

STAMPAGGIO DI LAMIERE E NASTRI SOTTILI

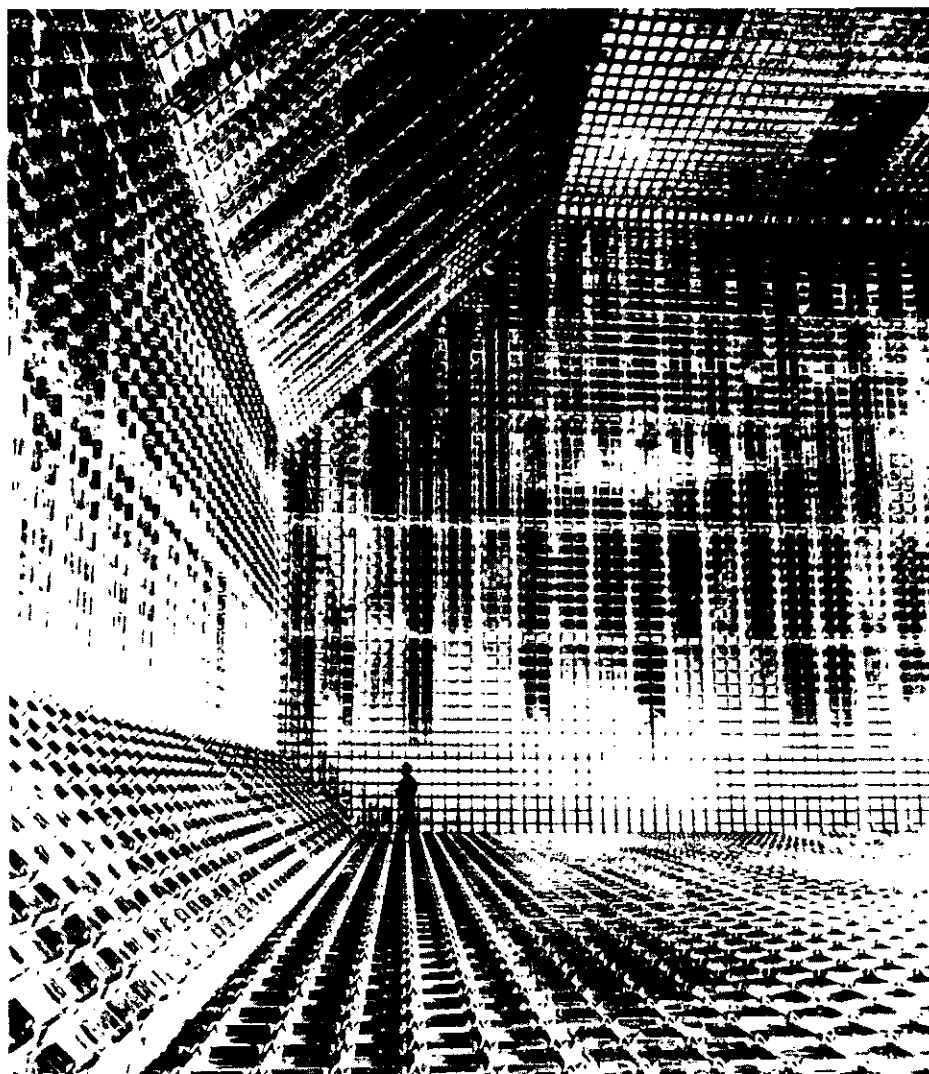
# L'ACCIAIO INOSSIDABILE: QUESTO SCONOSCIUTO

Prima parte

Le peculiarità degli acciai inossidabili non sempre sono ben conosciute. Ciò comporta a volte un utilizzo improprio perché si è cercato di applicare ad essi concetti progettuali e parametri operativi validi solo per altri tipi di materiali, diminuendone le potenzialità ed esaltandone invece le caratteristiche negative.

Per questo il Giornale della Lamiera propone ai propri lettori alcune considerazioni introduttive su questi tipi di acciai.

di G. Di Caprio



Visione di assieme di uno dei serbatoi della nave metaniera Descartes, ottenuto con moduli di lamiera stampata a freddo di acciaio inossidabile austenitico AISI 304 L, finitura BA, spessore 1,2 mm.

E' noto a tutti che un particolare stampato ha una riuscita più o meno buona a seconda che il suo progetto, le tecnologie operative che lo generano e il materiale che lo realizza siano state più o meno ben coordinate tra loro.

A questo proposito non mi sembra inutile una serie di considerazioni introduttive su questo argomento, dato che gli acciai inossidabili non sempre sono ben conosciuti e che, sovente, accade di veder applicati ad essi, impropriamente, parametri operativi che sono invece solitamente adottati con successo per la lavorazione di altri materiali.

Si può anticipare che, in generale, un particolare nasce bene solamente quando il progettista lo concepisce bene.

Per fare ciò egli deve correlare sempre tra loro almeno quattro aggregazioni di elementi:

— l'« idea » dell'oggetto in sé completo delle sue funzioni;

— la conoscenza delle caratteristiche intrinseche e dei limiti di applicabilità del materiale o dei materiali con i quali essa verrà attuata;

— la conoscenza delle caratteristiche tecnologiche e delle tecniche di trasformazione mediante le quali il materiale sarà trasformato per assumere l'identità dell'oggetto o della parte;

— il costo globale dell'oggetto, che deve essere sempre il minore possibile, fatte salve le reali prestazioni, la durata e la sicurezza d'uso per le quali esso è stato concepito. Se si trascura una di queste aggregazioni non si può dire, a mio avviso, che la progettazione, considerata come insieme di fantasia, di calcoli e di disegno dell'oggetto o della parte, sia intesa correttamente.

Evidentemente solo l'armonica com-

binazione delle quattro aggregazioni, di cui si è detto sopra, permette di pervenire anche a quelle preziose innovazioni che costituiscono il normale progredire tecnico. Un errore fondamentale, che accade spesso di osservare, è legato alla trasposizione di criteri di progettazione di un oggetto, valido per particolari materiali, ad altri materiali diversi dai primi.

Un esempio paradossale varrà a chiarire il concetto (fig. 1). Il vecchio fiasco, geniale contenitore per liquidi a tutti noto, nasce dalla perfetta sintesi di forma, funzione, tecnologia e costo di due materiali relativamente poveri quali il vetro e la paglia. Quest'ultima, per le caratteristiche di facile intrecciabilità, di basso costo, di assorbimento degli urti, forma nello stesso tempo la base di sostegno e il rivestimento protettivo dell'ampolla di vetro che nasce come « bolla » soffiata, proprio perché tale era la tecnologia di trasformazione del vetro e come « bolla » non dispone di una base di appoggio stabile.

Il medesimo fiasco, realizzato con lamierino di acciaio inossidabile imbutito in due gusci saldati lungo la sezione meridiana, con le medesime caratteristiche di forma e di dimensione, sarebbe un « nonsenso », ancorché correttamente realizzato dal punto di vista tecnologico, perché ci fornirebbe un contenitore di notevole ingombro trasversale in rapporto alla capacità, non facilmente impilabile, con un elevato rapporto tra spazio occupato e volume di liquido immagazzinato, pur utilizzando un materiale che consente di essere foggiato come un cilindro o come un parallelepipedo e che è intrinsecamente resistente agli urti.

Il « fiasco inox » sarebbe un colossale « fiasco progettuale », proprio perché utilizzerebbe forme e limitazioni tipiche di altri materiali, senza sfruttare invece a fondo quelle che l'inox consente:

L'esempio, come ho detto, è volutamente paradossale e il « nonsenso » balza con evidenza agli occhi di tutti.

Eppure ho potuto constatare, sul piano pratico dello stampaggio, più sovente di quanto non si creda, come gli acciai inossidabili siano stati, a volte, mal utilizzati proprio perché si è cercato di applicare ad es-

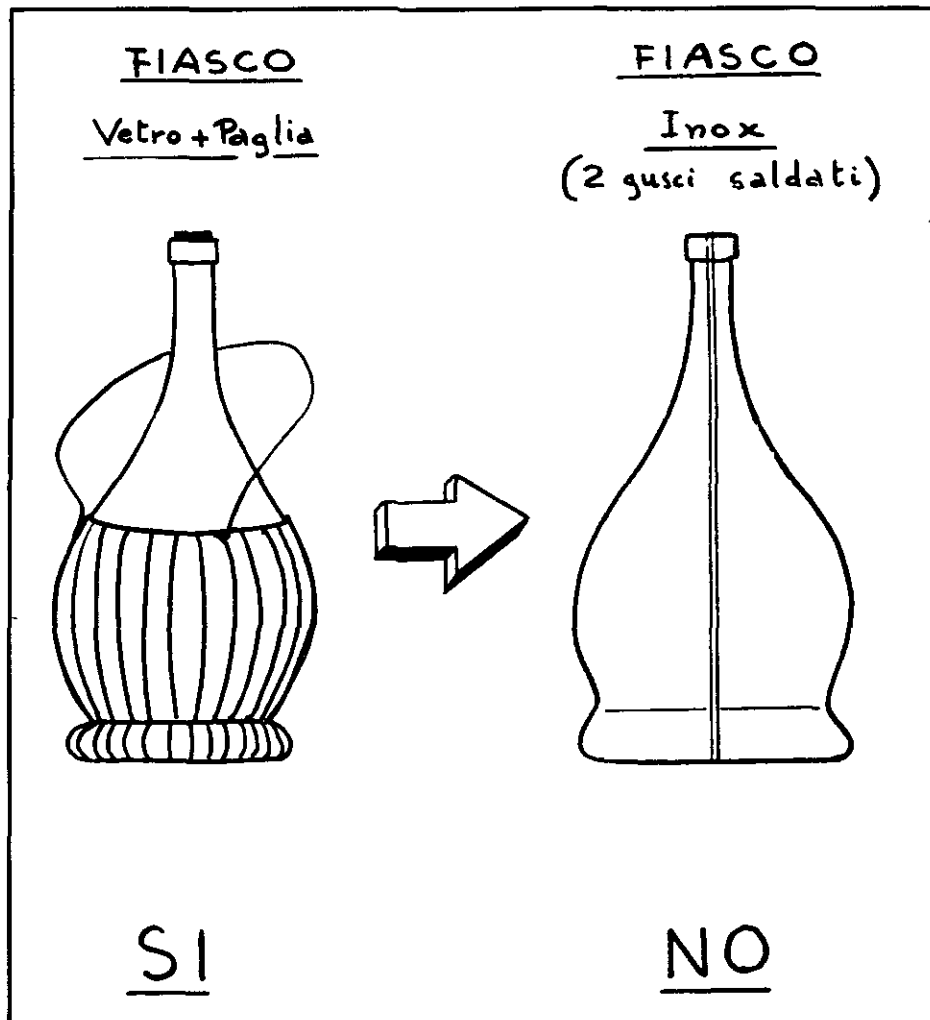


Fig. 1 - Un fiasco « inox », ricopiante pedissequamente le forme del tradizionale fiasco « vetro-paglia », ancorché realizzato con corretta imbutitura di due semigusci saldati secondo una sezione meridiana, sarebbe un nonsenso. Deriverebbe infatti dal fiasco « vetro-paglia » tutte le limitazioni di questo, senza estrarne tutte le molteplici possibilità offerte dallo stampaggio del laminato sottile d'acciaio inossidabile.

si concetti progettuali e parametri operativi validi per altri materiali, ma non per loro, con il risultato di sacrificarne le caratteristiche positive esaltandone invece quelle negative.

Il risultato pratico è stato l'unico che si poteva conseguire: l'insuccesso.

La conclusione di questa introduzione è una sola: « Conditio sine qua non » per pervenire a un onesto successo progettuale, su particolari stampati a freddo inox, è di pensare in termini adatti al materiale, così da sfruttarne a fondo tutte le caratteristiche positive e limitare invece le conseguenze di quelle negative.

#### Parametri progettuali

Da un punto di vista generale, i parametri che si dovranno coordinare armonicamente, per avere un pezzo correttamente stampato, possono essere, a mio avviso, raggruppati in alcune aggregazioni tra loro

collegate:

- resistenza alla corrosione,
- caratteristiche meccaniche e tecnologiche,
- caratteristiche geometriche e di finitura.

Le ho elencate in modo abbastanza casuale dato che non ritengo di molta importanza graduarne la priorità. Tali aggregazioni parametriche sono infatti tutte necessarie al buon concepimento del progetto.

Desidero sottolineare che, ovviamente, non è possibile, da un punto di vista sintetico, entrare in dettaglio caso per caso e tipo per tipo di acciai inossidabili. Mi limiterò perciò a procedere, nel fornire indicazioni, secondo la tradizionale suddivisione degli acciai inossidabili in austenitici, ferritici e martensitici, con riguardo solo alle prime due famiglie, di fatto le sole utilizzate sotto forma di laminati a freddo per stampaggio con una ripartizione dell'ordine del 75÷80% per

## L'ACCIAIO INOSSIDABILE QUESTO SCONOSCIUTO

gli austenitici e del 20÷25% per i ferritici.

Per quanto concerne le singole caratteristiche tipo per tipo, rimando ovviamente all'ampia letteratura tecnica oggi disponibile.

### *Resistenza alla corrosione*

E' abbastanza logico che materiali nati essenzialmente per contrastare il « fenomeno corrosione » siano utilizzati con la certezza che essi risolvano i problemi ad esso inerenti.

Dobbiamo considerare, però, che la loro resistenza alla corrosione è conseguenza della loro capacità di mantenersi in condizioni di passività stabile negli ambienti aggressivi nei quali essi debbono operare. Questa possibilità è legata evidentemente al tipo di acciaio inossidabile, alle condizioni reali nelle quali è messo in opera e alle condizioni effettive di esercizio e di aggressione.

In altri termini, la scelta del tipo di inox deve essere sempre condizionata alla risposta positiva a due domande:

— il tipo di acciaio inossidabile prescelto è in stato di passività stabile nell'ambiente nel quale deve operare?

— le condizioni di sollecitazione o di messa in opera, nonché il disegno del particolare, sono tali da consentirgli di rimanere in condizioni di passività stabile in quell'ambiente, per tutta la durata di tempo prevista?

L'errore sarebbe fidarsi unicamente, quasi fosse un rito esoterico, nella potenza magica della parola « acciaio inossidabile » per esorcizzare il fenomeno corrosione.

Ovviamente, non è qui il caso di elencare il comportamento dei diversi tipi di acciai inossidabili nei confronti delle differenti sostanze aggressive: l'argomento è già abbondantemente trattato nella letteratura tecnica.

Ciò che è necessario evidenziare è che ai fini della resistenza alla corrosione di un particolare stampato a freddo di acciaio inossidabile, oc-

corre considerare, oltre alla composizione analitica del materiale e alle caratteristiche dell'ambiente aggressivo nel quale opererà (composizione chimica, concentrazione, temperatura, pressione), anche:

— il disegno del particolare,

— le sollecitazioni indotte in esso dalle lavorazioni,

— la reale temperatura di esercizio,

— le modalità di messa in opera.

In caso contrario si rischia di scegliere, per eccesso di prudenza, il tipo di acciaio inossidabile a maggior contenuto di elementi in lega (e quindi più costoso), senza rendersi conto che ciò non è necessario e che, magari, esso viene messo in esercizio in condizioni tali da essere danneggiato.

Alcune considerazioni varranno a chiarire questa asserzione.

Il disegno inadatto di un particolare può provocare, qualora siano presenti meati, corrosioni di tipo interstiziale anche in ambienti che ragionevolmente potrebbero essere considerati di blanda aggressività. E' noto che stati di tensionamento interno, dovuto a operazioni di stampaggio per deformazione plastica a freddo o a saldatura, possono provocare fenomeni di corrosione sotto tensione in ambienti che altrimenti non desterebbero soverchie preoccupazioni dal punto di vista corrosionistico.

La effettiva temperatura superficiale di un elemento può causare fenomeni di corrosione per vaiolatura; ciò accade quando esistono zone particolarmente calde in presenza di soluzioni aggressive che presentano, per altro, una temperatura media accettabile.

Le modalità di messa in opera, qualora siano presenti ad esempio, unioni con elementi non di acciai inossidabili, possono causare problemi. Questi elementi infatti debbono essere sempre scelti in modo da risultare compatibili dal punto di vista galvanico con gli acciai inossidabili. In caso contrario, in presenza anche di deboli elettroliti, è possibile la corrosione di quello più elettropositivo.

Questo fatto si verifica soprattutto quando l'elemento più elettropositivo (che normalmente non è l'acciaio inossidabile), è di piccole dimensioni superficiali rispetto al particolare di acciaio inossidabile. E'

il caso, per esempio, di viti e chiodi di materiale meno nobile impiegati su pezzi stampati di acciai inossidabili.

Nel caso particolare di corrosione a caldo, occorre distinguere, infine, tra modalità di servizio continuo o intermittente. I tipi austenitici, per esempio, consentono temperature ammissibili in servizio continuo superiori a quelle di servizio intermittente; al contrario, i tipi ferritici ammettono prestazioni a temperature più elevate nel caso di servizio discontinuo.

### *Caratteristiche meccaniche, fisiche 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, esse variano, a seconda dei tipi, negli intervalli:

— carico di rottura: 440÷785 N/mm<sup>2</sup>,

— carico di snervamento: 175÷275 N/mm<sup>2</sup>,

— modulo di elasticità: 193.100÷200.000 N/mm<sup>2</sup>,

— allungamento a rottura: 30÷60%.

Sono capaci di innalzare fortemente la loro resistenza mediante incrudimento per deformazione plastica a freddo, elevando il carico di rottura, il carico di snervamento e diminuendo l'allungamento a rottura. Questo fenomeno è molto sfruttato proprio nello stampaggio a freddo di questi materiali.

Posseggono elevate caratteristiche di resistenza a fatica.

La resistenza agli urti è molto alta, sia a temperatura ambiente, sia a temperature molto basse, anche dell'ordine di oltre — 200 C.

I tipi ferritici non sono nemmeno essi suscettibili di trattamento di tempra e conseguentemente presentano caratteristiche resistenziali non elevate.

Indicativamente, a temperatura ambiente, a seconda dei tipi, i valori oscillano nei limiti:

— carico di rottura: 440÷640 N/mm<sup>2</sup>,

— carico di snervamento: 225÷345 N/mm<sup>2</sup>,

— modulo di elasticità: 200.000 N/mm<sup>2</sup>,

— allungamento a rottura: 15 ÷ 30 per cento.

L'incrudimento per deformazione plastica a freddo, incrementa, anche in questo caso, le caratteristiche di resistenza, ma in modo diverso da quelle dei tipi austenitici. Per quanto concerne le caratteristiche fisiche, ne elenco volutamente alcune tra quelle che può essere più 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 e, a temperatura di 100 °C, varia indicativamente tra:

— 14,2 ÷ 17,16 W/mK per i tipi austenitici,

— 20,9 ÷ 29,3 W/mK per i tipi ferritici.

La resistività elettrica è anch'essa fortemente differenziata tra tipi e tipi 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 tra i diversi tipi 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 dei tipi ferritici, ferromagnetici o dei tipi austenitici, sostanzialmente amagnetici.

Per i primi tipi, essa non è molto influenzata dall'incrudimento per deformazione a freddo, mentre i tipi austenitici risentono molto di più di tale fenomeno:

— per i tipi ferritici è compresa tra 600 ÷ 1100,

— per i tipi austenitici, allo stato non incrudito, è compresa tra 1,0025 ÷ 1,0020,

— allo stato incrudito, compresa tra 1,0075 ÷ 4,75

a seconda dei tipi e del grado di incrudimento.

Per quanto concerne le caratteristiche di lavorabilità, come emerge dal quadro delle caratteristiche meccaniche, tutti gli acciai inossidabili e in particolare gli austenitici, offrono caratteristiche di lavo-

rabilità 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,

— 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 va-

riazione 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.

### Caratteristiche geometriche e di finitura

E' noto che un pezzo stampato, con qualunque tecnologia lo si voglia approntare, assume, nelle diverse fasi di lavorazione, forme che si mutano con sequenza logica e coordinata le une nelle altre, così da pervenire al risultato finale (fig. 2 e fig. 3).

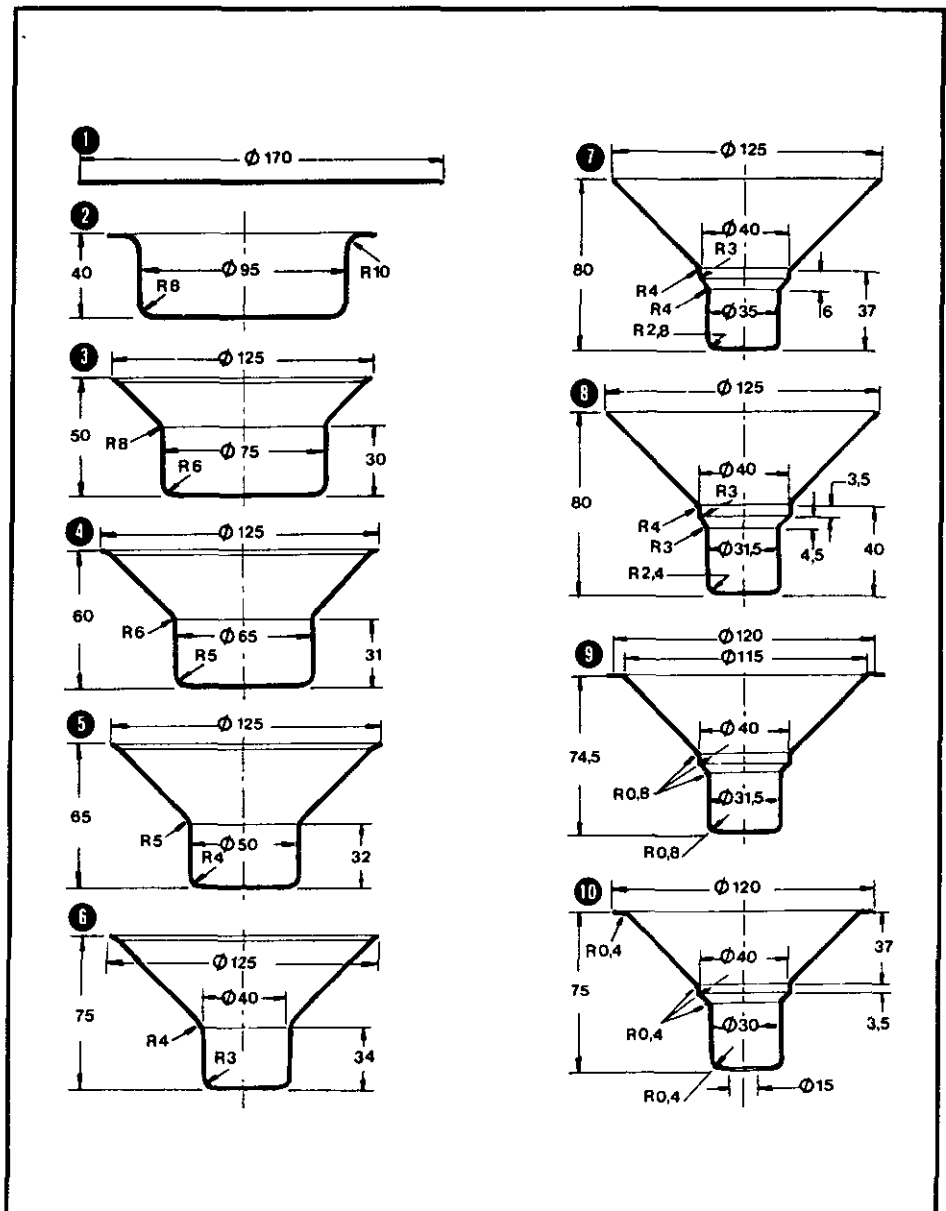


Fig. 2 - Sequenza indicativa di imbutitura cilindrica e troncoconica su lamiera di acciaio inossidabile austenitico AISI 304, spessore 0,8 mm, finitura 2B.

Con questo tipo di inox la profondità massima realizzabile con una sola imbutitura cilindrica è pari a circa il 70-80% del diametro della sezione trasversale. Sono previste 10 fasi a partire dal taglio dello sviluppo circolare fino alla formatura completa del pezzo finito. Per ciascuna di esse sono evidenziati i principali parametri geometrici e in modo particolare i raggi di raccordo tra le diverse sezioni. Dopo le fasi 4, 6 e 8 sono previsti trattamenti di solubilizzazione per diminuire gli effetti dell'incrudimento dovuto alla deformazione plastica a freddo; ovviamente dopo ciascuna è previsto un trattamento di decapaggio.

## L'ACCIAIO INOSSIDABILE QUESTO SCONOSCIUTO

— raggi e angoli di piegatura.  
A scopo esemplificativo, nelle tabelle 1, 2, 3 e 4 sono indicati alcuni valori indicativi di raggi e di angoli per alcuni tipi di acciai inossidabili correntemente utilizzati nella produzione di componenti lavorati

di un sottile strato superficiale. Normalmente le finiture delle lamiere e dei nastri a freddo di acciai inossidabili sono quelle denominate:

— 2D (laminazione a freddo, trattamento termico, decapaggio), oggi non molto usata;

— 2B (laminazione a freddo, trattamento termico, decapaggio, skinpassaggio);

— BA (laminazione a freddo e trattamento termico in atmosfera controllata, con eventuale skinpassaggio).

Se ci limitiamo, per brevità, a queste due ultime finiture, quella del manufatto sarà ovviamente di costo tanto più contenuto quanto minore sarà il danneggiamento subito della finitura originaria del semilavorato di partenza durante le diverse fasi operative.

Il progettista dovrà quindi in ogni caso disegnare il particolare o l'oggetto in modo da consentire un ciclo realizzativo che danneggi il meno possibile la superficie del laminato di partenza. Spesso, infatti, per il prodotto finito, è sufficiente la finitura tal quale del nastro e della lamiera. E' quanto accade sempre con la finitura BA (in questo caso, addirittura, sarebbe un controsenso cancellarla con una finitura successiva dato che le sue caratteristiche peculiari sono legate proprio allo stato originario) e sovente anche con la finitura 2B.

In caso contrario, quando per altre ragioni si dovesse ricorrere ad altri gradi di finitura, si dovrà avere cura di scegliere quelle in grado di assolvere contemporaneamente a compiti funzionali ed estetici, considerando che la lamiera o il nastro di acciaio inossidabile possono essere assimilati ad un cartoncino da disegno su cui « tratteggiare » con tecniche appropriate.

Qualora si desiderasse discostarsi dalla finitura originale della lamiera o del nastro ed il manufatto si prestasse ad essere realizzato con lamiere o nastri pre-finiti e protetti con pellicole asportabili, si preferisce seguire questa strada. Essa, ovviamente, risulta più economica di quella che prevede la finitura sul particolare finito.

Questo criterio è seguito nel caso

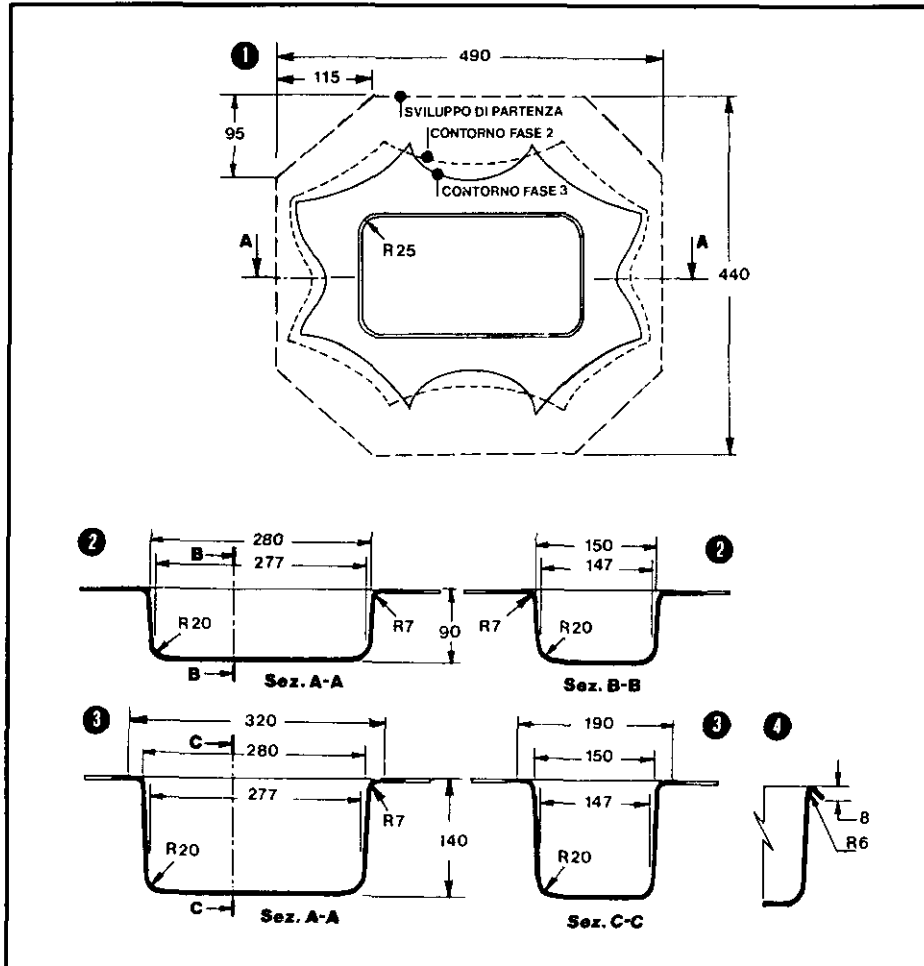


Fig. 3 - Sequenza indicativa di imbutitura di un particolare a sezione trasversale rettangolare su lamiera di acciaio austenitico AISI 304, finitura 2B, spessore 1,2 mm. La profondità massima realizzabile in una sola fase su un imbutito di questa

conformazione e con questo tipo di acciaio è dell'ordine di:  $h = 0,8 a \sqrt{b/a}$  dove  $a$  = larghezza della sezione,  $b$  = lunghezza della sezione. Questo criterio empirico è valido nei casi in cui il rapporto  $b/a$  non risulti superiore a 3. Lo sviluppo di partenza è un ottagono irregolare. Per ciascuna di esse sono evidenziati i principali parametri geometrici e in modo particolare i raggi di raccordo. E' prevista una solubilizzazione dopo la fase 2 per eliminare gli effetti dell'incrudimento; al contrario dopo la fase 3 non è necessaria alcuna solubilizzazione per conformare il bordo che si sviluppa lungo tutto il contorno superiore dell'oggetto.

E' da notare che le caratteristiche geometriche delle singole fasi di lavorazione del pezzo sono strettamente correlate alle caratteristiche intrinseche del materiale e alle tecniche utilizzate.

Ne scende come conseguenza che il progettista, pensando l'oggetto finale nella sua interezza, dovrà correlare armonicamente ancora una volta: forma, caratteristiche del materiale, tecnologia operativa. Ciò ha particolare importanza nel dimensionamento dei:

— raggi di raccordo,

mediante imbutitura alla pressa, piegatura e profilatura.

Per quanto concerne la finitura superficiale, gli acciai inossidabili si pongono in una situazione a sé stante rispetto a gran parte dei materiali metallici. Essi, infatti, contengono già in sé, in potenza, il tipo di finitura dell'oggetto. Non abbisognano infatti di particolari addizioni di rivestimenti esterni quali pitture, smaltature, placature, ecc.

La loro finitura, al contrario, avviene eventualmente per sottrazione

Tab. 1 - Valori indicativi dei raggi di raccordo del bordo della matrice e del fondo del punzone in funzione dello spessore, per particolari imbutiti di acciai inossidabili.

Materiali	Raggio di raccordo del bordo della matrice	Raggio di raccordo del fondo del punzone
Acciai inossidabili austenitici tipo AISI 304	5 ÷ 8 S	≥ 4 S
Acciai inossidabili ferritici tipo AISI 430	7 ÷ 15 S	≥ 5 S
Acciai inossidabili martensitici tipo AISI 410	7 ÷ 15 S	≥ 5 S

S = spessore della lamiera o del nastro.

Tab. 2 - Valori indicativi dei raggi minimi di piegatura per diversi tipi di acciai inossidabili allo stato addolcito in funzione dello spessore delle lamiere o dei nastri laminati a freddo

Designazione AISI	Piegatura libera		Piegatura bloccata	
	Angolo di piega a	Raggio di curvatura R	Angolo di piega a	Raggio di curvatura R
301	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
302	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
304	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
305	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
309	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
310	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
316	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
321	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
347	180°	R = 0,5 S	135°	R = 0,5 S
405	180°	R = S	135°	R = S
410	180°	R = S	135°	R = S
430	180°	R = S	135°	R = S
442	180°	R = S	135°	R = S
446	180°	R = S	135°	R = S

S = spessore della lamiera o del nastro.

Nota: I valori sono riferiti alle condizioni peggiori di piegatura cioè con l'asse parallelo alla direzione di laminazione.

Tab. 3 - Valori indicativi dei raggi minimi di piegatura per alcuni tipi di acciai inossidabili austenitici allo stato incrudito in funzione degli spessori delle lamiere e dei nastri laminati a freddo.

Disignazione AISI	Grado di incrudimento	Spessore ≤ 1,2 mm				Spessore > 1,2 mm			
		Piegatura libera		Piegatura bloccata		Piegatura libera		Piegatura bloccata	
		Angolo di piega a	Raggio di curvatura R	Angolo di piega a	Raggio di curvatura R	Angolo di piega a	Raggio di curvatura R	Angolo di piega a	Raggio di curvatura R
301	1/4 crudo	180°	R = 0,5 S	135°	R = S	90°	R = S	135°	R = 1,5 S
301	1/2 crudo	180°	R = S	135°	R = 2 S	90°	R = S	135°	R = 2 S
301	3/4 crudo	180°	R = 1,5 S	135°	R = 3 S	—	—	—	—
301	4/4 crudo	180°	R = 2 S	135°	R = 3 S	—	—	—	—
302	1/4 crudo	180°	R = 0,5 S	135°	R = 2 S	90°	R = S	135°	R = 2 S
316	1/4 crudo	180°	R = S	135°	R = 2,5 S	90°	R = S	135°	R = 3 S

S = spessore della lamiera o del nastro.

Nota: I valori sono riferiti alle condizioni peggiori di piegatura cioè con l'asse parallelo alla direzione di laminazione

Tab. 4 - Valori indicativi dei raggi minimi di curvatura e degli angoli di piegatura limite adottabili nella profilatura a rulli di nastri di acciai inossidabili laminati a freddo.

Tipo AISI	Materiale allo stato addolcito	Materiale allo stato incrudito 1/4 crudo	
		Spessori fino a 1,2 mm	Spessori oltre 1,2 mm
301	R = 0,5 S (180°)	R = 0,5 S (180°)	R = S (90°)
302, 304	R = 0,5 S (180°)	R = 0,5 S (180°)	R = S (90°)
316	R = 0,5 S (180°)	R = S (180°)	R = S (90°)
410, 430	R = S (180°)	—	—

R = raggio di curvatura  
S = spessore del nastro.

di manufatti o particolari con estese superfici piane oppure a lieve curvatura, oppure con leggera imbutitura, oppure di profilati ottenuti sia per piegatura alla pressa che per profilatura. La pre-finitura sulla lamiera o sul nastro può essere ottenuta per abrasione con i normali mezzi conosciuti, oppure per laminazione (è il caso di lamiere e di nastri laminati con cilindri sabbati, smerigliati o variamente improntati).

Le finiture per abrasione possono anche essere realizzate direttamente su manufatti e oggetti finiti che presentino superfici cilindriche, tronco-coniche, sferiche, o composite assimilabili alle precedenti, abbastanza ampie e con sottosquadri di limitata entità.

Quando il particolare è di piccole dimensioni e non viene reputata sufficiente la finitura di partenza dell'elemento piano, si può ricorrere ad una semplice burattatura oppure, in caso di finitura più pregiata, a quella chimica o a quella elettrochimica.

Quando l'oggetto, anche di notevoli dimensioni, presenta sottosquadri profondi, soprattutto su superfici interne, oppure quando, come nel caso di grigliati, il rapporto pieno/vuoto è molto piccolo, ci si indirizza egualmente verso la finitu-

ra elettrolitica.

Va menzionato infine che a tutti i tipi di finitura sopra citati è possibile sovrapporre anche una colorazione per interferenza, che permette di raggiungere, stabilmente, risultati non semplicemente estetici, ma sovente anche funzionali (per esempio pannelli solari).

(continua)

STAMPAGGIO DI LAMIERE E NASTRI SOTTILI

# L'ACCIAIO INOSSIDABILE: QUESTO SCONOSCIUTO

**Seconda parte**

Dopo la prima parte introduttiva al corretto stampaggio degli inox, affrontiamo in questo secondo articolo, alcuni esempi di particolari nati per essere costruiti con l'acciaio inossidabile.

Questi pezzi rappresentano delle classiche esemplificazioni di utilizzazione di laminati sottili stampati a freddo, e appartengono a tre settori diversi per criteri di utilizzazione e per tipi di acciai utilizzati.

di Gabriele Di Caprio

Dopo aver analizzato nella prima parte, introduttiva al corretto stampaggio degli inox che, come sottolineato ancora una volta, nasce sul tavolo del progettista e presuppone il costante colloquio di questi con il tecnologo e con l'esperto del materiale, mi accingo ad illustrare brevemente alcuni esempi compiuti di particolari stampati inox, nati per essere costruiti apposta con questi materiali.

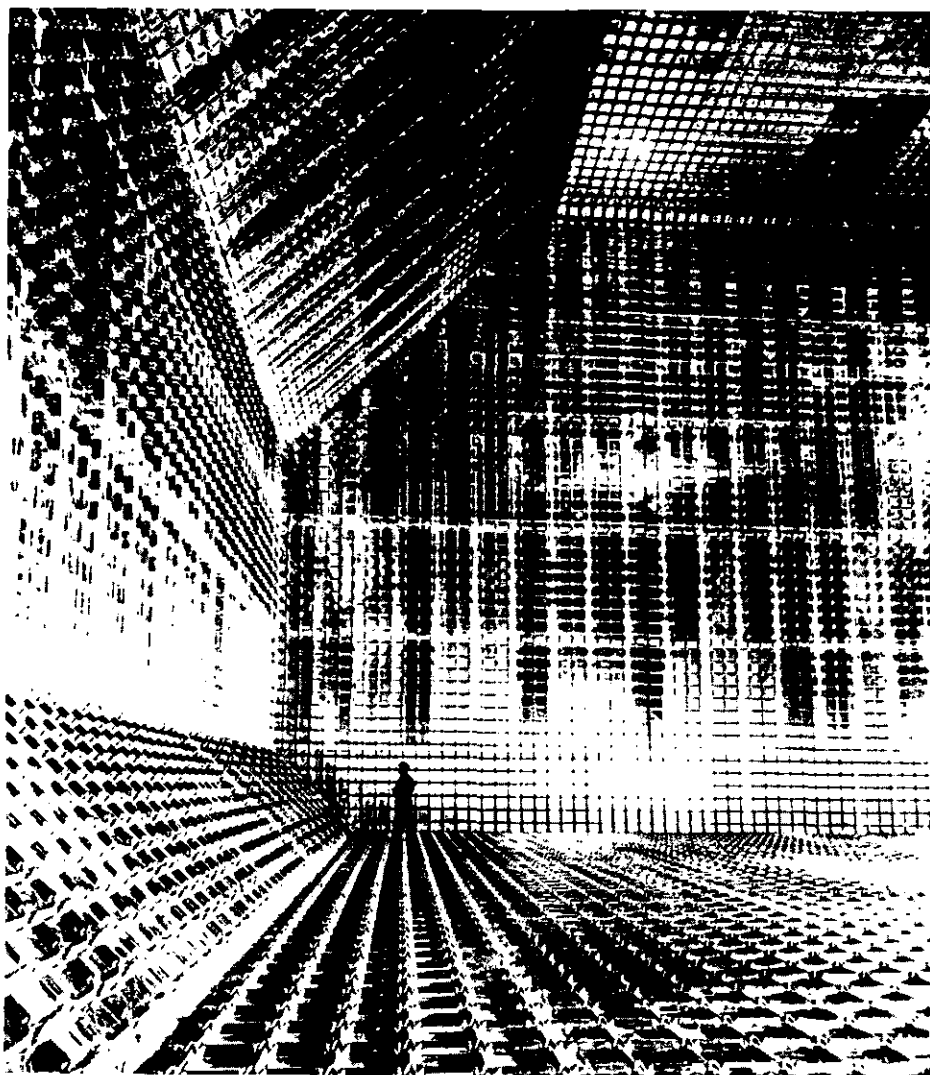
Volutamente li ho presi spigolando tra esempi noti, appartenenti a tre settori diversi per criteri di utilizzazione dell'inox e per tipi di acciai inossidabili utilizzati. Hanno tutti in comune una sola cosa: sono degli esempi classici di utilizzazione di laminati sottili di acciai inossidabili stampati a freddo, come ho avuto già modo di sottolineare anche in precedente occasione (1).

## Serbatoi a membrana per navi cisterna

Si tratta del procedimento messo a punto dalla Technigaz francese e dalla Conch Methan inglese nella seconda metà degli anni '60 per la costruzione della nave metaniera « Descartes » (capacità di carico 50.000 m<sup>3</sup> di gas liquido), e di altri navigli dello stesso tipo, che ha iniziato il suo servizio agli inizi degli anni '70 (fig. 4).

I serbatoi della nave cisterna sono costituiti da una membrana corrugata, a tenuta stagna, di acciaio inossidabile austenitico del tipo AISI 304 L, capace di contrarsi e di dilatarsi sotto le notevoli variazio-

Fig. 4 - Visione di assieme di uno dei serbatoi della nave metaniera Descartes, ottenuto con moduli di lamiera stampata a freddo di acciaio inossidabile austenitico AISI 304 L, finitura BA, spessore 1,2 mm.



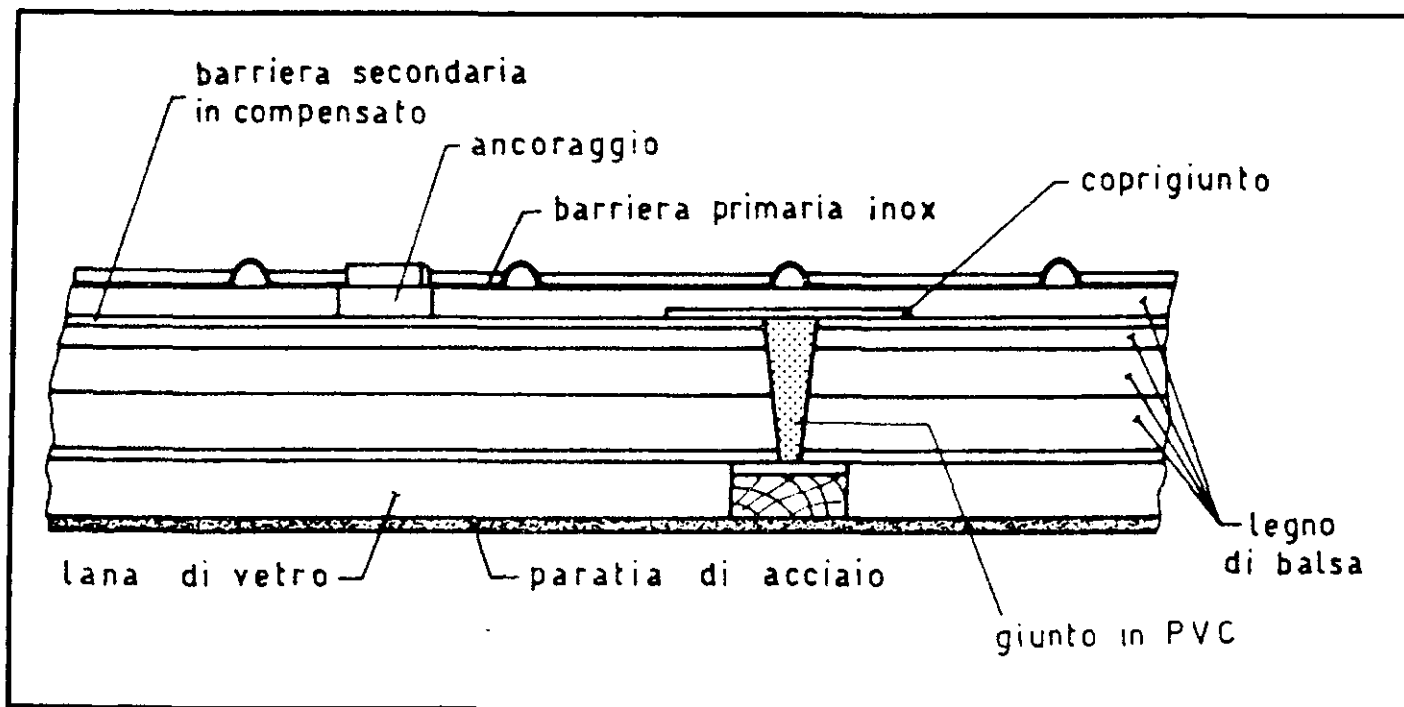


Fig. 5 - Vista schematica di dettaglio del montaggio di un modulo corrugato del serbatoio della nave metaniera Descartes.

ni di temperatura alla quale è sottoposta in seguito alle operazioni di carico e scarico del gas liquido. 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 lamiera, corrugate secondo due famiglie d'onde tra loro perpendicolari.

L'operazione è condotta in modo da evitare l'allungamento della fibra media con lo 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 superficiale asportabile.

Gli elementi modulari, la cui ondulazione 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 ancoraggi, sempre di acciaio inossidabile, fissati nello spessore dell'isolamento (figura 5).

Dal punto di vista del corretto stampaggio e uso di laminati sottili inox, si può considerare:

- la scelta dell'AISI 304 L permette di assicurare una sufficiente resistenza alla corrosione della membrana, tenuto 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 assicurano un'elevata tenacità della membrana e del giunto saldato a temperatura molto bassa (dell'ordine di  $-160^{\circ}\text{C}$ ), anche in presenza di escursioni termiche molto brusche, 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  $200^{\circ}\text{C}$ , 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 trasformazione. 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 so-

vrapposizione (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 anche 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 di uno scafo, per trasportare liquidi criogeni.

#### Vasca e cestello per macchina lavapanni domestica

Mi riferisco al modello prodotto dalla Candy di Brugherio dal 1981, nel quale sia la vasca sia il cestello sono realizzati con nastri di acciaio inossidabile ferritico AISI 430, di spessore 0,4 mm e di finitura BA (fig. 6).

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 poi, in virtù del perfetto coordinamento tra disegno e tecnologia di trasformazione, una struttura sufficientemente rigida e resistente pur aven-

segue →

## L'ACCIAIO INOSSIDABILE: QUESTO SCONOSCIUTO

nuta.

Nel cestello, parimenti, il problema non si pone dato che il ciclo di lavoro prevede la risciacquatura e l'asciugatura finale con la rimozione di eventuali tracce di soluzioni aggressive.

Dal punto di vista economico, la

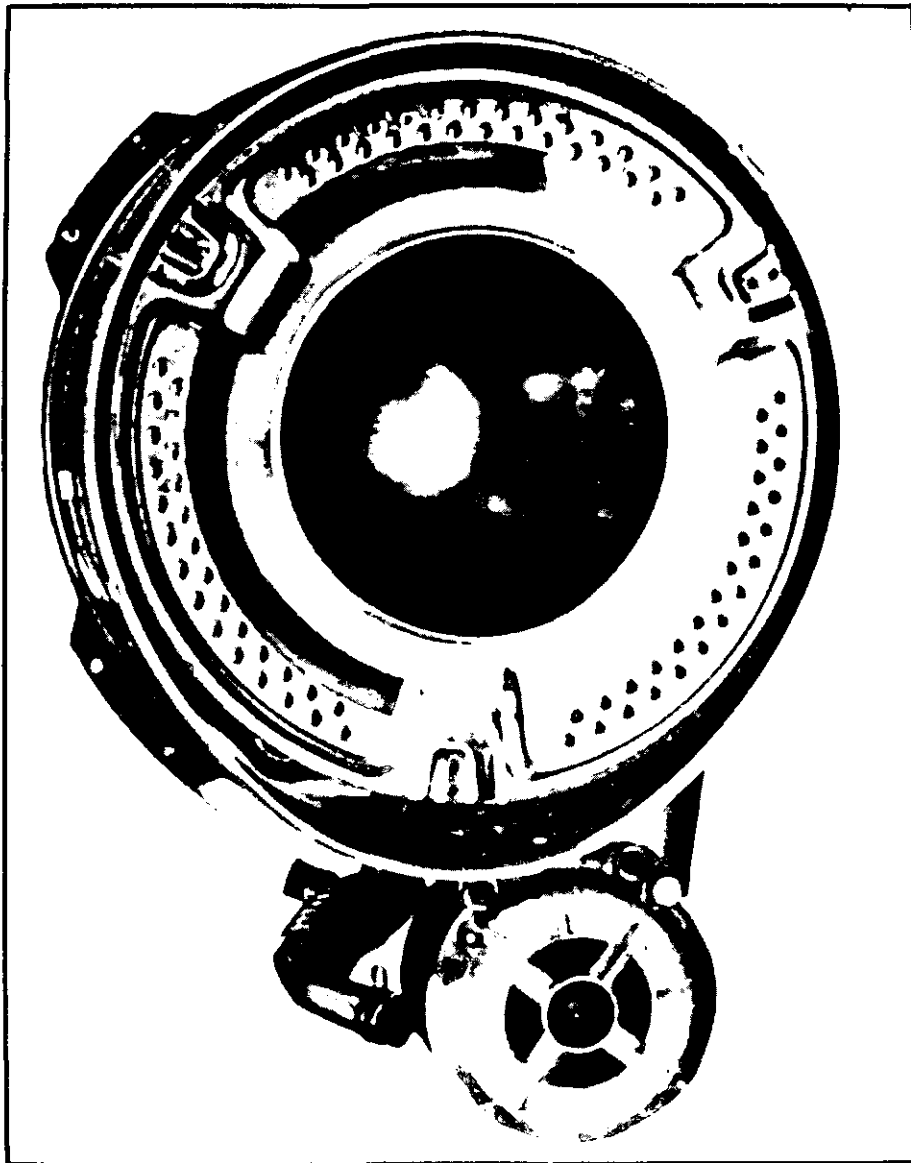


Fig. 6 - Vis'a frontale del complesso vasca e cestello inox della lavapanni domestica Candy, realizzati per deformazione plastica a freddo di nastri di acciaio inossidabile ferritico AISI 430, finitura BA, spessore 0,4 mm.

do 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, soprattutto se sottoposto a sollecitazione a fatica, possono rivelarsi di scarsa tenacità.

La presenza degli interstizi, dovuti all'aggraffatura, d'altra parte, non provoca pericoli di corrosione interstiziale nella vasca perché le giunzioni sono opportunamente sigillate, per ovvie questioni di te-

scolta del tradizionale ferritico AISI 430 limita il costo del materiale di partenza, fornendo tuttavia una assoluta garanzia nei confronti delle aggressioni che si determinano ciclicamente, ma che sono seguite, volta a volta, da risciacqui e asciugature che assicurano una continua ripassivazione dell'elemento.

### Contenitori per cucina

Si tratta di una serie di contenitori da casa, di dimensioni in progressione aritmetica, ricavati per imbu-

titura « in un sol pezzo » partendo da lamiera di acciaio inossidabile austenitico AISI 304, di spessore 1 mm e con finitura 2B (design: Roberto Sambonet - Milano).

Gli otto contenitori sono raggruppati in due serie di quattro elementi ciascuna, quattro di maggiore profondità e quattro di profondità minore, con diametri di bocca eguali due a due. Ciascun contenitore fondo si può accoppiare, in questo modo, con l'omologo, di minor profondità, in modo da formare una coppia « contenitore/coperchio » (fig. 7).

Le finiture interne ed esterne di ciascun elemento sono ottenute per lucidatura meccanica.

Ogni serie di quattro contenitori è contenibile nel contenitore di maggior dimensioni e i due gruppi sono sovrapponibili in modo che tutta la serie è contenuta nella coppia di massime dimensioni. Si realizza così un'elevata utilizzazione dello spazio di stivaggio (fig. 8).

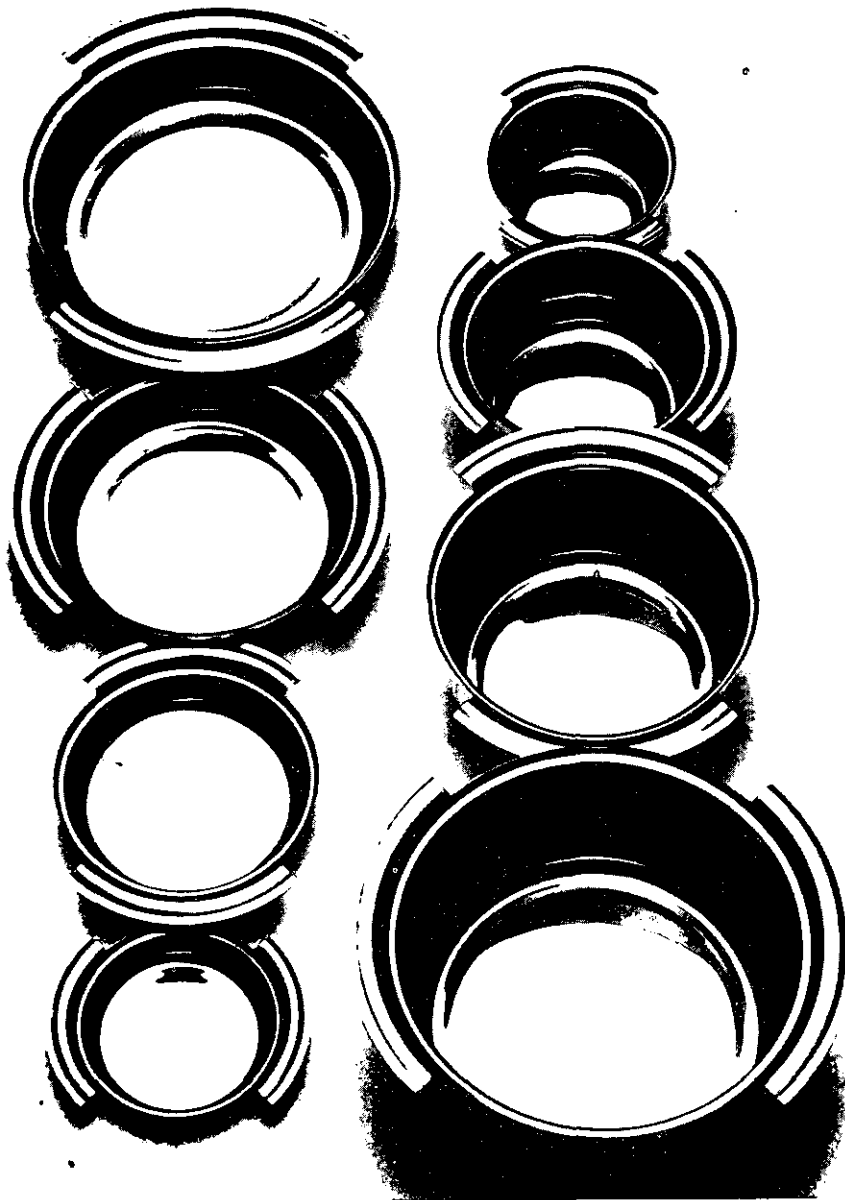
Il progetto, nato nel 1963 come serie di vasellame non da fuoco, ha subito un'evoluzione all'inizio degli anni '70 mediante l'applicazione su ciascun elemento di un fondo termodiffusore, così che ognuno di essi può essere utilizzato come vasellame da fuoco, aperto o chiuso. Il progetto, anche dal punto di vista formale, raggiunge l'essenzialità tipica delle cose belle. Esso è, a mio avviso, un esempio riuscito di quanto si può ottenere stampando a freddo l'acciaio inossidabile e interpretandolo in modo da sfruttare a fondo tutte le sue caratteristiche intrinseche e tecnologiche.

Dal punto di vista dei criteri progettuali, si può infatti osservare che il progettista ha sintetizzato armonicamente:

— le caratteristiche igieniche dell'AISI 304, che consentono ai contenitori di essere utilizzati a contatto con gli alimenti in qualunque condizione di uso;

— le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale, che consentono il rapido passaggio dal freddo al caldo e viceversa del contenitore (per quanto riguarda la sua conducibilità termica si è ricorsi all'applicazione del fondo termodiffusore) e un maneggio « disinvolto e vigoroso » senza problemi di danneggiamento a seguito di urti;

— le caratteristiche tecnologiche



**Fig. 7 - Contenitori modulari per cucina a struttura monolitica, imbutiti utilizzando lamiere di acciaio inossidabile austenitico AISI 304. Ciascuno degli otto contenitori è contenibile nell'omologo di maggiori dimensioni (Sambonet - Vercelli).**

che permettono l'imbutitura dell'elemento in un sol pezzo;

— le finiture superficiali, che sottolineano insieme l'aspetto esteriore del contenitore e che ne esaltano le caratteristiche di pulibilità;

— il disegno, che contemporaneamente: evita la presenza degli interstizi (igienicamente sempre problematici), introduce ampi e generosi raccordi tra le superfici di lavoro (fondo e pareti), limita quelli nelle zone dove sono richiesti un maggiore irrobustimento e una buona superficie di accoppiamento (bordo e manici) e crea infine le premesse per uno stivaggio, sfruttando lo spazio alle estreme conseguenze.

(1) G. Di Caprio « Criteri di progettazione di particolari stampati a freddo da lamiere e nastri di acciaio inossidabili », Milano, 28-29 novembre 1981, pubblicato in « Progettare » n. 24, maggio 1982.

*L'Autore è direttore del Centro Inox di Milano. La seguente relazione è stata presentata al Corso di aggiornamento organizzato dal Centro di Metallurgia e Impiego Lamiera Settori dell'Associazione Italiana di Metallurgia.*

**Fig. 8 - Sezione schematica del modo di accoppiare gli otto contenitori illustrati in figura 7. Ciascuna coppia forma un contenitore chiuso contenuto in quello omologo di dimensioni più grandi, realizzando una drastica economia di spazio.**

