

## Grandezze caratteristiche delle tubazioni

- PN = Pressione nominale. È un parametro cui è correlata la pressione massima di esercizio, quella massima di prova e quella di collaudo. E' espressa in atm (1 atm  $\approx$  0.1 MPa)
- DN = Diametro nominale. Dà il nome alla dimensione della sezione del tubo. Spesso non coincide con nessuna dimensione effettiva ( $D_i$  e  $D_e$ ). Per gli acquedotti il DN è espresso in mm
- $s$  = spessore del tubo. Conferisce al tubo la resistenza meccanica necessaria
- $D_e$  = Diametro esterno. Esso in genere viene uniformato per uno stesso materiale e DN (compatibilità e interscambiabilità dei pezzi speciali).
- $D_i$  = Diametro interno. Condiziona velocità e perdite di carico. Per uno stesso DN il  $D_i$  può cambiare per diverse classi di PN (cambia  $s$ ).

*$D_e = D_i + 2s + 2r_i + 2r_e$ , dove  $r_i$  ed  $r_e$  sono gli spessori dei rivestimenti interno ed esterno*

*Formula di Mariotte:  $s = (PN D_i) / (2\sigma)$ , dove  $\sigma$  è la resistenza a trazione del materiale.*

## Normativa

- La normativa di riferimento per la progettazione degli acquedotti è il D.M. LL.PP. del 12.12.1985 e le istruzioni della Circ. M. LL.PP. n. 27291
- Specifiche norme UNI disciplinano la produzione commerciale ed i controlli delle diverse tipologie di tubazioni, sia per le condotte che per pezzi speciali e apparecchiature

## Estratto del D.M. LL.PP. 12/12/1985

Art. 0.1: è definito con il termine "tubazioni" il complesso dei tubi, giunti e pezzi speciali costituenti l'opera di adduzione e/o distribuzione di acqua

Art. 0.2: Con le presenti norme si stabiliscono i criteri da osservare nel progetto, nella costruzione e nel collaudo delle "tubazioni". Sono esclusi dall'oggetto della presente normativa i procedimenti di progettazione, costruzione e controllo di produzione di tubi, giunti e pezzi speciali

Art. 0.3 Integrazione delle norme

- Prescrizioni e disposizioni in materia di sicurezza igienico-sanitaria di competenza del Ministero della Sanità
- Norme specifiche concernenti impianti fissi antincendio di competenza del Ministero dell'Interno
- Prescrizioni per le zone dichiarate a rischio sismico
- Prescrizioni sugli attraversamenti. Es: Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto. (D.M. 23.02.1971, pubbl. G.U. 26.05.1971, n.132)
- Numerose norme UNI, CEI, ISO. Stabiliscono le norme di produzione delle tubazioni, dei giunti e dei pezzi speciali

Art. 2.1.4 "Verifiche di sicurezza" (Norme tecniche relative alle tubazioni)

- PE = Pressioni di esercizio: sono i massimi valori delle pressioni che possono verificarsi in asse delle tubazioni per il più gravoso funzionamento idraulico del sistema, comprese le eventuali sovrappressioni  $\Delta p$  determinate da prevedibili condizioni di esercizio, anche se conseguenti a fenomeni transitori. In assenza di calcolo specifico e, in ogni caso per le reti di distribuzione con diametri non maggiori di 350 mm, per le sovrappressioni conseguenti a manovre di regolazione del sistema, indipendentemente dalla tipologia delle tubazioni impiegate, sarà adottato un valore  $\Delta p = 0.25$  MPa
- PO = pressione equivalente, è la pressione assiale che conferisce al tubo tensioni di trazione massime uguali a quelle determinate da: rinterro di copertura, sovraccarichi esterni (statici e dinamici), variazioni termiche ed altre azioni esterne agenti sulle tubazioni, incluse quelle sismiche

## Estratto del D.M. LL.PP. 12/12/1985

- Si definisce pressione nominale PN della tubazione la somma delle pressioni di esercizio ed equivalente  $PN = PE + PO$
- La PN della serie o classe dei tubi, giunti e pezzi speciali costituenti le tubazioni deve essere almeno pari al valore determinato sopra

### Art. 4 "Collaudo"

- Pressioni di collaudo  $PC = \max(1.5 PE ; PE + 0.2 \text{ MPa})$
- Si sottopongono alla pressione di collaudo tratte di lunghezza pari a circa  $500 \div 1000$  metri e si verifica con i manometri che non ci siano cali di pressione (indicatore di una perdita)
- Prima prova a giunti scoperti per circa 6 ore
- Seconda prova dopo completo reinterro per circa 2 ore
- Le condotte in materiale lapideo devono essere rimpite d'acqua da qualche giorno prima del collaudo, per consentire l'assorbimento d'acqua iniziale, che causerebbe cali di pressione
- Nelle pose in cunicolo o in galleria viene eseguita solo la prima prova
- Le norme consentono al Collaudatore di utilizzare i risultati delle prove di pressione eseguite e verbalizzate dalla Direzione Lavori

## Criteria guida per la scelta del materiale con cui realizzare gli acquedotti

- **Caratteristiche meccaniche** (carico di rottura e snervamento, elasticità, resistenza alle sollecitazioni interne ed esterne)
- **Caratteristiche idrauliche** (scabrezza e sue variazioni nel tempo)
- **Caratteristiche chimiche e natura del materiale** (resistenza alle azioni aggressive di agenti esterni e dei liquidi trasportati, conservazione caratteristiche igieniche e organolettiche dell'acqua)
- **Rivestimento esterno** (Protezione da azione aggressiva agenti esterni)
- **Rivestimento interno** (Protezione chimico-fisica fra materiale e liquido trasportato). Saranno le caratteristiche del rivestimento interno a determinare la scabrezza di esso, più che il materiale della condotta
- **Giunti**. Devono garantire la tenuta idraulica, con la stessa PN delle tubazioni (o superiore); alcuni giunti possono dare luogo a perdite di carico non trascurabili; fra i diversi giunti eventualmente disponibili occorre scegliere quello più idoneo allo specifico uso
- **Costo di posa**
- **Costo e oneri di manutenzione**

## Materiali utilizzati nella produzione di tubazioni

		acquedotti	fognature	impianti interni
metalliche	Ghisa grigia (non più prodotta)	SI	NO	NO
	Ghisa sferoidale	SI	solo per tratti in pressione	NO
	Acciaio Mannesman	SI	NO	SI, idrico
	Acciaio saldato	SI	NO	SI, idrico
	Rame	NO	NO	SI, idrico
	Piombo	NO	NO	SI, fognatura
lapidee	Calcestruzzo armato ordinario (CAO)	SI	SI	NO
	Calcestruzzo armato precompresso (CAP)	SI	SI	NO
	Cemento amianto (non più prodotto)	SI	SI	NO
	Fibrocemento	NO	SI	NO
	GRES	NO	SI	NO
plastiche	Polietilene bassa densità (PEBD) e alta densità (PEAD)	SI	SI	SI
	Polietilene composito (multistrato)	SI	NO	SI, idrico
	Cloruro di polivinile (PVC)	SI	SI	SI
	Poliestere rinforzato con fibre di vetro (PRFV)	SI	SI	NO

## Tubazioni in acciaio - senza saldatura

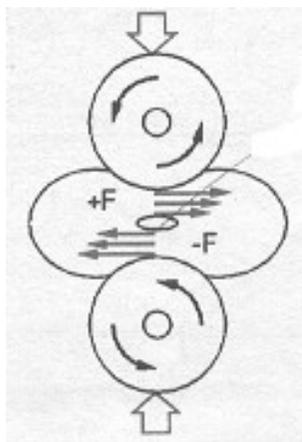
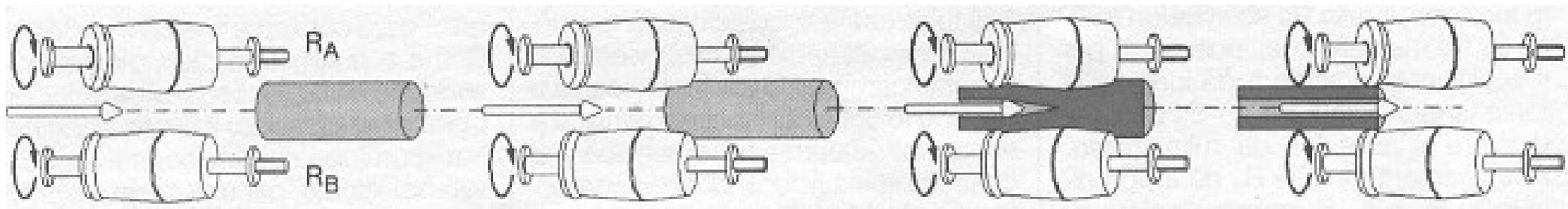
L'acciaio ha caratteristiche meccaniche migliori della ghisa sferoidale, ma è più soggetto alla corrosione elettrochimica e richiede adeguati rivestimenti interni ed esterni e protezioni catodiche.

Adatto all'impiego con grandi pressioni.

### Processo Mannesmann

I tubi Mannesmann sono prodotti in due fasi

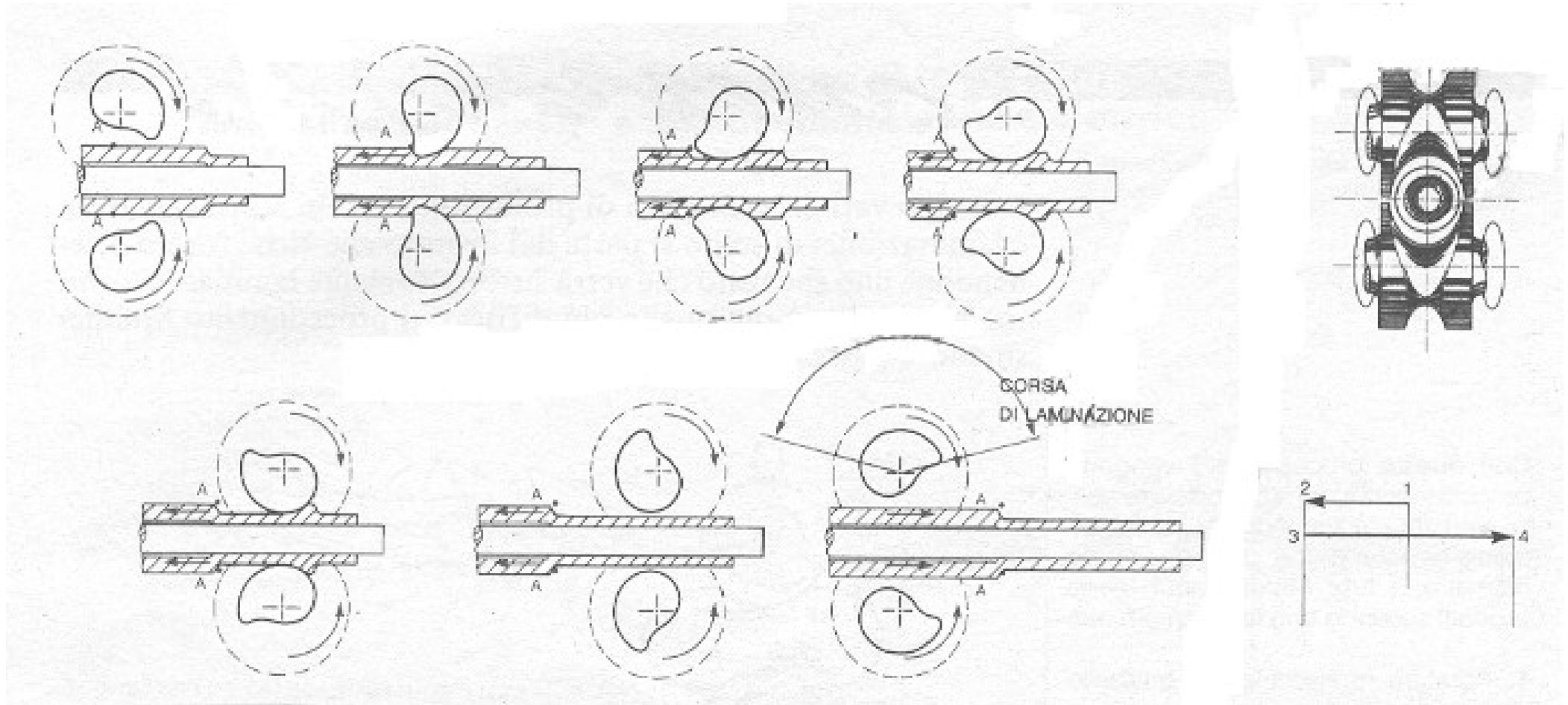
- Foratura grossolana del massello per l'azione di due cilindri



Due rulli ad assi sghembi di forma a doppio tronco di cono ruotano nello stesso senso stringendo tra essi un lingotto di acciaio a temperatura elevata (1300 °C). Così operando, al centro del lingotto si produce una spaccatura che viene allargata e resa regolare spingendo il lingotto contro una spina fatta passare internamente a esso.

- Laminazione del massello forato col "Passo del pellegrino"

## Tubazioni in acciaio - senza saldatura

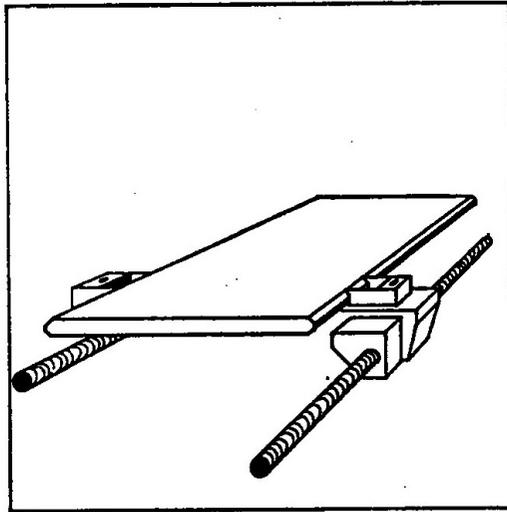


Il laminatoio denominato "passo del pellegrino" è costituito da due rulli scanalati a gole semicircolari aventi sezione trasversale e profondità variabili. Il tubo così ottenuto presenta:

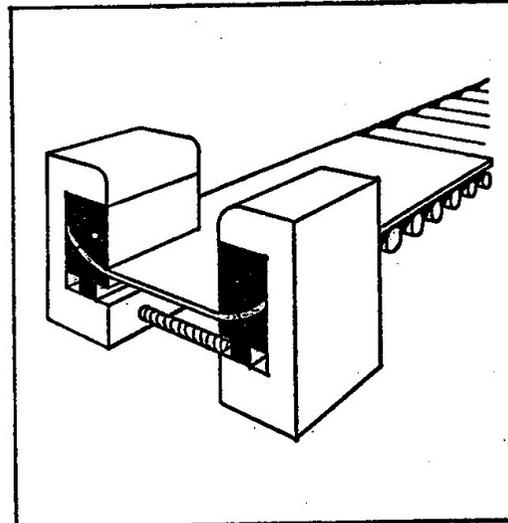
- costi elevati
- tolleranze dimensionali molto limitate
- una microstruttura fine e uniforme
- si ottengono tubi con diametri da 20 a 800 mm (ma prevalentemente di piccolo diametro)

## Tubazioni in acciaio - saldate longitudinalmente

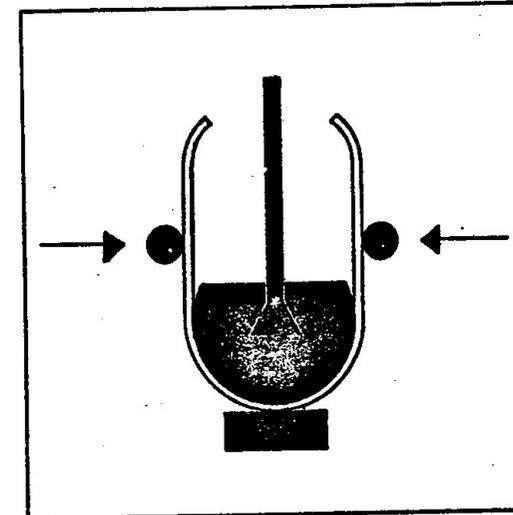
**Tubi saldati di piccolo diametro** sono ottenuti da nastri di lamiera di larghezza pari alla circonferenza del tubo: vengono curvati sino ad assumere una forma cilindrica e saldati longitudinalmente all'interno ed all'esterno



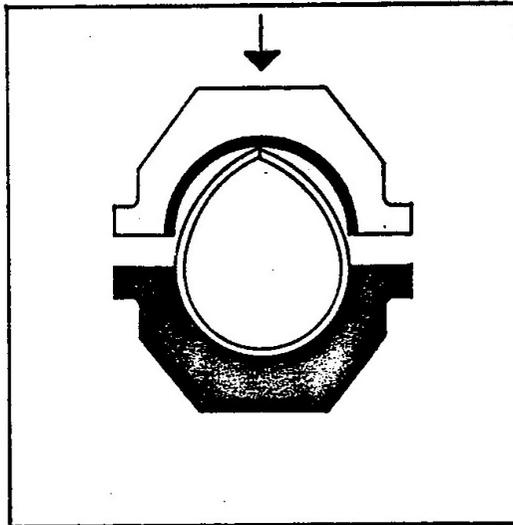
Cianfrinatura dei bordi



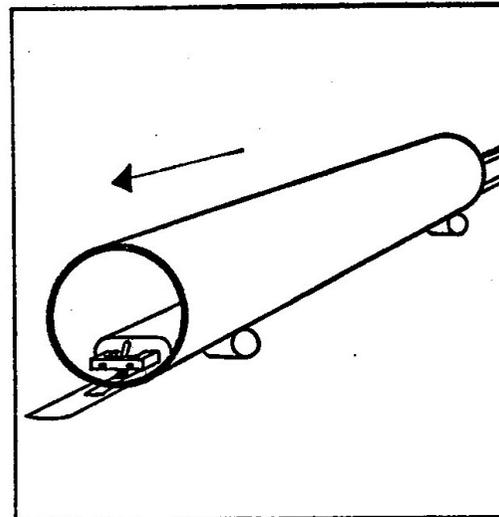
Predeformazione dei bordi



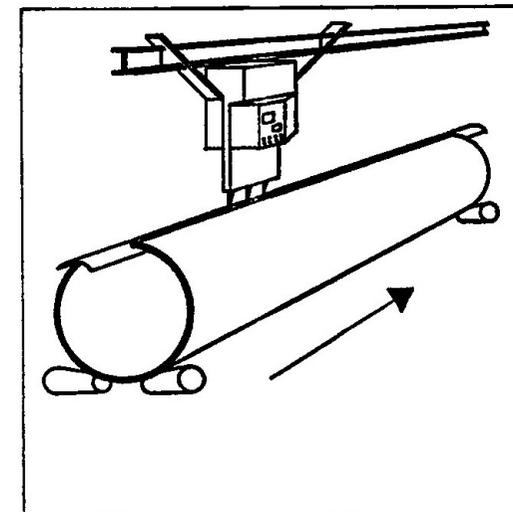
Formatura ad U



Formatura ad O



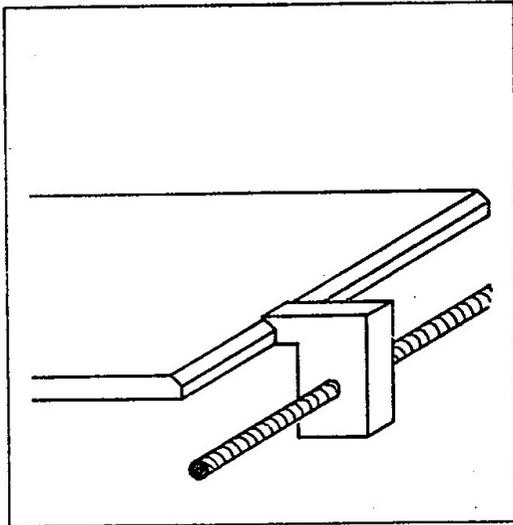
Saldatura interna



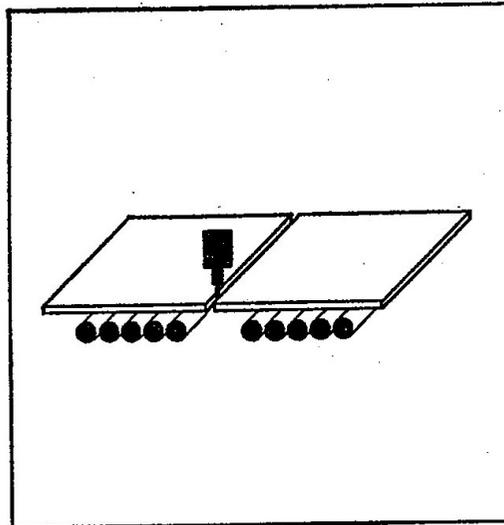
Saldatura esterna

## Tubazioni in acciaio - saldate elicoidalmente

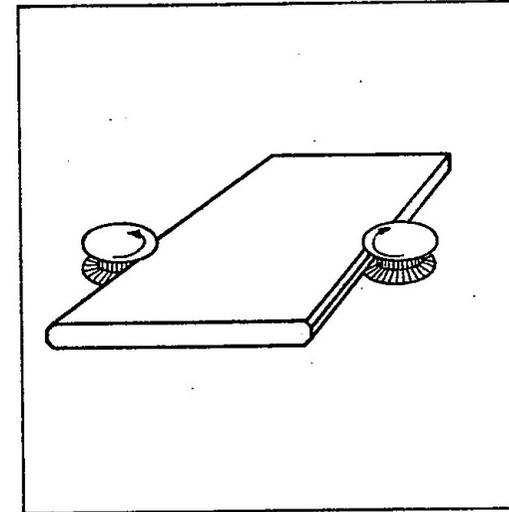
**Tubi saldati di grande diametro:** il nastro di lamiera viene calandrato avvolgendolo a spirale e saldato elicoidalmente all'interno ed all'esterno



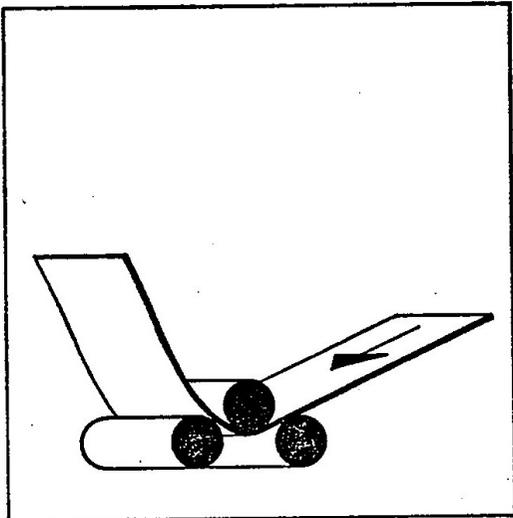
Cianfrinatura della testata delle lamiere



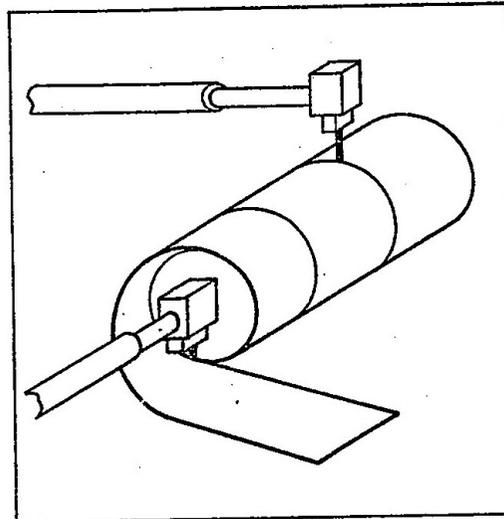
Saldatura testate lamiere (solo lato interno tubo)



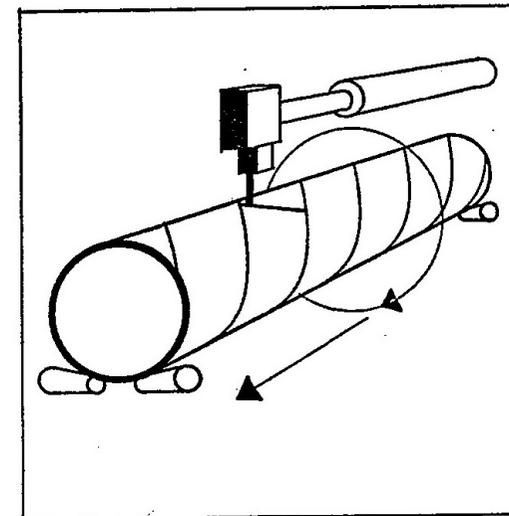
Cianfrinatura bordi laterali lamiere



Formatura tubo



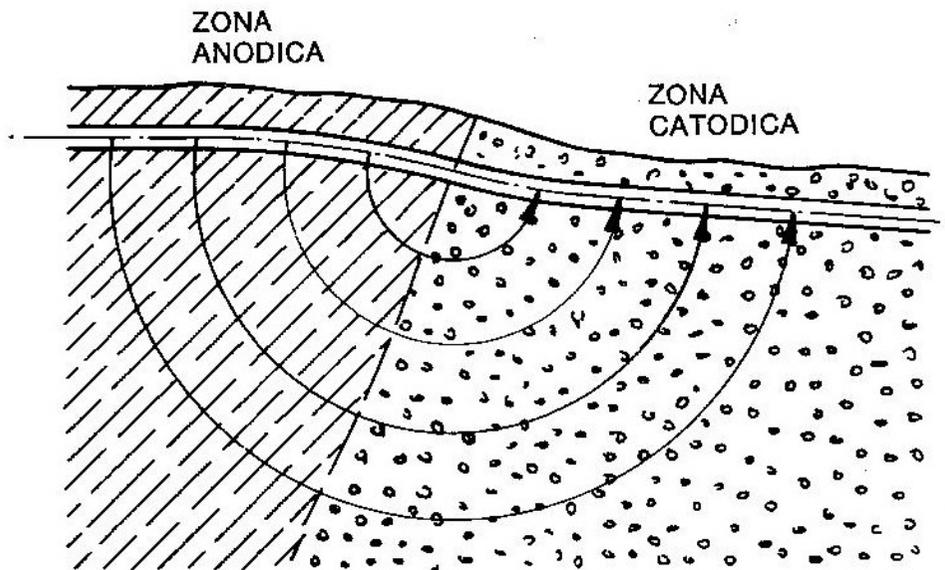
Saldatura elicoidale tubo (interna ed esterna)



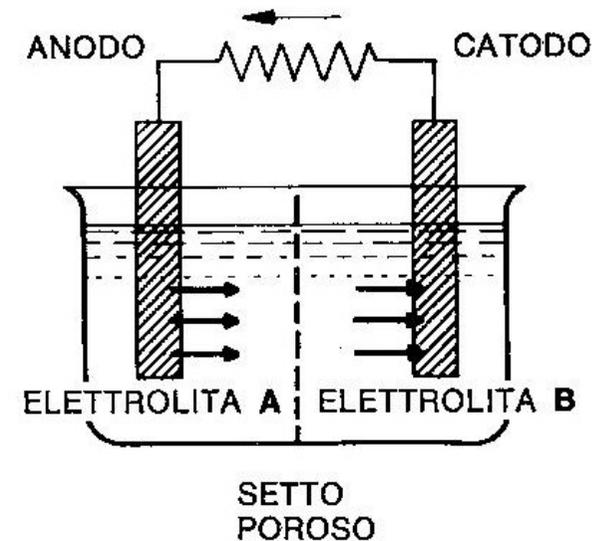
Saldatura esterna testate lamiere

## Tubazioni in acciaio - la corrosione

La corrosione è la conseguenza di un processo elettrochimico: una zona della condotta assume un comportamento anodico e si ossida cedendo elettroni verso una zona catodica che si riduce



Pila geologica



In presenza di continuità elettrica catodo-anodo ed un elettrolita (terreno, in particolare con presenza di falda)

Corrosione nei terreni aggressivi. Il terreno ha la funzione di elettrolita. Si classificano:

- terreni molto aggressivi: resistività inferiore a 2000 ohm cm
- terreni mediamente aggressivi: resistività tra 2000 e 5000 ohm cm
- terreni debolmente aggressivi: resistività tra 5000 e 12000 ohm cm
- aggressività trascurabile: resistività superiore a 12000 ohm cm

## Tubazioni in acciaio - protezione dalla corrosione

- **Protezioni passive:** isolamento dei tubi dal contatto con il terreno (e con l'acqua trasportata) mediante adeguati rivestimenti isolanti
- **Protezioni attive o catodiche:** si collegano alla condotta dei dispersori a potenziale più alto della tubazione: questi diventano gli anodi soggetti alla corrosione, salvaguardando la condotta (che diventa il catodo)



### La protezione passiva

La protezione passiva è costituita dall'isolamento elettrico della tubazione, ottenuto con un adeguato rivestimento

Rivestimento esterno è generalmente costituito da uno o più strati di feltro e tessuto di vetro impregnati con mastici bituminosi ed applicati su di uno strato di vernice bituminosa che funge da primer

Rivestimento interno è normalmente costituito da uno strato di vernice bituminosa

Per impieghi con liquidi trasportati e terreni di posa particolarmente aggressivi vengono adottati rivestimenti interni ed esterni speciali costituiti da resine poliammidiche ed epossidiche



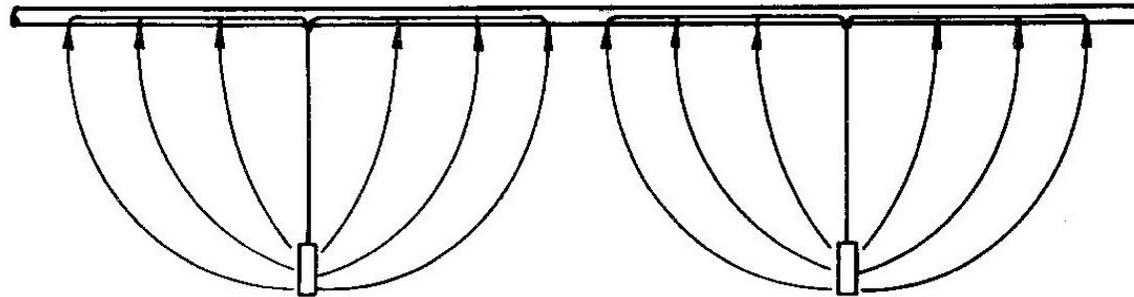
Negli impianti, si prevede la sola zincatura a caldo (ATTENZIONE AI COLLEGAMENTI CON TUBAZIONI DI ALTRI METALLI E AL CONTATTO CON LA MURATURA).



# Tubazioni in acciaio - protezione dalla corrosione

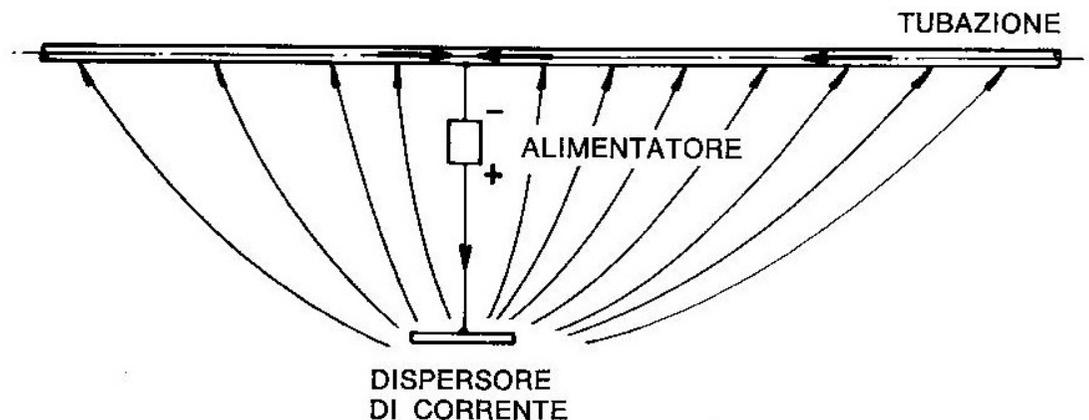
## Protezione attiva con anodi sacrificali

Si interrano degli anodi sacrificali (con potenziale più alto della tubazione, in genere in lega di magnesio) a 4÷6 m dalla tubazione alla quale sono collegati mediante un conduttore isolato dal terreno. La corrosione si sviluppa elettricamente nell'anodo che viene corroso e deve essere sostituito dopo una decina di anni.



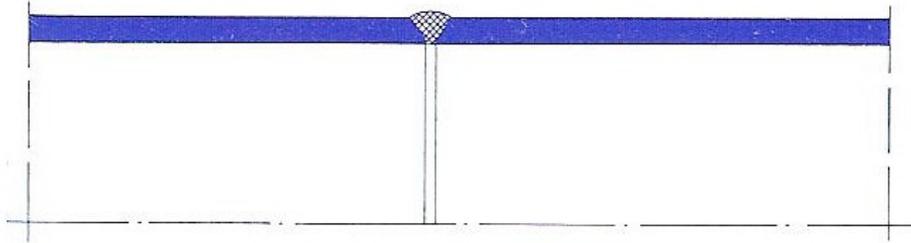
## Protezione attiva con alimentatori a corrente continua

Si collega il polo negativo di un alimentatore a corrente continua alla condotta ed il polo positivo ad un dispersore metallico interrato (si crea una differenza di potenziale di circa 1 volt). Lunghezze dei tratti protetti dell'ordine di una decina di chilometri

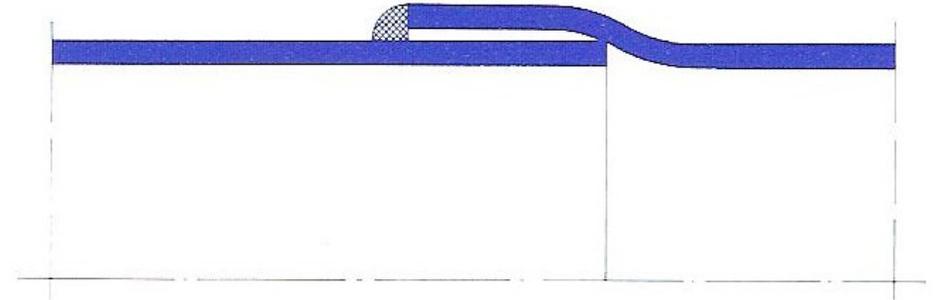


## Tubazioni in acciaio - giunti

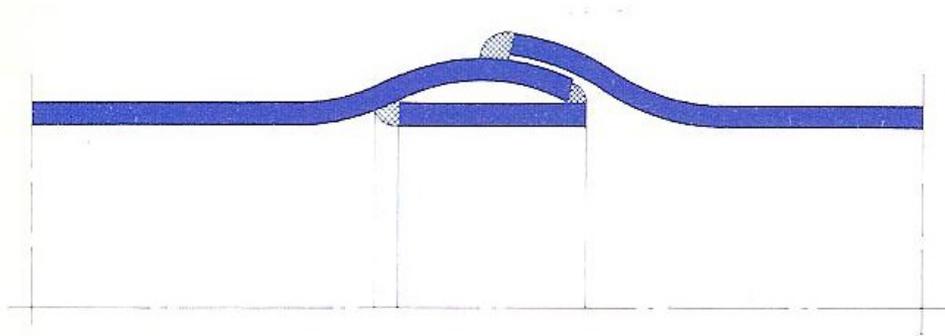
Il giunto del tubo in acciaio utilizzato negli acquedotti è per lo più saldato, così da conferire alla tubazione una perfetta continuità meccanica



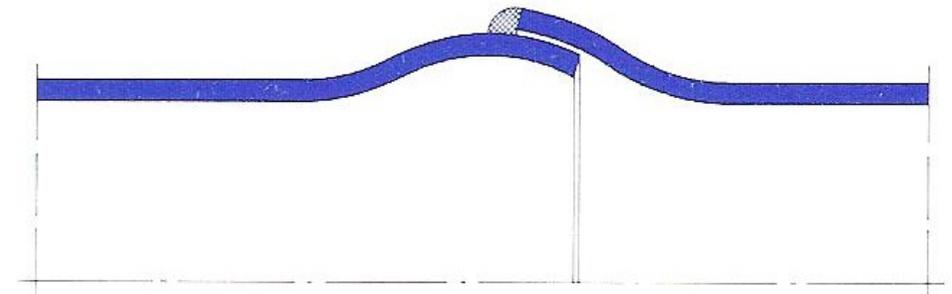
giunto di testa



giunto a bicchiere cilindrico



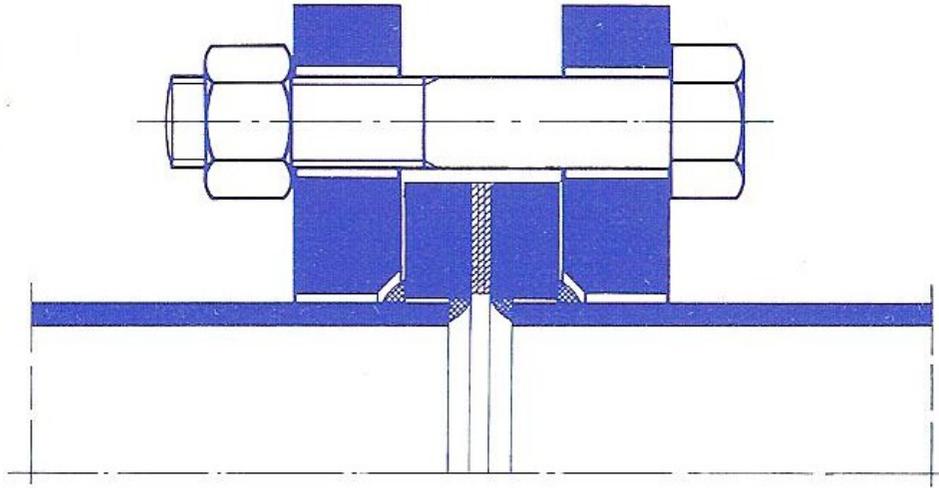
giunto a bicchiere sferico



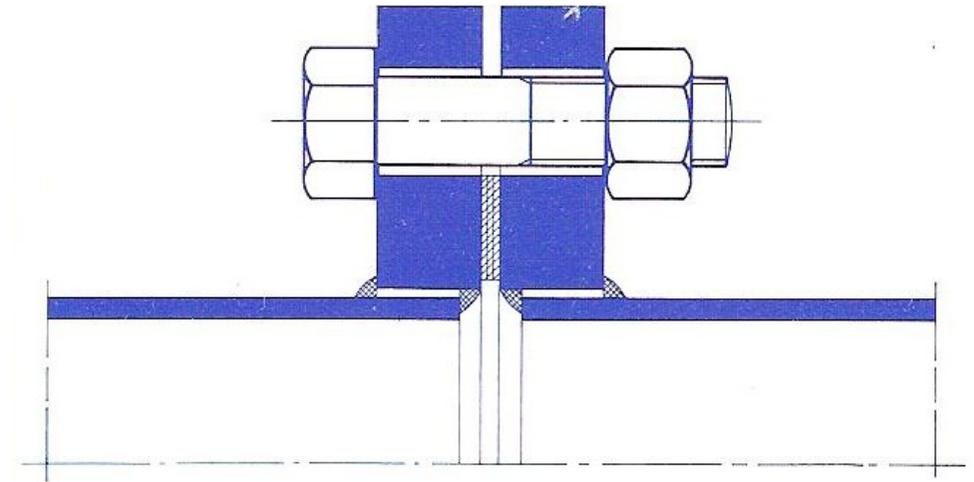
giunto con camera d'aria

## Tubazioni in acciaio - giunti

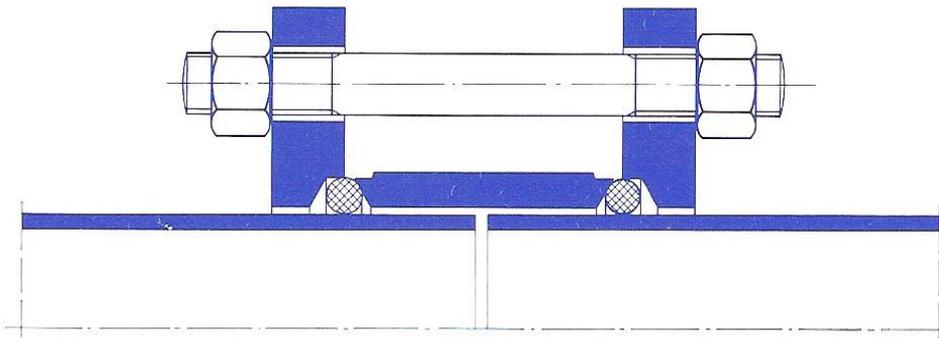
All'interno dei pozzetti e delle camere di manovra è necessario, in generale, poter smontare le apparecchiature presenti, per cui anche i tubi installati devono potersi smontare, facendo ricorso al giunto a flange



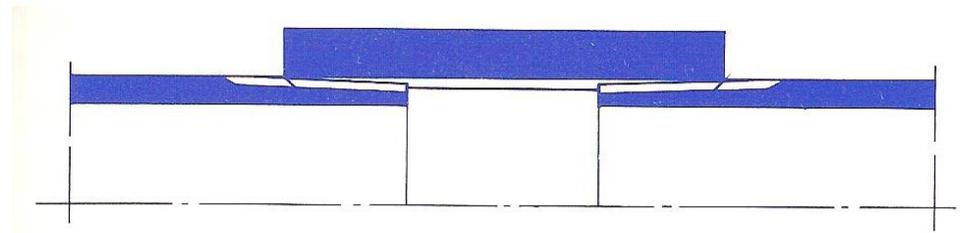
giunto con flange saldate al tubo



giunto con flange libere e anello d'appoggio saldato



giunto tipo Gibault  
consente di unire condotte distanti tra loro qualche cm  
per esigenze di montaggio e smontaggio



giunto con manicotto filettato  
utilizzato nei piccoli diametri negli impianti interni  
il tubo è sempre solo zincato a caldo

## Tubazioni in ghisa grigia (lamellare)

Non più prodotta da circa 50 anni, ma ancora presente (ci sono condotte in esercizio da 400 anni)

La ghisa è un materiale ottenuto aggiungendo al ferro una quantità del 3.65% di carbonio

Le tubazioni venivano realizzate per colata in forme verticali, col bicchiere rivolto in basso, con piccole lunghezze e spessori elevati a causa delle elevate tolleranze

Il materiale risultante presenta le seguenti caratteristiche:

- buona resistenza meccanica
- fragilità agli urti
- bassa conducibilità, con conseguente elevata resistenza alla corrosione
- giunti di vecchia concezione. I più frequenti sono costituiti da bicchiere sigillato con corda catramata tenuta in sede da una cordonatura di piombo colato fuso o battuto a freddo

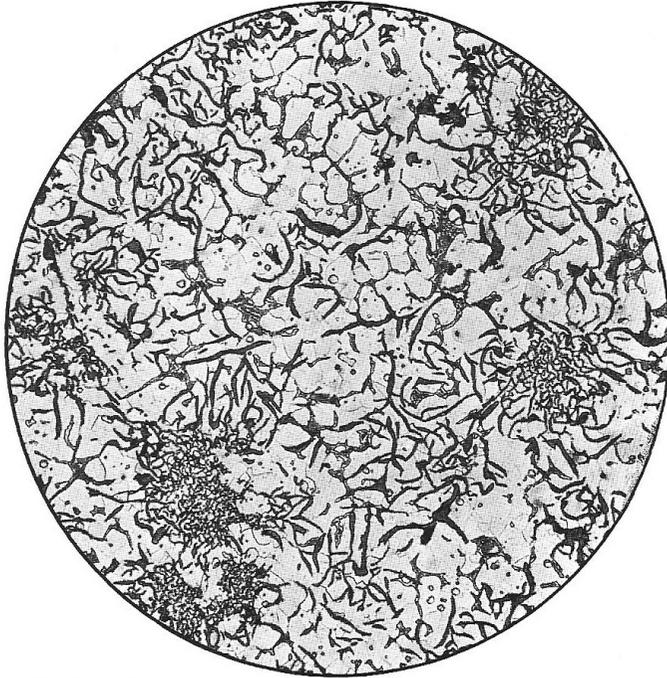


## Tubazioni in ghisa sferoidale

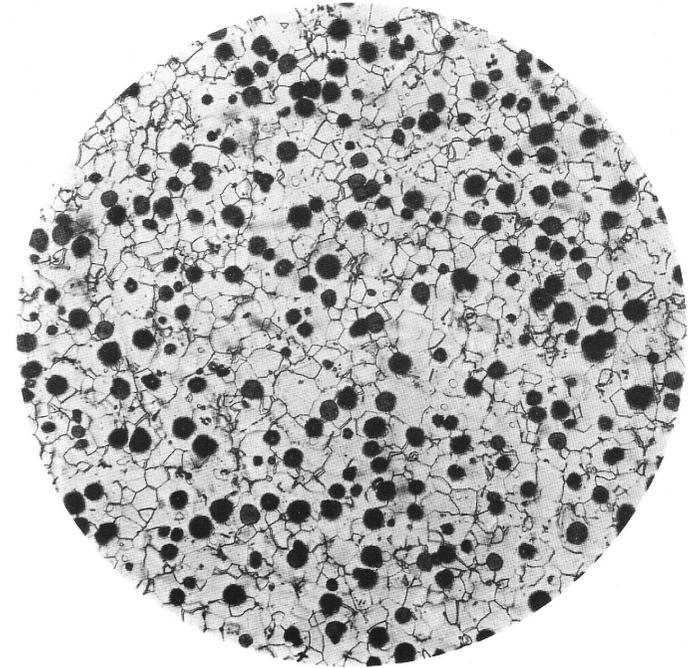
La ghisa sferoidale è un materiale ottenuto aggiungendo al ferro una quantità del 3.75% di carbonio e lo 0.03% di magnesio

Il risultato è che i cristalli di carbonio (grafite) solidificano in sfere e non in lamelle, a vantaggio della resistenza meccanica e della elasticità e duttilità (ossia un comportamento non fragile), e senza pregiudicare le altre qualità della ghisa

microfotografie



ghisa grigia



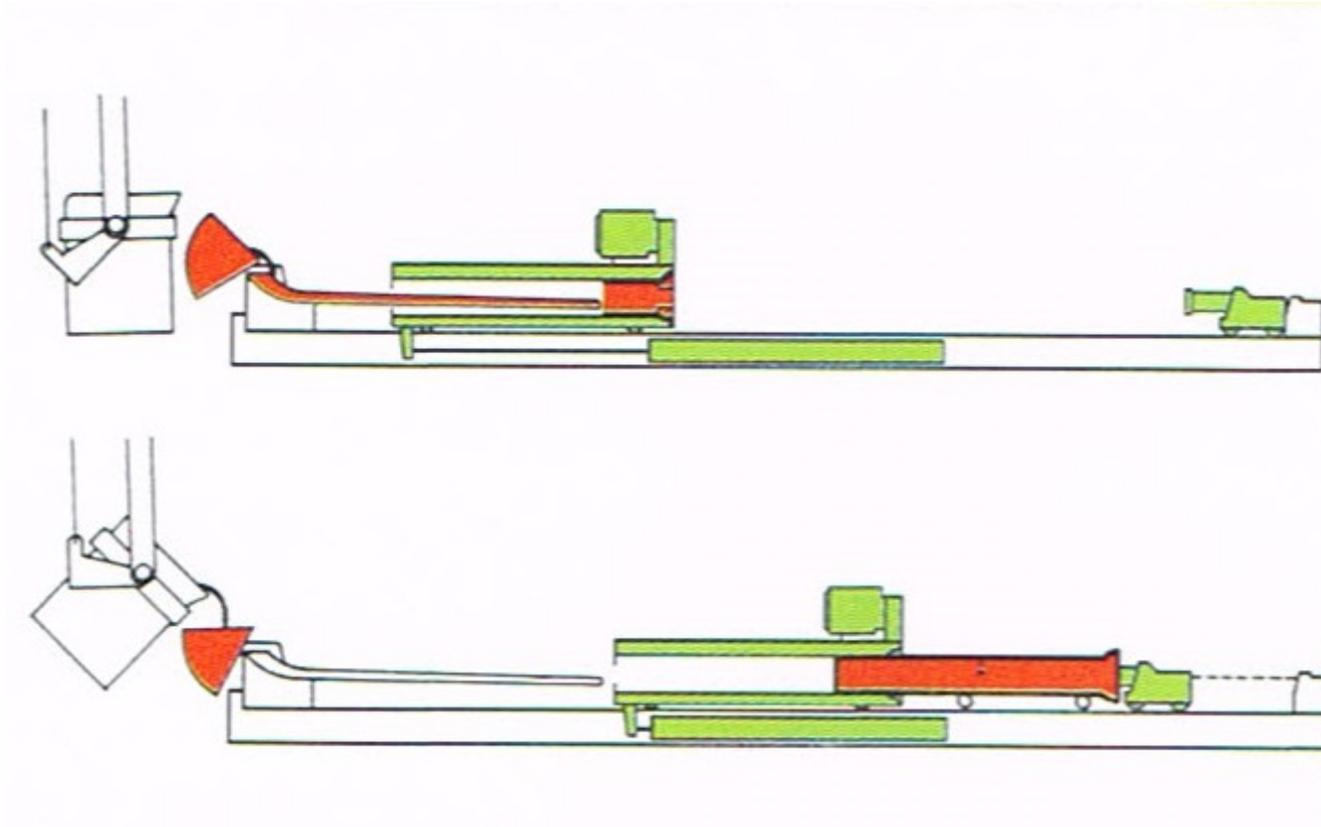
ghisa sferoidale

Le caratteristiche sono:

- ottima resistenza meccanica e resistenza agli urti
- bassa conducibilità, con conseguente elevata resistenza alla corrosione
- giunti meccanici, senza saldature

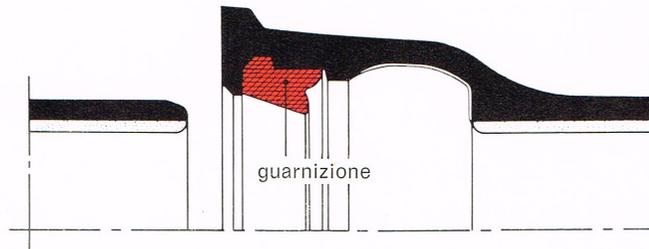
# Tubazioni in ghisa sferoidale

## Tecnica di produzione

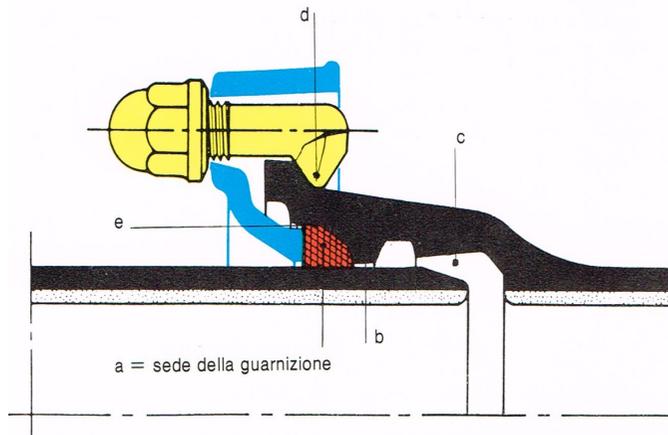
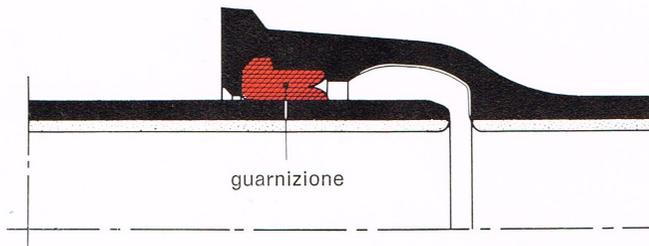


- centrifugazione su forme cilindriche rotanti raffreddate ad acqua e ricottura a 900°C per eliminare la fragilità derivante dal brusco raffreddamento
- rivestimento interno con malta cementizia (talvolta alluminosa) applicata per centrifugazione (spessori da 3 a 12 mm, aumentano con il DN)
- rivestimento esterno realizzato con zincatura a caldo (in genere poi ricoperto con vernice bituminosa - DI COLORE DIVERSO PER ACQUEDOTTO E FOGNATURA)
- per terreni molto aggressivi è possibile la protezione esterna con manicotti in polietilene
- DN 40÷2600, PN 30÷64

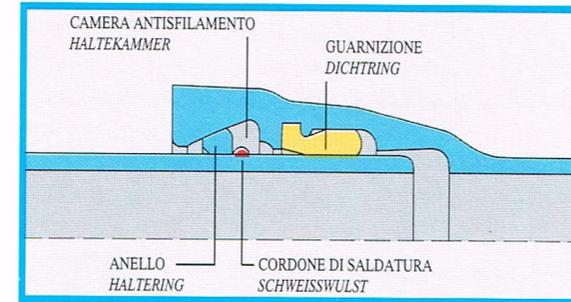
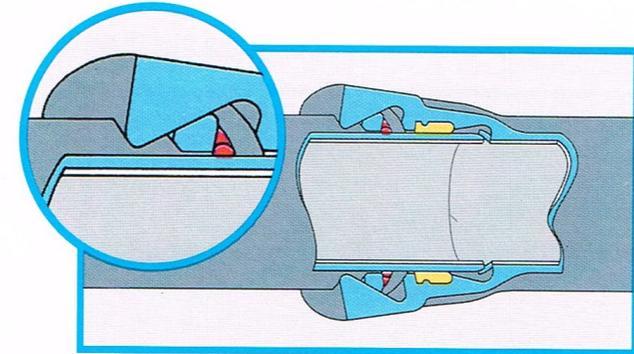
# Tubazioni in ghisa sferoidale - giunti



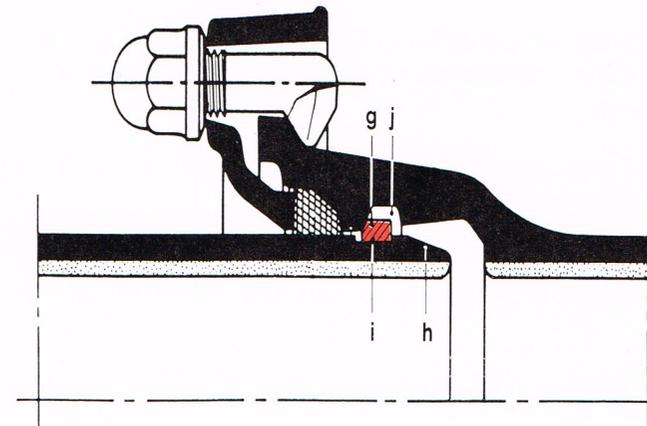
giunto rapido



giunto express

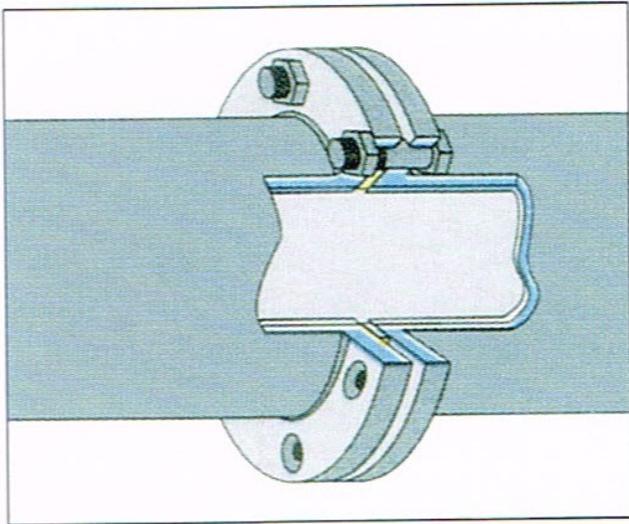


giunto TIS-K

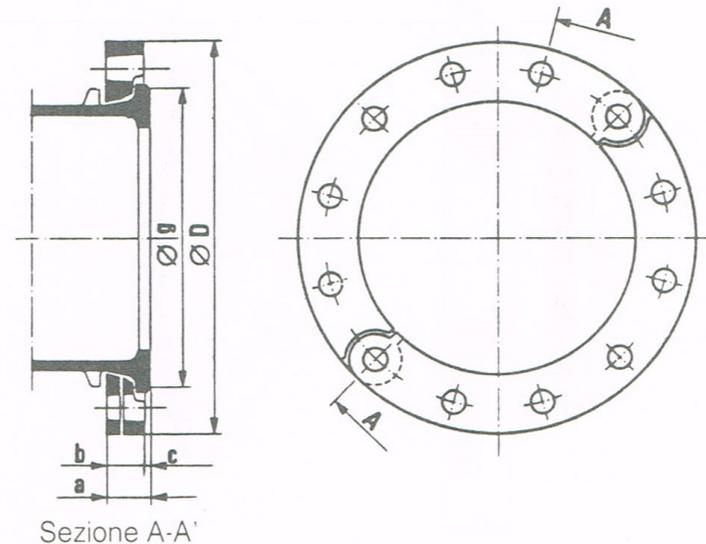


giunto express antisfilamento

## Tubazioni in ghisa sferoidale - giunti



giunto a flangia



giunto a flangia regolabile

Gli anelli in gomma nei giunti assicurano oltre alla tenuta idraulica anche la discontinuità elettrica (protezione dalla corrosione)

## Tubazioni in rame

In Italia il rame è ammesso dalla legge come materiale per il trasporto dell'acqua potabile dal 1968

A differenza dell'acciaio e della ghisa, il rame reagisce alle influenze ambientali formando una patina stabile, che lo protegge e preserva dalla evoluzione aggressiva dell'ambiente, interno o esterno al tubo. E' pertanto esente dalla necessità di protezione dalla corrosione

L'ACCOPPIAMENTO DI TUBI DI RAME CON TUBI DI ACCIAIO CREA UNA PILA CHE ACCELERA L'OSSIDAZIONE DELL'ACCIAIO

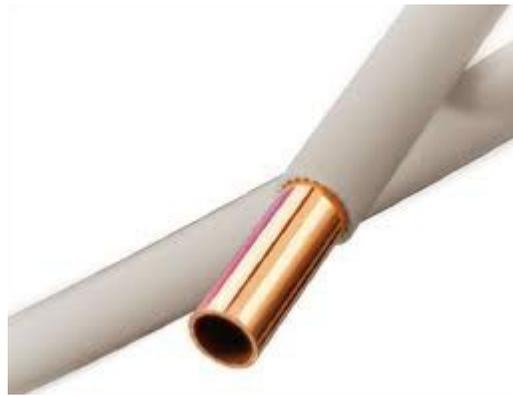
Viene prodotto in rotoli o in barre, nudo o rivestito. I diametri sono piccoli (6÷22 in rotoli, 10÷108 in barre) ed è utilizzato solo per installazioni interne. Il costo del rame, sempre più elevato, ne ha limitato le applicazioni in campo idraulico

Il tubo nudo si usa per il montaggio non murato (per valorizzare l'aspetto), mentre il tubo protetto nelle installazioni murate

Negli impianti interni si coibenta sia il tubo di acqua calda (per contenere le dispersioni) che quello dell'acqua fredda (per evitare che in estate si scaldi l'acqua o che il muro, raffreddato dal tubo, provochi condensa sulla parete)



tubo nudo



tubo protetto



tubo coibentato

## Tubazioni in rame - raccordi

Un vantaggio che il rame presenta è quello di essere facilmente lavorabile: essendo un metallo relativamente tenero e deformabile, può essere piegato e lavorato senza ricorrere a pezzi speciali. Inoltre, sopporta temperature elevate o basse senza alterazioni meccaniche e mantenendo l'idoneità al trasporto dell'acqua potabile

Il tubo in rame, specialmente di piccolo diametro, si piega facilmente. Non può però essere piegato senza attrezzi, perché si formerebbe una piega con chiusura della sezione interna del tubo

Per la piegatura si utilizza un apposito semplice attrezzo manuale

I raccordi sono costituiti da sistemi di tenuta o-ring, e preferibilmente si mantengono a vista per un loro controllo e manutenzione



raccordo tra due tubi rame



raccordo tra tubo in rame  
e altro dispositivo tramite attacco filettato standard

## Tubazioni in piombo

Le tubazioni in piombo sono andate progressivamente in disuso, a vantaggio delle fognature plastiche

La sua facile lavorabilità e la sua resistenza alla corrosione ne hanno fatto un buon materiale per la realizzazione di condotte, ma la sua scarsa resistenza e, soprattutto, la sua tossicità hanno precluso l'utilizzo per il trasporto di acqua potabile (MA IN ALCUNI IMPIANTI MOLTO VECCHI POSSONO ESSERE PRESENTI TUBAZIONI IDRICHE IN PIOMBO O SALDATE COL PIOMBO), ed il suo uso è destinato unicamente alla realizzazione di scarichi fognari interni agli edifici

La giunzione avviene per saldatura (il piombo fonde a 327°C) e la sua elevata deformabilità rende agevole la realizzazione in cantiere di tutti i pezzi speciali necessari

Tubazioni idriche in uso nell'antica Roma  
per l'acqua potabile



tubi in rotoli



curve



scatole sifonate