------------------|-----|
| | | (Luxembourg) | |
| Yusco (Taiwan) | 2,3 | Outokumpu (Finlande) | 1,2 |
| ThyssenKrupp (Allemagne) | 2,1 | Jisco (Chine) | 0,8 |

Source : ISSF, BIR World Annual Conference, Rome, mai 2012

En décembre 2012, prise de contrôle par Outokumpu de Inoxum, branche aciers inoxydables du groupe ThyssenKrupp. [Outokumpu](#) devient n°1 mondial avec des unités de production à Tornio, en Finlande (1,6 million de t/an de capacité de production), à Bochum (800 000 t/an) et Krefeld (600 000 t/an) en Allemagne, en Suède, au Royaume Uni, à Calvert (900 000 t/an à compter de fin 2012), aux Etats-Unis. Les unités de fusion d'Allemagne doivent fermer, en 2013 pour Krefeld et 2015 pour Bochum et ramener ainsi la capacité de production de 4,9 millions de t/an à 3,5 millions de t/an.

[Acerinox](#) possède des unités de fabrication à Palmones, en Espagne, Carroll County dans le Kentucky, aux Etats-Unis, à Middelburg, en Afrique du Sud et construit une usine d'une capacité de 1 million de t/an à Johor Bahru, en Malaisie.

[Aperam](#), filiale d'ArcelorMittal, produit de l'acier inoxydable en Belgique, avec une capacité de production de 1,1 million de t/an, à Genk et au Châtelet et au Brésil, avec une capacité de production de 900 000 t/an, à Timoteo dans l'état de Minas Gerais.

L'usine de production de [Yusco](#) est située à Kaohsiung County, à Taiwan.

SITUATION FRANÇAISE :

La production d'aciers inoxydables a été, en 2011, de 299 587 t.

Usinor, fondé en 1948, a fusionné en 2002 avec l'espagnol Aceralia et le luxembourgeois Arbed pour donner Arcelor, puis en 2006, a été absorbé par le groupe néerlandais Mittal pour donner [ArcelorMittal](#). La branche aciers inoxydables d'ArcelorMittal est devenue, fin 2010, Aperam. En France, l'activité du groupe se limite à la transformation de l'acier inoxydable brut en tôles laminées à Gueugnon (71) et Isbergues (62).

- [Industeel](#) (ex Creusot Loire Industrie), filiale d'[ArcelorMittal](#), produit des tôles hyper lourdes (cuves de [centrales nucléaires](#)) et des aciers inoxydables dans les usines du Creusot (71), de Châteauneuf (42) et de St Chamond (42).

- [Ugitech](#), filiale du groupe allemand [Schmolz und Bickenbach](#) produit de l'acier inoxydable brut à Ugine (73) et le transforme en produits long (barres et fils) à Ugine (73), Imphy (58), Brionne (27) et Bourg en Bresse (01).

- [Aubert & Duval](#) (filiale du groupe [Eramet](#)) exploite des usines à Gennevilliers (92), Les Ancizes (63), Issoire (63), Imphy (58), Firminy (42) et Pamiers (09).

UTILISATIONS :

Consommation : en 2011, la consommation mondiale a été de 30,4 millions de t dont 12,6 millions de t en Chine.

La consommation mondiale était de 2,3 millions de t, en 1960.

Secteurs d'utilisation : en 2011, dans le monde.

| | |
|---|------|
| Industries alimentaires et ustensiles domestiques | 38 % |
| Equipements industriels | 19 % |
| Bâtiment et construction | 17 % |
| Transport | 12 % |
| Chimie, pétrole, énergie | 11 % |
| Divers | 3 % |

Source: rapport d'activité de Outokumpu

Utilisations diverses :

C'est la présence, à la surface de l'acier, d'une très mince couche passive d'oxyde de chrome (Cr_2O_3), 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, etc. 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, (Brésil...).
- Casseroles : l'inox représente 21 % du marché français des casseroles, l'acier émaillé, 55 %. Producteur n°1 européen : Sitram, qui couvre 70 % du marché français, exporte 40 % de sa production réalisée dans l'usine de St-Benoît-du-Sault (36). Possède également une usine à Shanghai (Chine).
- Bâtiment : en France, 3 millions de m^2 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 (CrNi 18-10) est plutôt employé pour les vins rouges, l'acier AISI 316L (CrNiMo 17-12) pour les vins blancs (contenant du SO₂).
- 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 unités/an aux Etats-Unis) dont 250 000 en France. La consommation mondiale d'acier inoxydable dans ce secteur est de 30 000 t/an.