




**SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI  
FERROVIARI**


<b>Parte</b>	<b>Titolo</b>
<b>PARTE I</b>	I.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE I.2 DOCUMENTAZIONE CORRELATA I.3 DEFINIZIONI I.4 SIMBOLI E ABBREVIAZIONI
<b>PARTE II</b>	II.1 SOLLECITAZIONI AMMISSIBILI II.2 PRESCRIZIONI CONCERNENTI I PARTICOLARI STRUTTURALI II.3 PROCEDIMENTI DI SALDATURA II.4 QUALIFICAZIONE DELLE SPECIFICHE DI PROCEDURA DELLE SALDATURE II.5 QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE IMPIEGATO NELLE ATTIVITA' DI SALDATURA II.6 MODALITA' ESECUTIVE DELLE SALDATURE II.7 SALDATURE IN FASE DI MONTAGGIO IN CANTIERE II.8 MODALITA' ESECUTIVE DEI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI II.9 ESTENSIONE DEI CONTROLLI II.10 QUALITA' DELLE SALDATURE E CRITERI DI ACCETTABILITA' DEI DIFETTI II.11 MODALITA' DI RIPARAZIONE II.12 VERIFICHE SU TALLONI DI PRODUZIONE II.13 RESOCONTO DELLE ATTIVITA' DI SALDATURA


Rev.	Data	Descrizione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	20-10-99	Emissione per applicazione	Di Mambro Giovanni Giangrande Cinzia	Mele Raffaele


 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
ALLEGATI : N. 3		
<b>PARTE I</b>		
<b>I.1</b>	<b>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE</b>	
5	I.1.1 REQUISITI DEL COSTRUTTORE	6
<b>1.2</b>	<b>DOCUMENTAZIONE CORRELATA</b>	7
<b>I.3</b>	<b>DEFINIZIONI</b>	
9	<b>I.4</b>	<b>SIMBOLI E ABBREVIAZIONI</b>
10	<b>PARTE 2</b>	
<b>II.1</b>	<b>SOLLECITAZIONI AMMISSIBILI</b>	11
<b>II.2</b>	<b>PRESCRIZIONI CONCERNENTI I PARTICOLARI STRUTTURALI</b>	
	<b>E LE GIUNZIONI SALDATE</b>	12
	II.2.1 Indicazioni di carattere generale: aspetti progettuali	12
	II.2.2 Indicazioni di carattere generale: aspetti costruttivi	16
	II.2.3 Raccomandazioni relative ai particolari delle giunzioni saldate : preparazione dei lembi	17
<b>II.3</b>	<b>PROCEDIMENTI DI SALDATURA</b>	18
	II.3.1 Generalità	18
	II.3.2 Specifiche di procedura di saldatura	18
	II.3.3 Procedimenti applicabili	19
	II.3.3.1 Considerazioni sui materiali d'apporto	19
	II.3.3.2 Procedimento di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti	20
	II.3.3.3 Procedimento di saldatura automatica ad arco sommerso	20
	II.3.3.4 Procedimento di saldatura con filo animato con protezione di gas	20
	II.3.3.5 Procedimento di saldatura dei connettori : piolatura	20


 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<b>II.4</b>	<b>QUALIFICAZIONE DELLE SPECIFICHE DI PROCEDURA DELLE</b> <b>SALDATURE</b>  II.4.1 Generalità  II.4.2 Approvazione delle specifiche di procedura di saldatura II.4.2.1 Prove di qualificazione delle procedure di saldatura II.4.2.2 Materiali omologati II.4.2.3 Piolatura	22  22  22  22  22

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>																																																																																								
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>																																																																																								
<table border="0"> <tr> <td><b>II.5</b></td> <td><b>QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE IMPIEGATO NELLE ATTIVITA'</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>DI SALDATURA</b></td> <td><b>23</b></td> </tr> <tr> <td>II.5.1</td> <td>Addetti al coordinamento</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>II.5.2</td> <td>Saldatori ed operatori di saldatura</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td><b>II.6</b></td> <td><b>MODALITA' ESECUTIVE DELLE SALDATURE.</b></td> <td><b>24</b></td> </tr> <tr> <td>II.6.1</td> <td>Generalità</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>II.6.2</td> <td>Temperature di preriscaldamento e di interpass</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>II.6.3</td> <td>Prescrizioni particolari</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td><b>II.7</b></td> <td><b>SALDATURE IN FASE DI MONTAGGIO IN CANTIERE</b></td> <td><b>30</b></td> </tr> <tr> <td><b>II.8</b></td> <td><b>MODALITA' ESECUTIVE DEI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI</b></td> <td><b>31</b></td> </tr> <tr> <td>II.8.1</td> <td>Prescrizioni generali</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>II.8.1.1</td> <td>Qualificazione del personale addetto ai controlli non distruttivi</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>II.8.2</td> <td>Modalità di esecuzione</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.1</td> <td>Esame visivo</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.2</td> <td>Controllo magnetoscopico</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.3</td> <td>Controllo con liquidi penetranti</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.4</td> <td>Esame radiografico</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.5</td> <td>Esame ultrasonoro</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.5.1</td> <td>Tarature di sensibilità</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.5.2</td> <td>Blocco campione</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.5.3</td> <td>Modalità esecutive</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>II.8.2.5.4</td> <td>Registrazione dei riflettori</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>II.8.3</td> <td>Controllo piolatura</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td><b>II.9</b></td> <td><b>ESTENSIONE DEI CONTROLLI</b></td> <td><b>34</b></td> </tr> <tr> <td>II.9.1</td> <td>Esame visivo</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>II.9.2</td> <td>Controlli strumentali</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>II.9.2.1</td> <td>Giunti con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>II.9.2.2</td> <td>Giunti a piena penetrazione</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>II.9.3</td> <td>Intensificazione dei controlli per esito negativo</td> <td>35</td> </tr> </table>			<b>II.5</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE IMPIEGATO NELLE ATTIVITA'</b>			<b>DI SALDATURA</b>	<b>23</b>	II.5.1	Addetti al coordinamento	23	II.5.2	Saldatori ed operatori di saldatura	23	<b>II.6</b>	<b>MODALITA' ESECUTIVE DELLE SALDATURE.</b>	<b>24</b>	II.6.1	Generalità	24	II.6.2	Temperature di preriscaldamento e di interpass	25	II.6.3	Prescrizioni particolari	27	<b>II.7</b>	<b>SALDATURE IN FASE DI MONTAGGIO IN CANTIERE</b>	<b>30</b>	<b>II.8</b>	<b>MODALITA' ESECUTIVE DEI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI</b>	<b>31</b>	II.8.1	Prescrizioni generali	31	II.8.1.1	Qualificazione del personale addetto ai controlli non distruttivi	31	II.8.2	Modalità di esecuzione	31	II.8.2.1	Esame visivo	31	II.8.2.2	Controllo magnetoscopico	31	II.8.2.3	Controllo con liquidi penetranti	31	II.8.2.4	Esame radiografico	31	II.8.2.5	Esame ultrasonoro	32	II.8.2.5.1	Tarature di sensibilità	32	II.8.2.5.2	Blocco campione	32	II.8.2.5.3	Modalità esecutive	32	II.8.2.5.4	Registrazione dei riflettori	32	II.8.3	Controllo piolatura	33	<b>II.9</b>	<b>ESTENSIONE DEI CONTROLLI</b>	<b>34</b>	II.9.1	Esame visivo	34	II.9.2	Controlli strumentali	34	II.9.2.1	Giunti con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione	34	II.9.2.2	Giunti a piena penetrazione	34	II.9.3	Intensificazione dei controlli per esito negativo	35
<b>II.5</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE IMPIEGATO NELLE ATTIVITA'</b>																																																																																								
	<b>DI SALDATURA</b>	<b>23</b>																																																																																							
II.5.1	Addetti al coordinamento	23																																																																																							
II.5.2	Saldatori ed operatori di saldatura	23																																																																																							
<b>II.6</b>	<b>MODALITA' ESECUTIVE DELLE SALDATURE.</b>	<b>24</b>																																																																																							
II.6.1	Generalità	24																																																																																							
II.6.2	Temperature di preriscaldamento e di interpass	25																																																																																							
II.6.3	Prescrizioni particolari	27																																																																																							
<b>II.7</b>	<b>SALDATURE IN FASE DI MONTAGGIO IN CANTIERE</b>	<b>30</b>																																																																																							
<b>II.8</b>	<b>MODALITA' ESECUTIVE DEI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI</b>	<b>31</b>																																																																																							
II.8.1	Prescrizioni generali	31																																																																																							
II.8.1.1	Qualificazione del personale addetto ai controlli non distruttivi	31																																																																																							
II.8.2	Modalità di esecuzione	31																																																																																							
II.8.2.1	Esame visivo	31																																																																																							
II.8.2.2	Controllo magnetoscopico	31																																																																																							
II.8.2.3	Controllo con liquidi penetranti	31																																																																																							
II.8.2.4	Esame radiografico	31																																																																																							
II.8.2.5	Esame ultrasonoro	32																																																																																							
II.8.2.5.1	Tarature di sensibilità	32																																																																																							
II.8.2.5.2	Blocco campione	32																																																																																							
II.8.2.5.3	Modalità esecutive	32																																																																																							
II.8.2.5.4	Registrazione dei riflettori	32																																																																																							
II.8.3	Controllo piolatura	33																																																																																							
<b>II.9</b>	<b>ESTENSIONE DEI CONTROLLI</b>	<b>34</b>																																																																																							
II.9.1	Esame visivo	34																																																																																							
II.9.2	Controlli strumentali	34																																																																																							
II.9.2.1	Giunti con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione	34																																																																																							
II.9.2.2	Giunti a piena penetrazione	34																																																																																							
II.9.3	Intensificazione dei controlli per esito negativo	35																																																																																							


 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<b>II.10 QUALITA' DELLE SALDATURE E CRITERI DI ACCETTABILITA'</b>		
<b>DEI DIFETTI</b>		<b>36</b>
II.10.1	Prescrizioni generali	36
II.10.1.1	Esame visivo	36
II.10.1.2	Controllo magnetoscopico	36
II.10.1.3	Controllo con liquidi penetranti	36
II.10.1.4	Controllo radiografico	36
II.10.1.5	Controllo ultrasonoro	36
<b>II.11 MODALITA' DI RIPARAZIONE</b>		<b>38</b>
II.11.1	Riparazione senza l'esecuzione di nuove saldature	38
II.11.2	Riparazione con saldatura	38
II.11.2.1	Esecuzione degli scavi	38
II.11.2.2	Modalità esecutive	38
<b>II.12 VERIFICHE SU TALLONI DI PRODUZIONE</b>		<b>40</b>
<b>II.13 RESOCONTO DELLE ATTIVITA' DI SALDATURA</b>		<b>41</b>
<b>ALLEGATO 1 - CERTIFICAZIONE DELLE PROCEDURE DI SALDATURA</b>		<b>42</b>
<b>ALLEGATO 2 - PROCEDURA DI ESAME VISIVO</b>		<b>45</b>
<b>ALLEGATO 3 : Grafico cordoni d'angolo in funzione degli spessori costituenti il giunto</b>		<b>51</b>
Tabelle delle tolleranze dimensionali di profilati, lamiere e travi saldate		<b>52</b>
<b>FIGURE</b>		<b>53</b>


 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>PARTE I</b></p> <p><b>I.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE</b></p> <p>La presente Specifica Tecnica viene emanata in sostituzione della precedente emessa con Circolare S.SE/B.STAFF/NA!1023 del 5-4-1998 e si riferisce alle strutture per ponti metallici ferroviari da costruire per conto delle Ferrovie dello Stato, in tutto o in parte, mediante saldatura ad arco. Essa contiene le prescrizioni per i procedimenti di saldatura, per il personale impiegato nell'esecuzione ed il controllo dei giunti saldati e per le relative certificazioni e fornisce le prescrizioni riguardanti i dettagli strutturali, i particolari delle giunzioni saldate, nonché le relative modalità esecutive e di controllo.</p> <p>La presente Specifica Tecnica si applica anche a tutte le opere metalliche che per loro conformazione, ubicazione e condizioni di resistenza hanno o possono avere influenza sulla sicurezza e sulla regolarità dell'esercizio ferroviario; essa è inoltre di riferimento per la realizzazione degli impianti ferroviari civili ed industriali.</p> <p>Per quanto riguarda i metodi di calcolo delle saldature si possono adottare quelli indicati dalla Norma CNR-UNI 10011 vigente o quelli della Norma UNI-ENV 1993/1 e NAD applicativo.</p> <p>Per le definizioni, i materiali e quant'altro attenga alla costruzione dei ponti ferroviari metallici non esplicitamente richiamati in questa Specifica Tecnica, si rimanda alla «Normativa Tecnica dei Ponti Ferroviari» del testo aggiornato della Istruzione N° I/SC/PS-OM/2298 del 2 giugno 1995 emessa in data 13 gennaio 1997 dell'ASA Servizi di Ingegneria.</p> <p>L'applicazione della presente Specifica Tecnica non può prescindere dalla stesura, a cura del Costruttore, di un Piano della Qualità e di un Piano di Controllo della Qualità. Tale documentazione dovrà essere approvata dalle Ferrovie dello Stato previo parere favorevole dell'Ente di controllo incaricato che dovrà possedere i seguenti requisiti :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- costituire parte sicuramente indipendente per forma giuridica;</li> <li>- avere svolto incarichi per conto delle Ferrovie dello Stato nell'ambito di quanto previsto dalla presente specifica;</li> <li>- possedere un proprio laboratorio accreditato SINAL secondo UNI EN CEI 45001, riconosciuto dal Ministero dei LL.PP.;</li> <li>- avere un settore CND (controlli non distruttivi ) certificato secondo UNI EN ISO 9001 o 9002 da un organismo accreditato SINCERT ed EWF ed avere in organico personale certificato di livello 3° e di livello 2° secondo UNI EN 473;</li> </ul>		

 <p><b><i>DIVISIONE INFRASTRUTTURA</i></b></p>	<p align="center"><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p align="center"><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p align="center"><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p align="center">Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p>- avere in organico proprio personale con i requisiti di “Coordinatori di saldatura“ secondo quanto indicato nella norma UNI EN 719. I requisiti si ritengono senz’altro soddisfatti da personale certificato come EWT (European Welding Technologist), EWE (European Welding Engineer) ed EWS (European Welding Specialist), secondo le linee guida dell’European Welding Federation (EWF);</p> <p>- avere in organico proprio personale con la qualifica di ispettori della saldatura certificati come EWI (European Welding Inspector) di livello 1°, 2° e 3°, certificati in accordo alle linee guida dell’EWF;</p> <p>- avere ottenuto, per l’opera soggetta a controllo, l’autorizzazione, da parte della struttura emettente il presente documento, ad eseguire i controlli richiesti dall’Istruzione 44/S.</p> <p>Le FS si riservano la facoltà di eseguire con proprio personale qualificato i compiti attribuiti all’Ente designato.</p> <p><b>I.1.1 REQUISITI DEL COSTRUTTORE</b></p> <p>I costruttori di carpenteria, interessati alla realizzazione delle strutture saldate richiamate al punto I.1 per conto delle Ferrovie dello Stato, dovranno essere dotati di una organizzazione interna che permetta un’adeguata gestione di tutte le attività di saldatura di officina e/o di cantiere concorrenti alla realizzazione dell’opera.</p> <p>A tal fine i costruttori dovranno essere certificati in accordo alla UNI EN 729-2 per i ponti ed almeno alla UNI EN 729-3 per le altre strutture da un organismo accreditato EWF e SINCERT.</p> <p>Il sistema qualità dovrà prevedere un’appropriata gestione di quanto segue :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• riesame del contratto (definizione dei requisiti tecnici fondamentali);</li> <li>• fornitori;</li> <li>• personale addetto alle attività di saldatura;</li> <li>• personale addetto alle attività di controllo;</li> <li>• attrezzature;</li> <li>• attività di saldatura;</li> <li>• materiali di apporto, gas di protezione, ecc.;</li> <li>• immagazzinamento dei materiali base;</li> <li>• attività di controllo delle saldature;</li> <li>• non conformità ed azioni correttive;</li> </ul>		

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• tarature;</li> <li>• identificazione delle operazioni di saldatura durante le fasi della costruzione;</li> <li>• rintracciabilità delle operazioni di saldatura;</li> <li>• documenti di registrazione della qualità.</li> </ul> <p>In particolare è richiesto che un Ente accreditato SINCERT ed EWF certifichi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• il personale addetto al coordinamento delle attività di saldatura secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 719;</li> <li>• i saldatori secondo la norma UNI EN 287;</li> <li>• le procedure di saldatura secondo la norma UNI EN 288-3 e successive integrazioni;</li> <li>• il personale addetto ai controlli non distruttivi secondo UNI EN 473.</li> </ul> <p><b>I.2 DOCUMENTAZIONE CORRELATA</b></p> <p>Per la saldatura ad arco di strutture destinate ai ponti ferroviari occorre fare riferimento alle seguenti Norme:</p> <p>EURONORM 10155 : Acciaio da costruzione resistente alla corrosione atmosferica.          Norma di qualità .</p> <p>UNI-EN 10025 : Prodotti laminati a caldo di acciaio non legati per impieghi strutturali - condizioni tecniche di fornitura.</p> <p>UNI EN 22553-24063 : Disegni tecnici - Designazione e rappresentazione schematica delle saldature.</p> <p>UNI 1955 : Prove meccaniche dei materiali metallici - prova di durezza Vickers.</p> <p>UNI 3157 : Getti in acciaio - condizioni tecniche generali di fornitura e di collaudo.</p> <p>UNI 3158 Acciai non legati di qualità in getti per costruzioni meccaniche di impiego generale - qualità, prescrizioni e prove.</p> <p>UNI 3740 : Bulloneria d'acciaio.</p> <p>UNI 3963 : Rugosità delle superfici - definizioni, misure e norme generali.</p> <p>UNI 4634 : Classificazioni e qualifica dei saldatori elettrici - saldatori per lamiere di medio e grosso spessore di acciaio dolce o acciaio a bassa lega.</p>		



 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p>UNI 5329 (EU160) : Prove non distruttive dei materiali metallici - controllo con ultrasuoni delle lamiere di acciaio con spessore maggiore di 15 mm - metodo a riflessione di impulsi.</p> <p>UNI 5397 : Prodotti finiti in acciaio laminati a caldo - travi HE ad ali larghe parallele - dimensioni e tolleranze.</p> <p>UNI 5447 : Condizioni tecniche e generali di fornitura per i prodotti in acciaio.</p> <p>UNI 5680 : Prodotti in acciaio laminati a caldo - travi UPN.</p> <p>UNI EN10056 : Prodotti in acciaio laminati a caldo - angolari ad ali uguali e a spigoli arrotondati - profili normali - dimensioni e tolleranze.</p> <p>UNI EN 10029 : Lamiere di acciaio di uso generale laminate a caldo - di spessore uguale o maggiore di 3 mm. Tolleranze dimensionali, sulla massa e di forma.</p> <p>UNI EN 25817 : Giunti saldati ad arco in acciaio - Guida sui livelli di qualità delle imperfezioni.(N.B. per tutte le saldature i limiti delle imperfezioni dovranno essere di livello di qualità B, ad esclusione degli elementi dei parapetti e dei tavolati che potranno essere di livello C).</p> <p>UNI EN 25520 : Classificazione delle imperfezioni nelle saldature metalliche per fusione, con commenti esplicativi.</p> <p>UNI EN 970 : Controllo non distruttivo di saldature per fusione – Esame visivo applicabile ove non diversamente indicato.</p> <p>UNI 7062 : Prove non distruttive su materiali metallici - controllo magnetoscopico con polveri asciutte dei getti in acciaio.</p> <p>UNI 7278 – 8956 : Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico.</p> <p>UNI 7679 : Giunti saldati - modalità generali per il controllo con liquidi penetranti.</p> <p>UNI 7704 – 8930 : Giunti saldati - modalità generali per il controllo magnetoscopico.</p> <p>UNI 7711 : Classificazione e qualifica dei saldatori elettrici - saldatori MIG per lamiere di spessore maggiore o uguale a 4 mm con fili di acciaio inossidabile austenitici al cromo - nichel, di nichel o leghe di nichel.</p> <p>UNI-EN 287 : Prove di qualificazione dei saldatori.</p> <p>UNI-EN 288 : Regole generali per la saldatura per fusione 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> parte.</p>		

 <p><b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b></p>	<p align="center"><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p align="center"><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p align="center"><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p align="center">Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p>UNI-EN 729-2-3 : Sistema qualità certificato da un organismo accreditato EWF e SINCERT.</p> <p>UNI-EN 719 : Personale addetto al coordinamento delle attività di saldatura.</p> <p>UNI-EN 473 : Personale addetto ai controlli non distruttivi.</p> <p>UNI 8387 : Giunti saldati di acciaio non austenitici - controllo manuale mediante ultrasuoni.</p> <p>UNI 11001 : Codice di pratica per la preparazione dei lembi nelle saldature per fusione di strutture di acciaio.</p> <p>Tutte le norme UNI-EN richiamate nei D.M., Istruzioni, Circolari di cui si fa menzione nella presente Istruzione.</p> <p>Tutti i D.M., norme, Istruzioni e Circolari emanate in sostituzione e/o integrazione di quelle riportate.</p> <p><b>I.3           DEFINIZIONI</b></p> <p>Saldatura : collegamento di parti solide che realizza la continuità del materiale fra le parti unite.</p> <p>Saldatura ad arco elettrico : procedimento di saldatura autogena per fusione in cui la sorgente di calore è costituita da un arco voltaico che scocca fra due elettrodi.</p>		

**I.4            SIMBOLI E ABBREVIAZIONI**


$S_1$	Spessore maggiore del giunto
$S_2$	Spessore minore        "
L	Lunghezza della saldatura
gpp	Profondità del cianfrino
p	Profondità della penetrazione
a=g	Altezza di gola del cordone di saldatura
$L_p$	Lato obliquo del cordone di saldatura
z	Lato del cordone di saldatura
$\alpha$	Angolo di inclinazione del gousset
$\omega$	Angolo fra i due elementi da unire
HI	Apporto termico specifico
I	Corrente di saldatura
V	Tensione di saldatura
v	Velocità di traslazione della sorgente termica
WPS	Procedura di saldatura
Z	Strizione
CEV	Carbonio equivalente
$T_{pr}$	Temperatura di preriscaldamento e di interpass
d	Distacco tra superfici adiacenti
$L_1, L_2$	Lunghezza di riflettori contigui



## **PARTE II**

### **II.1 SOLLECITAZIONI AMMISSIBILI**

Per quanto riguarda le sollecitazioni ammissibili nel materiale base e nelle saldature, valgono quelle indicate nella Norma adottata per il progetto.

 <p><b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b></p>	<p align="center"><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p align="center"><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p align="center"><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p align="center">Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p><b>II.2 PRESCRIZIONI CONCERNENTI I PARTICOLARI STRUTTURALI E LE GIUNZIONI SALDATE</b></p> <p><b>II.2.1 Indicazioni di carattere generale: aspetti progettuali</b></p> <p><b>II.2.1.1</b> In fase di progettazione dovrà essere salvaguardato il principio di rendere facile l'assiemaggio dei vari elementi strutturali, realizzando una soddisfacente accessibilità da parte del saldatore.</p> <p><b>II.2.1.2</b> Per l'unione mediante saldatura degli elementi strutturali possono essere previste le seguenti tipologie di giunto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• giunti testa a testa a piena penetrazione;</li> <li>• giunti a T a piena penetrazione;</li> <li>• giunti a T a parziale penetrazione (con smusso pari almeno ad 1/3 dello spessore minimo impiegato e con lato del cordone al piede <math>\geq \frac{1}{2}</math> del medesimo spessore);</li> <li>• giunti a T con cordoni d'angolo;</li> <li>• giunti a sovrapposizione con cordoni d'angolo.</li> </ul> <p>Per i giunti a piena o a parziale penetrazione saranno definite a cura del Costruttore, previo parere favorevole dell'Ente di controllo, ed approvate dalle FS le preparazioni dei lembi che saranno riportate sui disegni oppure sulla tavola delle preparazioni dei lembi revisionabile quando necessario.</p> <p>Nella saldatura testa - testa di due elementi principali di diverso spessore, lo spessore maggiore dovrà essere gradualmente rastremato sino a raggiungere lo spessore minore. Il tratto rastremato dovrà risultare, in generale, non inferiore a 5 volte la differenza di spessore degli elementi collegati, a partire dall'asse del giunto (fig. 2.4).</p> <p>Per giunti a T a piena penetrazione deve essere previsto un graduale allargamento della saldatura la cui larghezza deve essere almeno pari ad 1.3 volte lo spessore <math>S_1</math> (spessore minimo impiegato) in corrispondenza della lamiera su cui viene ad innestarsi (fig. 2.3) :</p> $L \geq 1.3 S_1$ <p>garantendo un adeguato raccordo tra l'anima e la piattabanda. In casi particolari, come elementi strutturali principali soggetti a carichi affaticanti, potranno essere richieste specifiche operazioni di finitura superficiale.</p> <p>Per i giunti a T a parziale penetrazione, in mancanza di specifiche indicazioni sulla verifica della preparazione dei lembi, dell'assemblaggio e del controllo dimensionale finale, l'angolo di apertura del cianfrino non dovrà essere inferiore a <math>50^\circ</math> e l'altezza della sezione resistente sarà assunta pari</p>		



alla profondità del cianfrino «gpp» (fig.2.5).

Per i giunti con cordoni d'angolo l'altezza di gola teorica «g» è valutata a partire dal vertice teorico del cianfrino; in generale, le gole «g» dovranno essere opportunamente dimensionate e comunque non minori di 4 mm o della metà dello spessore  $S_1$ , se questo è maggiore di 8 mm.

In assenza di diverse indicazioni di progetto, l'altezza di gola «g» è l'altezza della sezione resistente da considerare nei calcoli (fig. 2.1).

Il lato dei cordoni d'angolo «z» (fig. 2.2) che collegano due laminati di spessore  $S_1$  ed  $S_2$  ( $S_1 < S_2$ ) deve risultare di dimensione soddisfacente le condizioni di calcolo e, di regola, la seguente limitazione :

$$S_1/2 \leq z \leq S_1$$

Per spessori  $S_2 > 10$  mm conviene di regola che sia  $z \geq z_1$ , purché non in contrasto con la precedente limitazione.

I valori di  $z_1$  sono riportati nel prospetto seguente:

$S_2(\text{mm})$	10 ÷ 20	30	50	70	100
$z_1(\text{mm})$	5 ÷ 6	8	11	13	14

La forma del cordone o della prima passata, nei giunti a passate multiple, dovrà rispettare la relazione di seguito indicata tra la larghezza ( $L_p$ ) e la profondità ( $g + p$ ):

$$0.5 L_p \leq g+p \leq 1.1 L_p$$

dove  $p$  = profondità di penetrazione;

$L_p$  = lato obliquo del cordone di saldatura.

La verifica della corretta forma dei cordoni sarà condotta utilizzando talloni di produzione.

Nel caso di sovrapposizione di piattabande (es. travi a resistenza uniforme), in corrispondenza della sezione terminale della piattabanda sovrapposta, si dovrà garantire un adeguato raccordo tra la doppiatura e la piattabanda, prevedendo comunque di eseguire un cordone d'angolo di chiusura che abbia altezza di gola pari almeno alla metà dello spessore della piattabanda stessa e raccordato ai cordoni laterali. Tale cordone dovrà essere regolarizzato mediante asportazione con mola del materiale eccedente; è raccomandata la soluzione illustrata in fig. 2.6.



**II.2.1.3** Gli irrigidenti trasversali dell'anima delle travi potranno non essere saldati alle piattabande tese; in tale caso, essi dovranno distare dal piano della piattabanda più di 25 mm e non più di 5 volte lo spessore dell'anima, al fine di consentire la deposizione del cordone intorno all'estremità dell'irrigidente (fig. 2.7).

Nella saldatura dell'irrigidente d'anima alle piattabande si dovrà raccordare con mola il piede del cordone per rendere graduale la variazione di forma ed eliminare eventuali intagli.

**II.2.1.4** Nella costruzione di elementi composti a cassone, inaccessibili all'interno, sarà adottata, a seconda delle esigenze progettuali e compatibilmente con la destinazione dell'elemento strutturale, la preparazione a  $\frac{1}{2}$  V (praticata sulla lamiera di spessore inferiore) con piatto di sostegno o con cordoni d'angolo come indicato nelle figg. 2.8 a e b. Per elementi soggetti a fatica sono vietati supporti metallici permanenti.

**II.2.1.5** Particolare cura va posta nella costruzione di elementi nei quali le piattabande confluiscono secondo un angolo più o meno acuto come per esempio nella formazione dei «goussets» (fig. 2.9 - 2.10). La piattabanda del gousset viene saldata a quella della trave e, affinché la saldatura abbia una buona penetrazione al vertice, si fa dipendere l'apertura dell'angolo  $\alpha$  dello smusso dall'angolo  $\omega$  formato dai due elementi che si intende unire; la loro relazione sarà quella stabilita dalla tabella UNI 11001 e cioè:


$20^\circ \leq \omega < 50^\circ$	$\alpha = 70^\circ$
$50^\circ \leq \omega \leq 70^\circ$	$\alpha = 60^\circ$
$70^\circ < \omega < 90^\circ$	$\alpha = 50^\circ$

La luce al vertice del giunto sarà  $\geq 3$  mm.


**II.2.1.6** I giunti di collegamento anima - piattabanda delle travi principali (briglie delle travate reticolari o travi longitudinali a parete piena) saranno in generale realizzate con cordoni d'angolo adeguatamente dimensionati.


I giunti anima - piattabanda superiore delle travi, nel caso in cui le rotaie siano posizionate in corrispondenza dell'anima, dovranno di regola essere realizzati a piena penetrazione, fermo restando le raccomandazioni di cui al punto II.2.2.5.

Analogamente si procederà per le giunzioni anima - piattabanda superiore delle travi degli impalcati a struttura mista.

 <b><i>DIVISIONE INFRASTRUTTURA</i></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b> <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p>I nodi delle briglie inferiori delle travi reticolari, i goussets d'attacco delle travi trasversali o altre zone particolarmente impegnate saranno di norma realizzati con giunti a piena penetrazione. E' ammesso l'uso di giunti a parziale penetrazione, previa approvazione delle FS, purché venga assicurato durante la saldatura il pieno contatto dell'anima con la piattabanda. In ogni caso, quando la trave, fuori della zona di nodo, è realizzata con cordoni d'angolo, la preparazione dei lembi dell'anima dovrà cambiare progressivamente (da lembo cianfrinato a lembo retto) per una lunghezza non inferiore a 300 mm (zona di transizione).</p> <p>Nel caso di ponti a struttura mista con ballast, per spessori della soletta superiore in c.a. maggiori o uguali a 40 cm, sarà ammessa la parziale penetrazione per la saldatura tra l'anima e la piattabanda superiore.</p>		



 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.2.2 Indicazioni di carattere generale: aspetti costruttivi</b></p> <p><b>II.2.2.1</b> Particolare cura dovrà essere posta nell'evitare aperture o tagli ad angolo vivo. Le aperture o tagli realizzati con una qualsiasi metodologia dovranno avere angoli ben raccordati; in alternativa e subordinatamente all'autorizzazione preventiva da parte delle Ferrovie dello Stato, i suddetti raccordi potranno essere sostituiti da fori eseguiti con trapano al vertice degli angoli.</p> <p><b>II.2.2.2</b> Nei cordoni d'angolo dovrà essere ottenuta la completa fusione del vertice.</p> <p><b>II.2.2.3</b> Quando si debbano unire di testa fra loro elementi di trave a doppio T o a T il giunto della piattabanda e dell'anima giaceranno di regola sulla medesima sezione.</p> <p>In particolari casi, il giunto dell'anima e delle piattabande potranno essere sfalsati secondo uno schema a Z, opportunamente studiato.</p> <p>Per la realizzazione delle saldature di testa delle piattabande è necessario predisporre sull'anima una lunetta allo scopo di garantire ovunque l'accesso al giunto saldato durante le fasi di esecuzione e di controllo.</p> <p>A tal fine potrà essere prevista sull'anima una normale lunetta semicircolare con estremità ad arco di cerchio ben lavorata e raccordata con fresa portatile. In presenza di severe sollecitazioni di fatica o comunque in corrispondenza di applicazione di carico diretto sulla piattabanda, verrà adottata una lunetta di forma allungata e cianfrinata in modo da poter essere richiusa con saldatura dopo l'esecuzione dei giunti di anima e di piattabanda e dei relativi controlli non distruttivi ( figg. 2.11 a, b ).</p> <p>In ogni caso, in presenza di anime e/o piattabande saldate testa - testa, prima della composizione della trave, è necessario, dopo l'esecuzione dei prescritti controlli non distruttivi, spianare la zona di saldatura della piattabanda o dell'anima interessate, prima di assemblare gli elementi della trave per l'esecuzione delle saldature d'angolo.</p> <p><b>II.2.2.4</b> Nel caso di incrocio di tre o più elementi strutturali (ad esempio in una trave composta saldata all'incrocio tra anima, piattabanda e nervature di irrigidimento), dovranno essere previsti scarichi di grandezza adeguata per consentire la corretta esecuzione ed il controllo dei giunti (figg. 2.7 - 2.12).</p> <p>Gli scarichi dovranno essere ad arco di cerchio o, comunque, di forma ben avviata e privi di qualsiasi intaglio o irregolarità. Dopo eventuali lavorazioni di fresa, la rugosità dovrà risultare <math>ra \leq 0.2 \mu m</math>.</p> <p>I cordoni di saldatura che raggiungono il lembo dello scarico saranno fatti girare intorno avendo cura di evitare che la saldatura incida il lembo dello scarico. Inoltre, si faranno egualmente girare intorno ai lembi liberi di fazzoletti o squadrette saldate.</p> <p>Il cordone di saldatura che collega l'irrigidente all'anima della trave dovrà, in corrispondenza del lembo aderente a tale anima, essere accuratamente molato in modo da eliminare ogni traccia di incisione o malformazione locale per un'altezza non inferiore al 20% dell'altezza della trave, con</p>		

 <p><b>DIVISIONE INFRASTRUTTURA</b></p>	<p><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p>Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p>un massimo di 100 mm, a partire da entrambe le estremità.</p> <p><b>II.2.2.5</b> Qualora esistano pericoli di strappi lamellari, i particolari costruttivi dovranno essere progettati in modo da evitare o almeno minimizzare le tensioni di ritiro in direzione sfavorevole, perpendicolarmente cioè al piano di laminazione.</p> <p>Si potranno adottare a tal riguardo una serie di accorgimenti quali appunto :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• studiare accuratamente le sequenze di montaggio, in modo da saldare con il minor grado di vincolo;</li> <li>• modificare l'ordine di esecuzione delle passate;</li> <li>• ricorrere all'imburratura della superficie del laminato sfavorevolmente orientato;</li> <li>• eseguire cordoni a parziale penetrazione con preparazione dei lembi.</li> </ul> <p>In certi casi si può ricorrere all'uso di materiali laminati con ridotto contenuto di microinclusioni o addirittura di elementi forgiati anziché laminati.</p> <p>Nell'ottica di minimizzare i pericoli di strappi lamellari, nei giunti a T a piena penetrazione, l'espressione che fornisce la larghezza della saldatura al piede ( <math>L = 1.3 \times S_1</math> ) si considera valevole per i valori di <math>S_1 \leq 1/3 S_2</math> (fig. 2.3).</p> <p>Qualora tale condizione non sia soddisfatta e lo spessore <math>S_2</math> sia maggiore di 40 mm, si deve aumentare gradualmente il valore di L sino ad arrivare ad un valore pari a : <math>L \geq 2 \times S_1</math>.</p> <p><b>II.2.2.6</b> Sul piano di controllo della qualità si dovrà prevedere la presenza di un rappresentante abilitato delle FS e/o dell'Ente di Controllo designato, durante la saldatura in cantiere dei giunti testa a testa degli elementi strutturali più significativi.</p> <p><b>II.2.3 Raccomandazioni relative ai particolari delle giunzioni saldate: preparazione dei lembi</b></p> <p>La preparazione dei lembi da saldare dovrà essere definita a cura e responsabilità del Costruttore, con parere favorevole dell'Ente di controllo incaricato, e comparire sui disegni e/o sulla tavola delle preparazioni visionata dal Progettista, approvata dalle FS e resa disponibile in officina.</p> <p>Le attrezzature previste per la preparazione dei lembi dovranno comparire sulle procedure di saldatura; è raccomandato l'impiego di procedimenti di taglio termico (ossitaglio o plasma) automatici oppure di macchine utensili tipo pialle e frese indispensabili per la realizzazione di smussi a U, J, ecc.. E' ammesso l'impiego dell'ossitaglio manuale e automatico o di altre metodologie, purché la superficie venga successivamente rifinita mediante accurata molatura, che dovrà conseguire la completa rimozione delle strie da taglio e di tutte le altre irregolarità.</p>		



## **II.3 PROCEDIMENTI DI SALDATURA**

### **II.3.1 Generalità**

**II.3.1.1** I procedimenti di saldatura presi in considerazione sono quelli ad arco elettrico indicati al punto II.3.3.

**II.3.1.2** Le saldature saranno eseguite impiegando un apporto termico specifico (HI), valutato con la formula :

$$HI = 0.06 \times I \times V / v \text{ (kJ/mm)}$$

dove : I = corrente di saldatura (A),

V = tensione di saldatura (V),

v = velocità di traslazione della sorgente termica (mm/min),

che non si discosti più del 15% dal valore misurato durante l'esecuzione dei saggi per la qualifica dei procedimenti di saldatura. Di regola l'apporto termico massimo sarà 2.8 kJ/mm mentre quello minimo non dovrà risultare inferiore a 0.8 kJ/mm.


**II.3.1.3** Tutte le attrezzature necessarie per l'esecuzione dei lavori di saldatura dovranno risultare efficienti e le loro caratteristiche fondamentali dovranno risultare verificabili dalle Ferrovie dello Stato.


**II.3.1.4** Il costruttore indicherà sui disegni costruttivi o su altro documento i riferimenti alle procedure di saldatura (WPS) e alle preparazioni dei lembi che intende utilizzare per la realizzazione dei giunti saldati.

### **II.3.2 Specifiche di procedura di saldatura**

Le specifiche di procedura di saldatura saranno elaborate per ogni giunto da eseguire in produzione a cura del Costruttore. Le modalità di elaborazione delle procedure di saldatura saranno conformi alle indicazioni della Norma UNI EN 288 parte I.

Tutte le procedure di saldatura dovranno risultare qualificate in accordo a quanto indicato nel successivo capitolo II.4.

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.3.3 Procedimenti di saldatura applicabili</b></p> <p>I procedimenti di saldatura presi in considerazione dalla presente specifica tecnica sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• manuale con elettrodi rivestiti;</li> <li>• automatico ad arco sommerso;</li> <li>• semiautomatico ed automatico a filo continuo animato con protezione di gas;</li> <li>• manuale, semiautomatico o automatico per la saldatura dei connettori;</li> <li>• semiautomatico ed automatico a filo continuo pieno per la saldatura di strutture civili ed industriali; per i ponti l'uso è limitato ad elementi secondari quali corrimano ed elementi del tavolato.</li> </ul> <p>Nel caso di procedimenti a filo continuo è ammesso l'impiego di sistemi robotizzati.</p> <p>In generale, saranno da preferirsi procedimenti di saldatura di tipo automatico.</p> <p>Altri procedimenti potranno essere autorizzati in casi particolari, prelieve specifiche prove di qualifica, definizione dei controlli non distruttivi ed approvazione da parte delle Ferrovie dello Stato.</p> <p>A tal fine il Costruttore deve presentare precise proposte tecniche relative alle modalità di qualifica e di controllo per il caso particolare considerato.</p> <p><b>II.3.3.1 Considerazioni sui materiali di apporto</b></p> <p>Dovranno essere utilizzati materiali di apporto che garantiscano un deposito di caratteristiche meccaniche per quanto possibile simili a quelle del materiale base. In particolare la differenza tra i valori minimi tabellari tra la tensione di snervamento del materiale di apporto e quella del materiale base non dovrà risultare maggiore di 100 N/mm<sup>2</sup>.</p> <p>La tenacità del materiale base e del deposito del materiale d'apporto dovrà essere valutata mediante lo stesso tipo di prova tecnologica. Il valore minimo tabellare della tenacità sul deposito del materiale di apporto ad una temperatura stabilita dovrà risultare almeno pari a quella del materiale base.</p> <p>In generale, la composizione chimica del deposito dovrà essere sostanzialmente equivalente a quella del materiale base.</p> <p>Sugli acciai aventi caratteristiche di resistenza migliorata alla corrosione atmosferica potranno essere usati i materiali di apporto per i normali acciai al C/Mn tranne che per gli ultimi due strati di finitura, per i quali è comunque necessario l'uso di materiale di apporto con adeguata percentuale di Cu-Cr-Ni almeno pari al 10% in più del materiale base, in particolare modo per il Ni che dovrà risultare non inferiore all'1.5 %.</p>		

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.3.3.2 Procedimento manuale ad arco con elettrodi rivestiti</b></p> <p>Per gli acciai di tipo S275 e S355 dovranno essere rispettivamente impiegati elettrodi basici della serie E44 ed E52 di classe di qualità 4, omologati secondo UNI 5132.</p> <p>Tali elettrodi dovranno risultare contrassegnati con il simbolo secondo UNI 7243 che assicuri un valore di resilienza Kv garantito almeno alla temperatura minima di prova del materiale base (ad es. Kv 00 per il tipo JO; Kv 20 per il tipo J2 etc.).</p> <p>Il Costruttore è tenuto ad indicare la denominazione commerciale degli elettrodi che intende adottare sulle procedure di saldatura.</p> <p>L'uso di elettrodi non omologati è ammesso solo previa qualificazione del procedimento come indicato al punto II.4.2.2.</p> <p><b>II.3.3.3 Procedimento di saldatura automatica ad arco sommerso</b></p> <p>Il procedimento automatico ad arco sommerso potrà essere utilizzato nella versione con una testa saldante con un filo singolo o con due fili (twin arc) o con più teste saldanti, nelle versioni a testa singola o a teste contrapposte.</p> <p>La scelta dell'accoppiamento filo - flusso dovrà essere tale da garantire caratteristiche meccaniche e di composizione del deposito equivalenti al materiale base impiegato.</p> <p>Le procedure di saldatura dei giunti da realizzare con il procedimento ad arco sommerso dovranno contemplare, oltre alle caratteristiche generali come per gli altri procedimenti, anche tutto quanto necessario ad identificare l'impianto, il numero e la disposizione dei fili per saldatura e la collocazione delle teste saldanti rispetto al giunto.</p> <p><b>II.3.3.4 Procedimento di saldatura con filo animato con protezione di gas</b></p> <p>Di regola è richiesto l'uso di fili animati basici o ad anima metallica per la saldatura in posizioni piano e piano - frontale; negli altri casi è possibile usare fili rutilici. Eventuali deroghe potranno essere ammesse previa presentazione alle FS di adeguata documentazione sperimentale ed a seguito di verifiche pratiche quali, ad esempio, valutazione delle microdurezze nelle zone termicamente alterate sul materiale base e sul materiale d'apporto.</p> <p>In ogni caso, la posizione di saldatura dovrà essere indicata nelle specifiche di procedura di saldatura relative a questo procedimento.</p> <p>E' richiesto l'uso di fili animati con tenore di idrogeno diffusibile su deposito minore di 5 ml/100 gr (secondo AWS A4.3); i certificati d'origine dei materiali d'apporto dovranno riportare tale indicazione. In ogni caso, potrà essere richiesta dalle FS una verifica sul materiale impiegato in officina.</p> <p>Il gas di protezione dovrà essere una miscela del tipo Ar-CO<sub>2</sub>, Ar-CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>, Ar-O<sub>2</sub> con punto di rugiada non inferiore a -40°C. Potrà essere ammesso l'uso di CO<sub>2</sub> puro se consigliato dal</p>		




produttore del materiale d'apporto.


#### **II.3.3.5 Procedimento di saldatura dei connettori**

I connettori per le solette collaboranti potranno essere saldati alla piattabanda con i procedimenti semiautomatico a filo continuo animato (da non utilizzare per la saldatura dei pioli), manuale con elettrodo rivestito o automatico per piolatura.


In quest'ultimo caso dovrà essere utilizzata esclusivamente la metodologia di saldatura con capsula disossidante all'estremità del piolo e ferula ceramica.


La superficie della piattabanda in corrispondenza della zona di saldatura dei connettori dovrà risultare pulita come qualunque altro lembo di saldatura.

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.4 QUALIFICAZIONE DELLE SPECIFICHE DI PROCEDURA DI SALDATURA</b></p> <p><b>II.4.1 Generalità</b></p> <p>Tutte le specifiche di procedura di saldatura da prevedere per la costruzione delle strutture dovranno essere qualificate secondo quanto indicato nei seguenti punti ed accettate dalle FS prima dell'inizio della fabbricazione.</p> <p>Le FS si riservano comunque la facoltà di richiedere delle prove integrative.</p> <p><b>II.4.2 Approvazione delle specifiche di procedura di saldatura</b></p> <p><b>II.4.2.1 Prove di qualificazione delle procedure di saldatura</b></p> <p>In generale, fatta eccezione a quanto indicato al punto II.4.2.2, le specifiche di procedura della saldatura dovranno essere qualificate e certificate in accordo ai requisiti della Normativa UNI EN 288 parte 3<sup>a</sup>, con le modalità indicate nell'Allegato n.1.</p> <p>Le modalità ivi indicate costituiscono una guida applicativa della Norma finalizzata alla costruzione delle strutture metalliche di carpenteria e soddisfano le prescrizioni legislative del D.M. del 9 gennaio 1996.</p> <p>La certificazione delle procedure di saldatura dovrà essere rilasciata da un Ente Ufficiale avente le caratteristiche del punto I.1.1. Le FS si riservano comunque la facoltà di eseguire ulteriori prove.</p> <p>Le procedure di saldatura qualificate in accordo alle prescrizioni tecniche previste dalle Disposizioni delle Ferrovie dello Stato, precedenti a questa Specifica tecnica potranno, a discrezione delle FS, essere considerate applicabili almeno fino al 30/06/2000.</p> <p><b>II.4.2.2 Materiali omologati</b></p> <p>Qualora venga impiegato il procedimento di saldatura manuale con elettrodi rivestiti omologati in accordo alle prescrizioni della Normativa UNI 5132 su acciai di classe di resistenza fino a 510 N/mm<sup>2</sup> (S355), si potranno omettere le prove di qualificazione del procedimento.</p> <p><b>II.4.2.3 Piolatura</b></p> <p>Per tutto quanto attiene alle modalità di qualifica del procedimento, valgono in toto le prescrizioni della norma CNR 10016-85 appendice B e successivi aggiornamenti.</p>		

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.5 QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE IMPIEGATO NELLE ATTIVITA' DI SALDATURA</b></p> <p><b>II.5.1 Addetti al coordinamento</b></p> <p>Gli addetti al coordinamento delle attività di saldatura dovranno avere conoscenze specifiche con riferimento alla Norma UNI EN 719. Il Costruttore dovrà individuare il “Coordinatore di saldatura” che costituirà l’interlocutore tecnico responsabile nei confronti delle FS per tutte le attività riguardanti la saldatura.</p> <p><b>II.5.2 Saldatori ed operatori di saldatura</b></p> <p>I saldatori impegnati in produzione nelle applicazioni di saldatura manuale e semiautomatica, dovranno essere qualificati in accordo alla Norma UNI EN 287 Parte 1<sup>a</sup> per i procedimenti utilizzati e per le varie posizioni di lavoro. I saldatori che dovranno operare nell’ambito della presente Istruzione dovranno eseguire, in ogni caso, come saggio di prova, anche un giunto a T con cordone d’angolo da valutare secondo i criteri previsti dalla sopra citata norma. È ammessa la qualificazione dei saldatori anche secondo le altre normative UNI pertinenti fino al 30/06/2000.</p> <p>Gli addetti agli impianti di saldatura automatici e a quelli robotizzati dovranno essere certificati secondo EN 1418.</p> <p>L’abilitazione dei saldatori dovrà risultare dalla esibizione di apposito certificato di qualifica effettuata da un Ente accreditato SINCERT ed EWF.</p> <p>Il Coordinatore di saldatura del Costruttore dovrà riportare in apposito registro il nominativo dei saldatori abilitati e degli operatori, aggiornandolo sulla base delle eventuali variazioni delle qualifiche (estensione di classe, rinnovi). Sul registro dovranno inoltre essere riportati i periodi di inattività di ciascun saldatore e/o operatore relativamente ad un determinato procedimento.</p> <p>Sia il registro che i certificati di qualifica dovranno essere reperibili presso il Costruttore ed esibiti agli incaricati delle FS dietro loro richiesta.</p> <p>Le FS hanno, inoltre, la facoltà di richiedere eventuali riprove di qualifica ogni qualvolta l’esame delle saldature mostri sistematica difettosità attribuibile ad insufficiente capacità operativa.</p> <p>Ciascun saldatore e/o operatore dovrà essere individuato da una lettera o un numero, che sarà riportato su di un punzone, mediante il quale il saldatore stesso marcherà le saldature eseguite.</p>		



 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.6 MODALITA' ESECUTIVE DELLE SALDATURE</b></p> <p><b>II.6.1 Generalità</b></p> <p><b>II.6.1.1</b> Prima di iniziare la saldatura, i lembi delle parti da collegare e le zone adiacenti per una larghezza di 100 mm saranno controllati con esame visivo e strumentale per accertare l'assenza di eventuali cricche o sfogliature e le corrette condizioni di preparazione. Sui lembi e sulle zone adiacenti suddette non sono di regola ammesse riparazioni per saldatura.</p> <p>Le superfici dei lembi da saldare degli elementi principali saranno esaminate preventivamente con magnetoscopia o con liquidi penetranti.</p> <p>Nel caso di giunti a croce a piena penetrazione, si dovrà effettuare sulla zona di lamiera intermedia interessata dai giunti (almeno 100 mm per parte del giunto) uno specifico controllo ultrasonoro per verificare l'assenza di sfogliature o di eccessive segregazioni (EU160 cl. B). Detto controllo ultrasonoro può essere omesso per lamiere di acciaio con strizione garantita nel senso dello spessore ( <math>Z &gt; 25\%</math> per materiale S355 e <math>Z &gt; 35\%</math> per materiale S275 secondo UNI EN 10164).</p> <p><b>II.6.1.2</b> L'accensione degli elettrodi o dei fili dovrà essere fatta su apposito tallone di lamiera ausiliaria appoggiato o puntato ad entrambe le estremità oppure in cianfrino.</p> <p>L'uso dei talloni di estremità è comunque obbligatorio per l'esecuzione dei giunti testa a testa, per i giunti eseguiti con procedimenti automatici e per tutti i particolari in cui la saldatura dovrà essere di seguito sigillata, come nel caso degli irrigidimenti a filo delle piattabande.</p> <p><b>II.6.1.3</b> E' compito del saldatore e dell'operatore di saldatura esaminare la superficie di ogni passata per assicurarsi della eliminazione della scoria, dei difetti di profilo e delle irregolarità superficiali; se l'esito dell'esame non è soddisfacente si dovrà fare ricorso ad una preliminare operazione di molatura prima di deporre la passata successiva.</p> <p><b>II.6.1.4</b> In tutte le saldature testa - testa e d'angolo a piena penetrazione si dovrà effettuare in linea di principio la solcatura del rovescio e successiva ripresa. In subordine, potrà essere usato il piatto di sostegno o la saldatura senza solcatura e senza sostegno a cura di saldatori in possesso della qualifica di classe speciale. In questo caso è necessaria l'autorizzazione delle FS e dell'Ente di controllo designato.</p> <p><b>II.6.1.5</b> Per la saldatura automatica dei pioli ogni volta che si inizi una fase di saldatura su una membratura, da parte di ogni saldatore, dovranno essere esaminati i primi due pioli saldati; se trovati soddisfacenti all'esame visivo, verranno piegati a colpi di mazza a 45°. Dopo piegamento verranno raddrizzati e non dovranno mostrare alcuna incrinatura o mancanza di fusione.</p>		

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p>Se questa prova da' esito negativo, il Costruttore è tenuto a rimettere a punto la tecnica di saldatura su piastre ausiliarie e a ripetere le prove sui primi due pioli saldati di nuovo sulla medesima membratura.</p> <p>La saldatura dei pioli sia in officina che in cantiere dovrà essere eseguita esclusivamente da personale con specifica esperienza che dovrà dimostrare, attraverso l'esecuzione di una prova pratica alla presenza delle FS o dell'Ente di controllo incaricato, la conoscenza dei parametri di regolazione della macchina e della specifica di saldatura.</p> <p><b>II.6.1.6</b> Particolare cura dovrà essere posta nella fase di assiemaggio dei pezzi, prevedendo modalità di puntatura che salvaguardino dal pericolo di strappi sui materiali base o difetti in saldatura. In particolare, ove possibile, verranno utilizzati cavallotti di assiemaggio; la rimozione dei cavallotti avverrà di regola molando i relativi cordoni di saldatura; in ogni caso la superficie dovrà essere esaminata visivamente e con magnetoscopia per verificare l'assenza di strappi o cricche sulla superficie.</p> <p>I giunti potranno essere assiemati per mezzo di tratti di saldatura (punti), di regola, di lunghezza non inferiore a 50 mm e da asportare nel corso della esecuzione del giunto saldato.</p> <p>In un giunto saldato testa a testa da solcare a rovescio, i punti verranno depositati a rovescio, dal lato della ripresa.</p> <p>Eventuali punti da inglobare nel giunto saldato dovranno essere molati alle estremità ed esaminati durante l'esecuzione della saldatura; i punti criccati dovranno tassativamente essere eliminati.</p> <p>Nel caso di saldatura su piatto ceramico, di regola, non si dovranno effettuare puntature in cianfrino.</p> <p><b>II.6.2 Temperature di preriscaldamento e di interpass</b></p> <p>L'applicazione del preriscaldamento su un giunto saldato prima della sua esecuzione ed il mantenimento in temperatura durante la saldatura sono alcuni dei fattori che determinano il ciclo termico di saldatura, insieme allo spessore di tutti gli elementi strutturali che costituiscono il giunto saldato (spessore combinato di fig. 6.1) ed all'apporto termico specifico. A sua volta il ciclo termico produce strutture metallurgiche diverse nella zona fusa e nella zona termicamente alterata di un giunto in funzione della composizione chimica dei materiali base e di apporto. Un utile indice della influenza di tale composizione è il <i>CARBONIO EQUIVALENTE</i> (CEV) valutato con la formula seguente:</p> $CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$ <p>(formula I.I.W.)</p>		



**SPECIFICA DI ISTRUZIONE  
TECNICA**

Codifica: **DI TC/AR ST PO 001 A**

Nella tabella seguente sono riportati, a titolo indicativo, i valori delle temperatura di preriscaldamento e minima di interpass (Tpr), in funzione del valore massimo di CEV garantito per un determinato acciaio, del valore minimo di apporto termico (HI) previsto nella procedura di saldatura approvata per un giunto saldato e dello spessore combinato del giunto (Sc). L'adeguatezza di tali indicazioni dovrà essere verificata in sede di qualificazione dei procedimenti di saldatura e su talloni di riproduzione o di produzione, con riferimento ai valori massimi della durezza indicati dalla procedura di certificazione. Pertanto, i preriscaldi stabiliti possono essere anche variati, purché venga garantito il rispetto dei limiti di durezza. Le variazioni devono essere concordate preventivamente in fase di qualifica del procedimento.


Temperatura di preriscaldamento e minima di interpass: Tpr (°C)


	HI (elettr./filo an.)	Sc 30 (mm)	Sc 30 ÷ 50 (mm)	Sc 50 ÷ 100 (mm)
CEV <0.37	1.2 kJ/mm	-	-	75°
CEV = 0.38 ÷ 0.42		-	50°	100°
CEV = 0.43 ÷ 0.45		-	75°	125°
CEV = 0.46 ÷ 0.49		50°	125°	175°
	HI (arco sommerso)	Sc 30 (mm)	Sc 30 ÷ 50 (mm)	Sc 50 ÷ 100 (mm)
CEV < 0.37	2 kJ/mm	-	-	-
CEV = 0.38 ÷ 0.42		-	-	75°
CEV = 0.43 ÷ 0.45		-	-	100°
CEV = 0.46 ÷ 0.49		-	50°	150°

E' da notare però che i preriscaldi indicati sulla specifica di saldatura devono essere maggiorati di 25°C per la puntatura dei pezzi.

Qualora la temperatura ambiente sia inferiore a +5°C deve essere comunque fatto un preriscaldamento almeno 50°C per tutti gli spessori e i tipi di acciaio.

Il preriscaldamento deve essere eseguito in modo tale che la temperatura richiesta interessi circa 75

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p>mm di materiale base per ciascun lato del giunto.</p> <p>La temperatura massima di interpass non dovrà superare il valore di 250°C. Valgono comunque le prescrizioni riportate nei certificati delle procedure di saldatura.</p> <p>Il controllo della temperatura di preriscaldamento e di interpass potrà essere eseguito mediante l'impiego di termocolori o di altri dispositivi atti allo scopo.</p> <p><b>II.6.3 Prescrizioni particolari</b></p> <p><b>II.6.3.1</b> È fatto divieto di eseguire saldature con qualsiasi metodo allorché la temperatura ambiente risulti inferiore a - 5°C.</p> <p><b>II.6.3.2</b> L'officina del Costruttore deve essere dotata di magazzino per deposito dei materiali di saldatura (elettrodi, fili, flussi) perfettamente chiuso e con umidità relativa costante non superiore al 50%.</p> <p><b>II.6.3.3</b> I flussi e gli elettrodi, una volta aperti gli imballi originali, dovranno essere essiccati alla temperatura di 350° - 400° C per due ore e conservati in forno alla temperatura di 150° fino al momento dell'uso.</p> <p>I saldatori dovranno essere dotati di fornelli portatili funzionanti alla temperatura di circa 100° nei quali verranno mantenuti gli elettrodi, prelevati dal forno di mantenimento, per un tempo massimo corrispondente alla durata del turno di lavoro. Alla fine del turno, gli elettrodi non utilizzati dovranno essere ritirati e stoccati in un apposito contenitore. Potranno essere impiegati dopo ulteriore essiccamento con le stesse modalità; tale trattamento, in generale, non potrà essere effettuato per più di due volte, salvo diversa indicazione del fabbricante.</p> <p>Il flusso non fuso potrà essere recuperato e riutilizzato miscelato con flusso nuovo (miscela con 30% di flusso già utilizzato e 70% di flusso nuovo). Alla fine del turno di lavoro, il flusso non utilizzato dovrà essere ritirato dalle macchine e stoccato in un apposito contenitore. Potrà essere ulteriormente impiegato dopo essiccamento con le modalità di cui sopra.</p> <p>L'efficienza delle procedure di essiccazione e conservazione degli elettrodi e dei flussi per arco sommerso potrà essere controllata, su richiesta delle FS, attraverso verifiche del contenuto di idrogeno diffusibile condotte su deposito, con le modalità di prova previste dalla norma AWS A4.3, tecnica a colonna di mercurio (valore richiesto &lt; 5 ml/100g).</p> <p><b>II.6.3.4</b> Nella realizzazione di giunti a T od a sovrapposizione mediante saldatura d'angolo, deve ottenersi una buona aderenza tra le superfici previste a contatto. Potrà essere tollerata in questi giunti la distanza massima «d» (fig. 6.2), nei limiti sotto indicati in ogni caso con adeguata maggiorazione del cordone :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• caso di saldatura manuale e semiautomatica : d = 1 mm per spessore minore del giunto inferiore o uguale a 10 mm; d = 2 mm per spessore minore del giunto maggiore di 10 mm;</li> <li>• caso di saldatura automatica ad arco sommerso : d = 1 mm.</li> </ul>		

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p>Qualora si verificano distacchi superiori, potrà essere prevista l'imburratura delle superfici per ripristinare la distanza corretta oppure potrà essere proposta alle FS una diversa preparazione dei lembi.</p> <p><b>II.6.3.5</b> Il tratto terminale dei giunti tra anima e piattabanda di travi a T ed a doppio T, realizzati con cordoni compenetrati, per una lunghezza di circa 150 mm non dovrà di regola essere saldato prima della realizzazione dei giunti testa a testa fra le travi.</p> <p>Per consentire la corretta realizzazione dei giunti testa a testa dei profili, nel caso che i giunti anima piattabanda risultassero completi, è necessario eliminare un tratto di saldatura anima - piattabanda di circa 150 mm da entrambi i lati del giunto (scucitura).</p> <p>Per la realizzazione dei giunti testa a testa si procederà di regola con la con la sequenza di operazioni nel seguito descritta :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• preparazione dei lembi da saldare e dello scarico alle estremità dell'anima;</li> <li>• assiemaggio e puntatura degli elementi strutturali (luce del giunto d'anima maggiore della luce del giunto di piattabanda);</li> <li>• saldatura delle piattabande preferibilmente in contemporanea o eseguendo riempimenti parziali alternativamente sulle due piattabande;</li> <li>• saldatura dell'anima;</li> <li>• saldatura tra anima e piattabanda nei tratti scuciti.</li> </ul> <p>Nel caso invece di travi saldate con cordoni d'angolo, dovrà essere prevista anche una zona di transizione di circa 200 mm (figura 2.11).</p> <p><b>II.6.3.6</b> Elementi uniti in modo errato devono di regola essere tagliati e risaldati.</p> <p><b>II.6.3.7</b> Strutture deformate a seguito della saldatura devono essere raddrizzate mediante l'applicazione di riscaldamenti localizzati o a caldo con mezzi meccanici. Il Costruttore è tenuto a predisporre una procedura di raddrizzatura nella quale vengano definiti almeno :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• il campo di temperatura da ottenere;</li> <li>• il metodo di applicazione dei riscaldamenti localizzati ;</li> <li>• il metodo e le attrezzature per il controllo della temperatura;</li> <li>• i metodi di raddrizzatura meccanica;</li> <li>• il personale impiegato nelle operazioni di raddrizzatura;</li> <li>• il tipo, la classe di resistenza e lo stato di fornitura (normalizzato, termomeccanico, ecc.) dell'acciaio al quale la procedura si riferisce;</li> <li>• le prove sperimentali di qualificazione della procedura di raddrizzatura convalidate da un Ente</li> </ul>		



**SPECIFICA DI ISTRUZIONE  
TECNICA**


Codifica: **DI TC/AR ST PO 001 A**


Ufficiale e visionate dalle FS.

I giunti saldati degli elementi sottoposti a raddrizzatura saranno esaminati con controlli non distruttivi adeguati, per estensione e tipologia, al tipo di giunto, dopo la raddrizzatura.


La temperatura dell'area riscaldata (in generale intorno a 600°C) va definita in funzione dello stato di fornitura del materiale base.


Le parti riscaldate per la raddrizzatura devono essere sostanzialmente libere da sollecitazioni e da forze esterne, eccetto quelle risultanti dai mezzi meccanici usati in concomitanza con l'applicazione dei riscaldi.


 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.7 SALDATURE IN FASE DI MONTAGGIO IN CANTIERE</b></p> <p><b>II.7.1</b> Per le saldature in fase di montaggio in cantiere valgono tutte le prescrizioni concernenti i particolari strutturali, le procedure di saldatura e le modalità di conservazione dei materiali base e di apporto, le modalità esecutive, il personale impegnato nelle attività di saldatura, nonché la qualità dei giunti saldati ed il loro collaudo indicati ai punti precedenti.</p> <p>Particolare riguardo andrà posto alla protezione dei lembi del cianfrino dalla ossidazione ed alla predisposizione di opportuni ripari durante le fasi di saldatura, prevedendo l'uso di idonee attrezzature; quest'ultima esigenza acquista maggiore rilevanza quando sia previsto l'impiego di procedimenti di saldatura diversi dall'elettrodo rivestito; in tal caso verrà preparata, a cura del Costruttore, un'adeguata procedura che dovrà descrivere le modalità di protezione dagli agenti atmosferici delle zone interessate dall'esecuzione delle saldature.</p> <p><b>II.7.2</b> Dovrà essere posta la massima cura nello studio e nella realizzazione dell'assieme dei giunti e nella preparazione dei lembi, al fine di consentire la corretta esecuzione dei giunti stessi. Precise indicazioni a tale proposito dovranno essere fornite dal costruttore delle strutture metalliche.</p> <p><b>II.7.3</b> Il procedimento di saldatura previsto per le saldature al montaggio sarà generalmente quello manuale con elettrodi rivestiti basici omologati, simili, per caratteristiche meccaniche e chimiche, al materiale base.</p> <p>L'uso di altri procedimenti è consentito, fatte salve le precauzioni di cui al punto II.7.1, previo nulla osta da parte delle FS.</p> <p><b>II.7.4</b> I saldatori dovranno essere qualificati per la posizione di saldatura di lavoro, con particolare riguardo alla saldatura in posizione sopratesta. Potrà essere richiesta una verifica della abilità operativa in cantiere, specie in presenza di giunzioni particolarmente importanti o da eseguirsi in posizioni non agevoli, mediante la realizzazione di talloni di pre - produzione.</p> <p><b>II.7.5</b> I giunti eseguiti in cantiere verranno controllati con modalità analoghe a quelle previste per i giunti di officina; valgono i medesimi criteri sull'estensione dei controlli per esito negativo. Comunque, i giunti testa a testa delle strutture principali eseguiti in opera dovranno essere controllati con metodo magnetoscopico, radiografico ed ultrasonoro.</p> <p><b>II.7.6</b> Sui giunti in acciaio di classe di resistenza S355 o superiore e di spessore combinato Sc maggiore di 100 mm, i controlli non distruttivi dovranno essere eseguiti non prima di 48 ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura.</p>		


 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.8 MODALITA' ESECUTIVE DEI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI</b></p> <p><b>II.8.1 Prescrizioni generali</b></p> <p>I giunti saldati verranno controllati visivamente e con attrezzature adeguate al tipo di giunto, alla tipologia dei difetti da rilevare ed al luogo di lavoro, secondo quanto riportato nella presente istruzione.</p> <p>Di regola, i controlli strumentali saranno quello magnetoscopico, radiografico e ultrasonoro sul giunto completato ed il controllo con liquidi penetranti solo sulle superfici di solcatura al rovescio dei giunti a piena penetrazione. I controlli strumentali finali saranno di regola successivi a quello visivo soddisfacente.</p> <p>In genere il controllo ultrasonoro sui giunti testa a testa a piena penetrazione sarà eseguito per spessori superiori a 30 mm. Per spessori fino a 30 mm sarà di regola eseguito il controllo radiografico, eventualmente integrato da controllo ultrasonoro per elementi particolarmente sollecitati.</p> <p><b>II.8.1.1 Qualificazione del personale addetto ai controlli non distruttivi</b></p> <p>Il personale addetto all'esame non distruttivo dei giunti saldati e del materiale base deve essere certificato almeno di livello 2 in accordo alla norma UNI EN 473. In alternativa, per un periodo di transizione fino al 30/06/2000, potrà essere accettata una certificazione almeno di livello 2 secondo ASNT o CICPND.</p> <p><b>II.8.2 Modalità di esecuzione</b></p> <p><b>II.8.2.1 Esame visivo</b></p> <p>Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN 970.</p> <p><b>II.8.2.2 Controllo magnetoscopico</b></p> <p>Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI 7704 classe S2 (classe SS per i giunti a croce).</p> <p><b>II.8.2.3 Controllo con liquidi penetranti</b></p> <p>Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI 7679.</p> <p><b>II.8.2.4 Esame radiografico</b></p> <p>Prima dell'esecuzione del controllo verrà compilato, a cura del Costruttore, uno schizzo da allegare al verbale di controllo radiografico in cui risultino gli sviluppi dei giunti saldati e le sigle dei saldatori o degli operatori che li hanno eseguiti; su di esso saranno indicate, dall'incaricato delle FS o dell'Ente designato, le posizioni da radiografare distinte con lettere e/o numeri, quando tali posizioni non si evincano dai documenti di progetto. Tali elementi dovranno comparire sulle corrispondenti pellicole e serviranno per la loro identificazione.</p>		





 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p>Gli incaricati delle FS si riservano la facoltà di accertare mediante controllo diretto l'effettiva corrispondenza della ubicazione della pellicola sul giunto radiografato.</p> <p>Su ogni pellicola dovrà essere posto un indicatore di qualità d'immagine (penetrametro); la radiografia dovrà avere sensibilità tale da rilevare l'elemento del penetramento corrispondente al 2% della somma degli spessori attraversati dai raggi (potere risolutivo).</p> <p>Il controllo radiografico deve essere eseguito secondo le regole delle norme ISO R 1106-84 applicando la classe A. Il controllo gammagrafico, in luogo di quello radiografico, può essere consentito a seguito di motivata richiesta alle FS, applicando le suddette norme ISO classe C.</p> <p><b>II.8.2.5    Esame Ultrasonoro</b></p> <p><b>II.8.2.5.1    Taratura della sensibilità</b></p> <p>La taratura della sensibilità di esame sarà eseguita tracciando la curva di riferimento ad «amplificazione costante» con le modalità previste dalla Norma UNI 8387.</p> <p><b>II.8.2.5.2    Blocco campione</b></p> <p>Il Blocco di riferimento per la taratura della sensibilità dovrà avere spessore uguale, con tolleranza del <math>\pm 10\%</math>, allo spessore maggiore degli elementi costituenti il giunto da controllare.</p> <p><b>II.8.2.5.3    Modalità esecutive</b></p> <p>Di regola, il controllo ultrasonoro dei giunti saldati sarà eseguito dalle FS o dall'Ente incaricato. Le modalità esecutive saranno di norma quelle previste per la classe 1<sup>a</sup> della Norma UNI 8387. In ogni caso le fasi di assiemaggio e costruzione dovranno tenere in conto la necessità di eseguire i controlli quando il maggior numero di superfici del giunto non è accessibile (ad esempio, in un giunto a T a piena penetrazione a croce, il giunto principale dovrà essere controllato prima della saldatura della seconda anima, per consentire l'accesso alla piattabanda dalla parte opposta all'anima saldata per prima).</p> <p>Le modalità di esame devono essere chiaramente specificate sul verbale di controllo.</p> <p><b>II.8.2.5.4    Registrazione dei riflettori</b></p> <p>Tutti i riflettori, che producono una risposta di ampiezza maggiore o uguale al 20% della curva di riferimento per la sensibilità di controllo, dovranno essere accuratamente analizzati per definire le caratteristiche geometriche dei difetti, per ipotizzarne la natura e per valutarli in termini di accettabilità.</p> <p>Tutte le indicazioni non geometriche di ampiezza superiore al 20% della curva di riferimento dovranno essere registrate sul resoconto di prova.</p> <p>Tutte le indicazioni dovute alla geometria del giunto di ampiezza superiore al 50% della curva di riferimento dovranno essere registrate sul resoconto di prova.</p>		


 <b><i>DIVISIONE INFRASTRUTTURA</i></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b> <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p data-bbox="331 439 1477 551">La registrazione del resoconto della prova dovrà essere tale da poter individuare le zone in cui si sono riscontrate le variazioni di risposta di cui in precedenza, ad esempio, mediante un sistema di coordinate con origine in corrispondenza di un punzone di riferimento.</p> <p data-bbox="220 591 587 624"><b>II.8.3 Controllo piolatura</b></p> <p data-bbox="296 665 1477 736">Per quanto attiene alle modalità di controllo delle saldature dei pioli, valgono in toto le prescrizioni della norma CNR 10016-85 - Appendice B e successive edizioni.</p>		


 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.9 ESTENSIONE DEI CONTROLLI STRUMENTALI</b></p> <p><b>II.9.1 Esame Visivo</b></p> <p>Di regola tutte le saldature dovranno essere esaminate visivamente al 100%.</p> <p><b>II.9.2 Controlli strumentali</b></p> <p>Il Costruttore è tenuto a indicare su un'apposita procedura l'estensione dei controlli non distruttivi strumentali che intende applicare sui giunti di produzione, con esplicito riferimento a un determinato ponte ferroviario; in alternativa, le indicazioni relative all'estensione dei controlli potranno essere riportate sui disegni costruttivi.</p> <p>Il programma di estensione dei controlli dovrà essere approvato dalle FS dopo parere favorevole dell'Ente designato per il controllo.</p> <p>Di regola verrà seguito il programma descritto ai punti successivi.</p> <p><b>II.9.2.1 Giunti con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione</b></p> <p>Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura del Costruttore sul 100% dei giunti delle strutture più importanti del ponte esibendo i relativi verbali.</p> <p>In sede di collaudo da parte delle FS o di altro Ente incaricato, tale controllo sarà limitato al 30% della lunghezza di ogni cordone di ciascun giunto sia a cordoni d'angolo che a parziale penetrazione; tale estensione sarà suscettibile di aumento in relazione al tipo di procedimento di saldatura ed ai risultati del controllo stesso.</p> <p><b>II.9.2.2 Giunti a piena penetrazione</b></p> <p>Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura del Costruttore sul 100% dei giunti a piena penetrazione testa a testa o a T, esibendo i relativi verbali. Inoltre, verrà effettuato dal Costruttore l'esame radiografico e/o ultrasonoro su almeno il 50% della lunghezza di ogni giunto.</p> <p>Estensioni diverse dovranno comunque essere approvate dalle FS come stabilito al punto II.9.2.</p> <p>Per giunti di fondamentale importanza per la statica della struttura o particolarmente sollecitati, ovvero in particolari casi in relazione alla natura ed all'entità delle sollecitazioni gli esami dovranno essere estesi al 100%.</p> <p>In sede di collaudo le FS o l'Ente incaricato eseguiranno il controllo magnetoscopico al 30 % della lunghezza delle saldature ed il controllo ultrasonoro al 100% della percentuale stabilita.</p>		

 <p><b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b></p>	<p><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p>Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p><b>II.9.3 Intensificazione dei controlli per esito negativo</b></p> <p>Qualora vengano rilevate delle anomalie con i controlli strumentali eseguiti a campione, i controlli verranno intensificati. Di regola verrà esaminato un tratto di saldatura a cavallo della zona difettosa non inferiore a 100 mm, tenendo comunque in conto il tipo di difetto e l'importanza dell'elemento strutturale. Per l'estensione verrà utilizzato almeno il medesimo metodo che ha rilevato il difetto.</p> <p>Ogni riparazione eseguita con o senza saldatura dovrà essere ricontrollata con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto; le zone sulle quali sono stati rilevati difetti inaccettabili con i controlli radiografici o ultrasonori dovranno ovviamente essere nuovamente controllati con lo stesso metodo che ha rilevato i difetti; inoltre dovranno essere verificati almeno altri due tratti, scelti dagli incaricati del collaudo, per ogni tratto riparato.</p> <p>Nel caso in cui il numero delle riparazioni sia elevato oppure vengano riscontrati difetti inaccettabili con carattere di sistematicità, gli elementi strutturali od i giunti in questione saranno scartati.</p> <p>Quando la presenza di difetti sistematici non sia attribuibile a cattiva modalità esecutiva oppure ad imperizia del saldatore o dell'operatore della macchina, il Costruttore dovrà ripetere il procedimento di qualifica.</p> <p>In ogni caso il Costruttore provvederà al rifacimento dei giunti scartati; i nuovi giunti dovranno essere ricontrollati con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto, con estensione percentuale doppia rispetto a quella inizialmente prescritta.</p>		


 <p><b><i>DIVISIONE INFRASTRUTTURA</i></b></p>	<p align="center"><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p align="center"><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p align="center"><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p align="center">Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p><b>II.10 QUALITA' DELLE SALDATURE</b></p> <p><b>II.10.1 Prescrizioni generali</b></p> <p>Tutte le saldature devono essere regolari, ben raccordate al materiale base e senza eccesso di sovrametallo. I criteri di accettabilità dei difetti per i giunti di prima classe e di seconda classe, per la cui definizione si rimanda alla norma CNR UNI 10011, sono di seguito precisati.</p> <p><b>II.10.1.1 Esame visivo</b></p> <p>La qualità delle saldature esaminate visivamente con le modalità indicate al punto II.8.2.1 deve essere rispondente ai criteri di accettabilità stabiliti dalle norme UNI EN 25817 raggruppamento B per i giunti di prima classe e raggruppamento C per i giunti di seconda classe. Le FS si riservano la facoltà di stabilire criteri e valori diversi da quelli riportati nella suddetta norma qualora lo riterranno opportuno in fase di approvazione del progetto delle saldature.</p> <p><b>II.10.1.2 Controllo magnetoscopico</b></p> <p>La qualità delle saldature esaminate con magnetoscopia in conformità a quanto previsto al punto II.8.2.2 deve essere rispondente ai criteri di accettabilità stabiliti dalla norma UNI EN 25817 raggruppamento B per i giunti di prima classe e raggruppamento C per i giunti di seconda classe.</p> <p><b>II.10.1.3 Controllo con i liquidi penetranti</b></p> <p>La qualità delle saldature esaminate con liquidi penetranti, di regola nei casi in cui il controllo magnetoscopico non può essere applicato, in conformità a quanto previsto al punto II.8.2.3, deve essere rispondente ai criteri di accettabilità stabiliti dalla norma UNI EN 25817 raggruppamento B per i giunti di prima classe e raggruppamento C per i giunti di seconda classe.</p> <p><b>II.10.1.4 Esame radiografico</b></p> <p>I criteri di accettabilità dei difetti sono quelli stabiliti dalla norma UNI 7278 raggruppamento B per i giunti di prima classe e raggruppamento F per i giunti di seconda classe.</p> <p><b>II.10.1.5 Controllo ultrasonoro</b></p> <p>I criteri di accettabilità dei difetti da applicare alle indicazioni rilevate al controllo ultrasonoro dovranno rispettare le prescrizioni seguenti :</p>		


 <p><b>DIVISIONE INFRASTRUTTURA</b></p>	<p><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p>Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p>a) - riflettori che, sulla base della posizione e delle caratteristiche dell'eco, vengono interpretati come cricche, strappi lamellari, mancanze di penetrazione al cuore e mancanze di fusione ai lembi non saranno accettate, indipendentemente dall'ampiezza della loro risposta; le discontinuità allungate localizzate al vertice della saldatura ed a una distanza pari allo spessore della piattabanda, rispetto alla faccia esterna di quest'ultima, saranno considerate mancanza di penetrazione se con il controllo US non potranno essere classificate come scoria;</p> <p>b) - riflettori allungati con ampiezze d'eco superiori o uguali a 150% della curva di riferimento non saranno accettati;</p> <p>c) - riflettori allungati con ampiezza dell'eco di risposta compresa fra l'80% e il 150% della curva di riferimento non saranno accettati se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la loro lunghezza risulta maggiore di <math>\frac{1}{2} S</math>, dove S è lo spessore più sottile tra quelli collegati nel giunto in esame, con un massimo di 8 mm, per S inferiore o uguale a 25 mm;</li> <li>• la loro lunghezza risulta maggiore di <math>\frac{1}{3} S</math>, con un massimo di 15 mm, per S maggiore di 25 mm;</li> <li>• la lunghezza complessiva dei riflettori nel tratto di saldatura lungo 400 mm più difettoso risulta superiore a 20 mm;</li> <li>• due riflettori contigui di lunghezza rispettivamente <math>L_1</math> e <math>L_2</math>, distanti "d", saranno considerati come unico difetto di lunghezza (<math>L_1 + L_2 + d</math>), se risulta <math>d \leq (L_1 + L_2)</math> e se l'ampiezza di risposta di almeno uno dei due difetti è maggiore o uguale all'80% della curva di riferimento.</li> </ul>		

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.11 MODALITA' DI RIPARAZIONE</b></p> <p><b>II.11.1 Riparazione senza l'esecuzione di nuove saldature</b></p> <p>Difetti superficiali e di profilo potranno essere eliminati anche senza eseguire altre saldature purché la profondità dei difetti non superi il 10% dello spessore interessato (o il minore degli spessori interessati, quando il difetto è nella zona fusa del giunto) e comunque con un massimo di 2 mm.</p> <p>L'eliminazione del difetto verrà ottenuta mediante molatura; ciò dovrà essere verificato con accurato esame visivo e, in caso dubbio, con esame magnetoscopio; la superficie dello scavo dovrà risultare ben raccordata col materiale contiguo.</p> <p><b>II.11.2 Riparazione con saldatura</b></p> <p>Il Costruttore dovrà redigere una o più procedure di riparazione dei giunti saldati a mezzo saldatura, da approvare come le procedure di esecuzione delle saldature.</p> <p>Tali procedure dovranno contenere almeno le modalità e i mezzi da adottare per gli scavi, la temperatura di preriscaldamento e tutto quanto attiene al procedimento di saldatura previsto.</p> <p><b>II.11.2.1 Esecuzione degli scavi</b></p> <p>Gli scavi saranno eseguiti con mola oppure con elettrodo di carbone e soffio d'aria compressa (arc-air) seguita da molatura di regolarizzazione. Le superfici dello scavo dovranno soddisfare i requisiti già descritti al punto II.11.1.</p> <p><b>II.11.2.2 Modalità esecutive</b></p> <p>La temperatura di preriscaldamento e di interpass sarà, come per la puntatura, di 25°C superiore a quella prevista, per l'esecuzione del giunto, dalla procedura di saldatura approvata.</p> <p>Il procedimento di saldatura da adottare sarà di norma quello manuale con elettrodi a rivestimento base, omologati e di caratteristiche chimiche e meccaniche simili a quelle del materiale base.</p> <p>Potrà essere utilizzato il procedimento a filo continuo animato per riparare giunti saldati con scavi di lunghezza superiore a 250 mm.</p> <p>Per tutto quanto attiene alla conservazione dei materiali di apporto ed alla tecnica esecutiva valgono le indicazioni già espresse per le saldature di produzione.</p> <p>Non è ammesso l'uso di cordoncini molto tirati (apporto termico specifico <math>HI &lt; 0.8 \text{ KJ/mm}</math>) per riempire scavi od incisioni onde evitare eccessive durezza locali.</p> <p>Le riparazioni dovranno dare luogo a superfici lisce e ben raccordate con il materiale adiacente; se necessario, i cordoni di riporto o riparazione verranno lisciati con mola o fresa a bottone.</p>		

 <p><b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b></p>	<p><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p>Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p>A titolo di esempio potranno essere seguite modalità di riparazione come quelle di seguito indicate :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• per eliminare difetti non accettabili tipo overlap o eccessiva convessità: <i>ridurre l'eccesso di metallo depositato rimuovendolo mediante mola;</i></li> <li>• per eliminare difetti non accettabili tipo eccessiva concavità, crateri, cordoni sottodimensionati o incisioni : <i>molatura di raccordo e saldatura fino ad ottenere un corretto profilo. La saldatura apportata per compensare il cordone sottodimensionato deve essere depositata con le prescrizioni delle riparazioni.;</i></li> <li>• per eliminare difetti non accettabili come inclusioni di scoria o eccessiva porosità : <i>rimuovere i tratti difettosi con arc - air seguito da molatura e riportare saldatura fino ad ottenere un corretto profilo;</i></li> <li>• per eliminare difetti non accettabili tipo cricche in saldatura o in zona termicamente alterata : <i>rimuovere il tratto difettoso per una lunghezza, oltre le estremità della cricca, pari almeno alla lunghezza della cricca stessa con un massimo di 50 mm, curare la correttezza della forma dello scavo e procedere alla saldatura con le modalità di cui ai paragrafi precedenti.</i></li> </ul>		



 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>II.12 VERIFICHE SUI TALLONI DI PRODUZIONE</b></p> <p>In tutte le travi saldate in officina dovranno essere previste opportune espansioni (talloni d'estremità) dello stesso materiale costituente le travi stesse. Le FS si riservano di richiedere, ove possibile, l'applicazione dei talloni anche sui giunti eseguiti in cantiere.</p> <p>Sui talloni di produzione si potrà misurare la durezza in zona fusa, in zona termicamente alterata e nel metallo base, nonché valutare la corretta penetrazione della saldatura.</p> <p>Le modalità e le estensioni dei controlli macrografici sui talloni d'estremità saranno definite dal Costruttore mediante un'appropriata procedura da sottoporre ad approvazione da parte delle FS, previo parere favorevole dell'Ente designato. Di norma tale controllo sarà previsto a campione in percentuale da definire nella procedura sopra richiamata. Per i giunti realizzati in officina tale percentuale non potrà essere inferiore al 5% dei giunti saldati; per i giunti realizzati in cantiere, il numero di prove sarà stabilito di volta in volta, in funzione del tipo di giunto, dello spessore, del procedimento di saldatura applicato.</p> <p>La procedura dovrà di norma prevedere l'esecuzione di macrografie su adeguati talloni anche nei casi seguenti :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ applicazione da parte del Costruttore di procedure di saldatura per le quali non abbia una consolidata esperienza applicativa;</li> <li>◦ durante le fasi iniziali di applicazione di procedimenti automatici o robotizzati.</li> </ul> <p>Le prove di durezza saranno eseguite in almeno tre punti di una stessa zona (materiale base, zona fusa, zona termicamente alterata) e dovranno accertare che in nessun punto la durezza Vickers (HV10) ecceda i limiti indicati nella procedura di certificazione.</p>		

 <p><b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b></p>	<p align="center"><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p align="center"><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p align="center"><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p>Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p><b>II.13 RESOCONTO DELLE ATTIVITA' DI SALDATURA</b></p> <p>Dovrà essere compilato, a cura del Costruttore e secondo la UNI EN 729, un diario dei lavori di saldatura dal quale risultino tutte le particolarità e le circostanze secondo cui i lavori si svolgono.</p> <p>I diari dovranno contenere un elenco di tutte le saldature eseguite, le riparazioni, i nomi dei saldatori, il procedimento di saldatura (parametri, materiali, preriscaldi, ecc.) gli eventuali controlli intermedi e quant'altro possa ritenersi utile di particolare registrazione.</p> <p>I diari dovranno essere firmati dal Coordinatore di saldatura del Costruttore che si rende garante della loro esattezza.</p> <p>Essi dovranno essere esibiti in visione agli incaricati del controllo alla fine dei lavori; copia dei diari sarà consegnata all'incaricato delle FS per gli usi di collaudo e per essere conservate nell'incartamento del lavoro.</p>		

***DIVISIONE***  
***INFRASTRUTTURA***




**ISTRUZIONE N. 44/S**


**SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE  
DESTINATE AI PONTI FERROVIARI**

**SPECIFICA DI ISTRUZIONE  
TECNICA**

Codifica: **DI TC/AR ST PO 001 A**

**ALLEGATO N. 1**

 <p><b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b></p>	<p><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p>Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>CERTIFICAZIONE DELLE PROCEDURE DI SALDATURA</b></p> <p><b>1.0 SCOPO</b></p> <p>Il presente documento ha lo scopo di integrare e definire in dettaglio le modalità di certificazione delle procedure di saldatura previste dalla normativa europea EN 288-3, per l'applicazione alle strutture metalliche di carpenteria che ricadono sotto l'applicazione della presente istruzione.</p> <p><b>2.0 SAGGI SALDATI PER LA CERTIFICAZIONE DELLE PROCEDURE</b></p> <p>I saggi dovranno avere le dimensioni minime conformi a quanto indicato al punto 6.2 della UNI EN 288-3, fatta eccezione per la lunghezza che non dovrà essere inferiore a 700 mm per i procedimenti a filo continuo e a 1000 mm per il procedimento automatico ad arco sommerso.</p> <p><b>2.1 Giunti a T con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione realizzati a passata singola</b></p> <p>Oltre all'esecuzione del saggio a T, viene richiesta la saldatura di un saggio testa a testa a piena penetrazione con passate contrapposte (passata singola da ogni lato) per la verifica delle caratteristiche meccaniche della zona fusa. Il campo di validità della qualifica sarà stabilito sulla base dello spessore utilizzato per l'esecuzione del giunto a T. Pertanto, un solo giunto di testa potrà essere considerato valido per la verifica delle caratteristiche meccaniche di più giunti a T.</p> <p>Nel caso di giunti ad anima inclinata, dovranno essere comunque eseguiti i saggi a T per verificare almeno la forma del cordone e la fusione del vertice.</p> <p><b>2.2 Giunti a T con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione a passate multiple</b></p> <p>Valgono le stesse considerazioni di cui al caso precedente; in questo caso, dovrà però essere eseguito un saggio testa a testa a piena penetrazione a passate multiple per la verifica delle caratteristiche meccaniche in zona fusa e in zona termicamente alterata.</p> <p><b>2.3 Giunti a T a piena penetrazione</b></p> <p>In generale si dovrà procedere all'esecuzione di un giunto a T a piena penetrazione e di un saggio testa a testa anch'esso a piena penetrazione. In funzione del tipo di giunto da realizzare in produzione si potrà verificare la possibilità di eseguire solo il saggio testa a testa, nella posizione in cui è richiesta la qualifica, predisponendo opportuni saggi costituiti da lamiere di spessore diverso.</p>		

 <b>DIVISIONE</b> <b><u>INFRASTRUTTURA</u></b>	<b>ISTRUZIONE N. 44/S</b>  <b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE</b> <b>DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b>	
<b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE</b> <b>TECNICA</b>	Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b>	
<p><b>3.0 PROVE MECCANICHE SUI SAGGI DI QUALIFICA</b></p> <p>Le prove di resilienza devono essere eseguite per tutti gli spessori. La temperatura di prova deve essere almeno la stessa del materiale base; a questo proposito per i giunti a T a piena penetrazione, a parziale penetrazione e con cordoni d'angolo lo spessore di riferimento per la definizione della temperatura di prova è il minore. In ogni caso, come regola generale, la temperatura di prova dovrà essere scelta pari almeno a -20°C.</p> <p>Nei casi in cui è richiesta l'esecuzione delle prove CTOD sul materiale base, per i giunti di testa a piena penetrazione dovrà essere eseguita almeno una terna delle stesse prove; in tal caso la posizione dell'intaglio sarà scelta sulla base della comparazione dei risultati di prove preliminari di resilienza eseguite sui saggi di qualifica in zona fusa e in zona termicamente alterata.</p> <p>Le misure di durezza nei saggi a passate multiple dovranno essere eseguite anche sulla sola prima passata; nel caso in cui il Costruttore sia in possesso di certificati di qualifica validi secondo UNI EN 288-3 ma che non soddisfano il suddetto requisito aggiuntivo, le verifiche sulle durezza sulla sola prima passata saranno effettuate su almeno tre talloni produzione.</p> <p><b>4.0 APPORTO TERMICO SPECIFICO</b></p> <p>Nel caso dei ponti, la variazione ammessa dell'apporto termico specifico usato in produzione rispetto a quello impiegato per l'esecuzione dei saggi di qualifica è limitata a +/- 15%.</p>		

***DIVISIONE***  
***INFRASTRUTTURA***




**ISTRUZIONE N. 44/S**

**SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE  
DESTINATE AI PONTI FERROVIARI**

**SPECIFICA DI ISTRUZIONE  
TECNICA**

Codifica: **DI TC/AR ST PO 001 A**

**ALLEGATO N. 2**

 <p><b>DIVISIONE INFRASTRUTTURA</b></p>	<p align="center"><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p align="center"><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p align="center"><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p align="center">Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p align="center"><b>PROCEDURA DI ESAME VISIVO E DIMENSIONALE DELLE SALDATURE</b></p> <p><b>1.0 ARGOMENTO E SCOPO</b></p> <p>Questa procedura definisce la tecnica ed i criteri di accettabilità del controllo visivo e dimensionale sui cordoni di saldatura e sulle riparazioni con saldatura di giunti saldati di materiali ferrosi.</p> <p>Questa procedura è in accordo con :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Codice ASME VIII articolo 9;</li> <li>- Norma UNI EN 25817.</li> </ul> <p><b>2.0 QUALIFICA DEL PERSONALE</b></p> <p>Per l'esecuzione di detto controllo verrà utilizzato personale dotato di preparazione specifica, non esistendo una normativa al riguardo.</p> <p><b>3.0 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI E CONDIZIONI D'ESAME</b></p> <p>Le superfici da esaminare possono essere in condizioni di come - saldato, ma in taluni casi si può rendere necessario molare le irregolarità superficiali che potrebbero mascherare la presenza di discontinuità. L'esame deve essere eseguito prima, durante e dopo la saldatura onde limitare l'insorgere dei difetti non ammessi.</p> <p>Prima dell'esame la superficie da esaminare e le aree adiacenti dovranno essere ripulite ed esenti da sporcizia, grasso, scaglie, scorie, spruzzi, olio e altre materia estranee che potrebbero impedire un corretto esame.</p> <p>L'accessibilità, il tipo di illuminazione, l'angolo visivo sono requisiti fondamentali per la buona esecuzione dell'esame visivo; laddove sia possibile, tali requisiti devono essere mantenuti nelle migliori condizioni.</p> <p>La luce artificiale o naturale per l'esame deve avere intensità e qualità tale da illuminare l'area o la regione in maniera che non vi siano delle superfici di abbagliamento.</p> <p>Dispositivi di misura e calibri possono essere usati per completare l'esame.</p> <p><b>4.0 METODI</b></p> <p><b>4.1 Esame visivo diretto (UNI EN 25817)</b></p> <p>L'esame visivo diretto deve essere eseguito quando è possibile portare l'occhio entro 610 mm dalla superficie da esaminare e con un angolo non inferiore a 30° rispetto alla superficie stessa. Per migliorare l'angolo di visione può essere usato uno specchio o un altro dispositivo appropriato.</p>		



#### **4.2 Esame visivo a distanza**

Per l'esame visivo di parti lontane si possono usare elementi di aiuto visivo che rendano possibile il controllo.

L'esame di parti lontane deve possedere un grado di risoluzione almeno equivalente a quello ottenibile da un'osservazione diretta.

#### **5.0 CRITERI DI ACCETTAZIONE**

Una saldatura è accettabile se, durante l'ispezione visiva, si riscontrano le seguenti condizioni e risulti in armonia con quanto riportato nel successivo paragrafo 7 :

- a) la saldatura non ha cricche;
- b) esiste completa fusione tra gli strati adiacenti del metallo di saldatura e il metallo base;
- c) tutti i crateri sono riempiti fino alla piena sezione trasversale della saldatura;
- d) i profili di saldatura sono in accordo alle figure 7.1 e 7.2 allegate;
- e) le incisioni non hanno più di 0,25 mm di profondità quando la saldatura è trasversale alle sollecitazioni primarie, nella parte incisa. Le incisioni non hanno più di 0,5 mm di profondità quando la saldatura è parallela alle sollecitazioni primarie, nella parte incisa;
- f) la frequenza dei tarli, sia per le preparazioni di saldatura che per le saldature ultimate, non è superiore ad un tarlo ogni 100 mm di lunghezza ed il diametro massimo non eccede 2.4 mm;
- g) non vi è alcuna insufficienza di saldatura;
- h) mancano le irregolarità di deposito;
- i) mancano gli spruzzi;
- l) la velocità di saldatura (a V spinto) non è eccessiva;
- m) la insellatura non è eccessiva;
- n) la convessità non è eccessiva.

#### **6.0 CERTIFICAZIONE**

Il risultato soddisfacente dell'esame visivo dimensionale delle saldature sarà documentato mediante firma negli spazi predisposti su appositi moduli oppure mediante emissione di verbale.




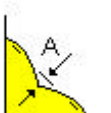
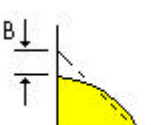
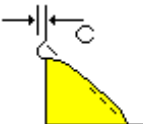




**SPECIFICA DI ISTRUZIONE  
TECNICA**

Codifica: **DI TC/AR ST PO 001 A**

**7.0 TOLLERANZE SUL PROFILO**

Sul profilo del cordone di saldatura a "penetrazione normale" dovranno essere garantite le seguenti tolleranze :

rappresentazione		lato "z" del cordone di saldatura ( nominale ) mm				
		6	8	10	12	14
		tolleranze (mm)				
	A1					
	A2	0.40	0.53	0.67	0.80	0.93
	B					
	C	0.25 0.50 (* )		0.80		
	D			0		
	E	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8

I valori sopra indicati possono essere maggiorati del 50% per tratti di lunghezza non superiori ai seguenti limiti :

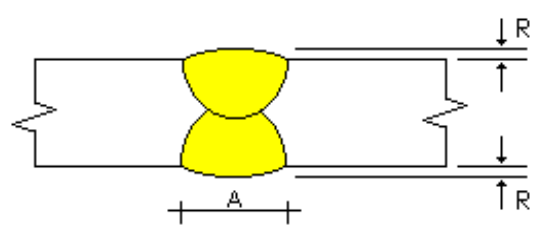
25 mm per cordoni di lato  $z = 6$  e  $8$  mm.

40 mm per cordoni di lato  $z \geq 10$  mm.

(\* ) 0.25 per cordoni perpendicolari agli sforzi principali

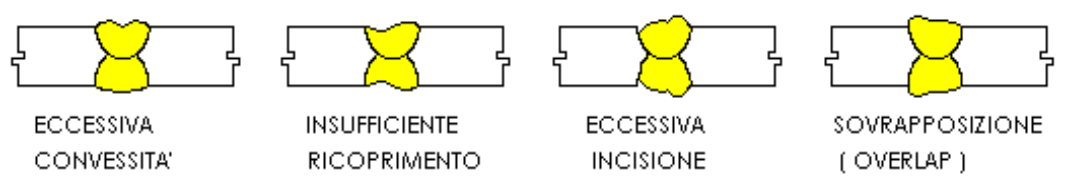
0.50 per cordoni paralleli agli sforzi principali

<p><b><i>DIVISIONE</i></b> <b><i>INFRASTRUTTURA</i></b></p>	<p><b>ISTRUZIONE N. 44/S</b></p> <p><b>SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE DESTINATE AI PONTI FERROVIARI</b></p>	
<p><b>SPECIFICA DI ISTRUZIONE TECNICA</b></p>	<p>Codifica: <b><u>DI</u> <u>TC/AR</u> <u>ST</u> <u>PO</u> <u>001</u> <u>A</u></b></p>	
<p><b>Fig. 7.1</b></p>		



( D ) PROFILO DI SALDATURA  
DI TESTA ACCETTABILE

\* Il sovrametallo "R" non deve eccedere  $(1 + 0.05A)$ .



ECESSIVA  
CONVESSITA'

INSUFFICIENTE  
RICOPRIMENTO

ECESSIVA  
INCISIONE

SOVRAPPOSIZIONE  
( OVERLAP )

( E ) PROFILO DI SALDATURA  
DI TESTA NON ACCETTABILE

**Fig. 7.2**

***DIVISIONE***  
***INFRASTRUTTURA***



**ISTRUZIONE N. 44/S**

**SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE  
DESTINATE AI PONTI FERROVIARI**

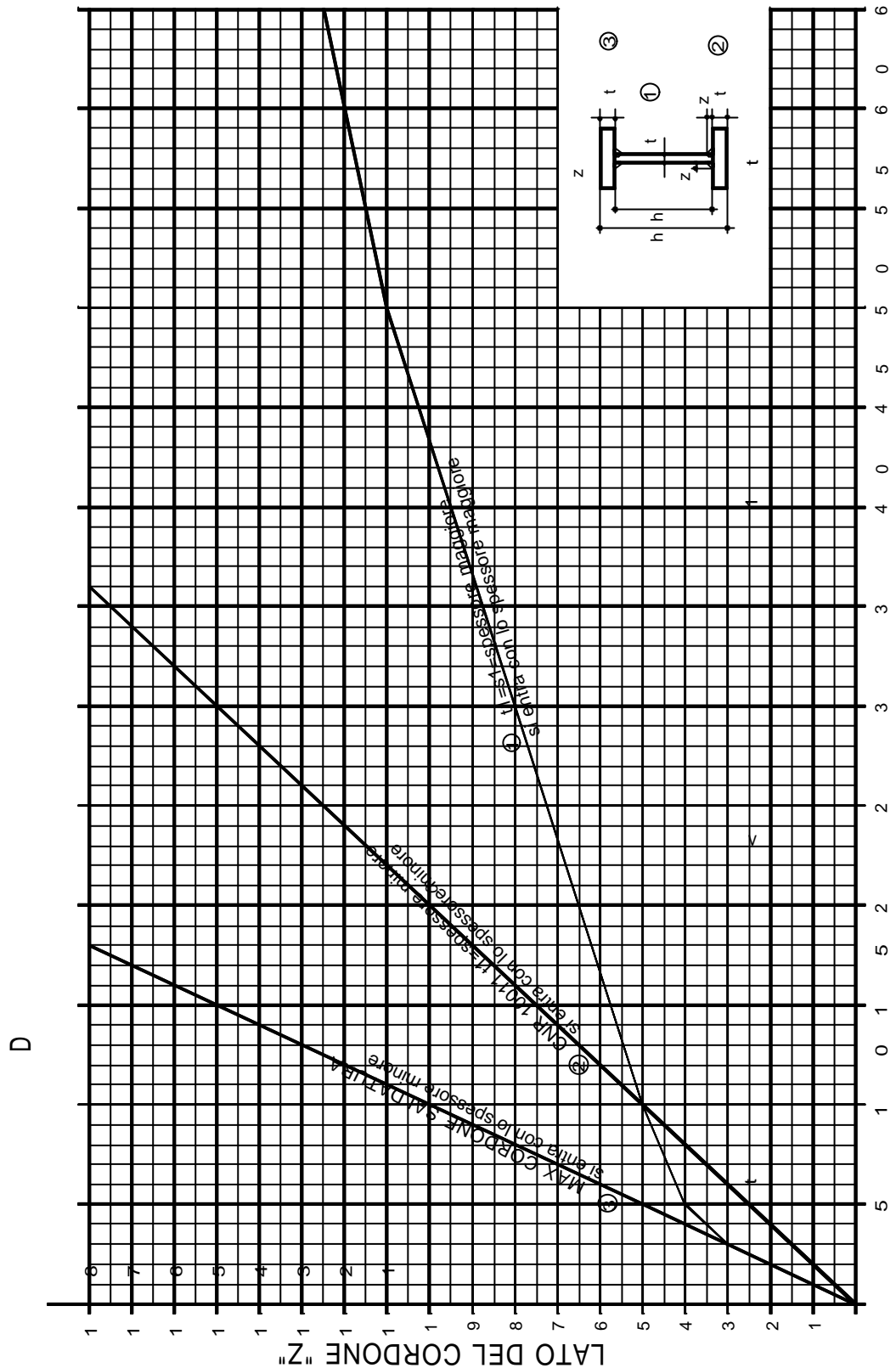
**SPECIFICA DI ISTRUZIONE  
TECNICA**

Codifica: **DI TC/AR ST PO 001 A**

**ALLEGATO N. 3**

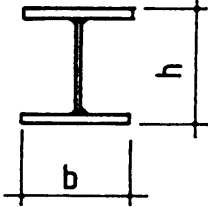
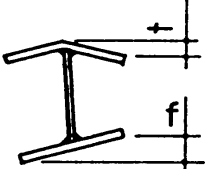
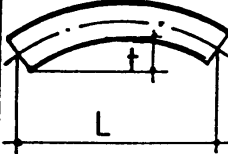
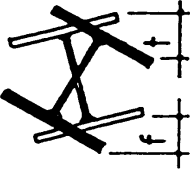
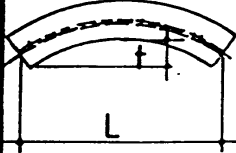
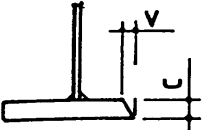
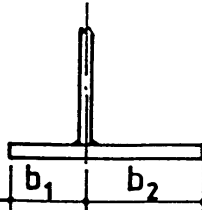
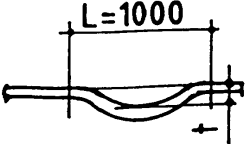
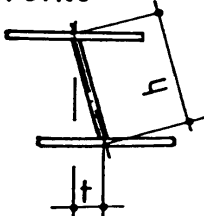


FIG. 1: LATI DEI CORDONI DI SALDATURA z IN FUNZIONE DEGLI SPESSORI D'ANIMA S1 E DI PIATTABANDA S2/S3 (S1 < S2/S3)



SPECIFICA DI ISTRUZIONE  
TECNICA

Codifica: DI TC/AR ST PO 001 A

<p><b>Dimensioni nominali</b></p> 	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>h = 0 ; +5</math> <math>b = 0 ; +5</math> per <math>h &gt; 1000</math> <math>h = 0 ; +10</math> <math>b = 0 ; +5</math></p>	<p><b>Lunghezza nominale</b></p> <p><math>L = \text{_____}</math></p> <p>L misurata sull'anima</p>	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>\Delta L = 0 ; -2</math></p>
<p><b>Incurvamento delle ali</b></p> 	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>t \leq 0,5</math> <math>f \leq 0,5</math></p>	<p><b>Centinatura</b></p> 	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>q &lt; 0,1\%L</math></p>
<p><b>Torsione</b></p> 	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>t \leq 0,1\%L</math> <math>f \leq 0,1\%L</math> all'estremità</p>	<p><b>Curvatura delle ali</b></p> 	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>t &lt; 0,1 \% L</math></p>
<p><b>Fuori squadro bordi liberi</b></p> 	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>c \leq 25 ; v \leq 0,5</math> <math>c &gt; 25 ; v \leq 2\%</math> di c</p>	<p><b>Simmetria</b></p> 	<p><b>Andamento costante intera L</b></p> <p><math>b_1 - b_2 \leq 5</math> per tratti <math>L \leq 1000</math> <math>b_1 - b_2 \leq 2</math></p>
<p><b>Imbozzamento anima</b></p> 	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>t \leq 5</math></p>	<p><b>Fuori squadro profilo</b></p> 	<p><b>Tolleranza ammessa</b></p> <p><math>t \leq 0,3\% h</math></p>

**TABELLE DELLE TOLLERANZE DIMENSIONALI DI  
PROFILATI, LAMIERE E TRAVI SALDATE**

***DIVISIONE***  
***INFRASTRUTTURA***



**ISTRUZIONE N. 44/S**

**SALDATURA AD ARCO DI STRUTTURE  
DESTINATE AI PONTI FERROVIARI**

**SPECIFICA DI ISTRUZIONE  
TECNICA**

Codifica: **DI TC/AR ST PO 001 A**

**FIGURE**



La presente Istruzione : "Istruzione tecnica per la saldatura ad arco di strutture destinate ai ponti ferroviari" è stata elaborata da un gruppo di lavoro misto così composto :

NASCE' prof. Vittorio	Politecnico di Torino
MAGNANI ing. Giorgio	Consorzio CREA
PISTOLETTI ing. Pierangelo	Libero professionista
VINTANI ing. Alberto	Libero professionista
LANZA ing. Michele	Istituto Italiano della Saldatura
SCANAVINO ing. Sergio	Istituto Italiano della Saldatura
DI TRAPANI ing. Salvatore	Dirigente FS
TISALVI ing. Marco	Ispettore Capo aggiunto FS
GIANGRANDE ing. Cinzia	Ispettore Principale FS
DI MAMBRO geom. Giovanni	Capo Settore Uffici FS

Per l'impostazione grafica ha partecipato il geom. Domenico Faraldi – Segretario Tecnico Superiore 1° cl. FS.