

GRAVIS

amazing strength

GRAVIS Ambiti di competenza

Capitolo 1: l'acciaio inossidabile
nell'edilizia

Dr. Stefan Lips



Contenuto

Proprietà e classificazione.....	4
<i>Strutture metallurgiche</i>	4
<i>Composizione chimica</i>	4
Tipi di corrosione.....	5
<i>Corrosione generale</i>	5
<i>Corrosione da vaiolatura</i>	5
<i>Corrosione interstiziale</i>	5
<i>Corrosione da fessura sotto sforzo</i>	5
<i>Corrosione bimetallica (corrosione da contatto)</i>	5
Indice di resistenza alla perforazione (PREN).....	6
Designazione numerica	6
Classi di resistenza alla corrosione.....	6
Proprietà meccaniche	7
Requisiti di resistenza alla corrosione.....	8
Letteratura.....	10
<i>Norme</i>	10
<i>Letteratura sulla storia dell'acciaio inossidabile</i>	10
<i>Letteratura sulle proprietà e la classificazione degli acciai inossidabili</i>	10

La storia

La storia dell'acciaio inossidabile è affascinante e risale al XIX secolo. In generale, la scoperta dell'acciaio inossidabile non può essere attribuita a una singola persona o a un gruppo di ricercatori. Come spesso accade, sono state coinvolte diverse persone e le scoperte sono state fatte indipendentemente l'una dall'altra. Inoltre, bisogna tenere presente che la scoperta del comportamento dell'acciaio inossidabile è solo una parte del processo. Un fattore essenziale nello sviluppo dell'acciaio inossidabile è anche la sua produzione e le proprietà meccaniche che ne hanno reso possibile l'uso. Per questo motivo, anche se l'elenco non è esaustivo, segnaliamo le persone che hanno contribuito in modo significativo allo sviluppo dell'acciaio inossidabile. Le varie fonti di questo testo sono indicate nella bibliografia.

Nel 1821, il mineralogista e geologo francese Pierre Berthier si rese conto che l'aggiunta di cromo rendeva la lega che stava studiando più resistente alla ruggine. Tuttavia, il materiale sperimentale era troppo fragile per un'applicazione pratica. Nel 1872, John T. Woods e John Clark brevettarono una lega ferro-cromo con un contenuto di cromo del 35%. La scoperta del francese Brustlein, nel 1875, che il contenuto di carbonio di una lega ad alto tenore di cromo deve essere inferiore allo 0,15%, fu una pietra miliare nella produzione di acciai inossidabili. Tuttavia, all'epoca, ciò non era tecnicamente fattibile. La situazione cambiò solo quando il tedesco Hans Goldschmidt sviluppò un processo alluminotermico per produrre metalli puri.

All'inizio del XX secolo, diversi scienziati si occuparono del tema degli acciai inossidabili, tra cui il francese Léon Guillet, l'inglese Giesen e il francese Alber Protevien. Nel 1911, il tedesco Monnartz descrisse per la prima volta la passività delle leghe ferro-cromo.

Quasi contemporaneamente, nel 1912, furono sviluppate leghe che potevano essere lavorate e prodotte. Questo portò alle prime applicazioni commerciali degli acciai inossidabili. Per questo motivo il 1912 è considerato l'anno di nascita dell'attuale acciaio inossidabile. Tuttavia, la letteratura in lingua inglese cita facilmente Harry Brearley di Sheffield come "inventore", mentre quella in lingua tedesca riconosce invece i tedeschi Benno Strauss ed Eduard Mauer, che implementarono l'acciaio inossidabile presso l'azienda Krupp.

Harry Brearley lavorava presso i Brown Firth Laboratories quando, nel 1913, sviluppò un acciaio contenente il 12,8% di cromo e lo 0,24% di carbonio. Tuttavia, non stava cercando un acciaio inossidabile, ma un acciaio per le canne da fuoco che si erodesse meno rapidamente. Quando scoprì che questa lega era resistente agli attacchi chimici, capì subito il potenziale di questo acciaio. La prima applicazione di questo nuovo sviluppo furono le lame di coltello, il primo uso commerciale dell'acciaio inossidabile.

Anche Benno Strauss, che ricopriva una posizione dirigenziale, e Eduard Mauer, uno dei suoi colleghi alla Krupp, lavorarono sulle leghe per l'acciaio inossidabile. Nel 1912, Krupp registrò due brevetti per la produzione di oggetti in acciaio inossidabile. In particolare, due miscele sperimentali, la Miscela Sperimentale 2A (V2A) e la Miscela Sperimentale 4A (V4A), di leghe austenitiche di cromo-nichel dovevano trovare applicazione pratica.

Durante la Prima Guerra Mondiale e successivamente durante la Seconda Guerra Mondiale, la domanda di acciaio inossidabile è cresciuta rapidamente. La ricerca in questo campo si è intensificata e sono state sviluppate nuove leghe per soddisfare le esigenze specifiche di diversi settori industriali. Gli acciai austenitico-ferritici (Duplex) sono stati uno di questi sviluppi. Questo sviluppo è iniziato nel 1927 con Bain e Griffiths negli Stati Uniti. Essi descrissero leghe austenitico-ferritiche contenenti dal 23% al 30% di cromo e dall'1,2% al 9,7% di nichel. Tuttavia, la loro pubblicazione non conteneva informazioni sulle proprietà dei materiali. Nel 1930, la fonderia Avesta in Svezia sviluppò due acciai austenitico-ferritici. L'obiettivo era quello di ridurre la suscettibilità alla corrosione intergranulare. Le leghe di cromo-nichel sviluppate hanno raggiunto questo obiettivo. Inoltre, questi acciai presentavano un carico di snervamento e una resistenza alla trazione più elevati rispetto agli acciai austenitici.



Foto1: La cima del Chrysler Building a New York City

Una delle prime e più spettacolari applicazioni dell'acciaio inossidabile nell'edilizia è la struttura della facciata del Chrysler Building, inaugurato nel 1930 a New York (foto 1). La parte superiore di questo edificio Art Déco fu rivestita con materiale NIROSTA di Krupp, fornito all'epoca da licenziatari americani. Un altro spettacolare edificio con rivestimento in acciaio inossidabile è il Gateway Arch di St. Louis, Missouri, inaugurato nel 1965. Questo arco alto 192 metri sul Mississippi è interamente rivestito in acciaio inossidabile (vedi foto di copertina).

Nei decenni successivi, sono stati sviluppati acciai inossidabili sempre più performanti, utilizzati in una moltitudine di applicazioni. Oggi gli acciai inossidabili si trovano nell'industria alimentare, nella lavorazione chimica, nell'edilizia, nella tecnologia medica e in molti altri campi. I progressi tecnologici hanno anche permesso di sviluppare acciai inossidabili resistenti al calore, estremamente resistenti alla corrosione e utilizzabili in ambienti estremi come lo spazio.

Sebbene l'acciaio inossidabile sia altamente durevole e versatile, ci si impegna costantemente per renderlo ancora migliore. La ricerca si concentra sullo sviluppo di processi produttivi più rispettosi dell'ambiente, leghe meno costose e la riduzione dell'uso di mate-

rie prime rare. Il futuro dell'acciaio inossidabile sarà probabilmente segnato dalle innovazioni nella scienza dei materiali e nelle tecnologie di produzione sostenibili.

Proprietà e classificazione

Strutture metallurgiche

Gli acciai inossidabili possono avere strutture metallurgiche diverse a seconda della loro esatta composizione e dei processi di produzione utilizzati. A seconda della struttura metallurgica, i principali gruppi di acciai sono ferritici, martensitici, austenitici-ferritici (Duplex) e austenitici. Gli acciai austenitici e austenitici-ferritici sono utilizzati principalmente per gli elementi portanti degli edifici. Questi acciai sono caratterizzati da una buona lavorabilità e da buone proprietà meccaniche.

Composizione chimica

L'acciaio inossidabile è una lega appositamente studiata per resistere alla corrosione. I principali componenti dell'acciaio inossidabile sono ferro, cromo, nichel e molibdeno. L'acciaio inossidabile contiene almeno l'11% di cromo. Questo numero relativamente elevato di atomi di cromo reagisce con l'ossigeno, ad esempio quello dell'aria d'ambiente, formando un sottile strato protettivo di ossido di cromo sulla superficie dell'acciaio. Anche dopo che questo strato protettivo è stato alterato, ad esempio da un trattamento meccanico, lo strato protettivo si riformerà a contatto con l'aria o con un altro mezzo ossidante. Poiché questo strato protettivo porta a uno stato passivo del materiale nel senso chimico del termine, viene anche chiamato strato passivo. Questo strato passivo impedisce la progressione dell'ossidazione e quindi l'arrugginimento dell'acciaio. L'estensione e la durata dello strato passivo dipendono principalmente dalla composizione della lega dell'acciaio.

Oltre al cromo, gli acciai inossidabili contengono generalmente molibdeno, che migliora la resistenza alle influenze corrosive, ad esempio in ambiente salino. Oltre alla generale resistenza alla corrosione superficiale, il molibdeno migliora la resistenza alla vaiolatura e alla corrosione interstiziale.

Per ottenere una struttura austenitica nell'acciaio inossidabile a temperatura ambiente, si aggiunge il nichel all'acciaio. Ciò conferisce all'acciaio inossidabile una maggiore malleabilità. Sebbene il nichel non venga preso in considerazione per determinare la somma attiva e quindi per classificare la resistenza alla corrosione, il nichel ha un effetto positivo sul comportamento di ripassivazione e riduce anche la velocità di attacco della corrosione per vaiolatura.

Gli altri elementi presenti negli acciai inossidabili sono il carbonio e l'azoto. Il contenuto di carbonio è mantenuto il più basso possibile negli acciai inossidabili, poiché ha un effetto negativo sul comportamento

meccanico dell'acciaio inossidabile, in particolare alle alte temperature. Come il nichel, l'azoto è un agente austenitico. Può anche aumentare significativamente la resistenza alla vaiolatura degli acciai in lega. Per questo motivo, anche il contenuto di azoto ha un'influenza importante nel determinare l'indice di resistenza alla vaiolatura.

Tipi di corrosione

Corrosione generale

La corrosione generale si verifica quando la corrosione è uniforme su tutta la superficie. Nel caso dell'acciaio inossidabile, la corrosione superficiale uniforme, come nel caso dell'acciaio al carbonio, è rara. Tuttavia, lo strato protettivo passivo dell'acciaio inossidabile può essere attaccato da sostanze chimiche, in particolare dagli acidi, che possono portare alla corrosione dell'intera superficie.

Corrosione da vaiolatura

A differenza della corrosione generale, la vaiolatura è altamente localizzata. La corrosione per vaiolatura si verifica quando lo strato passivo è indebolito o danneggiato. Ciò può essere dovuto, ad esempio, agli ioni di cloruro. In casi favorevoli, ad esempio quando gli ioni di cloruro vengono rimossi con la pulizia, può verificarsi la ripassivazione. In caso contrario, la corrosione per vaiolatura continua a progredire. Quanto più profondo è il foro, tanto minore è la probabilità di rimuovere gli ioni cloruro e di ottenere la ripassivazione. Poiché la velocità di corrosione dipende dal rapporto di superficie tra anodo e catodo, in questi casi la corrosione può progredire molto rapidamente. La piccola superficie attiva dei fori costituisce quindi l'anodo e la superficie rimanente il catodo.

Corrosione interstiziale

Anche la corrosione interstiziale è un tipo di corrosione localizzata. L'apporto di ossigeno all'area attaccata è molto limitato, il che esclude qualsiasi ripassività. La corrosione può quindi propagarsi ad alta velocità nell'ambiente. Anche la forma della cricca è determinante. Più stretta e profonda è la cricca, maggiore è il rischio di corrosione interstiziale.

Corrosione da fessura sotto sforzo

Nel caso di corrosione da fessura sotto sforzo, in genere non si verifica una corrosione visibile. La fessura da corrosione sotto sforzo si verifica quando, oltre all'attacco chimico, si verificano sollecitazioni meccaniche, in particolare di trazione. Queste sollecitazioni provocano l'aumento delle fessure e accelerano la corrosione. Oltre all'ambiente chimico e alle sollecitazioni meccaniche, anche il materiale gioca un ruolo fondamentale. Gli acciai duplex, ad esempio, sono più resistenti alla corrosione da fessura sotto sforzo indotta dal cloro rispetto agli acciai austenitici.

Corrosione bimetallica (corrosione da contatto)

La corrosione bimetallica deriva da una reazione elettrochimica tra due metalli diversi. Ciò può verificarsi, ad esempio, quando un acciaio al carbonio viene combinato con un acciaio inossidabile. In questo caso, gli elettroni si spostano dal metallo meno nobile a quello più nobile. L'anodo, il metallo meno nobile, si corrode più rapidamente che se i due metalli non fossero in contatto. Oltre alla differenza di potenziale tra i metalli, anche il rapporto di superficie tra anodo e catodo determina la velocità di corrosione. Ad esempio, le viti in acciaio inox a contatto con le piastre di ancoraggio in acciaio al carbonio sono meno critiche delle viti in acciaio al carbonio a contatto con piastre di ancoraggio in acciaio inox. La corrosione da contatto gioca un ruolo anche dove normalmente non ci si aspetterebbe di trovarla. Le plastiche rinforzate con fibre di carbonio (CFRP), pubblicizzate come materiale da costruzione sostenibile, sono un esempio. In questo caso, tuttavia, occorre tenere presente che la corrosione da sfregamento può verificarsi quando le fibre di carbonio entrano in contatto con l'armatura in acciaio. Il rinforzo in CFRP è quindi durevole, ma può portare al deterioramento dell'armatura in acciaio, presente ad esempio nell'elemento di connessione o che fornisce la connessione.

Indice di resistenza alla perforazione (PREN)

L'indice PREN (Pitting Resistance Equivalent Number) viene utilizzato per valutare la resistenza alla corrosione per vaiolatura. Gli elementi più importanti per prevenire la corrosione per vaiolatura sono cromo, molibdeno e azoto. Le proporzioni individuali di questi elementi vengono quindi utilizzate anche per calcolare l'efficacia totale.

$$\text{PREN} = \%Cr + 3.3 \cdot \%Mo + n \cdot \%N$$

dove $n = 0$ per gli acciai ferritici, $n = 16$ per gli acciai duplex e $n = 30$ per gli acciai austenitici

Più alto è l'indice PREN, maggiore è la resistenza alla corrosione per vaiolatura.

Designazione numerica

La normazione europea definisce un numero che identifica chiaramente il materiale. Il primo numero definisce il gruppo principale di materiali. I materiali in acciaio hanno il numero 1. Le cifre successive definiscono il numero di grado (gruppo di acciaio) e dipendono dal gruppo principale corrispondente. I numeri di grado da 40 a 45 si applicano agli acciai inossidabili. 40 indica gli acciai inossidabili con < 2,5% di Ni, 41 gli acciai inossidabili con < 2,5% di Ni con Mo, 43 gli acciai inossidabili con $\geq 2,5\%$ di Ni, 44 gli acciai inossidabili con $\geq 2,5\%$ di Ni con Mo e 45 gli acciai inossidabili con additivi speciali. Le ultime cifre sono numeri di conteggio e non hanno una relazione diretta con il materiale o la composizione. Per gli acciai inossidabili, la norma EN 10088 definisce la composizione chimica delle varie leghe in relazione alla designazione numerica del materiale.

Classi di resistenza alla corrosione

Per semplificare l'uso degli acciai inossidabili nelle costruzioni, sono state stabilite delle classi di resistenza alla corrosione. Le classificazioni sono presentate nella norma EN 1993-1-4:2020, nella specifica tecnica SIA 2029:2013 e nella norma SIA 179:2019. La suddivisione in cinque classi di resistenza alla corrosione si basa in ogni caso sulla somma delle azioni dei diversi materiali. La tabella seguente mostra la classificazione secondo la norma EN 1993-1-4:2020.

Classe di resistenza alla corrosione				
I	II	III	IV	V
1.4003	1.4301	1.4401	1.4439	1.4565
1.4016	1.4307	1.4404	1.4462	1.4529
1.4512	1.4311	1.4435	1.4539	1.4547
	1.4541	1.4571	1.4662	1.4410
	1.4318	1.4429		1.4501
	1.4306	1.4432		1.4507
	1.4567	1.4162		
	1.4482	1.4362		
	1.4621	1.4062		
	1.4622	1.4578		
	1.4509			
	1.4521			
	1.4420			

Tabella 1: Distribuzione dei materiali nelle corrispondenti classi di resistenza alla corrosione secondo SN EN 1993-1-4:2020

Proprietà meccaniche

Poiché esistono molte leghe diverse per gli acciai inossidabili rispetto ai normali acciai strutturali e di rinforzo (acciaio al carbonio/acciaio nero), è difficile definire classi di resistenza precise. In particolare, ulteriori trattamenti successivi, come l'incrudimento, consentono di ottenere proprietà meccaniche diverse, anche per lo stesso materiale. Sebbene le norme da EN 10088-2 a EN 10088-5 indichino valori minimi per il carico di snervamento e la resistenza alla trazione, in determinate circostanze è possibile ottenere valori significativamente più elevati. Di norma, quindi, non sono i valori di resistenza normativi a essere decisivi, ma le specifiche fornite dal fornitore. In queste condizioni, il monitoraggio continuo è essenziale per garantire la qualità. In particolare per gli acciai inossidabili da armatura, il controllo delle proprietà meccaniche dopo la lavorazione (barra dritta, sagomatura) è decisivo e deve essere monitorato di conseguenza.

Questa diversità di valori si applica non solo al carico di snervamento e alla resistenza alla trazione, ma anche al modulo di elasticità. Va notato, tuttavia, che la variazione è meno significativa. In linea di massima, gli acciai inossidabili sono leggermente meno rigidi di quelli al carbonio. In generale, il modulo di elasticità è compreso tra 160 e 180 GPa.

Gli acciai inossidabili non hanno un allungamento da snervamento, ma seguono una curva arrotondata. La tensione di snervamento calcolata è quindi generalmente definita dal limite di snervamento dello 0.2%. Quando vengono utilizzati come acciaio da armatura, occorre tenere presente che la curva nell'intervallo di resistenza alla trazione è spesso molto piatta. Per questo motivo, l'allungamento sotto carico ultimo non può essere sempre determinato con precisione. In alcuni casi, la sollecitazione massima (resistenza a trazione) determinata nella prova di trazione è già a deformazioni molto basse, il che può essere inteso come un comportamento non duttile. Tuttavia, a differenza degli acciai al carbonio, la resistenza non subisce una riduzione significativa, ma rimane su un plateau fino al raggiungimento dell'allungamento a rottura, che è almeno del 15% e generalmente superiore al 20%. Questi acciai hanno quindi una capacità di deformazione molto elevata che, nei sistemi in calcestruzzo armato staticamente indeterminato, consente una redistribuzione del momento nella zona limite e quindi un comportamento strutturale duttile.

La tabella 2 mostra degli esempi schematici di diversi acciai. La curva mostra un comune acciaio da armatura B500B con un corrispondente allungamento da snervamento. Le curve b e c mostrano rispettivamente il comportamento sforzo-deformazione degli acciai Duplex che non presentano un allungamento da snervamento. La forma della curva può variare anche a seconda del processo di produzione, in particolare per quanto riguarda l'allungamento alla massima sollecitazione.

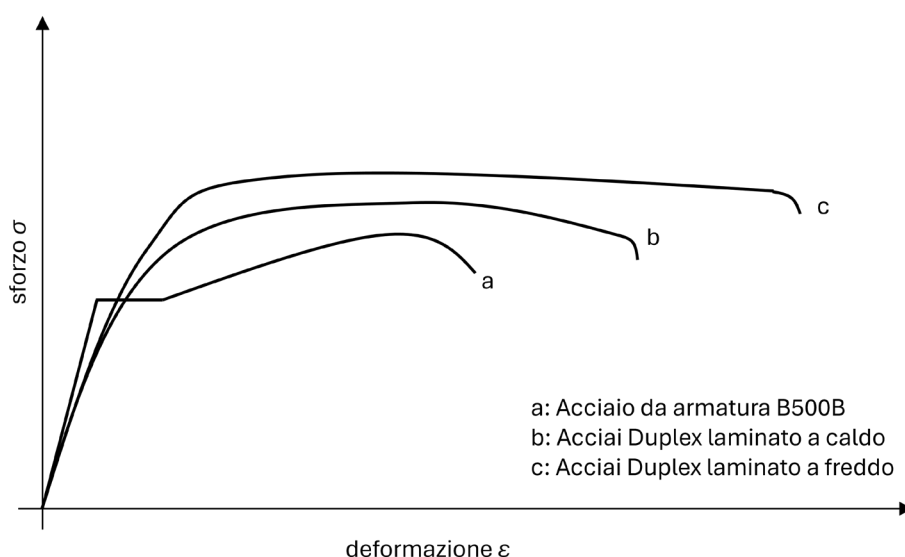


Tabella 2: Esempi di relazioni sforzo-deformazione per differenti tipi d'acciai

Requisiti di resistenza alla corrosione

Esistono norme che regolano i requisiti di resistenza alla corrosione dell'acciaio inossidabile. Si distinguono a seconda se l'acciaio sia esposto all'atmosfera oppure utilizzato come acciaio di rinforzo nel calcestruzzo. Per l'acciaio inossidabile esposto all'atmosfera, i requisiti possono essere determinati in base alle norme SIA 179:2019 e SN EN 1993-1-4:2020. Se l'acciaio viene utilizzato come acciaio di rinforzo completamente annegato nel calcestruzzo, i requisiti sono definiti nella normativa SIA 2029:2013.

La norma SIA 2029:2013 regola in particolare il copriferro necessario per soddisfare i requisiti di durabilità. Secondo la norma SIA 2029:2013, il copriferro può essere ridotto se si utilizza acciaio d'armatura inossidabile, a seconda del tipo di calcestruzzo e della classe di esposizione. Si noti, tuttavia, che i copriferri minimi indicati nella tabella sottostante si riferiscono alla durabilità. Per motivi di legatura, betonaggio e resistenza al fuoco, possono essere necessari copriferri di armatura maggiori.

	Tipo di calcestruzzo	Classe di esposizione	c_{nom} [mm]	c_{red} [mm]			
				KWK I	KWK II	KWK III	KWK IV
Edilizia	A	XC2(CH)	35	20	20	20	20
	B	XC3(CH)	35	20	20	20	20
	C	XC4(CH), XF1(CH)	40	20	20	20	20
Genio civile	D + E	XC4(CH), XD1(CH), XF2/4(CH)	40	30	20	20	20
		XC4(CH)	55	55	55	30	20

Tabella 2: Copriferro minimo per l'armatura secondo la norma SIA 2029:2013

Se l'acciaio inossidabile non è completamente annegato nel calcestruzzo, come nel caso di ancoraggi, tiranti o bulloni di ancoraggio, si applicano i requisiti per l'acciaio inossidabile esposto all'atmosfera. Le indicazioni in merito sono contenute nelle norme SN EN 1993-1-4:2020 e SIA 179:2019.

L'allegato A della norma SN EN 1993-1-4:2020 viene utilizzato per determinare il fattore di resistenza alla corrosione (CRF). Vengono prese in considerazione diverse influenze. Per gli elementi edilizi situati all'interno, in linea di massima si può applicare il fattore di resistenza alla corrosione CRF = 1. Le aree ventilate o riscaldate, o che si trovano all'interno di porte chiuse, sono considerate spazi interni. Le piscine coperte costituiscono un'eccezione e devono essere considerate separatamente. Inoltre, gli elementi edilizi situati in aree con grandi aperture, come i parcheggi, devono essere considerati spazi esterni.

Per le aree esterne, il fattore di resistenza alla corrosione è definito dalla somma di F1, F2 e F3.

$$CRF = F1 + F2 + F3$$

F1 tiene conto dell'esposizione ai cloruri dell'acqua salata o del sale stradale. Nelle zone costiere, il valore F1 dipende dalla distanza dal mare e dalla salinità del mare in questione. Ad esempio, nelle zone costiere - distanza < 250 m - dal mare sulle coste del Baltico e del Mare del Nord in Germania, F1 = -10 e per le zone costiere vicino all'Atlantico o al Mediterraneo, F1 = -15. Lontano dalle zone costiere, la distanza dalle strade su cui viene utilizzato il sale antighiaccio è decisiva per determinare F1. In questi casi, :

Distanza dalla strada con sale antighiaccio

> 100 m	F1 = 0
> 10 m und ≤ 100 m	F1 = -3
≤ 10 m	F1 = -7
Nelle gallerie stradali, F1 = -10	

F2 tiene conto della concentrazione di anidride solforosa nell'aria. A causa della legislazione sulla protezione ambientale, questo valore è generalmente basso in Europa centrale, per cui $F2 = 0$, che corrisponde a un valore medio di concentrazione di gas inferiore a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per una concentrazione media di gas compresa tra $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $F2 = -5$ e per un valore compreso tra $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $F2 = -10$.

Il terzo termine F3 tiene conto del tempo in cui le sostanze nocive possono rimanere sulla superficie dell'acciaio. Se l'elemento è completamente esposto alla pioggia, in modo che le eventuali sostanze nocive vengano eliminate naturalmente, $F3 = 0$. Se non fosse il caso, ma viene applicato un concetto di pulizia specifico, $F3 = -3$. In tutti gli altri casi, $F3 = -7$.

Il fattore di resistenza alla corrosione (CRF) viene utilizzato per determinare la classe di resistenza alla corrosione (CRC) richiesta.

CRF	CRC
CRF = 1	I
$0 \geq \text{CRF} > -7$	II
$-7 \geq \text{CRF} > -15$	III
$-15 \geq \text{CRF} \geq -20$	IV
$-20 > \text{CRF}$	V

La norma SIA 179:2019 fornisce anche una panoramica delle classi di resistenza alla corrosione da utilizzare.

Luogo di utilizzo, azione subita, grado di esposizione alle intemperie (esempi di utilizzo)	Classe di resistenza alla corrosione
Locali chiusi e asciutti (locali residenziali, uffici)	I
Locali umidi (bagni, lavanderie)	II
Clima esterno mite; esposto alle intemperie (per il montaggio su tetti o balconi)	III
Clima esterno, protetto dalle intemperie (facciate ventilate, parte inferiore dei ponti al di fuori della zona di nebbia salina in prossimità delle carreggiate)	IV
Atmosfera industriale, esposizione alle intemperie (macchinari, attrezzature, apparati o elementi costruttivi come parapetti, cordoli, estradosso e intradosso dei ponti, esposti all'acqua o alla nebbia salina in prossimità delle carreggiate)	IV
Ambienti aggressivi (piscine, gallerie, impianti di trattamento delle acque)	V

Tabella 3: Aree di utilizzo dei materiali secondo la norma SIA 179:2019

Letteratura

Norme

SIA 179:2019, Elementi di fissaggio nel calcestruzzo e muratura, Società Svizzera degli Ingegneri e degli Architetti, Zurigo, 2019, 76 pp.

SIA 2029:2013, Acciaio d'armatura inossidabile, Società Svizzera degli Ingegneri e degli Architetti, Zurigo, 2013, 20 pp.

SN EN 1993-1-4:2020 (con A1 + A2), Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili, Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo, 2020

Letteratura sulla storia dell'acciaio inossidabile

Cobb, H. M., The History of Stainless Steel, ASM International, 2010, 360 p.

Keller, A., Die Erfindung der nichtrostenden Stähle vor 60 Jahren, Schweizerische Bauzeitung, 91. Jahrgang, Heft 23, Zürich, 1973, pp. 549 – 554

Rasch, M., 100 Jahre nichtrostender Stahl, Klartext Verlag, Essen, 2012, 288 pp.

Ulbricht, D., Von der Entwicklung nichtrostender Stähle bis zur aktuellen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 «Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen» vom 20. April 2009, DIBt Mitteilungen 4/2009, Berlin, 2009, pp. 103-109

Letteratura sulle proprietà e la classificazione degli acciai inossidabili

Beddoes J., Parr, J. G., Introduction to Stainless Steels 3rd Edition, ASM International, 1999, 315 pp.

Merkblatt 803, Was ist nichtrostender Stahl?, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, 6 pp.

Merkblatt 820, Orientierungshilfe zur Werkstoffauswahl nichtrostender Stähle, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, 12 pp.

Sonderdruck 863, Bemessungshilfen zu nichtrostenden Stählen im Bauwesen vierte Auflage, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, 2017 262 pp.

GRAVIS

amazing strength



GRAVIS AG
Birchstrasse 17, 3186 Düringen



+41 26 492 30 10



info@gravis.swiss



www.gravis.swiss

