



**Direzione Ingegneria  
Area Tecnologia dei Materiali**

**DISCIPLINARE TECNICO  
PER LA FORNITURA E POSA IN OPERA  
DI TUBAZIONI E PEZZI SPECIALI  
DI ACCIAIO INOSSIDABILE  
PER CONDOTTE IDRICHE FOGNARIE  
E AERAILICHE**

*A cura di:*

Ing. Giuseppe De Stefano  
Ing. Gianvito Capobianco  
Per. Ind. Pasquale Moretti

*Il Direttore*  
Ing. Andrea Volpe

**EDIZIONE MAGGIO 2021**

## INDICE

1. GENERALITA' .....	3
2. NORMATIVA PRINCIPALE.....	3
3. DESIGNAZIONE CARATTERISTICHE CHIMICHE E MECCANICHE .....	4
4. DIAMETRI, SPESSORI, PESI E LUNGHEZZE.....	5
5. TIPOLOGIE DI RACCORDI .....	7
6. GIUNZIONI .....	7
7. MARCATURE.....	8
8. CONTROLLI E PROVE IN FABBRICA.....	8
9. ACCETTAZIONE DI TUBI E RACCORDI.....	9
10. MOTIVI DI RIFIUTO.....	10
11. TRASPORTO.....	10
12. POSA IN OPERA.....	11
13. ESECUZIONE DELLE SALDATURE.....	14
14. ISOLAMENTO E CONTINUITA' ELETTRICA DELLE CONDOTTE.....	16
15. CONTROLLI IN CANTIERE .....	17
16. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA.....	17

## 1. GENERALITA'

Il presente disciplinare riporta le prescrizioni tecniche relative alle tubazioni ed ai pezzi speciali (o raccordi) di acciaio inossidabile (anche detto acciaio inox), utilizzati in Acquedotto Pugliese per la realizzazione di condotte, preferibilmente fuori-terra, per il trasporto di fluidi (acqua potabile, acqua da potabilizzare, acqua da depurare, aria esausta, vapore, gas) con pressione massima di esercizio pari a 16 bar.

Le tipologie di acciai inossidabili utilizzabili in AQP ed i relativi campi di applicazione, sono:

- **AISI 304**, anche definito X5 CrNi 18-10, anche identificato col numero 1.4301.  
Tale tipologia deve essere prevista per il trasporto di acqua potabile o aria con elementi volatili non aggressivi, solo nei casi di posa in ambienti non chimicamente aggressivi e non umidi.
- **AISI 316 L**, anche definito X2 CrNiMo 17-12-2, anche identificato col numero 1.4404.  
Tale tipologia deve essere prevista in tutti i casi sia ritenuta necessaria una resistenza alla corrosione di primo livello, ossia in caso di posa in ambienti chimicamente aggressivi/umidi e/o trasporto di fluidi chimicamente aggressivi.

Le suddette tipologie fanno parte dei cosiddetti acciai inossidabili “austenitici”, caratterizzati da una elevatissima resistenza alla corrosione, dovuta all’elevato tenore di Cromo (> 16%). Tale peculiarità è ancor più elevata per AISI 316 L, in virtù della presenza del Molibdeno.

Nelle opere AQP devono essere utilizzati:

- Tubi di acciaio inossidabile, AISI 304 oppure AISI 316 L, conformi alla norma UNI EN 10217-7/2005 e s.m.i.;
- Raccordi di acciaio inossidabile, AISI 304 oppure AISI 316 L, conformi alla norma UNI EN 10253-4/2008 e s.m.i.

Le tubazioni ed i raccordi di acciaio inossidabile da utilizzare per il trasporto di acqua potabile o da potabilizzare devono essere conformi alle prescrizioni del Decreto 6 aprile 2004, n. 174, Ministero della Salute.

Le Ditte produttrici di tubi e pezzi speciali di acciaio inossidabile devono possedere un Sistema Qualità aziendale conforme alla vigente norma ISO 9001 approvato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021.

## 2. NORMATIVA PRINCIPALE

UNI EN 10217-7: Tubi di acciaio per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura - Parte 7 - Tubi di acciaio inossidabile.

UNI EN ISO 1127: Tubi di acciaio inossidabile – Dimensioni, tolleranze e masse lineiche.

UNI EN 10253-4: Accessori per tubi a saldare di testa. Austenitici e austenitici-ferritici (duplex). Acciai inossidabili con requisiti specifici di controllo per impieghi a pressione.

UNI EN 10088-1: Acciai inossidabili - Lista degli Acciai inossidabili.

UNI EN 10204: Prodotti metallici. Tipi di documenti di controllo.

*Decreto Ministero LL.PP. 12/12/85:* Norme tecniche relative alle tubazioni.

*Circolare n. 27291 Min. LL.PP. 20/3/86:* Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni.

### 3. DESIGNAZIONE CARATTERISTICHE CHIMICHE E MECCANICHE

Nella tabella seguente sono indicate le designazioni simboliche degli acciai inossidabili utilizzabili nelle opere AQP:

Designazione UNI	Designazione EN	Designazione ASTM (USA)
X5 CrNi 18-10	1.4301	AISI 304
X2 CrNiMo 17-12-2	1.4404	AISI 316 L

Per semplicità, nel seguito del presente documento verrà utilizzata soltanto la designazione secondo normativa ASTM, ossia: AISI 304, AISI 316 L.

Nella tabella seguente sono indicate le composizioni chimiche degli acciai inossidabili utilizzabili nelle opere AQP:

Tipologia Acciaio	Composizione Chimica (%)								
	C	Ni	Cr	Mo	Mn	Si	P	S	N
AISI 304	≤0,07	8,00 - 10,50	17,00 - 19,50	-	≤ 2	≤ 1	≤0,045	≤0,015	≤0,11
AISI 316 L	≤0,03	10,00 - 13,00	16,50 - 18,50	2,00 – 2,50	≤ 2	≤ 1	≤0,045	≤0,015	≤0,11

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche meccaniche degli Acciai Inossidabili utilizzabili nelle opere AQP:

CARATTERISTICHE MECCANICHE			
Tipologia		Valori per AISI 304	Valori per AISI 316L
Durezza	HRB max	80	79
	HB-HV max	149	146
Carico unitario di spostamento dalla proporzionalità	RP <sub>0,2</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) Min. trasversale	230	240
Resistenza a trazione	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	540÷750	530÷680
Allungamento dopo rottura	A <sub>80mm</sub> (%) min S < 3 mm trasv. long.	45	45
	A <sub>80mm</sub> (%) min S ≥ 3 mm trasv. long.	45	45
Resilienza	KV (J) min. S > 10 mm. longitudinale	90	90
	KV (J) min. S > 10 mm. trasversale	90	90

#### 4. DIAMETRI, SPESSORI, PESI E LUNGHEZZE

Nella tabella di seguito riportata sono indicati, per ciascun diametro esterno, gli spessori e i pesi delle tubazioni di acciaio inossidabile da utilizzare, in particolare, per la **realizzazione di condotte idriche e fognarie con pressioni sino a 16 bar** (condotte prementi e condotte a gravità), posate preferibilmente fuori-terra (in manufatto o aeree).

I diametri indicati sono quelli maggiormente presenti sul mercato.

Tubazioni con diametri maggiori possono essere realizzate su richiesta del committente.

Per ogni diametro, sono state proposte solo due “classi” di spessore (sostanzialmente corrispondenti alle classi Fe430B e Fe510C dell'acciaio al carbonio), ossia quelle con i valori più elevati, tra i vari proposti dalla EN 10217-7. A seconda delle condizioni al contorno (aggressività dell'ambiente di posa, entità dei carichi stradali, ecc.), il progettista stabilirà se utilizzare condotte con spessore 1 o 2.

Diametro Esterno (mm)	Spessore 2 (mm)	Peso (Kg/ml)	Spessore 1 (mm)	Peso (Kg/ml)
40	3,0	2,779	3,2	2,949
41	3,0	2,855	3,2	3,029
42	3,0	2,930	3,2	3,109
42,4	3,0	2,960	3,2	3,141
43	3,0	3,005	3,2	3,189
44,5	3,0	3,117	3,2	3,309
45	3,0	3,155	3,2	3,349
48,3	3,0	3,403	3,2	3,614
50	3,0	3,531	3,2	3,750
50,8	3,0	3,591	3,2	3,814
51	3,0	3,606	3,2	3,830
52	3,0	3,681	3,2	3,910
53	3,0	3,756	3,2	3,990
54	3,0	3,831	3,2	4,071
57	3,0	4,056	3,2	4,311
60,3	3,0	4,304	3,2	4,575
63,5	3,0	4,832	3,2	5,400
70	3,2	5,353	3,6	5,986
73	3,2	5,593	3,6	6,256
76,1	3,6	6,535	4	7,222
80	3,6	6,887	4	7,612

83	3,6	7,157	4	7,913
84	3,6	7,248	4	8,013
85	3,6	7,338	4	8,113
88,9	3,6	7,689	4	8,504
101,6	3,6	8,834	4	9,776
104	3,6	9,050	4	10,016
108	3,6	9,411	4	10,417
114,3	3,6	9,979	4	11,048
127	4,0	12,320	5	15,274
128	4,0	12,420	5	15,400
129	4,0	12,520	5	15,525
133	4,0	12,921	5	16,026
139,7	5,0	16,864	6	20,087
152,4	5,0	18,454	6	21,995
153	5,0	18,530	6	22,085
154	5,0	18,655	6	22,236
156	5,0	18,905	6	22,536
159	5,0	19,281	6	22,987
168,3	5,0	20,445	6	24,384
203	5,0	24,790	6	29,597
204	5,0	24,915	6	29,748
205	5,0	25,040	6	29,898
206	5,0	25,165	6	30,048
219,1	5,0	26,805	6	32,016
253	5,0	31,050	6	37,109
254	5,0	31,175	6	37,260
255	5,0	31,300	6	37,410
256	5,0	31,425	6	37,560
273	5,0	33,554	6	40,114
304	5,0	37,435	6	44,772
305	5,0	37,560	6	44,922
306	5,0	37,685	6	45,072
323,9	5,0	39,926	6	47,761

353	5,0	43,570	6	52,133
354	5,0	43,695	6	52,284
255,6	5,0	43,895	6	52,524
406,4	5,0	50,255	6	60,156
457	6,0	67,758	8	89,944
506	6,0	75,120	8	99,759
508	6,0	75,420	8	100,160
609,6	6,0	90,685	8	120,513
711			8	140,825

Per la realizzazione di **condotte aerauliche** (es.: condotte fuori-terra a servizio di impianti di deodorizzazione, nei depuratori) devono essere utilizzati tubi e raccordi di acciaio inossidabile AISI 304 o AISI 316L (in base all'aggressività degli elementi volatili trasportati e all'aggressività dell'ambiente esterno), aventi **spessori non inferiori a 2 mm**.

I valori di spessore, sempre e comunque  $\geq 2$  mm, devono essere stabiliti dal progettista, in base alle dimensioni nominali delle condotte, alle pressioni di esercizio e alle specifiche condizioni al contorno (es.: ambiente molto aggressivo, presenza di carichi particolari, ecc.).

Le tubazioni di acciaio inossidabile, salvo accordi specifici tra committente e produttore, sono generalmente fornite in barre di lunghezza pari a 6 m.

## 5. TIPOLOGIE DI RACCORDI

I raccordi devono avere requisiti tecnici secondo UNI EN 10253-4 e possono essere del tipo:

- curve a raggio uniforme;
- curve a spicchi;
- pezzi a Ti;
- riduzioni.

*Nota tecnica* - Le curve a raggio uniforme, per evidenti motivi legati alla modalità produttiva, danno maggiori garanzie in termini di *performance* tecniche rispetto alle curve a spicchi. Per questo, le curve a spicchi devono essere utilizzate solo nei casi in cui (es. grandi diametri) non siano disponibili sul mercato curve a raggio uniforme.

## 6. GIUNZIONI

Le giunzioni tra tubazioni di acciaio inossidabile e tra tubazioni e raccordi di acciaio inossidabile possono essere eseguite mediante:

- saldatura testa a testa;
- collegamento flangia-flangia.

Nel caso di giunzioni saldate, i tubi ed i raccordi devono essere forniti con estremità predisposte secondo UNI EN 10217-7.

Le giunzioni saldate sono da prevedersi obbligatoriamente in caso di condotte per il trasporto di vapore o gas.

Nel caso di giunzioni flangiate, le estremità di tubi e raccordi devono essere dotate di flange di Acciaio Inossidabile, aventi dimensioni e foratura secondo UNI EN 1092-1.

La tenuta idraulica dell'accoppiamento flangiato è assicurata da una guarnizione in EPDM o NBR o SBR, conforme alla norma UNI EN 681-1

Le flange devono essere collegate mediante bulloni di Acciaio Inossidabile, costituiti da viti di acciaio inossidabile AISI 316 e dadi di acciaio inossidabile AISI 304 o viceversa (l'utilizzo di diversa tipologia di Acciaio, per vite e dado, mira a ridurre la possibilità di "grippaggio" tra i due elementi).

## 7. MARCATURE

Ogni tubo e raccordo deve essere marcato in modo leggibile, mediante stampigliatura o altro tipo di marcatura indelebile, con le seguenti informazioni:

- nome o marchio di identificazione del fabbricante;
- riferimento alla norma EN;
- designazione dell'acciaio;
- dimensioni del tubo (diametro e spessore).

## 8. CONTROLLI E PROVE IN FABBRICA

Si riportano, di seguito, i controlli e le prove da effettuare sulle lamiere (*coils*), sui tubi e sui raccordi di acciaio.

- Controllo delle caratteristiche chimiche e meccaniche delle lamiere (o coils) di acciaio: le prove da eseguire sulle lamiere destinate alla costruzione dei tubi sono appresso indicate e verranno effettuate in ragione di una lamiera (*coil*) per ogni colata:
  - *Prova di trazione longitudinale e trasversale, prova di resilienza*: da eseguirsi con le modalità definite dalle norme EN 10002-1;
  - *Analisi chimica*: da attuarsi per ogni colata e da eseguire in conformità alle prescrizioni riportate nelle norme UNI EN 10217-7 e EN ISO 14284.
- Prova di trazione sulle tubazioni: deve essere eseguita in conformità alla norma EN 10002-1. Il carico unitario minimo di snervamento, l'intervallo del carico unitario di rottura e l'allungamento minimo per tubi e raccordi devono essere conformi a quanto indicato nella norma EN 10217-7.  
Per i raccordi e le curve a raggio uniforme, provenienti da lamiere o nastri, le caratteristiche della prova di trazione devono essere determinate dopo la formatura.
- Prova di schiacciamento: deve essere eseguita in conformità alla EN 10233. La saldatura di tubi saldati deve essere posizionata a 90° rispetto alla direzione di schiacciamento, e il provino deve essere spianato finché la distanza tra le facce non sia maggiore del 67% del diametro esterno iniziale. Non sono ammesse fessurazioni o imperfezioni nel metallo o nella saldatura, tranne quelle che si generano sui bordi dei provini, che abbiano lunghezza minore di 6 mm e che non penetrano attraverso la parete.
- Prova di tenuta: tale prova deve essere del tipo "idrostatico" e deve essere espressamente effettuata per ogni tubo, il quale deve resistere al test senza perdite o deformazioni visibili.



La prova deve essere eseguita ad una pressione calcolata come segue:  $P = 20 ST/D$ , dove P è la pressione, in bar, D è il diametro esterno, in millimetri, T è lo spessore di parete, in millimetri, S è la sollecitazione in Mpa corrispondente al 70% del carico unitario minimo di snervamento per il grado di acciaio utilizzato. La Pressione di Funzionamento Ammissibile (PFA) della condotta, rispetto alla Pressione di prova (P), calcolata come indicato sopra, deve essere tale che il coefficiente di sicurezza ingegneristico  $\sigma$  nella seguente formula  $P = \sigma \times PFA$  sia comunque non inferiore a 1,5.

- Prova non distruttiva del cordone di saldatura dei tubi saldati: per i tubi saldati elettricamente e saldati testa a testa, la prova deve essere eseguita in conformità alle norme EN 10246-3, EN 10246-5 e EN 10246-7. Per i tubi saldati ad arco sommerso, si esegue il controllo mediante ultrasuoni, in conformità alla EN 10246-9, lungo l'intera lunghezza del tubo.
- Prova non distruttiva delle saldature dei raccordi: il cordone di saldatura dei raccordi o dei componenti di raccordi devono essere sottoposti al controllo effettuato per i tubi saldati ad arco sommerso, di cui al punto precedente.  
Tutte le saldature che non siano il cordone di saldatura devono essere sottoposte a prova in conformità ad uno dei seguenti metodi: controllo mediante liquidi penetranti in conformità alla EN 571-1; controllo mediante correnti indotte in conformità a UNI EN 10246-2; controllo mediante ultrasuoni in conformità alla EN 1714; controllo radiografico in conformità alla EN 1435.
- Esame visivo: i tubi ed i raccordi devono essere sottoposti ad esame visivo per verificare che siano privi di difetti superficiali interni ed esterni e che lo stato della superficie esterna e, dove praticabile, lo stato della superficie interna siano tali che i difetti e/o le imperfezioni superficiali che richiedono la riparazione possano essere identificati.  
Deve essere ammissibile riparare i difetti superficiali mediante la molatura o la lavorazione di macchina, purché, dopo averlo fatto, lo spessore di parete nella zona riparata non sia minore dello spessore minimo. Tutte le aree molate o lavorate di macchina devono essere raccordate perfettamente al contorno del tubo.
- Controllo delle dimensioni: i tubi ed i raccordi devono essere controllati per verificare che siano soddisfatti i requisiti indicati nelle norme UNI EN 10217-7 e EN 10253-4. Generalmente per la misurazione del diametro esterno si utilizza un calibro. Tuttavia, per i tubi con un diametro esterno maggiore o uguale a 406,4 mm si può utilizzare un nastro circonferenziale.

## 9. ACCETTAZIONE DI TUBI E RACCORDI

Ai fini delle accettazioni dei prodotti, il Direttore dei Lavori, deve verificare che ciascuna fornitura sia corredata dalla seguente documentazione:

- Certificazione Sistema di Qualità aziendale secondo la vigente norma ISO 9001, approvato da Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021;
- Certificazione di conformità del sistema di gestione ambientale (se richiesto in Capitolato) secondo la vigente norma ISO 14001, approvato da un Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021;
- Certificato di collaudo: Certificazione del tipo 3.1 conforme alla norma UNI EN 10204, rilasciata dai produttori dei materiali, riportante i controlli e le prove di cui al punto 7 del presente disciplinare effettuate sulle lamiere, sui tubi e raccordi;

- Certificato di Conformità “CE” (per i tubi e raccordi): Autocertificazione del produttore, redatta secondo lo schema prescritto dalla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17050, con la quale questi si assume la responsabilità legale che il prodotto sia conforme alla normativa di riferimento, come previsto dalla direttiva comunitaria n. 89/106/EEC, *technical body* n. ECISS/TC 29 e *work item* n. EC029001;
- Certificato di Conformità “CE” (per le lamiere): Certificazione rilasciata da un Organismo terzo, accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17020, che attesta che i *coils* sono conformi alla normativa UNI EN 10025-1, come previsto dalla direttiva comunitaria n. 89/106/EEC, *technical body* n. ECISS/TC 10 e *work item* n. EC010033;
- Dichiarazione di Conformità al Decreto 6 aprile 2004, n. 174, Ministero della Salute (in caso di trasporto di acqua potabile): Dichiarazione rilasciata da laboratori terzi accreditati secondo UNI CEI EN ISO/IEC 17025, relativa a tutti i materiali che devono entrare in contatto con l’acqua potabile.

Qualora sia ritenuto opportuno approfondire la qualità dei prodotti consegnati, è facoltà della Direzione Lavori dar corso ad una o più tra le seguenti procedure:

- procedere all’effettuazione di verifiche ispettive in fabbrica;
- sottoporre a prove uno o più campioni di tubo o pezzo speciale, presso un Laboratorio indipendente e accreditato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025, per attestarne la conformità alla rispettiva norma di prodotto o al disciplinare tecnico.

## 10. MOTIVI DI RIFIUTO

I tubi e i raccordi devono essere rifiutati nei seguenti casi:

- se privi di tutte o di alcune delle marcature prescritte;
- se la ditta fornitrice non produce i documenti di cui al punto 8 del presente disciplinare.

Qualora siano state richieste prove presso Laboratori indipendenti, se i risultati delle prove effettuate si discostano impropriamente (anche per una sola caratteristica) dai requisiti richiesti dalle norme, nonché dai valori attestati nel certificato di collaudo, la fornitura deve essere rifiutata.

## 11. TRASPORTO

### Movimentazione

Per la movimentazione delle tubazioni si devono usare di preferenza:

- cinghie larghe e lisce in tessuto o in gomma rinforzata, opportunamente disposte per assicurare la stabilità del tubo;
- imbracature munite di appositi ganci opportunamente rivestiti, fissati alle estremità di ciascun tubo.

### Carico e scarico

Nelle operazioni di carico devono essere prese tutte le precauzioni al fine di evitare che, durante il trasporto, avvengano degli scivolamenti, e che i tubi vengano deteriorati.

I tubi non devono essere lasciati cadere a terra, non devono essere fatti rotolare e strisciare, ma vanno sollevati e trasportati sul luogo di impiego, in modo da evitare danni.

L'interposizione tra i vari strati di listelli di legno o dispositivi similari deve essere tale, per numero, intervallo e forma, da impedire la flessione dei tubi e da limitare la pressione di contatto.

## **12. POSA IN OPERA**

In Acquedotto Pugliese, le tubazioni e raccordi in Acciaio inossidabile vengono utilizzati quasi esclusivamente per la realizzazione di “*piping*” all'interno degli impianti di depurazione o di potabilizzazione o di condotte di mandata di elettropompe.

Non è diffuso, invece, l'utilizzo per realizzazione di condotte interrato.

Ciò detto, nel seguito, vengono comunque descritte le principali prescrizioni di posa in opera per la realizzazione di condotte interrato, oltre ad alcune prescrizioni tecniche da seguire nei casi, più frequenti, di posa non interrato.

### **Condotte interrato**

#### Scavo

Lo scavo deve essere effettuato a sezione obbligatoria.

Deve essere eseguito con mezzi idonei, avendo la massima cura di:

- rispettare scrupolosamente le quote di progetto;
- impedire con ogni mezzo il franamento delle pareti, sia per evitare incidenti al personale, sia per non avere modifiche alla sezione di scavo;
- eliminare, sia all'interno dello scavo sia negli immediati dintorni, eventuali radici il cui successivo sviluppo potrebbe danneggiare la condotta;
- provvedere alla raccolta e all'allontanamento delle acque meteoriche, nonché di quelle di falda e sorgive eventualmente incontrate;
- accumulare il materiale di scavo ad una distanza tale da consentire il libero movimento del personale e delle tubazioni onde evitare il pericolo di caduta di tale materiale ed in particolare di pietre sui manufatti già posati.

Durante l'apertura di trincee in terreni eterogenei, collinari o montagnosi occorre premunirsi da eventuali smottamenti o slittamenti mediante opportune opere di sostegno e di ancoraggio.

In caso di instabilità del terreno di posa dovuta a presenza di falda, occorre consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo, in modo da evitare che l'acqua di tale falda possa provocare spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo.

La larghezza minima sul fondo dello scavo deve essere pari a DN + 70 cm.

Le profondità di scavo devono essere tali da garantire, in ogni sezione, profondità minime di interrimento, misurate dalla generatrice superiore del tubo, non inferiori a 110 cm.

In ogni caso, le profondità minime di interrimento devono essere valutate in funzione dei carichi stradali e del pericolo di gelo; ogni eventuale deroga deve essere espressamente autorizzata dalla Direzione Lavori.

Qualora non possa essere rispettato il valore minimo di profondità richiesta, la tubazione deve essere protetta mediante opportune solette in c.a.

#### Piano di posa

Realizzato lo scavo l'Impresa deve provvedere alla regolazione del piano di posa.

Nei casi in cui il terreno di imposta è sciolto e se previsto dagli allegati progettuali, le tubazioni possono poggiare direttamente sul fondo delle trincee previo semplice spianamento; altrimenti, devono poggiare su un letto di posa, ben costipato, costituito da sabbia.

Il fondo del cavo deve essere stabile; nei tratti in cui si temano assestamenti e cedimenti differenziali si deve provvedere a consolidare il piano di posa; questo consolidamento deve essere studiato ed effettuato in base alla natura dei materiali costituenti il piano stesso. A seconda delle esigenze potranno eseguirsi platee di calcestruzzo semplice od armato, eventualmente sostenute da palificate di sostegno in modo da raggiungere il terreno solido o, all'occorrenza, appoggi discontinui quali selle o mensole.

Ove previsto il letto di sabbia, questo deve avere uno spessore non minore di 20 cm misurato sotto la generatrice inferiore della tubazione e deve essere esteso a tutta la larghezza del cavo. Prima della posa in opera delle condotte, il fondo del cavo deve essere accuratamente livellato, in modo da evitare rilievi ed infossature, e da consentire l'appoggio uniforme dei tubi per tutta la loro lunghezza.

E' vietato l'impiego sotto le tubazioni di pezzi di pietra, mattoni od altri appoggi discontinui per stabilire gli allineamenti.

Inoltre, sempre prima della posa in opera, ciascun tubo o spezzone e pezzo speciale, deve essere, a piè d'opera, accuratamente pulito e controllato, con particolare riguardo alle estremità, per accertare che nel trasporto o nelle operazioni di carico e scarico non siano stati danneggiati; quelli che, a giudizio della Direzione Lavori, dovessero risultare danneggiati, in modo tale da compromettere la qualità o la funzionalità dell'opera, dovranno essere scartati e sostituiti.

#### Posa in opera

Nell'operazione di posa si deve evitare che nell'interno della condotta vadano detriti o corpi estranei di qualunque natura.

Gli estremi della condotta posata devono essere chiusi accuratamente, durante le interruzioni del lavoro, con tappi di legno.

I tubi ed i pezzi speciali devono essere calati con cura nelle trincee e nei cunicoli dove debbono essere posati, utilizzando precauzioni e mezzi analoghi a quelli indicati per il carico, lo scarico e il trasporto, onde evitare il deterioramento dei tubi ed in particolare delle testate.

Nelle pareti e sul fondo dei cavi, in corrispondenza dei giunti devono essere scavate apposite incavature e nicchie necessarie per poter eseguire regolarmente, nello scavo, tutte le operazioni relative alla formazione delle giunzioni e alla successiva, accurata, ispezione, in sede di prova.

Nel caso in cui non venga realizzato il corretto allineamento dei tubi, la Direzione Lavori può richiedere la rimozione della tubazione già posata.

Nella messa in opera dei raccordi deve essere assicurata la perfetta coassialità di questi con l'asse della condotta.

Verificata pendenza ed allineamenti si procede alla giunzione dei tubi.

Le giunzioni saldate verranno realizzate come indicato al punto 13 del presente disciplinare.

#### Rinterro

Al termine delle operazioni di giunzione relative a ciascun tratto di condotta ed eseguiti eventuali ancoraggi, si procede al rinfianco ed al rinterro parziale dei tubi - per circa 2/3 della lunghezza di ogni tubo, con un cumulo di terra (cavallotto) - sino a raggiungere un opportuno spessore sulla generatrice superiore, lasciando completamente scoperti i giunti.

Il rinterro deve essere effettuato con materiali selezionati provenienti dagli scavi, cioè privi di sassi, radici e corpi estranei in genere con esclusione di ciottoli, pietre e frammenti di roccia di dimensioni maggiori di 3 cm.

Nel caso in cui detto materiale risulti insufficiente o, a giudizio della Direzione Lavori, non idoneo, si devono utilizzare materiali provenienti da cava di prestito.

Il materiale deve essere disposto nella trincea in modo uniforme, in strati successivi di spessore pari a circa 25 cm, regolarmente spianato, abbondantemente inaffiato e accuratamente costipato, al di sotto e lateralmente al tubo, al fine di ottenere un buon appoggio, esente da vuoti, e al fine di impedire cedimenti e spostamenti laterali.

Ove occorra, il rinfianco può essere eseguito in conglomerato cementizio magro.

Eseguita la prima prova idraulica a giunti scoperti si procede, con la condotta ancora in pressione, al rinterro dei tratti di condotta ancora scoperti, ed al rinterro completo di tutta la condotta sino a circa 80 cm sulla generatrice superiore della tubazione, con le modalità e i materiali di cui sopra.

Terminata la prova idraulica si completerà il rinterro con materiale proveniente dagli scavi.

A rinterro ultimato, nei tronchi in sede propria devono essere effettuati gli opportuni ricarichi, al fine di ripristinare il livello del piano di campagna dopo il naturale assestamento del rinterro.

Nei tronchi sotto strada si deve aver cura di costipare il rinterro, procedendo alle necessarie annaffiature sino al livello del piano di posa della massicciata stradale, raggiungendo un opportuno grado di compattazione del rinterro, al fine di evitare futuri cedimenti del piano stradale.

Nel caso in cui si verificano cedimenti prima del collaudo, l'Impresa, a sua cura e spese, deve procedere alle opportune ed ulteriori opere di compattazione ed al ripristino della struttura stradale, fino all'ottenimento della condizione di stabilità.

### **Condotte fuori terra**

Le condotte di Acciaio Inossidabile utilizzate all'interno degli impianti di depurazione e potabilizzazione (cosiddetto *piping* a servizio delle stazioni di trattamento), così come quelle adoperate negli impianti di sollevamento (es. condotte di mandata di elettropompe) o nelle camere di manovra di serbatoi (es. collegamenti idraulici posati in ambiente umido o immersi in acqua), salvo brevi tratti, sono generalmente posate fuori terra ed agganciate a strutture in calcestruzzo armato e non armato (muretti, vasche, selle, ecc.).

Le condotte devono essere agganciate alle strutture mediante idonei dispositivi di ancoraggio costituiti da collari e perni di acciaio inossidabile AISI 304 o AISI 316 L.

È bene che le condotte e i dispositivi di ancoraggio siano costituiti da acciaio inossidabile dello stesso tipo.

Nei casi di ancoraggio a strutture in calcestruzzo armato, devono essere utilizzati collari dotati, all'interno, di idonee guarnizioni in gomma o altro materiale isolante (vedi punto 14 del presente disciplinare).

In alcuni casi (es. impiantistica all'interno di vasche di trattamento dei reflui o di acqua grezza; tratti in pressione da stabilizzare mediante blocchi di ancoraggio), le condotte, per brevi tratti, devono necessariamente attraversare le pareti di manufatti in calcestruzzo armato.

In tali circostanze, sulla superficie esterna delle condotte e per tutta la lunghezza del tratto passante nelle pareti di calcestruzzo, deve essere messo in opera un rivestimento isolante di idoneo spessore (in gomma o in Polietilene), avente duplice funzione: protezione meccanica della condotta da eventuali tensioni indotte da dinamiche riguardanti il calcestruzzo; isolamento elettrico della condotta finalizzato alla protezione delle armature presenti all'interno della struttura in calcestruzzo armato (vedi punto 14 del presente disciplinare).

In caso di lunghe tratte in posa aerea, così come in caso di lunghe tratte che attraversano opere d'arte, è necessario prevedere, a monte e a valle di esse, l'utilizzo di giunti isolanti (vedi punto 14 del presente disciplinare).

### **13. ESECUZIONE DELLE SALDATURE**

#### Qualità delle saldature

La saldatura in cantiere dei giunti deve assicurare, oltre alla tenuta idraulica, l'efficienza nelle normali condizioni di collaudo e di esercizio.

#### Qualifica dei saldatori

Tutti i saldatori devono essere qualificati per i procedimenti di saldatura per cui sono proposti dall'appaltatore dei lavori.

Prima dell'inizio delle attività di saldatura, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Committente la certificazione di qualifica dei saldatori, rilasciata da un ENTE terzo competente (IIS, RINA, TUV etc.), la cui validità sarà testimoniata dall'elenco dei lavori eseguiti dal saldatore negli ultimi 6 mesi; se il saldatore non ha eseguito lavori negli ultimi 6 mesi, il suo patentino sarà ritenuto scaduto e dovrà pertanto provvedere al suo rinnovo.

Devono essere impiegati saldatori qualificati secondo le specifiche seguenti, per i procedimenti e gli elettrodi per i quali hanno conseguito la qualifica:

- per saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti, secondo le norme UNI EN 287-1 procedimento 111;
- per saldatura ossiacetilenica, secondo le norme UNI 5770.

#### Preparazione delle estremità per giunzione testa a testa

Le estremità dei tubi devono essere fornite: a lembi retti, per tubi e raccordi con spessori inferiori a 3,2 mm; a lembi smussati, per tubi e raccordi con spessori maggiori o uguali a 3.2 mm.

La preparazione delle estremità di tubi e raccordi deve essere effettuata come previsto dalla norma UNI EN 10217-7.

#### Procedimenti

La realizzazione dei giunti saldati in cantiere deve essere ottenuta, di norma, con saldatura manuale ad arco elettrico con elettrodi rivestiti.

Possono essere adottati anche altri procedimenti di saldatura, purché approvati dalla Direzione Lavori.

#### Saldatura con elettrodi rivestiti

La saldatura con elettrodi rivestiti può essere eseguita con i procedimenti del tipo discendente o ascendente.

Sia per il procedimento discendente, che per quello ascendente, la prima passata ed anche quelle successive, vanno eseguite con elettrodi a rivestimento "rutil-basico".

#### Attrezzature

Le saldatrici, le moto-saldatrici, le linee elettriche di collegamento e gli accessori relativi, durante tutta la durata del lavoro, devono essere tenuti in condizioni tali da assicurare la corretta esecuzione e continuità del lavoro, nonché la sicurezza del personale.

#### Elettrodi

Gli elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco devono essere omologati secondo le tabelle della norma UNI EN ISO 2560-2007.

Prima dell'utilizzo, gli elettrodi devono essere stoccati in un apposito scaldino, al fine di eliminare eventuali residui di umidità proveniente dall'ambiente circostante.

### Qualifica dei fili

È necessario che i fili per la saldatura siano scelti in relazione al materiale base ed al procedimento di saldatura previsto; l'impresa deve trasmettere alla Direzione Lavori i certificati relativi alle analisi e alle caratteristiche meccaniche.

### Allineamento

Per la saldatura di testa si deve utilizzare un accoppia-tubi interno o esterno, che non va tolto prima che sia stata eseguita la prima passata; tale passata deve avere una lunghezza totale non inferiore al 50% della circonferenza del tubo e, comunque, deve essere uniformemente distribuita sulla circonferenza stessa (4 tratti di saldatura disposti in posizione ortogonale fra loro).

### Operazioni di saldatura

I tubi devono essere accuratamente esaminati, con particolare riguardo alle estremità ed al rivestimento, al fine di accertare che, nel trasporto o nelle operazioni di carico e scarico, non siano stati danneggiati.

I tubi, inoltre, devono essere puliti all'interno per eliminare i materiali eventualmente introdotti. Le estremità devono risultare prive di scorie, vernici, grasso, terra, ecc.

Le impurità eventualmente presenti devono essere accuratamente rimosse con spazzole metalliche, decapaggio a fiamma o altri mezzi idonei.

Quindi, si avvicinano le testate dei tubi e si procede alla loro giunzione mediante saldatura, fino a formare lunghi tronchi da porre a lato dello scavo.

Le saldature devono essere effettuate con temperatura ambiente superiore o uguale a + 5°C; per temperature più basse è necessario operare un preriscaldamento.

Si deve evitare la realizzazione di saldature quando le condizioni atmosferiche (pioggia, forte umidità, vento, ecc.) siano giudicate pregiudizievoli per la buona esecuzione delle stesse.

La prima passata di saldatura deve assicurare una efficiente ed uniforme penetrazione.

Eventuali riprese all'interno, se il diametro della condotta lo permette, possono essere fatte, dopo molatura, con un elettrodo "rutil-basico".

Durante la prima passata, il tubo deve essere tenuto fermo, ma libero da vincoli, in modo che la saldatura non risenta di sollecitazioni esterne.

Dopo ogni passata o prima della successiva devono essere eliminate tracce di ossido o scoria, per mezzo di appositi utensili.

Crateri di estremità, irregolarità di ripresa, ecc., devono essere asportati mediante molatura.

A saldatura ultimata, lo spessore della stessa deve risultare, di norma, non inferiore a quello del tubo, e deve presentare un profilo convesso e ben raccordato con il materiale di base.

La sezione della saldatura deve essere uniforme e la superficie esterna deve essere regolare, di larghezza costante, senza porosità ed altri difetti apparenti.

Gli elettrodi devono essere di buona qualità e di adatte caratteristiche, in modo da consentire una regolare ed uniforme saldatura, tenendo conto che il metallo da apporto depositato deve risultare di caratteristiche meccaniche il più possibile analoghe a quelle del metallo base.

Per ogni saldatore deve essere possibile individuare il lavoro eseguito, mediante apposizione di un numero od una sigla.

### Preriscaldamento

Il preriscaldamento è necessario nei casi di temperatura ambiente inferiore a +5°C e per spessori superiori a 8 mm.

Il preriscaldamento, che si esegue sull'intero sviluppo della circonferenza alle estremità dei tubi, si estende ad entrambi i lati del giunto da saldare, per una lunghezza pari a metà diametro, ma comunque per non meno di 120 mm per parte.

La zona interessata deve essere mantenuta, durante la saldatura, ad una temperatura non inferiore a 50°C.

Il preriscaldamento può essere effettuato con fiamma di qualunque tipo, per induzione o con resistenza elettrica.

## **14. ISOLAMENTO E CONTINUITA' ELETTRICA DELLE CONDOTTE**

### Sezionamento elettrico della condotta

Le tubazioni, in corrispondenza di opere d'arte (serbatoi, impianti di sollevamento, ecc.), devono essere isolate impiegando giunti isolanti di acciaio inossidabile, di tipo monolitico, con estremità flangiate o a saldare.

I giunti isolanti devono essere posizionati a monte e a valle dell'opera d'arte, in modo tale da isolare elettricamente il tratto passante all'interno del manufatto.

Tale accorgimento tecnico ha due finalità: la riduzione del rischio di elettrocuzione per i lavoratori che vengano a contatto con le condotte metalliche all'interno dell'opera d'arte; la protezione di apparecchiature di misura presenti all'interno del manufatto.

### Isolamento in corrispondenza di blocchi di ancoraggio e di attraversamenti di murature

In corrispondenza di blocchi di ancoraggio o di attraversamenti di murature, deve essere aumentato l'isolamento della tubazione, per tutta la lunghezza dell'ancoraggio o dell'attraversamento, applicando sulla superficie esterna un rivestimento in gomma o in Polietilene (fasciatura con nastri adesivi di PE). La tubazione deve essere tenuta ad una distanza di almeno 10 cm dagli eventuali ferri di armatura.

### Isolamento della tubazione dalle sellette di appoggio

Per ottenere l'isolamento della tubazione dalle sellette di appoggio in calcestruzzo si devono interporre, tra collari/staffe per ancoraggio e condotta, strati di materiali (gomma, plastici) isolanti di spessore e caratteristiche adeguate.

### Isolamento tratte pensili

Gli eventuali tratti aerei della condotta devono essere "messi a terra" per mezzo di scaricatori, del tipo SC 55, montati in cassetta stagna, in modo da evitare che scariche atmosferiche rechino danni agli impianti ed alle persone.

In corrispondenza degli appoggi, si devono interporre tra questi e la condotta idonei materiali isolanti (Teflon, Polietilene, gomme), di adeguato spessore.

Nel caso di tratte di condotta sufficientemente lunghe, tali da necessitare di opere supplementari per consentirne l'ispezione (camminamenti, passerelle, ecc.), ove non sia possibile isolare la condotta aerea, devono essere inseriti due giunti isolanti di acciaio inossidabile del tipo monolitico con estremità flangiate o a saldare, rispettivamente a monte e a valle del tratto aereo.

### Isolamento in corrispondenza di attraversamenti con tubo guaina in acciaio

In caso di attraversamento con utilizzo di tubo guaina in acciaio al carbonio, la condotta di acciaio Inossidabile deve essere elettricamente scollegata rispetto al tubo guaina. A tale scopo devono essere interposti, tra condotta e tubo guaina degli appositi distanziatori in materiale isolante (plastica o gomma).



## **15. CONTROLLI IN CANTIERE**

### Controlli non distruttivi sulle saldature

Dopo l'esecuzione delle giunzioni mediante saldature con giunto testa a testa, al fine di verificare la buona fattura delle stesse, devono essere eseguiti dei controlli radiografici.

La frequenza di detti controlli sarà stabilita dalla Direzione Lavori e comunque non deve essere inferiore a n. 3 controlli ogni 1000 m di condotta posata.

Detti controlli devono essere realizzati da ditta con personale qualificato 2° livello, in accordo alla norma UNI EN 473.

I controlli radiografici devono essere eseguiti in accordo alla norma UNI EN 1435;

I risultati delle prove devono essere conformi alla norma UNI EN 25817 - livello C.

Tutti i difetti relativi alle saldature (cricche longitudinali e trasversali, incompleta penetrazione, incompleta fusione, porosità, scorie, ecc.) sono considerati inaccettabili e devono essere eliminati esclusivamente mediante taglio della parte difettosa.

I risultati dei controlli e le relative radiografie devono essere trasmessi, come certificazione, alla Direzione Lavori.

Alle suddette prove, la Direzione Lavori può associare anche controlli di altro tipo (ultrasonico, a correnti indotte).

In presenza di radiazioni ionizzanti, i lavori dovranno avvenire nel rispetto del D. Lgs. n. 230 del 17.03.1995.

Al fine di verificare che le saldature vengano realizzate nel rispetto delle procedure qualificate e mantenendo le caratteristiche meccaniche richieste, la Direzione Lavori ha la facoltà di ordinare il taglio di tronchetti contenenti la saldatura, a cura e spese dell'Appaltatore, da cui ricavare provette da sottoporre a controlli distruttivi presso laboratori accreditati SINAL, fino ad una percentuale dello 0,3% delle saldature eseguite.

Tali provette devono essere sottoposte alle prove previste per la qualifica WPS.

## **16. COLLAUDO IDRAULICO IN OPERA**

### Generalità

Per condotte che trasportano acque, la prova idraulica deve essere effettuata secondo le prescrizioni di seguito indicate, nonché nel rispetto di quanto indicato nel D.M. LL.PP. del 12.12.1985 e nella Circolare del Ministero LL.PP. n. 27291 del 20.03.1986.

In caso di condotte per il trasporto di gas e vapore, per le quali sono prescritte giunzioni per saldatura testa a testa, la prova di tenuta deve essere eseguita mediante controllo non distruttivo, volumetrico, del tipo radiografico.

La tenuta deve essere verificata mediante controllo radiografico su saldature scelte a campione dal Direttore dei Lavori.

Qualora, in fase di controllo radiografico, si rilevino difetti anche su una sola saldatura, il Direttore dei Lavori può prescrivere il successivo controllo radiografico sul 100% delle saldature realizzate in opera.

In ogni caso, è facoltà del progettista, qualora ne ravvisi la necessità, prescrivere, dandone opportuna giustificazione ed evidenza nei documenti progettuali, che in fase esecutiva siano effettuate prove del tipo radiografico sul 100% delle saldature.

### Prova su condotte per il trasporto di acque

Ultimate le operazioni di giunzione dei tubi, prima di procedere al riempimento della condotta per la prova idraulica devono essere eseguiti, in caso di condotte interrate, puntellamenti provvisori sulle pareti dello scavo, a mezzo di carpenteria in legno o in ferro, per facilitare lo smontaggio della condotta in caso di eventuali perdite.

Le prove devono essere effettuate su tronchi completati, di lunghezza fino a 500 m.

Il sezionamento deve essere effettuato mediante flange cieche o altre apparecchiature.

Se vengono utilizzate valvole come sistemi di chiusura, la pressione di prova non dovrà superare quella di esercizio della valvola e la misura della perdita ammessa per le valvole dovrà essere presa in considerazione quando si stabilisce la perdita complessiva ammessa per la tratta provata.

Il piatto di chiusura dell'estremo inferiore della tratta da provare deve essere forato e munito di rubinetto per il riempimento.

Il piatto di chiusura dell'estremo superiore della tratta da provare deve essere forato e munito di rubinetto per lo sfiato.

Occorre inoltre munire eventuali punti di colmo intermedi della tratta da provare di idonei sfiati per assicurare lo spurgo completo dell'aria durante la fase di riempimento.

L'acqua deve essere immessa nella condotta preferibilmente dall'estremità a quota più bassa del tronco con velocità sufficientemente bassa da permettere la completa evacuazione dell'aria dagli sfiati (la portata durante il riempimento non deve superare il 10% della portata di esercizio).

Per assicurare il completo spurgo dell'aria è necessario tenere completamente aperti i rubinetti di sfiato ubicati in corrispondenza sia del piatto di chiusura dell'estremità più alta del tronco che degli eventuali punti di colmo intermedi della tratta da provare,

L'immissione dell'acqua deve essere effettuata ad una pressione pari ad almeno 2 bar.

Avvenuto il riempimento della condotta, devono essere lasciati aperti, per un certo tempo, gli sfiati, al fine di consentire l'uscita di ogni residuo d'aria; successivamente deve essere disposta, preferibilmente nel punto più basso della condotta stessa, la pompa di prova munita del relativo manometro registratore ufficialmente tarato.

Si mette in carico la condotta, attivando la pompa fino ad ottenere la pressione di prova stabilita, che deve essere raggiunta gradualmente, in ragione di non più di 1 bar al minuto.

Specialmente nel periodo estivo e per condotte sottoposte ai raggi solari nelle ore più calde della giornata, si deve controllare il manometro, scaricando se necessario con apposita valvola della pompa, l'eventuale aumento di pressione oltre i valori stabiliti.

Dopo il raggiungimento della pressione richiesta, deve essere ispezionata la condotta per accertare che non vi siano in atto spostamenti dei puntelli o degli ancoraggi, in corrispondenza dei punti caratteristici della stessa.

La pressione di collaudo deve essere pari a 1,5 volte la pressione di esercizio (per pressione di esercizio si intende il valore massimo della pressione che si può verificare in condotta per il più gravoso funzionamento idraulico del sistema, ivi comprese le massime sovrappressioni di moto vario conseguenti a prevedibili condizioni di esercizio, quando anche di carattere temporaneo e/o accidentale).

La pressione di prova non deve comunque superare né la pressione massima per la quale i tubi, i raccordi e le flange sono stati progettati e costruiti, né la pressione di calcolo dei dispositivi di ancoraggio.

La pressione di prova minima nel punto più alto del tatto esaminato non deve essere inferiore alla pressione di esercizio in tale punto.

Per le condotte interrate si procederà a due prove: quella a giunti scoperti e quella con ricoprimento fino a 80 cm sul cielo condotta.

La prima prova avrà la durata di otto ore, la seconda di quattro.

Durante il periodo nel quale la condotta è sottoposta alla prima prova, quando la pressione della tratta che si sta esaminando si è stabilizzata al valore di esercizio, il Direttore dei lavori, in contraddittorio con l'Impresa, deve eseguire l'esame visivo di tutti i giunti dei raccordi e delle tubazioni in vista.

Qualsiasi difetto (giunti che perdono, supporti o ancoraggi insufficienti, ecc.) deve essere eliminato prima di proseguire la prova.

Se necessario, la sezione in esame deve essere prosciugata in modo da facilitare le eventuali riparazioni.

Il buon esito della prova a giunti scoperti è dimostrato dalla concordanza tra i risultati dell'esame visivo dei giunti dei raccordi, ecc. e quelli del grafico del manometro registratore; non può essere accettata una prova in base alle sole indicazioni, ancorché positive, del manometro registratore, senza che sia stata effettuata la completa ispezione di tutti i giunti e delle tubazioni in vista.

Accertato il risultato favorevole della prima prova, si procede alla seconda prova, a cavo semichiuso, il cui buon esito risulta dal grafico del manometro registratore.

Ottenuto un risultato favorevole dalla I e dalla II prova, il Direttore dei lavori redige il "*verbale di prova idraulica*".

Per le condotte non interrate si procederà ad una sola prova, ovviamente a giunti scoperti, della durata di dodici ore, ed il buon esito della stessa è dimostrato dalla concordanza tra i risultati dell'esame visivo dei giunti dei raccordi, ecc. e quelli del grafico del manometro registratore.