



*Esempio di  
imbutitura di  
lamiera inox AISI  
430, per la  
realizzazione di una  
vasca per lavatrici  
(SMEG,  
Guastalla-RE).*

# Gli acciai inossidabili e l'imbutitura profonda

I criteri di progettazione e la corretta sequenza dei proporzionamenti  
delle diverse fasi realizzative

---

di Fausto Capelli Direttore del Centro Inox di Milano

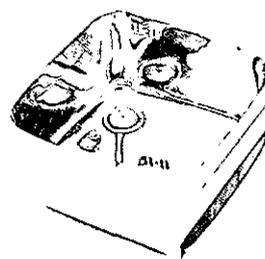
---

**E**sistono vari metodi per imbutire gli acciai inox; metodi la cui scelta è legata alla severità dell'imbutitura, allo spessore e alla conformazione delle membrature, nonché al numero di pezzi da realizzare.

Certamente sono da considerare anche le leghe più idonee a essere deformate, specie quando si tratta di imbutiture profonde.

Tutti gli acciai inox sono facilmente deformabili, sia i tipi ferritici, al 13, 17 o 25% di cromo in lega, sia gli austenitici al cromo-nichel (18% Cr e 8% Ni), con o senza molibdeno.

Va sottolineato però che per lavorazioni che prevedono stiramenti notevoli del materiale, per evitare incrudimenti eccessivi (specie nella serie austenitica), è opportuno scegliere leghe ad alto tenore di nichel (9-11%) o contenenti elementi particolari (per esempio piccole percentuali di rame).



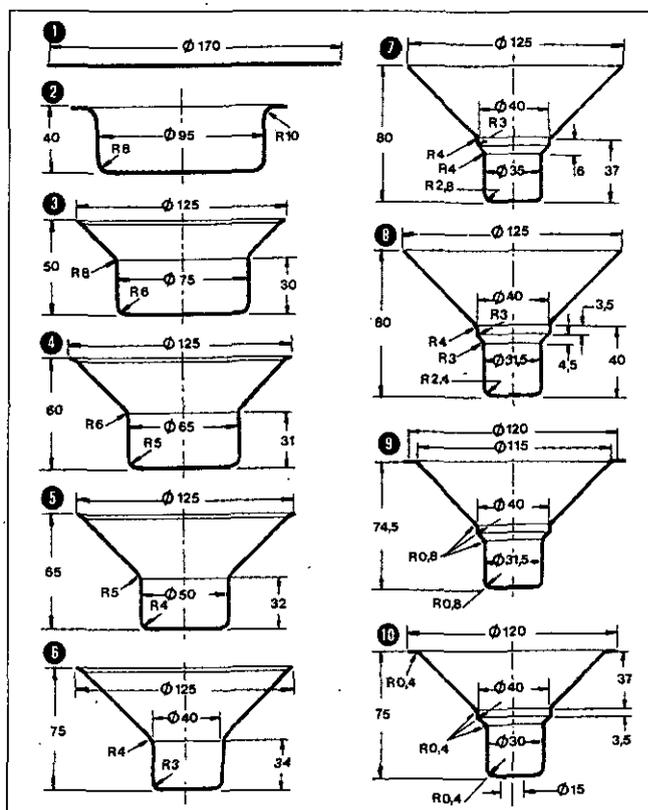
Lamiera inox AISI 304 imbutita, per la fabbricazione di un lavello.

### L'IMBUTTURA PROFONDA

In questo articolo si è voluto mettere in evidenza come la buona riuscita dell'operazione di imbutitura profonda di un componente tragga origine essenzialmente dal corretto disegno del-

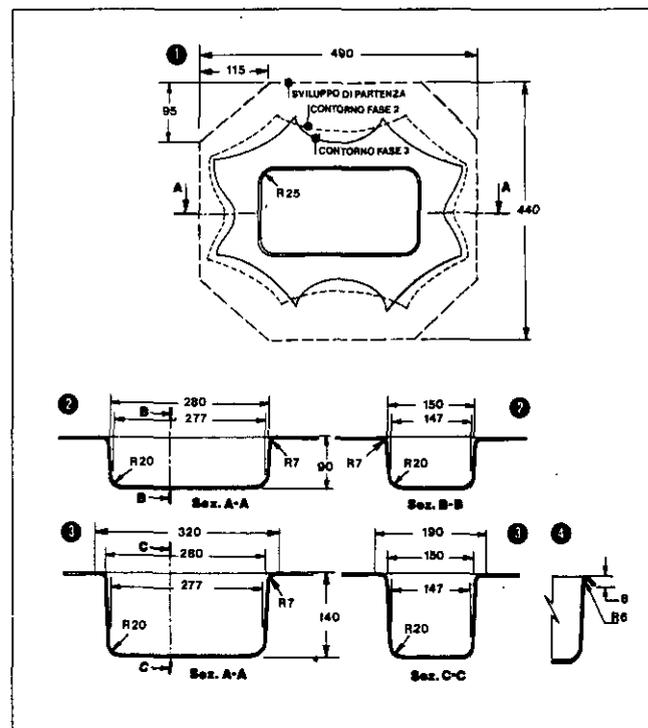
### IMBUTTURA A SEZIONE TRASVERSALE CIRCOLARE

**Q**uesto esempio contiene indicazioni utili alla realizzazione di imbutiti di forma cilindrica e/o troncoconica (vedi figura a fianco).  
Il materiale di partenza è lamiera di acciaio austenitico AISI 304, finitura 2B, con spessore 0,8 mm.  
Con questo tipo di acciaio 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 del pezzo finito.  
Dopo le fasi 4, 6 e 8 sono previsti trattamenti di solubilizzazione per eliminare gli effetti dell'incrudimento.  
Ovviamente dopo ciascuna è previsto un trattamento di decapaggio.



## IMBUTTITURA A SEZIONE TRASVERSALE RETTANGOLARE

**I**l materiale di partenza è lamiera di acciaio austenitico AISI 304, finitura 2B, con spessore 1,2 mm (vedi figura). 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. Sono previste complessivamente 4 fasi a partire dal taglio dello sviluppo fino alla bordatura finale dell'imbutito. È prevista una solubilizzazione dopo la fase 2 per eliminare gli effetti dell'incrudimento; dopo la 3 non è necessaria per fare la bordatura, che si sviluppa lungo tutto il contorno superiore dell'oggetto.



lo stesso e di conseguenza dalla corretta sequenza dei proporzionamenti delle diverse fasi realizzative.

Dato che l'oggetto "finito" assomma in sé l'insieme di tutti i passaggi ai quali lo sviluppo di partenza (parte di un nastro o lamiera) è stato via via sottoposto, risulta evidente che il risultato

finale sarà ottimale, se il proporzionamento si armonizzerà con le caratteristiche intrinseche del materiale e con le esigenze tecnologiche operative.

Ogni oggetto da imbutire costituisce di fatto un problema a sé dal punto di vista del disegno e del proporzionamento. Nell'impossibilità pratica, pertanto, di poter fornire indicazioni riferite a un vasto assortimento di oggetti, ci si è riferiti a due esempi emblematici di imbutitura profonda.

Il primo esempio è relativo a un imbutito a sezione circolare, con sviluppo di partenza a disco; il secondo esempio è relativo a un imbutito a sezione quadrangolare, con sviluppo di partenza poligonale. Per ciascuno dei due esempi è indicato il proporzionamento delle singole fasi. L'insieme di ognuna di esse costituisce così una sequenza d'esempi tra loro simili.

In entrambi i casi, come materiale, ci siamo riferiti a lamiere o nastri di AISI 304 austenitico, con finitura 2B, data la sua maggior diffusione nella pratica corrente dell'imbutitura profonda.

Per quanto concerne gli acciai inos-



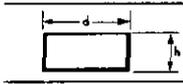
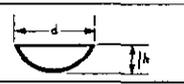
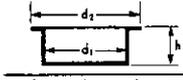
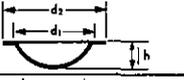
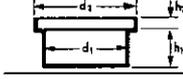
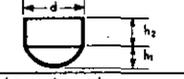
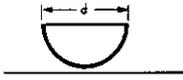
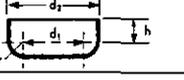
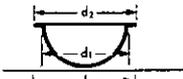
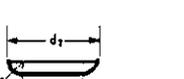
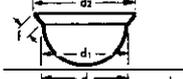
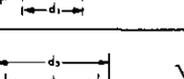
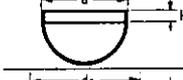
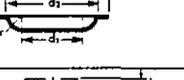
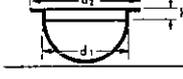
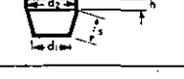
sidabili ferritici tradizionali del tipo AISI 430, è opportuno considerare che essi sopportano, a parità d'altre condizioni, riduzioni minori di quelle imposte agli austenitici con un rapporto di circa la metà. Tale valore normalmente diminuisce al crescere del tenore di cromo contenuto in questi acciai. Evidentemente ciò comporta un maggior numero di fasi per raggiungere la medesima profondità di imbutitura e la necessità di prevedere raggi di raccordo più ampi tra fondo e pareti e fra queste e la flangia.

Tali considerazioni non sono valide

fasi dell'imbutitura.

Lo spessore dello sviluppo è legato evidentemente a quello delle pareti del pezzo finito, tenuto conto che durante l'imbutitura le pareti si assottigliano in alcune zone del 20% e più. Sempre in fase di scelta dello spessore si dovrà tener conto evidentemente anche di possibili fenomeni di instabilità elastica su porzioni piane delle pareti.

La forma dello sviluppo è circolare quando tali sono le sezioni trasversali dell'imbutito, oppure quando esse si approssimano a tale forma.

	$\sqrt{d^2+4dh}$		$\sqrt{d^2+4h^2}$
	$\sqrt{d_2^2+4d_1h}$		$\sqrt{d_2^2+4h^2}$
	$\sqrt{d_2^2+4(d_1h_1+d_2h_2)}$		$\sqrt{d^2+4(h_1^2+dh_2)}$
	$\sqrt{2d^2}=1.414d$		$\sqrt{4d_2h+6.28rd_1+d_1^2+8r^2}$
	$\sqrt{d_1^2+d_2^2}$		$\sqrt{d_1^2+6.28rd_1+8r^2}$ or $\sqrt{d_2^2+2.28rd_2-0.56r^2}$
	$1.414 \sqrt{d_1^2+f(d_1+d_2)}$		$\sqrt{d_1^2+6.28rd_1+8r^2+d_3^2-d_2^2}$ or $\sqrt{d_3^2+2.28rd_2-0.56r^2}$
	$1.414 \sqrt{d^2+2dh}$		$\sqrt{d_1^2+2[s(d_1+d_2)+2d_2h]}$
	$\sqrt{d_1^2+d_2^2+4d_1h}$		

1. Formula per il calcolo del diametro dello sviluppo, in funzione di alcune semplici forme da realizzare.

invece per gli acciai ferritici stabilizzati e/o a basso contenuto di elementi interstiziali.

### GLI SVILUPPI

La forma e l'area dello sviluppo sono solitamente determinate, come è noto, per tentativi. In prima approssimazione l'area complessiva viene determinata come somma delle aree del fondo e delle pareti dell'oggetto finito, alla quale, eventualmente, viene addizionata una porzione periferica che tien conto dell'ampiezza della flangia necessaria a regolare lo scorrimento del materiale durante le varie

Al contrario essa si discosta da questa quanto più le sezioni trasversali si discostano dalla circolare, pervenendo così a forme poligonali, eventualmente mistilinee. Si è ritenuto utile infine, riportare a scopo orientativo (figura 1) le formule per il calcolo del diametro dello sviluppo, in funzione di alcune semplici forme da realizzare.

### Bibliografia

G. Di Caprio, *Gli acciai inossidabili*, 2<sup>a</sup> Ed. Hoepli 1981;  
*Inossidabile* 68, Giugno 1982;  
Avesta, *Teknisk Information/Nermans* 1090581