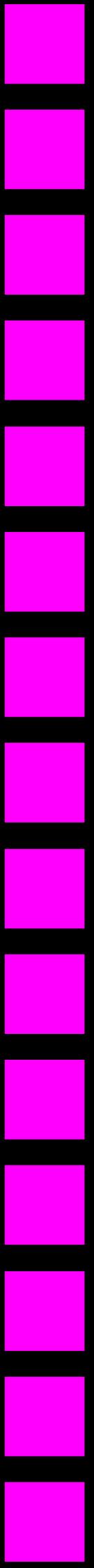


Gruppo Polymax
Polymaxacciai
industria sistemi fumari metallici

La Materia Prima

L'ACCIAIO
INOSSIDABILE



La materia prima: l'ACCIAIO INOSSIDABILE

INTRODUZIONE

La scoperta dell'acciaio inossidabile si deve all'inglese Harry Brearly di Sheffield: nel 1913, sperimentando acciai per canne di armi da fuoco, scoprì che un suo provino di acciaio con il 13-14% di cromo e con un tenore di carbonio relativamente alto (0,25%) non arrugginiva quando era esposto all'atmosfera. Successivamente questa proprietà venne spiegata con la passivazione del cromo, che forma sulla superficie una pellicola di ossido estremamente sottile, continua e stabile; per questo l'acciaio inox resiste alla corrosione sia in ambiente umido che asciutto. Ma non solo: gli acciai inox offrono anche molte proprietà secondarie che li rendono materiali di grande versatilità. I successivi progressi della metallurgia fra gli anni '40 e '60 hanno ampliato il loro sviluppo e le loro applicazioni.

Il termine acciaio inossidabile (o inox) indica genericamente gli acciai ad alta lega contenenti cromo, generalmente in quantità fra l'11 ed il 30%. Altri leganti che aumentano la resistenza alla corrosione sono nichel, molibdeno, rame, titanio e niobio; in ogni caso, perché si possa parlare propriamente di acciaio, il totale degli elementi leganti non deve superare il 50%. I componenti questa famiglia di acciai sono classificati secondo la loro struttura microcristallina che deriva dalla loro diversa composizione chimica. Acciaio inox o acciaio inossidabile è il nome dato correntemente agli acciai ad alto tenore di cromo, per la loro proprietà di non arrugginire *se esposti all'aria e all'acqua*: il cromo, ossidandosi a contatto con l'ossigeno, si trasforma in ossido di cromo (CrO_2) che aderisce al pezzo, impedendone un'ulteriore ossidazione (tale fenomeno è noto come passivazione). Sono una classe estremamente importante di acciai, usata per gli scopi più disparati e sono classificati nelle seguenti tipologie. Ha un peso specifico medio di $7,8 \text{ ton/m}^3$.

1. ACCIAIO INOX AUSTENITICO

È un acciaio contenente Nickel e Cromo in percentuale tale da conservare la struttura austenitica anche a temperatura ambiente. Viene classificato in base alla percentuale di Nickel e di Cromo. La composizione base dell'acciaio inox austenitico è il 18% di Cr e l'8% di Ni, codificata in *18/8*. Una percentuale del 2-3% di molibdeno assicura una miglior resistenza alla corrosione (acciaio *18/8/3*). Il contenuto di carbonio è basso (0,08% max di Carbonio), ma esistono anche acciai inox austenitici *dolci* (0,03% di Carbonio max). L'acciaio inox austenitico può essere stabilizzato con titanio o niobio per evitare una forma di corrosione nell'area delle saldature (vedi più avanti le debolezze di questo tipo di acciaio). Considerando la notevole percentuale di componenti pregiati (Ni, Cr, Ti, Nb, Ta), gli acciai inox austenitici sono fra i più costosi tra gli acciai di uso comune. Le proprietà fondamentali sono:

- ottima resistenza alla corrosione;
- facilità di ripulitura e ottimo coefficiente igienico;
- facilmente lavorabile, forgiabile e saldabile;
- incrudibile se lavorato a freddo e non tramite trattamento termico;
- in condizione di totale ricottura non si magnetizza.

La loro struttura austenitica (con cristallo cfc) li rende immuni dalla transizione duttile-fragile (che si manifesta invece con la struttura ferritica, cristallo ccc), quindi conservano la loro tenacità fino a temperature criogeniche (He liquido). La dimensione dei grani, sensibilmente più elevata di quella degli acciai ferritici da costruzione, li rende resistenti allo scorrimento viscoso; di conseguenza fra gli acciai per costruzione di recipienti a pressione, sono quelli che possono essere utilizzati alle temperature più elevate (600°C). Dato che l'austenite è paramagnetica, questi acciai possono essere facilmente riconosciuti disponendo di magneti permanenti calibrati. Gli impieghi di questi acciai sono molto vasti: pentole e servizi domestici, finiture architettoniche, mattatoi, fabbriche di birra, lattine per bibite e prodotti alimentari; serbatoi per gas liquefatti, scambiatori di calore, apparecchi di controllo dell'inquinamento e di estrazione di fumi, autoclavi industriali. La loro resistenza a gran parte degli aggressivi chimici li rende inoltre molto apprezzati nell'industria chimica. Gli acciai inox austenitici soffrono però di alcune limitazioni:

- la massima temperatura cui possono essere trattati è di 925°C;
- a bassa temperatura la resistenza alla corrosione diminuisce drasticamente: gli acidi rompono il film di ossido e ciò provoca corrosione generica in questi acciai;
- nelle fessure e nelle zone protette la quantità di ossigeno può non essere sufficiente alla conservazione della pellicola di ossido, con conseguente corrosione interstiziale;

- gli ioni degli alogenuri, specie l'anione (Cl⁻), spezzano il film passivante sugli acciai inox austenitici e provocano la cosiddetta corrosione ad alveoli, definita in gergo pittingcorrosion. Un altro effetto del cloro è la SCC (rottura da tensocorrosione).

L'unico trattamento termico consigliabile per questa classe di acciai è un quello di solubilizzazione del C a 1050°C, con raffreddamento rapido (per evitare la permanenza nell'area fra 800 e 400°C, dove può avvenire la precipitazione dei carburi di Cr).

2. ACCIAIO INOX MARTENSITICO

Esso ha caratteristiche meccaniche molto elevate ed è ben lavorabile alle macchine. È conosciuto soprattutto con la nomenclatura americana: per esempio l'acciaio al solo cromo è l'AISI serie 400 (da ricordare AISI 410 e 420, con $0,20\% < C < 0,40\%$ e $Cr = 13\%$ circa; AISI 440 con $C = 1\%$ circa e $Cr = 17\%$); nella nomenclatura UNI ha sigle come X20Cr13, X30Cr13, X40Cr14, è magnetico. Tipici elementi in esso presenti sono carbonio, manganese, silicio, cromo e molibdeno, nickel; può essere aggiunto zolfo se si necessita di truciolabilità (a scapito comunque delle caratteristiche meccaniche).

L'acciaio inossidabile martensitico è autotemprante, ma dalla temperatura di laminazione alla temperatura ambiente nasce una struttura troppo tensionata; si segue sempre quindi la procedura:

- ricottura di lavorabilità: essa è svolta col metodo isotermico solo quando si voglia la durezza minima; altrimenti si raffredda a velocità costante, scegliendola in base alla durezza che si vuole ottenere (vedi curve CCT)
- tempra a temperatura di circa 1000°C e per un tempo sufficiente a sciogliere i carburi di cromo
- rinvenimento a temperature diverse a seconda che si voglia privilegiare la durezza, la resistenza alla corrosione o la tenacità

Gli acciai inossidabili martensitici sono utilizzati soprattutto per la loro elevata resistenza allo scorrimento viscoso, sebbene la loro saldabilità sia estremamente critica e la loro resistenza alla corrosione sia minore rispetto a quella dell'inox ferritico e dell'inox austenitico. L'AISI 440 è utilizzato per l'utensileria inossidabile (coltello, forbice, bisturi, lametta, iniettore per motore a scoppio).

3. ACCIAIO INOX FERRITICO

Ha un minor tenore di carbonio rispetto al martensitico. Un tipo particolarmente resistente al calore contiene il 26% di cromo. Altri elementi presenti sono il molibdeno, l'alluminio per aumentare la resistenza all'ossidazione a caldo, lo zolfo per facilitare la lavorabilità. Il limite di snervamento è molto basso e, non potendosi fare trattamenti termici per l'assenza di punti critici, si esegue la ricristallizzazione o l'incrudimento. Si consiglia di non scaldarlo oltre gli 850°C per non ingrossare il grano e di non sostare tra i 400 e i 570°C nel raffreddamento per non incorrere nella fragilità al rinvenimento.

Le proprietà fondamentali sono: moderata resistenza alla corrosione, che aumenta con la percentuale di cromo; magnetizzabile; non temperabile e da usare sempre dopo ricottura; la saldabilità è scarsa, in quanto il materiale che viene surriscaldato subisce l'ingrossamento del grano cristallino a causa del cromo.

Gli impieghi più comuni sono vasellame o posateria di bassa qualità, acquai, lavelli e finiture per l'edilizia. In lamiere sottili si usano per rivestimenti, piastre per ponti navali, sfioratori, trasportatori a catena, estrattori di fumi e depolverizzatori.

4. ACCIAIO DUPLEX

Si tratta di un acciaio al cromo ibrido: il tenore di cromo va dal 18 al 26% e quello di nichel dal 4,5 al 6,5%, quantità insufficienti per determinare una struttura microcristallina totalmente austenitica (che quindi rimane in parte ferritica). Quasi tutte le sue varianti contengono fra il 2,5 ed il 3% di molibdeno. Le proprietà fondamentali sono:

- struttura microcristallina peculiare nota come duplex, austenitica e ferritica, che conferisce più resistenza alle rotture per tensocorrosione
- maggior grado di passivazione per il più alto tenore di cromo (e la presenza del molibdeno) e quindi miglior resistenza alla corrosione puntiforme (pitting)
- saldabilità e forgiabilità buone
- alta resistenza a trazione ed allo snervamento

Gli impieghi più comuni sono: scambiatori di calore, macchine per movimentazione dei materiali, serbatoi e vasche per liquidi ad alta concentrazione di cloro, refrigeratori ad acqua marina, dissalatori, impianti per salamoia alimentare ed acque sotterranee e ricche di sostanze aggressive.

5. ACCIAIO INOX AD ALTA TEMPERATURA

Questi acciai inox sono stati messi a punto per operare ad elevata temperatura in condizioni ossidanti. La percentuale di cromo è del 24% ed il nichel va dal 14 al 22%. Le proprietà fondamentali sono: resistenza all'ossidazione (sfaldatura) ad alta temperatura, buona resistenza meccanica alle alte temperature. Gli impieghi più comuni avvengono in parti di forni, tubi irradianti e rivestimenti di muffole, per temperature di esercizio fra 950°C e 1100°C.

6. ACCIAIO INOX SUPERFERRITICO

È stato ideato per ridurre la suscettibilità alla corrosione alveolare ed alle rotture per tensocorrosione degli inox austenitici. Questi acciai dolci al cromo hanno due composizioni possibili: cromo 18% e molibdeno 2%, oppure cromo 26% e molibdeno 1%. Le proprietà fondamentali sono le stesse degli acciai inox ferritici, con in più la resistenza alla corrosione alveolare ed alla rottura da tensocorrosione (SCC); saldabilità scarsa o discreta. A causa della bassa saldabilità gli impieghi sono limitati a particolari saldati di meno di 5 mm di spessore. Sono utilizzati per pannelli e radiatori solari, tubi di scambiatori di calore e di condensatori, serbatoi per acqua calda e tubazioni di circolazione di salamoie nelle industrie alimentari.

La tabella seguente elenca alcuni tra i principali settori di impiego delle diverse categorie di acciaio inox.

ACCIAI INOX MARTENSITICI	ACCIAI INOX FERRITICI	ACCIAI INOX AUSTENITICI
Parti meccaniche di media resistenza	Utensileria da cucina	Assi porta-elica
Alberi, bielle, rubinetteria	Impianti petrolchimici	Canne fumarie
Viterie e bullonerie	Raffinerie	Posateria di qualità
Raggi di cerchioni	Impianti chimici di pirolisi	Utensileria da cucina di qualità
Macchine per lavorazione dell'olio d'oliva	Componenti per l'industria automobilistica	Viti, bulloni e raccordi
Stampi	Armature e travature per forni	Elettrodi per saldatura
Palette per turbine	Parti di preriscaldatori d'aria	Stampaggio a freddo
Aste e alberi per pompe	Nuclei per elettrovalvole	Recipienti a pressione
Posateria, coltelleria, strumenti di taglio	Surriscaldatori	Apparecchiature chimiche
Strumenti chirurgici, rasoi	Canne fumarie	Industria farmaceutica e chimica
Impianti petrolchimici	ACCIAI INOX DUPLEX	Macchine per tintoria
Componentistica macchine industria cartiera	Componentistica applicazioni marine e navali	Parti di pompe resistenti ad attacchi chimici
Componentistica macchine industria casearia	Recipienti resistenti alla corrosione	Strutture saldate resistenti ad attacchi chimici
Cuscinetti a sfera	Tiranti	Impianti petrolchimici

AISI

La *AISI (American Iron and Steel Institute)* è un'associazione americana di produttori di acciai, che fonda le sue radici nel lontano 1855. Questa associazione emanò, nel 1974 una classificazione degli acciai inossidabili in cinque serie:

- **AISI 2xx** Acciai austenitici al cromo-manganese-nichel;
- **AISI 3xx** Acciai austenitici al cromo-nichel;
- **AISI 4xx** Acciai ferritici e martensitici al solo cromo;
- **AISI 5xx** Acciai martensitici al cromo medio, resistenti al calore;
- **AISI 6xx** Acciai martensitici trattati termicamente;

Ogni classe è indicata da un gruppo di tre cifre, la prima indica la classe di appartenenza, le altre due stabiliscono più in dettaglio di che tipo di acciaio si tratta e, dunque, quale sia la sua composizione.

Inoltre la sigla può essere seguita da lettere indicanti specifiche di fabbricazione:

- **L** a basso tenore di carbonio rispetto al convenzionale;
- **Ti** con aggiunte di Titanio;
- **F** con aggiunte di Zolfo;
- **N** con aggiunte di Niobio.

Tabella delle composizioni di alcune tipologie di acciai inossidabili:

Tipologia struttura	AISI	C max %	Mn max %	P max %	S max %	Si max %	Cr %	Ni %	Mo %	Altri elementi	EN norme	EN N°WN	UNS	UNI
Austenitico	201	0,15	5-7,5	-	-	-	16-18	3,5-5,5	-	-	-	-	S 20100	-
Austenitico	202	0,15	7-10	-	-	-	17-19	4-6	-	-	-	-	S 20200	-
Austenitico	301	0,05-0,15	2	0,045	0,015	2	16-19	6-9,5	0,8 max	N≤0,11	X10CrNi18-8	1.4310	S 30100	X12CrNi1707
Austenitico	302	0,15	2	0,045	0,030	1	17-19	8-10	-	-	-	-	S 30200	X8CrNi1910
Austenitico	303	0,10	2	0,045	0,1-0,35	1	17-19	8-10	-	N≤0,11; Cu≤1	-	1.4305	S 30300	X10CrNiS1809
Austenitico	304	0,07	2	0,045	0,015	1	17-19,5	8-10,5	-	N≤0,11	X5CrNi18-10	1.4301	S 30400	X5CrNi1810
Austenitico	305	0,06	2	0,045	0,015	1	17-19	11-13	-	N≤0,11	X4CrNi18-12	1.4303	S 30500	X8CrNi1810
Austenitico	316L	0,03	2	0,045	0,015	1	16,5-18,5	10-13	2-2,5	N≤0,11	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	S 31603	X2CrNiMo1712
Austenitico	316L	0,03	2	0,045	0,015	1	17-19	12,5-15	2,5-3	N≤0,11	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	S 31603	X2CrNiMo1713
Austenitico	316L	0,03	2	0,045	0,015	1	17-19	12,5-15	2,5-3	N≤0,11	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	S 31603	X2CrNiMo1713
Austenitico	316L	0,03	2	0,045	0,015	1	16,5-18,5	10,5-13	2,5-3	N≤0,11	X2CrNiMo17-12-3	1.4432	S 31603	X2CrNiMo1713
Austenitico	316LN	0,03	2	0,045	0,015	1	16,5-18,5	10-12	2-2,5	N=0,12 - 0,22	X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	S 31653	X2CrNiMoN1712
Austenitico	316LN	0,03	2	0,045	0,015	1	16,5-18,5	11-14	2,5-3	N=0,12 - 0,22	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	S 31653	X2CrNiMoN1713
Austenitico	316Ti	0,08	2	0,045	0,015	1	16,5-18,5	10,5-13,5	2-2,5	T=5xC min-0,7 max	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	S 31635	X6CrNiMoTi1712
Austenitico	316Ti	0,08	2	0,045	0,030	1	16-18,5	11,5-14,5	2,5-3	T=5xC min-0,8 max	-	-	S 31635	X6CrNiMoTi1713
Austenitico	904L	0,02	2	0,030	0,010	0,70	19-21	24-26	4-5	N≤0,15;Cu=1,2-2	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	-	X1NiCrMoCu25205
Ferritico	409	0,03	1	0,04	0,015	1	10,5-12,5	-	-	6x (C+N) ≤Ti≤0,65	X2CrTi12	1.4512	S 40900	X2CrTi12
Ferritico	430	0,08	1	0,04	0,015	1	16-18	-	-	-	X6Cr17	1.4016	S 43000	X8Cr17
Ferritico	444	0,02	-	-	-	-	17,5-18	0,2-0,3	2-2,5	Ti+Nb 0,4-0,5	-	1.4521	-	-
Martensitico	410	0,08-0,15	1,5	0,04	0,025	2	11,5-13,5	0,75 max	-	-	X12Cr13	1.4006	S 41000	X12Cr13
Martensitico	414	0,15	1	0,04	0,03	1	11,5-13,5	1,25-2,5	-	-	-	-	S 41400	-
Martensitico	416	0,08-0,15	1,5	0,04	0,1-0,35	1	12-14	-	0,6 max	-	X12CrS13	1.4005	S 41600	X12CrS13
Martensitico	416	0,25-0,32	1,5	0,04	0,1-0,25	1	12-13,5	-	0,6 max	-	X29CrS13	1.4029	S 41600	-
Martensitico	420	0,16-0,25	1,5	0,04	0,015	1	12-14	-	-	-	X20Cr13	1.4021	S 42000	X20Cr13
Martensitico	420	0,43-0,5	1	0,04	0,015	1	12,5-14,5	-	-	-	X46Cr13	1.4034	S 42000	X40Cr14
Martensitico	420F	0,15 min	1,25	0,06	0,15	1	12-14	-	0,6 max	-	-	-	S 42020	-
Martensitico	422	0,2-0,25	1	0,025	0,025	0,75	11-13	0,5-1	0,75-1,25	V=1,5-30; W=0,7-1,25	-	-	S 42200	-
Martensitico	431	0,12-0,22	1,5	0,04	0,015	1	15-17	1,5-2,5	-	-	X17CrNi16-2	1.4057	S 43100	X19CrNi172
Martensitico	440A	0,65-0,75	1	0,04	0,015	0,7	14-16	-	0,4-0,8	-	X70CrMo15	1.4109	S 44002	-
Martensitico	440B	0,85-0,95	1	0,04	0,015	1	17-19	-	0,9-1,3	V=0,07-0,12	X90CrMoV18	1.4112	S 44003	-
Martensitico	440C	0,95-1,2	1	0,04	0,015	1	16-18	-	0,4-0,8	-	X105CrMo17	1.4125	S 44004	-
Duplex 22-05	329A	0,03	2	0,035	0,015	1	21-23	4,5-6,5	2,5-3,5	0,10 ≤N ≤0,22	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	-	-