

Définition

Un acier est un alliage de fer et de carbone. Il est désigné comme inoxydable s'il ne se corrodé pas à l'air humide ou dans de l'eau pure contenant de l'oxygène.

Pour qu'un acier soit inoxydable, il faut qu'il contienne au minimum 12 % de chrome. D'autres éléments, comme le nickel, le molybdène et le titane, peuvent également être présents.

La résistance d'une matière dépend de sa composition chimique, de son traitement et de l'agressivité de son environnement. Une prise en compte erronée ou insuffisante de ces relations peut conduire à des dégâts importants. Par ailleurs, l'emploi adéquat d'aciers inoxydables grâce à son cycle de vie permet des économies appréciables en supprimant ou réduisant des travaux d'entretien.

La condition en est toutefois de clarifier précisément les mécanismes possibles de la corrosion en amont de vos projets.

Il existe plusieurs critères pour la segmentation des aciers inoxydables et les désignations sont en conséquence très nombreuses (composition chimique, structure microscopique, domaine d'utilisation...)

Le plus souvent nous distinguons cinq grandes familles d'aciers inoxydables:

- Les aciers inoxydables martensitiques
- Les aciers inoxydables ferritiques
- Les aciers inoxydables austénitiques
- Les aciers inoxydables austéno-ferritiques ou Duplex
- Les aciers inoxydables réfractaires

ACIERS FERRITIQUES

Caractéristiques :

Ces aciers restent ferritiques à toutes les températures. Cela est dû à une faible part d'éléments d'alliage favorisant la formation

d'austénite, comme le nickel, et à une forte part d'éléments favorisant la ferrite, surtout le chrome. Leurs caractéristiques sont : limite élastique élevée, haute ductilité, bonne aptitude à l'emboutissage profond et bonne soudabilité. Leur résistance peut être augmentée jusqu'à un certain degré par déformation à froid. En comparaison des aciers austénitiques, ils présentent une résistance et une ductilité moindres. Ils présentent également une moins bonne résistance à la corrosion par piqûres, mais en revanche, ils résistent mieux à la corrosion sous contrainte. Les aciers ferritiques sont relativement bon marché et garantissent une stabilité de prix en s'affranchissant des variations erratiques du nickel.

Applications :

Les aciers ferritiques les plus simples en terme de composition chimique, sont utilisés de préférence pour les ustensiles ménagers comme les casseroles, les appareils ménagers et les éviers, ou les exigences de résistance à la corrosion ne sont pas poussées. D'autres applications concernent les revêtements de parois intérieures et les tôles de protection. Les aciers ferritiques avec de très basses teneurs en carbone et en azote ont leur principal domaine d'application sous des conditions d'utilisation présentant des risques de corrosion sous contrainte. Les aciers avec de très hautes teneurs en chrome sont utilisés dans des environnements à hautes températures, car ils présentent une excellente résistance aux fumées contenant du soufre.

ACIERS MARTENSITIQUES

Caractéristiques :

En raison de leur teneur en carbone relativement élevée, leur résistance et leur dureté peuvent être modifiées par un traitement thermique approprié, respectivement adaptées aux exigences. On peut atteindre des résistances à la rupture de plus de 1 300 N/mm². La teneur en carbone relativement élevée réduit cependant la résistance à la corrosion, de plus, ces aciers sont difficiles à déformer et à souder. Ces aciers présentent une teneur en carbone de 0,1 à 1,2 % et une teneur en chrome de 12 à 18 %. Une partie de ces aciers est alliée en outre avec 0,5 à 2,5 % de nickel et jusqu'à 1,2 % de molybdène. Avec la teneur croissante en carbone, la dureté qui peut être atteinte augmente (0,1 % de carbone → env. 40 HRC, 0,9 % de carbone → env. 58 HRC).

Applications :

Ces aciers sont utilisés principalement pour des éléments de construction soumis à de fortes sollicitations mécaniques comme des éléments de fixation, axes de pompes, pales de turbines et tiges de soupapes ainsi que pour des outils trempés et de coutellerie présentant une résistance accrue aux acides oxydants.

ACIERS AUSTÉNITIQUES AU CHROME-NICKEL

Caractéristiques :

Les aciers austénitiques alliés au chrome-nickel ont une bonne résistance générale à

la corrosion, une bonne ténacité pour une basse limite élastique et une bonne marge de sécurité à la rupture fragile également à de basses températures. Leur résistance mécanique peut être augmentée dans certaines limites par une déformation à froid, toutefois cela les rend légèrement magnétiques et leur résistance à la corrosion baisse.

Ils sont en outre bien soudables. Un refroidissement lent après un traitement thermique ou après soudage conduit cependant dans le domaine critique de températures de 500 à 900 °C à la précipitation de carbures de chrome à la limite des grains.

Applications :

Ces aciers sont utilisés principalement dans des applications soudées, dans le domaine des fluides exempts d'acide et de chlorure, par exemple dans l'industrie alimentaire, pour les appareils ménagers et les machines à laver. Ils trouvent en outre une application croissante dans l'architecture intérieure et extérieure.

ACIERS AUSTÉNITIQUES AU CHROME-NICKEL-MOLYBDÈNE

Caractéristiques :

Avec une teneur croissante en molybdène, la résistance à la corrosion de ces matériaux s'améliore fortement. Afin que la structure reste cependant austénitique (le molybdène favorise la formation de ferrite), la teneur en nickel doit être augmentée à au moins 10,5 %. Par l'addition de molybdène,

la résistance à la corrosion se trouve notablement améliorée, en particulier contre la corrosion par piqûres dans un environnement contenant des chlorures ainsi que dans des acides réducteurs. Les additions de molybdène sont plutôt défavorables dans l'acide nitrique et les gaz nitreux.

Ces aciers présentent une très haute ductilité et ténacité pour des valeurs de résistance plutôt basses. Ils ne perdent pas leur ductilité aux températures cryogéniques et ils ont une bonne soudabilité.

Applications :

Les matières 1.4404, 1.4432 et 1.4435 sont les aciers les plus fréquemment utilisés en contact avec l'eau adoucie, les acides réducteurs et les fluides dont la composition et l'agressivité ne peuvent être qu'estimées, mais pas définies avec certitude. Dans des fluides contenant de fortes quantités de chlorures, il faut cependant utiliser des matières beaucoup plus fortement alliées (superaustenite). La principale application des ces aciers réside dans les industries chimiques et pharmaceutiques, dans le traitement de l'eau, dans les industries de la cellulose et du caoutchouc ainsi que dans la construction de piscines.

ACIERS DUPLEX

Caractéristiques :

Les aciers duplex ont réuni en eux beaucoup des caractéristiques positives des aciers ferritiques et austénitiques. Par leurs teneurs élevées en chrome et molybdène,

ces aciers présentent une résistance élevée à la corrosion par piqûres et dans les fissures dans les fluides contenant de l'hydrogène sulfuré. Ils possèdent en outre une grande résistance mécanique, à la corrosion par fatigue, à l'érosion et à l'usure. En comparaison avec les aciers austénitiques, les aciers duplex présentent une résistance élevée à la corrosion sous contrainte. Les aciers duplex sont sensibles aux précipitations intermétalliques.

Applications :

Ces aciers sont utilisés dans des domaines nécessitant de bonnes caractéristiques mécaniques en combinaison avec de bonnes caractéristiques de résistance à la corrosion, comme par exemple pour des arbres de pompes, des pièces de machines, l'offshore, l'industrie du bâtiment et le dessalement de l'eau de mer.

ACIERS RÉFRACTAIRES

Caractéristiques :

- bon comportement à l'oxydation, spécialement pour des conditions de charge cycliques
- haute température de calaminage
- relativement haute limite élastique et résistance à la traction aux hautes températures
- haute résistance au fluage
- bonne stabilité structurelle
- bonne résistance à la corrosion et à l'érosion aux hautes températures en atmosphères moyennement agressives

Applications :

Le groupe des alliages pour hautes températures comprend des matériaux sans molybdène, qui sont utilisés principalement dans des fluides gazeux à de hautes températures, comme par exemple des grilles de four, les conduites d'échappement de fumées, des équipements de chargement, des échangeurs de chaleur à hautes températures.

Micrographies d'aciers inoxydables

Dans le cas des aciers inoxydables, nous retrouvons une organisation des atomes analogue à celui du fer dans lequel les atomes des éléments d'alliage se substituent à certains atomes de fer.

Les éléments d'alliage sont classés en deux catégories :

- Les éléments alphas comme le chrome, le silicium, le molybdène et le titane qui favorisent une structure ferritique.
- Les éléments gamma comme le nickel, le carbone, le manganèse, l'azote qui favorisent une structure austénitique.

La balance ou équilibre de tous ces éléments d'alliage donnera un acier inoxydable soit :

- de structure ferritique, pour les aciers inoxydables contenant du chrome et éventuellement certains autres éléments alphas,
- de structure austénitique, pour les aciers inoxydables contenant outre du chrome, du nickel et éventuellement d'autres éléments gamma,
- de structure austéno-ferritique, pour les aciers contenant une juste proportion d'éléments gamma et alphas (ce sont les aciers duplex),
- effectivement, si l'on ajoute de grandes quantités de carbone (élément gamma), on n'obtient pas une structure austénitique à froid mais une structure martensitique en cours de refroidissement.

Ces structures subiront les mêmes évolutions avec la température que celles des aciers au carbone, la température de transformation étant fonction de leur analyse.

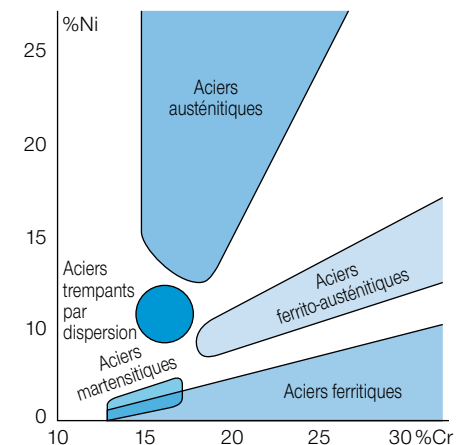
Ces atomes et arrangements d'atomes que nous venons de décrire ne sont pas observables au microscope optique.

Si nous examinons au microscope une coupe d'acier inoxydable ayant subi une

légère attaque chimique, nous voyons ce que l'on appelle des grains qui sont de gros paquets d'atomes (50 microns pour un grain par rapport à quelques angströms d'atomes, soit quelques mètres en opposition à 500 kilomètres).

LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS D'ALLIAGE ET LEUR INFLUENCE SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ACIER

La structure microscopique des aciers, est fortement influencée d'une part par la composition chimique (alliage) et d'autre part par un éventuel traitement thermique. L'effet des principaux éléments d'alliage sur les aciers inoxydables peut être résumé de la manière suivante. L'influence des éléments favorisant la formation d'austénite ou de ferrite sur la formation de la structure peut être lue sur le diagramme de Schaeffler et sur le graphique ci-dessous.



Chrome (Cr)

Les aciers inoxydables doivent leur résistance chimique entre autres à l'élément d'alliage chrome, qui forme à la surface de l'acier une couche d'oxyde passive adhérent bien et présentant une très bonne résistance et étanchéité chimique. Le chrome augmente en outre notablement la résistance mécanique de l'acier sans diminuer fortement sa ductilité. De plus, la résistance à chaud et à l'oxydation à chaud peuvent être notablement améliorée.

Carbone (C)

Avec une teneur croissante en carbone, la résistance mécanique de l'acier ainsi que la trempabilité des aciers martensitiques augmentent. En revanche, la soudabilité, la ductilité, l'aptitude au forgeage et à l'usinage diminuent. Le chrome forme facilement des carbures avec carbone. Pour empêcher que du chrome soit enlevé à la structure par la formation de carbures, et ainsi que la résistance à la corrosion soit localement réduite, la teneur en carbone des aciers inoxydables doit être tenue très basse ou il faut empêcher la formation de carbures par des éléments stabilisateurs qui forment des carbures encore plus facilement que le chrome. Le carbone favorise la formation d'austénite.

Nickel (Ni)

Le nickel améliore la résistance à la corrosion en général et à l'oxydation à chaud ainsi que la résilience aux basses températures. Il augmente en outre la résistance mécanique, entre autres la résistance à

chaud et à la fatigue, au détriment de l'aptitude à l'usinage et au forgeage.

Molybdène (Mo)

Le molybdène améliore la résistance à la corrosion, en particulier à la corrosion par piqûres dans les solutions contenant des chlorures, de manière considérable déjà pour des teneurs de quelques pour cent. Il agit comme le nickel sur les caractéristiques mécaniques. Le molybdène favorise la formation de ferrite.

Cuivre (Cu)

Le cuivre augmente déjà à partir de concentrations de 1,5 % la résistance de l'acier aux acides réducteurs, comme l'acide sulfurique.

Silicium (Si), aluminium (Al)

Le silicium et l'aluminium favorisent la formation de ferrite. Ils augmentent en particulier, pour les aciers ferritiques (aciers inoxydables à relativement basse teneur en carbone) la résistance à l'oxydation à chaud, c'est-à-dire qu'ils augmentent la température de calaminage.

Titane (Ti), niobium (Nb)

Le titane et le niobium sont ajoutés aux aciers ferritiques et austénitiques en tant qu'éléments de stabilisation. Ils forment des carbures encore plus facilement que le chrome. Ils empêchent ainsi la formation de carbures aux joints des grains et ils assurent en particulier dans les cordons de soudure une amélioration de la résistance à la corrosion intercrystalline. Toutefois l'aptitude à l'usinage et au polissage se trouve quelque peu réduite.

Manganèse (Mn)

Le manganèse augmente la résistance mécanique ainsi que la résistance à l'usure des aciers.

Soufre (S)

Le soufre est en tant qu'élément non métallique une impureté de l'acier, qui influence négativement diverses caractéristiques de l'acier comme la résistance à la corrosion, la ténacité, l'aptitude à la déformation, au polissage, au soudage et au forgeage. Normalement, la teneur en soufre dans l'acier est tenue aussi basse que possible. Dans les aciers inoxydables de décolletage, on ajoute à dessein jusqu'à 0,35 % de soufre. Le sulfure de manganèse qui se forme améliore notablement l'usinabilité. Une diminution de la résistance à la corrosion étant spécialement indésirable dans les aciers inoxydables, divers aciéristes ajoutent à leurs aciers inoxydables de décolletage une poudre de calcium et de silicium qui assure les mêmes caractéristiques de casse du copeau que l'addition de soufre, mais toutefois sans influencer la résistance à la corrosion.

Azote (N)

L'azote stabilise la structure austénitique à peu près avec la même force que le carbone et améliore les caractéristiques de résistance, toutefois aux dépens de la ténacité. L'azote est ajouté afin d'augmenter la résistance spécialement dans les aciers à bas carbone. L'azote améliore la résistance à la corrosion des nuances d'aciers austénitiques et Duplex en milieux chlorés.

Types de corrosions

La corrosion représente l'altération des métaux et de leurs alliages sous l'action du milieu environnant. Dans le cas des aciers inoxydables, le terme corrosion s'applique aux phénomènes développés en phase liquide (incluant les milieux aqueux aussi bien que les métaux fondus), par opposition à l'oxydation (ou corrosion sèche) se produisant à haute température.

La corrosion peut affecter l'ensemble de la surface du métal en contact avec le milieu agressif (corrosion généralisée) ou seulement autour de points précis (corrosion localisée).

LA CORROSION GÉNÉRALISÉE

Cette corrosion se traduit par une dissolution de tous les points constitutifs de la surface du matériau attaqués par un environnement agressif. Elle s'observe le plus couramment sur les aciers de construction alliés ou non où elle se traduit par une diminution régulière de l'épaisseur entraînant une perte de poids.

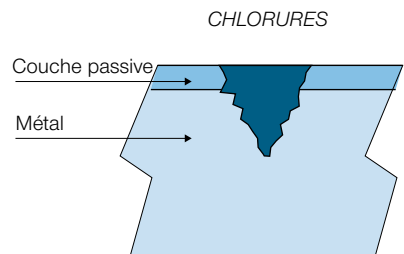
LA CORROSION LOCALISÉE

Les aciers inoxydables peuvent être sujets à quatre formes de corrosion localisée.

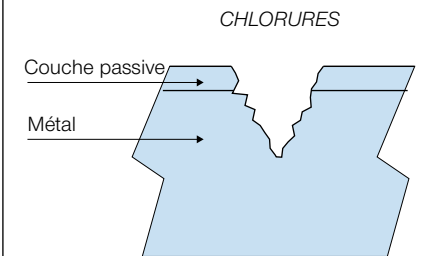
Corrosion par PIQÛRES

Il s'agit d'une corrosion localisée qui se développe souvent au niveau d'une imperfection de la couche passive. Elle se produit sur une zone très restreinte, le reste de la surface restant protégé par le film passif. Elle se produit principalement sous l'effet des chlorures en milieu aqueux. Ce type de corrosion peut aboutir rapidement à la perforation du produit. Le mécanisme est schématisé ci-dessous.

1. Rupture du film passif

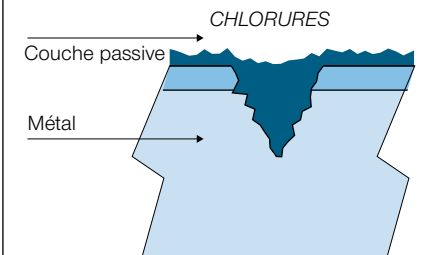


2. Attaque du métal

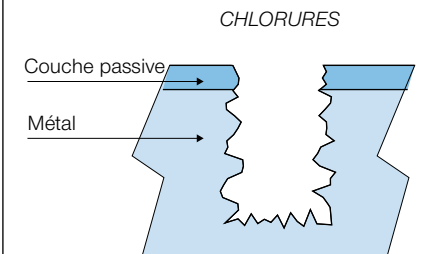


Deux cas :

3a. Le métal se repassive



3b. Corrosion du métal de base



Il est ainsi important d'éviter ce type de corrosion en choisissant la nuance appropriée aux conditions réelles d'emploi.

Les paramètres influant sur la résistance à la corrosion par piqûres sont:

- l'état de surface du matériau (une faible rugosité étant favorable)
- les éléments d'alliage dits « majeurs » : chrome, nickel, molybdène.
- les éléments d'alliage dits « mineurs » modifiant les inclusions non métalliques présent dans le matériau.

Corrosion CAVERNEUSE

Elle se manifeste sous forme de cavernes qui se développent dans les espaces confinés où le liquide s'acidifie progressivement. La corrosion se déclenche lorsque l'acidité atteint la valeur du pH de dépassivation.

Il est possible d'éviter les phénomènes de corrosion caverneuse en:

- concevant judicieusement des appareils, (éviter de créer des espaces confinés, c'est-à-dire interstices, recoins, zones de stagnation),

Mécanisme de réaction



Pourquoi ?
Zone confinée (acidification)



Comment ?
Rupture de la couche passive et attaque du métal

- choisissant des nuances adaptées à la sévérité du milieu,
- additionnant du molybdène afin d'améliorer les performances des aciers inoxydables.
- nettoyant à l'usage, afin d'éviter la création de dépôts (tartre).

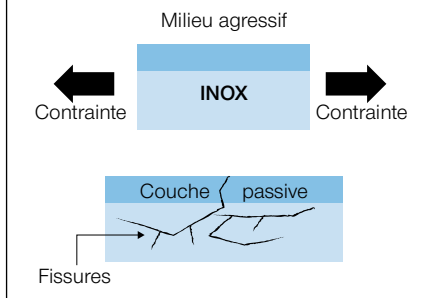
Corrosion SOUS CONTRAINTE

Cette forme de corrosion désigne la formation de fissures qui débutent dans un milieu corrosif, après une période d'incubation plus ou moins longue. Elle se manifeste sous forme de fissures transgranulaires qui se propagent rapidement et provoquent la mise hors d'usage des appareils.

Les aciers ferritiques et austéno-ferritiques n'y sont pas sensibles contrairement aux aciers austénitiques.

L'augmentation des teneurs en molybdène et en nickel améliore la tenue de l'acier inoxydable austénitique à ce type de corrosion.

Mécanisme de réaction



Corrosion INTERGRANULAIRE

Elle se manifeste sous forme de corrosion aux joints de grains dans des zones

chauffées entre 500 et 800 °C. (Cas de la relaxation de contraintes, par exemple).

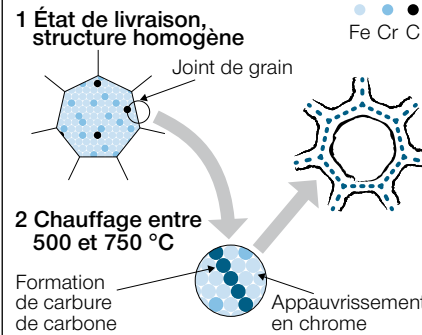
À l'état de livraison, les aciers inoxydables ne sont pas sensibles à ce type de corrosion.

Comme schématisé par la figure ci-dessous, elle est due à la formation de carbures de chrome aux joints de grains lors du chauffage, entraînant un appauvrissement en chrome à proximité du joint de grain.

Cet appauvrissement est tel que, localement, la teneur en chrome peut descendre en dessous de 10 %, permettant l'amorçage de la corrosion.

Il existe un certain nombre de remèdes afin d'éviter cette forme de corrosion :

- Choix d'une nuance à bas carbone (C < 0,03 %) ou comportant une addition d'élément stabilisant tel que le titane et le niobium.
- Traitement de recuit entre 700 et 800 °C (suivi d'un refroidissement rapide) pour les aciers ferritiques, traitement d'hypertrempe à 1050 °C (suivi d'un refroidissement rapide) pour les aciers austénitiques.



Nuances et caractéristiques

Au sein des différentes nuances, vous disposez d'un large choix entre :

- Les ferritiques qui peuvent constituer une offre structurée permettant de s'affranchir des variations de prix erratiques du nickel.
- Les austénitiques, référence historique des aciers inoxydables dans notre industrie de la distribution. Ils sont aujourd'hui une valeur sûre à la base du développement significatif des aciers inoxydables.



AISI	Symbolique	UNS	Numérique	
ACIERS INOXYDABLES FERRITIQUES				
	X2CrNi12	S41003	1.4300	
409	X2CrTi12	S40900	1.4512	
430	X6Cr17	S43000	1.4016	
439	X3CrTi17	S43036	1.4510	
441	X2CrTiNb18	S43932	1.4509	
444	X2CrMoTi18-2	S44400	1.4521	
ACIERS INOXYDABLES AUSTÉNITIQUES				
304	X5CrNi18-10	S30400	1.4301	
304L	X2CrNi19-11	S30403	1.4306	
	X2CrNi18-9		1.4307	
321	X6CrNiTi18-10	S32100	1.4541	



Caractéristiques et applications

Caractéristiques mécaniques élevées, résilience élevée. Bonne tenue aux atmosphères naturelles et au contact de milieux moyennement agressifs. Facilité de mise en œuvre (soudabilité et conformation). Résistance aux chocs élevée. Applications : ferroviaires, containers, bus et camions. Equipements industriels : trémies, convoyeurs, réservoirs.

Bonne soudabilité avec facilité de conformation proche de celle des aciers faiblement alliés. Résistance à l'oxydation à chaud jusqu'à 800 °C, Bonne tenue à la corrosion dans les atmosphères naturelles et dans les milieux faiblement agressifs. Environnement échappement.

Nuance destinée à des applications proches de la température ambiante. Résistance à la corrosion en milieux modérément agressif, bonnes propriétés de mise en forme à froid. Nuance également dotée d'une bonne résistance à l'oxydation sous température élevée. Applications : Appareils ménagers, grandes cuisines, coutellerie, équipements agro-alimentaire, éléments décoratifs.

Cette nuance est dérivée de la nuance 430 par addition de titane. Elle permet d'obtenir des soudures ayant de bonnes propriétés de ténacité et de ductilité. La stabilisation par le titane lui confère une bonne résistance à la corrosion intergranulaire et à la corrosion par piqûres. Le 439 ou 430 Ti présente également de bonnes caractéristiques d'emboutissage. Applications : électroménager, environnement échappement.

Bonne soudabilité avec facilité de conformation. Bonne aptitude au surfaçage (polissage, brossage, scotch brite). Bonne résistance à la corrosion par piqûres. Caractéristiques mécaniques à chaud élevées sans risque de formation de phase σ aux températures intermédiaires. Bonne résistance à l'oxydation à chaud jusqu'à 950 °C. Bonne tenue à la corrosion dans les atmosphères de gaz de chaudière et de brûleurs. Conductivité thermique supérieure aux austénitiques et un coefficient de dilatation plus faible. Applications : grandes cuisines, portes et cabines d'ascenseurs, brûleurs de chauffage domestique, chaudières à condensation, conduits de fumée, radiants, tubes pour l'industrie sucrière.

Caractéristiques mécaniques à chaud élevées sans risque de formation de phase σ à des températures intermédiaires. Bonne résistance à l'oxydation à chaud et au fluage jusqu'à 1 050 °C. Très bonne durabilité en fatigue thermique. Plus grande conductivité thermique que celle des austénitiques et un coefficient de dilatation plus faible. Bonne soudabilité et facilité de conformation. Applications : Brûleurs pour chauffage domestique, piles à combustible, fours, composants pour brûleurs industriels, tubes pour l'industrie sucrière.

Nuance à usage courant, bonne résistance à la corrosion caverneuse et par piqûres.

Reprend les caractéristiques du 304 avec en outre une bonne résistance à la corrosion intergranulaire. La teneur limitée en carbone prévient spécialement ce type de corrosion. Ce conserve sans traitement thermique ultérieur après soudage ou conformation à chaud.

Résistance à la corrosion à froid et très bonne résistance à la corrosion intergranulaire. Grande facilité de soudage.

Nuances et caractéristiques

- Les austénitiques au molybdène pour une meilleure résistance dans les environnements agressifs.
- Les super-austénitiques, les austéno-ferritiques et les réfractaires qui constituent des familles spécifiques incontournables dans certains environnements.



AISI	Symbolique	UNS	Numérique	
ACIERS INOXYDABLES AUSTÉNITIQUES AU MOLYBDÈNE				
316	X5CrNiMo17-12-2	S31600	1.4401	
316L	X2CrNiMo17-12-2	S31603	1.4404	
316L Mo Sup	X5CrNiMo18-14-3	S31609	1.4435	
316Ti	X6CrNiMoTi17-12-2	S31635	1.4571	
ACIERS INOXYDABLES SUPER-AUSTÉNITIQUES				
904L	X1NiCrMoCu25-20-5	N08904	1.4539	
ACIERS INOXYDABLES AUSTÉNO-FERRITIQUES				
Duplex	X2CrNiMoN22-5-3	S32205	1.4462	
ACIERS INOXYDABLES RÉFRACTAIRES				
309	X15CrNiSi20-12	S30900	1.4828	
309S	X12CrNi23-13	S30908	1.4833	
310S	X8CrNi25-21	S31008	1.4845	
314	X15CrNiSi25-21	S31400	1.4841	



Caractéristiques et applications

La teneur en molybdène améliore la résistance à la corrosion particulièrement dans les milieux générateurs de piqûre. Cependant, sa large tolérance en carbone présente un certain risque de formation de carbures de chrome aux joints de grains lors des traitements thermiques, diminuant ainsi la résistance à la corrosion inter cristalline.

Reprend les caractéristiques du 316 avec une excellente résistance à la corrosion inter cristalline grâce notamment à des teneurs plus élevées en nickel et en molybdène et un taux de carbone limité.

Résistance à la corrosion sensiblement supérieure au 316L grâce à ses teneurs plus élevées en nickel et en molybdène. Cette amélioration est particulièrement marquée dans les milieux générateurs de piqûres et de corrosion sous tension.

Proche d'un 316L avec une stabilisation au titane qui compense sa plus haute teneur en carbone.

Acier inoxydable très polyvalent pour les milieux chimiques très agressifs, en particulier les milieux phosphoriques, sulfuriques et chlorhydriques. Il est utilisé principalement dans l'industrie chimique, pour des canalisations et réservoirs véhiculant des fluides très corrosifs.

Acier inoxydable présentant une bonne résistance à la corrosion sous tension. Taux élevé en chrome et en molybdène offrant une meilleure résistance à la piqûre que le 316L. Limite élastique 2 fois plus élevée que celle d'un acier austénitique standard. Applications : équipements et installations pour l'industrie chimique, industries pétrolières et gazières, dessalement et échangeurs.

Bonne résistance à l'oxydation et à la corrosion jusqu'à des températures de l'ordre de 1 050 °C. Si les chocs thermiques sont sévères il est alors préférable de s'orienter vers le 1.4845. Bonne résistance mécanique jusqu'à 1 000 °C et facilité de conformation et de soudage. Applications : fours, échangeurs de chaleur, équipements pour l'industrie de la chimie et de la pétrochimie, équipements soumis à des températures élevées.

Proche du 310S, cette nuance reste toutefois préférable en cas de chocs thermiques sévères. Principalement utilisé pour les barres.

Bonne résistance à l'oxydation et à la corrosion jusqu'à des températures de l'ordre de 1 100 °C. Bonne résistance mécanique jusqu'à 1 000 °C et facilité de conformation et de soudage.

Proche du 310S, l'addition du silicium favorise la résistance à l'oxydation à forte température.

Nuancier



SYMBOLES CHIMIQUES

Al	Aluminium
B	Bore
C	Carbone
Cd	Cadmium
Co	Cobalt
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
Fe	Fer
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
N	Azote
Na	Sodium
Nb	Niobium
Ni	Nickel
Pb	Plomb
S	Soufre
Si	Silicium
Sn	Étain
Sr	Strontium
Ti	Titane
V	Vanadium
W	Tungstène
Zn	Zinc

COMPOSITION CHIMIQUE ET CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Normes		Composition chimiques (% à titre indicatif)							Caractéristiques mécaniques Etat recuit (à titre indicatif)			
ASTM	EN	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Autres	EN	R _m	R _{p0,2}	A%
ACIERS INOXYDABLES FERRITIQUES												
	1.4003	0,015	0,50	0,60	11,00		0,40		1.4003	510	370	26
409	1.4512	0,01	0,45	0,20	11,30			Ti = 0,18	1.4512	420	250	32
430	1.4016	0,05	0,35	0,40	16,50				1.4016	490	340	26
439	1.4510	0,02	0,35	0,40	17,50			Ti = 0,35	1.4510	460	310	30
441	1.4509	0,018	0,60	0,30	17,80			Ti + Nb = 0,65	1.4509	480	310	30
444	1.4521	0,015	0,40	0,40	17,70	1,85		Ti + Nb = 0,45	1.4521	520	370	28
ACIERS INOXYDABLES AUSTÉNITIQUES												
304	1.4301	0,05	0,50	1,10	18,20		8,05		1.4301	670	320	50
303	1.4305	0,10	1,00	2,00	17,00		8,00		1.4305	195	500	35
304L	1.4307	0,025	0,50	1,40	18,20		8,05		1.4307	620	310	50
304L	1.4306	0,025	0,50	1,40	18,20		10,10		1.4306	590	270	52
321	1.4541	0,03	0,50	1,10	17,20		9,10	Ti = 0,30	1.4541	630	310	48



Normes		Composition chimiques (% à titre indicatif)							Caractéristiques mécaniques Etat recuit (à titre indicatif)			
ASTM	EN	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Autres	EN	R _m	R _{p0.2}	A%
ACIERS INOXYDABLES AUSTÉNITIQUES AU MOLYBDÈNE												
316	1.4401	≤0,03	0,50	1,35	16,80	2,10	10,10		1.4401	620	310	48
316L	1.4404								1.4404	620	310	48
316L	1.4435	≤0,03	0,50	1,35	17,30	2,60	12,70		1.4435	600	300	47
316Ti	1.4571	0,04	0,50	1,20	16,80	2,10	10,70	Ti = 0,35	1.4571	610	310	47
ACIERS INOXYDABLES SUPER-AUSTÉNITIQUES												
904L	1.4539	0,015	0,20	1,50	20,30	4,36	25,30	Cu = 1,50	1.4539	650	340	40
ACIERS INOXYDABLES RÉFRACTAIRES												
309	1.4828	0,05	1,60	1,30	19,30		11,40		1.4828	640	310	50
309S	1.4833	0,06	0,35	1,30	22,20		13,60		1.4833	630	330	45
310 S	1.4845	0,05	0,50	1,70	25,00		19,80		1.4845	600	300	42
314	1.4841	0,25	3,00	2,00	26,00		22,00		1.4841	655	310	50
ACIERS INOXYDABLES AUSTÉNO-FERRITIQUES												
	1.4462	≤0,03	0,50	1,70	22,50	2,70	5,50	N = 0,18	1.4462	840	620	30

Abréviations utilisées dans le tableau

- R_m : Résistance à la traction (MPa)
- R_{p0.2} : Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % (MPa)
- A% : Allongement en %
Éprouvette
Lo = 80 mm (Ép. < 3 mm)
Lo = 5,65 mm VS0 (Ép. > 3 mm)
- 1 MPa = 1 N/mm²
= 145 PSI
= 0,1 kg/mm²