

## Sistemi di raccordo “press-fit” e acciaio inossidabile



## Euro Inox

Euro Inox è l'associazione europea per lo sviluppo del mercato dell'acciaio inossidabile.

I soci di Euro Inox comprendono:

- Produttori europei di acciaio inossidabile
- Associazioni nazionali per lo sviluppo dell'acciaio inossidabile
- Associazioni per lo sviluppo dell'industria degli elementi di lega

Gli obiettivi primari di Euro Inox sono creare una sensibilità nei confronti delle proprietà uniche degli acciai inossidabili e promuoverne l'impiego sia per le applicazioni correnti che in nuovi mercati. Per raggiungere tali obiettivi, Euro Inox organizza convegni e seminari, pubblica guide sia in forma cartacea che elettronica per rendere più familiari questi materiali ad architetti, progettisti, tecnici, costruttori ed utilizzatori finali. Euro Inox sostiene inoltre la ricerca tecnica e commerciale.

ISBN 978-2-87997-385-2

978-2-87997-371-5    Versione inglese

978-2-87997-384-5    Versione olandese

978-2-87997-383-8    Versione tedesca

### **Membri a pieno diritto**

#### **Acciai Speciali Terni**

[www.acciaiterni.it](http://www.acciaiterni.it)

#### **Acerinox**

[www.acerinox.com](http://www.acerinox.com)

#### **Aperam**

[www.aperam.com](http://www.aperam.com)

#### **Outokumpu**

[www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)

### **Membri associati**

#### **Acroni**

[www.acroni.si](http://www.acroni.si)

#### **British Stainless Steel Association (BSSA)**

[www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

#### **Cedinox**

[www.cedinox.es](http://www.cedinox.es)

#### **Centro Inox**

[www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

#### **ConstruirAcier**

[www.construiracier.fr](http://www.construiracier.fr)

#### **Industeel**

[www.industeel.info](http://www.industeel.info)

#### **Informationsstelle Edelstahl Rostfrei**

[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

#### **International Chromium Development Association (ICDA)**

[www.icdacr.com](http://www.icdacr.com)

#### **International Molybdenum Association (IMOA)**

[www.imoa.info](http://www.imoa.info)

#### **Nickel Institute**

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

#### **Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)**

[www.turkpasder.com](http://www.turkpasder.com)

#### **Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)**

[www.puds.pl](http://www.puds.pl)

#### **Stowarzyszenie Stal Nierdzewna (SSN)**

[www.stalenierdzewne.pl](http://www.stalenierdzewne.pl)

#### **SWISS INOX**

[www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

Sistemi di raccordo "press-fit" e acciaio inossidabile  
 Prima edizione 2012  
 (Serie materiali e applicazioni, Volume 19)  
 © Euro Inox 2013

#### Editore

Euro Inox  
 Diamant Building, Bd. A. Reyers 80  
 1030 Bruxelles, Belgio  
 Telefono +32 2 706 82 65  
 Fax +32 2 706 82 69  
 E-mail: info@euro-inox.org  
 Internet: www.euro-inox.org

#### Autore

Thomas Pauly, Bruxelles (B)

#### Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare il Sig. Tony Newson, Rotherham (UK) e il Dott. Hubertus Schlerkmann, Salzgitter-Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg (D) ed il Centro Inox per il loro apporto e la lettura critica della bozza.

#### Foto copertina

Foto copertina: Geberit, Jona (CH), a sinistra  
 Nussbaum, Olten (CH), a destra

#### Notifica copyright

Quest'opera è soggetta ai diritti d'autore. Euro Inox si riserva: tutti i diritti di traduzione in ogni linguaggio, ristampe successive, riutilizzo delle illustrazioni, interpretazione e trasmissione. Nessuna parte di questa pubblicazione può venir riprodotta, memorizzata o trasmessa in ogni forma, elettronica, meccanica, fotostatica o altro senza il preventivo consenso scritto da parte del detentore dei diritti d'autore: Euro Inox, Lussemburgo. Le violazioni potranno venir perseguite per vie legali, comprendendo sia il danno economico che il rimborso delle spese legali, ai sensi della legge sui diritti d'autore del Lussemburgo, e delle normative comunitarie.

## Indice

1	Introduzione	2
2	Il principio	4
3	Confronto con tecniche alternative	5
4	Principali caratteristiche dei materiali	7
4.1	Auto-passivazione	7
4.2	Incrudimento	7
5.	Applicazioni	8
5.1	Impianti idraulici	8
5.1.1	Distribuzione verticale	8
5.1.2	Distribuzione orizzontale	9
5.1.3	Acciai inossidabili per impianti idraulici	10
5.1.4	Tubi per l'acqua potabile	10
5.1.5	Impianti idraulici con materiali misti	10
5.2	Riscaldamento	12
5.3	Pannelli solari	13
5.4	Acque di processo e acqua refrigerata	14
5.5	Impianti antincendio	14
5.6	Impianti di drenaggio	14
5.7	Oli minerali e prodotti chimici	15
5.8	Combustibili gassosi	15
5.9	Aria compressa	16
5.10	Altri gas	16
5.11	Impianti elettrici	16
6	Istruzioni generali per l'installazione	17
6.1	Esposizione ai cloruri	17
6.2	Taglio e curvatura	18
7	Conclusioni	19
8	Bibliografia	20

#### Dichiarazione di non responsabilità

Euro Inox ha fatto ogni sforzo per assicurare che le informazioni presentate in questo documento siano tecnicamente corrette. Il lettore è avvisato tuttavia che la documentazione ivi contenuta è unicamente a scopo d'informazione generale. Euro Inox e i suoi membri declinano specificatamente qualsiasi impunità o responsabilità per perdite, danni o lesioni che dovessero derivare dall'applicazione delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

# 1 Introduzione

La tecnica di raccordo a pressione “press-fit” soddisfa numerosi importanti requisiti per impianti di tubi per il trasporto di acqua potabile, acque di processo, altri tipi di liquidi o gas: installazione facile e veloce unita a prestazioni e servizi affidabili nel lungo periodo. L’acqua potabile richiede la massima neutralità dei materiali per garantire la salute pubblica, e il suo sapore e il suo colore devono rimanere inalterati. Per quanto riguarda i liquidi di processo, si deve tener conto del loro potenziale di corrosività. Nel caso di prodotti gassosi, per ragioni di sicurezza, è fondamentale la tenuta contro le fuoriuscite di gas.

Esistono sistemi meccanici di raccordo per numerosi materiali metallici. Tuttavia, l’eccellente formabilità degli acciai inossidabili e la loro comprovata neutralità fanno del sistema di raccordo “press-fit”, da un lato,

e dell’acciaio inossidabile, dall’altro, un binomio ideale. Mentre questo sistema è ben noto per il suo impiego nelle tubature domestiche, i suoi potenziali campi di applicazione sono ben più vasti e comprendono acque di processo, prodotti petroliferi e gas.

La presente pubblicazione descrive

- le principali caratteristiche tecniche dei raccordi “press-fit” in acciaio inossidabile
- la loro competitività rispetto a soluzioni alternative
- i campi di applicazione più tipici
- gli aspetti di progettazione e installazione che riguardano in modo specifico l’acciaio inossidabile



*Il sistema di raccordo “press-fit” unisce la facilità di installazione alla comprovata neutralità dell’acciaio inossidabile.  
Foto: Chibro, Montano Lucino, CO (I)*

## In poche parole:

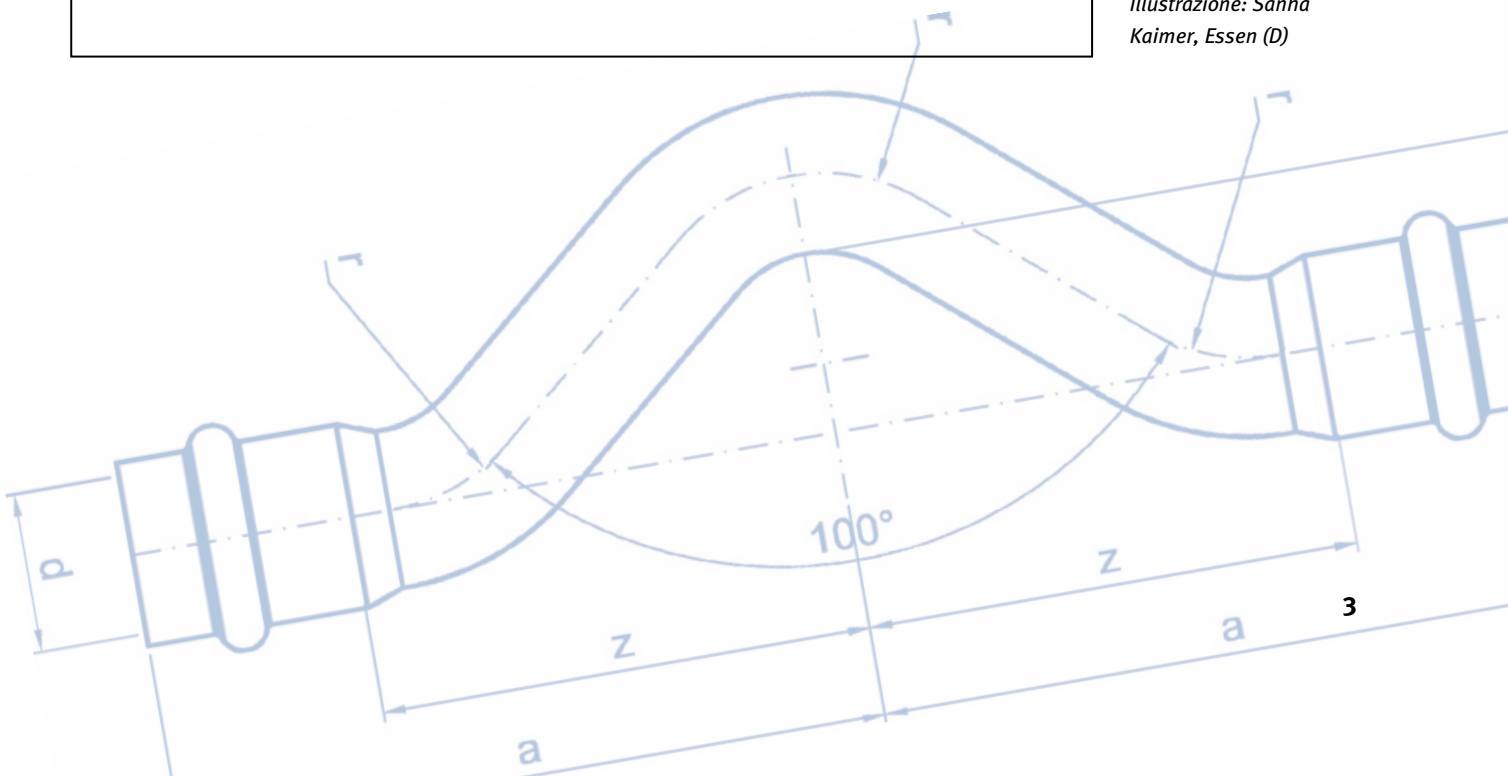
### Perché l'acciaio inossidabile?

- Resiste alla corrosione da parte di qualsiasi composizione di acqua potabile ammessa in Europa senza restrizioni
- Resiste alla corrosione da parte di altri fluidi, inclusi diversi tipi di acque di processo, prodotti a base di oli minerali e combustibili gassosi
- La sua superficie esterna resiste alla corrosione in atmosfere aggressive (birrifici, fabbriche di prodotti lattiero-caseari...)
- Ha un'elevata resistenza alla corrosione per erosione
- È bello da vedersi – contribuisce a dare visivamente l'impressione di pulizia
- Ha una dilatazione termica minore rispetto alla maggior parte dei materiali alternativi
- Ha una durata eccezionale
- Ha comprovate proprietà igieniche fin dall'installazione
- Non è soggetto a invecchiamento: è insensibile ai raggi UV se esposto alla luce diurna
- È anche disponibile sotto forma di tubi flessibili con anima interna di acciaio inossidabile

### Perché i raccordi "press-fit"?

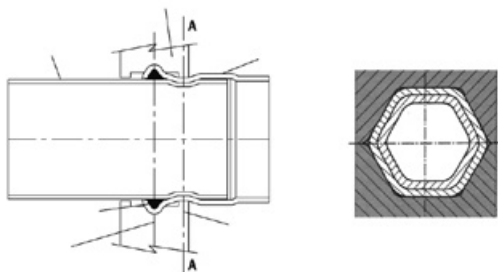
- Sono un metodo di collegamento estremamente rapido
- Raggiungono immediatamente la loro piena integrità strutturale
- Nessuna immissione di calore, nessun pericolo di incendio
- Tecnica multiuso: un unico principio per i più svariati tipi di liquidi e gas

Illustrazione: Sanha  
Kaimer, Essen (D)



## 2 Il principio

L'esatta geometria della sezione può variare da un sistema all'altro, anche in funzione delle dimensioni. Illustrazione: Raccorderie Metalliche, Compitello di Marcaria (MN), (I)



Il termine "press-fit" (raccordo a pressione) si riferisce ad un metodo di collegamento tra tubi mediante dei raccordi che vengono sottoposti a pressione meccanica per mezzo di attrezzi specifici. L'operazione di compressione unisce meccanicamente tubo e raccordo. La tenuta idraulica viene ottenuta tramite una guarnizione (O-ring).

Per la sua elevata duttilità, l'acciaio inossidabile risulta particolarmente adatto per questa tecnologia. La geometria del raccordo e la sezione della zona compressa variano da un produttore all'altro. Pertanto, le ganasce (intercambiabili) degli attrezzi di compressione dovranno essere approvate dal produttore dei raccordi.

Una guarnizione (O-ring) di elastomero viene inoltre inserita nel raccordo. Lunghe ricerche sono state fatte per individuare e sottoporre a test i polimeri più adatti per questi elementi di tenuta, in quanto devono poter garantire una durata analoga a quella dell'acciaio inossidabile. L'O-ring deve essere fatto di un materiale in grado di resistere alle sostanze che devono essere trasportate. Per esempio, vengono usati tipi di anello di tenuta diversi per l'acqua, i prodotti petroliferi o il gas naturale, e pertanto, onde evitare errori, alcuni produttori usano colorazioni diverse per le varie categorie di anelli di tenuta. I produttori forniscono gamme di prodotto adatte per le diverse applicazioni. L'esperienza di oltre 40 anni è garanzia di sicurezza.

*Gli attrezzi di compressione sono disponibili sia in versione elettroidraulica sia in versione elettromeccanica (con batteria inclusa). Foto: Viega, Attendorn (D)*



L'attrezzo di compressione deve adattarsi alla geometria del dispositivo. Foto: Sanha Kaimer, Essen (D)



### 3 Confronto con tecniche alternative



*Essendo i raccordi totalmente meccanici, i collegamenti vengono effettuati a temperatura ambiente e si evitano rischi di incendio. Foto: Geberit, Jona (CH)*

La brasatura del rame è il metodo classico di collegamento nelle installazioni professionali di impianti idraulici e di riscaldamento. I limiti di questo metodo sono rappresentati dall'impiego di fiamme libere che possono comportare rischi di incendio, specialmente nel caso di ristrutturazioni di edifici, nei quali possono trovarsi vicino alla zona di lavoro dei materiali infiammabili. Un caso tipico è rappresentato dall'adattamento di impianti di riscaldamento moderni negli edifici storici. La scelta e l'uso delle leghe di saldatura e un flusso corretto sono di importanza fondamentale. Il processo di collegamento è relativamente lento e richiede esperienza e capacità. I raccordi diventano resistenti dal punto di vista meccanico solo quando si raffreddano.

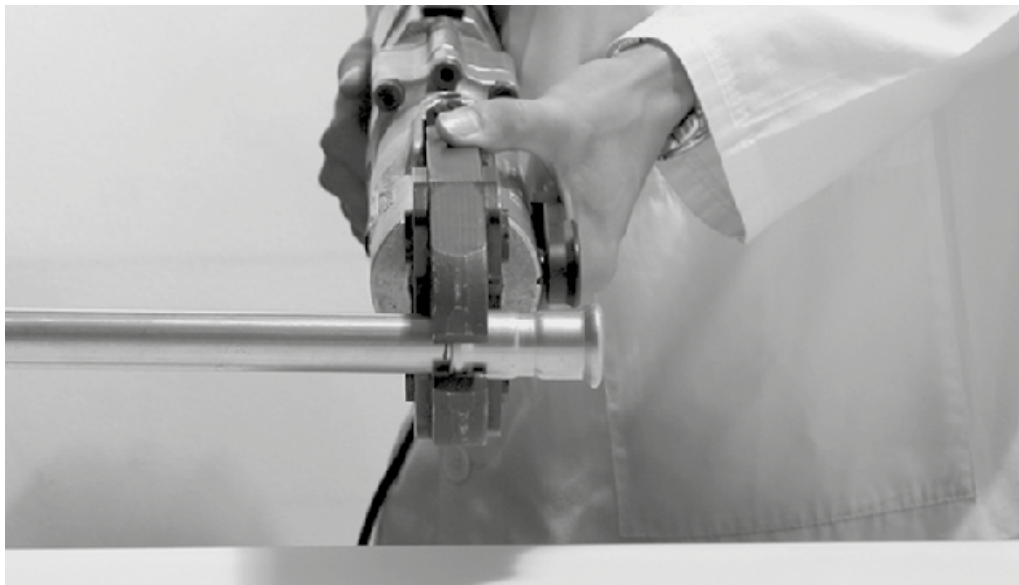
Si possono usare, in alternativa, tubi di plastica. I collegamenti vengono effettuati con degli adesivi, evitando così la complessità e i rischi di incendio del processo di brasatura. I limiti per un uso professionale consistono nel fatto che gli adesivi necessitano di tempi

lungi per asciugarsi. Sono infatti necessarie diverse ore prima che si induriscano completamente e si possano eseguire i test di pressione. Ciò può rappresentare uno svantaggio in ambito industriale, dove i tempi morti rappresentano un importante fattore di costo.

I raccordi “press-fit” per materiali metallici fanno risparmiare tempo e sono sicuri:

- Il lavoro viene effettuato a temperatura ambiente. Non esistono rischi di incendio, anche se il tubo viene posato vicino o addirittura all'interno di materiali infiammabili, per es. negli edifici storici.
- Il processo di compressione è rapido e richiede solo alcuni istanti. A seconda del diametro del tubo, può ridursi addirittura a soli 3 secondi. Le imprese registrano delle riduzioni di costo nei tempi di installazione tra il 25 % e il 40 %. Studi effettuati segnalano che i risparmi sui costi risultano particolarmente consistenti negli impianti con tubature di grosso diametro.
- I raccordi raggiungono immediatamente la loro definitiva stabilità meccanica.

*Sono disponibili delle ganasce intercambiabili per gli attrezzi di compressione. Foto: Eurotubi Europa, Nova Milanese, MB (I)*



Anche se esistono diversi tipi di collegamento meccanico per i materiali metallici, ad esempio raccordi (filettati) a compressione e raccordi automatici a incastro, i raccordi "press-fit" sono particolarmente apprezzati. Sono disponibili in una gamma dimensionale da 15 mm a 108 mm. Questa tecnica viene in genere applicata usando attrezzi elettronici. Il processo meccanizzato dà luogo a raccordi di qualità costante e riproducibile con uno sforzo fisico minimo. Esistono inoltre strumenti a batteria, alcuni dei quali di peso ridotto a 2,5 kg. Sono tuttavia necessari attrezzi speciali, il cui costo viene comunque ammortizzato in fretta. Per impieghi occasionali, questi attrezzi possono essere anche noleggiati. I produttori del sistema possono fornire informazioni dettagliate sulla disponibilità di attrezzi appropriati.

Un unico sistema può essere adatto per scopi diversi. Nei birrifici, per es., i progettisti hanno scoperto i vantaggi pratici ed economici della possibilità di usare un solo tipo di sistema di collegamento per due applicazioni diverse: trasporto di aria compressa in una linea di imballaggio, da una parte, e acqua di processo, dall'altra. Nei birrifici e in altri stabilimenti di trasformazione di prodotti alimentari e bevande, la maggior parte delle attrezzature è di acciaio inossidabile. Spesso i progettisti, i tecnici e gli stessi titolari preferiscono che anche le tubazioni siano di acciaio inossidabile per conferire uniformità di aspetto e senso di igiene. In funzione del sistema e del diametro, è possibile raggiungere delle pressioni di lavoro fino a 120 bar e delle temperature che superano i 200 °C.



## 4 Principali caratteristiche dei materiali

Gli effetti sinergici dell'acciaio inossidabile con il metodo "press-fit" dipendono da alcune caratteristiche intrinseche dell'acciaio inossidabile, quali la composizione della lega e le proprietà meccaniche.

### 4.1 Auto-passivazione

L'eccezionale resistenza dell'acciaio inossidabile contro la corrosione dipende dal cosiddetto strato di "passivazione". Questo strato, dello spessore di alcune molecole, aderisce saldamente al substrato ed è completamente trasparente. La sua natura è quindi assolutamente diversa da quella degli strati protettivi metallici (elettrolitici) o organici (verniciati) applicati, che sono molto più spessi. Lo strato di passivazione conferisce all'acciaio inossidabile la proprietà di "autoripararsi". Se accidentalmente rimosso, per es. a causa di danneggiamenti o lavorazioni, si riforma automaticamente in presenza di ossigeno. Ciò significa che la resistenza contro la corrosione è una proprietà intrinseca dell'acciaio inossidabile.

Lo strato di passivazione può rendere però difficile la saldatura e la brasatura. In particolare, esiste il rischio di formazione di un tipo di corrosione noto come attacco "a lama di coltello". Questo è il motivo per cui la saldatura negli impianti per acqua potabile richiede specifici flussi e agenti saldanti, oltre ad una manodopera esperta. In funzione dei vari regolamenti nazionali, la saldatura potrebbe non essere consentita negli impianti di acqua potabile.

La saldatura, che peraltro è una delle tecniche di collegamento preferite per l'acciaio inossidabile, per es. nelle condutture industriali, è poco comune nel caso degli impianti idraulici degli edifici per due motivi. Il primo motivo è che in condizioni di lavoro in loco, la qualità della saldatura non può essere garantita per

i tubi di diametro relativamente piccolo. In secondo luogo, il trattamento superficiale post-saldatura, che è necessario per eliminare la colorazione dovuta all'alterazione termica e garantire la passivazione, può risultare ineseguibile. Per questa ragione, l'acciaio inossidabile viene generalmente usato in combinazione con metodi di collegamento meccanici, che non condizionano e non impediscono la capacità di auto-passivazione del materiale.

### 4.2 Incrudimento

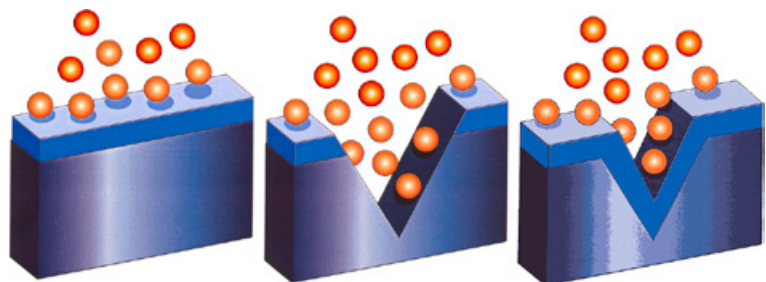
L'acciaio inossidabile ha un'elevata resistenza meccanica. In particolare, gli acciai al cromo-nickel (-molibdeno) noti come austenitici (come l'EN 1.4404/AISI 316L) hanno un comportamento alla deformazione caratterizzato da marcate proprietà di incrudimento. La resistenza meccanica del materiale aumenta con i processi di deformazione a freddo. Le operazioni di curvatura devono essere pertanto ridotte al minimo. Pur essendo possibile la curvatura dei tubi, che viene effettuata con normali attrezzi (v. par. 6.2) per quanto riguarda le curvature standard a 45° o 90°, sono in genere preferibili i raccordi a gomito. Per altri tipi di piegatura, i raccordi flessibili rappresentano la soluzione più semplice.

La formabilità dell'acciaio ferritico (legato al Cr-Mo) EN 1.4521/Aisi 44 è analoga a quella dell'acciaio al carbonio e l'incrudimento è un fattore poco rilevante.



*I raccordi a gomito sono una rapida alternativa alla curvatura. Foto: Sanha, Essen (D)*

*Lo strato di passivazione auto-riparante conferisce all'acciaio inossidabile un'elevata resistenza alla corrosione e neutralità.*



## 5 Applicazioni

I sistemi di raccordo "press-fit" in acciaio inossidabile possono essere usati per un'ampia gamma di applicazioni negli impianti per il trasporto di liquidi, gas e negli impianti sottovuoto.

### 5.1 Impianti idraulici

L'acciaio inossidabile è l'unico materiale metallico che può essere usato per qualsiasi composizione di acqua potabile ammessa dalla Direttiva Europea sull'Acqua Potabile. Soprattutto nei paesi che hanno acque dolci, altri metalli potrebbero sviluppare corrosione e il loro uso è soggetto a restrizioni che non esistono, invece, per l'acciaio inossidabile.

L'acciaio inossidabile è inoltre eccezionalmente resistente alla corrosione per erosione, anche in presenza di volumi di flusso superiori a 30 m/s. Nel caso dell'acciaio inossidabile, modifiche della sezione trasversale, cambi netti di direzione, turbolenze a valle delle pompe e delle valvole, non danno luogo a fenomeni di erosione degni di nota.

Un esempio emblematico è la Scozia, dove l'acqua è dolce e presenta anche un elevato livello di sedimenti. Questo è uno dei motivi per cui l'acciaio inossidabile viene scelto anche negli ospedali. I tubi di acciaio inossidabile sono rigidi e richiedono l'impiego di una quantità minima di bulloneria, velocizzando quindi l'installazione.

Poiché l'acciaio inossidabile non è infiammabile, la necessità di protezioni antincendio è minore rispetto ai materiali organici. In caso di incendio, la plastica può bruciare, torcersi, deformarsi e perfino sciogliersi. Se i tubi devono penetrare nei muri o nei soffitti,

si deve evitare che si diffonda fumo in zone limitrofe infiammabili. Per questa ragione, le tubature in plastica inserite nei muri richiedono delle guaine di protezione che, in caso di incendio, si espandono e sigillano la breccia prodotta dal tubo di plastica bruciato, deformato o sciolto. Questi speciali componenti sigillanti rappresentano un notevole fattore di costo. Nel caso di materiali metallici come l'acciaio inossidabile, queste guaine risultano invece superflue.

Oltre che negli edifici adibiti ad abitazioni e uffici, le tubazioni industriali rappresentano un tipico campo di applicazione. Il sistema di collegamento "press-fit" è particolarmente indicato per i lavori di manutenzione e di restauro, dove la riduzione dei tempi morti è di importanza fondamentale.

Nell'industria alimentare, nelle camere bianche (laboratori), negli stabilimenti farmaceutici, ecc., i requisiti igienici ed estetici riguardano anche la superficie esterna (spesso a vista) degli impianti di distribuzione idrica. In molti casi, l'atmosfera interna è corrosiva e pertanto i materiali installati devono presentare un elevato grado di resistenza contro la corrosione superficiale. In ambienti in cui piani di lavoro e armadietti, macchinari e condutture, cisterne e reattori sono realizzati con acciaio inossidabile, si preferisce impiegare questo stesso materiale anche per i tubi che trasportano acqua potabile, altri liquidi o gas.

#### 5.1.1 Distribuzione verticale

Negli edifici a più piani, le linee di distribuzione verticale rappresentano la spina dorsale dell'impianto idraulico. Il diametro dei

tubi cresce con il numero dei piani che devono essere serviti. I raccordi e i tubi “press-fit” sono disponibili con sezioni fino a 108 mm. Mentre è possibile che l’installazione delle tubature sui singoli piani sia ammodernata più volte nel corso della vita di un edificio, le linee verticali generalmente non vengono modificate, ed è perciò assolutamente necessaria la loro durata nel corso del tempo. La possibilità di lasciare inalterata la distribuzione verticale contribuisce ad un positivo equilibrio dei costi nell’arco della vita degli edifici.

### 5.1.2 Distribuzione orizzontale

Per la distribuzione orizzontale all’interno dei piani, vengono spesso preferiti i tubi flessibili a quelli rigidi, in quanto la loro installazione, e soprattutto la loro curvatura, risultano più semplici. Si è molto discusso sulle potenziali implicazioni, per la salute, dei materiali usati per gli impianti idraulici. È noto che alcuni materiali rilasciano notevoli quantità di ioni di metallo, soprattutto quando sono nuovi. Per altri materiali si ha il sospetto che possano depositare composti organici liberi, i cui effetti sulla salute dell’uomo – e in particolare sul sistema



ormonale – non sono ancora completamente conosciuti. In termini di inerzia, l’acciaio inossidabile, che è anche il materiale più usato negli impianti di trasformazione alimentare, gode di eccellente reputazione.

L’uso dell’acciaio inossidabile a contatto con i fluidi non esclude in alcun modo l’impiego di tubi flessibili. Sono disponibili tubi composti la cui superficie interna (che viene a contatto con l’acqua) è realizzata da un tubo di acciaio inossidabile estremamente sottile, mentre la superficie esterna è formata da un tipo di polimero che offre adeguata resistenza alla pressione e protezione meccanica. L’elevato grado di duttilità tipico degli acciai inossidabili austenitici, rende possibile produrre questi tubi curvabili composti, che uniscono le proprietà igieniche dell’acciaio inossidabile alla facilità di installazione dei materiali flessibili. Questi tubi flessibili, disponibili nei piccoli diametri, possono essere uniti mediante la tecnologia “press-fit” esattamente come i tubi di metallo massiccio.

I tubi flessibili rivestiti internamente di acciaio inossidabile sono disponibili in lunghezze

*I tubi di acciaio inossidabile per i raccordi “press-fit” sono disponibili in diametri fino a 108 mm, per es. per la distribuzione verticale. Foto: Geberit, Jona (CH)*

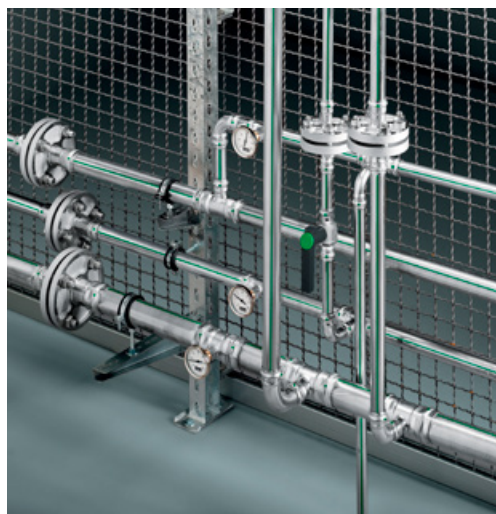


*I tubi flessibili hanno uno strato di rivestimento interno costituito da un tubo sottile di acciaio inossidabile ed un rivestimento esterno di polimero. Questi tubi combinano la provata neutralità dell’acciaio inossidabile a contatto con l’acqua potabile con la flessibilità dei tubi di plastica. Foto: Geberit, Jona (CH)*

fino a 100 m. Possono essere curvati a mano con un raggio fino a 5 volte minore del loro diametro (5 D) senza che la loro sezione interna venga modificata. Con l'impiego di appositi attrezzi è possibile raggiungere un raggio di curvatura di 1,5 D.

### 5.1.3 Acciai inossidabili per impianti idraulici

La scelta del tipo di acciaio dipende dalla composizione dei liquidi. Nel caso dell'acqua potabile, si dovrà tener conto della composizione chimica dell'acqua e delle eventuali specifiche nazionali. Vengono più comunemente inseriti nelle specifiche gli acciai inossidabili al molibdeno, poiché questo elemento aumenta sensibilmente la resistenza intrinseca dell'acciaio inossidabile alla corrosione. Esso è presente sia nell'austenitico (con lega cromo-nickel-molibdeno) EN 1.4401/1.4404 (AISI 316/316L), sia nel ferritico (con lega cromo-molibdeno) EN 1.4521 (AISI 444) di recente introduzione. In base ai regolamenti nazionali e alla composizione dell'acqua, in alcuni paesi UE anche l'acciaio EN 1.4301 (AISI 304) è ammesso per acqua fredda contenente fino a 200 mg/l di cloruro.



*Le superfici interne ed esterne dei tubi saldati per gli impianti di acqua potabile devono rispondere a speciali requisiti qualitativi. Foto: Viega, Attendorn (D)*

Le leghe ammesse sono specificate nei regolamenti nazionali. La loro resistenza alla corrosione è inoltre determinata dalla necessità di resistere ai processi di igienizzazione in luoghi come alberghi, ospedali o altri in cui vi sia rischio di epidemie di legionella. La disinfezione a caldo si rivela efficace, in quanto si tratta di un metodo in grado di penetrare eventuali film biologici e di eliminare i microorganismi fino alla base del deposito.

### 5.1.4 Tubi per l'acqua potabile

I tubi per gli impianti di acqua potabile vengono prodotti curvando un nastro di acciaio inossidabile che viene chiuso mediante una saldatura longitudinale. La resistenza contro la corrosione nel punto di saldatura dovrebbe essere teoricamente uguale a quella del metallo di base. Le tecniche di saldatura e l'applicazione dei processi post-saldatura garantiscono che le superfici interne ed esterne dei tubi siano lisce e senza colorazione dovuta all'alterazione termica (compresa la zona saldata).

I requisiti igienici fanno sì che i tubi impiegati per gli impianti idraulici siano diversi dai tubi strutturali usati, per es. per i corrimano, per i quali l'aspetto estetico è di maggiore importanza. Gli acciai austenitici sono noti per la loro ottima saldabilità. Per l'acciaio ferritico 1.4521, la lega viene stabilizzata con titanio o niobio per garantire che la resistenza contro la corrosione sia mantenuta anche nelle zone saldate e sottoposte a calore.

### 5.1.5 Impianti idraulici con materiali misti

Gli impianti nuovi non sono quasi mai delle soluzioni autonome, in quanto devono essere spesso collegati a impianti già esistenti.

ti, che in genere sono fatti di metallo. In tal caso, si dovrà affrontare il problema della compatibilità galvanica.

I materiali metallici possono essere classificati in base al loro potenziale elettrochimico, che indica la loro tendenza all'ossidazione. Lo zinco, per es. sta nella parte bassa di questa scala e si ossida molto facilmente. Gli acciai inossidabili stanno invece nella parte alta della scala e resistono all'ossidazione in molti ambienti.

Quando due metalli con potenziali elettrochimici molto diversi vengono reciprocamente in contatto con continuità elettrica l'uno con l'altro ed in presenza di un elettrolita, gli elettroni si riversano dal metallo meno nobile a quello più nobile. Questo è il principio della batteria, che comporta tuttavia che, tra i due, il metallo meno nobile, sia consumato.

L'effetto della corrosione galvanica può essere anche sfruttato per proteggere contro la corrosione. Nel caso dell'acciaio zincato, viene applicato uno strato di metallo meno nobile – lo zinco. Poiché la corrosione attacca preferibilmente il metallo meno nobile, essa consumerà lo zinco, risparmiando l'acciaio. Tuttavia, nel tempo, lo strato protettivo di zinco diminuisce di spessore e alla fine scompare. Questo strato dovrà pertanto essere sufficientemente spesso per poter sopravvivere per la durata prevista dal progetto, oppure bisognerà conservarlo adeguatamente e rinnovarlo. Tuttavia, nel caso in cui lo strato metallico sia rimosso, per es.

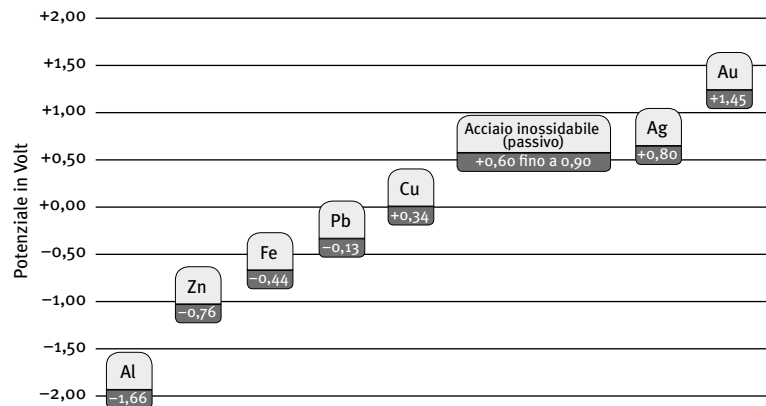


Figura 1: Potenziali normali dell'acciaio inossidabile, di altri metalli e leghe metalliche rispetto a un elettrodo di idrogeno

con operazioni di taglio o per danni accidentali, la protezione contro la corrosione risulterà localmente indebolita.

Negli scaldabagni per l'acqua calda, i serbatoi di acciaio smaltato sono generalmente protetti da un elettrodo di magnesio. Come illustrato nella Figura 1, anche il magnesio sta nella parte bassa della suddetta scala e si consuma per proteggere l'acciaio. È quindi necessario controllare gli anodi sacrificali e sostituirli ad intervalli regolari.

In termini di potenziale elettrochimico, l'acciaio inossidabile sta nella parte alta della classifica. Ciò significa che non si corrode facilmente. Non è pertanto necessario alcuno strato protettivo. Tuttavia, se viene a contatto con altri metalli meno nobili, può corrodere. L'acciaio inossidabile rimane invece integro. Metodi di valutazione dei rischi e semplici misure di prevenzione sono descritti nella pubblicazione Euro Inox *L'acciaio inox a contatto con altri materiali metallici*<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> La direzione del flusso è importante solo nel caso di combinazioni di acciaio zincato o non legato con rame o leghe di rame. A causa della cementazione degli ioni di rame sulla superficie dell'acciaio, può verificarsi su quest'ultima una corrosione puntiforme indotta dal rame. Nel caso di combinazioni di acciaio inossidabile e acciaio zincato, questa "regola del flusso" non vale.

*Gli impianti fatti di materiali compositi, per es. con il “gunmetal” o con altre leghe contenenti rame, non presentano criticità. Foto: Viega, Attendorn (D)*



Nel caso di impianti idraulici di metalli diversi, è necessario inserire un elemento non conduttivo tra le diverse parti dell'impianto per garantire l'isolamento elettrico. Anche se il liquido è un elettrolita, secondo requisito essenziale per la formazione di corrosione galvanica, se non esiste contatto elettrico tra i metalli, non si verifica questo tipo di corrosione<sup>2</sup>.

Se la superficie totale della parte di metallo meno nobile è molto maggiore di quella di metallo nobile, il rischio di corrosione galvanica diminuisce e diventa trascurabile.

Una pluriennale esperienza pratica dimostra che la corrosione galvanica negli impianti per acqua potabile di metalli compositi non rappresenta un problema se vengono presi in considerazione questi principi fondamentali. Se l'altro metallo è il rame, non vi sono rischi, in quanto il rame e l'acciaio inossidabile hanno potenziali elettrochimici simili.

Per i raccordi si usa anche il “gunmetal” – una lega di rame color bronzo/canna di fucile – che dà ottimi risultati. Per esempio, quando si unisce l'acciaio inossidabile con quello zincato, è raccomandabile l'uso di adattatori in lega di rame, la cui lunghezza deve essere perlomeno la stessa del diametro del componente.

Negli impianti di riscaldamento non si verificano reazioni galvaniche, in quanto la temperatura elevata rimuove gran parte dell'ossigeno dall'acqua, che viene poi fatta circolare in un circuito chiuso.

## 5.2 Riscaldamento

Quando si deve ammodernare un impianto di riscaldamento in edifici storici, si usano di preferenza tubature di acciaio inossidabile, che si suppone durino anche per le generazioni future, e pertanto la durata è un importante criterio di scelta. Contrariamente a quanto avviene per gli impianti idraulici, l'installazione di un impianto di riscaldamento riguarda in genere tutte le stanze di un edificio. Il vantaggio di un metodo di raccordo “a freddo”, che evita rischi di incendio, è particolarmente raccomandato per quegli edifici che hanno strutture, pavimenti e rivestimenti di legno.

<sup>2</sup> Quando si isola una parte di un impianto idraulico da un'altra, per entrambe le parti si dovrà effettuare la messa a terra onde evitare il rischio di scosse elettriche quando vengono toccate. Se la messa a terra della parte interrotta non è possibile, si può scegliere di usare accoppiatori di ottone invece che di polimero tra la parte dell'impianto di acciaio al carbonio e quella di acciaio inossidabile. La compatibilità galvanica dell'ottone a contatto con l'acciaio inossidabile è buona, e accettabile a contatto con acciaio al carbonio zincato con procedimento di immersione a caldo. Mentre le conduttività elettrica è sufficientemente elevata per neutralizzare qualsiasi potenziale differenza tra l'acciaio inossidabile e quello al carbonio, il graduale passaggio di potenziale elettrochimico riduce notevolmente il rischio di reazioni galvaniche.



*Nelle operazioni di ammodernamento degli impianti di riscaldamento di edifici storici, i vantaggi del metodo a freddo, che non comporta rischi di incendio, sono notevoli. Foto: Geberit, Jona (CH)*

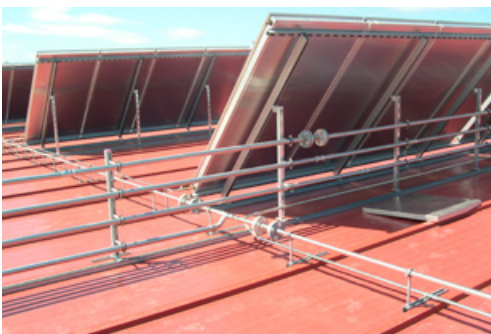
Per quanto riguarda gli impianti di riscaldamento, in fase di progettazione si dovrà tener conto della dilatazione termica dei materiali usati. Nel caso dell'acciaio inossidabile, essa è da 10 a 20 volte minore di quella dei materiali plastici. I polimeri che normalmente vengono usati per gli impianti di riscaldamento e per quelli idraulici hanno in genere dei valori di dilatazione termica tra  $0,08 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  e  $0,18 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Il coefficiente di dilatazione termica indica il numero di millimetri per metro lineare di cui il tubo si allunga quando la sua temperatura sale di un grado centigrado. Per esempio, in un tubo di plastica lungo 10 m, un rialzo della temperatura di 50 °C provoca un allungamento da

40 mm a 90 mm. Nel caso dell'acciaio inossidabile austenitico EN 1.4404 (AISI 316L) con un coefficiente di dilatazione termica di  $0,0165 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , l'allungamento risulta di 8,25 mm. Per un tubo equivalente di acciaio ferritico EN 1.4521 (AISI 444), con un coefficiente di dilatazione di  $0,0108 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , l'allungamento è di 5,4 mm.

Nel caso dell'acciaio inossidabile, sono spesso sufficienti dei compensatori assiali, che possono essere usati come alternativa salvaspazio alle curve di espansione. Un effetto collaterale positivo è una migliore riduzione dei rumori. In altri casi, è possibile ridurre sia il numero di compensatori sia quello delle curve di espansione.

### 5.3 Pannelli solari

Il collegamento dei pannelli solari è generalmente esposto all'atmosfera esterna, per cui la scelta di un materiale intrinsecamente resistente alla corrosione come l'acciaio inossidabile risulta ottimale. Il circuito idrico primario contiene normalmente una miscela di acqua e glicole. Poiché la temperatura può variare da  $-20 \text{ °C}$  a  $+220 \text{ °C}$ , si dovrà considerare un margine di sicurezza per l'eventualità di un surriscaldamento.



*I pannelli solari per acqua calda sono tra le applicazioni in cui il carico corrosivo esterno e la resistenza alla pressione in caso di surriscaldamento devono essere presi in considerazione. Foto: Filtube, Barcellona (E)*

*Le soluzioni “press-fit” di acciaio inossidabile vengono impiegate con successo anche per gli impianti antincendio delle navi, dove devono resistere alle condizioni atmosferiche marine contenenti cloruri. Foto: Geberit, Jona (CH)*



#### **5.4 Acque di processo e acqua refrigerata**

La tecnica di raccordo “press-fit” non viene usata soltanto per le tubature dell’acqua potabile di acciaio inossidabile. Essa viene applicata anche per le tubature di acque di processo, acqua refrigerata, oli minerali o liquidi contenenti oli. Il materiale più usato in questi casi è l’acciaio EN 1.4404 (AISI 316L). Si dovrà consultare il fabbricante per l’individuazione dell’anello di tenuta (O-ring) più adatto per i vari tipi di fluidi.

L’acqua refrigerata può contenere fino al 50 % di glicole. L’acqua deionizzata tende a prelevare ioni dai materiali con cui viene in contatto e a sciogliere i minerali. Nelle

acque dolci, gli ioni di sodio sostituiscono gli ioni originari di calcio e magnesio. L’acciaio inossidabile viene impiegato con successo nel caso di acque deionizzate, dolcificate e altri tipi di acque trattate.

#### **5.5 Impianti antincendio**

I sistemi di raccordo “press-fit” di acciaio inossidabile sono comunemente usati per gli impianti antincendio. Vengono impiegati, con ottimi risultati, nei luoghi in cui gli spazi sono ridotti, in cui è importante la velocità di installazione, e in ambienti marini, dove deve essere garantita la resistenza alla corrosione. Le navi da crociera sono un caso emblematico.

#### **5.6 Impianti di drenaggio**

Alcuni produttori forniscono interfacce con impianti di drenaggio a pavimento, in modo che l’intera rete di tubature sia di acciaio inossidabile.

*Gli impianti di acciaio inossidabile sono usati anche nei tunnel stradali, dove i gas di scarico e il sale antigelo rendono l’ambiente estremamente corrosivo. Foto: Nussbaum, Olten (CH)*





### 5.7 Oli minerali e prodotti chimici

Gli impianti di acciaio inossidabile sono impiegati con successo anche per il trasporto di combustibili diesel, da riscaldamento, oli per motore e lubrificanti. Il produttore degli impianti suggerirà agli utilizzatori il tipo di acciaio inossidabile e di anello di tenuta (O-ring) più adatto, adeguatamente testato ed approvato per i vari tipi di applicazione. Altri materiali testati e approvati sono: soluzioni di urea, etanolo, metanolo, triacetato di glicerina, idrossido di sodio e acetone.



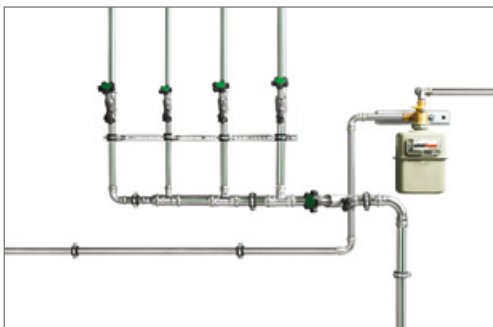
*I raccordi "press-fit" di acciaio inossidabile sono adatti anche per il trasporto di una vasta gamma di prodotti chimici. Foto: Raccorderie Metalliche, Campitello di Marcara, MN (I)*

### 5.8 Combustibili gassosi

L'acciaio inossidabile è usato con successo sia per il gas naturale sia per il gas liquido (propano, butano, metano). In molti paesi europei il gas naturale, trasportato da gasdotti, è diventato la fonte energetica preferita per il riscaldamento. In quasi tutti i paesi europei le tubazioni per il gas sono in genere di metallo. Si prevede un ulteriore sviluppo dell'impiego di gas in futuro grazie alle sue caratteristiche ambientali, in quanto è quasi del tutto privo di zolfo e non porta alla formazione di depositi di particelle. Oltre all'abituale impiego per il riscaldamento domestico e la cottura, sono oggi disponibili anche modelli di lavastoviglie e asciugatrici con funzionamento a gas.

Nelle zone rurali, dove non esiste collegamento alla rete del gas, viene usato comunemente il gas liquido, per es. nelle aziende agricole. Le condutture del gas che passano attraverso edifici agricoli possono essere esposte ad atmosfere corrosive, come nelle stalle e pertanto l'acciaio inossidabile si rivela la soluzione più consigliabile. Una protezione contro la corrosione esterna viene richiesta solo in ambienti contenenti cloruri.

L'acciaio inossidabile soddisfa i requisiti di stabilità termica delle condutture di gas. In caso di incendio, il materiale deve poter resistere ad una temperatura di 650 °C per una durata minima di 30 min. onde evitare fuoriuscite di gas naturale (metano), il cui punto di incendio nell'aria è di circa 640 °C.



*I raccordi "press-fit" di acciaio inossidabile sono inoltre adatti per le condutture di gas. Foto: Viega, Attendorf (D)*

### 5.9 Aria compressa

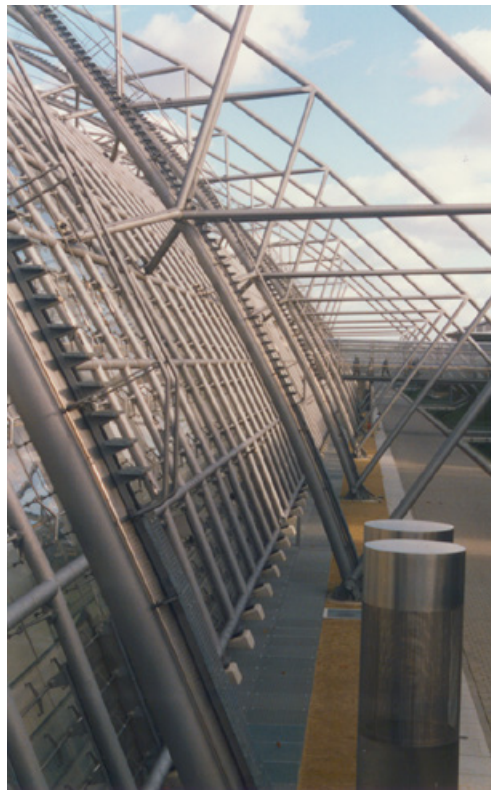
L'impiego per il trasporto dell'aria compressa testimonia la capacità di tenuta e le prestazioni meccaniche dei sistemi "press-fit" di acciaio inossidabile. Si deve tener presente che l'aria compressa contiene in genere particelle di olio finemente distribuite, che tendono a depositarsi sul tubo e sui raccordi. Si dovrà aver cura di consultare il produttore per scegliere gli anelli di tenuta più adatti, poiché non tutti i polimeri sono resistenti all'olio.

### 5.10 Altri gas

Questi impianti di acciaio inossidabile sono approvati anche per altri tipi di gas, quali acetilene, argon, azoto, idrogeno, ossido di carbonio e anidride carbonica. Essi sono stati applicati anche per il trasporto di miscele di gas, quali gas di formatura (80 % Ar/20 % CO<sub>2</sub>) o carbogeno (CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>).

### 5.11 Impianti elettrici

I tubi di acciaio inossidabile sono anche usati per la protezione dei cavi elettrici. Questa soluzione, alquanto costosa, viene appositamente specificata laddove i cavi rappresentino un pericolo per la sicurezza, per es. nelle stazioni della metropolitana, o per ragioni estetiche.



*La protezione dei cavi elettrici è un'ulteriore campo di applicazione per i sistemi di raccordo "press-fit".*



## 6 Istruzioni generali per l'installazione

Le istruzioni relative alle buone norme di progettazione e installazione sono reperibili nei manuali tecnici dei fabbricanti e possono variare da un'applicazione all'altra. Si dovranno tuttavia osservare le seguenti raccomandazioni per ogni tipo di impiego previsto per impianti idraulici di acciaio inossidabile.

### 6.1 Esposizione ai cloruri

Se gli impianti sono correttamente installati e fatti funzionare tenendo conto delle istruzioni del produttore, gli acciai inossidabili specifici per gli impianti idraulici sono resistenti ai livelli di cloruri specificati nella Direttiva sull'acqua potabile (fino a 250 mg/l). Ciò vale anche per i normali procedimenti di disinfezione mediante acqua ossigenata [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] o diossido di cloro. Per esempio, la disinfezione degli impianti di acqua potabile con una soluzione di cloro di 50 mg/l per 1–2 ore è un procedimento disinfettante comunemente usato per prevenire la proliferazione di legionella pneumophila.

Si dovrà tuttavia aver cura di non esporre la superficie esterna a fonti incontrollate di cloruri. I nastri isolanti dovranno essere del tipo senza cloruro. Dove, in via eccezionale,



vi siano collegamenti filettati, è opportuno usare della canapa senza cloruri.

Anche i materiali usati per l'isolamento termico possono rilasciare cloruri. La maggior parte dei produttori accetta per i materiali isolanti un livello di sicurezza massimo di ioni di cloruro solubile dello 0,05 %. Non si deve usare il feltro, in quanto assorbe umidità, mentre è preferibile usare espanso a cellule chiuse. Anche gli inserti di polimero per attutire vibrazioni e rumore nei morsetti dei tubi dovranno essere privi di cloruri.

Una protezione supplementare contro la corrosione può rendersi necessaria qualora le tubature di acciaio inossidabile siano esposte a condizioni atmosferiche contenenti cloruri. Alcuni ambienti industriali possono contenere elevati livelli di cloruri, per es. i colorifici, gli impianti di zincatura a caldo per immersione, ecc.

*I materiali isolanti e gli inserti per i morsetti, che vengono a contatto diretto con l'acciaio inossidabile, non devono rilasciare cloruri. Foto Filtube, Barcellona (E)*

*Le tubature degli ospedali devono poter resistere ai normali procedimenti di disinfezione. Foto: Nussbaum, Olten (CH)*

I candeggianti sono particolarmente aggressivi nei confronti dei materiali metallici. Non dovranno venire a contatto con l'acciaio inossidabile schizzi o spruzzi di detergenti contenenti cloruro. Qualora il materiale venga accidentalmente esposto, dovrà essere risciacquato abbondantemente con acqua di rubinetto affinché il contatto rimanga il più breve possibile.

### 6.2 Taglio e curvatura

I tubi di acciaio inossidabile devono essere tagliati solo mediante tagliatubi, seghe di metallo a denti fini (32 denti per pollice) o seghe elettriche. Data la loro tendenza all'incrudimento, il taglio a sega dovrà essere eseguito a bassa pressione e a velocità ridotta, dato che una velocità più elevata favorisce l'incrudimento, rendendo così il taglio più difficile. Si dovrà approntare una serie di attrezzi esclusivamente riservati all'acciaio inossidabile, che non devono essere stati usati in precedenza su acciaio al carbonio, perché l'acciaio inossidabile potrebbe venire contaminato da particelle di acciaio al carbonio che sono soggette alla ruggine e potrebbero danneggiare lo strato di passivazione. Non sono adatti né le smerigliatrici angolari né il taglio termico.

Mentre per le curvature a 45° e 90° vengono normalmente impiegati gli appositi raccordi, vi sono casi in cui si richiedono angolazioni dei tubi diverse. Per i tubi di acciaio inossidabile si possono usare delle curvatubi, ma essendo la loro resistenza meccanica più elevata di quella del rame, l'attrezzo curvatubi dovrà essere sufficientemente resistente per poter curvare almeno di una misura superiore rispetto a un tubo di rame. Per diametri superiori a 28 mm, si raccomanda l'impiego di un cricco o di un'apparecchiatura idraulica. Il raggio di curvatura dovrà essere almeno 3,5 volte superiore al diametro del tubo. Il materiale non dovrà essere riscaldato, in quanto un trattamento termico potrebbe influire negativamente sulle proprietà di resistenza alla corrosione e meccaniche.

*Appositi tagliatubi e attrezzi di curvatura sono disponibili per tagliare e curvare i tubi degli impianti idraulici di acciaio inossidabile. Ridge Tool Europe, Heverlee (B)*



## 7 Conclusioni

L'acciaio inossidabile in combinazione con i sistemi di raccordo "press-fit" rappresenta una soluzione tecnica comprovata, rapida ed economica. I suoi campi di applicazione comprendono impianti idraulici, impianti di riscaldamento e trasporto di liquidi, vapori, gas, e impianti sotto vuoto. I suoi vantaggi sono la velocità di installazione, la versatilità e la durata. Poiché si tratta di una tecnica di collegamento meccanica effettuata a temperatura ambiente, sono esclusi eventuali rischi di incendio. Gli impianti di acciaio inossidabile che impiegano raccordi "press-fit" presentano un elevato grado di resistenza contro la corrosione tanto sulla superficie esterna quanto su quella interna e risultano esteticamente gradevoli nel caso vengano installati a vista.



Foto: Viega, Attendorn (D)

## 8 Bibliografia

AGHTM (2003). Guide pour l'utilisation des aciers inoxydables dans les réseaux d'eaux. Partie 1. Les installations intérieures de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine. TSM , 98 (7-8).

Bright future for stainless steel plumbing. *Association of plumbing and heating contractors bulletin* 20 (566), pp. 12-13.

British Stainless Steel Association (2003). *The suitability and use of stainless steel for plumbing applications*.

*Direttiva del Consiglio 98/83/CE del 3 novembre 1998 concernente la qualità dell'acqua destinata al consumo umano*.

DVGW (2004). *Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen*.

*EN 12502, Protezione di materiali metallici contro la corrosione – Raccomandazioni sulla valutazione della probabilità di corrosione in impianti di distribuzione e deposito di acqua*.

*EN 806, Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano*.

*Eurotubi Pressfitting System, Manuale Tecnico, Gennaio 2009*.

Gepresst und nicht geschweißt. Veltins setzt auf montagefreundliches Edelstahlrohrsystem (2009). *DEI – Die Ernährungsindustrie* (12).

Helzel, M. *Renovation work at Neuschwanstein Castle*. Euro Inox.

Isecke, B. et al. (2009). *L'acciaio inox a contatto con altri materiali metallici*. Lussemburgo: Euro Inox.

*Life Cycle Costing, CD* (2000). Lussemburgo: Euro Inox.

Moderne Medienversorgung für die Technik von morgen (2007). *IKZ-Haustechnik* (14).

Nickel Development Institute (1997). *Stainless steel plumbing – An introduction*. NiDI Technical Series 11019.

Raccorderie Metalliche. *Manuale Tecnico – Marzo 2008*.

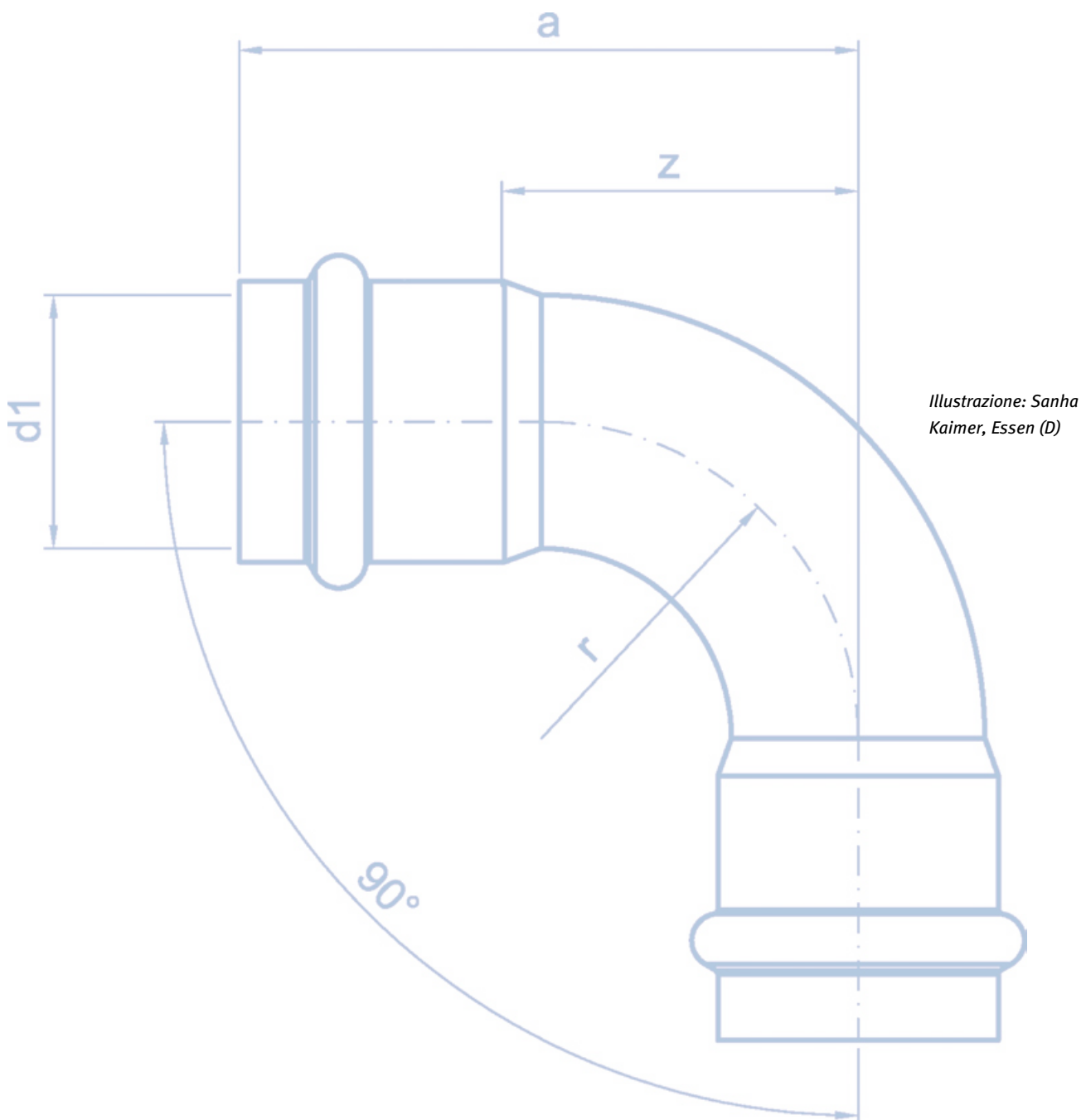
Schlerkman, H., Verzinkter Stahl und nichtrostende Stähle in Kontakt mit Trinkwasser – Einsatzbereiche und Korrosionseigenschaften von verzinktem Stahl; werkstoffgerechte Fertigung und Verarbeitung von Bauteilen aus nichtrostendem Stahl, memoria tenuta in occasione del seminario 8. *Korrosionum: Werkstoffe für die Trinkwasserinstallation – Korrosion und Korrosionsschutz*, GfKorr, Stuttgart, 23 Aprile 2012.

*Tabella delle caratteristiche tecniche degli acciai inossidabili*, database online multilingue (2007). Lussemburgo: Euro Inox.

Technical information fil-press (2002). Barcellona: Filtube.

The Steel Construction Institute (2002). *Operational Guidelines and Code of Practice for Stainless Steel in Drinking Water Supply*. Ascot: British Stainless Steel Association.

Viega, ed. (2008). *Application technology*, volume 1: Metallic pipe installation systems.



ISBN 978-2-87997-385-2