

Acciaio Storia

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. Tuttora vengono perfezionati e adattati alle richieste dei vari settori industriali, come il petrolifero/petrolchimico, minerario, energetico, nucleare ed alimentare.

Tipi di acciaio inossidabile

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 nicel, 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 austenitico

È un acciaio contenente Ni e Cr in percentuale tale da conservare la struttura austenitica anche a temperatura ambiente. Viene classificato in base alla percentuale di Ni e di Cr (vedi tabella); nella classificazione ASTM costituisce la serie 3XX.

% Cr	% Ni	ASTM	UNI
18	8	304, 316	X8CN1910, X3CN1911
18	10	321, 347, 348	X8CNT1810, X8CNCNb1811
18	13	317	X8CND1712
23	12	309	
25	20	310	X8CN2520

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 C), ma esistono anche acciai inox austenitici *dolci* (0,03% di C 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;
- incredibile 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 pitting corrosion. 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).

Leghe inox austenitiche

Definite anche come leghe per alte prestazioni, superleghe o materiali esotici, sono prodotti con alte percentuali di leganti, oltre il 50% in peso: in pratica un ampliamento degli acciai inox austenitici tradizionali. Sono nate per coprire le debolezze di questi ultimi in fatto di resistenza alla corrosione, sia alveolare che tensocorrosione.

I costituenti sono cromo (20-27%), nichel (25-42%) e molibdeno (3-6%). Queste percentuali elevate conferiscono alle leghe una maggior resistenza alla corrosione da acidi ad alta temperatura ed a forte concentrazione ed alle rotture per tensocorrosione in atmosfera ricca di cloro.

Le proprietà fondamentali sono quelle tipiche degli acciai inox austenitici, ma con una migliorata saldabilità.

Sono specialmente impiegate in alcuni settori dell'industria petrolchimica e chimica dove il problema della corrosione è particolarmente sentito.

Le leghe più utilizzate sono quelle denominate AISI 304 (304 L), 316 (316 L), 321 e 347 (queste ultime due sono versioni migliorate del 304).

Il 304, se portato ad alta temperatura (400°C-840°C, ad esempio durante la saldatura), si sensibilizza alla corrosione intergranulare a causa della precipitazione dei carburi di Cromo (M₂₃C₆) sui bordi di grano della struttura metallica. La precipitazione di questi carburi causa una notevole diminuzione del tenore di cromo nelle zone circostanti ai bordi di grano e, se si scende al di sotto del 12%, il film di passività dell'acciaio non è più sufficiente a proteggere il materiale sottostante. Si rischia quindi di avere rotture per corrosione selettiva lungo il perimetro dei bordi di grano.

Per evitare questi problemi si "stabilizza l'acciaio" con delle aggiunte di titanio nel caso del 321 e di niobio (o columbio) nel caso del 347. La stabilizzazione consiste nel fatto che il titanio e il niobio formano dei carburi che sottraggono parte del carbonio alla matrice metallica, evitando che questo elemento possa legarsi al cromo.

Per quanto riguarda il 316 questo inox ha una buona resistenza a Pitting a causa della discreta percentuale di molibdeno (2-3%) ma se questa non fosse sufficiente si può optare per il 317 che contiene percentuali di molibdeno maggiori.

Acciai da ultra alto vuoto e criogenia

Il metallo più utilizzato in UV e in UHV è l'acciaio inox. L'acciaio inox è una lega di ferro, cromo, nicel, con tracce di silicio, carbonio, manganese, molibdeno, niobio e titanio, ed è il costituente strutturale dell'ambiente da vuoto: questo perché è molto reperibile ed economico, ha proprietà di resistenza e solidità meccanica molto elevate, non si tempra, si salda con facilità, ha un basso degasaggio, è abbastanza inerte chimicamente. Sono in commercio vari tipi di acciai inox, sotto notazione AISI (marchio statunitense), che differiscono per percentuale in peso degli elementi costituenti; distinguiamo tra questi i più usati in questo campo:

- 304 Cr (18%) Ni (10%) C (0,05%)
- 304 L Cr (18%) Ni (10%) C < 0.03% (L = Low Carbon)
- 316 Cr (16%) Ni (11.3/13 %) Mo (2/3 %)
- 316 L
- 316 LN (presenta di azoto disciolto nel materiale)
- 316 LN ESR (electro slag refining).

La posizione del ferro all'interno della lega influenza diverse caratteristiche, di elevata importanza per il suo utilizzo. La principale è la magneticità: nella disposizione a corpo centrato il materiale evidenzia proprietà ferritiche, perciò magnetiche, mentre in quella a facce centrate l'acciaio è austenitico.

Nell'UV si necessita di una tipologia d'acciaio austenitico, poiché possiede una struttura molto legata e di conseguenza meno attaccabile chimicamente. La presenza di metalli refrattari, come il molibdeno, aiuta a legare elettrochimicamente gli atomi di ferro, conferendone maggiore inerzia e un grado di durezza superiore (circa 180 gradi Vickers).

La sigla "L" indica la bassa percentuale di carbonio presente. Questa

caratteristica fa sì che l'acciaio degasi poco, in quanto il carbonio tende in qualsiasi condizione a legarsi con l'idrogeno, precipitando idrocarburi.

L'annotazione "N" sta ad indicare la presenza di azoto disciolto nella lega.

Grazie alle sue proprietà di gas inerte (il legame azoto-azoto è triplo, gli atomi sono molto vicini tra loro e perciò si separano difficilmente), l'azoto funge da schermo sull'acciaio limitandone la contaminazione esterna.

La differenza tra l'acciaio 304 e 316, a parte il costo maggiore e la presenza nel 316 di Mo, è data dalla più elevata austenicità del secondo grazie alla più alta percentuale di nichel. L'acciaio austenitico permette di utilizzare la lega anche nell'UHV, poiché l'amagneticità strutturale le dona un'inerzia quasi totale alle interazioni "deboli" garantendo un vuoto più pulito. La presenza di cromo, nonostante le sue caratteristiche ferriticizzanti, conferisce all'acciaio stabilità ed elasticità, garantendone così duttilità e malleabilità. Resta comunque il fatto che, in questa tecnologia, l'acciaio più utilizzato sia quello austenitico. La sua temperatura di fusione è di 1435°C, tuttavia dobbiamo considerare che, durante la saldatura, **nell'intervallo di temperatura tra i 600°C e gli 800°C, si trasforma, o meglio decade, da austenitico a ferritico (come indicato nel diagramma di sensibilizzazione di Schaeffler). Il suo decadimento è più rapido e permanente per gli acciai 304 rispetto ai 316.**

Periodo di sensibilizzazione:

- **304: 10 minuti;**
- **304 L: 30 minuti;**
- **316 L: un'ora.**

Maggiore è questo periodo (proporzionale alla presenza di nickel), più il materiale è affidabile.

Per ridurre ulteriormente il degasaggio della lega 316 si effettua il processo di *electro slag refining*, in cui la stessa viene rifusa in un forno a radiofrequenze, in modo da eliminare le microscorie di ossidi e di carburi, che, oltre a "sporcare" il vuoto, la rendono più ferritica. Il 316 L N ESR, poiché molto costoso, viene utilizzato limitatamente e prevalentemente negli acceleratori di particelle.

L'acciaio è costituente delle camere da vuoto, delle flange e di eventuali altri elementi come bulloni e dadi; in ogni modo, una camera da vuoto in acciaio richiede ulteriori trattamenti finalizzati a diminuire il costante degasaggio di idrogeno dalle sue pareti. Uno dei principali è il *vacuum firing*, con il quale l'acciaio viene in primo luogo scaldato a 1400°C e poi rapidamente raffreddato, per attraversare celermente la zona di sensibilizzazione senza decadere in ferritico. Così, oltre alla diminuzione della percentuale di azoto sulle superfici, si ottiene un aumento della sua austenicità.

Chiarimenti all'articolo sulla norma 10845

Nella rivista "Progetto Gas" di settembre/ottobre abbiamo trattato la norma UNI 10845 (Impianti a gas per uso domestico - Sistemi per l'evacuazione dei prodotti della combustione asserviti ad apparecchi alimentati a gas - Criteri di verifica, risanamento, ristrutturazione ed intubamento), che stabilisce i criteri per la verifica della funzionalità di sistemi in esercizio, asserviti ad apparecchi alimentati a gas e per la verifica dell'idoneità di sistemi esistenti, per i quali è previsto il collegamento di apparecchi alimentati a gas.

Stabilisce inoltre i criteri per: - l'adeguamento di sistemi; - il risanamento e la ristrutturazione di camini e canne fumarie esistenti che non soddisfano i requisiti della norma; - l'intubamento di camini e canne fumarie esistenti.

La pubblicazione dell'articolo ha fatto sì che in redazione siano giunte alcune domande riguardanti in particolare la "tabella materiali" dei camini e quindi, prima di procedere oltre, ci sentiamo in dovere di fare le seguenti e precisazioni:

- 1) è consuetudine di questa redazione tecnica riportare solo ed esclusivamente le tabelle contenute nelle norme, come nel caso della tabella materiali dei camini contenuta nella norma UNI 10845;
- 2) sia la norma UNI 10845 che l'articolo pubblicato, citano che la tabella riporta alcune tipologie di materiali e ciò vuol dire che la tabella stessa è un elenco esplicativo, ma non esaustivo dei materiali con cui si possono costruire i camini.

Ciò premesso e per fugare qualsiasi dubbio o equivoco interpretativo, di seguito riportiamo le tabelle materiali della norma UNI EN 1856 parte 1 e parte 2, che tratta dei requisiti dei camini metallici.

UNI EN 1856 parte 1

La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese e italiana della norma europea EN 1856-1 (edizione giugno 2003) che indica i requisiti di prestazione per prodotti per sistemi di camini a parete singola e multiparete con rivestimenti interni di metallo, impiegati per convogliare verso l'atmosfera esterna i prodotti di combustione. La norma indica inoltre i requisiti per la marcatura, le istruzioni del fabbricante, le informazioni sul prodotto e la valutazione di conformità.

Di seguito riportiamo la tabella materiali.

Specificazione dei materiali del condotto fumario

La specifica completa del materiale del condotto fumario deve essere formata dalla lettera L seguita da cinque cifre. Le prime due cifre devono rappresentare il tipo di materiale come nel prospetto 4 e le ultime tre cifre devono rappresentare lo spessore del materiale in multipli dell'unità 0,01 mm.

Esempio:

L40045 rappresenta un condotto costituito di acciaio inossidabile 1.4401 dello spessore di 0,45 mm.

prospetto 4 Specifica del materiale del condotto fumario (secondo la EN 10088-1 e la EN 573-3)

Tipo di materiale	N° Materiale	Simbolo
10	EN AW - 4047A	EN AW Al Si 12(A) e CU <0,1%, Zn<0,15% (ghisa)
11	EN AW - 1 200A	EN AW-AL 99,0 (A)
13	EN AW-6060	EN AW-Al MgSi
20	1.4301	X5CrNi 18-10
30	1.4307	X2CrNi 18-9
40	1.4401	X5CrNiMo 17-12-2
50	1.4404 ^{a)}	X2CrNiMo 17-12-2
60	1.4432	X2CrNiMo 17-12-3
70	1.4539	X1NiCrMoCu 25-20-5

a) Equivalente per materiale N° 1.4404 = 1.4571 (simbolo X6CrNiMoTi 17-12-2).

UNI EN 1856 parte 2

La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 1856-2 (edizione luglio 2004). La norma definisce i requisiti di prestazione per i condotti interni rigidi o flessibili, canali

da fumo e raccordi rigidi utilizzati per l'evacuazione dei prodotti della combustione.

Di seguito riportiamo la tabella materiali.

EN 1856-2:2004 (E)

Table 2 — Material specification

Material type	Material No.	Symbol
00	Cast iron	
01	Normal steel EN 10025	S 235 JRG 2
05	Aluminium coated steel	EN 10154
10	EN AW - 4047A	EN AW Al Si 12A ¹⁾
11	EN AW - 1200	EN AW-AL 99,0A
13	EN AW - 6060	EN AW-Al MgSi
20	1.4301	X5CrNi 18-10
30	1.4307	X2CrNi 18-9
40	1.4401	X5CrNiMo 17-12-2
50	1.4404 ²⁾	X2CrNiMo 17-12-2
60	1.4432	X2CrNiMo 17-12-3
70	1.4539	X1NiCrMoCu 25-20-5
80	Double sided vitreous enamelled steel	

1) Cu < 0,1 %, Zn < 0,15 %.

2) Equivalent for material no. 1.4404 = 1.4571 (symbol X6CrNiMoTi 17-12-2).