



Familles

L'inox est un acier, c'est-à-dire un alliage résultant de la fusion, à très haute température (plus de 1500°C), de différents constituants, principalement le fer, le carbone et le chrome.

Selon la définition de la norme EN 10088, pour être **inoxydable un acier doit contenir au maximum 1,2% de carbone et au moins 10,5% de chrome.**

La composition des inox peut être enrichie par l'addition d'autres éléments, selon les propriétés requises et/ou l'utilisation recherchée. Les éléments les plus couramment utilisés sont :

- Nickel
- Molybdène
- Titane
- Niobium
- Zirconium
- Azote
- Cuivre

Ainsi, sur le marché, il n'existe non pas un inox mais une multitude d'inox avec des analyses chimiques différentes qui se répartissent en groupes appelés familles et en sous groupes appelés nuances. Les teneurs en chrome et en nickel peuvent être très élevées, l'élément restant (balance) est toujours le fer.

• A partir de leur structure, et en fonction des teneurs en éléments d'alliages, les inox sont classés en quatre familles. Chacune est caractérisée par une structure cristalline qui lui est propre.



LES FAMILLES D'INOX

INOX FERRITIQUES

FAMILLES	carbone	chrome	nickel	molybdène
ferritique	0,025 % à 0,08%	10,5 à 30%		0 à 4,5%
martensitique	1,2 maxi	11,5% à 19%		
austénitique	Jusqu'à 0,15%	16,5% à 28%	3,5% à 32%	0 à 7%
austéno-ferritique	0,03% maxi	21 à 28%	3,5 à 8%	0,1 à 4,5%

FAMILLES	Rm (MPa)	Re (MPa)	A (%)	HRc
ferritique	380 à 700	180 à 500	12 à 25	
martensitique	600 à 1100	400 à 800	9 à 20	Jusqu'à 40 - 60
austénitique	470 à 950	190 à 380	35 à 45	
austéno-ferritique	> 600	> 400	15 à 40%	

Les ferritiques ne sont pas durcissables par traitement thermique mais peuvent l'être par écrouissage

EX. →

1.4016 - X6Cr17, 1.4113 - X6CrMo17-1, 1.4510 - X3CrTi17



Familles suite

INOX AUSTÉNITIQUES

FAMILLES	carbone	chrome	nickel	molybdène
ferritique	0,025 % à 0,08%	10,5 à 30%		0 à 4,5%
martensitique	1,2 maxi	11,5% à 19%		
austénitique	Jusqu'à 0,15%	16,5% à 28%	3,5% à 32%	0 à 7%
austéno-ferritique	0,03% maxi	21 à 28%	3,5 à 8%	0,1 à 4,5%

FAMILLES	Rm (MPa)	Re (MPa)	A (%)	HRc
ferritique	380 à 700	180 à 500	12 à 25	
martensitique*	600 à 1100	400 à 800	9 à 20	Jusqu'à 40 - 60
austénitique	470 à 950	190 à 380	35 à 45	
austéno-ferritique	> 600	> 400	15 à 40%	

Les austénitiques constituent une famille d'alliages dont les propriétés de formage sont remarquables.

EX. →

1.4307 - X2CrNi18-9, 1.4404 - X2CrNiMo17-12-2

INOX MARTENSITIQUES

FAMILLES	carbone	chrome	nickel	molybdène
ferritique	0,025 % à 0,08%	10,5 à 30%		0 à 4,5%
martensitique	1,2 maxi	11,5% à 19%		
austénitique	Jusqu'à 0,15%	16,5% à 28%	3,5% à 32%	0 à 7%
austéno-ferritique	0,03% maxi	21 à 28%	3,5 à 8%	0,1 à 4,5%

FAMILLES	Rm (MPa)	Re (MPa)	A (%)	HRc
ferritique	380 à 700	180 à 500	12 à 25	
martensitique*	600 à 1100	400 à 800	9 à 20	Jusqu'à 40 - 60
austénitique	470 à 950	190 à 380	35 à 45	
austéno-ferritique	> 600	> 400	15 à 40%	

Les martensitiques peuvent être durcis par traitement thermique

EX. →

1.4021 - X20Cr13, 1.4034 - X46Cr13, 1.4029 - X29CrS13

Nota → Certains inox austénitiques et martensitiques (ou maraging, i.e. « martensitic ageing ») – comportant des additions particulières (Nb, Cu, Al) présentent une résistance mécanique accrue grâce à la précipitation de composés durcissants

EX. →

1.4542 - X5CrNiCuNb16-4 (martensitique)

1.4568 - X7CrNiAl17-7 (austénitique)

* état trempé revenu



Familles suite

INOX AUSTÉNO-FERRITIQUES

FAMILLES	carbone	chrome	nickel	molybdène
ferritique	0,025 % à 0,08%	10,5 à 30%		0 à 4,5%
martensitique	1,2 maxi	11,5% à 19%		
austénitique	Jusqu'à 0,15%	16,5% à 28%	3,5% à 32%	0 à 7%
austéno-ferritique	0,03% maxi	21 à 28%	3,5 à 8%	0,1 à 4,5%

FAMILLES	Rm (MPa)	Re (MPa)	A (%)	HRc
ferritique	380 à 700	180 à 500	12 à 25	
martensitique*	600 à 1100	400 à 800	9 à 20	Jusqu'à 40 - 60
austénitique	470 à 950	190 à 380	35 à 45	
austéno-ferritique	> 600	> 400	15 à 40%	

EX. → 1.4362 - X2CrNiN23-4, 1.4462 – X2CrNiMoN22-5-3

Nota → Ces inox sont parfois dénommés « duplex », voir glossaire.

Tous les aciers inoxydables peuvent couvrir – en fonction de leur analyse – un domaine de températures élevées. Ceux qui sont adaptés à des températures très élevées sont désignés sous le terme d' « inox réfractaires ». On les retrouve dans la norme NF EN 10095 (leur désignation numérique commence par le terme 1.48 ou 1.47). Cependant, certains inox présents dans la norme NF EN 10088 sont également utilisés comme inox réfractaires

EX. → 1.4736 – X3CrAlTi18-2 (ferritique) – NF EN 10095
 1.4828 – X15CrNiSi20-12 (austénitique) – NF EN 10095
 1.4821 – X15CrNiSi25-4 (austéno-ferritique) – NF EN 10095
 1.4509 – X2CrNi18 (ferritique) NF EN 10088

NUANCES D'INOX : PRECISIONS METALLURGIQUES

Dans chaque famille, il existe plusieurs types ou nuances d'inox qui se distinguent les uns des autres par de légères variations de composition chimique : celles-ci ont une influence parfois notable sur les propriétés d'emploi ou de mise en œuvre des inox.

Chaque nuance d'inox est définie dans une norme européenne :
 la NF EN 10088 1-2-3.

INOX FERRITIQUES

Quand les nuances contiennent du molybdène, ce qui n'est pas toujours le cas, son pourcentage varie de 0,2 à 4,5% ; il permet d'accroître la résistance à la corrosion dans les milieux chlorurés.

Plus l'alliage est riche en chrome, plus sa résistance à la corrosion est importante.

Plus le pourcentage de carbone est faible, plus la résistance à la corrosion augmente.

D'autres éléments (niobium, titane, zirconium) permettent d'améliorer la tenue au fluage ou de stabiliser l'inox afin d'éviter la formation de corrosion intergranulaire, après les opérations de traitements thermiques (soudage par exemple).

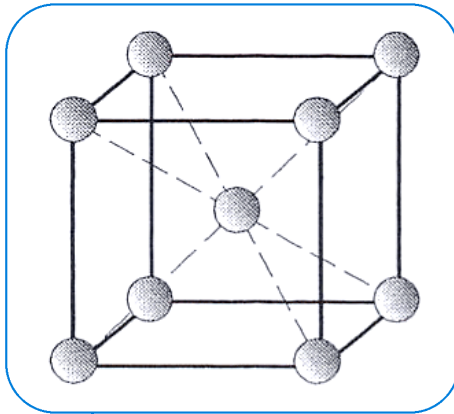
De par leur structure (ferritique ou CC), les inox ferritiques sont magnétiques.

En général, ils sont livrés à l'état recuit, ce qui correspond à la structure la plus douce pour la nuance considérée.

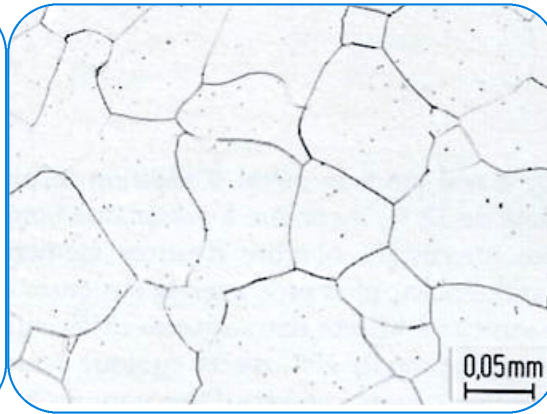


Familles suite

Ce sont des inox dont les éléments d'alliage favorisent la formation à température ambiante d'une structure cristalline de type cubique centrée (CC), appelée plus couramment structure ferritique. Les éléments d'alliages les plus à même de favoriser cette structure sont le chrome, le molybdène, le silicium, le titane, le niobium : on les appelle éléments alphas. On peut cependant rencontrer des éléments d'alliages non alphas dans les nuances ferritiques, mais dans ce cas leur pourcentage est suffisamment faible pour qu'ils ne puissent pas empêcher la formation de la structure ferritique. Dans les nuances actuelles, la teneur en chrome est comprise entre 10,5 et 30% et le carbone est toujours inférieur à 0,08%.



STRUCTURE FERRITIQUE



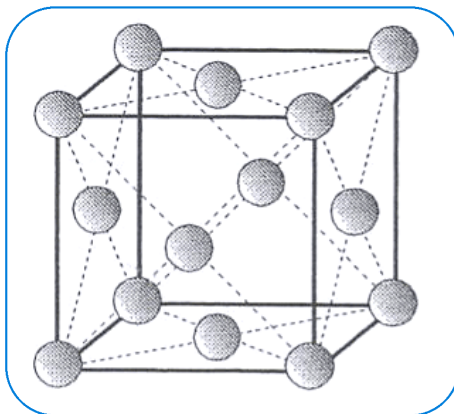
INOX AUSTENITIQUES

Ce sont des inox dont les éléments d'alliage présents dans la composition chimique favorisent la formation à température ambiante d'une structure cristalline de type cubique à face centrée (CFC) appelée plus couramment structure austénitique. Les éléments d'alliages les plus à même de favoriser cette structure sont le nickel, le manganèse, le carbone, l'azote : ils sont dits « éléments gamma ». On peut cependant rencontrer des éléments d'alliages non gamma dans les nuances austénitiques, mais leur pouvoir doit être suffisamment amoindri pour empêcher la formation de la structure austénitique.

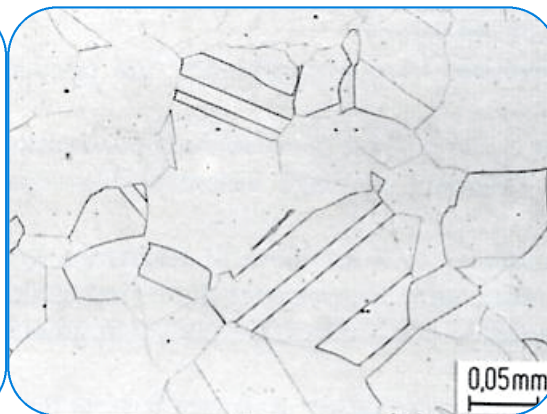
Ainsi le molybdène lorsqu'il est présent (entre 2 et 7%) accroît la résistance à la corrosion dans les milieux chlorurés. Le chrome est toujours présent (entre 16,5 et 28%) car c'est l'un des éléments principaux des inox. Le nickel, lui, est en quantité suffisante (3,5 à 32%) et souvent allié à des éléments tels le carbone (0,015 à 0,15%) ou l'azote (jusqu'à 0,25%) pour maintenir une structure austénitique, même en présence d'un pourcentage de chrome élevé. La présence d'autres éléments (tel le titane ou niobium), en stabilisant l'inox, évite la formation de corrosion intergranulaire après les opérations de traitements thermiques (soudage par exemple), lorsque le pourcentage de carbone reste élevé (>0,03%).

De par leur structure (austénitique ou CFC), les inox austénitiques sont amagnétiques.

En général, ils sont livrés par les fabricants avec une structure dite hypotempérée, qui correspond à la structure austénitique la plus douce possible pour la nuance considérée.



STRUCTURE AUSTENITIQUE





Familles suite

INOX MARTENSITIQUES

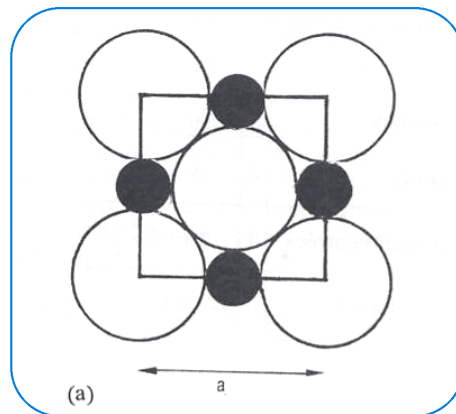
Ce sont des inox qui présentent après un traitement thermique dit de trempe une structure à température ambiante que l'on appelle martensitique, offrant de hautes caractéristiques mécaniques.

L'élément favorisant la formation de cette structure est le carbone (0,08 à 1,2%) ; les autres éléments d'alliages présents lui confèrent un large éventail de propriétés :

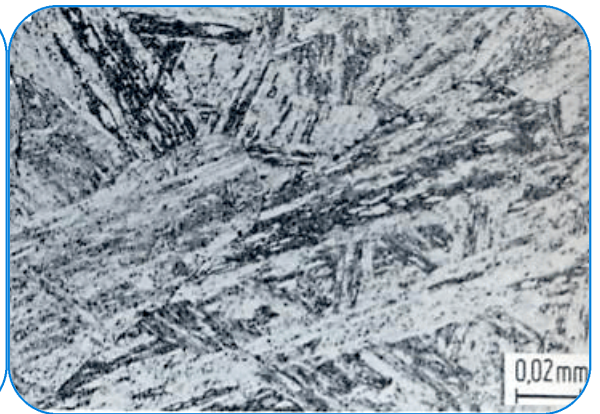
- l'ajout de soufre (de 0,15 à 0,35%) améliore notablement l'usinabilité,
- un chrome supérieur à 16% accroît la résistance à la corrosion,
- et le molybdène, la résilience et la dureté après revenu.

De par leur structure (martensitique ou CC), les inox martensitiques sont magnétiques.

En général, ils sont livrés par les fabricants avec une structure dite trempée revenue qui correspond à une structure adoucie.



STRUCTURE MARTENSITIQUE



INOX AUSTENO-FERRITIQUES

Ce sont des inox dont les éléments d'alliage favorisent la formation à température ambiante d'une structure bi-phasée composée de phases austénitiques et de phases ferritiques. Il est nécessaire d'avoir un dosage assez précis entre les éléments alphagènes et gamagènes pour obtenir une structure duplex.

Le chrome est présent dans les austéno-ferritiques en quantité élevée (de 21 à 28%) pour augmenter la résistance à la corrosion.

Le cuivre est parfois ajouté dans le même but.

Le nickel se trouve dans une proportion comprise entre 3,5 et 8%, favorisant la transformation partielle de la structure finale en austénite.

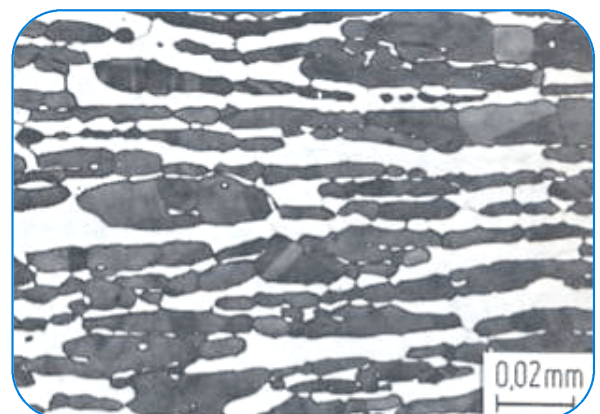
L'azote renforce les propriétés mécaniques et il est complémentaire au molybdène car tous les deux exercent une forte influence sur la résistance à la corrosion :

- Le molybdène (entre 0,1 et 4,5%), élément alphagène, favorise l'apparition de la phase ferritique,
- L'azote (de 0,05 à 0,30%), élément fortement gamagène, celle de la phase austénitique.

Par des additions combinées d'azote et de molybdène, on accroît la résistance à la corrosion des phases ferritiques et austénitiques.

De par leur structure bi-phasée, les inox austéno-ferritiques sont magnétiques.

En général, ils sont livrés par les fabricants avec une structure dite duplex composée de ferrite et d'austénite, structure la plus douce possible pour la nuance considérée.



STRUCTURE AUSTÉNO-FERRITIQUE