

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SECONDA FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CON SEDE A CESENA

CORSO DI LAUREA

IN INGEGNERIA MECCANICA

Classe: _____

Sede di Forlì

ELABORATO FINALE DI LAUREA

In Comportamento Meccanico dei Materiali

**SPECIFICA DI COSTRUZIONE
DI UN IMPIANTO
OIL & GAS**

CANDIDATA:
Francesca TESEI

RELATORE: *Chiar.mo Prof. Ing*
Vincenzo DAL RE

*Anno Accademico 2011-2012
Sessione III*

INTRODUZIONE

Nell'ultimo secolo lo sviluppo degli impianti petrolchimici di raffinazione dei prodotti petroliferi ha avuto un notevole aumento di impiego e quindi le attività di costruzione hanno subito un rilevante incremento dal punto di vista della qualità finale, dovuto anche all'evoluzione delle tecnologie di costruzione mirate all'ottimizzazione dei cicli produttivi da realizzarsi garantendo la sicurezza durante il funzionamento anche in condizioni severe.

Nell'ambito della mia esperienza, maturata sia nell'attività di tirocinio sia nei periodi lavorativi durante il ciclo di studi, ho avuto la possibilità di entrare in contatto con società che operano nella costruzione di impianti di elevata tecnologia quali piattaforme petrolifere offshore, impianti modulari on-shore e offshore e componenti per impianti petrolchimici comprese tubazioni e relativi accessori.

Durante tali attività ho potuto partecipare alla stesura di una procedura relativa alla costruzione, alla manutenzione e alle eventuali modifiche di un impianto petrolchimico. Tale specifica è utilizzata come strumento che fornisce una linea guida a tutte le società di costruzione che operano in tale impianto per poter effettuare la costruzione e l'installazione di nuove parti o possibili modifiche di quelle già esistenti.

Di seguito viene riportata tale procedura suddivisa in dieci paragrafi così come è stata realizzata nelle applicazioni specifiche di tale costruzione.

- Nel primo capitolo viene descritto lo scopo per il quale questa specifica viene utilizzata.
- Il secondo paragrafo indica il campo d'applicazione di tali norme.
- Il terzo capitolo tratta dei codici e delle norme di riferimento impiegati per tutti gli aspetti che non sono definiti in questa specifica.
- Il quarto paragrafo analizza i principali processi di saldatura e per ciascuno di essi indica: il campo d'impiego, la descrizione del processo, le modalità operative e le relative variabili di procedimento suddivise in essenziali, essenziali supplementari e non essenziali.

- Il quinto capitolo prende in esame la documentazione iniziale che l'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione del Committente prima di iniziare i lavori di saldatura.
- Il sesto paragrafo tratta delle qualifiche dei procedimenti di saldatura, analizzando in dettaglio:
 - i diversi tipi di saggi di prova (giunto testa a testa a piena penetrazione su lamiera, giunto testa a testa a piena penetrazione su tubo, giunto di testa a T, giunto tubo-tronchetto);
 - la scelta del materiale base e quella del materiale d'apporto;
 - le prove e i test di verifica da eseguire, comprendendo sia i controlli non distruttivi che le prove distruttive.
- Il settimo capitolo indica le prescrizioni generali di costruzione quali:
 - la preparazione dei lembi da saldare, cioè dei cianfrini;
 - la pulizia dei lembi;
 - la fase di accoppiamento e fit-up;
 - il preriscaldamento del materiale base prima della saldatura;
 - i gas di protezione impiegati;
 - le posizioni di saldatura, sia nel caso di lamiere, che nel caso di tubazioni e i diversi procedimenti;
 - il post-riscaldamento, immediatamente successivo alla saldatura;
 - i trattamenti termici;
 - i controlli non distruttivi: VT, RT, UT, MT, PT;
 - le prove di durezza superficiale;
 - la riparazione dei difetti attraverso l'asportazione delle discontinuità giudicate inaccettabili.
- L'ottavo paragrafo analizza le qualifiche dei saldatori illustrando: i tipi di giunto sui quali devono essere eseguite, i test ai quali i saggi di qualifica devono essere sottoposti, il campo degli spessori e dei diametri qualificati, le posizioni di saldatura.
- Il nono capitolo include i saggi di qualifica per gli operatori di macchina, ovvero il personale addetto all'impiego di macchine per la saldatura ad arco sommerso.
- Il decimo paragrafo prende in esame la saldatura dei supporti delle tubazioni.

CAPITOLO 1

Scopo

Lo scopo della presente specifica è quello di definire le modalità di costruzione, sostituzione, installazione e riparazione delle tubazioni (piping) e dei relativi accessori ed in generale tutte le apparecchiature inserite nell'impianto e collegate mediante procedimenti di saldatura per fusione.

I requisiti previsti da questa specifica sono da intendersi come requisiti minimi, in quanto l'obiettivo della stessa è quello di ottenere saldature di qualità elevata relativamente all'impiego per il quale sono state progettate ed eseguite.

La presente specifica è stata redatta nell'ottica di un continuo aggiornamento della documentazione di impianto, nonché di un adeguamento della stessa alle Direttive Europee ed, in particolare, alla Direttiva PED 97/23 EC.

Come di seguito evidente, la presente specifica risulta conformarsi alle Norme Europee e, in questo contesto, la validità della stessa alla Direttiva PED è direttamente correlata all'adozione di tali norme ed eventualmente alla normativa ASME per i soli aspetti progettuali e costruttivi. In caso diverso questa Specifica non potrà considerarsi esaustiva di tutti i requisiti essenziali di cui alla citata PED 97/23 e, pertanto, dovrà essere conseguentemente revisionata ed implementata.

CAPITOLO 2

Campo di applicazione

Questa specifica si applica all'esecuzione di giunzioni circolari e longitudinali per la costruzione ed installazione di tubazioni di distribuzione e servizio nonché ai relativi accessori saldati sulla stessa.



CAPITOLO 3

Codici e norme di riferimento

Per tutti gli aspetti che non sono definiti nella presente specifica saranno applicate le prescrizioni contenute nei documenti che seguono, nell'ordine indicato e nella loro edizione valida al momento d'assegnazione del contratto.

- DIRETTIVA PED: 97/23/EC
- UNI EN 15614. 1 – 2012 Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici. Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nickel e leghe di nickel.
- UNI EN 287-1 – 2012 Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai
- ASME B 31.3 – ASME Code for Pressure Piping
- ASME Sez. VIII - Pressure Vessel Divisione 1 & 2
- ASME Sez. V – Non destructive examination
- EN 3452-1 - Non destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General Principles
- UNI EN ISO 17637 - Controllo non distruttivo delle saldature - Esame visivo di giunti saldati per fusione
- UNI EN ISO 17638 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche
- EN 1418 - Personale di saldatura - Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici
- ISO 17636 - Non destructive testing of welds - Radiographic testing of fusion welded joints.
- ISO 17640 - Non destructive testing of welds - Ultrasonic testing – Techniques, testing levels, and assessment.
- EN ISO 5817 – Welding – Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections (ISO 5817:2007)

- UNI EN ISO 9712 – Prove non distruttive – Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive – Principi generali

CAPITOLO 4

Processi di saldatura

4.1 Processi di saldatura

I processi di saldatura ammessi dalla presente specifica sono i seguenti:

- 141 – Saldatura ad arco in gas inerte con elettrodo in tungsteno (saldatura TIG)
- 111 – Saldatura ad arco con elettrodi rivestiti
- 131 – Saldatura ad arco in gas inerte con filo elettrodo fusibile (saldatura MIG)
- 135 – Saldatura ad arco in gas protettivo attivo con filo elettrodo fusibile (saldatura MAG)
- 136 – Saldatura ad arco in gas protettivo attivo con filo elettrodo animato
- 138 – Saldatura ad arco in gas protettivo attivo con filo elettrodo animato metalcored
- 121 – Saldatura ad arco sommerso con filo elettrodo singolo.

Altri procedimenti di saldatura possono essere impiegati previa approvazione del Committente, ma tali procedimenti dovranno essere in ogni caso fra quelli previsti dalla norma EN 15614.1.

Tutti i processi impiegati per la saldatura dovranno essere caratterizzati da un basso apporto d'idrogeno.

Nei punti successivi saranno analizzati i vari processi ammessi e per ognuno di loro sono individuate le relative variabili.

Tali variabili saranno così suddivise in:

- non essenziali – variabili che al loro variare rispetto a quelle di qualifica del procedimento non richiedono una nuova qualifica; tali variabili non saranno quindi prese in considerazione dalla specifica;
- essenziali – variabili che al loro variare rispetto a quelle di qualifica del procedimento richiedono una nuova qualifica del procedimento stesso;

- essenziali supplementari – variabili che al loro variare rispetto a quelle di qualifica del procedimento richiedono una nuova qualifica del procedimento stesso, ma solamente nel caso in cui siano richieste sui giunti di produzione i requisiti di tenacità e/o di durezza.

4.1.1 Variabili essenziali

- la saldatura di materiali base appartenenti a raggruppamenti diversi rispetto a quelli impiegati durante la qualifica del procedimento, e al di fuori di quanto permesso nella tabella 2 e tabella 3. L'impiego di materiali o loro combinazioni non coperti dal sistema di raggruppamento secondo la UNI CEN ISO/TR 15608 qualifica solo il/i materiale/i impiegati nella qualifica di procedimento;
- la saldatura di materiali con spessore al di fuori dei campi permessi alle tabelle 4 e/o 5 in relazione dello spessore impiegato durante la qualifica del procedimento;
- la saldatura di tubazioni con diametro al di fuori dei campi permessi alla tabella 6 in relazione al diametro utilizzato durante la qualifica del procedimento;
- la variazione del grado di meccanizzazione del processo (manuale, semiautomatico, meccanizzato e automatico) rispetto a quello/i impiegato/i durante la qualifica del procedimento;
- la variazione del procedimento di saldatura rispetto a quello/i impiegato/i durante la qualifica del procedimento.
- relativamente alla posizione di saldatura, qualsiasi posizione di saldatura impiegata durante la qualifica di procedimento qualifica tutte le posizioni tranne le posizioni PG e J-L045 per le quali deve essere effettuata una prova di procedura separata. (NOTA: questo paragrafo è valido quando non siano prescritti i requisiti supplementari di durezza e/o tenacità, altrimenti vedere le variabili essenziali supplementari)
- relativamente alle tipologie di giunzione, le saldature di testa a piena penetrazione qualificano le saldature di testa e Tee a piena, parziale penetrazione e d'angolo ma non viceversa; le qualifiche a Tee a piena penetrazione qualificano le saldature a Tee a piena, parziale penetrazione e

d'angolo ma non viceversa; le saldature ad angolo qualificano solo le saldature d'angolo. Relativamente alle saldature d'angolo, nel caso queste siano quantità predominante fra le saldature di produzione, sono richieste prove specifiche ad angolo. Le saldature di testa eseguite su tubi qualificano anche giunti tubo-tronchetto (diramazioni tubo su tubo) con un angolo $\geq 60^\circ$;

- relativamente al tipo di giunzione, le saldature eseguite da un solo lato, quindi senza ripresa a rovescio, qualificano anche le saldature con sostegno o riprese da ambedue i lati, ma non viceversa. Le saldature eseguite con sostegno qualificano le saldature eseguite da ambedue i lati; inoltre le saldature eseguite da ambedue i lati senza solcatura qualificano anche le saldature eseguite da ambedue i lati con solcatura ma non viceversa;
- relativamente alla quantità di passate, il passaggio da passate multiple per lato ad una singola passata per lato e viceversa;
- relativamente al materiale d'apporto impiegato durante la qualifica di procedimento, questo può essere sostituito con un altro purché avente le caratteristiche meccaniche equivalenti, lo stesso tipo di rivestimento o di flusso, la stessa composizione chimica ed un assorbimento di idrogeno minore o uguale secondo la designazione della relativa norma europea;
- la variazione del tipo di polarità nonché del tipo di corrente rispetto a quelle impiegate nella qualifica del procedimento;
- l'esecuzione di preriscaldi ad una temperatura inferiore rispetto a quella impiegata durante la qualifica del procedimento;
- il superamento della temperatura di interpass impiegata durante la qualifica di procedimento;
- la riduzione della temperatura e/o del tempo di durata del trattamento di post-riscaldamento di deidrogenazione, nonché l'eliminazione dello stesso quando è stato eseguito durante la qualifica di procedimento, ma non viceversa;
- l'esecuzione di trattamento termico quando questo non è stato effettuato nella qualifica del procedimento e viceversa, nonché la variazione della temperatura di mantenimento di $\pm 20^\circ\text{C}$ rispetto a quella impiegata durante la qualifica di procedimento; all'occorrenza la velocità di riscaldamento, quella di raffreddamento ed il tempo di mantenimento della massima temperatura possono essere messi in relazione al componente di produzione.

4.1.2 Variabili essenziali supplementari

- Relativamente alla posizione di saldatura, nel caso siano prescritti requisiti di resilienza, durante la qualifica di procedimento, i provini devono essere prelevati nella posizione di apporto termico maggiore che, nel caso di saggio eseguito su piastra è la posizione PF¹ e nel caso di tubazione è rappresentato dai due tratti laterali saldati sempre in posizione PF. Nel caso siano prescritti i requisiti di durezza durante la qualifica di procedimento, i provini devono essere prelevati nella posizione di apporto termico minore che, nel caso di saggio eseguito su piastra è la posizione PC, e nel caso di tubazione è rappresentato dal tratto sopra-testa. Nella condizione in cui siano prescritti entrambi i requisiti di resilienza e durezza è necessaria l'esecuzione di due saggi di prova uno in posizione PF ed uno in posizione PC. Tale condizione può essere derogata solo nel caso in cui la qualifica completa dei requisiti di resilienza e durezza sia necessaria/richiesta in una sola posizione di saldatura di produzione e quindi il provino sarà eseguito in quella sola posizione di saldatura; relativamente alle posizioni PG e J-L045 comunque deve essere effettuata una prova di procedura separata;
- nel caso di saldatura di materiali base appartenenti al gruppo 10, entrambe le posizioni di apporto termico maggiore e minore devono essere soggette ad ambedue le prove di resilienza e durezza;
- la variazione della dimensione del materiale d'apporto è ammessa purché comunque siano rispettate le limitazioni relative all'apporto termico di seguito riportate;
- l'incremento o diminuzione dell'apporto termico specifico al di fuori di quanto segue: quando sono applicabili i requisiti di resilienza il limite superiore dell'apporto termico è + 25% di quello impiegato durante la qualifica del procedimento; quando si applicano i requisiti di durezza il limite inferiore dell'apporto termico è - 25% di quello impiegato durante la qualifica del procedimento. Nel caso in cui siano richiesti sulle saldature di produzione entrambi i requisiti, ambedue le limitazioni sono applicabili. L'apporto termico dovrà essere calcolato secondo la seguente formula (in accordo alla norma EN 1011-1):

Nota: per la classificazione e la nomenclatura delle posizioni di saldatura si rimanda al paragrafo 7.8

$H.I.(KJ/mm) = K \times I \text{ (Amp.)} \times V \text{ (Volt)} / 1000 \times \text{Vel.d'avanzamento (mm/sec)}$;

dove K è il rendimento termico del procedimento di saldatura fissato dalla seguente Tabella 1.

TABELLA 1 – Rendimento termico K dei vari procedimenti							
N° Proc.	Fattore K	N° Proc.	Fattore K	N° Proc.	Fattore K	N° Proc.	Fattore K
121	1,0	135	0,8	137	0,8	141	0,6
111	0,8	114	0,8	138	0,8	15	0,6
131	0,8	136	0,8	139	0,8	/	/

L'impiego dei processi di saldatura ammessi dovrà avvenire in accordo anche alle seguenti prescrizioni e limitazioni (variabili essenziali ed essenziali supplementari), specifiche per ogni procedimento di saldatura.

4.2 Processo di saldatura 141 – Saldatura ad arco in gas inerte con elettrodo in tungsteno (saldatura TIG)

4.2.1 Campo d'impiego

L'impiego di tale processo con applicazione manuale sarà limitato all'esecuzione di prime passate senza ripresa su giunti di qualsiasi spessore, o alla saldatura completa di giunti fino allo spessore massimo di 5,54 mm

Questo processo, è impiegato prevalentemente all'interno di locali chiusi; può essere impiegato all'aperto solamente predisponendo idonea protezione per evitare correnti d'aria che potrebbero essere dannose per la saldatura.

4.2.2 Descrizione del processo

Il processo sfrutta il calore fornito dall'arco elettrico che scocca fra un elettrodo infusibile (in tungsteno) e il pezzo.

La zona fusa è protetta dall'atmosfera circostante mediante gas inerte alimentato dalla torcia.

Il materiale d'apporto, quando impiegato, è introdotto nel bagno fuso mediante bacchette di sezione opportuna.

L'alimentazione elettrica dovrà essere in corrente continua con polarità diretta: polo + collegato al pezzo.

Nel caso di saldatura d'acciai al carbonio contenenti cromo, per gli acciai inossidabili e per le leghe di nichel è necessario prevedere la protezione di gas anche a rovescio, al fine di evitare ossidazioni sulla superficie interna con conseguente limitata resistenza alla corrosione.

E' ammesso l'uso di azoto come gas di protezione a rovescio, previa qualifica del procedimento con tale gas.

4.2.3 Modalità operative

La macchina saldatrice da impiegare dovrà essere provvista di un generatore ad alta frequenza per l'accensione dell'arco e con apparecchiatura di spegnimento dell'arco, tale da evitare crateri, porosità e cricche. Le modalità operative del procedimento sono le seguenti: la torcia, una volta innescato l'arco, dovrà essere tenuta in modo da formare con l'elettrodo un angolo di 75° rispetto alla superficie del bagno; dovrà essere mossa con movimenti circolari sui due lembi affinché si ottenga la fusione di entrambi le parti da congiungere; l'avanzamento dovrà avvenire da destra verso sinistra (viceversa per saldatori mancini) o dal basso verso l'alto. Il materiale d'apporto, nel caso sia impiegato (è sempre richiesto per spessori maggiori di 1,0 mm), è introdotto nel bagno fuso dalla posizione opposta a quella della torcia e con angolo di circa 15° rispetto al pezzo, con movimento avanti e indietro allo scopo di alimentare, con frequenza opportuna, il bagno fuso governato dalla torcia stessa.

Ad ogni interruzione l'arco dovrà essere spento sul bordo del cianfrino, mantenendo protetta dal gas la zona fusa del bagno fino ad avvenuta solidificazione.

Le macchine saldatrici dovranno essere del tipo a corrente continua.

4.2.4 Variabili del procedimento

Le variabili del procedimento che richiedono una nuova qualifica sono di seguito elencate.

4.2.4.1 Variabili essenziali

Oltre alle variabili essenziali previste al paragrafo 4.1.1 sono applicabili le seguenti:

- impiego del materiale d'apporto quando nella qualifica del procedimento non è stato impiegato e viceversa;
- relativamente al gas di protezione alla torcia e a rovescio: la variazione del tipo di gas al di fuori del simbolo secondo la UNI EN ISO 14175 - Materiali d'apporto per la saldatura – Gas e miscele di gas per la saldatura per fusione e per i processi connessi. I gas di protezione impiegati durante la qualifica di procedimento e non contemplati nella norma UNI EN ISO 14175 sono limitati alla composizione chimica nominale utilizzata durante la qualifica stessa.
- l'eliminazione del gas di protezione a rovescio quando questo fosse presente nella qualifica del procedimento ma non viceversa.

4.2.4.2 Variabili essenziali supplementari

Tutte le variabili essenziali supplementari previste al paragrafo 4.1.2 sono applicabili.

4.3 Processo di saldatura 111 – Saldatura ad arco con elettrodi rivestiti

4.3.1 Campo d'impiego

Il processo di saldatura manuale ad elettrodo rivestito può essere usato per effettuare la saldatura di giunti di ogni spessore in cui è possibile effettuare oppure no la ripresa a rovescio.

I vari tipi di elettrodi sono caratterizzati, oltre che dagli elementi metallici che compongono l'anima, anche da quelli chimici e metallici che costituiscono il rivestimento.

Anche in funzione di quest'ultimo deve essere operata la scelta degli stessi, ad esempio per l'esecuzione di prime passate.

Gli elettrodi che più si prestano per essere impiegati nelle prime passate sono quelli a rivestimento cellulosico, ma il loro uso non deve prescindere da quanto previsto al paragrafo 6.2 e relativi sottoparagrafi.

Generalmente nell'applicazione per tubazioni è preferibile impiegare elettrodi basici, sia per le operazioni di prefabbricazione degli spool, che in quelle di montaggio in

opera, poiché permettono di effettuare la saldatura con ottime caratteristiche meccaniche, anche in condizioni precarie d'accessibilità e posizione.

Gli elettrodi basici dovranno essere impiegati come riempimento sopra una prima passata eseguita con il procedimento 141 o con elettrodi cellulosici con le limitazioni sopra descritte. Solo nel caso di giunti ripresi possono essere impiegati per l'esecuzione delle prime passate, poiché gli eventuali difetti in prima passata potranno essere asportati con la solcatura a rovescio.

4.3.2 Descrizione del processo

Questo procedimento sfrutta il calore fornito dall'arco elettrico che scocca fra un elettrodo fusibile e il pezzo.

La zona fusa è protetta dall'atmosfera circostante mediante i gas originati dalla fusione del rivestimento dell'elettrodo. Il materiale d'apporto è introdotto nel bagno mediante la fusione per effetto Joule dell'anima metallica dell'elettrodo.

Esistono diversi tipi di rivestimento ed ognuno caratterizza l'elettrodo e le applicazioni cui è rivolto per caratteristiche meccaniche, maneggevolezza, saldabilità e condizioni d'applicazione.

I tipi di rivestimento che possono essere impiegati per le applicazioni su tubazioni sono i seguenti:

- **Basici:** questi rivestimenti producono una scoria di tipo basico e depositi d'elevata qualità sia per livello di purezza sia per le proprietà meccaniche. Queste caratteristiche sono dovute all'ottima protezione del bagno, all'elevata azione desolfurante del rivestimento ed alla possibilità di introdurre, nel materiale depositato, elementi di lega contenuti nel rivestimento. Una nota negativa, riguardante il rivestimento, è che assorbe per sua natura, notevoli quantità d'idrogeno. E' necessario perciò, prima dell'impiego, effettuare l'essiccazione così come descritto al punto 7.6. Durante la fase d'impiego inoltre è necessario mantenere gli elettrodi in fornelli portatili alla temperatura di 80-100°C. Il locale di stoccaggio deve possedere temperatura e umidità controllata così come previsto al punto 7.6. Dovranno essere impiegati in corrente continua (con pinza al positivo) e solo in rari casi in alternata. Si prestano per saldature in tutte le posizioni perciò saranno usati anche per le saldature in opera. L'utilizzo richiede l'impiego di saldatori sufficientemente addestrati alla scarsa maneggevolezza dell'elettrodo, ed

inoltre è indispensabile mantenere sempre l'arco corto per evitare la formazione (molto frequente) di soffiature e porosità.

- Cellulosici: questi rivestimenti contengono elevate quantità di cellulosa, lo spessore del rivestimento è inferiore rispetto agli altri tipi perciò questi elettrodi permettono l'eventuale riduzione dell'apertura dell'angolo del cianfrino. La combustione della cellulosa crea un'atmosfera gassosa di CO₂ che ha la funzione di protezione del bagno; il rivestimento non apporta elementi di lega al bagno. La potenza dell'arco è una delle caratteristiche di questo elettrodo che permette quindi buone penetrazioni in ogni posizione. Potranno essere impiegati in corrente continua con elettrodo al positivo e solo per l'esecuzione di prime passate in giunti non ripresi.

4.3.3 Modalità operative

Allo scopo di effettuare l'accensione dell'arco elettrico è necessario strofinare la punta dell'elettrodo. In questo modo si libera l'estremità del rivestimento e si scopre l'anima metallica. Questa operazione deve essere effettuata rigorosamente all'interno del cianfrino, in quanto la parte superficiale di materiale interessata dallo shock termico d'innesco dell'arco verrà successivamente fusa e quindi ha la possibilità di ripristinare le sue caratteristiche iniziali. Una volta effettuata l'accensione, il saldatore dovrà maneggiare l'elettrodo acceso all'interno del cianfrino mantenendo sotto controllo la direzione dell'arco per portare a fusione le pareti del cianfrino stesso. Tutto ciò dovrà essere effettuato mantenendo una velocità di avanzamento regolare per permettere alla scoria di esercitare la sua funzione protettiva durante la fase di solidificazione del bagno fuso.

4.3.4 Variabili del procedimento

Le variabili del procedimento che richiedono una nuova qualifica sono di seguito elencate.

4.3.4.1 Variabili essenziali

Tutte le variabili essenziali previste al paragrafo 4.1.1 sono applicabili.

4.3.4.2 Variabili essenziali supplementari

Oltre alle variabili essenziali supplementari previste al paragrafo 4.1.2 sono applicabili le seguenti:

- la qualifica eseguita con corrente alternata non qualifica l'impiego di corrente continua in ambedue le polarità (Nota: tale restrizione non si applica quando non sono richiesti requisiti di resilienza)
- l'impiego di materiale d'apporto di marca diversa da quella impiegata nella prova di qualifica di procedimento, a meno che si cambi la marca del materiale d'apporto rimanendo invariata la parte obbligatoria della designazione e sia eseguito un saggio supplementare con gli stessi parametri di saldatura, per effettuare su quest'ultimo unicamente le prove supplementari di resilienza con intaglio in zona fusa (una serie di n° 3 provini).

4.4 Processi di saldatura 131 – Saldatura ad arco in gas inerte con filo elettrodo fusibile (saldatura MIG) e 135 – Saldatura ad arco in gas protettivo attivo con filo elettrodo fusibile (saldatura MAG)

4.4.1 Campo d'impiego

Tali processi possono essere impiegati sia in applicazioni semiautomatiche che automatiche; entrambe le applicazioni dovrebbero essere impiegate esclusivamente per le saldature di assiemaggio e prefabbricazione a rotolamento, e non per le saldature di montaggio in opera.

Questi processi possono essere impiegati esclusivamente per le passate di riempimento di giunti non ripresi in cui la passata di radice sia stata eseguita con il procedimento 141 o 111.

Quando i giunti sono eseguiti con la ripresa a rovescio possono essere interamente eseguiti con questi procedimenti, ma sarà necessario prevedere un controllo superficiale sullo scavo (MT o PT a seconda del tipo di materiale d'apporto) prima della ripresa a rovescio della saldatura ed un controllo ultrasuoni supplementare in aggiunta di quello radiografico, dopo il completamento del giunto, allo scopo di verificare la presenza di incollature fra le passate.

4.4.2 Descrizione del processo

Questi procedimenti sfruttano il calore fornito dall'arco elettrico che scocca fra un filo pieno-elettrodo fusibile e il pezzo. La zona fusa è protetta dall'atmosfera

circostante mediante gas alimentato dalla torcia. Il tipo di gas impiegato caratterizzerà il procedimento; quando il gas di protezione sarà inerte (argon o elio) il processo prenderà il nome 131-MIG, mentre quando sarà attivo (solitamente Argon + CO₂ in combinazione di percentuali variabili) il processo prenderà il nome 135-MAG. Il materiale d'apporto è introdotto in modo continuo nel bagno grazie al meccanismo trainafile, fino al completo srotolamento della bobina installata; la fusione dello stesso avviene per effetto Joule.

L'alimentazione elettrica dovrà essere in corrente continua con polarità inversa cioè il polo + collegato alla torcia.

La tecnica di trasferimento del materiale d'apporto sconsigliata è Short- arc mentre quelle consentite e consigliate, al fine di limitare al massimo il problema delle incollature, sono spray arc, globular arc e pulsed arc.

4.4.3 Modalità operative

Le modalità operative differenziate fra giunti d'angolo e piena penetrazione dovranno essere quelle riportate di seguito.

- Giunti d'angolo. Una volta innescato l'arco, la torcia deve essere tenuta in modo da formare con il filo pieno-elettrodo un angolo di 60-70° circa rispetto al piano della superficie del bagno, nella direzione di avanzamento. La direzione d'avanzamento dovrà essere da destra verso sinistra (per i saldatori mancini sarà viceversa) o dal basso verso l'alto, con angolo trasversale pari a circa metà di quello esistente fra i due pezzi da collegare.
- Giunti a piena penetrazione. Una volta innescato l'arco, la torcia deve essere tenuta in modo da formare con il filo pieno-elettrodo un angolo di 70° circa rispetto alla superficie del bagno, nella direzione d'avanzamento. La direzione di avanzamento dovrà essere da destra verso sinistra (per i saldatori mancini sarà viceversa) o dal basso verso l'alto, con un angolo trasversale pari a circa 90° (cioè perpendicolare) rispetto alla superficie dei pezzi da collegare.

La torcia dovrà essere mossa con movimento a zig zag da un lembo all'altro con piccole pause al termine d'ogni spostamento, ciò al fine di ottenere la fusione delle estremità da congiungere. Tali oscillazioni dovranno essere di ampiezza limitata al fine di mantenere un basso apporto termico: a tale scopo dovrà essere impiegata la

tecnica di più cordoni paralleli tirati. L'ampiezza di oscillazione utilizzata dovrà essere uguale o inferiore a quella registrata durante la qualifica di procedimento.

L'avanzamento della torcia dovrà avvenire da destra verso sinistra (per i saldatori mancini sarà viceversa). La tecnica da sinistra verso destra permette di ottenere cordoni di forma più piatta e si usa quando non è necessaria un'elevata penetrazione, ma occorre ridurre l'apporto termico in prevalenza per spessori non elevati e quindi limitare eventuali deformazioni dovute ad eccessivo riscaldamento

4.4.4 Variabili del procedimento

Le variabili del procedimento che richiedono una nuova qualifica sono di seguito elencate.

4.4.4.1 Variabili essenziali

Tutte le variabili essenziali previste al paragrafo 4.1.1. sono applicabili.

4.4.4.2 Variabili essenziali supplementari

Tutte le variabili essenziali supplementari previste al paragrafo 4.1.2. sono applicabili.

4.5 Processo di saldatura 136 e 138 – Saldatura ad arco in gas protettivo attivo con filo elettrodo animato

4.5.1 Campo d'impiego

Il campo di impiego è identico a quello visto per il processo 131 o 135, per cui si può fare riferimento al paragrafo 4.4.1.

4.5.2 Descrizione del processo

Questo procedimento sfrutta il calore fornito dall'arco elettrico che scocca fra un filo animato-elettrodo fusibile e il pezzo. La zona fusa è protetta dall'atmosfera circostante mediante gas attivo alimentato dalla torcia e i gas che si originano dalla fusione del flusso presente all'interno del filo. Il tipo di gas attivo impiegato solitamente è Argon + CO₂ in combinazione con percentuali variabili. Il materiale d'apporto è introdotto in modo continuo nel bagno grazie al meccanismo trainafile

fino al completo srotolamento della bobina installata; la fusione dello stesso avviene per effetto Joule.

L'alimentazione elettrica potrà essere in corrente continua con polarità inversa cioè il polo + collegato alla torcia ed in corrente continua con polarità diretta, cioè il polo – collegato alla torcia.

La tecnica di trasferimento del materiale d'apporto sconsigliata è Short- arc mentre quelle consentite e consigliate, al fine di limitare al massimo il problema delle incollature, sono spray arc, globular arc e pulsed arc.

La caratteristica del processo è rappresentata dal materiale d'apporto, formato dall'involucro metallico esterno e dal flusso all'interno dello stesso. I tipi che possono essere impiegati sono riportati di seguito.

- fili ad anima basica. Devono essere impiegati per ottenere un deposito con elevate caratteristiche meccaniche ed in particolare di tenacità; ciò è dovuto ad un deposito privo d'impurezze, anche nel caso di saldatura su superfici con un basso grado di pulizia;
- fili ad anima rutilica. Devono essere impiegati in presenza di basse temperature d'esercizio; sono inoltre caratterizzati da buona saldabilità, deposito uniforme e liscio, con pochi spruzzi anche nella tecnica in spray-arc.

4.5.3 Modalità operative

Le modalità operative di questo processo sono identiche a quelle viste per i processi 131 e 135 cui si può fare riferimento al paragrafo 4.4.3.

4.5.4 Variabili del procedimento

Le variabili del procedimento che richiedono una nuova qualifica, sono di seguito elencate.

4.5.4.1 Variabili essenziali

Tutte le variabili essenziali previste al paragrafo 4.1.1 sono applicabili.

4.5.4.2 Variabili essenziali supplementari

Oltre alle variabili essenziali supplementari previste al paragrafo 4.1.2 sono applicabili le seguenti:

impiego di materiale d'apporto di marca diversa da quella impiegata nella prova di qualifica di procedimento, a meno che si cambi la marca del materiale d'apporto rimanendo invariata la parte obbligatoria della designazione e sia eseguito un saggio

supplementare con gli stessi parametri di saldatura per effettuate su quest'ultimo unicamente le prove supplementari di resilienza con intaglio in zona fusa (una serie di n° 3 provini).

4.6 Processo di saldatura 121 – Saldatura ad arco sommerso con filo elettrodo singolo

4.6.1 Campo d'impiego

L'impiego di tale processo dovrà essere in applicazioni meccanizzate. Il processo può essere impiegato esclusivamente per le saldature di prefabbricazione a rotolamento, di spessori al di sopra di 15 mm. Nel caso di acciai al carbonio, tale limitazione può essere revocata dal committente se da parte dell'appaltatore verrà dimostrato, mediante esito positivo di qualifiche di procedimento, che le caratteristiche metallurgiche, meccaniche ed in particolare di tenacità (quando richieste) saranno garantite.

Il processo potrà essere impiegato esclusivamente per le passate di riempimento di giunti non ripresi, in cui la passata di radice sia stata eseguita con un procedimento 141 e successivamente una o più passate in 111 oppure in 131 o 135 o 136.

I giunti con ripresa a rovescio possono essere interamente eseguiti con questo procedimento purché sia predisposto un adeguato sostegno per la prima passata. Sarà inoltre necessario prevedere un controllo superficiale sullo scavo (MT o PT a seconda del tipo di materiale d'apporto), prima della ripresa a rovescio della saldatura, ed un controllo ultrasuoni supplementare a quello radiografico dopo il completamento del giunto, allo scopo di verificare la presenza di incollature fra le passate.

4.6.2 Descrizione del processo

Questo procedimento sfrutta il calore fornito dall'arco elettrico che scocca fra un filo pieno o animato-elettrodo fusibile e il pezzo. La zona fusa è protetta dall'atmosfera circostante mediante flusso granulare e fusibile (il tipo di flusso concesso è quello agglomerato basico o neutro), distribuito sul giunto davanti all'arco elettrico. L'arco quindi scocca sotto lo strato di flusso e perciò non è visibile.

Il materiale base e quello d'apporto si miscelano allo stato fuso e solidificando formano il cordone di saldatura. Il flusso fondendo reagisce chimicamente con il bagno e solidificando costituisce la scoria che protegge superficialmente il cordone. L'alimentazione dovrà essere in corrente continua con polarità inversa cioè il polo + collegato alla torcia.

4.6.3 Modalità operative

Le modalità esecutive di questo processo sono limitate alla messa a punto della macchina, in quanto si tratta di procedimento meccanizzato in cui occorre impostare i parametri elettrici e la velocità di avanzamento per assicurare le caratteristiche meccaniche. L'abilità dell'operatore consiste nel verificare la posizione della testa in funzione della penetrazione da effettuare; per questo scopo la macchina deve essere dotata di "mirino" di luce e punta direzionale davanti alla testa.

Oltre ai valori elettrici, un parametro molto importante che deve essere tenuto sotto controllo, rispetto a quello impiegato durante la qualifica del procedimento, è lo stick-out. Tale parametro rappresenta la lunghezza libera del filo: al suo incrementare aumenta la temperatura del filo stesso prima che questo giunga nel bagno e fonda; quindi a parità di parametri elettrici aumenta l'apporto termico specifico con possibili conseguenze sulle caratteristiche di tenacità.

L'operatore inoltre deve verificare, a mano a mano che la macchina procede, la qualità visiva del riporto effettuato al fine di poter tempestivamente apportare leggere modifiche ai parametri di saldatura.

4.6.4 Variabili del procedimento

Le variabili del procedimento che richiedono una nuova qualifica sono di seguito elencate.

4.6.4.1 Variabili essenziali

Tutte le variabili essenziali previste al paragrafo 4.1.1. sono applicabili.

4.6.4.2 Variabili essenziali supplementari

Oltre alle variabili essenziali supplementari previste al paragrafo 4.1.2 sono applicabili le seguenti:

- impiego di materiale d'apporto di marca diversa da quella impiegata nella prova di qualifica di procedimento, a meno che si cambi la marca del materiale d'apporto rimanendo invariata la parte obbligatoria della

designazione e sia eseguito un saggio supplementare con gli stessi parametri di saldatura, per effettuate su quest'ultimo unicamente le prove supplementari di resilienza con intaglio in zona fusa (una serie di n° 3 provini). Questo paragrafo non è applicabile per fili di tipo pieno aventi la stessa designazione e la stessa composizione chimica nominale.

CAPITOLO 5

Documentazione iniziale

Prima di iniziare i lavori di saldatura l'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione del Committente i seguenti documenti:

- elenco delle specifiche di saldatura che saranno impiegate per le attività di saldatura, con allegate le specifiche stesse. Queste dovranno coprire interamente le tipologie di materiali, gli spessori, i diametri e le posizioni relative ai giunti di produzione. Tali specifiche dovranno essere compilate su un formato simile a quello previsto dalla norma EN 15609.1 e contenere tutte le informazioni previste dal formato sopra-citato;
- lista delle qualifiche dei procedimenti di saldatura, con annesse le copie delle qualifiche stesse complete di tutti gli allegati, compresi i certificati dei materiali base e d'apporto;
- elenco dei saldatori e/o operatori che dovranno essere impiegati per l'esecuzione dei lavori, con allegate le relative copie dei certificati. In tale documento dovrà essere indicato, per ogni certificato di qualifica allegato, la sua validità temporale ed il suo campo di validità relativamente ai materiali, ai diametri e agli spessori;
- procedure di immagazzinamento, trattamento e movimentazione dei materiali d'apporto;
- procedure di controllo non distruttivo dei giunti, saldati relativamente ai metodi da impiegare e le qualifiche del personale che dovrà essere impiegato;
- procedure di trattamento termico, relativamente alle tipologie e agli spessori dei materiali da sottoporre a trattamento termico;
- procedure di calibrazione degli strumenti di misura, saldatrici ecc.

Il Committente si riserva comunque la facoltà di derogare su alcuni documenti sopra richiesti o di richiederne altri che ritenesse necessari all'espletamento dell'appalto.

CAPITOLO 6

Qualifiche dei procedimenti di saldatura

Tutti i procedimenti di saldatura che verranno impiegati devono essere qualificati in accordo alla norma EN 15614.1. I tipi di saggi eseguiti dovranno essere fra quelli previsti dalla norma citata e di seguito riportati. Le prove non distruttive e distruttive a cui dovranno essere sottoposti sono quelle indicate nel paragrafo 6.4 e relativi sottoparagrafi.

Il certificato di qualifica dovrà essere rilasciato da un Ente terzo riconosciuto dal Committente.

La data di qualifica dei procedimenti dovrà essere compresa entro i dodici mesi precedenti alla data di acquisizione dell'appalto, oppure potranno essere accettati procedimenti qualificati in data precedente, purché l'Appaltatore dimostri di non avere interrotto la loro applicazione per un periodo superiore a dodici mesi.

Il Committente si riserva la facoltà di accettare i procedimenti non rispondenti a quanto sopra e, a sua insindacabile discrezione, potrà richiedere l'esecuzione di talloni di verifica prima dell'inizio della produzione, allo scopo di accertare le caratteristiche meccaniche e metallurgiche.

Le qualifiche dei procedimenti a supporto di giunti d'angolo di produzione (nel caso questi siano prevalenti nei giunti di produzione) dovranno essere eseguite oltre che su giunti ad angolo, anche su saggi a piena penetrazione al fine di verificare completamente tutte le caratteristiche meccaniche.

La tecnica discendente non è permessa nel caso di saldatura di tubi relativi a linee di processo.

L'uso di anelli di sostegno o anelli fusibili nei giunti è vietato.

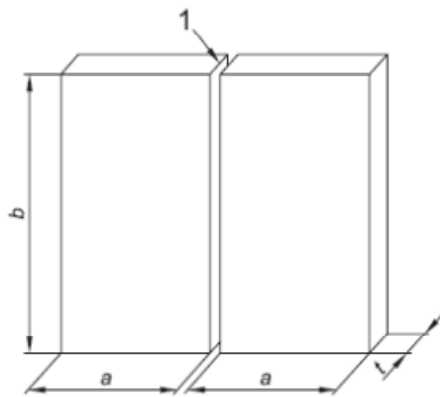
6.1 Tipi dei saggi di qualifica di procedimento

I saggi di qualifica di procedimento dovranno essere realizzati in conformità a quelli previsti dalla norma EN 15614 e di seguito riportati.

6.1.1 Saggio di prova per un giunto testa a testa a piena penetrazione su lamiera

Legenda

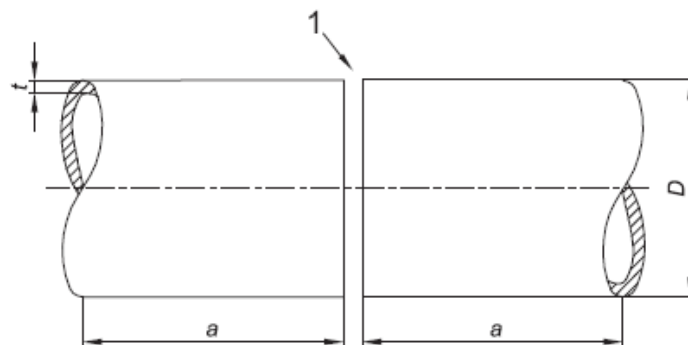
- 1 Preparazione del giunto e distacco dei lembi come indicato in dettaglio nella Specifica Preliminare di Procedura di Saldatura (pWPS)
- a Valore minimo 150 mm
- b Valore minimo 350 mm
- t Spessore del materiale



6.1.2 Saggio di prova per un giunto testa a testa a piena penetrazione su tubo

Legenda

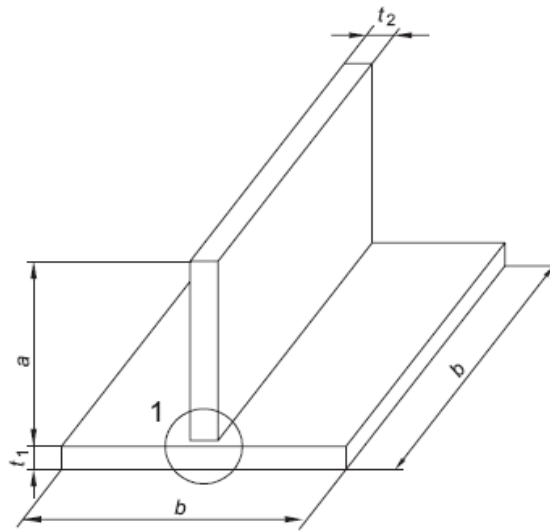
- 1 Preparazione del giunto e distacco dei lembi come indicato in dettaglio nella Specifica Preliminare di Procedura di Saldatura (pWPS)
- a Valore minimo 150 mm
- D Diametro esterno del tubo
- t Spessore del materiale



6.1.3 Saggio di prova per un giunto di testa a T

Legenda

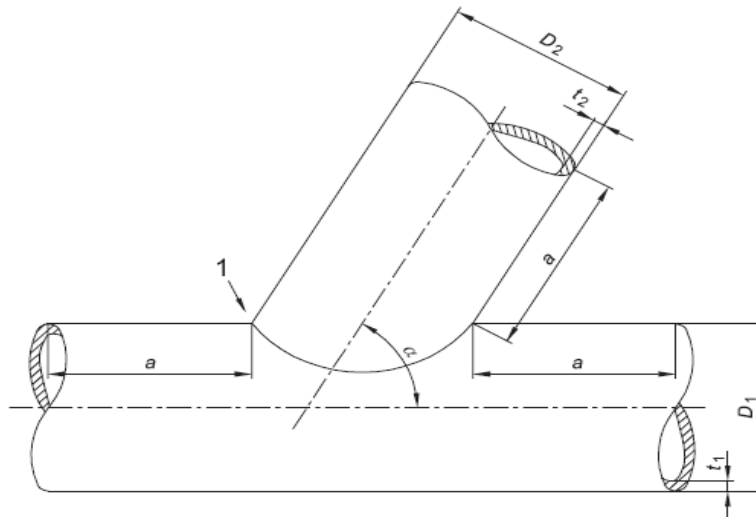
- 1 Preparazione del giunto e distacco dei lembi come indicato in dettaglio nella Specifica Preliminare di Procedura di Saldatura (pWPS)
- a Valore minimo 150 mm
- b Valore minimo 350 mm
- t Spessore del materiale



6.1.4 Saggio di prova per un giunto tubo-tronchetto

Legenda

- 1 Preparazione del giunto e distacco dei lembi come indicato in dettaglio nella Specifica Preliminare di Procedura di Saldatura (pWPS)
- α Angolo del tronchetto
- a Valore minimo 150 mm
- D_1 Diametro esterno del tubo principale
- t_1 Spessore del tubo principale
- D_2 Diametro esterno del tronchetto
- t_2 Spessore del tronchetto



6.2 Scelta del Materiale base

6.2.1 Raggruppamento del materiale base

La qualifica del procedimento di saldatura dovrà essere eseguita su un materiale base simile per caratteristiche meccaniche e chimiche ai materiali su cui dovrà essere impiegato il procedimento.

Al fine di ridurre il numero di qualifiche di procedimento richieste, gli acciai, il nickel e le leghe di nickel sono raggruppati secondo la norma UNI CEN ISO/TR 15608 - Saldatura – Guida per un sistema di suddivisione in gruppi dei materiali metallici di seguito riportata.

Table 1 — Grouping system for steels

Group	Sub-group	Type of steel
1		Steels with a specified minimum yield strength $R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$ ^a and with analysis in %: C $\leq 0,25$ Si $\leq 0,60$ Mn $\leq 1,8$ Mo $\leq 0,70$ ^b S $\leq 0,045$ P $\leq 0,045$ Cu $\leq 0,40$ ^b Ni $\leq 0,5$ ^b Cr $\leq 0,3$ (0,4 for castings) ^b Nb $\leq 0,06$ V $\leq 0,1$ ^b Ti $\leq 0,05$
	1.1	Steels with a specified minimum yield strength $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$
	1.2	Steels with a specified minimum yield strength $275 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$
	1.3	Normalized fine-grain steels with a specified minimum yield strength $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	1.4	Steels with improved atmospheric corrosion resistance whose analysis may exceed the requirements for the individual elements as indicated in group 1
2		Thermomechanically treated fine-grain steels and cast steels with a specified minimum yield strength $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	2.1	Thermomechanically treated fine-grain steels and cast steels with a specified minimum yield strength $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$
	2.2	Thermomechanically treated fine-grain steels and cast steels with a specified minimum yield strength $R_{eH} > 460 \text{ N/mm}^2$
3		Quenched and tempered and precipitation-hardened fine-grain steels except stainless steels with a specified minimum yield strength $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	3.1	Quenched and tempered fine-grain steels with a specified minimum yield strength $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 690 \text{ N/mm}^2$
	3.2	Quenched and tempered fine-grain steels with a specified minimum yield strength $R_{eH} > 690 \text{ N/mm}^2$
	3.3	Precipitation-hardened fine-grain steels except stainless steels
4		Low vanadium alloyed Cr-Mo-(Ni) steels with Mo $\leq 0,7$ % and V $\leq 0,1$ %
	4.1	Steels with Cr $\leq 0,3$ % and Ni $\leq 0,7$ %
	4.2	Steels with Cr $\leq 0,7$ % and Ni $\leq 1,5$ %
5		Cr-Mo steels free of vanadium with C $\leq 0,35$ %
	5.1	Steels with $0,75 \leq \text{Cr} \leq 1,5$ % and Mo $\leq 0,7$ %
	5.2	Steels with $1,5 < \text{Cr} \leq 3,5$ % and $0,7 < \text{Mo} \leq 1,2$ %
	5.3	Steels with $3,5 < \text{Cr} \leq 7,0$ % and $0,4 < \text{Mo} \leq 0,7$ %
	5.4	Steels with $7,0 < \text{Cr} \leq 10,0$ % and $0,7 < \text{Mo} \leq 1,2$ %

Group	Sub-group	Type of steel
6		High vanadium alloyed Cr-Mo-(Ni) steels
	6.1	Steels with $0,3\% \leq Cr \leq 0,75\%$, $Mo \leq 0,7\%$ and $V \leq 0,35\%$
	6.2	Steels with $0,75\% < Cr \leq 3,5\%$, $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$ and $V \leq 0,35\%$
	6.3	Steels with $3,5\% < Cr \leq 7,0\%$, $Mo \leq 0,7\%$ and $0,45\% \leq V \leq 0,55\%$
	6.4	Steels with $7,0\% < Cr \leq 12,5\%$, $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$ and $V \leq 0,35\%$
7		Ferritic, martensitic or precipitation-hardened stainless steels with $C \leq 0,35\%$ and $10,5\% \leq Cr \leq 30\%$
	7.1	Ferritic stainless steels
	7.2	Martensitic stainless steels
	7.3	Precipitation-hardened stainless steels
8		Austenitic stainless steels, $Ni \leq 31\%$
	8.1	Austenitic stainless steels with $Cr \leq 19\%$
	8.2	Austenitic stainless steels with $Cr > 19\%$
	8.3	Manganese austenitic stainless steels with $4\% < Mn \leq 12\%$
9		Nickel alloy steels with $Ni \leq 10,0\%$
	9.1	Nickel alloy steels with $Ni \leq 3,0\%$
	9.2	Nickel alloy steels with $3,0\% < Ni \leq 8,0\%$
	9.3	Nickel alloy steels with $8,0\% < Ni \leq 10,0\%$
10		Austenitic ferritic stainless steels (duplex)
	10.1	Austenitic ferritic stainless steels with $Cr \leq 24\%$
	10.2	Austenitic ferritic stainless steels with $Cr > 24\%$
11		Steels covered by group 1 ^c except $0,25\% < C \leq 0,85\%$
	11.1	Steels as indicated in group 11 with $0,25\% < C \leq 0,35\%$
	11.2	Steels as indicated in group 11 with $0,35\% < C \leq 0,5\%$
	11.3	Steels as indicated in group 11 with $0,5\% < C \leq 0,85\%$
NOTE	Based on the actual product analysis, group 2 steels may be considered as group 1 steels.	
^a	In accordance with the specification of the steel product standards, R_{eH} may be replaced by $R_{p0,2}$ or $R_{t0,5}$.	
^b	A higher value is accepted provided that $Cr + Mo + Ni + Cu + V \leq 0,75\%$.	
^c	A higher value is accepted provided that $Cr + Mo + Ni + Cu + V \leq 1\%$.	

Table 2 — Grouping system for aluminium and aluminium alloys

Group	Sub-group	Type of aluminium or aluminium alloy
21		Pure aluminium with $\leq 1\%$ impurities or alloy content
22		Non-heat-treatable alloys
	22.1	Aluminium-manganese alloys
	22.2	Aluminium-magnesium alloys with $Mg \leq 1,5\%$
	22.3	Aluminium-magnesium alloys with $1,5\% < Mg \leq 3,5\%$
	22.4	Aluminium-magnesium alloys with $Mg > 3,5\%$
23		Heat-treatable alloys
	23.1	Aluminium-magnesium-silicon alloys
	23.2	Aluminium-zinc-magnesium alloys
24		Aluminium-silicon alloys with $Cu \leq 1\%$
	24.1	Aluminium-silicon alloys with $Cu \leq 1\%$ and $5\% < Si \leq 15\%$
	24.2	Aluminium-silicon-magnesium alloys with $Cu \leq 1\%$; $5\% < Si \leq 15\%$ and $0,1\% < Mg \leq 0,80\%$
25		Aluminium-silicon-copper alloys with $5\% < Si \leq 14\%$; $1\% < Cu \leq 5\%$ and $Mg \leq 0,8\%$
26		Aluminium-copper alloys with $2\% < Cu \leq 6\%$
NOTE	Groups 21 to 23 are generally for wrought materials and groups 24 to 26 are generally for cast materials.	

Il tipo ed il grado dovrà essere compreso fra quelli elencati nella tabella 2 (ricavata dal prospetto 3 della norma EN 15614.1) nel caso di acciai, e nella tabella 3 (ricavata dal prospetto 4 della norma EN 15614.1) per il nickel e le sue leghe di seguito riportate.

La scelta del materiale base per effettuare la qualifica di procedimento, dovrà ricadere su un materiale appartenente allo stesso gruppo (e/o sottogruppo) e con caratteristiche meccaniche uguali o superiori rispetto ai materiali impiegati durante la produzione.

TABELLA 2 – Acciai	
Sotto gruppo del materiale del saggio di prova	Campo di validità della qualificazione
1 – 1	1a) – 1
2 – 2	2 a) – 2; 1 – 1; 2 a) - 1
3 – 3	3 a) – 3; 1 – 1; 2 – 1; 2 – 2; 3 a) – 1; 3 a) – 2
4 – 4	4 b) – 4; 4 b) – 1; 4 b) – 2;
5 – 5	5 b) – 5; 5 b) – 1; 5 b) – 2;
6 – 6	6 b) – 6; 6 b) – 1; 6 b) – 2;
7 – 7	7 c) – 7;
7 – 3	7 c) – 3; 7 c) – 1; 7 c) – 2;
7 – 2	7 c) – 2 a); 7 c) – 1;
8 – 8	8 b) – 8;
8 – 6	8 c) – 6 b); 8 c) – 1; 8 c) – 2; 8 c) – 4
8 – 5	8 c) – 5 b); 8 c) – 1; 8 c) – 2; 8 c) – 4; 8 c) – 6.1; 8 c) – 6.2
8 – 3	8 c) – 3; 8 c) – 1; 8 c) – 2;
8 – 2	8 c) – 2 a); 8 c) – 1
9 – 9	9 b) – 9
10 – 10	10 b) – 10
10 – 8	10 b) – 8 c)
10 – 6	10 b) – 6; 10 b) – 1; 10 b) – 2; 10 b) – 4
10 – 5	10 b) – 5 b); 10 b) – 1; 10 b) – 2; 10 b) – 4; 10 b) – 6.1; 10 b) – 6.2
10 – 3	10 b) – 3 a); 10 b) – 1; 10 b) – 2
10 – 2	10 b) – 2; 10 b) – 1
11 – 11	11 b) – 11; 11 b) – 1
a) Copre gli acciai dello stesso gruppo aventi un carico di snervamento specificato minore o uguale b) Copre gli acciai dello stesso sottogruppo e di ogni sottogruppo inferiore entro lo stesso gruppo c) Copre gli acciai dello stesso sottogruppo	

TABELLA 3 – Nickel e leghe di nickel e combinazione di queste con acciai	
Sotto gruppo del materiale del saggio di prova	Campo di validità della qualificazione
41 – 41	41c) – 41
42 – 42	42 c) – 42
43 – 43	43 c) – 43; 45 c) – 45; 47 c) – 47
44 – 44	44 c) – 44
45 – 45	45 c) – 45; 43 c) – 43 c)
46 – 46	46 c) – 46
47 – 47	47 c) – 47; 43 c) – 43 c); 45 c) – 45 c);
48 – 48	48 c) – 48
da 41 a 48 – 2	da 41 a 48 c) – 2 a); da 41 a 48 c) - 1;
da 41 a 48 – 3	da 41 a 48 c) – 3 a); da 41 a 48 c) – 2 oppure 1
da 41 a 48 – 5	da 41 a 48 c) – 5 b); da 41 a 48 c) – 6.2 oppure 6.1 oppure 4 oppure 2 oppure 1
da 41 a 48 – 6	da 41 a 48 c) – 6 b); da 41 a 48 c) – 4 oppure 2 oppure 1
<p>Nota: per i gruppi dal 41 al 48 una prova di procedura eseguita con una lega indurente per precipitazione in un gruppo copre tutte le leghe indurenti per precipitazione in tale gruppo saldate a tutte le leghe in soluzione solida nello stesso gruppo.</p> <p>a) Copre gli acciai dello stesso gruppo aventi un carico di snervamento specificato minore o uguale</p> <p>b) Copre gli acciai dello stesso sottogruppo e di ogni sottogruppo inferiore entro lo stesso gruppo</p> <p>c) Per i gruppi da 41 a 48, una prova di procedura eseguita con una soluzione solida o con una lega indurente per precipitazione in un gruppo copre tutte le leghe in soluzione solida o rispettivamente indurenti per precipitazione nello stesso gruppo.</p>	

6.2.2 Campo di spessori qualificati

Il campo di spessori qualificati viene determinato sulla base dello spessore impiegato nella qualifica di procedimento.

Di seguito vengono riportate le tabelle 4 e 5 (ricavate rispettivamente dal prospetto 5 e 6 della norma EN 15614.1), in cui sono fissati i campi di spessore qualificati.

Nel caso in cui la qualifica di procedimento sia stata realizzata con più processi, oltre al campo di spessori qualificato del materiale base (T), occorre tenere in considerazione il contributo di spessore (t) depositato con ogni processo impiegato, entrando nella tabella con il singolo deposito di ogni processo e determinando il campo di qualifica per ogni processo impiegato.

TABELLA 4 – Giunti di testa		
Spessore del saggio di prova (t) Mm	Campo di validità della qualificazione Mm	
	Passata singola	Passata multipla
$t \leq 3,00$	da 0,7 t a 1,3 t	da 0,7 t a 1,3 t
$3,00 < t \leq 12,00$	da 0,5 t (3,00 min.) a 1,3 t a)	da 3,00 a 2 t a)
$12,00 < t \leq 100,00$	da 0,5 t a 1,1 t	da 0,5 t a 2 t
$T > 100,00$	non applicabile	da 50,00 a 2 t

Quando sono specificati i requisiti di resilienza, il limite superiore della qualificazione è 12,00 mm, a meno che sia stata fatta la prova di resilienza.

TABELLA 5 – Giunti d'angolo			
Spessore del saggio di prova (t) mm	Campo di validità della qualificazione Mm		
	Spessore del materiale	Passata singola	Passata multipla
$t \leq 3,00$	da 0,7 t a 2 t	da 0,75 a fino 1,5 a	nessuna restrizione
$3,00 < t < 30,00$	da 0,5 t (3,00 min.) a 2 t	da 0,75 a fino 1,5 a	nessuna restrizione
$T \geq 30,00$	$\geq 5,00$	Nota a)	nessuna restrizione

Nota 1: a è l'altezza di gola utilizzata per il saggio di prova

Nota 2: Quando una saldatura è qualificata mediante una prova di saldatura testa a testa, il campo di validità qualificato per l'altezza di gola deve essere basato sullo spessore del materiale depositato

a) solo per applicazioni speciali. Ciascuna altezza di gola deve essere verificata separatamente mediante una prova di procedura di saldatura

6.2.3 Campo di diametri qualificati

Il campo di diametri qualificati viene determinato sulla base del diametro impiegato nella qualifica di procedimento.

Di seguito viene riportata la tabella 6 (ricavata dal prospetto 7 della norma EN 15614.1) in cui sono fissati i campi di diametri qualificati.

TABELLA 6	
Diametro del saggio di prova (D) Mm	Campo di validità della qualificazione Mm
$D \leq 25,00$	da 0,5 D a 2 D
$D > 25,00$	$\geq 0,5 D$ (25,0 mm min.)
Nota : Per profilati cavi strutturali D è la dimensione del lato più piccolo. D è il diametro esterno del tubo o il diametro esterno del tronchetto.	

Nel caso in cui la qualifica del procedimento sia stata realizzata con lamiera, la qualifica vale anche per tubi con diametro > 500 mm oppure con diametro > 150 mm, ma rotante e saldato nelle posizioni PA o PC.

La prova di qualifica eseguita su un giunto tubo-tronchetto con un angolo α è valida per tutti gli angoli α_1 nel campo di validità $\alpha \leq \alpha_1 \leq 90^\circ$.

6.2.4 Scelta della posizione di qualifica del procedimento

Le posizioni di saldatura delle qualifiche di procedimento dovranno essere scelte sulla base dei criteri indicati al paragrafo 4.1 e relativi sottoparagrafi in funzione dei requisiti di durezza e/o tenacità.

6.3 Scelta del materiale d'apporto

I materiali d'apporto impiegati durante la qualifica del procedimento dovranno essere compresi fra quelli classificati nelle rispettive norme europee e selezionati in modo da possedere caratteristiche chimiche e meccaniche simili al materiale base, allo scopo di garantire una giunzione con caratteristiche pari o superiori alle caratteristiche meccaniche nominali minime previste dalla specifica del materiale base impiegato.

Differenze elevate, con valori al di sopra di 100 MPa rispetto al valore di snervamento del materiale base, non sono accettabili a meno che non siano tecnicamente giustificati nella loro scelta ed autorizzati dal Committente.

Relativamente al procedimento ad arco sommerso, i tipi di flusso da impiegare saranno unicamente agglomerati basici o neutri adatti per saldature multipass.

6.3.1 Raggruppamenti dei materiali d'apporto

I materiali d'apporto sono classificati nelle norme europee in base al tipo, per cui si rimanda alle singole norme di riferimento per ogni tipo di consumabile.

6.4 Prove e test di qualifica

Le qualifiche di procedimento dovranno essere sottoposte a controlli non distruttivi e distruttivi previsti e superare i requisiti prescritti dalla norma EN 15614.1 e di eventuali prove supplementari richieste dal committente.

6.4.1 Prove non Distruttive

Le prove non distruttive o controlli non distruttivi, cui devono essere sottoposti i saggi relativi alle qualifiche di procedimento, sono riportati nella tabella 7 (ricavata dal prospetto 1 della norma EN 15614-1) in funzione del tipo di giunzione.

TABELLA 7 – Controlli non distruttivi da eseguire sui saggi di qualifica procedimento					
Tipo di saggio di qualifica	Tipo di controllo non distruttivo				
	VT	PT	MT a)	RX	UT a)
Giunto di testa a piena penetrazione figura 1 e figura 2	100%	100%	100%	100%	100%
Giunto a T a piena penetrazione figura 3 - Giunti tubo-tronchetto a piena penetrazione fig.4	100%	100%	100%	N.A.	100%
Saldature d'angolo figura 3 e figura 4	100%	100%	100%	/	/
a) Il controllo con ultrasuoni non deve essere utilizzato per $t < 8,00$ mm né per i gruppi di materiali 8, 10, da 41 a 48. Il controllo magnetoscopico è in alternativa al controllo con liquidi penetranti tranne che per i materiali non magnetici.					

I controlli non distruttivi dovranno essere eseguiti, a seconda del metodo, in accordo alle norme europee riportate nella seguente tabella 8 .

TABELLA 8 – Norme di riferimento per i controlli non distruttivi da eseguire sui saggi di qualifica procedimento	
Norma di riferimento	Descrizione
EN ISO 17637	Controllo non distruttivo di saldature per fusione. Esame visivo.
EN ISO 3452-1	Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti - Principi generali.
EN ISO 17638	Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature
EN ISO 17636	Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo radiografico dei giunti saldati
EN ISO 17640	Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati

I criteri di accettabilità delle prove non distruttive eseguite dovranno essere in accordo alla norma europea EN 25817 livello B, eccetto che per le seguenti imperfezioni: sovrametallo eccessivo, convessità eccessiva, spessore di gola eccessivo e penetrazione eccessiva per i quali dovrà essere applicato il livello C.

Nota: la correlazione fra i livelli di qualità della EN ISO 5817 ed i livelli di accettabilità delle diverse tecniche delle prove non distruttive è indicata nella norma EN ISO 17635.

6.4.2 Prove Distruttive

Le prove meccaniche chimiche e metallurgiche cui devono essere sottoposti i saggi di qualifica sono riportati nella tabella 9 in funzione degli spessori dei saggi e del tipo di giunzione realizzata; prove supplementari dovranno essere eseguite per alcuni gruppi di materiali, tali prove sono riportate al paragrafo 6.4.3. e relativi sottoparagrafi.

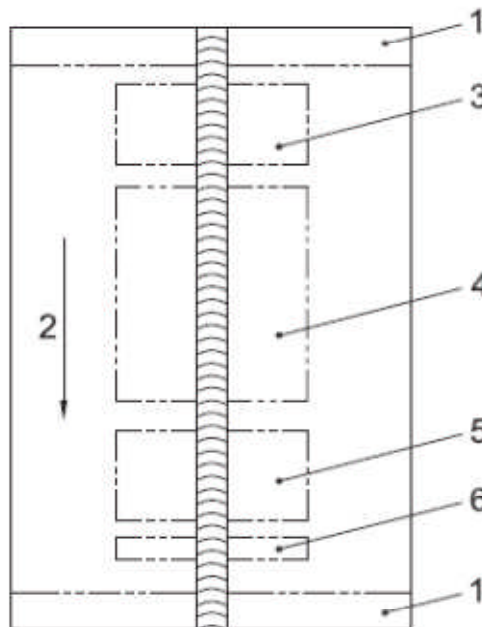
Nel caso in cui la qualifica di procedimento preveda il trattamento termico del saggio, le prove meccaniche dovranno essere prelevate successivamente allo stesso. E' vietato eseguire il trattamento termico simulato sulle provette già lavorate.

Tutte le provette dovranno essere ricavate dai saggi di prova nelle posizioni secondo quanto stabilito dalla norma EN 15614-1 e riportate nelle figure di seguito a seconda del tipo di saggio eseguito.

6.4.2.1 Posizione di prelievo provini per un giunto testa a testa su lamiera

Legenda

- 1 Scarto 25 mm
- 2 Direzione di saldatura
- 3 Zona per:
 - 1 provino di trazione
 - provini di piegamento
- 4 Zona per:
 - provini di resilienza e addizionali se richiesti
- 5 Zona per:
 - 1 provino di trazione
 - provini di piegamento
- 6 Zona per:
 - 1 provino macrografico
 - 1 provino di durezza

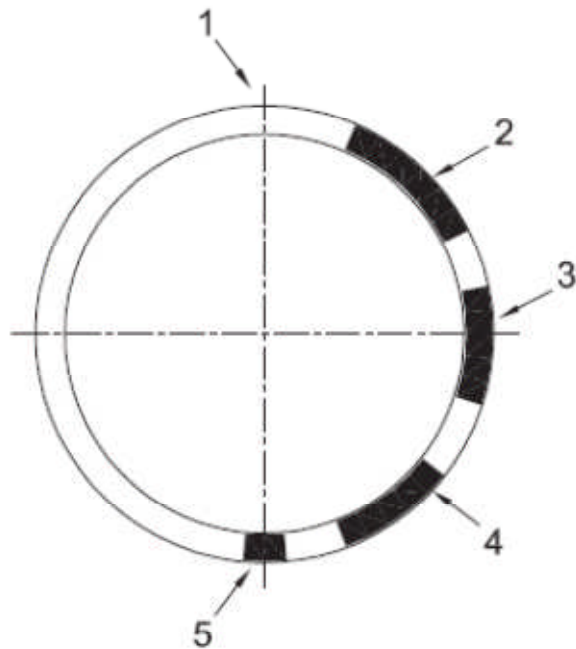


Nota Figura non in scala.

6.4.2.2 Posizione di prelievo provini per un giunto testa a testa su tubo

Legenda

- 1 Sommità del tubo in posizione fissa
- 2 Zona per:
 - 1 provino di trazione
 - provini di piegamento
- 3 Zona per:
 - provini di resilienza e addizionali se richiesti
- 4 Zona per:
 - 1 provino di trazione
 - provini di piegamento
- 5 Zona per:
 - 1 provino macrografico
 - 1 provino di durezza

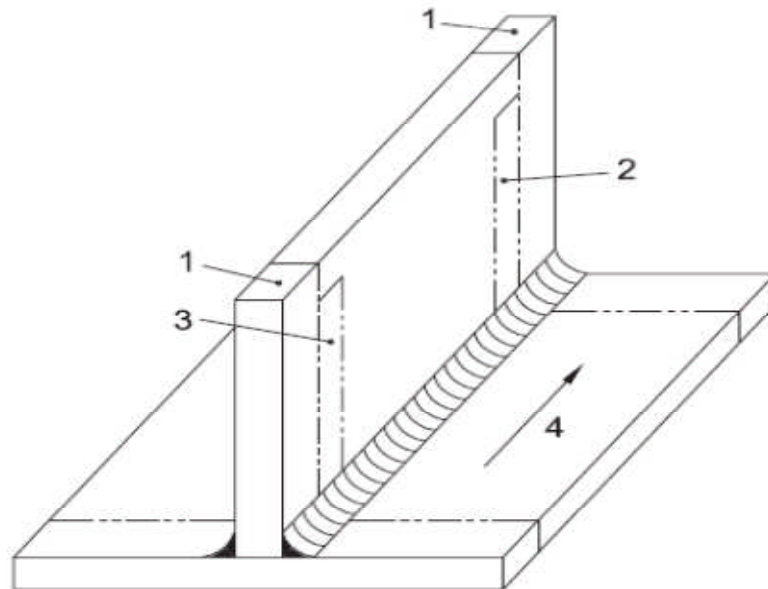


Nota Figura non in scala.

6.4.2.3 Posizione di prelievo provini per un giunto di testa a T

Legenda

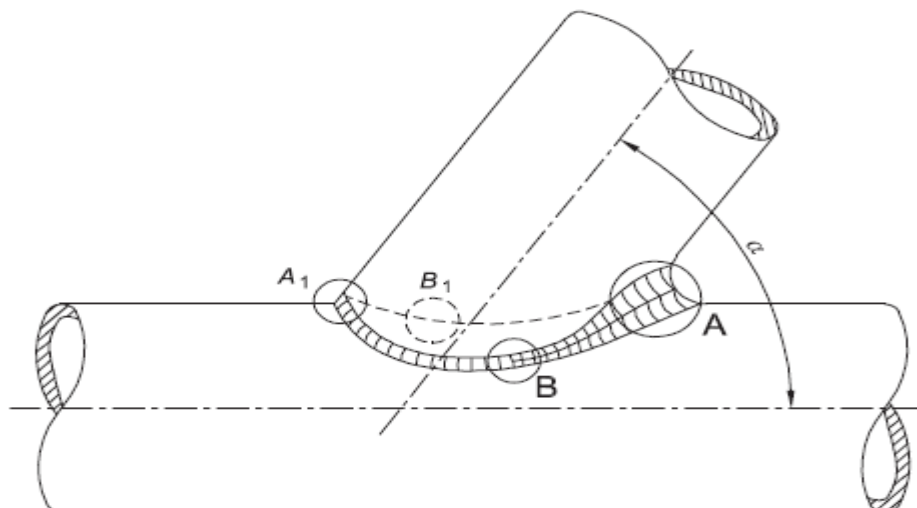
- 1 Scarto 25 mm
- 2 Provino macrografico
- 3 Provino macrografico e di durezza
- 4 Direzione di saldatura



6.4.2.4 Posizione di prelievo provini per un giunto tubo-tronchetto o per saldature d'angolo su tubo

Legenda

- A Provini macrografici e di durezza da prelevare (nella posizione A)
- B Provino macrografico nella posizione B
- α Angolo fra tubo e tronchetto



Tipo di saggio di qualifica		Tipo di provino da ricavare							
		TT	P Long.	PL	PD	PR	MA	Ht	RE
Giunto di testa a piena penetrazione par. 6.4.2.1 e 6.4.2.2	<12 mm			/	n° 2	n° 2			
	≥ 12 mm	n° 2	n° 2 *)	n° 4	/	/	n° 1	Y	n° 3+3
Giunto a T a piena penetrazione par. 6.4.2.3 - Giunti tubo-tronchetto a piena penetrazione par. 6.4.2.4		/		/	/	/	n° 2	Y	/
Saldature d'angolo par. 6.4.2.3 e 6.4.2.4		/		/	/	/	n° 2	Y	/

Note:

Le prove di resilienza dovranno prevedere una serie in zona fusa ed una serie in zona termicamente alterata (ZTA) per materiali di spessore ≥ 12 mm ed aventi caratteristiche di resilienza specificate. Le norme di applicazione possono richiedere la prova di resilienza per spessori minori di 12 mm. La temperatura di prova deve essere scelta dal fabbricante tenendo conto del tipo di applicazione o della norma di applicazione, ma non deve essere minore del valore specificato per il metallo base.

Le prove di durezza non sono richieste per i seguenti metalli base: sottogruppo 1.1, e gruppi 8, da 41 a 48 salvo che non siano espressamente richieste per motivi di processo.

Relativamente ai giunti a T, tubo-tronchetto e d'angolo (par. 6.4.2.3 e 6.4.2.4) le prove indicate non forniscono informazioni sulle caratteristiche meccaniche del giunto. Quando queste caratteristiche sono importanti per il tipo di applicazione si deve effettuare anche una qualificazione addizionale, per esempio su un giunto testa a testa.

Nota: le simbologie impiegate per le provette sono di seguito descritte.

*) Per giunti tra metalli dissimili o giunti testa a testa eterogenei su lamiera, si può utilizzare un provino di piegamento longitudinale al rovescio ed uno al diritto invece di quattro prove di piegamento trasversale.

Le provette da ricavare per l'esecuzione delle prove meccaniche dovranno essere conformi a quanto stabilito nelle norme europee di seguito riportate.

- TT - Trazioni trasversali: dovranno essere preparate in conformità alla norma UNI EN ISO 4136.

La resistenza a trazione ottenuta dal provino deve essere uguale o maggiore del corrispondente valore minimo prescritto per il metallo base, se non diversamente specificato prima della prova.

Per giunti di materiale base dissimile, la resistenza a trazione deve essere uguale o maggiore del valore minimo specificato per il metallo base avente la resistenza a trazione minore.

- PLong. - Pieghe longitudinali; PL - Pieghe laterali e PD / PR - Pieghe trasversali al dritto e rovescio: i provini e l'esecuzione della prova di piegamento su giunti testa a testa devono essere conformi alla norma europea UNI EN ISO 5173.

Il diametro del mandrino o rullo di piegamento deve essere pari a $4 t_s$ e l'angolo di piegamento deve essere di 180° per un metallo base avente un allungamento $A \geq 20\%$. Per un metallo base avente un allungamento $A < 20\%$ si deve applicare la formula seguente:

$$d = [(100 * t_s) / A] - t_s =$$

dove:

- d è il diametro del mandrino o del rullo di piegamento;
- t_s è lo spessore del provino di piegamento;
- A è l'allungamento a trazione minimo richiesto dalla specifica del materiale.

Durante la prova, i provini non devono rivelare alcun difetto singolo di lunghezza >3 mm in ogni direzione. I difetti che si rilevano in corrispondenza degli spigoli di un provino durante la prova devono essere trascurati nella valutazione

- MA - Macro: l'esame macrografico dovrà essere effettuato su una sezione trasversale lucidata ed attaccata, conformemente a quanto stabilito dalla norma europea UNI EN ISO 17639.

L'esame macrografico deve includere il metallo base non alterato termicamente e deve essere documentato con almeno una riproduzione fotografica per ogni procedura di prova. I livelli di accettabilità devono essere in conformità alla norma europea EN ISO 5817 livello B, eccetto che per le seguenti imperfezioni: sovrametallo eccessivo, convessità eccessiva, spessore di gola eccessivo e penetrazione eccessiva per i quali dovrà essere applicato il livello C.

- RE - Prova di resilienza Charpy V: i provini dovranno essere preparati e testati in conformità alla norma UNI EN ISO 9016.

Per la zona fusa di saldatura devono essere utilizzati provini del tipo VWT (V: Charpy intaglio a V; - W: intaglio fuso; - T: intaglio nel senso dello spessore), mentre per la zona termicamente alterata devono essere utilizzati provini del tipo VHT (V: Charpy intaglio a V; - H: intaglio nella zona termicamente alterata; - T: intaglio nel senso dello spessore). Per ogni posizione specificata, ogni serie deve comprendere tre provini.

Devono essere utilizzati provini Charpy con intaglio a V, prelevati ad una profondità massima di 2 mm dalla superficie del metallo base, trasversalmente alla saldatura.

Nella zona termicamente alterata, l'intaglio deve essere situato ad una distanza da 1 mm a 2 mm dalla linea di fusione, mentre nella zona fusa l'intaglio deve essere al centro della saldatura.

Per spessori >50 mm devono essere prelevate due serie aggiuntive di provini, una nella zona fusa ed una nella zona termicamente alterata, a metà spessore o nella zona del vertice della saldatura.

Per giunti di metalli dissimili o di diverso grado, le prove di resilienza devono essere eseguite su provini prelevati nella zona termicamente alterata di ciascun metallo base.

Le dimensioni dei provini dovranno essere in funzione dello spessore dei saggi; sono ammesse le dimensioni ridotte di 7,5 mm, 5,0 mm, 2,5 mm. L'energia assorbita deve essere conforme alla norma appropriata del materiale base, a meno che sia stata modificata dalla norma di applicazione. Il valore medio dei tre provini deve soddisfare i requisiti specificati. Per ciascuna posizione dell'intaglio, un valore singolo può essere minore del valore medio minimo specificato, purché esso non sia minore del 70% di tale valore. Il test

dovrà essere eseguito alla minima temperatura di progetto ed i valori ottenuti su provini di dimensione 10 x 10 mm dovranno essere uguali o superiori ai seguenti:

- 27 Joule come valore medio ottenuto su tre provette;
- 19 Joule per un singolo valore ottenuto.

Nel caso di impiego di provini ridotti, i valori da ottenere saranno ottenuti moltiplicando i valori sopracitati per il rapporto larghezza effettiva/larghezza standard. Quando più di un procedimento di saldatura è qualificato con un solo saggio di prova, i provini di resilienza devono essere prelevati dalla zona fusa e dalla zona termicamente alterata che include ciascun procedimento.

- Ht – Prove di durezza (Hardness test): dovranno essere eseguite le prove di durezza del tipo Vickers HV10 sulla sezione trasversale del giunto saldato, preparata per l'esame macrografico. La distribuzione delle impronte dovrà essere conforme alla norma UNI EN ISO 9015-1.

Le misurazioni di durezza devono essere fatte nella zona fusa, nelle zone termicamente alterate e nel metallo base, allo scopo di valutare il campo dei valori di durezza attraverso le diverse zone del giunto saldato. Per spessori del materiale minori o uguali a 5 mm, si deve fare solo una fila di impronte situata ad una profondità max. di 2 mm sotto la superficie del giunto saldato. Per spessori del materiale maggiori di 5 mm, si devono fare due file di impronte ad una profondità max. di 2 mm sotto le superfici superiore e inferiore del giunto saldato. Per saldature eseguite da due lati, per saldature d'angolo e per saldature di testa a T, si deve fare una fila di impronte addizionale attraverso la zona del vertice. Esempi tipici di impronte di durezza sono illustrati nelle figure 1 a), b), e) ed f) e nelle figure 3 e 4 della UNI EN ISO 9015-1.

Per ciascuna fila di impronte ci devono essere almeno 3 impronte singole in ciascuna delle zone seguenti:

- zona fusa;
- ambedue le zone termicamente alterate;
- ambedue i metalli base.

Per la zona termicamente alterata la prima impronta deve essere fatta il più vicino possibile alla linea di fusione.

I risultati della prova di durezza devono soddisfare i requisiti indicati nella tabella 10.

TABELLA 10 – Elenco valori di durezza massimi ammissibili HV 10		
Gruppi di acciai CR ISO 15608	Non trattati termicamente	Trattati termicamente
1 a), 2	380	320
3 b)	450	380
4, 5	380	320
6	/	350
9.1	350	300
9.2	450	350
9.3	450	350
a) per il gruppo 1 solo nel caso in cui le prove di durezza siano richieste		
b) Per acciai con ReH min. > 890 N/mm ² devono essere specificati valori particolari.		

Relativamente ai requisiti per i Gruppi 6 (senza trattamento termico), 7, 10 e 11 e per ogni giunto di metalli dissimili i valori richiesti devono essere specificati prima della prova.

- AC - Prova di analisi chimica: questa prova dovrà essere eseguita quando prevista ai punti 6.4.3.2 e 6.4.3.3.

6.4.3 Prove e requisiti supplementari

6.4.3.1 Acciai al carbonio per basse temperature

Questi sono acciai impiegati per temperature di progetto comprese fra $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$; i valori di durezza riscontrati sulla sezione trasversale di saldatura non dovranno superare 248 HV 10 per acciai al carbonio sottoposti oppure no a trattamento termico. Tale requisito dovrà essere soddisfatto nel caso in cui, oltre alla bassa temperatura, ci si trovi in presenza di ambiente acido (sour-service).

6.4.3.2 Acciai inossidabili austenitici

Per questi acciai deve essere eseguita l'analisi chimica su una sezione centrale trasversale del saggio. Nel caso di giunti non ripresi, l'analisi deve essere condotta sulla superficie interna del giunto a contatto del liquido, mentre nel caso di giunti ripresi, l'analisi viene eseguita sulle due superfici del giunto. I valori risultanti dalle analisi dovranno rientrare, per ogni singolo elemento, all'interno della forcella prevista per l'analisi chimica del materiale d'apporto, ricavato dalla relativa classificazione dell'appropriata norma europea.

E' necessario inoltre determinare il contenuto di ferrite delta nelle sezioni in cui è stata eseguita l'analisi chimica, mediante l'impiego del diagramma DE LONG raffigurato nel codice ASME Sez. II parte C spec. SFA 5.22 alla figura A4. Il valore di ferrite così determinato dovrà essere compreso entro il campo da 3% a 10%.

6.4.3.3 Acciai inossidabili austeno-ferritici (duplex e superduplex)

- le *prove di resilienza* dovranno garantire i seguenti valori ottenuti su provini di dimensione 10 x 10 mm alla temperatura di -46°C per il Duplex ed alla temperatura di -20°C per il Super Duplex:
 - 40 Joule come valore medio ottenuto su tre provette;
 - 28 Joule per un singolo valore ottenuto.

Nel caso di impiego di provini ridotti i valori da ottenere saranno ottenuti moltiplicando i valori sopraindicati per il rapporto larghezza effettiva/larghezza standard.

- Le *prove di durezza* dovranno essere eseguite utilizzando penetratori Vickers con un carico di prova di 100 N. (HV10). I valori di durezza rilevati in ogni regione della provetta non devono essere più elevati di 310 HV 10 per il Duplex e 350 HV 10 per il Super Duplex
- *Determinazione del contenuto di ferrite*

Il rapporto austenite/ferrite deve essere misurato su un campione prelevato dal saggio di prova, secondo il metodo metallografico di conteggio (point count), in accordo alla norma ASTM E562, comprendendo la zona fusa, sia della prima passata che del riempimento, la zona termicamente alterata ed il materiale base.

Il contenuto di ferrite deve essere compreso fra il 40 e il 60%.

Oltre alle misurazioni del contenuto di ferrite ottenute tramite conteggio metallografico, i punti di misurazione dovranno essere controllati con uno strumento MAGNE GAUGE (ferriscopio magnetico) o equivalente. La misurazione di contenuto di ferrite della zona termicamente alterata e del metallo di saldatura non deve essere maggiore di 15 FN del materiale di base e non deve superare 84 FN (60% ferrite).

- *Prova di corrosione superficiale (Pitting)*

Questa prova, ha lo scopo di verificare la presenza di punti d'innesco di corrosione superficiale (pitting). La procedura di controllo della corrosione deve essere conforme allo standard ASTM G48 type A. Tutte le estremità dei campioni che devono essere controllate devono essere levigate per elettrolisi o con SIC grado 1200. Tutte le superfici devono essere sgrassate in una vasca di acetone, pulite con ultrasuoni, decappate in una soluzione contenente 17% HNO₃ +4% HF a 60°C per 5 minuti, risciacquate nell'etanolo e successivamente asciugate e pesate. La temperatura di prova deve essere 25 ± 1°C per il Duplex e 40 ± 1°C per il Super Duplex. Il periodo di esposizione deve essere di 24 ore.

I criteri di accettazione sono i seguenti:

- Nessun punto di corrosione,
- Perdita di peso in mg/m².hr (verifica solo per informazione).

- *Qualifica del procedimento di riparazione*

Relativamente alle riparazioni su questo tipo di materiali è richiesta la qualifica del procedimento di riparazione. Tale qualifica dovrà simulare la condizione più sfavorevole di riparazione e dovrà essere completa di tutte le prove previste per la qualifica iniziale del giunto, comprese quelle supplementari. Tale qualifica sarà soggetta a tutte le variabili dovute al processo di saldatura impiegato per la riparazione stessa. Occorrerà indagare sia chimicamente, che metallurgicamente e meccanicamente, soprattutto la zona termicamente alterata compresa fra il deposito iniziale e quello generato dai riporti di riparazione.

CAPITOLO 7

Prescrizioni generali di costruzione

Durante il corso dei lavori il committente potrà eseguire ispezioni, onde assicurare l'osservanza delle norme e delle specifiche applicabili, compresa la presente. Tali ispezioni potranno anche riguardare in particolare la disponibilità e l'efficienza delle attrezzature usate per la preparazione dei lembi, per l'accoppiamento, per il preriscaldamento, per la saldatura e per il trattamento termico; esse potranno riguardare inoltre la corretta esecuzione delle operazioni suddette. Prima di sottoporre al collaudo idraulico le singole linee o sistemi di tubazioni, l'appaltatore che ha eseguito le saldature deve fare una verifica della situazione delle saldature stesse, onde assicurarne la rispondenza alla presente specifica e alle disposizioni di qualsiasi delle norme applicabili al progetto ed in particolare alla norma ASME B31.3.

Il Committente ha la facoltà di vietare l'impiego di apparecchiature o di personale che secondo la propria esperienza non siano idonei ad assicurare una corretta esecuzione del lavoro.

7.1 Preparazione dei lembi da saldare (cianfrini)

La forma dei cianfrini, che dovrà essere impiegata per i giunti a piena penetrazione non ripresi di testa e di derivazione a T, è riportata nella figura sottostante. Preparazioni diverse possono essere effettuate solo dopo approvazione del Committente; è ammessa la riduzione dell'angolo di apertura del cianfrino a Vee fino a 60° ma tale angolo d'apertura dovrà essere impiegato durante la qualifica del procedimento.

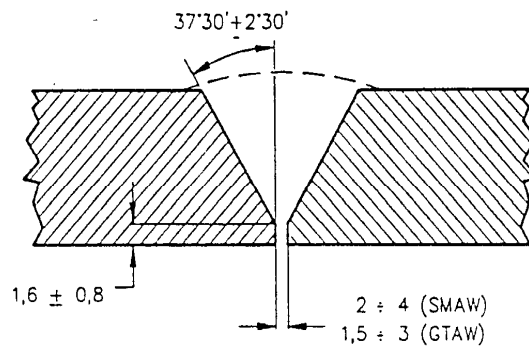


Fig. 1 GIUNTI DI TESTA

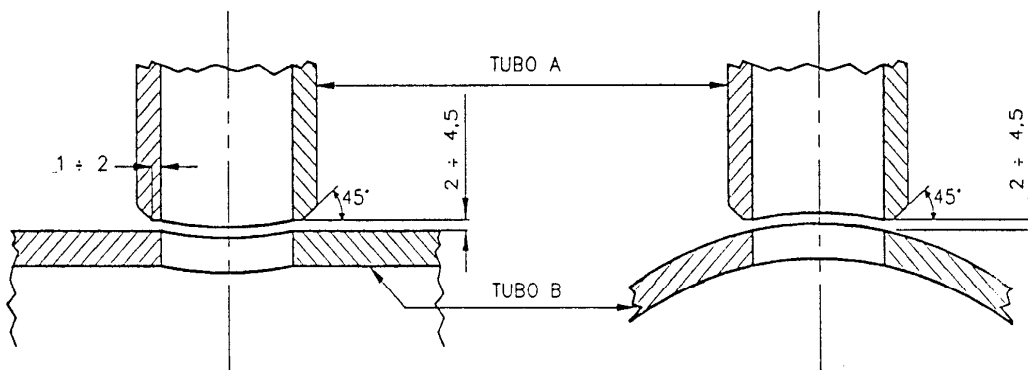


Fig. 2 INNESTO SU TUBO CON $\phi_b > 1,5 \phi_a$

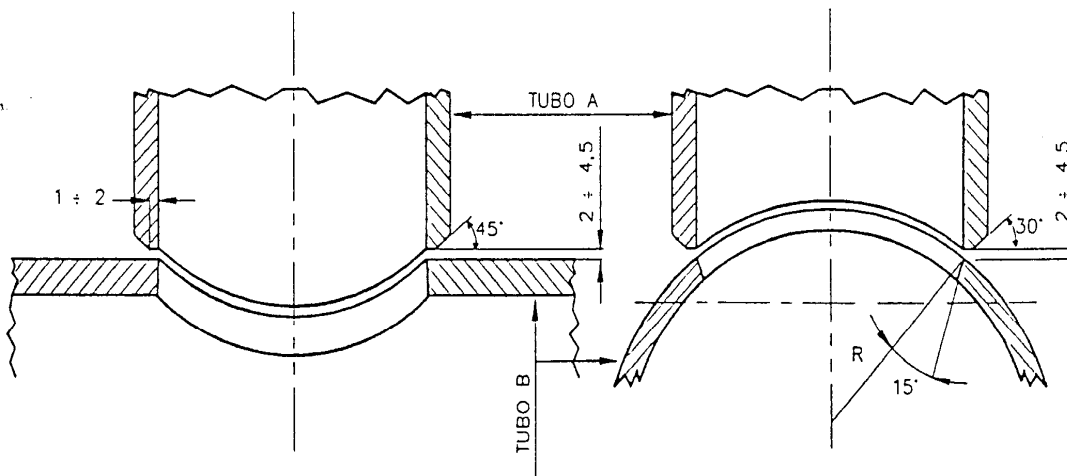


Fig. 3 INNESTO SU TUBO CON $\phi_b = \phi_a$ OPPURE $\phi_b \leq 1,5 \phi_a$

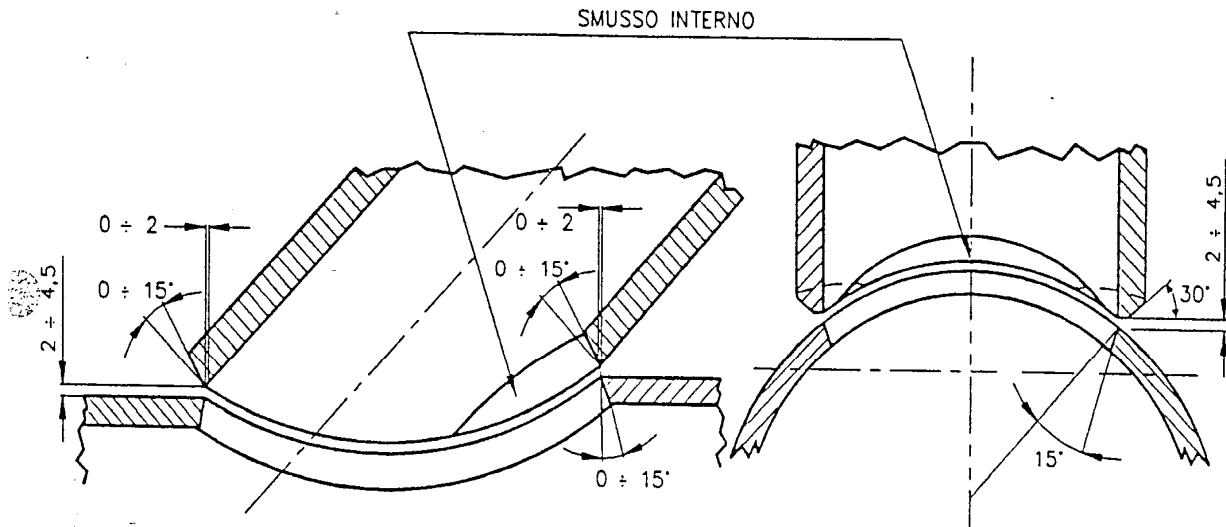


Fig. 4 INNESTO INCLINATO

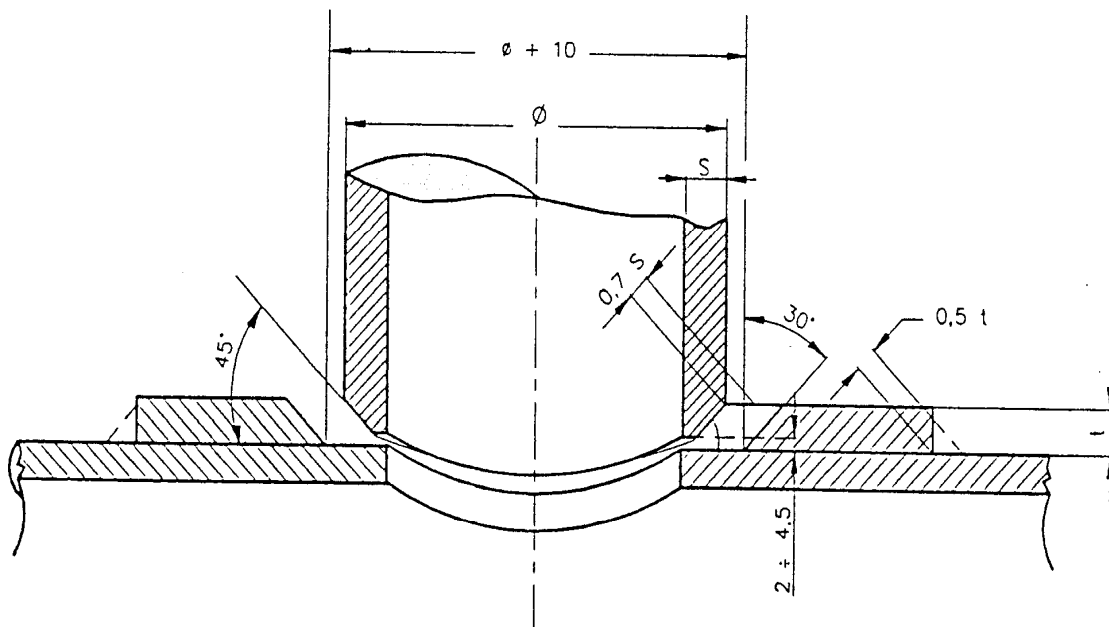


Fig. 5 INNESTO CON PIASTRA DI RINFORZO

Per giunti ripresi a rovescio, la preparazione dei cianfrini può essere del tipo a X.
Di seguito si riporta un esempio della preparazione consentita con i relativi parametri caratteristici.

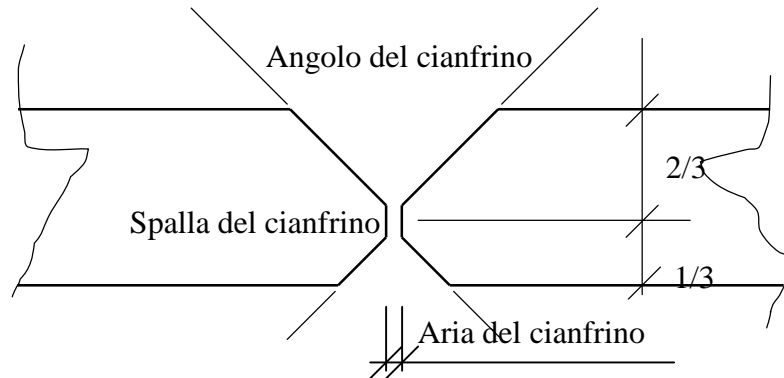


Fig. 6

- l'*angolo del cianfrino* deve essere di almeno 60° per consentire l'opportuno accesso e movimento all'interno del cianfrino fino alla radice;
- la *spalla del cianfrino* ha la funzione di fornire un supporto al bagno non ostacolando una buona penetrazione; deve essere piccola circa 1 o 2 mm per i procedimenti 111 ma può divenire 3 o 4 mm per i procedimenti 131 o 135 oppure 136 e fino a 5 o 6 mm per il procedimento 121;
- l'*aria del cianfrino*, che è la distanza fra i lembi è definita in funzione della sezione del consumabile ma ancor più in funzione della spalla, di solito deve essere 2 o 3 mm per il procedimento 111, 4 o 5 per quello 141 o 131 o 135 o 136 e a contatto per fornire un supporto per il procedimento 121;
- per quanto concerne la *distribuzione del cianfrino rispetto allo spessore*, il cianfrino potrà essere distribuito come da figura 1/3 e 2/3 oppure anche 1/2 e 1/2; tale distribuzione dipende unicamente dalle modalità operative che intende scegliere l'Appaltatore.

7.2 Preparazione dei lembi

7.2.1 Acciai al carbonio e per bassa temperatura

La preparazione dei lembi da saldare di testa sarà eseguita mediante lavorazione meccanica o taglio ossiacetilenico. In questo ultimo caso dovranno essere asportati con mola ogni solco, o irregolarità, e ogni residuo di ossido in modo da ottenere una superficie regolare ed uniforme.

Il tipo di preparazione dei giunti di testa sarà conforme a quanto indicato al punto 7.1.

La preparazione di innesti o derivazioni dovrà essere fatta in modo da assicurare la completa penetrazione. I manicotti dovranno essere smussati e adattati alla superficie del tubo su cui vanno ad innestarsi.

Le piastre di rinforzo, quando richieste, saranno di regola ricavate da tubo della stessa qualità e spessore del tubo da rinforzare, e la loro preparazione sarà secondo quanto indicato al punto 7.1. Eventuali preparazioni diverse da quanto previsto al punto 7.1 dovranno essere autorizzate dalla Committente. In particolare quando si adotta un procedimento di saldatura per il quale la preparazione dei lembi sopra indicata può non essere adeguata, l'Appaltatore può adottare qualsiasi altro tipo di preparazione, ma deve dimostrare, a mezzo di prove di qualifica, che essa è tale da produrre, con il processo di saldatura impiegato, giunti saldati in accordo ai requisiti di questa specifica.

7.2.2 Acciai inossidabili austenitico ed austeno-ferritici (duplex e superduplex)

Il taglio per la preparazione dei lembi da saldare deve essere fatto mediante macchina utensile, con mola oppure con Plasma-arc, e successiva molatura avendo cura però di asportare con mola ogni solco, irregolarità, tracce di ossidi e almeno 1-2 mm di materiale. Nessun altro metodo di taglio può essere impiegato senza la preventiva autorizzazione da parte del Committente.

I dischi delle mole devono essere di tipo adatto per l'acciaio inossidabile e non devono essere stati precedentemente usati su acciaio al carbonio. Le spazzole (sia manuali che meccaniche) devono avere fili in acciaio inossidabile austenitico al Cromo-Nickel.

La pulizia e lo sgrassaggio dei lembi devono essere particolarmente curati, usando opportuni solventi.

7.3 Pulizia dei lembi

7.3.1 Acciai al carbonio e per basse temperature

Prima di iniziare le operazioni di saldatura è necessario pulire la superficie del cianfrino: l'olio, il grasso, la vernice, il bitume, dovranno essere eliminati a mezzo di solventi o con l'impiego di fiamma. Ruggini, ossido, terra, sabbia e qualsiasi altra sostanza che possa danneggiare il giunto saldato, dovranno essere rimossi con spazzola metallica e/o mola.

E' indispensabile che tale pulizia sia estesa ad entrambi i lati nelle zone in prossimità del giunto da realizzare, per una distanza di almeno 50 mm sulla parte esterna, e per 10 mm circa sulla parete interna di giunti non ripresi a rovescio.

7.3.2 Acciai inossidabili austenitici ed austeno ferritici (duplex e super-duplex)

Immediatamente prima di iniziare le operazioni di saldatura i lembi da saldare devono essere esenti da olio, grasso, vernice, polveri, marcature con gesso ed altri elementi contaminanti. Per la pulizia e sgrassaggio devono essere usati specifici solventi, in particolare può essere utilizzato il tetracloruro di etilene.

Anche il materiale d'apporto, in particolare le bacchette per la saldatura 141 devono essere pulite con appropriati solventi. Le bobine di filo per la saldatura 131 - 135 o 136 devono essere protette dalla contaminazione delle polveri di acciaio al carbonio: per questo motivo al termine del turno di lavoro dovranno essere smontate e riposte in luoghi protetti dalle polveri di ferro. Prima di installare le bobine su macchine trainafilo, che hanno operato in ambienti contaminati da acciaio al carbonio, è necessario effettuare un'accurata pulizia delle parti esterne ed interne, in particolare degli organi di scorrimento del filo continuo.

7.4 Accoppiamento e fit-up

Per questa fase, in particolare relativamente alle operazioni di puntatura, dovrà essere emessa una specifica di saldatura che dovrà riportare tutti i parametri che possano influenzare la qualità dei punti di saldatura, specificando inoltre i materiali d'apporto da impiegare. Tale procedura dovrà essere supportata da una qualifica di procedimento relativa ad un giunto a piena penetrazione.

7.4.1 Acciai al carbonio

I pezzi da saldare devono essere posizionati e fissati opportunamente tra loro, in modo che durante la saldatura sia conservata una distanza tra i lembi atta ad assicurare la completa penetrazione.

La distanza tra i lembi deve essere adeguata per garantire la piena penetrazione esente da difetti.

Lo slivellamento tra i lembi da saldare non deve superare 1,5 mm e deve essere per quanto possibile distribuito lungo la circonferenza. Qualora, per ridurre lo livellamento, fosse necessario lavorare uno dei lembi, tale lavorazione deve essere fatta con utensile meccanico, solitamente una mola, in modo da ottenere un'inclinazione di raccordo minore di 1:3.

Per i giunti di testa e per gli innesti, l'accoppiamento dei pezzi da saldare deve essere eseguito come sotto indicato, a seconda dello spessore del tubo:

- a) per spessori superiori a 8 mm: mediante cavallotti o attrezzi accoppiatubi;
- b) per spessori compresi tra 2,5 mm e 8 mm: mediante cavallotti, attrezzi accoppiatubi o anche, salvo quando diversamente prescritto, mediante puntatura (con procedimento e materiale d'apporto ammessi per la saldatura del giunto), purché i punti vengano poi asportati durante l'esecuzione della prima passata. Tali punti devono essere eseguiti senza fondere il vertice del cianfrino.
- c) Per spessori inferiore a 2,5 mm: mediante puntatura in cianfrino, eseguita con il procedimento ed il materiale d'apporto previsti per la prima passata. Tale puntatura deve essere eseguita da un saldatore qualificato, per l'esecuzione della prima passata. Per tubi di spessore inferiore a 8 mm gli elettrodi devono avere diametro non superiore a 2,5 mm; si deve porre particolare cura nell'evitare incisioni sui tubi stessi. Nella saldatura dei cavallotti deve essere eseguito preriscaldamento quando e come richiesto per la saldatura del tubo.

La successiva rimozione dei cavallotti deve essere fatta in modo da non danneggiare il tubo. Ogni eventuale danno sul tubo deve essere riparato mediante molatura ed eventuale riporto (da eseguire con gli elettrodi e le modalità previste per il riempimento); ogni irregolarità superficiale deve essere rimossa con mola o lima.

Per i giunti d'angolo (flange slip-on, saldature a tasca, ecc.) è ammesso l'assieme con puntatura, usando elettrodi ammessi per il riempimento del giunto e facendo preriscaldamento quando e come richiesto per la saldatura dei giunti. I punti di saldatura

devono essere asportati o rifusi durante la saldatura; in quest'ultimo caso occorre prima controllare che essi siano esenti da difetti.

Nelle saldature a tasca il tubo deve essere distanziato dal fondo della tasca di almeno 1 mm al fine di consentire il ritiro delle saldature durante la fase di solidificazione.

Non è ammesso saldare supporti o ancoraggi provvisori sulle tubazioni, a meno di autorizzazione del Committente. Eventuali saldature provvisorie devono comunque essere eseguite con le stesse precauzioni previste per le saldature definitive.

Per compensare gli effetti di ritiro, ove necessario (particolarmente su innesti), potranno essere adottati sistemi di vincolo o di pre-deformazione.

L'esecuzione di aggiustaggi a caldo sulle tubazioni è ammessa soltanto in alcuni casi per i materiali di acciaio al carbonio, ma non per le basse temperature, salvo approvazione del Committente.

Gli eventuali aggiustaggi a caldo devono essere eseguiti nell'intervallo di temperatura compreso tra 600°C e 800°C. Il riscaldamento va eseguito con mezzi ammessi per il preriscaldamento.

Il controllo della temperatura deve essere eseguito con termometri digitali. Il raffreddamento successivo alle operazioni deve avvenire in aria calma.

Un controllo dei valori di durezza superficiale è richiesto nella zona delle calde in accordo al paragrafo 7.13 ed i valori riscontrati dovranno essere inferiori o uguali a quelli previsti per i procedimenti di saldatura. La zona coinvolta nel riscaldamento, nel caso che i valori di durezza non siano accettabili, dovrà essere sottoposta a trattamento termico di distensione post-saldatura, interessando un'intera banda circonferenziale comprendente la zona di aggiustaggio e un adeguato margine di almeno 50 mm per lato.

7.4.2 Acciaio al carbonio per basse temperature

Il Committente potrà autorizzare l'impiego di calde di ritiro dopo avere considerato le altre possibilità di eseguire l'aggiustaggio.

In tal caso l'aggiustaggio con calde deve essere eseguito sulla base di un'istruzione di lavoro approvata dal Committente, la quale dovrà comprendere in dettaglio tutte le operazioni da svolgere. In particolare dovrà prevedere il riscaldamento ad una temperatura non superiore a 680°C e successivo raffreddamento in aria calma.

Il controllo della temperatura dovrà essere effettuato mediante l'impiego di termometro digitale. Un controllo dei valori di durezza superficiale è richiesto nella

zona delle calde in accordo al paragrafo 7.13 ed i valori riscontrati dovranno essere inferiori o uguali a quelli previsti per i procedimenti di saldatura. La zona coinvolta nel riscaldamento, nel caso che i valori di durezza non siano accettabili, dovrà essere sottoposta a trattamento termico di distensione post-saldatura, interessando un'intera banda circonferenziale comprendente la zona di aggiustaggio e un adeguato margine di almeno 50 mm per lato.

7.4.3 Acciai inossidabili austenitici ed austeno-ferritici

L'accoppiamento delle parti da saldare deve essere assicurato mediante adatti dispositivi accoppiatubi o mediante punti di saldatura.

Per tubazioni di diametro fino a 2" e spessori inferiori a 4 mm, l'accoppiamento mediante puntatura a fondo cianfrino può essere realizzato con spalle a contatto (aria 0 mm) e con procedimento 141 manuale senza aggiunta di materiale d'apporto. All'interno del tubo è però richiesta la presenza di gas di protezione per evitare l'ossidazione del punto. I punti dovranno essere di lunghezza singola non inferiore a 25 mm, spazati equamente lungo la circonferenza ed in numero sufficiente a garantire la stabilità dell'accoppiamento.

Nel caso di accoppiamenti con distanza fra i lembi, la puntatura deve essere eseguita in cianfrino con procedimenti e materiali d'apporto ammessi per la saldatura; all'interno del tubo è richiesta la presenza di gas di protezione per evitare l'ossidazione del punto, a meno che la puntatura sia realizzata senza fondere il vertice del cianfrino e durante la saldatura venga asportata.

Gli accoppiamenti per giunti di testa di spessore superiore a 4 mm possono anche essere realizzati utilizzando adatti blocchetti distanziatori (ricavati dal materiale base) come supporto alla puntatura. I blocchetti per l'accoppiamento dei pezzi da saldare non possono essere in acciaio inossidabile di grado inferiore.

I punti devono essere depositati all'interno del cianfrino da saldatori qualificati utilizzando specifiche di saldatura emesse per lo scopo, nelle quali i materiali d'apporto e i parametri di puntatura dovranno essere gli stessi impiegati durante la qualifica di procedimento di saldatura del giunto.

I dispositivi accoppiatubi dovranno essere rimossi solo dopo che la quantità di saldatura depositata sia sufficiente a garantire la stabilità del giunto, sia come estensione che come volume.

I punti dovranno essere rimossi mano a mano che si procede con l'esecuzione della saldatura avendo cura di mantenere la stabilità dell'accoppiamento.

Sono vietati cavallotti esterni saldati sulla superficie delle tubazioni.

Durante la fase di puntatura è opportuno curare l'accoppiamento e l'allineamento dei lembi in quanto non sono ammessi slivellamenti superiori a 1 mm. Eventuali aggiustaggi a caldo sono vietati.

Solo in casi eccezionali il Committente potrà autorizzare tale tipo di aggiustaggio, dopo avere considerato il servizio della tubazione, il tipo di acciaio e le altre possibilità di eseguire l'aggiustaggio.

I pezzi che fossero sottoposti ad aggiustaggio a caldo senza l'autorizzazione del Committente potranno essere fatti sostituire a spese dell'Appaltatore

7.4.4 Giunti eterogenei

La puntatura di questi giunti può essere eseguita con i metodi descritti per gli acciai inossidabili austenitici ed austeno-ferritici, ma il materiale d'apporto da impiegare dovrà essere quello previsto per la prima passata dalle specifiche di saldatura dei giunti stessi.

Per saldature tra acciaio austenitico e acciaio ferritico lo slivellamento non dovrà essere superiore a 1 mm.

7.5 Preriscaldamento

La definizione della temperatura di preriscaldamento del materiale base prima della saldatura, viene stabilita in funzione degli spessori da saldare e della temperatura a cui si svolgono le operazioni.

Lo scopo principale per tutti gli spessori, oltre all'asciugatura superficiale, è di rendere più blando il ciclo termico, nonché di limitare la formazione di strutture fragili per gli spessori più elevati.

Il preriscaldamento, quando richiesto, deve interessare una zona a cavallo del giunto non inferiore a 6 volte lo spessore e comunque non inferiore a 100 mm.

Su tutto il giunto, la temperatura di preriscaldamento deve essere mantenuta per tutto il tempo di esecuzione della saldatura.

Il riscaldamento può essere eseguito mediante resistenze elettriche, apparecchi ad induzione, torce da riscaldamento a fiamma ossipropanica e bruciatori a gas.

Il controllo della temperatura dovrà essere fatto mediante termometri digitali, gessi termoviranti o metodo equivalente.

Ogni saldatore, addetto all'esecuzione di saldature per le quali sia previsto preriscaldamento, deve avere a propria disposizione i mezzi per il riscaldamento e per il controllo della temperatura.

Qualora fosse accertata la non osservanza delle prescrizioni relative al preriscaldamento, il Committente può richiedere che i giunti interessati siano tagliati e nuovamente saldati in accordo alle specifiche di saldatura applicabili.

7.5.1 Acciai al carbonio

Di seguito vengono riportati i valori minimi di preriscaldamento da eseguirsi sul materiale base:

- spessori fino a 10 mm: il preriscaldamento non è richiesto;
- Il preriscaldamento va sempre eseguito quando la temperatura ambiente è inferiore a $+5^{\circ}\text{C}$ allo scopo di asciugare l'umidità presente sul cianfrino, così da limitare l'introduzione d'idrogeno in saldatura
- spessori fino a 20 mm: la temperatura di preriscaldamento è almeno 50°C
- spessori sopra a 20 mm: la temperatura di preriscaldamento è almeno 100°C ; infatti al di sopra di questi spessori il preriscaldamento assolve alla funzione di rendere meno severo il ciclo termico e limitare la formazione di strutture di tipo martensitico (strutture fragili).

Le temperature di preriscaldamento fissate sopra sono da intendersi come valori minimi quando il preriscaldamento è richiesto. I valori adottati potranno essere superiori, ma dovranno comunque essere verificati sui materiali di produzione in base all'esito delle qualifiche di procedimento, con particolare attenzione ai valori di tenacità ottenuti e ai risultati delle prove di durezza (nel caso uno e/o l'altro siano richiesti).

7.5.2 Acciai al carbonio per basse temperature

Per questi particolari acciai al carbonio valgono le prescrizioni al punto 7.5.1, tranne quando lo spessore raggiunge valori uguali o maggiori di 25 mm; in questo caso la temperatura di preriscaldamento deve raggiungere almeno 120°C .

Inoltre quando la temperatura ambiente raggiunge valori al di sotto di $+5^{\circ}\text{C}$, è sempre richiesto un preriscaldamento alla temperatura minima di 50°C .

In casi particolari il preriscaldamento potrà essere richiesto dal Committente, come avviene per saldature vicine a masse fredde (quali grosse flange, valvole, pezzi speciali) tali da influenzare la velocità di raffreddamento del giunto, o in presenza di pezzi fusi o forgiati aventi $C_e > 0,30\%$.

Nota: C_e = carbonio equivalente. E' un indice di saldabilità dell'acciaio; la formula da impiegare è la seguente e tiene conto dell'effetto di alcuni elementi che contribuiscono all'indurimento della zona termicamente alterata (Z.T.A.).

$$C.E.V. = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

7.5.3 Acciai inossidabili austenitico ed austeno-ferritici (duplex e superduplex)

Per questi acciai non è richiesto preriscaldamento, a meno che la temperatura ambiente sia inferiore a 0° C oppure le superfici dei lembi siano umide o bagnate. In tali casi è richiesto preriscaldamento a 20°C per la rimozione dell'umidità.

Il preriscaldamento mediante cannelli a fiamma ossi-gas è sconsigliato ma, se effettuato, è richiesta successivamente la pulizia mediante solventi, come previsto al punto 7.3.2

7.6 Scelta del materiale d'apporto

La scelta del materiale d'apporto dovrà essere eseguita in accordo al punto 6.3 e relativi sottoparagrafi della presente specifica, partendo da opportune considerazioni sui materiali da saldare ed in conformità alle specifiche di saldatura (WPS). Occorre in particolare analizzare le caratteristiche chimiche, metallurgiche, meccaniche ed infine relative ai trattamenti termici da operare. In particolare il carico di rottura e/o di snervamento (a seconda della progettazione eseguita) del materiale d'apporto dovrà essere pari o superiore a quello del minore dei materiali da unire, avendo però cura che siano rispettati i valori d'elasticità dei materiali base, al fine di ottenere, sia nel giunto saldato che nella zona circostante, un'uniformità delle deformazioni e quindi una corretta distribuzione delle tensioni su tutta la struttura della tubazione resistente. Le caratteristiche che il materiale d'apporto deve dimostrare, devono essere tali nelle condizioni in cui viene depositato o dopo trattamento termico nel caso questo sia richiesto.

La scelta dei diametri appropriati degli elettrodi e dei fili dovrà avvenire tenendo conto delle caratteristiche meccaniche, metallurgiche e chimiche che dovranno caratterizzare il giunto saldato. Tali sezioni in linea di principio dovranno essere le stesse impiegate durante la qualifica del procedimento.

Gli elettrodi, i fili ed i flussi devono essere conformi a quanto indicato nelle specifiche di saldatura dei singoli materiali.

L'appaltatore dovrà fornire i certificati di analisi chimica e di prove meccaniche (in conformità alle norme EN corrispondenti) per ogni lotto impiegato. Il tipo di certificato dovrà essere 3.1 secondo le norme EN 10204. Su richiesta dell'Appaltatore, il Committente può autorizzare una certificazione del tipo 2.2 secondo le norme EN 10204.

Ogni scatola o contenitore del materiale d'apporto dovrà riportare, a cura del Fornitore, le stesse indicazioni della partita citate sui certificati di analisi chimica e prove meccaniche.

Ogni elettrodo o filo dovrà essere riconoscibile attraverso colori di identificazione o stampigliatura applicati dal Fornitore.

Gli elettrodi ed i flussi, all'atto dell'impiego, dovranno essere perfettamente asciutti. Pertanto essi devono essere opportunamente immagazzinati in appositi locali con temperatura compresa fra 15 – 25 °C e umidità controllata inferiore al 50%; inoltre gli elettrodi basici ed i flussi, prima dell'uso, dovranno essere essiccati in appositi forni a temperatura controllata tra 350 – 400°C per almeno 2 ore (o con diversa procedura fornita dal produttore del consumabile) . Successivamente all'essiccazione tali materiali dovranno essere posti in mantenimento all'interno di forni alla temperatura non inferiore di 120°C. Non sono ammessi sistemi diversi dall'essiccamento in forno.

Gli elettrodi basici ed i flussi, prelevati dal forno di mantenimento, devono essere tenuti in appositi contenitori portatili che li mantengano riscaldati e protetti dall'umidità fino al momento dell'uso.

Pertanto ogni saldatore che usi elettrodi basici deve essere munito di contenitore porta-elettrodi da cui estrarre di volta in volta l'elettrodo da usare. Tale prescrizione vale anche per puntature o saldature provvisorie.

Al termine del turno di lavoro, gli elettrodi basici rimasti inutilizzati devono essere depositati nei forni di essiccamento. Elettrodi rimasti abbandonati alle intemperie devono essere distrutti, inoltre non possono essere usati elettrodi bagnati neanche se

essiccati e neppure elettrodi che presentano tracce di ossidazione o rivestimento alterato.

Non è ammesso l'impiego di elettrodi o di flussi contaminati da olio, grasso o vernice.

Le bacchette ed i fili, prima del loro impiego, devono essere puliti da eventuali tracce di ruggine, olio, grasso, vernice, terra o qualsiasi altra sostanza che possa compromettere la buona riuscita della saldatura.

E' ammesso l'impiego di elettrodi a basso assorbimento di idrogeno e conservati in confezioni definite Vacuum pack, ma solo osservando scrupolosamente le procedure fornite dal produttore e assicurando l'impiego entro il termine temporale consentito dallo stesso, fornendo inoltre la possibilità di registrare la data e l'ora di apertura della confezione. Tale procedura dovrà essere approvata dal Committente a suo insindacabile giudizio.

7.6.1 Acciai al carbonio per basse temperature

I consumabili impiegati per la saldatura di questi acciai dovranno essere gli stessi impiegati durante la qualifica di procedimento, sia per la classificazione, sia per quanto riguarda il nome commerciale e il fabbricante, che per la forma (bacchette e fili) e per i diametri (vedere paragrafi 4.1.1 e 4.1.2).

7.6.2 Acciai inossidabili austenitico ed austeno-ferritici e giunti eterogenei inossidabili/acciai al carbonio

Anche per questo tipo di acciai i consumabili impiegati per la saldatura dovranno essere gli stessi impiegati durante la qualifica di procedimento, sia per classificazione secondo la rispettiva norma EN, sia per quanto riguarda il nome commerciale e il fabbricante, che per la forma (bacchette e fili) e per i diametri.

A titolo puramente indicativo viene fornita di seguito la tabella 11 utile per la definizione del tipo di materiale d'apporto da impiegare per la saldatura di materiali eterogenei.

La classificazione dei materiali d'apporto viene fornita secondo i codice ASME 2 parte C per una più immediata comprensione, in quanto le classificazioni secondo i codici EN sono di minore intuitività. Tale classificazione non è da considerarsi esaustiva in quanto di volta in volta sarà necessaria la conversione nelle rispettive norme europee.

Tabella 11													
Mat. base	Acc. Carb	304L	309	309S	310	310S	316 316H	316L	317	321 321 H	347 347H 348 348H	254 SLX / 904 L	SAF 2205
Acc. Carb. Nota 1	*	309	309	309	309 Mo	309 Mo	309	309	309	309	309	-	-
304 304 H	-	308 308L	308 309	308 309	308 309 310	308 309 310	308 316 316	308 316 316L	308 316 317	308	308	-	-
304 L	-	*	308 309	308 309	308 309 310	308 309 310	308 316	308L 316L	308 316 317	308L 347	308L 347	-	-
309	-	-	*	309	309 310	309 310	309 316	309 316	309 316	309 347	309 347	-	-
309 S	-	-	-	*	309 310	309L 310	309 316	316L 309L	309 316	309 347	309 347	-	-
310	-	-	-	-	*	310	316 309 Mo 310 Mo	316 309 Mo 310 Mo	317 309 Mo 310 Mo	308 310	308 310	-	-
310 S	-	-	-	-	-	*	316 309 Mo 310 Mo	316 309 Mo 310 Mo	317 309 Mo 310 Mo	308 310	308 310	-	-
316 316 H	-	-	-	-	-	-	*	316	317 316	308 316	308 316 347	-	-
316 L	-	-	-	-	-	-	-	*	317	316L	316L 347	-	-
317	-	-	-	-	-	-	-	-	*	308 317	308 317 347	-	-
321 321 H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	347	308L 347	-	-
254 SLX / 904 L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ER385 E385	-
SAF 2205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ER2209 E2209

Nota 1: per temperature di progetto superiori a 350°C il materiale d'apporto consigliato è una delle seguenti leghe di nickel: NiCr3, NiCrFe3, NiCrFe2.

I materiali d'apporto evidenziati con l'asterisco sono da considerarsi preferibili per l'impiego.

7.7 Gas di protezione

I gas impiegati per la saldatura devono avere composizione e purezza conformi a quanto indicato nella specifica del procedimento presentata dall'Appaltatore; dovranno essere classificati secondo la norma EN ISO 14175 ed il Committente si riserva la facoltà di far eseguire analisi chimica di controllo sui gas usati nel corso dei lavori.

I gas di protezione possono essere a seconda del processo sia inerti che attivi, singoli o in miscela.

Il CO₂ dovrà avere un grado di purezza non inferiore a 99,8% e punto di rugiada non superiore a -45°C.

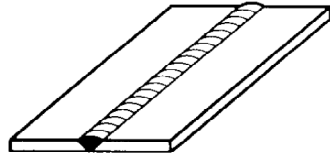
Argon e Elio dovranno avere un grado di purezza non inferiore al 99,99% e punto di rugiada non superiore a -45°C.

I gas devono essere forniti in bombole sulle quali deve essere chiaramente indicato il tipo. Le reti di distribuzione fisse devono avere una chiara identificazione del loro contenuto.

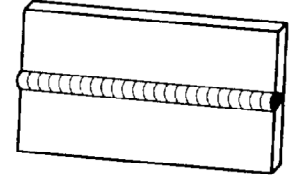
7.8 Posizioni di saldatura

Le posizioni di saldatura in cui può essere impiegato il procedimento sono quelle in accordo alle norme europee e di seguito raffigurate.

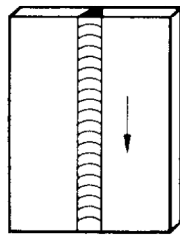
Nel caso di *lamiere*:



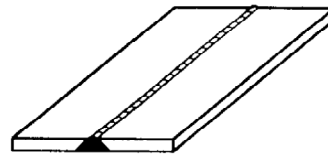
PA piano



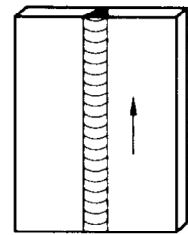
PC frontale



PG verticale discendente

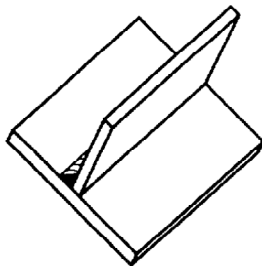


PE soprattesta

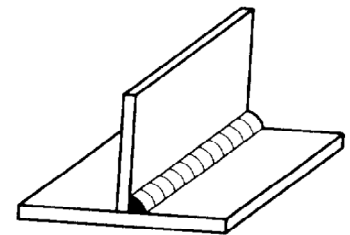


PF verticale ascendente

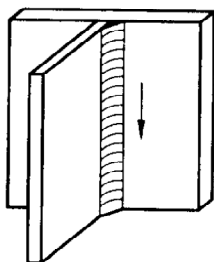
a) Saldature testa a testa



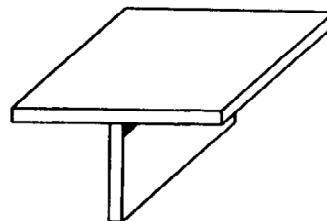
PA piano



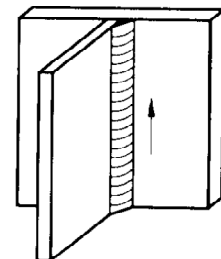
PB piano-frontale



PG verticale discendente



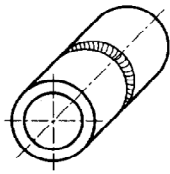
PD soprattesta-frontale



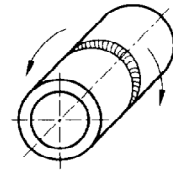
PF verticale ascendente

b) Saldature d'angolo

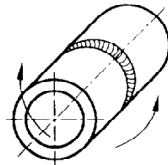
Nel caso di *tubazioni*:



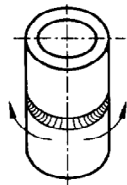
PA
tubo: rotante
asse: orizzontale
saldatura: piano



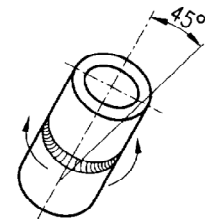
PG
tubo: fisso
asse: orizzontale
saldatura: verticale discendente



PF
tubo: fisso
asse: orizzontale
saldatura: verticale ascendente

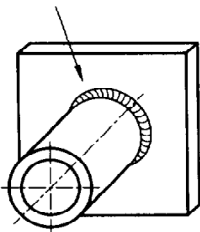


PC
tubo: fisso
asse: verticale
saldatura: frontale

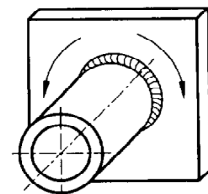


H-L045
tubo: fisso
asse: inclinato
saldatura: ascendente

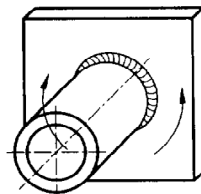
a) Saldature testa a testa



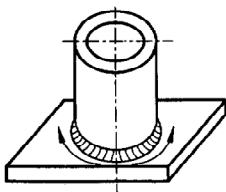
PB
tubo: rotante
asse: orizzontale
saldatura: piano-frontale



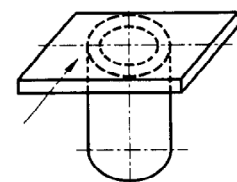
PG
tubo: fisso
asse: orizzontale
saldatura: verticale discendente



PF
tubo: fisso
asse: orizzontale
saldatura: verticale ascendente



PB
tubo: fisso
asse: verticale
saldatura: piano-frontale



PD
tubo: fisso
asse: verticale
saldatura: soprattesta-frontale

b) Saldature d'angolo

Nota: la posizione J-L045 non indicata sopra corrisponde alla H-L045 ma con la direzione di saldatura discendente.

7.9 Saldatura

I procedimenti di saldatura ammessi sono quelli indicati al punto 4.1 della presente specifica.

Le specifiche impiegate per la saldatura devono essere approvate prima dell'inizio delle attività di saldatura.

Non è ammesso, per nessun motivo, eseguire saldature su tubazioni contenenti acqua o altro liquido o gas, senza una preventiva autorizzazione del Committente.

I procedimenti di saldatura o i materiali d'apporto non conformi a quanto previsto nella presente specifica o nelle altre specifiche di saldatura del Committente, non possono essere impiegati, a meno di preventiva autorizzazione scritta del Committente stesso.

Qualora, impiegando un determinato procedimento, nel corso dei lavori si verificassero gravi difetti sistematici e ripetitivi, non imputabili al saldatore, il Committente potrà sospendere l'autorizzazione al suo impiego e richiedere la ripetizione della qualifica.

E' rigorosamente vietato innescare l'arco sul pezzo da saldare fuori dal cianfrino (è ammesso l'impiego di apposite piastrine).

Nei giunti di testa e negli innesti, la prima passata deve essere fatta in modo da avere completa e regolare penetrazione. E' peraltro inammissibile un eccesso di penetrazione, anche locale, superiore a 3 mm ed in ogni caso superiore a quanto consentito dalla norma di riferimento relativa ai criteri di accettabilità.

Inoltre devono essere adottate tutte le precauzioni atte ad evitare incisioni interne, insellamenti e riprese difettose.

I crateri di arresto della saldatura devono essere sistematicamente asportati, in quanto presentano difetti o irregolarità che possono pregiudicare una buona ripresa della saldatura.

Ad ogni ripresa della saldatura dovrà essere fatta una opportuna sovrapposizione onde assicurare uniformità di penetrazione: l'eventuale metallo in eccesso all'esterno va successivamente asportato con mola.

Non è ammesso interrompere la saldatura e far raffreddare il giunto prima del completamento della prima passata.

Al termine della prima passata si dovrà eliminare con mola ogni eventuale difetto visibile e qualunque irregolarità di cordone che possa pregiudicare la passata successiva.

Al termine di ciascuna passata si deve rimuovere accuratamente la scoria ed eliminare con mola gli eventuali difetti, gli eccessi di metallo e qualunque irregolarità del cordone che possa ostacolare l'esecuzione della passata successiva.

Una volta iniziata la saldatura e finché il giunto non sia completo occorre porre cura che il pezzo non subisca spostamenti, urti, vibrazioni o sollecitazioni che potrebbero danneggiare la saldatura.

Una volta terminato, il giunto dovrà essere accuratamente pulito per eliminare la scoria e gli spruzzi di metallo.

Eventuali difetti sul tubo causati dalle operazioni precedenti devono essere riparati.

E' vietata la marcatura dei bordi del cordone con scalpello o con lama di seghetto. E' ammessa la pulizia dei bordi con lima in modo da evitare incisioni a spigolo vivo.

All'esame visivo le saldature dovranno essere praticamente prive di incisioni marginali, porosità affioranti, brusche discontinuità od altri difetti, ed il cordone dovrà essere ben raccordato col metallo base. Incisioni isolate possono essere accettate solo su tubazioni di classe inferiore, purché di profondità inferiore a 0,5 mm e di lunghezza non superiore a quella ammessa per gli insellamenti.

Le saldature di testa devono avere sovra-spessore esterno non superiore a $1/3 s$ con un massimo di 3 mm (essendo s lo spessore del minore dei lembi saldati) e non inferiore al filo esterno del tubo. Il cordone di saldatura deve coprire completamente il cianfrino.

Nei giunti a tasca e nelle flange a sovrapposizione, la saldatura deve essere eseguita con almeno due passate; il riempimento sarà eseguito di regola subito dopo la prima passata. Eccezioni sono ammesse per giunti non vincolati, purché i pezzi non vengano accatastati o sottoposti ad urti.

Le saldature d'angolo devono aver profilo regolare, a 45° circa.

Su ciascuna saldatura deve comparire il punzone del saldatore, ad eccezione dei soli giunti d'angolo.

A giunto terminato, il saldatore deve pertanto marcare, in due zone del cordone diametralmente opposte, il proprio stamp (salvo diverso sistema di identificazione richiesto dal Committente). Il saldatore che esegue la sola prima passata su giunti di testa, deve punzonare la propria sigla sul tubo, in due punti diametralmente opposti a lato della saldatura, prima di iniziare la saldatura stessa. Nel caso che il saldatore esegua il solo riempimento, egli dovrà inserire il proprio stamp in corrispondenza della marcatura effettuata sul tubo dal saldatore della prima passata.

Il committente si riserva di far tagliare saldature di testa in cui la sigla del saldatore mancasse o non fosse leggibile.

7.9.1 Acciai al carbonio e per basse temperature

Per le saldature di testa e di innesti senza ripresa al rovescio, la prima passata deve essere eseguita mediante procedimento 141 .

Deve essere posta particolare cura ad ottenere una penetrazione regolare, senza incisioni o sensibili discontinuità (come gocciolamenti, eccessiva penetrazione, difetti di ripresa).

Per il procedimento 111 gli elettrodi devono avere diametro non superiore a 4 mm.

Quando possibile si deve usare la tecnica a rotolamento. Nel caso del procedimento 111 con tubo rotante, il diametro dell'elettrodo potrà raggiungere i 5 mm.

Qualora il giunto sia eseguito con ripresa al rovescio, la saldatura della prima passata e la saldatura al rovescio saranno effettuate con uno dei procedimenti ammessi per il completamento della saldatura. Prima della ripresa al rovescio dovrà essere fatta molatura fino al metallo sano e controllo con liquidi penetranti o con magnetoscopia.

Nel caso di tubi fissi orizzontali, quando la minima temperatura di progetto é minore di -29° C, devono essere usati elettrodi di diametro non superiore a 3,25 mm. Negli altri casi si useranno elettrodi di diametro preferibilmente 3,25 mm e comunque non superiore a 4 mm. Il volume e la larghezza di ciascuna passata devono essere limitati, usando bassa corrente e tecnica a cordone tirato (senza oscillazioni) per quanto possibile: in ogni caso la larghezza del cordone non deve superare tre volte il diametro dell'elettrodo o della bacchetta di apporto.

Deve essere posta particolare cura ad ottenere una superficie esterna regolare e priva di brusche discontinuità.

7.9.2 Acciai inossidabili austenitico ed austeno-ferritici

Per le saldature di testa e di innesti, senza ripresa al rovescio, la prima passata deve essere eseguita mediante procedimento 141.

E' richiesta la protezione al rovescio all'interno del tubo con Argon puro.

Per spessori inferiori o uguali a 4 mm, le passate di riempimento devono essere eseguite sempre con procedimento 141. Il gas di protezione all'interno del tubo deve essere mantenuto fino al completamento della saldatura.

Per spessori superiori a 4 mm, le passate di completamento devono essere eseguite con procedimento 141 oppure con elettrodi rivestiti (111). Deve essere mantenuto gas di protezione all'interno del tubo almeno fino al completamento della seconda passata.

Il massimo diametro di elettrodo da utilizzare è 3,25 mm. Deve essere usata, per quanto possibile, la tecnica di deposito a passate strette.

Il volume e la larghezza delle singole passate devono essere limitati operando con bassa intensità di corrente e, quando possibile, senza oscillazioni; la larghezza di ciascuna passata non deve comunque superare 3 volte il diametro dell'elettrodo.

L'uso di elettrodi con diametro di 4 mm è ammesso soltanto per tubi di spessore superiore a 12 mm, purché tutti i crateri di arresto siano eliminati e siano state eseguite prove di qualifica del procedimento con elettrodi di tale tipo e diametro.

Durante la saldatura, la temperatura di interpass non deve superare 150°C; la verifica della temperatura deve essere effettuata mediante termometro digitale, al fine di non inquinare la superficie della tubazione.

Per il completamento della saldatura, previa autorizzazione del Committente, possono essere utilizzati procedimenti ad arco sommerso (121) o a filo di gas (131 – 135 o 136) purché verificati con qualifiche procedimenti di saldatura.

Particolare attenzione va posta ai difetti di cratere che, quando esistenti, devono essere eliminati con mola.

L'arco deve essere sempre innescato entro i confini del cianfrino. E' proibito innescare l'arco sulle superfici del metallo base al di fuori del giunto.

Dovranno essere impiegati generatori ad alta frequenza per l'innescò dell'arco, accessoriati di dispositivi per la riduzione graduale della corrente d'arco nella fase di disinnesco.

Qualora il giunto sia eseguito con ripresa al rovescio, il cordone di prima passata e quello al rovescio potranno essere eseguiti con un procedimento ammesso per il completamento della saldatura. Prima della ripresa al rovescio dovrà essere fatta la molatura fino al metallo sano ed un controllo con liquidi penetranti.

Particolare cura dovrà essere posta alla verifica dell'apporto termico specifico.

Questo deve essere applicato in quantità appropriata al fine di assicurare, per la zona fusa e la zona termicamente alterata, idonee strutture con rapporti ferrite/austenite entro la gamma richiesta.

L'apporto termico specifico deve essere considerato in ogni caso una variabile essenziale del procedimento e pertanto i parametri di saldatura adottati durante l'esecuzione dei saggi di qualifica, e che hanno permesso di ottenere i rapporti di ferrite e austenite accettabili secondo questa specifica, non possono essere modificati.

7.9.3 Condizioni metereologiche

In caso di pioggia, neve, vento (particolarmente se con sabbia o polvere), l'Appaltatore deve predisporre opportune protezioni per le parti da saldare e per il saldatore, in modo da garantire una corretta esecuzione del lavoro. Ove ciò non fosse possibile, non sarà ammesso eseguire la giunzione saldata.

Qualora i lembi da saldare siano bagnati o coperti di ghiaccio, o neve, si potrà procedere alla saldatura solo dopo avere asciugato il giunto con fiamma o altra sorgente di calore.

In caso di bassa temperatura ambiente, potrà essere richiesto preriscaldamento, secondo quanto previsto al punto 7.5 e relativi sottoparagrafi e/o dalle specifiche di saldatura dei singoli materiali. Tale preriscaldamento va eseguito anche per l'esecuzione di puntature di accoppiamento, o di saldature provvisorie.

7.10 Post-riscaldamento

Il postriscaldamento, quando richiesto, dovrà essere eseguito immediatamente dopo la fine della saldatura, prima che questa si raffreddi, con lo scopo di uniformare la temperatura su tutto il giunto e favorire la diffusione dell'idrogeno.

Per il postriscaldamento saranno impiegate le attrezzature e le modalità indicate al paragrafo 7.5 per il preriscaldamento, ma in generale si consiglia l'uso di resistenze.

Il raffreddamento dovrà avvenire sotto coibente asciutto, e se necessario, il coibente sarà asciugato in forno o con l'ausilio di torce di riscaldamento.

7.10.1 Acciai al carbonio e a bassa temperatura

Quando lo spessore della saldatura supera i 30 mm, subito dopo saldatura deve essere eseguito il postriscaldamento con le modalità sopra descritte e portando tutto il giunto uniformemente a circa 50° C sopra alla temperatura di interpass per almeno 60 minuti.

7.10.2 Acciai Inossidabili austenitico ed austeno-ferritici

Per questi acciai non è richiesto alcun postriscaldamento

7.11 Trattamento termico

7.11.1 Prescrizioni generali

Il trattamento termico dopo saldatura deve essere eseguito quando previsto nelle specifiche di saldatura dei singoli materiali, o quando indicato nel disegno delle tubazioni, o nelle norme eventualmente applicabili. In casi particolari il trattamento termico potrà essere richiesto dal Committente.

Le apparecchiature impiegate per il trattamento devono risultare idonee, a giudizio del Committente, ad assicurare le prestazioni richieste. L'appaltatore, a cui è affidata l'esecuzione dei trattamenti termici, deve avvalersi di personale con specifica esperienza e deve presentare al Committente, per approvazione, una dettagliata procedura che precisi le modalità operative, le apparecchiature impiegate nonché i sistemi previsti di controllo e registrazione delle temperature. In caso di trattamento termico localizzato, dovranno essere precisati la procedura operativa ed il tipo e marca delle apparecchiature impiegate specificandone l'alimentazione elettrica, la potenza impegnata, il numero di uscite indipendenti ed eventuali possibilità di regolazione in automatico. Inoltre dovranno essere date informazioni circa la tipologia degli elementi riscaldanti, il tipo di termocoppie, le modalità di fissaggio delle stesse alle tubazioni ed il tipo di coibente utilizzato.

Sarà facoltà del Committente ispezionare le saldature preparate per il trattamento termico, prima che siano ricoperte dall'isolamento.

Non è mai ammessa la ripetizione del trattamento termico senza la preventiva autorizzazione del Committente.

7.11.2 Modalità esecutive

La temperatura e il tempo di trattamento, nonché le velocità di riscaldamento e di raffreddamento, sono indicati nei punti 7.11.3 – 4 – 5 – 6 relativamente ai singoli gruppi di materiali.

Il trattamento termico dovrà interessare uniformemente tutta la saldatura e una zona adiacente di almeno 150 mm per lato. Dovrà essere prevista almeno una termocoppia per ogni gruppo di elementi di riscaldamento ad alimentazione indipendente.

Le termocoppie devono essere fissate sul giunto a mezzo di apposito morsetto. E' anche ammesso saldare le termocoppie direttamente sul giunto, purché esse siano munite di apposito codolo, e purchè per la saldatura siano impiegati elettrodi di diametro non superiore a 2,5 mm e di tipo approvato dal committente.

Non è ammesso l'impiego di termocoppie con la parte sensibile manomessa o riparata.

A ciascuna saldatura sottoposta a trattamento termico deve essere dato un contrassegno che figurerà su un apposito disegno.

I diagrammi di registrazione dei trattamenti termici dovranno essere forniti come documentazione finale e dovranno riportare i seguenti dati: numero progressivo del diagramma, contrassegno della saldatura, numero o riferimento delle termocoppie, data di esecuzione del trattamento, scale della temperatura e dei tempi, timbro e firma del responsabile dell'esecuzione dei trattamenti termici.

Prima dell'esecuzione del trattamento termico le estremità dei tubi devono essere chiuse, in modo da evitare l'effetto camino: correnti d'aria al loro interno. Inoltre le superfici di accoppiamento delle flange e le parti filettate interessate dal riscaldamento devono essere protette dall'ossidazione. La zona su cui si effettua il trattamento termico deve essere opportunamente protetta dalle intemperie e da ogni altro agente che possa influenzare il trattamento stesso.

I diagrammi registrati devono essere tempestivamente consegnati assieme ai relativi verbali al Committente, il quale verificherà la rispondenza alla presente specifica.

Qualora la velocità di riscaldamento o di raffreddamento e gli scarti di temperatura tra le termocoppie superassero i limiti prescritti, il Committente potrà richiedere controlli non distruttivi supplementari e controlli di durezza.

Qualora le temperature massime di trattamento o i tempi di permanenza non fossero nei limiti prescritti, il Committente potrà richiedere la ripetizione del trattamento e/o la qualifica del procedimento a posteriori, effettuando la simulazione delle condizioni reali di saldatura e trattamento termico, nonché il doppio trattamento termico al fine di verificare le caratteristiche meccaniche finali ottenute sui giunti di produzione.

In ogni caso non sono ammissibili anomalie sistematiche nei trattamenti.

Il trattamento termico deve essere effettuato in forno, o mediante apparecchiature elettriche a resistenza o a induzione, o con altro metodo previa approvazione da parte del Committente.

Nel caso di trattamento a resistenza o a induzione, la misura della temperatura dovrà avvenire esclusivamente a mezzo di termocoppie fissate sul giunto e opportunamente isolate dalla sorgente di calore. E' opportuno che si renda possibile regolare la temperatura separatamente nelle zone controllate da diverse termocoppie, per meglio garantire il rispetto dei limiti di temperatura prescritti.

I valori della temperatura rilevati da ciascuna termocoppia devono essere registrati in funzione del tempo da uno strumento registratore, connesso alle termocoppie mediante idoneo cavo compensato. Tale registratore deve essere verificato e tarato, nella modalità di impiego, col tipo di termocoppia e di cavo compensato da usare. Nel caso di registrazione contemporanea di più temperature, sul diagramma si dovranno chiaramente distinguere i riferimenti delle singole termocoppie.

La registrazione della temperatura deve iniziare almeno a 200°C nella fase di riscaldamento e terminare a 250°C nella fase di raffreddamento. Successivamente il giunto deve completare il raffreddamento fino a temperatura ambiente senza che sia rimosso il coibente.

Nel caso di trattamento a resistenza o a induzione su tubi ad asse orizzontale, se il diametro esterno è inferiore o uguale a 219 mm (8 ") è ammessa una sola termocoppia posta nella parte inferiore del giunto, prevedendo un adeguato spessore di coibente. Se il diametro esterno è superiore a 219 mm (8"), ma non superiore a 508 mm (20"), devono essere montate almeno due termocoppie, di cui una sulla parte superiore del giunto e una sulla parte inferiore. Per diametri esterni superiori a 508 mm (20") e fino a 914 mm (36") incluso, dovranno essere posizionate almeno tre termocoppie, disposte a 120° di cui una sulla parte inferiore del giunto. Per diametri superiori a 914 mm (36") le termocoppie dovranno essere in numero proporzionato alla lunghezza del giunto, con almeno una termocoppia per ogni metro così trattato.

Qualora dopo trattamento siano prescritti controlli di durezza ed i risultati di questi non fossero conformi alle prescrizioni, dovrà essere eseguito un nuovo trattamento termico ed il Committente si riserva la facoltà di richiedere la riqualifica del procedimento a posteriori, come descritto sopra.

7.11.3 Acciai al carbonio

Nel caso di giunti saldati testa a testa, il trattamento termico dopo saldatura deve essere eseguito qualora lo spessore nominale di parete del maggiore degli elementi collegati, misurato in corrispondenza del giunto, supera 19,05 mm (3/4 in.). Per giunti saldati di configurazione diversa da quelli testa a testa (inserti e/o derivazioni a piena penetrazione e giunti d'angolo) lo spessore che richiede il trattamento termico rimane sempre 19,05 mm, ma relativo al deposito necessario per la giunzione (dovrà essere considerato lo spessore di gola della saldatura), oppure deve essere valutato in accordo alle disposizioni del codice impiegato per la progettazione.

Il trattamento termico deve essere inoltre eseguito quando indicato nel disegno isometrico della tubazione, o quando altrimenti richiesto.

La velocità di riscaldamento non deve superare 80°C/ora, e la differenza massima tra le temperature rilevate in ogni istante da ogni termocoppia non deve superare 30°C.

La saldatura deve essere di norma mantenuta ad una temperatura di 620 °C +/- 10°C (o altra purchè supportata da qualifica procedimento di saldatura) per un intervallo di tempo pari a un'ora per ogni 25 mm di spessore, e comunque non inferiore a un'ora (per spessori intermedi superiori a 25 mm è ammessa interpolazione).

Il raffreddamento fino a 250°C deve avvenire ad una velocità controllata non superiore ai valori indicati per il riscaldamento. Sotto i 250°C il raffreddamento può continuare sotto coibente o in aria calma in caso di temperatura mite.

7.11.4 Acciai al carbonio per basse temperature

Per questo tipo di acciai, il trattamento termico è richiesto per i giunti di testa e per le saldature di innesti quando lo spessore t del maggiore tra i lembi collegati dalla saldatura supera i valori indicati dal codice di progettazione.

Nel caso di giunti d'angolo, flange slip-on o saldature a tasca e di parti non a pressione (ad es. selle di supporto) su tubazioni in pressione, il trattamento deve essere eseguito solo qualora l'altezza di gola della saldatura supera i valori indicati dal codice di progettazione.

Il trattamento termico deve inoltre essere eseguito quando indicato nel disegno isometrico della tubazione, dal progettista, il quale potrebbe aver considerato esigenze di servizio.

Le modalità di esecuzione del trattamento saranno le stesse previste al paragrafo 7.11.3.

Al termine del trattamento termico sui giunti trattati dovrà essere eseguito un sondaggio di durezza secondo il paragrafo 7.13 ed i valori riscontrati non dovranno eccedere il valori previsti per l'accettazione delle qualifiche di procedimento.

7.11.5 Acciai inossidabili austenitici ed austeno-ferritici

Per questo tipo di acciai non deve essere eseguito alcun trattamento termico dopo saldatura.

7.11.6 Giunti eterogenei

Nel caso di giunti eterogenei fra acciai inossidabili austenitici o austeno-ferritici e acciai al carbonio, in cui sia richiesto e/o prescritto il trattamento termico, al fine di evitare la migrazione del carbonio a bordo grano e creazione di carburi di cromo, non possono essere impiegati consumabili del tipo 309. Essi perderebbero con il trattamento termico le loro caratteristiche e potrebbero causare seri problemi anche durante le fasi di esercizio. In queste condizioni è indispensabile impiegare una lega di nickel, quale Inconel 182 o meglio ancora Inconel 625. In tale situazione occorre però verificare la compatibilità delle leghe di nickel con il fluido d'esercizio della tubazione.

7.12 Controlli non distruttivi

I controlli non distruttivi da eseguire sui giunti saldati dovranno essere prescritti in accordo all'elenco fluidi di impianto, alle relative norme Europee e/o altre specificate dal progettista così come la valutazione dei difetti di saldatura riscontrati.

I metodi di controllo non distruttivi ammessi sono i seguenti:

- Controllo visivo: VT
- Controllo radiografico: RT
- Controllo ad ultrasuoni: UT
- Controllo magnetico: MT
- Controllo liquidi penetranti: PT

E' facoltà del committente richiedere l'esecuzione di prove di qualifica dei vari metodi di controllo non distruttivo.

7.12.1 Controllo visivo: VT

Il controllo visivo ha lo scopo di accertare la rispondenza delle saldature alle norme e specifiche, al riguardo di: regolarità, dimensioni e pulizia del cordone di saldatura, incisioni marginali, difetti affioranti, assenza di spruzzi o residui di saldatura, strappi di materiale ed ogni altra irregolarità non ammessa sulla tubazione, presenza del punzone del saldatore (ove richiesto).

Il controllo visivo sulle saldature, secondo la normativa europea, dovrà essere eseguito in accordo alla norma EN ISO 17637 ed il criterio di accettabilità delle imperfezioni secondo la normativa europea, dovrà essere in accordo alla norma EN ISO 5817 livello B con estensione al 100% a tutti i giunti di qualsiasi classe. Il Committente potrà richiedere la riparazione dei giunti non rispondenti alla norma applicabile.

Qualora, in casi particolari, sorgessero dubbi sulla presenza di difetti affioranti non accettabili, dovranno essere eseguiti controlli supplementari quali controllo con liquidi penetranti o magnetoscopico.

7.12.2 Controllo radiografico: RT

Con il termine controllo radiografico si intende sia quello ottenuto con raggi X, sia con radiazioni ionizzanti emesse da isotopi radioattivi: in ambedue i casi il film impressionato verrà chiamato radiografia o film radiografico.

Tutte le saldature di testa e le saldature degli innesti, aventi diametro nominale non inferiore a 2", hanno la possibilità di essere radiografate e quindi sono definite radiografabili. Le saldature di mezzi manicotti, weldolet, ecc. non possono essere radiografate e sono quindi definite non radiografabili.

Il controllo radiografico sulle saldature, secondo la normativa europea, dovrà essere eseguito in accordo alla norma UNI EN ISO 17636 con estensione sulle saldature radiografabili nelle quantità indicate nelle rispettive specifiche di linea, o altrimenti fissate dal Progettista.

Sui controlli previsti, il criterio di accettabilità delle imperfezioni secondo la normativa europea dovrà essere in accordo alla norma EN ISO 5817 livello B; nel caso di estensione del controllo in percentuale e di esito non accettabile, per ogni saldatura da riparare o da tagliare devono essere radiografate due ulteriori saldature eseguite dallo stesso saldatore e possibilmente lo stesso giorno. Tali radiografie

saranno da considerarsi come estensione dei giunti da riparare ed esse non verranno conteggiate nella percentuale stabilita.

Il controllo radiografico dovrà essere opportunamente ripartito tra i saldatori, proporzionalmente alle saldature eseguite ed alle relative riparazioni.

7.12.2.1 Tecnica e modalità esecutiva

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore deve sottoporre al Committente per approvazione, una descrizione dettagliata della procedura di esecuzione delle radiografie sulla base delle norme applicabili.

Come isotopo è ammesso soltanto Iridio 192 con macchia focale non superiore a 3 x 2 mm.

Per ogni isotopo utilizzato l'Appaltatore deve essere in grado di presentare al Committente il certificato di origine rilasciato dal Fornitore, sul quale devono comparire le seguenti indicazioni: tipo dell'isotopo, dimensioni della sorgente radioattiva (macchia focale), attività della sorgente alla data del rilascio del certificato e quant'altro specificato nel Decreto Legislativo 230/95, Decreto Legislativo 241/00 e Decreto Legislativo 257/01.

La tecnica di esecuzione delle radiografie dovrà essere di regola del tipo a contatto (doppia parete/immagine singola).

La tecnica di ripresa ellittica (doppia parete/doppia immagine) potrà essere usata per diametri esterni $De < 100$ mm, spessore di parete $t < 8$ mm e larghezza della saldatura maggiore di $De/4$. Se $t/De < 0,12$ sono sufficienti due radiografie effettuate a 90° fra loro. La distanza fra le due immagini della saldatura deve essere uguale, all'incirca, alla larghezza della saldatura.

Quando è difficile effettuare una ripresa ellittica su diametri $De \geq 100$ mm, si può usare la tecnica ortogonale. In questo caso sono necessarie tre esposizioni a 120° o intervallate di 60° . Nel caso di saldature per cui sia usata la tecnica a contatto (doppia parete e immagine singola), se il rapporto tra spessore e diametro esterno è superiore a 0,12, sono richieste almeno quattro esposizioni altrimenti possono essere usate tre esposizioni, purché tra le pellicole adiacenti vi sia una sovrapposizione utile di almeno 25 mm. La stessa sovrapposizione è richiesta nel caso di tecnica panoramica.

Quando siano impiegati isotopi radioattivi, le pellicole da usare, devono essere "a grana molto fine", corrispondenti ai tipi Agfa/Gevaert D4 o Kodak M, salvo diverso accordo con il Committente; qualora siano utilizzati raggi X, possono essere usate

pellicole a grana fine corrispondenti ai tipi Agfa/Gevaert D7 Kodak AA, purché, a giudizio del Committente, diano risultati soddisfacenti e conformi alla presente specifica. Il controllo delle saldature degli innesti nella parte più angolata, e quello delle saldature di curve con raggio di curvatura uguale al diametro e diametro inferiore a 4", sarà eseguito preferibilmente impiegando pellicole ad imballaggio singolo (con schermo incorporato) e larghezza non superiore a 60 mm.

Le pellicole devono avere dimensioni commerciali precisate nella descrizione della tecnica radiografica, e comunque di lunghezza non inferiore a 150 mm per tubi fino a 8" e non inferiore a 300 mm per tubi di diametro superiore.

Lo sviluppo dovrà essere conforme a quanto indicato dai fornitori delle pellicole e dei prodotti chimici usati. L'impiego di procedimenti diversi dovrà essere autorizzato dal Committente.

Gli schermi di rinforzo dovranno essere del tipo a piombo e devono avere punzonato in un angolo un numero progressivo per permetterne l'individuazione (quelli difettosi devono essere rimpiazzati). Schermi di tipo salino o fluorescente non sono ammessi, salvo che, in casi particolari, ne sia data autorizzazione dal Committente, dopo esito positivo di prove di qualifica.

Per il controllo della sensibilità delle radiografie devono essere usati idonei indicatori di qualità d'immagine (penetrametri). Radiografie senza penetrametri sono ammesse solo per saldature di diametro inferiore a 2" e tecnica a contatto, purché sia eseguita una radiografia campione, giudicata accettabile, da usare come riferimento.

Nel caso di tecnica di ripresa ellittica, i penetrametri devono essere posti dal lato della sorgente. Nel caso di tecnica panoramica devono essere usati almeno quattro penetrametri disposti sulla circonferenza a 90 ° fra loro.

Saranno usati generalmente penetrametri del tipo a fili; sulla radiografia deve risultare visibile un filo con diametro non superiore a quello indicato nei prospetti da B1 a B8 di seguito riportati (estratti dalla norma UNI EN ISO 17636). Nel caso di innesti o derivazioni potrà essere accettata una sensibilità inferiore, in considerazione della inevitabile distorsione. Penetrametri diversi da quelli suddetti non saranno usati, a meno d'autorizzazione del Committente.

Tecnica a singola parete; IQI dal lato sorgente.

prospetto B.1 **IQI a fili**

Qualità d'immagine di classe A	
Spessore nominale t mm	Indice IQI ¹⁾
fino a 1,2	W 18
oltre 1,2 fino a 2,0	W 17
oltre 2,0 fino a 3,5	W 16
oltre 3,5 fino a 5,0	W 15
oltre 5,0 fino a 7	W 14
oltre 7 fino a 10	W 13
oltre 10 fino a 15	W 12
oltre 15 fino a 25	W 11
oltre 25 fino a 32	W 10
oltre 32 fino a 40	W 9
oltre 40 fino a 55	W 8
oltre 55 fino a 85	W 7
oltre 85 fino a 150	W 6
oltre 150 fino a 250	W 5
oltre 250	W 4

1) Usando sorgenti di Ir 192 si possono accettare valori peggiori dell'indice IQI, come sotto indicato:
da 10 mm a 24 mm: fino a 2 valori;
oltre 24 mm e fino a 30 mm: fino ad 1 valore.

prospetto B.2 **IQI a gradini e fori**

Qualità d'immagine di classe A	
Spessore nominale t mm	Indice IQI ¹⁾
fino a 2,0	H 3
oltre 2,0 fino a 3,5	H 4
oltre 3,5 fino a 6	H 5
oltre 6 fino a 10	H 6
oltre 10 fino a 15	H 7
oltre 15 fino a 24	H 8
oltre 24 fino a 30	H 9
oltre 30 fino a 40	H 10
oltre 40 fino a 60	H 11
oltre 60 fino a 100	H 12
oltre 100 fino a 150	H 13
oltre 150 fino a 200	H 14
oltre 200 fino a 250	H 15
oltre 250 fino a 320	H 16
oltre 320 fino a 400	H 17
oltre 400	H 18

1) Usando sorgenti di Ir 192 si possono accettare valori peggiori dell'indice IQI, come sotto indicato:
da 10 mm a 24 mm: fino a 2 valori;
oltre 24 mm e fino a 30 mm: fino ad 1 valore.

Tecnica a singola parete; IQI dal lato sorgente.

prospetto B.3 **IQI a fili**

Qualità d'immagine di classe B	
Spessore nominale t mm	Indice IQI ¹⁾
fino a 1,5	W 19
oltre 1,5 fino a 2,5	W 18
oltre 2,5 fino a 4	W 17
oltre 4 fino a 6	W 16
oltre 6 fino a 8	W 15
oltre 8 fino a 12	W 14
oltre 12 fino a 20	W 13
oltre 20 fino a 30	W 12
oltre 30 fino a 35	W 11
oltre 35 fino a 45	W 10
oltre 45 fino a 65	W 9
oltre 65 fino a 120	W 8
oltre 120 fino a 200	W 7
oltre 200 fino a 350	W 6
oltre 350	W 5

1) Usando sorgenti di Ir 192 si possono accettare valori peggiori dell'indice IQI, come sotto indicato:
da 12 mm a 40 mm: fino ad 1 valore.

prospetto B.4 **IQI a gradini e fori**

Qualità d'immagine di classe B	
Spessore nominale t mm	Indice IQI ¹⁾
fino a 2,5	H 2
oltre 2,5 fino a 4	H 3
oltre 4 fino a 8	H 4
oltre 8 fino a 12	H 5
oltre 12 fino a 20	H 6
oltre 20 fino a 30	H 7
oltre 30 fino a 40	H 8
oltre 40 fino a 60	H 9
oltre 60 fino a 80	H 10
oltre 80 fino a 100	H 11
oltre 100 fino a 150	H 12
oltre 150 fino a 200	H 13
oltre 200 fino a 250	H 14

1) Usando sorgenti di Ir 192 si possono accettare valori peggiori dell'indice IQI, come sotto indicato:
da 12 mm a 40 mm: fino ad 1 valore.

Tecnica a doppia parete; doppia immagine; IQI dal lato sorgente.

prospetto B.5 IQI a fili

Qualità d'immagine di classe A	
Spessore attraversato $\#$ mm	Indice IQI
fino a 1,2	W 18
oltre 1,2 fino a 2	W 17
oltre 2 fino a 3,5	W 16
oltre 3,5 fino a 5	W 15
oltre 5 fino a 7	W 14
oltre 7 fino a 12	W 13
oltre 12 fino a 18	W 12
oltre 18 fino a 30	W 11
oltre 30 fino a 40	W 10
oltre 40 fino a 50	W 9
oltre 50 fino a 60	W 8
oltre 60 fino a 85	W 7
oltre 85 fino a 120	W 6
oltre 120 fino a 220	W 5
oltre 220 fino a 380	W 4
oltre 380	W 3

prospetto B.6 IQI a gradini e fori

Qualità d'immagine di classe A	
Spessore attraversato $\#$ mm	Indice IQI ¹⁾
fino a 1	H 3
oltre 1 fino a 2	H 4
oltre 2 fino a 3,5	H 5
oltre 3,5 fino a 5,5	H 6
oltre 5,5 fino a 10	H 7
oltre 10 fino a 19	H 8
oltre 19 fino a 35	H 9

1) Usando sorgenti di Ir 192 si possono accettare valori peggiori dell'indice IQI, come sotto indicato:
fino a 3,5 mm: fino a 2 valori;
oltre 3,5 mm e fino a 10 mm: fino ad 1 valore.

Tecnica a doppia parete; doppia immagine; IQI dal lato sorgente.

prospetto B.7 IQI a fili

Qualità d'immagine di classe B	
Spessore attraversato $\#$ mm	Indice IQI
fino a 1,5	W 19
oltre 1,5 fino a 2,5	W 18
oltre 2,5 fino a 4	W 17
oltre 4 fino a 6	W 16
oltre 6 fino a 8	W 15
oltre 8 fino a 15	W 14
oltre 15 fino a 25	W 13
oltre 25 fino a 38	W 12
oltre 38 fino a 45	W 11
oltre 45 fino a 55	W 10
oltre 55 fino a 70	W 9
oltre 70 fino a 100	W 8
oltre 100 fino a 170	W 7
oltre 170 fino a 250	W 6
oltre 250	W 5

prospetto B.8 IQI a gradini e fori

Qualità d'immagine di classe B	
Spessore attraversato $\#$ mm	Indice IQI ¹⁾
fino a 1	H 2
oltre 1 fino a 2,5	H 3
oltre 2,5 fino a 4	H 4
oltre 4 fino a 6	H 5
oltre 6 fino a 11	H 6
oltre 11 fino a 20	H 7
oltre 20 fino a 35	H 8

1) Usando sorgenti di Ir 192 si possono accettare valori peggiori dell'indice IQI, come sotto indicato:
da 4 mm a 11 mm: fino ad 1 valore.

Onde poter permettere di determinare l'effetto nocivo delle radiazioni diffuse (scattering), sul retro ed all'esterno del contenitore porta pellicole deve essere fissata la lettera in piombo "B", di spessore di circa 1,5 mm e altezza di circa 10 mm. In caso la lettera "B" appaia chiara su fondo più scuro, la radiografia deve essere considerata inaccettabile.

Un'immagine scura della lettera "B" su un fondo più chiaro non è considerata motivo di rigetto.

Al fine di consentire l'individuazione delle posizioni radiografiche sulla saldatura, a lato di questa deve essere avvolta sul tubo una banda graduata, la quale deve avere numeri in piombo spaziati di 100 mm o sua frazione. Inoltre sulla tubazione devono essere punzonati lo zero ed il senso di avvolgimento della banda: ad esempio convenzionalmente si può stabilire il senso di rotazione orario guardando il giunto da valle rispetto all'andamento fluidodinamico.

Ad ogni saldatura controllata va assegnato un numero distintivo, che deve comparire sulle radiografie della saldatura stessa ed essere riportato su un'apposita copia del disegno delle tubazioni.

Questo numero sarà anche riportato a vernice a fianco della saldatura.

Su ogni radiografia, oltre ai penetrametri e ai riferimenti con numeri delle posizioni, deve comparire, chiaramente impressionate a fianco della saldatura, l'indicazione (fissata al contenitore porta pellicole) del numero della saldatura.

Per ogni saldatura radiografata, le relative pellicole saranno contenute in una stessa copertina, su cui saranno indicati a cura dell'Appaltatore:

- Nome dell'Appaltatore
- Numero della saldatura
- Numero progressivo delle pellicole contenute nella copertina
- Posizione delle pellicole sul giunto nel caso di esposizione panoramica
- Sigla del saldatore
- Numero del disegno della tubazione
- Materiale del tubo
- Diametro e spessore nominale del tubo
- Eventuale giudizio precedente (per radiografie ripetute)
- Data di esecuzione della radiografia.
- Valutazione delle radiografie

Il giudizio del Committente riguarda sia la radiografia come tale (definizione, sensibilità, annerimento, ecc.) sia l'accettabilità dei difetti.

La radiografia dovrà avere sensibilità conforme a quanto richiesto sopra e grado di annerimento, nell'area di interesse (saldatura e materiale base visibile sulla pellicola), corrispondente a 2,0 minimo per radiografie eseguite con raggi X e 2,2 minimo per radiografie eseguite con raggi gamma. Per esposizioni con film composti, l'annerimento di ogni singolo film dovrà essere 1,3 minimo. In ogni caso l'annerimento massimo sarà 4,0.

Qualora, in casi particolari, le irregolarità superficiali della saldatura impedissero un'adeguata valutazione della radiografia, è facoltà del Committente richiedere la molatura del cordone e la ripetizione della radiografia.

In linea di principio non saranno ammessi difetti con annerimento superiore a quello esistente sul metallo base di spessore minore, salvo leggere incisioni marginali esterne. La valutazione relativa all'accettabilità dei difetti sarà eseguita sulla base della norma EN ISO 5817 livello A o B stabilito dal Progettista (in mancanza di tale definizione si applica il più restrittivo).

Per tutte le saldature di tubazioni ed in particolare per quelle con temperature di progetto ≤ -10 C, è particolarmente richiesta una prima passata regolare, esente da incisioni marginali e da sensibili discontinuità (come gocciolamenti, eccessiva penetrazione, difetti di ripresa).

Al termine del controllo radiografico e dopo la sua valutazione, dovrà essere emesso un verbale del controllo compilato dall'Appaltatore utilizzando un apposito modulo, elencando le singole pellicole (una per riga) secondo il loro numero progressivo e lasciando da compilare la parte riservata al giudizio del Committente.

Al fine di mantenere il monitoraggio di eventuali riparazioni, l'Appaltatore provvederà a compilare e tenere settimanalmente aggiornata una situazione in cui per ciascun saldatore saranno indicate le saldature radiografabili eseguite, quelle effettivamente radiografate e il numero delle riparazioni a lui imputabili. Inoltre, durante la scelta delle saldature da radiografare con controllo in percentuale, si dovrà tener conto della posizione, dell'accessibilità, nonché dell'aspetto della saldatura. Particolare attenzione meritano le saldature eseguite in opera. In questo caso la scelta delle saldature da radiografare sarà fatta dal Committente o da una persona competente da lui delegata. Le radiografie devono essere eseguite entro la giornata lavorativa successiva alla richiesta.

7.12.2.2 Gestione delle sorgenti radioattive

L'impresa cui è affidata l'esecuzione dei controlli radiografici deve ottemperare a tutte le disposizioni nelle località ove i controlli vengono eseguiti. In particolare, per quanto riguarda il controllo radiografico con isotopi, l'impresa dovrà dimostrare di essere in possesso di tutte le autorizzazioni previste dalla legislazione per la detenzione, l'impiego e il trasporto di sorgenti radioattive. L'Appaltatore sarà inoltre responsabile della sicurezza del personale della propria organizzazione e di tutto il personale operante nell'area di cantiere.

7.12.3 Controllo con ultrasuoni: UT

Il controllo ad ultrasuoni verrà eseguito secondo la norma UNI EN ISO 17640 con criteri di accettabilità secondo EN ISO 5817 livello A o B stabilito dal Progettista (in mancanza di tale definizione si applica il più restrittivo).

L'Appaltatore deve fornire al Committente per approvazione una descrizione della procedura di controllo, in accordo la norma UNI EN ISO 17640.

Il metodo nell'applicazione manuale potrà essere impiegato per spessori uguali o superiori a 12 mm di tubazioni in acciaio al carbonio anche per bassa temperatura o qualora i controlli radiografici non fossero considerati idonei ad assicurare un sufficiente grado di affidabilità (ad esempio quando viene impiegato un procedimento a fili continuo). Nel caso di impiego di nuove tecniche di controllo, ad esempio computerizzato, automatizzato ecc. (es. Code Case ASME 2235-9), lo spessore limite inferiore su cui applicare il controllo ultrasuoni può essere modificato, ma in ogni caso il Committente si riserva la facoltà di autorizzare e/o richiedere tale controllo in sostituzione o in aggiunta al controllo radiografico.

L'estensione del controllo ad ultrasuoni sarà lo stesso previsto per il controllo radiografico.

Al termine del controllo ultrasonoro, l'Appaltatore dovrà emettere un verbale, compilato sulla base di un apposito modulo, descrivendo tutti i parametri caratterizzanti il controllo quali: apparecchiatura e sonde impiegate, blocco di taratura, tecnica impiegata, liquido di accoppiamento impiegato ecc., nonché numero di identificazione della saldatura ed esito del controllo. Nel caso di riscontro di difetti non accettabili dovrà inoltre essere redatta la mappa del difetto con le coordinate necessarie per l'esatta individuazione e asportazione dello stesso.

7.12.4 Controllo con liquidi penetranti: PT

Il controllo con liquidi penetranti deve essere eseguito quando previsto dal codice di progettazione e/o dalle prescrizioni del Progettista; tale metodo potrà essere impiegato anche in sostituzione del controllo magnetoscopico.

L'Appaltatore deve fornire al Committente, per approvazione, una descrizione della procedura di controllo, in accordo alla norma UNI EN ISO 3452-1.

Il controllo sarà eseguito secondo metodologia qualificata, tenendo conto delle indicazioni del fornitore dei liquidi penetranti e di quanto indicato nelle norma UNI EN ISO 3452-1.

Per acciai inossidabili austenitici ed austeno-ferritici devono essere usati prodotti esenti da cloruri.

Al momento del controllo, la saldatura deve essere asciutta e adeguatamente pulita. Deve essere eseguito uno sgrassaggio superficiale con solventi o, quando vi sia ossido o vernice, decapaggio con apposita pasta e successivo lavaggio con acqua. Al momento dell'applicazione del liquido penetrante, la temperatura del giunto non deve superare 50° C e non essere inferiore a 10° C (a meno che siano usati speciali prodotti).

Il liquido penetrante dovrà rimanere sul giunto per il tempo indicato dal fabbricante e comunque almeno 10 minuti. Seguirà un'accurata asportazione dell'eccesso di liquido, l'asciugatura e quindi l'applicazione del rivelatore. Di regola saranno usati liquidi non fluorescenti.

La valutazione dei difetti sarà fatta solo dopo il prescritto tempo di permanenza del rivelatore.

Il controllo con liquidi penetranti non dovrà evidenziare difetti al di fuori dei criteri di accettabilità definiti dal progettista.

In nessun caso potranno essere accettate indicazioni che possano far supporre la presenza di cricche o mancanze di fusione.

In caso di indicazioni dubbie, il Committente potrà richiedere localmente la molatura del cordone e la ripetizione del controllo.

Qualora fossero rilevati difetti inaccettabili, essi devono essere asportati e, prima di iniziare il ripristino della saldatura, si deve ripetere il controllo, onde verificare la completa rimozione del difetto. A riparazione terminata dovrà essere ripetuto il controllo.

Al termine del controllo dovrà essere emesso un verbale compilato a cura dell'Appaltatore utilizzando un apposito modulo, descrivendo tutti i parametri caratterizzanti il metodo di controllo, quali: tipo di solvente impiegato per la pulizia, tipo e marca del penetrante, tipo e marca del rivelatore, tempo di penetrazione, tempo di rivelazione, temperatura del metallo ecc., nonché numero di identificazione della saldatura ed esito del controllo.

7.12.5 Controllo magnetoscopico: MT

Il controllo con particelle magnetiche deve essere eseguito quando previsto dal codice di progettazione e/o dalle prescrizioni del Progettista. Tale metodo potrà essere impiegato in sostituzione del controllo con liquidi penetranti per i materiali ferromagnetici.

L'Appaltatore deve fornire al Committente, per approvazione, una descrizione della procedura di controllo, in accordo alla norma UNI EN ISO 17638.

Il controllo sarà eseguito secondo metodologia qualificata, tenendo conto di quanto indicato nella norma UNI EN ISO 17638, nonché di eventuali indicazioni del Fornitore delle polveri magnetiche e dell'apparecchiatura.

Il controllo con particelle magnetiche non dovrà evidenziare difetti al di fuori dei criteri di accettabilità definiti dalla norma EN ISO 5817 livello A o B.

In nessun caso potranno essere accettate indicazioni che possano far supporre la presenza di cricche o mancanze di fusione.

In caso di indicazioni dubbie, il Committente potrà richiedere localmente la molatura del cordone e la ripetizione del controllo.

Qualora fossero rilevati difetti inaccettabili, essi devono essere asportati e, prima di iniziare il ripristino della saldatura, si deve ripetere il controllo onde verificare la completa rimozione del difetto. A riparazione terminata dovrà essere ripetuto il controllo.

Il metodo di controllo che impiega il giogo in linea generale, è preferito rispetto alla tecnica a puntali, allo scopo di evitare scariche elettriche sulla superficie dei tubi dovute a cattivo contatto.

Al termine del controllo dovrà essere emesso un verbale compilato a cura dell'Appaltatore utilizzando un apposito modulo, descrivendo tutti i parametri caratterizzanti il metodo di controllo, quali: il tipo solvente impiegato per la pulizia superficiale, il tipo di liquido di contrasto ed il suo colore, il tipo di particella

magnetica impiegata, tipo di apparecchiatura impiegata ecc., nonché numero di identificazione della saldatura ed esito del controllo.

7.12.6 Personale addetto ai controlli

Il personale incaricato dell'esecuzione dei controlli deve possedere adeguata conoscenza ed esperienza delle tecniche impiegate e deve essere titolare di certificazione di qualifica per i metodi utilizzati, che attesti il livello minimo di competenza richiesta (II livello secondo ISO 9712).

Il Committente si riserva di accertare quanto sopra mediante colloqui e/o prove pratiche da concordare con l'Appaltatore.

Gli apparecchi contenenti sostanze radioattive devono essere manipolati soltanto da personale autorizzato seguendo adeguati criteri antinfortunistici.

7.13 Controllo di durezza superficiale

Prove di durezza con apparecchio portatile saranno eseguite nei casi previsti dalla presente specifica in funzione dei tipi di materiale base ed in conformità alla norma UNI EN ISO 9015-1; in ogni caso su una stessa saldatura devono essere eseguite prove per ogni metro di saldatura, o sua frazione.

Nel caso di trattamento termico in forno, il controllo della durezza dovrà essere eseguito successivamente allo stesso.

L'Appaltatore dovrà fornire, per approvazione, al Committente una procedura descrittiva delle modalità di prova e delle apparecchiature che intende impiegare, precisando la preparazione delle superfici.

Il controllo della durezza sarà effettuato su un'area adeguatamente spianata al centro del cordone di saldatura (mediante mola e finitura con lima a grana fine).

Nel caso sia impiegato il metodo a percussione con sfera di 10 mm e barretta di comparazione (POLDI), l'impronta sulla barretta tarata a 70 Kg/mm non dovrà risultare inferiore a 3 mm. Su ciascuna impronta devono essere fatte 2 letture disposte a 90° e sarà presa in considerazione la media.

I valori di durezza riscontrati, dovranno essere indicati a cura dell'Appaltatore sui verbali di prova di durezza allegati alla procedura ed approvati dal cliente.

7.14 Riparazione dei difetti

Tutte le discontinuità che a seguito dei controlli eseguiti sono giudicate inaccettabili in base alle norme applicabili di accettabilità dei difetti ed alla presente specifica, devono essere asportate con un procedimento approvato dal Committente.

Ogni riparazione deve essere eseguita entro cinque giorni lavorativi dalla sua richiesta e successivamente devono essere ripetuti tutti i controlli previsti dalla presente specifica e/o dai disegni di progetto, isometrici, specifiche di linea ecc..

Qualora il giunto fosse stato giudicato da tagliare, la saldatura deve essere completamente asportata e devono essere ripristinati i lembi da saldare, avendo cura inoltre di asportare tutta la zona termicamente alterata del giunto iniziale. Eseguita la nuova saldatura devono essere ripetuti tutti i controlli previsti precedentemente.

Non è ammesso effettuare riparazioni di cui il committente non sia a conoscenza.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore responsabile dell'esecuzione delle saldature, deve presentare al Committente, per approvazione, la dettagliata procedura di riparazione che intende adottare .

La procedura di cui sopra deve chiaramente indicare, in dettaglio, le modalità di asportazione della parte difettosa e le modalità di esecuzione o ripristino della saldatura.

Il procedimento di saldatura di riparazione proposto deve essere precedentemente qualificato simulando le condizioni di lavoro che possono presentarsi in opera mediante l'esecuzione di giunti di prova opportunamente riparati, dei quali, dopo controllo non distruttivo, devono essere estratte le provette per prove meccaniche, secondo quanto previsto per la qualifica del procedimento della saldatura originaria.

Nel caso di riparazione di difetti localizzati nelle passate di riempimento e finitura, la cavità risultante, dopo l'asportazione della zona difettosa, la cui lunghezza minima deve essere di almeno 100 mm, deve essere riempita con processo 111, con tecnica ascendente e con le modalità previste nella WPS ed è obbligatorio l'impiego di elettrodi basici.

Nel caso di riparazione di difetti localizzati sulla prima passata, ove sia consentita la riparazione, la prima passata deve essere effettuata con tecnica ascendente e con un procedimento di saldatura che assicuri la regolare e costante penetrazione nel tratto riparato.

I saldatori destinati all'esecuzione delle riparazioni devono essere qualificati appositamente per tale scopo mediante esecuzione di saggi di prova che simulino le

possibili condizioni di lavoro. La qualifica dei saldatori deve essere eseguita secondo le stesse modalità previste per la qualifica dei saldatori destinati alle saldature di produzione.

E' facoltà del Committente, a suo insindacabile giudizio, derogare sulla qualifica dei saldatori addetti alle riparazioni, purché essi siano in possesso di qualifica fatta con l'impiego dello stesso procedimento di saldatura adottato per le riparazioni.

Nei casi in cui il trattamento termico è richiesto, esso deve essere eseguito dopo riparazione, secondo le modalità e nel rispetto delle prescrizioni indicate nelle specifiche di saldatura dei singoli materiali.

CAPITOLO 8

Qualifica dei saldatori

I saldatori devono essere preventivamente qualificati alla presenza di un Ente terzo approvato dal Committente, in conformità alla norma EN 287.1 - 2012. Nel caso di prove di qualifica da eseguire in cantiere, il Committente può autorizzare che esse siano eseguite, ma dovranno comunque essere presenziate e valutate da ispettore rappresentante di un Ente terzo. E' comunque facoltà del Committente assistere alle prove di qualifica eseguite in cantiere, pertanto egli dovrà essere preventivamente avvisato dell'esecuzione.

All'atto della presentazione dei certificati di qualifica all'Ispettore, verrà assegnata a ciascun saldatore una sigla di identificazione (costituita da numeri o lettere).

Tale sigla dovrà essere riportata sul tubo come previsto al punto 7.9.

A richiesta del Committente, la sigla del saldatore dovrà anche essere riportata sul casco o sull'indumento da lavoro, in modo che ogni saldatore sia identificabile, senza dover ricorrere alla richiesta di documenti di identificazione.

Sarà facoltà del Committente revocare la qualifica durante i lavori e dopo i primi controlli radiografici, o comunque qualora il saldatore dimostri di lavorare con insoddisfacente qualità.

8.1 Saggi di qualifica dei saldatori

La qualifica dei saldatori dovrà essere conforme alla norma EN 287.1-2012, e dovrà essere eseguita su giunti a piena penetrazione e/o giunti d'angolo in funzione della tipologia di giunti in cui saranno impiegati.

Il saggio di prova potrà essere eseguito sia su lamiera sia su tubo.

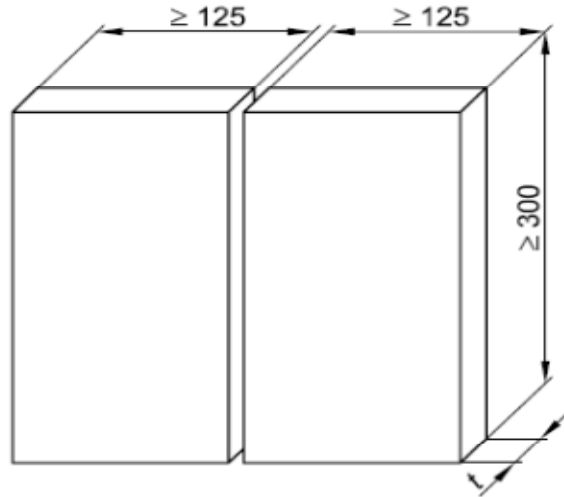
Di seguito vengono riportati i diversi tipi di saggi di qualifica da realizzare per effettuare la qualifica dei saldatori e le loro dimensioni minime.

Dimensioni del saggio di prova per un giunto testa a testa su lamiera

Legenda

t Spessore del materiale del saggio di prova

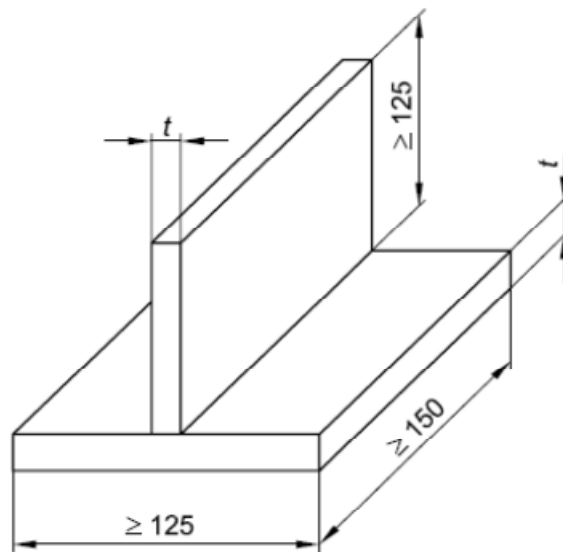
Dimensioni in millimetri



Dimensioni del saggio di prova per un giunto d'angolo su lamiera

Nota: i due elementi costituenti il saggio di prova possono essere di diverso spessore

Dimensioni in millimetri



t Spessore del materiale del saggio di prova

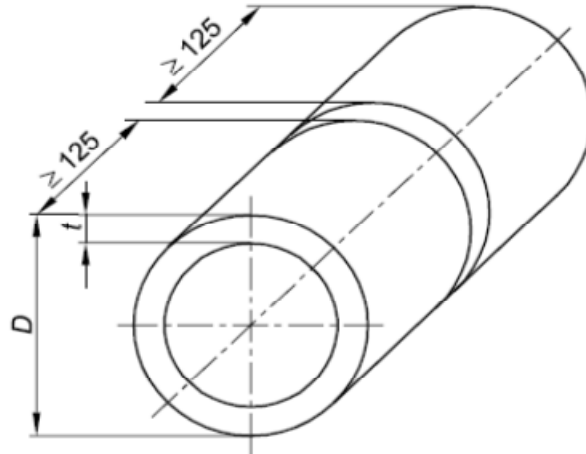
Dimensioni del saggio di prova per un giunto testa a testa su tubo

Legenda

D Diametro esterno del tubo

t Spessore del materiale del saggio di prova (spessore del tubo)

Dimensioni in millimetri



Dimensioni del saggio di prova per una saldatura d'angolo su tubo

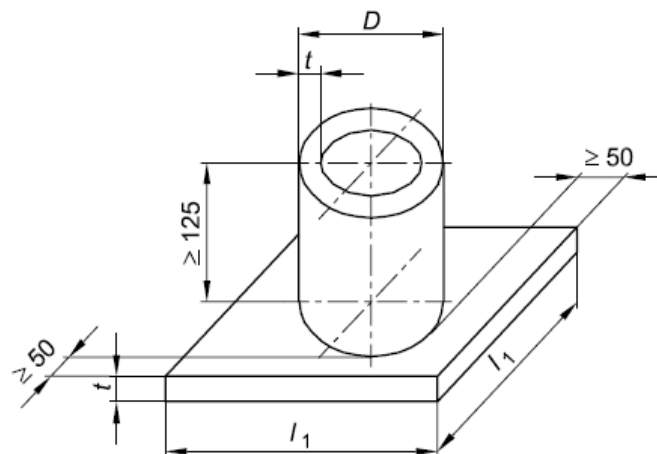
Legenda

D Diametro esterno del tubo

l_1 Lunghezza del saggio di prova

t Spessore del materiale del saggio di prova (lamiera o spessore del tubo); corrisponde allo spessore dell'elemento più sottile del giunto

Dimensioni in millimetri



Nota: i due elementi costituenti il saggio di prova possono essere di diverso spessore

8.1.1 Prove e test di qualifica

I saggi di qualifica dei saldatori devono essere sottoposti a controlli non distruttivi e a prove distruttive previste dalla norma EN 287.1 – 2012. Tali prove sono riportate nella tabella 12 (ricavata dal prospetto 10 della norma EN 287.1 – 2012) in funzione del tipo di giunto.

TABELLA 12 – Controlli non distruttivi e distruttivi da eseguire sui saggi di qualifica saldatori		
Tipo di saggio di qualifica	Giunto testa a testa	Giunti tubo-tronchetto e Saldature d'angolo
Esame visivo secondo EN ISO 17637	obbligatorio	obbligatorio
Controllo radiografico secondo EN 1435	obbligatorio a) b) d)	obbligatorio
Prova di piegamento secondo EN ISO 5173	obbligatorio a) b) f)	obbligatorio
Prova di frattura secondo EN 1320	obbligatorio a) b) f)	obbligatorio c) e)
<p>Deve essere eseguito il controllo radiografico o le prove di piegamento o le prove di frattura. Quando si utilizza il metodo di prova radiografico, due prove supplementari di piegamento o di frattura sono obbligatorie per i procedimenti di saldatura 131, 135, 138.</p> <p>Le prove di frattura possono essere sostituite da un esame macroscopico secondo la EN 1321 su almeno due sezioni.</p> <p>Solo per gli acciai ferritici di spessore ≥ 8 mm, il controllo radiografico può essere sostituito da un controllo ultrasonoro secondo la EN ISO 17640.</p> <p>Le prove di frattura sui tubi possono essere sostituite da un controllo radiografico.</p> <p>Per i tubi di diametro esterno $D \leq 25$ mm, le prove di piegamento o di frattura possono essere sostituite da una prova di trazione con intaglio del saggio di prova completo (un esempio è indicato nella figura 8</p>		

I criteri di accettabilità delle prove non distruttive eseguite dovranno soddisfare i requisiti della norma europea EN ISO 5817 livello B, eccetto che per le seguenti imperfezioni: sovrametallo eccessivo, convessità eccessiva, spessore di gola eccessivo e penetrazione eccessiva, per i quali dovrà essere applicato il livello C.

Le prove di piega quando richieste, per essere considerate accettabili non devono mostrare singoli difetti con dimensioni $\geq 3,00$ mm in qualsiasi direzione. Eventuali difetti che si manifestano ai bordi di un provino durante la prova, non devono essere

considerati nella valutazione, a meno che non risulti che le rotture sono dovute ad incompleta penetrazione, scoria o altri difetti.

8.1.2 Campi di spessori qualificati

Il campo di spessori qualificati viene determinato sulla base dello spessore impiegato nella qualifica del saldatore.

Di seguito vengono riportate le tabelle 13 e 14 (ricavate rispettivamente dal prospetto 4 e 6 della norma EN 287-1 2012), in cui sono fissati i campi di spessori qualificati rispettivamente per i giunti di testa a piena penetrazione e per i giunti d'angolo.

Nel caso che la qualifica del saldatore per giunti di testa a piena penetrazione sia stata realizzata con più processi, occorre tenere in considerazione il contributo di spessore (t) depositato con ogni processo impiegato, entrando nella tabella con il singolo deposito per ogni processo e determinando il campo di qualifica di ogni processo stesso.

Nel caso della saldatura di tubo tronchetto su tubo, i criteri di spessore del materiale ai quali si applica la tabella 14 sono i seguenti:

- Tronchetto appoggiato: lo spessore da prendere in considerazione sarà quello del tubo tronchetto;
- Tronchetto inserito o passante: lo spessore da prendere in considerazione sarà quello del tubo principale o del mantello in cui è inserito il tubo tronchetto.

Nel caso in cui i saggi di prova siano composti da due parti di differente spessore, il saldatore sarà qualificato nei due campi di spessore secondo la tabella 13 in cui si entrerà con entrambi gli spessori saldati.

Tabella 13 – Campo di validità della qualifica per lo spessore di materiale per giunti testa a testa	
Spessore t (mm)	Campo di validità della qualifica (mm)
$t < 3,00$	da t a 2 t
$3,00 \leq t \leq 12,00$	da 3,00 a 2 t
$t > 12,00$	$\geq 5,00$

Tabella 14 – Campo di validità della qualifica per lo spessore di materiale per giunti d'angolo	
Spessore t (mm)	Campo di validità della qualifica (mm)
$t < 3,00$	da t a 3,00
$t \geq 3,00$	$\geq 3,00$

8.1.3 Campo di diametri qualificati

Il campo dei diametri qualificati viene determinato sulla base del diametro impiegato nella qualifica del saldatore.

Di seguito viene riportata la tabella 15 (ricavata dal prospetto 5 della norma EN 287-1 2012), in cui sono fissati i campi di diametri qualificati.

Nel caso della saldatura di tubo tronchetto su tubo, il diametro esterno del tubo tronchetto è il valore al quale si applica la tabella 15 sia per il tronchetto appoggiato che per il tronchetto inserito o passante.

Nel caso in cui i saggi di prova siano composti da due parti di differente diametro il saldatore sarà qualificato nei due campi di diametri secondo la tabella 15 in cui si entrerà con entrambi i diametri saldati.

Tabella 15 – Campo di validità della qualifica per il diametro esterno del tubo	
Diametro esterno del tubo del saggio di prova D (mm)	Campo di validità della qualificazione (mm)
$D \leq 25,00$	da D a 2 D
$D > 25,00$	$\geq 0,5 D$ (25 min.) e lamiera

La qualifica eseguita su lamiera abilita il saldatore anche per saldature su tubo con diametro ≥ 500 mm per tutte le posizioni di saldatura, e con diametro ≥ 150 mm solo per le posizioni di saldatura PA – PB - PC.

8.1.4 Campo di qualifica del tipo di giunto

In funzione del tipo di giunto realizzato durante la qualifica si applica il seguente campo di impiego:

- la qualifica realizzata su giunti di testa qualifica tutti i tipi di giunti di testa ed i giunti d'angolo ma solo quando in produzione la maggioranza dei giunti è costituita da giunti testa a testa;
- nel caso in cui in produzione la maggioranza dei giunti è costituita da giunti d'angolo, la qualifica del saldatore deve essere eseguita su un giunto d'angolo;
- la qualifica realizzata su giunti di testa senza sostegno qualifica i giunti tubotronchetto con un angolo $\geq 60^\circ$.

In funzione del particolare di saldatura e del numero di passate realizzate durante l'esecuzione del saggio di qualifica nelle seguenti tabelle 16 e 17 ricavate rispettivamente dai rispettivi prospetti 8 e 9 sono indicati i campi di qualifica.

Tabella 16 – Campo di validità della qualifica per il particolare di saldatura dei giunti testa a testa			
Particolari di saldatura del saggio di prova	Saldatura da un solo lato senza sostegno a rovescio	Saldatura da un solo lato con sostegno a rovescio	Saldatura da entrambi i lati
Saldatura da un solo lato senza sostegno a rovescio	x	X	x
Saldatura da un solo lato con sostegno a rovescio	-	X	x
Saldatura da entrambi i lati	-	X	x

Tabella 17 – Campo di validità della qualifica per il numero di strati dei giunti d'angolo		
Saggio di prova	Campo di validità della qualifica	
	Strato singolo	Strati multipli
Strato singolo	x	-
Strati multipli	x	x

8.1.5 Campo di qualifica della posizione di saldatura

Le posizioni di saldatura, in cui è qualificato il saldatore, vengono determinate in funzione della posizione del giunto eseguito durante la qualifica. Di seguito viene riportata la tabella 18 estratta dal prospetto 7 della norma EN 287.1-2012, da cui è possibile ricavare le posizioni per cui il saldatore è abilitato.

Le qualifiche eseguite su tubi nelle posizioni J-L045 o H-L045 qualificano il saldatore per giunzioni su tubo con qualsiasi angolo.

L'esecuzione di due qualifiche saldatore su tubi, una nella posizione PC e una nella posizione PF della stesso diametro, coprono il campo di validità della posizione H-L045

L'esecuzione di due qualifiche saldatore su tubi, una nella posizione PC e una nella posizione PG della stesso diametro, coprono il campo di validità della posizione J-L045.

Tabella 18 – Campo di validità qualifica per le posizioni di saldatura											
Pos. Saggio di prova	Campo di validità della qualifica										
	PA	PBa)	PC	PDa)	PE	PF (lam.)	PH (tubo)	PG (lam.)	PJ (tubo)	H- L045	J-L045
PA	X	x	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PBa)	X	x	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PC	X	x	x	/	/	/	/	/	/	/	/
PDa)	X	x	x	x	x	x	/	/	/	/	/
PE	X	x	x	x	x	x	X	/	/	/	/
PF (lam.)	X	x	/	/	/	x	/	/	/	/	/
PH (tubo)	X	x	/	x	x	x	X	/	/	/	/
PG (lam.)	/	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/
PJ (tubo)	X	x	/	x	x	/	/	X	x	/	/
H-L045	X	x	x	x	x	x	X	/	/	x	/
J-L045	X	x	x	x	x	/	/	X	x	/	x

a) Le posizioni di saldatura PB e PD sono utilizzate solo per le saldature d'angolo e qualificano solo saldature d'angolo in altre posizioni di saldatura.
x : posizioni di saldatura qualificate

8.1.6 Raggruppamento del materiale base

Al fine di ridurre il numero di qualifiche richieste, gli acciai, il nickel e le leghe di nickel sono raggruppati secondo la norma EN CR ISO 15608.

Il tipo ed il grado di prova dovrà essere compreso nei gruppi fra quelli elencati nella tabella 19 (ricavata dal prospetto 2 della norma EN 287-1 2012); nel caso in cui i saggi di prova siano composti da materiali non compresi nel sistema di raggruppamento citato, la prova di qualifica avrà campo di validità solo per gli specifici materiali impiegati.

Il campo di validità della prova di qualifica sarà determinato in base ai gruppi dei materiali del saggio di prova sulla tabella 19 di seguito riportata.

TABELLA 19 – Validità della qualifica rispetto al materiale base														
Gruppo del materiale del saggio di prova(CR ISO 15608)	Campo di validità della qualificazione													
	1.1										9			
	1.2	1.3	2	3	4	5	6	7	8	9,1	9.2	10	11	
	1.4										9.3			
1.1 – 1.2-1.4	x	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
1.3	x	x	x	x	/	/	/	/	/	x	/	/	x	
2	x	x	x	x	/	/	/	/	/	x	/	/	x	
3	x	x	x	x	/	/	/	/	/	x	/	/	x	
4	x	x	x	x	X	x	x	x	/	x	/	/	x	
5	x	x	x	x	X	x	x	x	/	x	/	/	x	
6	x	x	x	x	X	x	x	x	/	x	/	/	x	
7	x	x	x	x	X	x	x	x	/	x	/	/	x	
8	/	/	/	/	/	/	/	/	x	/	x	x	/	
9	9,1	x	x	x	x	/	/	/	/	/	x	/	/	x
	9.2 - 9.3	x	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	/	/
10	/	/	/	/	/	/	/	/	x	/	x	x	/	
11	x	x	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	

x : gruppi di materiali qualificati

8.1.7 Campo dei materiali d'apporto qualificati

Il campo di materiali d'apporto qualificati viene stabilito sulla base della tabella 20 (ricavata dal prospetto 3 della norma EN 287-1 2012), in cui sono fissati i campi di validità qualificati.

In funzione del processo impiegato durante la prova di qualifica e del tipo di consumabile viene fornito il relativo campo di copertura.

Nel caso durante la qualifica del saldatore vengano impiegati materiali d'apporto appartenenti ai gruppi 8 o 10 per la saldatura di metalli dissimili, sono coperte tutte le combinazioni dei gruppi di materiali base 8 o 10 con gli altri gruppi della tabella 19.

Tabella 20 – Campo di validità della qualifica per il materiale d'apporto					
Dati del saggio di qualifica eseguito		Campo di validità della qualifica			
Procedimento di saldatura	Materiale d'apporto impiegati nella prova	A, RA, RB, RC, RR, R		B	C
111	A, RA, RB, RC, RR, R	X		/	/
	B	X		x	/
	C	/		/	x
-	-	Filo pieno (S)	Elettrodo animato (M)	Elettrodo animato (B)	Elettrodo animato (R, P, V, W, Y, Z)
131 – 135	filo pieno (S)	X	x	/	/
136 - 141	elettrodo animato (M)	X	x	/	/
136	elettrodo animato (B)	/	/	x	x
114 - 136	Elettrodo animato (R, P, V, W, Y, Z)	/	/	/	x
Nota) Il tipo di materiale d'apporto utilizzato nella prova di qualificazione per l'esecuzione della prima passata al vertice senza sostegno è il tipo di metallo d'apporto qualificato per la saldatura della passata al vertice in produzione.					
x : gruppi di materiali d'apporto qualificati					

8.1.8 Variabili essenziali della qualifica saldatore

Relativamente alla qualifica dei saldatori, le variabili essenziali, cioè le condizioni che al loro mutare richiedono una nuova qualifica, sono riportate di seguito, distinte per tipo di processo.

8.1.8.1 Variabili essenziali

- Cambiamento del processo di saldatura impiegato nella prova di qualificazione ad eccezione del passaggio da filo pieno (processo 135) al filo elettrodo animato di tipo M (processo 138) e viceversa;
- La prova di qualifica eseguita con materiale d'apporto per il processo 141 qualifica il saldatore anche per la saldatura senza materiale d'apporto ma non viceversa.

CAPITOLO 9

Saggi di qualifica per gli operatori di macchina

Le qualifiche degli operatori di macchina riguardano il personale addetto all'impiego delle macchine per la saldatura in arco sommerso (121).

Queste qualifiche sono soggette alla norma EN 1418 ed in particolare al metodo previsto dalla norma: qualificazione basata su una prova di procedura di saldatura. Infatti un operatore di saldatura otterrà la qualificazione dopo aver eseguito con esito soddisfacente una prova di procedura di saldatura.

9.1 Variabili essenziali della qualifica

Nell'ambito di applicazione della procedura di saldatura su cui è stata eseguita la prova non ci sono limitazioni alla qualifica dell'operatore ad eccezione delle seguenti variabili essenziali riportate di seguito:

- variazione del processo di saldatura rispetto a quello di qualifica;
- variazione del tipo di unità di saldatura.

CAPITOLO 10

Saldatura dei supporti delle tubazioni

La saldatura dei supporti sulle tubazioni dovrà essere considerata della stessa importanza delle saldature in pressione. Quindi sono interamente applicabili tutte le variabili descritte dalla presente specifica anche in funzione del processo di saldatura adottato. Tali prescrizioni sono valide anche per le saldature di costruzione del supporto.

I processi ammessi per le saldature fra supporto e tubazione nonché per la costruzione dei supporti stessi sono i seguenti: 111, 131, 135, 136 e 138.

Dovranno essere emesse le relative specifiche di saldatura supportate da qualifiche di procedimento eseguite su giunti a piena penetrazione in accordo alla norma EN 15614.1, ed occorrerà tenere in considerazione il fatto che non è consentito saldare, direttamente sulle tubazioni materiali, relativi a supporti non omogenei con la tubazione stessa. Sono ammessi elementi di transizione quali piastre, staffe ecc., saldate sulla tubazione ma di materiale omogeneo e su queste è possibile saldare il supporto di materiale eterogeneo.

Nel caso di supporti collegati alla tubazione mediante giunto non saldato occorrerà prevedere l'impiego di materiale plastico di transizione, tipo teflon per evitare lo sfregamento metallico del supporto serrato sulla tubazione.

I saldatori dovranno essere qualificati con le stesse condizioni di quelli che sono impiegati per la costruzione del piping.

I controlli non distruttivi relativamente alle saldature sulle tubazioni in pressione dovranno essere dello stesso tipo e con la stessa estensione prevista per la tubazione su cui dovranno essere saldati.

I controlli non distruttivi relativi alle saldature di costruzione dei supporti dovranno essere stabiliti di volta in volta dal progettista in funzione del grado di sollecitazione del supporto stesso, ma non dovranno essere mai inferiori in estensione al 10% delle saldature eseguite.

Il Committente si riserva comunque la facoltà di variare tale percentuale tenendo conto delle indicazioni del progettista.

INDICE GENERALE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1: Scopo	3
CAPITOLO 2: Campo di applicazione	4
CAPITOLO 3: Codici e norme di riferimento	5
CAPITOLO 4: Processi di saldatura	7
4.1 Processi di saldatura	7
<i>4.1.1 Variabili essenziali</i>	8
<i>4.1.2 Variabili essenziali supplementari</i>	10
4.2 Processi di saldatura 141: Saldatura ad arco in gas inerte con elettrodo in tungsteno (Saldatura TIG)	11
<i>4.2.1 Campo d'impiego</i>	11
<i>4.2.2 Descrizione del processo</i>	11
<i>4.2.3 Modalità operative</i>	12
<i>4.2.4 Variabili di procedimento</i>	12
4.2.4.1 Variabili essenziali	12
4.2.4.2 Variabili essenziali supplementari.....	13
4.3 Processi di saldatura 111: Saldatura ad arco con elettrodi rivestiti	13
<i>4.3.1 Campo d'impiego</i>	13
<i>4.3.2 Descrizione del processo</i>	14
<i>4.3.3 Modalità operative</i>	15
<i>4.3.4 Variabili di procedimento</i>	15
4.3.4.1 Variabili essenziali	15

4.3.4.2 Variabili essenziali supplementari	15
4.4 Processi di saldatura 131 – Saldatura ad arco in gas inerte con filo elettrodo fusibile (Saldaura MIG) e 135 – Saldatur ad arco in gas protettivo attivo con filo elettrodo fusibile (saldatura MAG).....	16
4.4.1 Campo d'impiego	16
4.4.2 Descrizione del processo	16
4.4.3 Modalità operative	17
4.4.4 Variabili di procedimento	18
4.4.4.1 Variabili essenziali	18
4.4.4.2 Variabili essenziali supplementari	18
4.5 Processi di saldatura 136 – Saldatura ad arco in gas protettivo attivo con filo elettrodo animato.....	18
4.5.1 Campo d'impiego	18
4.5.2 Descrizione del processo	18
4.5.3 Modalità operative	19
4.5.4 Variabili di procedimento	19
4.5.4.1 Variabili essenziali.....	19
4.5.4.2 Variabili essenziali supplementari	19
4.6 Processi di saldatura 121: Saldatura ad arco sommerso con filo elettrodo singolo	20
4.6.1 Campo d'impiego	20
4.6.2 Descrizione del processo	20
4.6.3 Modalità operative	21
4.6.4 Variabili di procedimento	21
4.6.4.1 Variabili essenziali.....	21
4.6.4.2 Variabili essenziali supplementari	21

CAPITOLO 5: Documentazione iniziale	23
CAPITOLO 6: Qualifiche dei procedimenti di saldatura	24
6.1 Tipi dei saggi di qualifica procedimento	24
6.2 Scelta del Materiale Base	27
<i>6.2.1 Raggruppamento del Materiale Base</i>	27
<i>6.2.2 Campo di spessori qualificati</i>	30
<i>6.2.3 Campo di diametri qualificati</i>	32
<i>6.2.4 Scelta della posizione di qualifica del procedimento</i>	32
6.3 Scelta del Materiale d'apporto	32
<i>6.3.1 Raggruppamento dei materiali d'apporto</i>	33
6.4 Prove e test di qualifica	33
<i>6.4.1 Prove non Distruttive</i>	33
<i>6.4.2 Prove Distruttive</i>	34
6.4.2.1 Posizione di prelievo provini per un giunto testa a testa su lamiera	35
6.4.2.2 Posizione di prelievo provini per un giunto testa a testa su tubo	36
6.4.2.3 Posizione di prelievo provini per un giunto di testa a T	37
6.4.2.4 Posizione di prelievo provini per un giunto tubo-tronchetto o per saldature d'angolo su tubo	37
<i>6.4.3 Prove e requisiti supplementari</i>	42
6.4.3.1 Acciaio al carbonio per basse temperature	42
6.4.3.2 Acciai inossidabili austenitici	43
6.4.3.3 Acciai inossidabili austeno-ferritici (duplex e superduplex)	43
CAPITOLO 7: Prescrizioni generali di costruzione	45
7.1 Preparazione dei lembi da saldare (cianfrini)	45
7.2 Preparazione dei lembi	49

7.2.1 Acciai al carbonio e per bassa temperatura	49
7.2.2 Acciai inossidabili austenitico e austeno-ferritici (duplex e superduplex)	49
7.3 Pulizia dei lembi	50
7.3.1 Acciai al carbonio e per basse temperature	50
7.3.2 Acciai inossidabili austenitico e austeno-ferritici (duplex e super-duplex)	50
7.4 Accoppiamento e fit-up.....	50
7.4.1 Acciai al carbonio	51
7.4.2 Acciai al carbonio per basse temperature	52
7.4.3 Acciai inossidabili austenitico e austeno-ferritici.....	53
7.4.4 Giunti eterogenei.....	54
7.5 Preriscaldamento.....	54
7.5.1 Acciai al carbonio	55
7.5.2 Acciai al carbonio per basse temperature	55
7.5.3 Acciai inossidabili austenitico e austeno-ferritici (duplex e super-duplex)	56
7.6 Scelta del materiale d'apporto	56
7.6.1 Acciai al carbonio per basse temperature	58
7.6.2 Acciai inossidabili austenitico e austeno-ferritici giunti eterogenei inossidabili/acciai al carbonio	58
7.7 Gas di protezione	60
7.8 Posizioni di saldatura	60
7.9 Saldatura.....	63
7.9.1 Acciai al carbonio e per basse temperature	65
7.9.2 Acciai inossidabili austenitico e austeno-ferritici.....	65

7.9.3	<i>Condizioni metereologiche</i>	67
7.10	Post-riscaldamento	67
7.10.1	<i>Acciai al carbonio e a basse temperature</i>	67
7.10.2	<i>Acciai inossidabili austenitico e austeno-ferritici</i>	68
7.11	Trattamento termico	68
7.11.1	<i>Prescrizioni generali</i>	68
7.11.2	<i>Modalità esecutive</i>	68
7.11.3	<i>Acciai al carbonio</i>	71
7.11.4	<i>Acciai al carbonio per basse temperature</i>	71
7.11.5	<i>Acciai inossidabili austenitici e austeno-ferritici</i>	72
7.11.6	<i>Giunti eterogenei</i>	72
7.12	Controlli non distruttivi	72
7.12.1	<i>Controllo visivo: VT</i>	73
7.12.2	<i>Controllo radiografico: RT</i>	73
7.12.2.1	<i>Tecnica e modalità esecutiva</i>	74
7.12.2.2	<i>Gestione delle sorgenti radioattive</i>	80
7.12.3	<i>Controllo con ultrasuoni: UT</i>	80
7.12.4	<i>Controllo con liquidi penetranti: PT</i>	81
7.12.5	<i>Controllo magnetoscopico: MT</i>	82
7.12.6	<i>Personale addetto ai controlli</i>	83
7.13	Controlli di durezza superficiale	83
7.14	Riparazione dei difetti	84
CAPITOLO 8: Qualifica dei saldatori		86
8.1	Saggi di qualifica dei saldatori	86
8.1.1	<i>Prove e test di qualifica</i>	89

<i>8.1.2 Campi di spessori qualificati</i>	90
<i>8.1.3 Campi di diametri qualificati</i>	91
<i>8.1.4 Campi di qualifica del tipo del giunto</i>	91
<i>8.1.5 Campi di qualifica della posizione di saldatura</i>	93
<i>8.1.6 Raggruppamento del materiale base</i>	94
<i>8.1.7 Campo dei materiali d'apporto qualificati</i>	95
<i>8.1.8 Variabili essenziali della qualifica saldatore</i>	96
8.1.8.1 Variabili essenziali.....	96
CAPITOLO 9: Saggi di qualifica per gli operatori di macchina	97
9.1 Variabili essenziali della qualifica	97
CAPITOLO 10: Saldatura dei supporti della tubazioni	98