



Schweizer Verband Gussrohre
Association Suisse de Fournisseurs de Tuyaux en Fonte
Associazione Svizzera dei Fornitori di Tubi in Ghisa



Corso di aggiornamento professionale

Seminario pratico tubi in ghisa duttile

Relazione AST



Schweizer **V**erband **G**ussrohre

Tubi in ghisa duttile: materiale, fabbricazione, normalizzazione

Il materiale

Ghisa duttile

La ghisa grigia contiene carbonio in forma lamellare.

Contrariamente alla normale ghisa grigia, il carbonio nella ghisa duttile assume una forma sferoidale. Ciò impedisce la formazione di cricche. Le particolari caratteristiche meccaniche del materiale sono:

- deformabile plasticamente
- flessibile
- allungabile, estensibile
- durezza particolare
- lunga durata

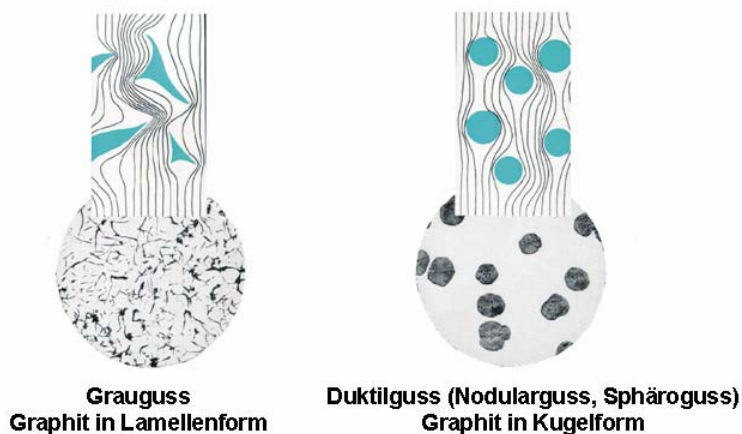
La ghisa come materiale per i tubi

I tubi in ghisa grigia sono in uso da oltre 500 anni. Tutti ne conoscono la lunga durata.

Nel corso del tempo, il materiale ghisa è stato perfezionato per adattarsi ai carichi sempre maggiori delle reti di tubazioni, fino all'odierno materiale per tubi, la ghisa duttile. Le buone caratteristiche meccaniche consentono di assorbire carichi elevati, senza danni (altezza di copertura ridotta o elevata, sollecitazioni dovute al traffico ed altri rischi di cantiere).

Il termine ghisa comprende una grande varietà di leghe di Fe-C-Si, classificate tra l'altro in base allo stato della grafite. La ghisa grigia o a grafite lamellare era infragilita dalla presenza di lamelle, punti di partenza delle cricche.

Con l'aggiunta di magnesio nella fusione liquida del ferro, il carbonio si separa sotto forma di sfere, i cosiddetti sferoliti, e non più sotto forma di lamelle, come per la ghisa grigia. Il materiale deve la sua duttilità alla forma sferica del carbonio, che costituisce il 3,3 - 4,0% del peso.



- Nella ghisa duttile, il carbonio è presente sotto forma di sfere che impediscono la propagazione delle cricche.
- Nella vecchia ghisa grigia, il carbonio è presente sotto forma di lamelle che rendono fragile il materiale.

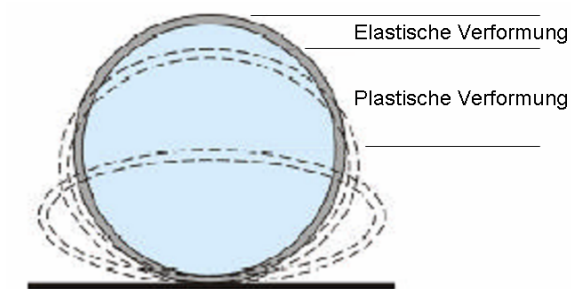


Tubi in ghisa duttile

I tubi in ghisa duttile possiedono un comportamento intermedio tra quello dei materiali flessibili e quello dei materiali rigidi. Le caratteristiche meccaniche consentono di sfruttare i vantaggi di entrambi. Contrariamente alla normale ghisa grigia, la ghisa duttile è un materiale a deformazione plastica. Le eccessive sollecitazioni causate nel tempo dai carichi interni ed esterni vengono ridotte mediante deformazione e non provocano la rottura.

Ghisa duttile è la denominazione normalizzata del materiale per componenti che trovano impiego nella costruzione di tubazioni. Le tubazioni, anche grazie all'elevato coefficiente di sicurezza, sopportano sollecitazioni come assestamenti del terreno a causa di spostamenti, intensi flussi di traffico o influssi dell'acqua.

La sezione metallica nella ghisa duttile non è più a forma di lamelle di carbonio appuntite, ma a forma di sfere, così come la forma delle inclusioni che, in caso di deformazione, determinano la concentrazione minima di sollecitazioni.



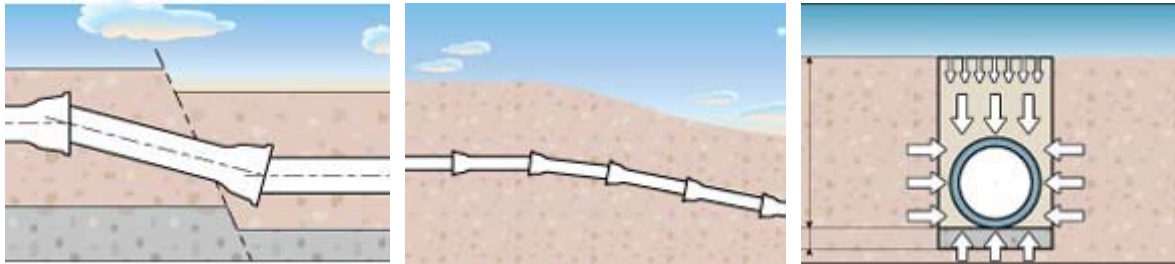
Valori caratteristici della ghisa duttile

- Resistenza minima alla trazione 420 Rm [N/mm²]
- Resistenza allo scoppio: 300 N/mm²
- Resistenza massima alla compressione: 550 N/mm²
- Resistenza alla flessione longitudinale: 420 N/mm²
- Modulo di elasticità: 1,7 x 10⁵ N/mm²

Caratteristiche dei tubi

Gli elevati valori caratteristici del materiale garantiscono ottime caratteristiche dei tubi: prova di torsione su un campione.





Gli elevati valori caratteristici della ghisa duttile garantiscono ottime caratteristiche dei tubi e determinano un elevato carico ammissibile sul sistema di tubazioni.

Caratteristiche meccaniche

- Resistenza agli urti: la ghisa duttile è molto resistente.
- Deformabilità: difficilmente le tubazioni in ghisa duttile possono deformarsi.
- Idoneità per terreni instabili e flessione longitudinale.

I tubi interrati possono assorbire elevate forze di flessione longitudinale, soprattutto quando i tubi sono posati su letti di posa sfavorevoli o su un cattivo sottofondo. Il letto di posa del tubo diviene instabile o dilavato da movimenti delle acque sotterranee. La tubazione attraversa zone sottoposte a movimenti tellurici e/o eventi sismici.

Grazie all'elevata deformabilità del materiale ed ai collegamenti flessibili con guarnizioni in elastomero, le condotte con tubi in ghisa duttile possono resistere a forti deformazioni senza rompersi.

Resistenza ai carichi

I carichi esterni sono dovuti principalmente al materiale di riempimento al di sopra del tubo (carico permanente) e ai carichi alternati causati dal traffico.

Le esigenze di un cantiere comportano altezze di copertura ridotte o elevate e maggiore passaggio di veicoli pesanti.



Deviazione angolare dei raccordi a bicchiere

Oltre ai vantaggi offerti nella posa o nell'assorbimento dei movimenti del terreno, è possibile realizzare le tubazioni con un maggiore raggio di curvatura senza utilizzare pezzi speciali nonché correzioni di profilo.





Resistenza meccanica

L'ottimo comportamento meccanico delle condotte in ghisa duttile, che consente loro di resistere a carichi elevati (carichi dei terreni, carichi causati dal traffico, assestamenti o piccoli movimenti del terreno, carichi imprevisti, ...), è illustrato da 3 caratteristiche:

- La duttilità del materiale: la ghisa può estendersi oltre il limite elastico e dispone di una notevole capacità di assorbimento di energia.
- La flessibilità delle guarnizioni in elastomero consente di seguire i minimi movimenti del terreno sulla tubazione, senza sollecitare i singoli tubi.
- Gli elevati coefficienti di sicurezza sono obbligatori per il calcolo degli spessori delle pareti dei tubi e dei pezzi speciali. La pressione di esercizio ammissibile del componente (PFA) viene calcolata in conformità alla norma EN 545 in base alla seguente formula:

$$\text{PFA} = \text{pressione di rottura calcolata} / \text{Sf}$$
$$\text{Ove } \text{PFA} = 20 * e * \text{Rm} / \text{D} * \text{Sf}$$

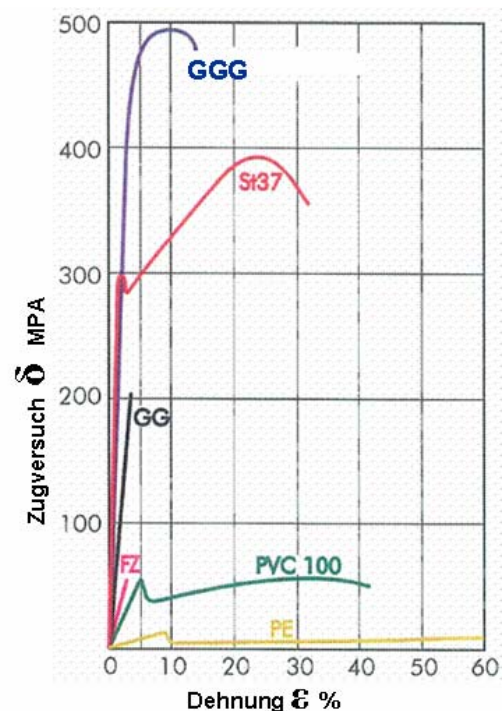
PFA : pressione di esercizio ammissibile del componente (bar)
e : spessore minimo della parete in ghisa (mm)
Rm : carico di rottura della ghisa duttile ($R_m > 420 \text{ MPa}$)
D : diametro esterno del tubo (mm)
Sf : coefficiente di sicurezza ($S_f = 3$)



Le condotte in ghisa duttile dispongono di un coefficiente di sicurezza 3 tra la pressione di esercizio ammissibile desiderata e la pressione di scoppio calcolata.

Confronto tra i materiali:

- GGG: ghisa duttile
- GG: ghisa grigia
- St37: acciaio 37
- FZ: tubi in cemento (Eternit)
- PVC: PVC
- PE: polietilene





Pressione interna

I tubi in ghisa duttile possono essere utilizzati per tutte le pressioni esistenti nell'approvvigionamento idrico. A causa delle elevate pressioni di scoppio raggiungibili dai tubi in ghisa duttile, essi offrono ottime riserve di sicurezza.

Protezione contro la corrosione delle condotte in ghisa duttile

I risultati delle ricerche del settore della protezione contro la corrosione nonché le decennali esperienze accumulate ci permettono di offrire il tubo ottimale per ogni tipo di terreno.

I principali tipi di protezione contro la corrosione esterna sono:

- Rivestimento in zinco con strato di copertura
- Rivestimento in zinco-alluminio con strato di copertura
- Rivestimento con malta di cemento armato
- Rivestimento con polietilene
- Rivestimento con poliuretano

Guarnizioni

La costruzione di condotte con tubi in ghisa duttile viene realizzata mediante assemblaggio, senza saldatura, con semplici attrezzi da cantiere. La giunzione avviene con l'inserimento di una guarnizione in elastomero tra i due elementi. La tenuta viene realizzata con l'inserimento dell'estremità ad innesto nel bicchiere, senza che siano necessarie ulteriori operazioni. Gli anelli di tenuta vengono sottoposti a severe prove di omologazione. Essi offrono al sistema una modularità eccezionale ed un'elevata sicurezza di funzionamento. Essi garantiscono una tenuta del sistema in presenza di pressioni elevate, un determinato gioco assiale nonché la deviazione angolare.

Rivestimento interno dei tubi in ghisa duttile con malta di cemento

Sulle superfici interne dei tubi in ghisa duttile viene applicato un rivestimento in malta di cemento secondo EN 545 o EN 2880. Per il rivestimento in malta di cemento viene impiegato come legante un cemento di altoforno altamente resistente ai solfati. La malta di cemento viene centrifugata nei tubi in ghisa duttile, si ottengono così accelerazioni superiori a 50 volte l'accelerazione di gravità. Nell'interazione con una distribuzione granulometrica selezionata dei materiali inerti, questo procedimento garantisce una struttura della malta estremamente fitta e aderente, che di per sé è idonea a resistere al meglio ai carichi meccanici. Il rivestimento in malta di cemento è adatto all'acqua potabile e alla maggior parte delle acque non potabili e sanitarie.



Funzionamento del rivestimento in malta di cemento

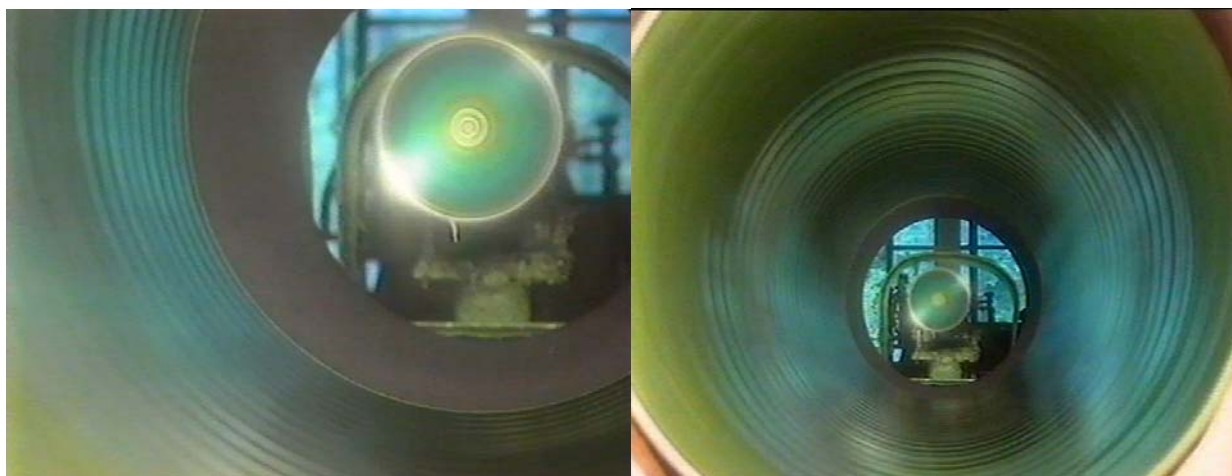
Il rivestimento ha un effetto di protezione attiva e passiva. La protezione attiva si basa su un processo elettrochimico. L'acqua penetra nei pori della malta di cemento. Assorbendo la calce libera della malta, l'acqua assume un pH superiore a 12. In questo campo di pH, la corrosione della ghisa non è possibile. La protezione passiva risulta dalla separazione meccanica tra la parete in ghisa e l'acqua.



Rivestimento interno dei tubi in ghisa duttile con poliuretano

La superficie interna da rivestire viene liberata dalle scorie in un impianto di sabbiatura e contemporaneamente ne viene irruvidita la superficie. Un forno riscalda i tubi alla temperatura di rivestimento. Il rivestimento dello spessore massimo di 1.5 mm viene applicato in un'unica passata. A causa del processo di centrifugazione, la massa di PUR si distribuisce e si addensa, legandosi alla superficie del tubo.

Il rivestimento interno ha un'adesività molto elevata sulla superficie in ghisa.



Funzionamento del rivestimento in poliuretano

Il rivestimento interno in PUR liscio ed esente da solventi è igienicamente perfetto ed impedisce permanentemente le incrostazioni. La superficie a specchio (rugosità 0.01 millimetri) presenta buone caratteristiche di flusso.

Grazie all'elasticità del poliuretano, il rivestimento rimane perfetto anche in caso di deformazione del tubo.

La produzione dei tubi in ghisa duttile

Il processo di produzione di tubi e pezzi speciali comprende tre fasi:

- Fusione del ferro nel cubilotto; trattamento con magnesio
- Procedimento di colata centrifuga dei tubi; colata di pezzi speciali
- Rivestimento e copertura

Ogni processo comprende le rispettive prove.

Fusione del ferro

Il metallo liquido viene fuso in altoforno da minerali metalliferi o nel cubilotto da materiale di riciclo puro e collaudato. Successivamente, il ferro liquido viene desolfurato, analizzato e portato alla temperatura di colata ottimale.

Subito prima della colata, il materiale fuso viene trattato con magnesio per la trasformazione da ghisa grigia in ghisa duttile.

Particolarità: trattamento con magnesio per la formazione della grafite sferoidale

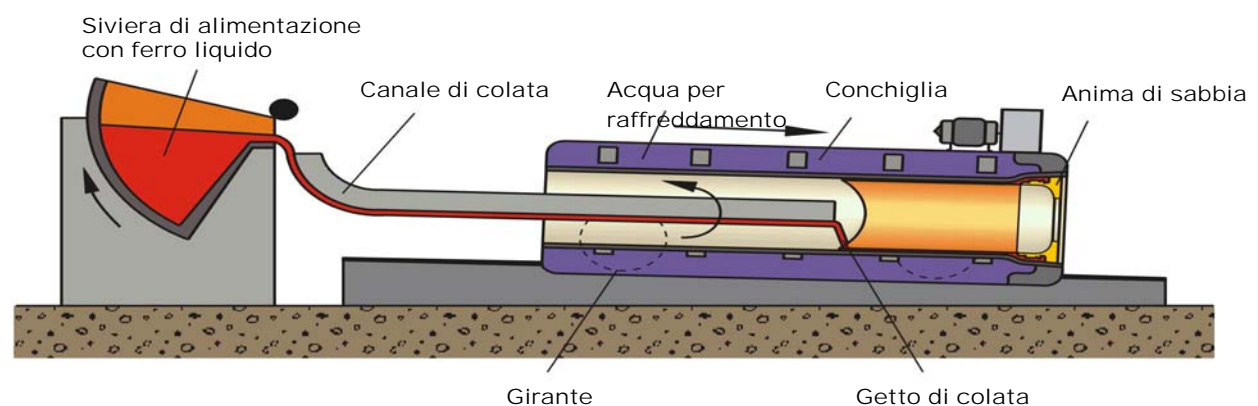
Se il ferro venisse colato direttamente dal cubilotto, esso si solidificherebbe sotto forma di ghisa grigia con grafite lamellare. Per i tubi e pezzi speciali in ghisa duttile, la forma sferica della grafite viene ottenuta facendo un'inoculazione di magnesio al ferro liquido immediatamente prima della colata. Per questo trattamento, il magnesio viene fissato ad una campana ceramica e spinto fino al fondo della siviera riempita di ferro liquido.

Il magnesio influisce sul processo di cristallizzazione in modo tale da impedire la dilatazione longitudinale prioritaria del cristallo di grafite nel rapporto da 10:1 a 100:1 con lo spessore. Si suppone che gli atomi di magnesio si depositino nel reticolo in ferro ed influiscano sulla dilatazione longitudinale dei cristalli di grafite in modo tale che questi aumentino uniformemente in tutte le direzioni. La struttura della grafite si trasforma da lamellare a sferoidale e conferisce al ferro le sue caratteristiche di resistenza elevata. Oltre all'elevata resistenza alla trazione di 420 [N/mm²], il materiale ghisa duttile presenta anche un considerevole allungamento alla rottura del 10 [%].

Centrifugazione / Colata

I tubi vengono fabbricati con procedimento di colata centrifuga. Il ferro liquido viene introdotto per mezzo di un canale in una forma metallica rotante (conchiglia). Attraverso la forza centrifuga, il ferro liquido viene centrifugato sulla parete della conchiglia:

- La forma esterna del tubo è predefinita dalla forma interna della conchiglia, quindi anche la lunghezza del tubo.
- La forma interna del bicchiere viene formata da un'anima di sabbia.





Con la successiva ricottura dei tubi si ottengono i valori caratteristici normalizzati dei materiali. I pezzi speciali vengono colati in forme in terra a perdere. Per i contorni interni vengono impiegate anime di sabbia.



Fonditrice per tubi

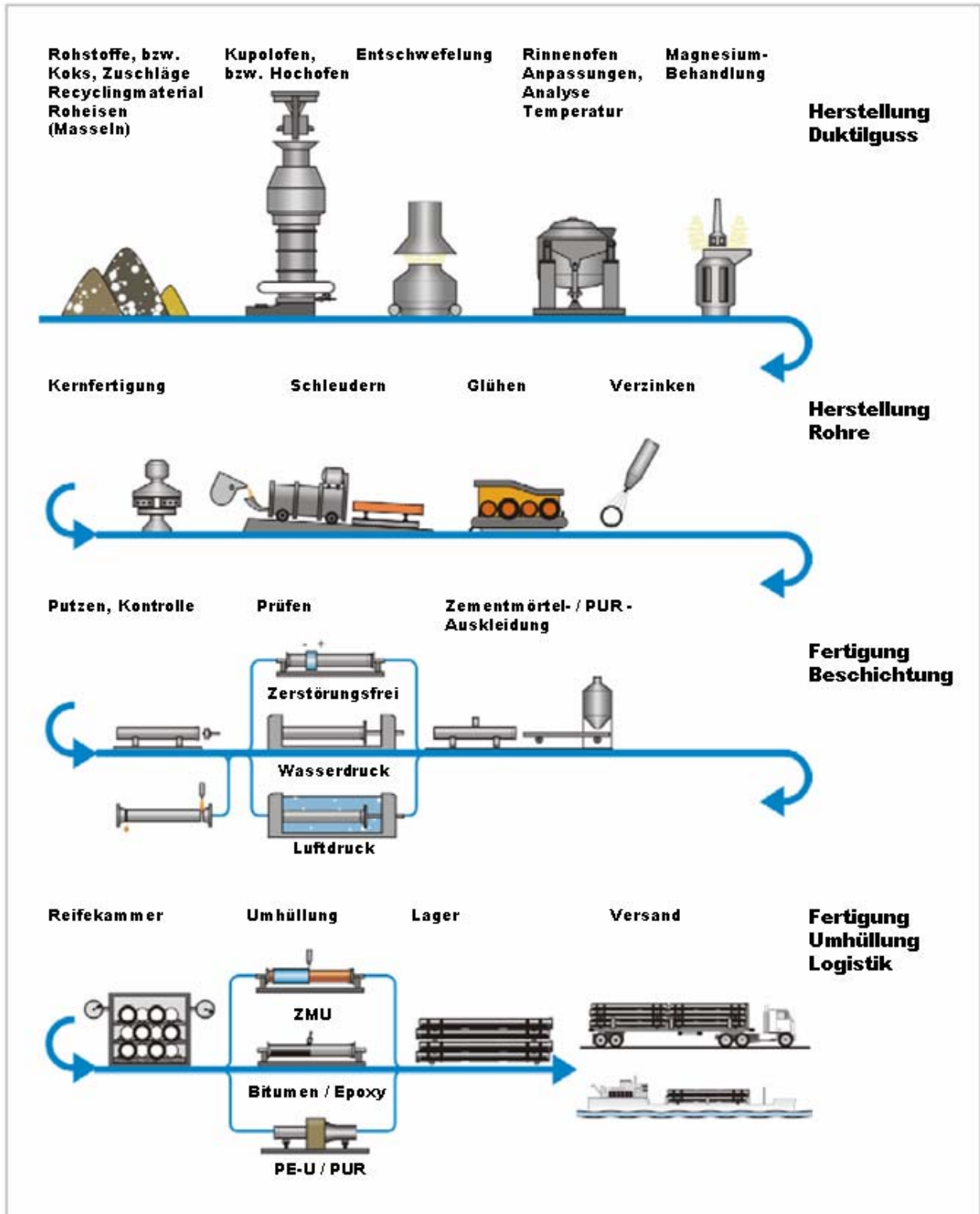
Dopo il trattamento termico viene spruzzato sui tubi ancora caldi un filo ZnAl o Zn da rivestire per fusione in arco elettrico, per mezzo di aria compressa sui tubi ancora rotanti.

Il lato interno dei bicchieri riceve, su un'apposita stazione, un rivestimento metallico.



Zincatura (ZnAl o Zn) del tubo e del bicchiere

Rappresentazione schematica del processo di produzione:





La normalizzazione dei tubi in ghisa duttile

EN 545

Data di emissione della norma: 2002-09 Tubi, pezzi speciali, accessori in ghisa duttile e relative giunzioni per condotte idriche – requisiti e processi di prova;
versione Italiana: EN 545:2002

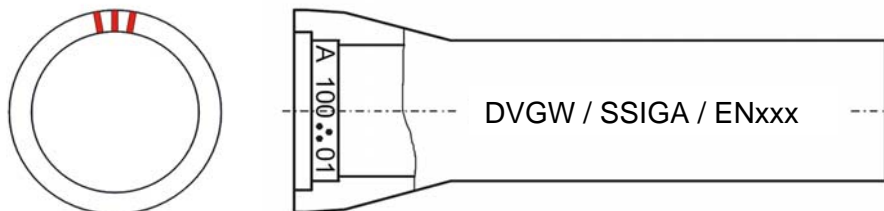
Marcatura dei tubi:

Nella norma EN 545: 2002, la marcatura di tubi e pezzi speciali è regolamentata in maniera estremamente chiara.

Tutti i tubi e i pezzi speciali devono essere marcati in maniera leggibile e duratura e devono recare almeno le seguenti informazioni:

- Nome o identificazione del fabbricante
- Identificazione dell'anno di fabbricazione
- Identificazione per la ghisa duttile
- Diametro nominale (DN)
- Organo di sorveglianza
- Rimando alla norma
- Classe del tubo

Posizionamento delle marcature:



Devono inoltre essere marcati i tubi con un diametro nominale superiore a DN 300, idonei al taglio a misura (se non tutti i tubi con lo stesso DN sono idonei al taglio a misura).

I primi cinque dati devono essere incorporati all'atto della colata o incisi. Le restanti marcature possono essere applicate con un qualunque altro procedimento, ad es. scritte sul getto o allegate alla confezione.



Classi dei tubi:

Una rete di alimentazione di acqua potabile viene generalmente impiegata con pressioni inferiori a 16 bar.

Osservando questo prospetto delle pressioni ammissibili per i tubi in ghisa duttile, è chiaro che non è un problema per un tubo in ghisa duttile raggiungere il livello di pressione richiesto. Tanto più che alla base della ghisa vi è sempre un coefficiente di sicurezza „3“. Ciò significa che per calcolare la pressione di scoppio è possibile moltiplicare la pressione di esercizio ammissibile del componente (PFA) per tre.

E' quindi chiaro che, nella maggior parte dei casi, i tubi in ghisa duttile non costituiscono i componenti critici nella progettazione e nell'esecuzione.

DN	Classe di spessore della parete								
	C 40			K 9			K 10		
	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA	PFA	PMA	PEA
80	64	77	82	85	102	107	85	102	107
100	64	77	82	85	102	107	85	102	107
125	64	77	82	85	102	107	85	102	107
150	62	74	79	79	95	100	85	102	107
200	50	60	65	62	74	79	71	85	90
250	43	51	56	54	65	70	61	73	78
300	40	48	53	49	59	64	56	67	72
350	40	48	53	45	54	59	51	61	66
400	40	48	53	42	51	56	48	58	63
450	a.r.	a.r.	a.r.	40	48	53	45	54	59
500	a.r.	a.r.	a.r.	38	46	51	44	53	58
600	a.r.	a.r.	a.r.	36	43	48	41	49	54

a.r.: a richiesta

PFA: Pressione di esercizio ammissibile del componente

PMA: Pressione di esercizio massima ammissibile

PEA: Pressione di prova ammissibile