

# ACCIAI INOX E DEFORMAZIONE

LE CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE DI ALCUNI TIPI DI ACCIAI GARANTISCONO  
PRESTAZIONI PIÙ INTERESSANTI PER DETERMINATI UTILIZZI.

IL CASO DEI SERBATOI DELLE NAVI CISTERNA E DELLE LAVABIANCHERIA

DI FAUSTO CAPELLI

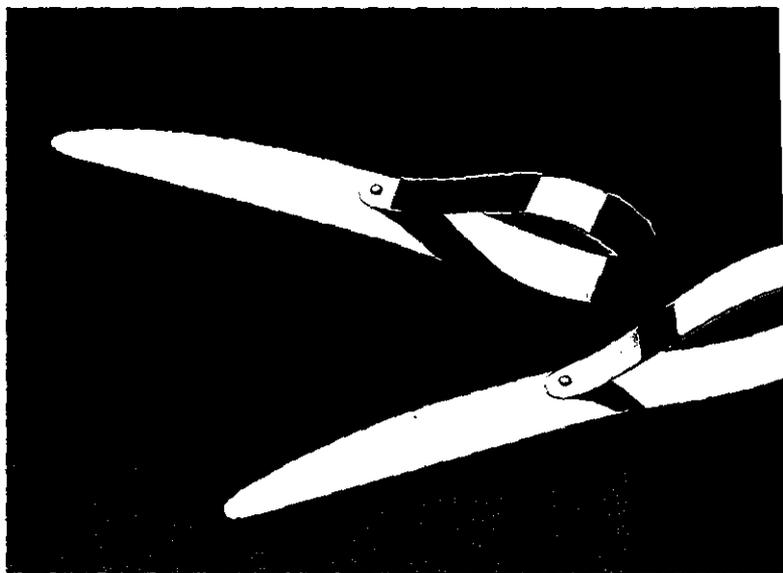
Si pensa a tutti i componenti di acciaio inossidabile che trovano applicazione nei vari settori, dall'industria dei trasporti all'alimentare, dall'edilizia agli elettrodomestici, ci si rende subito conto come tali materiali riescano ad affiancare alla resistenza alla corrosione, tipica dei metalli nobili, una notevole attitudine alla deformazione plastica a freddo (imbutitura, profilatura, trafilatura, ecc.). Basti pensare a un tipico settore di nicchia come il design industriale per constatare come l'idea concepita dalla mente del progettista riesca a essere sempre realizzata partendo da qualunque tipo di prodotto siderurgico (lamiera, nastro, barra, tubo, getto, figure 1 e 2), che può essere facilmente realizzato con materiali della serie austenitica che garantiscono caratteristiche di allungamento notevole, prima di arrivare a rottura, come si può notare dalla curva carichi - allungamenti (figura 3) paragonata con quella degli acciai a carbonio. In questa famiglia di acciai inossidabili, si possono anche "bilanciare" opportunamente le percentuali presenti in lega (tipicamente nichel e carbonio) per ottenere materiali più facilmente imbutibili e lavorabili, i cosiddetti acciai inossidabili austenitici a "profondo stampaggio".

Vediamo più vicino, in generale, le proprietà fisico-meccaniche e tecnologiche degli acciai inossidabili.

## PROPRIETÀ FISICO-MECCANICHE E TECNOLOGICHE

Le caratteristiche meccaniche sono differenti a seconda dei diversi tipi e possono essere sintetizzate come segue.

I tipi austenitici non sono suscettibili di innalzare le loro caratteristiche mediante



tempra e, conseguentemente, hanno qualità resistenziali non elevate. A temperatura ambiente, variano, a seconda dei tipi, in diversi intervalli: carico di rottura:  $440 + 785 \text{ N/mm}^2$ ; carico di snervamento:  $175 + 275 \text{ N/mm}^2$ ; modulo di elasticità:  $193.100 + 200.000 \text{ N/mm}^2$ ; allungamento a rottura:  $30 + 60\%$ .

Sono capaci di innalzare fortemente la loro resistenza mediante incrudimento per deformazione plastica a freddo, elevando l'allungamento a rottura. Questo fenomeno è molto sfruttato proprio nello stampaggio a freddo. Inoltre, posseggono elevate caratteristiche di resistenza a fatica. Anche la resistenza agli urti è molto alta a temperatura sia ambiente sia molto basse, dell'ordine di oltre  $-200^\circ\text{C}$ .

I tipi ferritici non sono nemmeno suscettibili di trattamento di tempra; presentano, quindi, caratteristiche resistenziali non elevate. Indicativamente, a temperatura ambiente, a seconda dei tipi, i valori oscillano nei seguenti limiti: carico di rottura:  $440 + 640 \text{ N/mm}^2$ ; carico di snervamento:  $225 + 345 \text{ N/mm}^2$ ; modulo di elasticità:  $200.000 \text{ N/mm}^2$ ; allungamento a rottura:  $15 + 30\%$ .

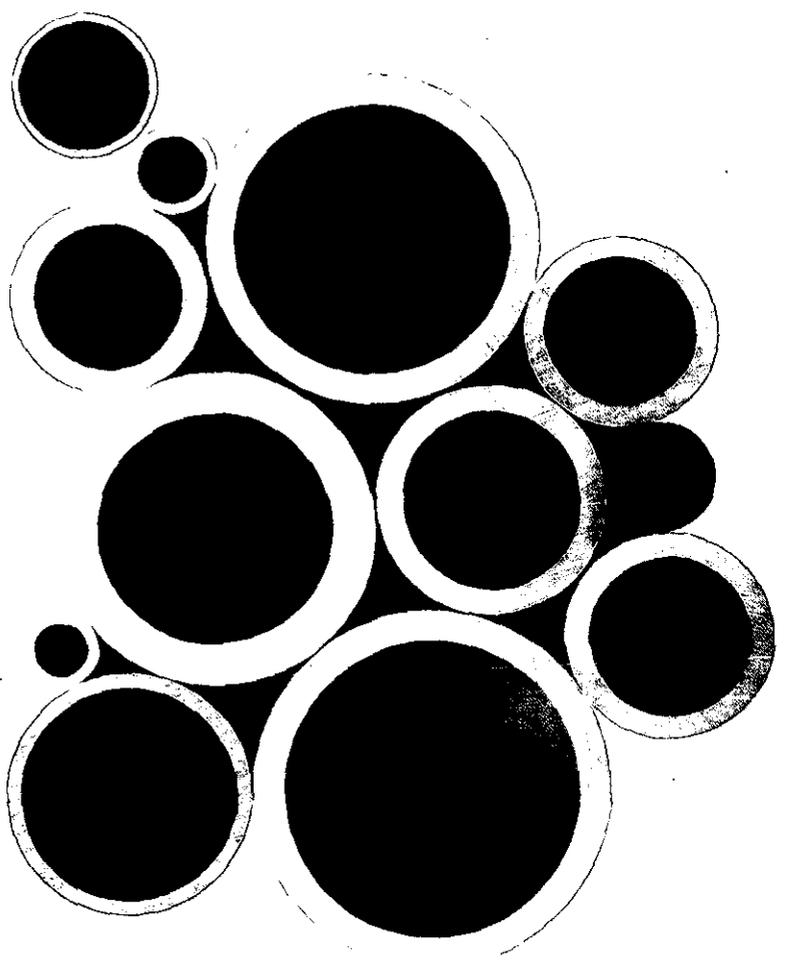
L'incrudimento per deformazione plastica a freddo incrementa, anche in questo caso, le caratteristiche di resistenza, ma in modo diverso da quello dei tipi austenitici.

Per quanto concerne le caratteristiche fisiche, ne vengono elen-

**La sicurezza**

**o la compri prima**

**o la paghi dopo.**



# **Dalmine.**

Alta lavorabilità,  
tolleranze ristrette,  
acciai per le esigenze  
più diverse, sono  
le caratteristiche esclusive  
dei tubi Dalmine  
dedicati all'impiego  
nel settore meccanico.  
Tutto questo con la massima  
puntualità di consegna.



cate volutamente alcune tra quelle che è utile conoscere ai fini dello stampaggio a freddo e dell'utilizzazione di pezzi stampati a freddo.

La conducibilità termica è sostanzialmente differente tra le diverse famiglie; a temperatura di 100°C, varia indicativamente tra: 14,2 + 17,16 W/mK per tipi austenitici; 20,9 + 29,3 W/mK per tipi ferritici.

La resistività elettrica è anch'essa fortemente differenziata e a temperatura ambiente varia indicativamente tra: 0,72 + 1,02 μΩm per i tipi austenitici; 0,59 + 0,67 μΩm per i tipi ferritici.

Il coefficiente di dilatazione termica è molto differente e, nell'intervallo di temperatura 0 + 100°C, varia mediamente tra: 15 + 17,3 · 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup> per i tipi austenitici; 9,3 + 11,7 · 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup> per i tipi ferritici. La permeabilità magnetica relativa è molto diversa a seconda che si tratti di tipi ferritici, ferromagnetici o austenitici, sostanzialmente amagnetici. Per i primi, essa non è molto influenzata dall'incrudimento per deformazione a freddo, mentre i tipi austenitici risentono molto di più di tale fenomeno,

seconda del tipo di lega e del grado di incrudimento.

Per quanto concerne le caratteristiche di lavorabilità, tutti gli acciai inossidabili (e in particolare quelli austenitici) offrono caratteristiche di lavorabilità per deformazione plastica a freddo particolarmente brillanti. In particolare, l'utilizzazione di lamiere e di nastri sottili consente sempre di operare con le correnti tecniche di: imbutitura alla pressa; imbutitura al tornio; imbutitura al tornio per laminazione; piegatura alla pressa; curvatura a rulli;

Figura 3  
Diagrammi qualitativi carichi-allungamenti per gli acciai inossidabili austenitici, ferritici e martensitici per gli acciai al carbonio.

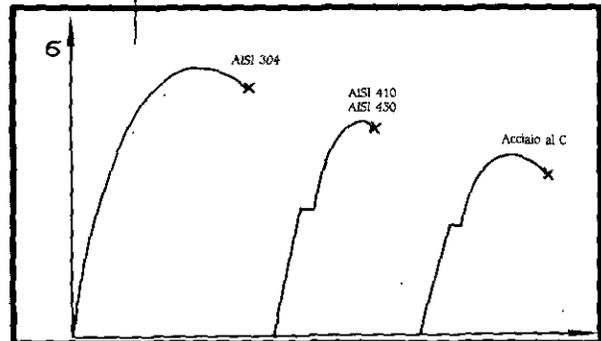


Figura 1  
Ragliacarte ottenuto da nastro di acciaio inossidabile (Bruno Manes, Milano).

Figura 2  
Ringhiera per scala ottenuta da tondino inox (Andrea Forges Davanzati, Milano).

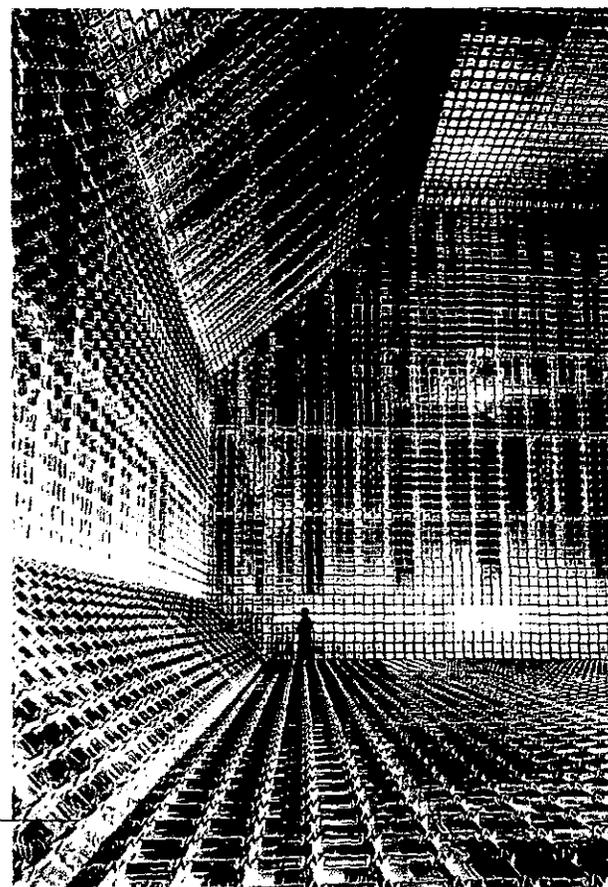
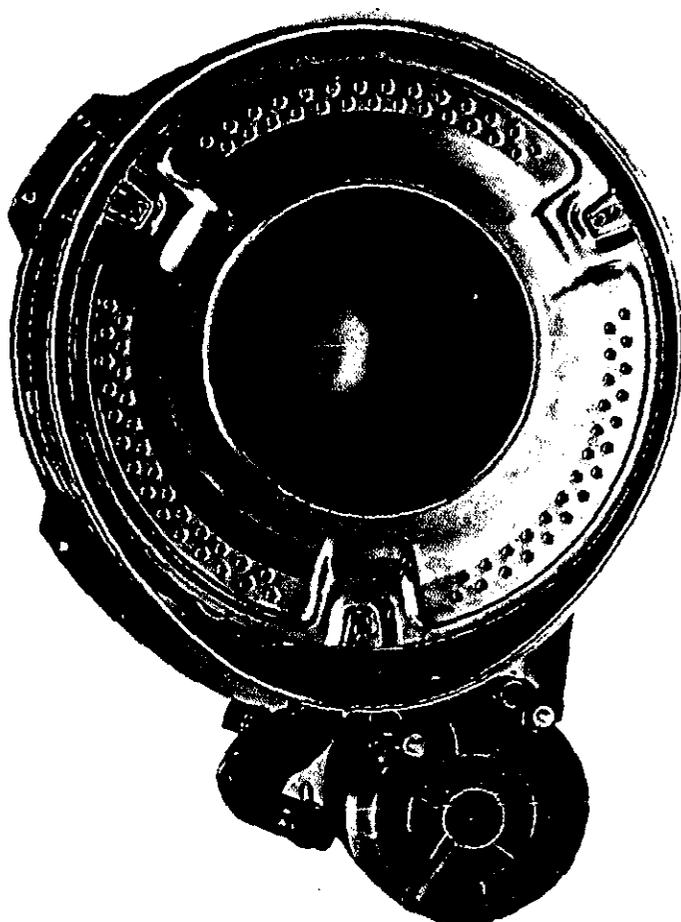


Figura 4  
Serbatoio inox per nave cisterna.

come indicato dai valori riportati: per i tipi ferritici è compresa tra 600 + 1.100; per i tipi austenitici, allo stato non incrudito, è compresa tra 1,0025 + 1,0020; allo stato incrudito, è compresa tra 1,0075 + 4,75 a

Figura 5  
Cestello e  
vasca per  
lavabiancheria  
domestica,  
realizzati in  
acciaio  
inossidabile  
ferritico.



profilatura a rulli; coniatura. Ciò permette di ottenere componenti e manufatti di costi contenuti, sia in piccoli sia in grandi lotti. Inoltre, sfruttando appieno la variazione di caratteristiche meccaniche dovute al fenomeno di incrudimento, sono possibili elevate prestazioni dal punto di vista meccanico anche con spessori decisamente ridotti rispetto a quanto è necessario con altri materiali.

#### ESEMPI PRATICI APPLICATIVI

##### Il serbatoio per navi cisterna

Un esempio particolarmente significativo di come una membrana sottile inox possa essere utilizzata per realizzare componenti di alta responsabilità, in termini di caratteristiche meccaniche, è rappresentato dai serbatoi per navi cisterna.

I tipi qui presentati (Tehiganz, francese, e Corich Methan, inglese) sono stati concepiti molti anni fa, ma costituiscono un'applicazione che fa comprendere subito l'importanza e la versatilità degli acciai inossidabili. Si tratta di serbatoi per nave cisterna metaniera (capacità di carico 50.000 m<sup>3</sup> di gas liquido), costituiti da una membrana corrugata, a tenuta stagna, di acciaio inossidabile austenitico del tipo AISI 304 L (EN 1.4307), capace di

contrarsi e di dilatarsi sotto le notevoli variazioni di temperatura alla quale è sottoposta in seguito alle operazioni di carico e di scarico dei gas liquidi (figura 4).

La membrana, che poggia su una opportuna struttura di sostegno, è costituita, a sua volta, da elementi modulari, di spessore 1,2 mm, ottenuti operando per deformazione plastica a freddo alla pressa da lamiere, corrugate secondo due famiglie d'onde tra loro perpendicolari.

L'operazione è condotta in modo da evitare l'allungamento della fibra media allo scopo di ridurre al minimo le variazioni di spessore nelle zone deformate. La finitura è la BA e le lavorazioni sono state effettuate con protezione superficie asportabile. Gli elementi modulari, la cui conduzione ha passo costante di 340 mm in entrambe le direzioni, sono uniti con giunti a sovrapposizione semplice, saldati con tecnica TIG in modo da costituire una membrana continua. Ciascun elemento è saldato in posizione centrale ad ancoraggio, sempre di acciaio inossidabile, fissati nello spessore dell'isolamento. Dal punto di vista del corretto stampaggio e uso dei laminati sottili inox, si può considerare che: la scelta dell'AISI 304 L (EN 1.4307) permette di assicurare una sufficiente resistenza alla corrosione della membrana, tenu-

to anche conto del tempo di stazionamento del naviglio a serbatoi vuoti in ambiente marino e del tempo di costruzione dei serbatoi in cantiere marittimo; le caratteristiche meccaniche del materiale garantiscono un'elevata tenacità della membrana e del giunto saldato a temperatura molto bassa (dell'ordine di -160°C) anche in presenza di escursioni termiche molto basse, come accade durante le operazioni di carico e scarico; l'elevato coefficiente di dilatazione del materiale è stato opportunamente neutralizzato dalla creazione della doppia orditura di ondulazioni che consente di limitare, a valori estremamente bassi, la sollecitazione della membrana durante le contrazioni e le dilatazioni originate da sbalzi termici dell'ordine di 200 °C; per contro, il basso coefficiente di conducibilità termica gioca a favore dell'isolamento del serbatoio; la deformazione del materiale è condotta in modo da contenere gli stiramenti localizzati, evitando l'assottigliamento dello spessore nelle zone deformate; in questo caso, è stata determinante la coordinazione tra disegno e tecnologia di deformazione. La finitura superficiale, infine, protetta durante la lavorazione e il montaggio, priva di incisioni, garantisce la membrana contro eventuali inneschi di rottura per fatica; l'utilizzazione delle tecniche di saldatura TIG per la giunzione dei pannelli modulari a semplice sovrapposizione (il pericolo di corrosione interstiziale è evitato, dato che l'interstizio è situato nella parte protetta e inaccessibile della membrana) e per l'ancoraggio alla struttura consente di operare in condizioni di sicurezza nei confronti del rivestimento coibente esterno; il disegno dell'elemento modulare, appositamente integrato nell'insieme della progettazione del naviglio, ha permesso la realizzazione di "otri" dilatabili e contraibili di acciaio inossidabile contenuti negli scomparti dello scafo, per trasportare liquidi criogenici.

**Il caso della lavabiancheria**

Un esempio altrettanto significativo di come con lamiera di spessore molto sottile si riescano a realizzare componenti di grande serie, in grado di garantire elevate tenute meccaniche, è rappresentato dall'insieme vasca-cestello (figura 5) di lavabiancherie domestiche. Anche se tale esempio non testimonia certamente una novità nel settore degli elettrodomestici industriali, risulta interessante considerarne le caratteristiche prestazionali nel tempo, considerato che, in questo caso, si parte sempre da acciaio inossidabile ferritico del tipo AISI 430 (EN 1.4016). Nel caso qui preso in esame, il nastro è di 0,4 mm di spessore con finitura BA. I disegni, sia della vasca sia del cestello sono concepiti in modo che ciascuno dei componenti possa essere realizzato mediante operazioni di deformazione plastica a freddo totalmente automatizzate. Ciascun componente presenta anche, in virtù del perfetto coordinamento tra disegno e tecnologia di trasformazione, una struttura sufficientemente rigida e resistente, pur avendo origine da un laminato di spessore estremamente sottile. Le unioni, totalmente aggraffate, consentono di evitare l'uso di saldature che, nei tipi ferritici tradizionali, come il 430 (EN 1.4016), soprattutto se sottoposto a sollecitazione a fatica, possono rivelarsi di scarsa tenacità. La presenza di interstizi, dovuti all'aggraffatura, d'altra parte, non provoca pericoli di corrosione nella vasca perché le giunzioni sono opportunamente sigillate,

per ovvie questioni di tenuta. Nel cestello, parimenti, il problema non si pone, dato che il ciclo di lavoro prevede la risciacquatura finale con la rimozione di eventuali tracce di soluzioni aggressive. Dal punto di vista economico, la scelta del tradizionale ferritico AISI 430 (EN 1.4016) limita il costo del materiale di partenza, fornendo un'assoluta garanzia nei confronti delle aggressioni che si determinano ciclicamente, ma che sono costituite, volta a volta, da risciacqui e asciugature che assicurano una continua ripassivazione dell'elemento.

**Rmo**

**FAUSTO CAPELLI** è il direttore del Centro Inox di Milano

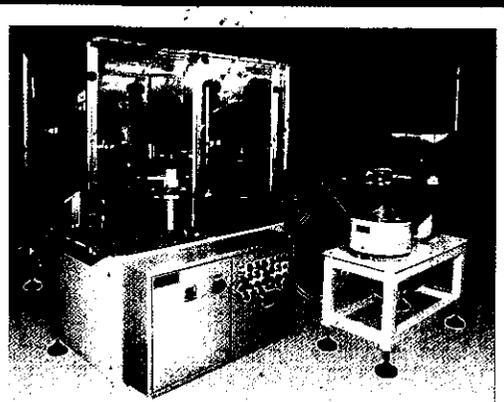
**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Inossidabile 68, giugno 1982
- [2] G Di Caprio "L'acciaio inossidabile: questo sconosciuto", giugno 1985

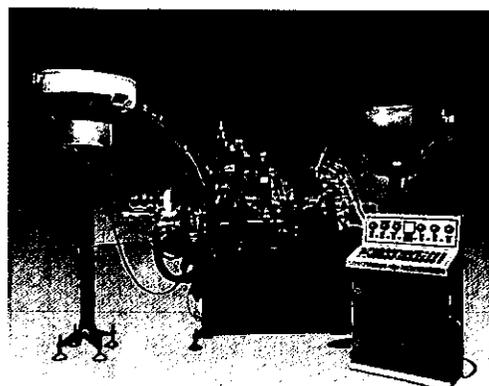


**DAL 1950...  
LA RISPOSTA AI VS. PROBLEMI  
DI AUTOMAZIONE**

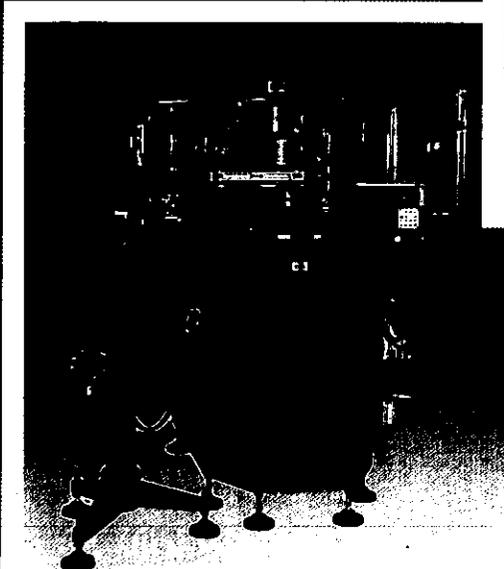
**MACCHINE SPECIALI**



Macchina automatica per  
assemblaggio di 3 particolari



Macchina automatica per foratura e filettatura corpi bruciatori  
con montaggio e avvitatura tubo ugello per cucine a gas



Transfer di fresatura su anelli in acciaio inox servito  
da vibratore con carico e scarico automatico da manipolatore

- ➔ **MACCHINE AUTOMATICHE PER ASSEMBLAGGIO**
- ➔ **MACCHINE AUTOMATICHE SPECIALI PER LAVORAZIONI MECCANICHE (FILETTATRICI, MASCHIATRICI, FORATRICI, FRESATRICI, ELESATRICI, ATTESTATRICI)**
- ➔ **SISTEMI DI AVVITAMENTO E CONTROLLO**
- ➔ **MANIPOLATORI**
- ➔ **MACCHINE COMBinate PER LAVORAZIONI MECCANICHE ED ASSEMBLAGGIO**

MAXX O&S, S.p.A.  
Via...  
Tel. 02...  
Fax 02...