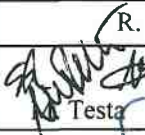
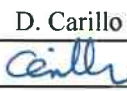
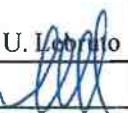


NORME TECNICHE PER LA SALDATURA IN OPERA DI ROTAIE ESEGUITA CON I PROCEDIMENTI ALLUMINOTERMICO ED ELETTRICO A SCINTILLIO

Parte	Titolo
PARTE I	I.1 SCOPO I.2 CAMPO DI APPLICAZIONE I.3 DOCUMENTAZIONE CORRELATA I.4 NORMATIVE ANNULLATE E SOSTITUITE I.5 DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI
PARTE II	II.1 INTRODUZIONE II.2 LIMITI DI SALDABILITA' IN RELAZIONE ALLA TEMPERATURA DELLE ROTAIE II.3 TAGLIO DELLE ROTAIE II.4 SALDATURA DELLE ROTAIE CON TESTATE FORATE II.5 CONTROLLI SULLE SALDATURE II.6 GESTIONE DELLE SALDATURE DIFETTOSE II.7 LUNGHEZZA MINIMA DEGLI SPEZZONI DI ROTAIA. DISTANZA MINIMA TRA DUE SALDATURE II.8 GARANZIA SALDATURE ESEGUITE DA DITTE APPALTATRICI II.9 GARANZIA SUL KIT PER SALDATURA ALLUMINOTERMICA
PARTE III	III.1 SALDATURE ESEGUITE CON PROCEDIMENTO ALLUMINOTERMICO
PARTE IV	IV.1 SALDATURE ESEGUITE IN OPERA CON IL PROCEDIMENTO ELETTRICO A SCINTILLIO
ALLEGATO 1	LA SALDATURA ALLUMINOTERMICA
ALLEGATO 2	OSSITAGLIO DELLE ROTAIE
ALLEGATO 3	PROCEDURA PER LA SALDATURA DI ROTAIE R320Cr

A termine di legge Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento che non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato ad altri senza esplicita autorizzazione

Rev.	Data	Descrizione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	19-12-2001	Emissione per applicazione	R. Mele	M. Elia
B	02-09-2015	Revisione generale	 Testa L. Frittelli	D. Carillo 
				

I	PARTE I	4
I.1	SCOPO	4
I.2	CAMPO DI APPLICAZIONE	4
I.3	DOCUMENTAZIONE CORRELATA.....	4
I.4	NORMATIVE ANNULLATE E SOSTITUITE.....	6
I.5	DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI	6
II	PARTE II	8
II.1	INTRODUZIONE	8
II.2	LIMITI DI SALDABILITA' IN RELAZIONE ALLA TEMPERATURA DELLE ROTAIE.....	9
II.3	TAGLIO DELLE ROTAIE	9
II.3.1	Casi particolari per il taglio delle rotaie.....	10
II.3.2	Modalità del taglio con cannello a fiamma	12
II.3.3	Formazione professionale del personale addetto al taglio al cannello delle rotaie.....	12
II.4	SALDATURA DELLE ROTAIE CON TESTATE FORATE	13
II.5	CONTROLLI SULLE SALDATURE	13
II.5.1	Controllo visivo e geometrico delle saldature	14
II.5.2	Controlli strutturali.....	19
II.5.3	Controllo ad Ultrasuoni.....	19
II.6	GESTIONE DELLE SALDATURE DIFETTOSE.....	19
II.7	LUNGHEZZA MINIMA DEGLI SPEZZONI DI ROTAIA. DISTANZA MINIMA TRA DUE SALDATURE	19
II.8	GARANZIA SALDATURE ESEGUITE DA DITTE APPALTATRICI.....	20
II.9	GARANZIA SUL KIT PER SALDATURA ALLUMINOTERMICA	20
III	PARTE III	21
III.1	SALDATURE ESEGUITE CON PROCEDIMENTO ALLUMINOTERMICO	21
III.1.1	Classificazione dei procedimenti	21
III.1.2	Sistemi omologati.....	21
III.1.3	Qualificazione del personale	21
III.1.4	Materiali ed attrezzature.....	22
III.1.5	Luci di saldatura e relative tolleranze	22
III.1.6	Parametri caratteristici per l'esecuzione di saldature alluminotermiche	23
III.1.7	Punzonatura delle saldature alluminotermiche.....	23
III.1.8	Modalità esecutive delle saldature alluminotermiche	23
III.1.9	Saldature alluminotermiche in corrispondenza di travate metalliche e in corrispondenza di sottopassi	24
III.1.10	Trattamento di rotaie rotte o danneggiate in campata o in saldatura.....	24
III.1.11	Regole e cautele riguardo all'equilibrio tensionale del binario all'atto delle riparazioni di rotaia, dell'inserimento di spezzoni di rotaia e dell'inserimento di giunti isolanti incollati.....	26
III.1.12	Esecuzione e controllo di saldature alluminotermiche tra rotaie con consumi diversi.....	31

III.1.12.1	Esecuzione delle saldature	33
III.1.12.2	Controllo manuale ad Ultrasuoni	35
III.1.13	Controllo strutturale delle saldature alluminotermiche	36
III.1.13.1	Prova di resistenza dinamica.....	36
III.1.13.2	Prova di durezza.....	36
IV	PARTE IV	37
IV.1	SALDATURE ESEGUITE IN OPERA CON IL PROCEDIMENTO ELETTRICO A SCINTILLIO	37
IV.1.1	Principio della saldatura elettrica a scintillio	37
IV.1.2	Vantaggi della saldatura elettrica a scintillio	37
IV.1.3	Profili di rotaie saldabili con macchina semovente.....	37
IV.1.4	Approvazione della macchina saldatrice elettrica a scintillio	37
IV.1.5	Prove preliminari per autorizzare l'uso della macchina saldatrice semovente.....	37
IV.1.6	Prove di piega durante il periodo di esecuzione dei lavori.....	40
IV.1.7	Fasi operative della saldatura a scintillio	41

ALLEGATO 1 LA SALDATURA ALLUMINOTERMICA

ALLEGATO 2 OSSITAGLIO DELLE ROTAIE

ALLEGATO 3 PROCEDURA PER LA SALDATURA DI ROTAIE R320Cr

I PARTE I

I.1 SCOPO

La presente Istruzione Tecnica è relativa alle saldature, alluminotermiche ed elettriche a scintillio con macchina semovente, delle rotaie.

In essa è descritto il complesso delle norme da rispettare per la corretta esecuzione del taglio e saldatura delle rotaie, i sistemi di saldatura omologati, i criteri di controllo e di accettazione delle saldature.

I.2 CAMPO DI APPLICAZIONE

Le norme contenute nella presente Istruzione Tecnica si applicano alle saldature in opera delle rotaie sulle linee di Rete Ferroviaria Italiana (RFI), eseguite con il procedimento alluminotermico, a cura del personale abilitato di RFI o del personale abilitato di Ditte appaltatrici, oppure eseguite con il procedimento elettrico a scintillio, a mezzo di macchina semovente.

Le modalità della saldatura alluminotermica delle rotaie in acciaio di qualità extradura R320Cr sono quelle allegate alla lettera DI/TC.AR.AR/009/948 del 12/12/2000, riportate in allegato 3. Non si dispone di procedure omologate per la saldatura elettrica a scintillio di rotaie R320Cr, che pertanto non potranno essere saldate con tale procedimento.

I.3 DOCUMENTAZIONE CORRELATA

Tutti i riferimenti, qui di seguito citati, si intendono nell'edizione più aggiornata in vigore.

UNI EN 13674 – 1	Applicazioni ferroviarie – Binario - Rotaia-Rotaia Vignole di massa superiore o uguale a 46 kg/m
UNI EN 13674 – 2	Applicazioni ferroviarie – Binario – Rotaia: aghi e rotaie per cuori usate insieme a rotaie Vignole di massa superiore o uguale a 46 kg/m
UNI EN 14730 – 1	Railway applications – Track – Aluminothermic welding of rails – Part 1: Approval of welding processes
UNI EN 14587 – 2	Applicazioni ferroviarie - Binario - Saldatura a scintillio delle rotaie - Parte 2: Nuove rotaie di tipo R220, R260, R260Mn ed R350HT con macchine per saldatura mobili in postazioni diverse da un impianto fisso
RFI TCAR SF AR 02 001	Specifica tecnica di fornitura – Rotaie e barre per ago
RFI TCAR SF AR 07 005	Specifica tecnica di fornitura - Kit completo per sistemi di saldatura alluminotermica
RFI TCAR IT AR 01 008	Istruzione Tecnica – Costituzione e controllo della lunga rotaia saldata

ISTRUZIONE TECNICA

Codifica: **RFI TCAR ST AR 07 001 B**

FOGLIO
5 di 43

RFI TCAR ST AR 02 003	Catalogo dei difetti delle rotaie
RFI DPR PS IFS 88	Procedura Operativa Subdirezionale: Gestione dei difetti nelle rotaie e negli scambi e relativi provvedimenti manutentivi
RFI DMA PS IFS 042	Metodologia Operativa per la fabbricazione e gestione delle giunzioni isolanti incollate
RFI DMA MO IFS 361	Metodologia Operativa per l'esecuzione dei controlli non distruttivi ad ultrasuoni di rotaie, saldature, deviatori e giunti
RFI DPR LG IFS 013	Linee Guida per l'esecuzione degli apporti di metallo
RFI DPR PS IFS 096	Procedura Operativa Subdirezionale: Gestione delle attività inerenti l'esecuzione degli apporti di metallo su rotaie e apparecchi del binario
RFI DMA PS IFS 002	Procedura Operativa Subdirezionale: Criteri per la valutazione Tecnica del materiale d'armamento tolto d'opera e classificabile come usato servibile
RFI TCAR ST AR 06 002	Istruzione Tecnica: usura delle coppie ago contrago degli scambi calibro di controllo e norme di manutenzione
RFI DPR SIGS PO 10 1 1	Sistema di qualificazione professionale del personale impiegato in attività manutentive e di sicurezza della circolazione ferroviaria
RFI DPR SIGS PO 07 1 2	Sistema di acquisizione e mantenimento delle competenze del personale che svolge attività di sicurezza - Gestione della circolazione - Manutenzione dell'infrastruttura - Manutenzione veicoli - Formazione treni - Accompagnamento dei treni - Verifica dei veicoli - Condotta dei treni
RFI DPR SIGS PO 14 1 0	Sistema di Acquisizione e Mantenimento Competenze del personale non dipendente da RFI che svolge attività manutentive all'infrastruttura ferroviaria
Linee Guida ANSF 02/2012	Linee Guida emanate dall'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie per la qualificazione del personale addetto ai Controlli non Distruttivi (CND) nella manutenzione ferroviaria
UNI EN ISO 9712	Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive
UNI EN ISO 3452 - 1	Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti - Principi generali
serie UNI EN ISO 9934	Prove non distruttive - Magnetoscopia
UNI EN ISO 17638	Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche
L.5.11/114043 Circolare 104/6.5 del 20/08/66	Continuità del circuito di ritorno T.E. durante i lavori al binario

Allegato 1 alla disposizione Istruzioni per l'esercizio degli impianti TE a 25 kV
13 del 24 aprile 2008

Istruzione per la protezione dei Cantieri edizione 1986 e relativi aggiornamenti

Norme CEN applicabili

I.4 NORMATIVE ANNULLATE E SOSTITUITE

La presente Istruzione Tecnica annulla e sostituisce le seguenti normative:

DI/TC.AR.AR/009/948 del Saldatura rotaie extradure 1100 e 1200 HSH
12/12/2000

RFI-DPR-IMA.AO\A0011\ Linee guida per l'esecuzione ed il controllo di saldature
P\2010\0000177 del alluminotermiche tra rotaie con consumi diversi
15/02/2010

I.5 DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Fornitore	Organizzazione o Persona che fornisce un prodotto al Committente
Subfornitore	Organizzazione o Persona che fornisce un prodotto al Fornitore
Kit completo per sistemi di saldatura alluminotermica	Insieme di tutti i materiali di consumo per l'esecuzione di una saldatura
Materiali di consumo	<p>Materiale che viene consumato nell'esecuzione di una singola saldatura.</p> <p><i>L'elenco dei materiali di consumo per i sistemi di saldatura alluminotermica è definito dal Fornitore ed è riportato nell'attestato di omologazione del prodotto</i></p>
Attrezzature specifiche indispensabili	<p>Attrezzature necessarie per eseguire uno specifico procedimento di saldatura, non sostituibili con le attrezzature già in dotazione agli impianti di RFI.</p> <p><i>L'elenco delle attrezzature specifiche indispensabili è definito dal Fornitore ed è riportato nell'attestato di omologazione del prodotto</i></p>
Procedimento di saldatura	Le saldature sono classificate in base al tempo di preriscaldamento: il procedimento è identificato con le sigle PRA e PRL
Sistema di saldatura alluminotermico	Insieme di attrezzature specifiche indispensabili e materiali di consumo per eseguire una saldatura proposto da un Fornitore e che è omologato da RFI
Sistema di saldatura omologato	Sistema di saldatura alluminotermica che è stato omologato secondo la relativa STF di RFI

Saldatura promiscua	Saldatura tra due rotaie aventi profili differenti (ad es. 60E1 con 50E5)
Saldatura autogena	Saldatura in cui il metallo base (acciaio delle rotaie) partecipa attivamente, per fusione o sincristallizzazione, alla costituzione del reticolo cristallino della zona di giunzione, con o senza metallo d'apporto
Sincristallizzazione	Cristallizzazione simultanea di composti differenti a partire da un'unica soluzione o massa fusa
Tavola di rotolamento	Superficie superiore del fungo della rotaia
Fianco di guida	Fianco attivo del fungo della rotaia (parte del fungo che va in contatto con il bordino della ruota)
Rotaia normale	Rotaia in acciaio R200
Rotaia dura	Rotaia in acciaio R260
Rotaia extradura	Rotaia in acciaio R350HT o R320Cr
Apparecchio del binario	Uno dei seguenti dispositivi di armamento: scambio, intersezione, scambio intersezione, apparecchio di dilatazione
Bonifica della rotaia	Taglio della rotaia per asportare un tratto non idoneo
ZTA	Zona Termicamente Alterata: zona che ha subito modifiche strutturali a causa del calore di saldatura, ben visibile con esame macrografico su ciascun lato della saldatura stessa
ZF	Zona Fusa
ZR	Zona Ricotta (zona della ZTA caratterizzata da una durezza più bassa)
MB	Metallo Base
AQ	Assicurazione Qualità
PRA	Procedimento con Preriscaldamento Abbreviato
PRL	Procedimento con Preriscaldamento Lungo
STF	Specificazione Tecnica di Fornitura
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
US	Ultrasuoni

II PARTE II

II.1 INTRODUZIONE

Le rotaie sono classificate in base al loro profilo e alla qualità dell'acciaio; le denominazioni di profili e acciai sono cambiate, a partire dal 2003, con l'introduzione delle normative europee serie UNI EN 13674, rispetto a quelle precedentemente definite in ambito UIC e UNI.

Nella tabella 1 sono riportate le corrispondenze tra le denominazioni attuali e le vecchie denominazioni dei profili delle rotaie.

Profilo della rotaia	
Denominazione secondo EN 13674-1	<i>Vecchia denominazione</i>
46E4	<i>46 UNI</i>
50E5	<i>50 UNI</i>
60E1	<i>60 UIC</i>

Tabella 1

In tabella 2 sono indicate le denominazioni attuali, le vecchie denominazioni ed i simboli riportati sul gambo della rotaia per identificare l'acciaio.

Tipo di acciaio delle rotaie		
Denominazione secondo EN 13674-1	Simbolo sulla rotaia	<i>Vecchia denominazione</i>
R200	nessuno	<i>700</i>
R260	— —	<i>900 A</i>
R320Cr	— — —	<i>1100</i>
R350HT	— — —	<i>1200</i>

Tabella 2

La marcatura delle rotaie riporta l'impianto di laminazione, il profilo, l'anno di produzione e la qualità dell'acciaio; i simboli sono impressi sul gambo della rotaia, da un lato, in rilievo. I simboli sono riportati sul gambo almeno ogni 4 m.

Esempi di marcatura in rilievo:

AB  **12 60E1**

(Produttore AB, acciaio R260, anno di laminazione 2012, profilo 60E1)

AB  **12 60E1**

(Produttore AB, acciaio R350HT, anno di laminazione 2012, profilo 60E1).

Inoltre, in aggiunta alla marcatura in rilievo sopra descritta, ogni rotaia e ogni barra d'ago è punzonata a caldo, mediante apposita marcatrice automatica, con un sistema di identificazione numerico o alfa-numerico (matricola) sul lato del prodotto non interessato dalla marcatura in rilievo, almeno ogni 10 m di profilo per le rotaie e almeno ogni 5 m di profilo per le barre d'ago.

In caso di fornitura di barre a misura, per successivi tagli della rotaia o della barra d'ago, ogni barra a misura riporta la stessa matricola della rotaia o della barra d'ago originaria.

II.2 LIMITI DI SALDABILITA' IN RELAZIONE ALLA TEMPERATURA DELLE ROTAIE

Le saldature di rotaie, sia alluminotermiche che elettriche a scintillio, devono essere eseguite rispettando i seguenti limiti di temperatura:

- rotaie in acciaio R200 : possono essere saldate finché la temperatura di rotaia non scenda sotto -5 °C;
- rotaie dure in acciaio R260 e extradure R320Cr o 350HT: possono essere saldate finché la temperatura di rotaia non scenda sotto 0 °C.

Per le rotaie dure in acciaio R260 e extradure R320Cr o R350HT, inoltre, se si esegue una saldatura alluminotermica con il procedimento PRA, quando la temperatura delle rotaie sia inferiore a +10 °C, una volta montate e stuccate le forme bisogna riscaldare uniformemente le rotaie del giunto da saldare ad una temperatura di circa 50 °C, per un tratto di almeno un metro a cavallo della saldatura (mezzo metro per parte) al fine di rallentare il raffreddamento ed evitare la formazione di strutture fragili.

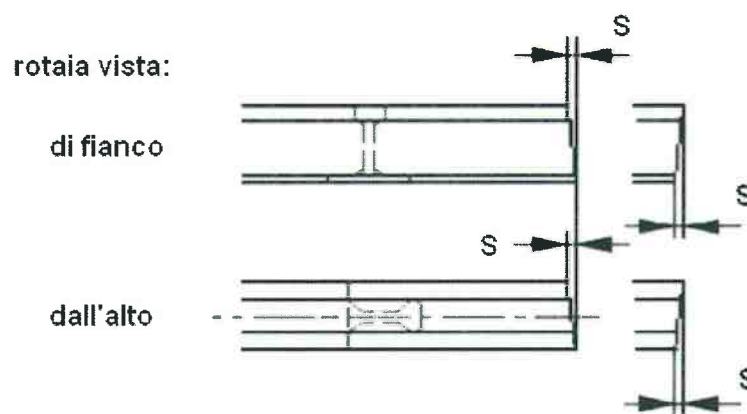
II.3 TAGLIO DELLE ROTAIE

Per il taglio delle rotaie sono da impiegare obbligatoriamente mezzi meccanici, quali troncatrici a disco abrasivo o segarotaie. Il taglio delle rotaie con mezzi meccanici permette di ottenere superfici di taglio verticali, esposte in modo omogeneo al calore di preriscaldamento, ed annulla il rischio di formazione di pericolosi difetti.

Con il taglio del binario si ha interruzione della continuità elettrica e pertanto su linee elettrificate il lavoro non potrà essere eseguito senza darne preventiva comunicazione al personale degli Impianti Elettrici e senza il suo intervento.

Le eventuali giunzioni provvisorie possono essere realizzate solo su rotaie tagliate con mezzo meccanico o tagliate al cannello e successivamente bonificate come di seguito descritto. Il mancato rispetto di questa prescrizione comporta il forte rischio che avvengano, in tempi brevi, rotture con distacco del fungo dalla rotaia, innescate dalla possibile presenza di microcricche sul fronte del taglio al cannello, che non sono eliminate da una successiva saldatura.

Il taglio delle rotaie deve essere eseguito a squadro, ortogonalmente alla tavola di rotolamento e all'asse longitudinale della rotaia.



Legenda:

S = tolleranza ammessa sullo squadro della testata della rotaia

Fig. 1 – tolleranza sullo squadro della testata della rotaia

La tolleranza ammessa sullo squadro è diversa in funzione del tipo di saldatura da eseguire:

- 1 mm, per saldatura alluminotermica
- 2 mm, per saldatura elettrica a scintillio.

Una volta eseguito il taglio, deve essere pulita la superficie della rotaia eliminando eventuali bave e scorie.

II.3.1 CASI PARTICOLARI PER IL TAGLIO DELLE ROTAIE

Di seguito si riportano le modalità operative per casi particolari di taglio delle rotaie. Si noti che anche in dette situazioni particolari in cui non è agevole tagliare le rotaie con troncatrici o segarotaie, è comunque possibile (e quindi è obbligatorio) continuare ad utilizzare il mezzo meccanico per il taglio.

Si individuano anche le due situazioni in cui è possibile effettuare il taglio solo con il cannello a fiamma.

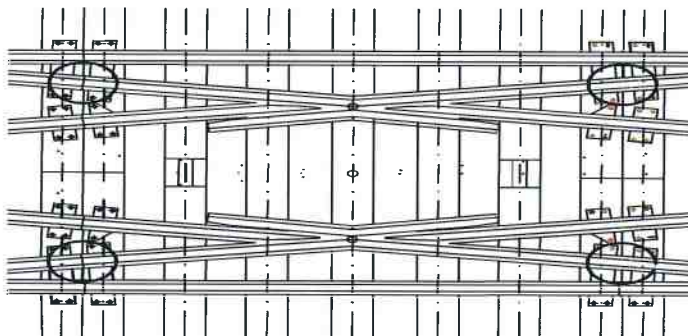
1. Taglio delle rotaie in stato di compressione.

In questo caso, se si taglia con il mezzo meccanico, la rotaia tende a richiudersi bloccando il disco o la lama. Una volta eseguito il taglio al cannello per far scaricare le tensioni di compressione della rotaia, è necessario procedere ad una bonifica (taglio) con troncatrice o segarotaie della testata delle rotaie per asportare la zona in cui si possono essere create cricche a causa del taglio al cannello. Si dovrà pertanto asportare circa un centimetro di rotaia per parte in modo da realizzare la luce per la saldatura alluminotermica.

2. Operazioni connesse con gli apparecchi del binario.

- In operazioni di varo deviatoi (e più in generale di apparecchi del binario) si può verificare che il taglio eseguito all'atto della rimozione del vecchio scambio risulti spostato rispetto alla posizione assunta dal deviatoio nuovo che si va ad inserire; di conseguenza è necessario tagliare nuovamente la rotaia del binario che si attesta allo scambio e, con lo scambio in fase di varo, può non esserci sufficiente spazio per l'uso del mezzo di taglio meccanico; in questi casi è ammesso l'uso del cannello, fatta salva la successiva operazione di bonifica con mezzo meccanico delle testate.
- Per il taglio delle rotaie al tallone delle coppie ago contrago (ed in analoghe situazioni ove si presentino due rotaie a distanza ravvicinata) è possibile operare a mezzo della troncatrice a disco pur non essendo possibile tagliare la rotaia lavorando sui due lati. In questo caso, dovendo mantenere la troncatrice solo da un lato della rotaia, si taglierà la sezione della rotaia sin dove il consumo del disco lo consente, dopodiché si sostituirà il disco consumato con un disco nuovo da 350 mm di diametro per raggiungere la parte estrema della sezione della rotaia da tagliare.
- Nel caso di una comunicazione doppia a forbice con limitato interasse fra i due binari, la realizzazione in opera della luce delle saldature evidenziate dai cerchi nella figura seguente (saldature dei due gambini della piegata di ciascun cuore doppio dell'intersezione centrale di una comunicazione doppia a forbice) si esegue con cannello, non essendo possibile inserire un mezzo di taglio meccanico, per la presenza di rotaie da entrambi i lati (figura 2).

Fig.2



3. Taglio delle rotaie destinate al fuori uso.

Per il taglio delle rotaie destinate al fuori uso (operazioni di demolizione) è ammesso l'uso del cannello a fiamma.

II.3.2 MODALITÀ DEL TAGLIO CON CANNELLO A FIAMMA

Solo nei casi descritti al punto II.3.1, e con il rispetto delle procedure prescritte, è ammesso l'uso del cannello a fiamma ossipropanica.

Occorre tenere presente che, soprattutto su rotaie in acciaio R260, R320Cr e R350HT, il taglio con cannello a fiamma ossipropanica può provocare la formazione di microfessurazioni sulle superfici di taglio, a causa dei cambiamenti di struttura dell'acciaio (e quindi dei cambiamenti delle proprietà meccaniche) legati al ciclo termico di riscaldamento e rapido raffreddamento indotto dal taglio a fiamma; di conseguenza è necessario riscaldare la rotaia prima di eseguire il taglio, così da rallentarne il raffreddamento. Il riscaldamento preventivo dipende dal tipo di acciaio e dalla temperatura della rotaia stessa; in tabella 3 è riportato il dettaglio di come operare.

	Acciaio	
Temperatura rotaia $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	R260, R320Cr, R350HT	Riscaldare ad almeno $150\text{ }^{\circ}\text{C}$
	R200	Nessun riscaldamento
Temperatura rotaia $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	qualsiasi	Riscaldare ad almeno $150\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tabella 3

Il riscaldamento preventivo va effettuato con cannello da preriscaldamento, prima di iniziare a tagliare. Se si tratta di tagli nel corpo della rotaia la lunghezza da riscaldare è pari a un metro (50 cm per parte rispetto al taglio). Se il taglio è di bonifica di una testata, il riscaldamento si effettua su un tratto di rotaia lungo 50 cm a partire dalla sezione di taglio. Manovrando il cannello avanti e indietro, orientando la fiamma sul fungo, sul gambo e sulla suola, si deve fare in modo da raggiungere uniformemente una temperatura non inferiore a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il controllo di detta temperatura va effettuato con idonei termometri digitali con sonda di contatto o ad infrarossi.

L'operazione di riscaldamento preventivo non dovrà durare meno di 5 minuti, al fine di consentire l'uniforme riscaldamento della parte interna della rotaia. Il taglio dovrà seguire immediatamente tale fase.

Durante l'esecuzione del taglio, si dovrà curare attentamente il movimento del cannello, così da ottenere superfici di taglio perpendicolari all'asse longitudinale della rotaia e con facce ben parallele. Una volta eseguito il taglio si dovranno pulire accuratamente le superfici delle rotaie per eliminare le scorie formatesi durante il taglio e le tracce di ossidi.

II.3.3 FORMAZIONE PROFESSIONALE DEL PERSONALE ADDETTO AL TAGLIO AL CANNELLO DELLE ROTAIE

Le operazioni di taglio delle rotaie con cannello (ammesse nei soli casi sopra descritti) devono essere eseguite da parte di personale in possesso dell'abilitazione alla saldatura alluminotermica.

II.4 SALDATURA DELLE ROTAIE CON TESTATE FORATE

Qualora non risulti conveniente procedere alla preventiva operazione di bonifica (taglio) delle testate di rotaie forate (fori di giunzione o di connessione elettrica) è consentita l'esecuzione della saldatura, alle seguenti condizioni:

- le testate delle rotaie devono essere integre, e cioè non devono presentare difetti come cretti o lesioni, schiacciamenti della tavola di rotolamento, oppure ovalizzazione dei fori stessi
- per evitare che i fori capitino in ZTA:
 - per saldatura di tipo alluminotermico il bordo del foro più vicino alla testata deve essere distante da questa più di 50 mm; inoltre, nel caso in cui il foro sia distante meno di 100 mm dalla testata, preventiva otturazione del foro con apposita pasta termoconduttrice, oppure con dischetto d'acciaio
 - per saldatura elettrica a scintillio il bordo del foro più vicino alla testata deve essere distante da questa più di 100 mm .

I fori per lo scarico delle rotaie da 108 metri sono realizzati ad una distanza tale da non richiedere la bonifica della testata, perché l'asse del foro è distante 212 mm dalla testata.

Le eventuali bonifiche per taglio di testate di rotaia, resesi necessarie a causa di sfalsi derivanti dallo scarico di rotaie in sequenza, devono essere effettuate sulle testate di coda delle rotaie, che non sono forate.

II.5 CONTROLLI SULLE SALDATURE

Sulle saldature alluminotermiche ed elettriche a scintillio, ed in prossimità di esse, non devono essere presenti difetti come:

Saldature alluminotermiche	
Operazione	Tipo di difetto
saldatura	irregolarità di profilo del ringrosso, difetti di errato centraggio o errato allineamento delle forme, danneggiamenti sulle rotaie causati da fuoriuscite o proiezioni di acciaio o scoria, inclusioni non metalliche (scoria, terra), inclusioni di gas, inclusioni di ossidi, cretti, scarsità di materiale sulla tavola di rotolamento nella zona fusa, avvallamenti sulla tavola di rotolamento, cricche di ritiro, cavità, cricche, incollature
eliminazione del ringrosso	cricche, intagli, mancanze di materiale, spigoli, danneggiamenti
finitura del profilo	mancanze di materiale, surriscaldamenti, danneggiamenti

Saldature elettriche a scintillio

Operazione	Tipo di difetto
saldatura	cricche di ritiro, cavità, eccessivo riscaldamento, inclusioni di ossidi, cricche, incollature,
eliminazione del ringrosso	cricche, intagli, mancanze di materiale, spigoli, danneggiamenti
ammorsamento	danneggiamenti
finitura del profilo	mancanze di materiale, surriscaldamenti, danneggiamenti
contatto con gli elettrodi	bruciature

II.5.1 CONTROLLO VISIVO E GEOMETRICO DELLE SALDATURE

Tutte le saldature devono essere controllate visivamente e geometricamente.

Il ringrosso delle saldature alluminotermiche deve risultare pulito da materiale refrattario o di stuccatura.

Il controllo visivo va fatto per verificare l'assenza di difetti superficiali visibili.

Il controllo geometrico delle saldature, alluminotermiche ed elettriche a scintillio, deve interessare la tavola di rotolamento ed il fianco interno del fungo (fianco di guida) delle rotaie saldate, va eseguito servendosi di uno spessimetro e dell'apposita riga metallica da 1 m, disponendola a cavallo del giunto come di seguito illustrato.

Possono essere utilizzati dispositivi elettronici di misura dell'allineamento che siano omologati da RFI; gli strumenti di misura devono essere tarati.

La smerigliatura delle saldature deve essere eseguita su entrambi i fianchi del fungo delle rotaie.

Dopo la smerigliatura finale delle saldature gli eventuali errori di allineamento verticale (h_1 , h_2 , h) e orizzontale (d_1 , d_2 , d) non dovranno eccedere le tolleranze indicate nella tabelle 4a e 4b.

Deve essere inoltre controllata la planarità della zona smerigliata sulla tavola di rotolamento. Il controllo si esegue sempre con la riga da 1 m posta a cavallo della saldatura, verificando con lo spessimetro se sono presenti avvallamenti nel tratto molato. Il controllo di planarità si applica solo al caso di cuspidi (saldatura alta). La tolleranza ammessa per la planarità è indicata in tabella 4 a.

L'estensione del tratto smerigliato deve essere il più possibile limitata e comunque non deve superare 600 mm.

Gli spigoli fra tavola di rotolamento e fianchi del fungo devono essere ben arrotondati e raccordati con la zona al di fuori del tratto molato.

La saldatura di rotaie (rette) in curva si deve normalmente eseguire allineando le testate delle rotaie secondo l'allineamento in retta. Il controllo del corretto allineamento, a saldatura eseguita e smerigliata, si esegue con le rotaie in tale posizione con la riga da 1 m.

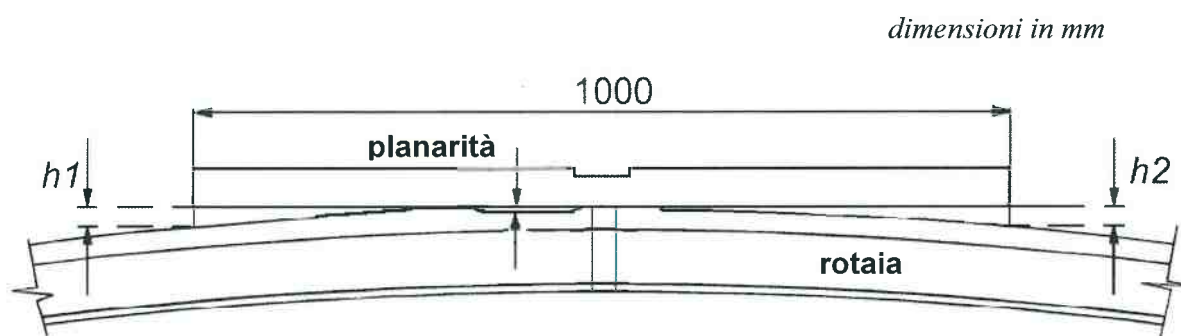
Linea con velocità	Tipo di difetto di allineamento verticale (fig. 3 e fig. 4)	Tolleranza ammessa sulla tavola di rotolamento	Planarità
$V \leq 200$ km/h	saldatura alta ($h1$, $h2$)	0,3 mm	0,2 mm
	saldatura bassa (h)	0,2 mm	—
$V > 200$ km/h	saldatura alta ($h1$, $h2$)	0,2 mm	0,1 mm
	saldatura bassa (h)	0,1 mm	—

Tabella 4 a– allineamento verticale – tolleranze ammesse

Linea con velocità	Tipo di difetto di allineamento orizzontale (fig. 5 e fig. 6)	Tolleranza ammessa sul fianco interno del fungo
qualsiasi	saldatura che provoca stringimento dello scartamento ($d1$, $d2$)	0,3 mm
qualsiasi	saldatura che provoca allargamento dello scartamento (d)	0,3 mm

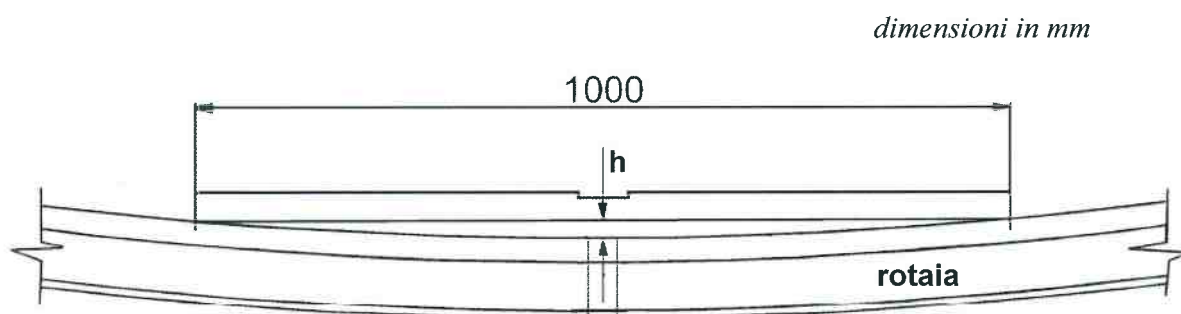
Tabella 4 b – allineamento orizzontale – tolleranze ammesse

Di seguito si riportano gli schemi del controllo geometrico delle saldature.



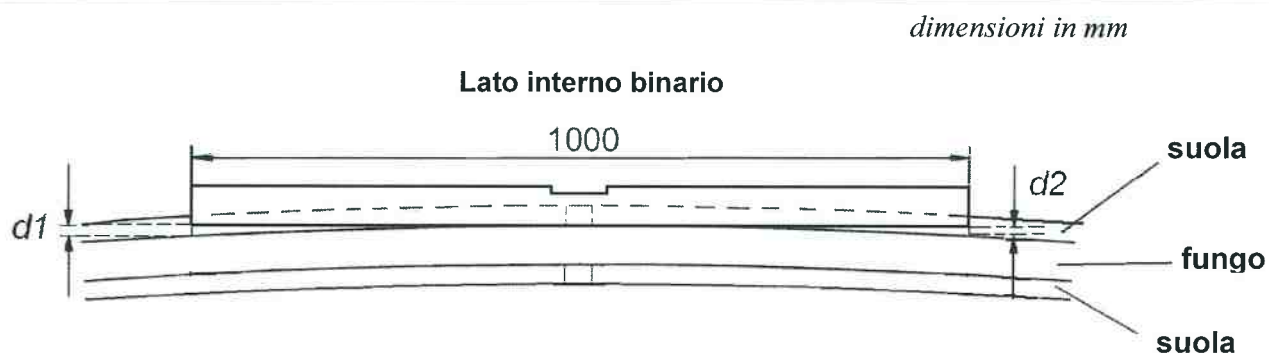
$h1, h2$ difetto di allineamento verticale

Fig. 3 Tavola di rotolamento – cuspidate o saldatura alta



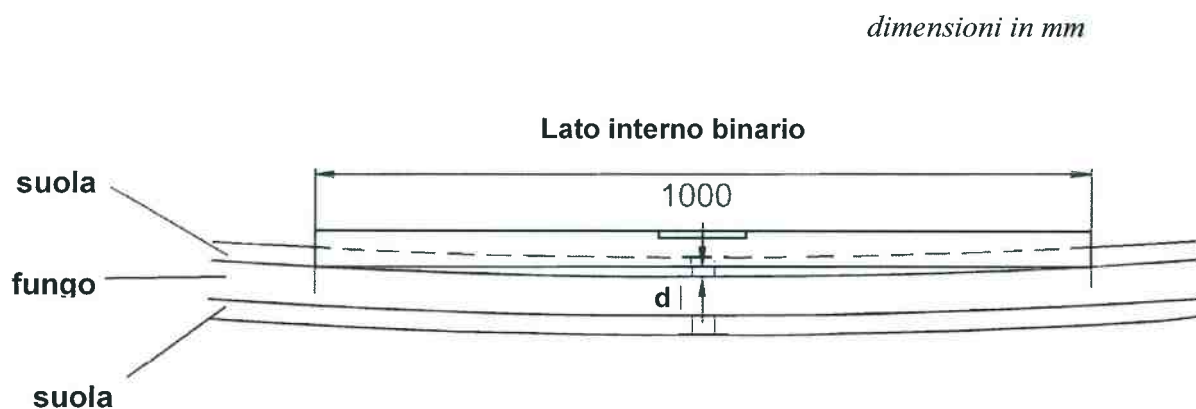
h difetto di allineamento verticale

Fig. 4 Tavola di rotolamento – avvallamento o saldatura bassa



d1, d2 difetto di allineamento orizzontale

Fig. 5 Fianco del fungo – saldatura che provoca uno stringimento dello scartamento



d difetto di allineamento orizzontale

Fig. 6 Fianco del fungo – saldatura che provoca un allargamento dello scartamento

Per la saldatura di elementi precurvati, come ad esempio i cuori curvi degli scambi, la saldatura deve essere eseguita secondo l'allineamento teorico. La verifica del rispetto della tolleranza di allineamento orizzontale può essere eseguita utilizzando una riga da 1 m e controllando la freccia rilevata f_{ril} rispetto alla freccia teorica f_{teo} , come da schemi riportati qui di seguito.

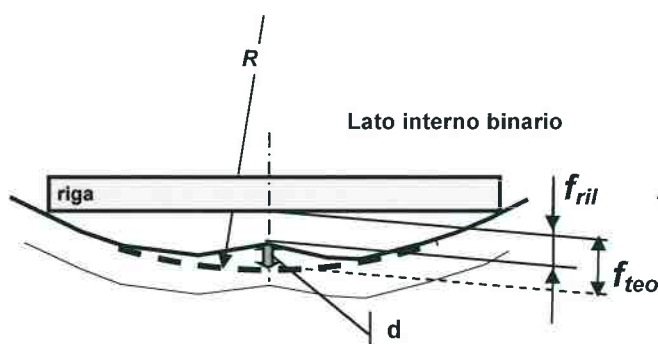
Per la freccia teorica vale: $f_{teo} = \frac{c^2}{8R}$, dove c è la corda, pari a 1000 mm, e R è il raggio di curvatura, pure in mm.

Per esempio, se R è 170 m (170 000 mm), la freccia teorica è pari a 0,7 mm.

schema per fianco del fungo concavo

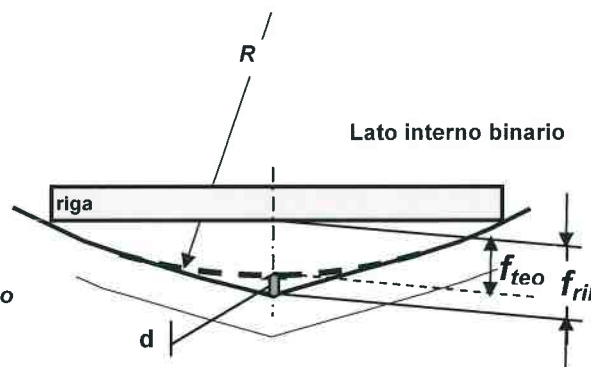
saldatura che stringe lo scartamento,

$$d = f_{teo} - f_{ril}$$



saldatura che allarga lo scartamento

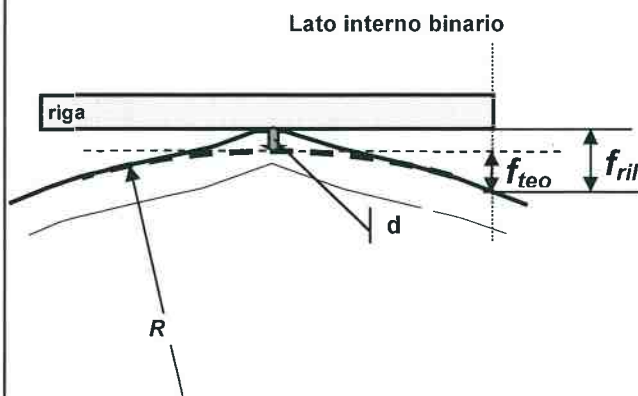
$$d = f_{ril} - f_{teo}$$



schema per fianco del fungo convesso

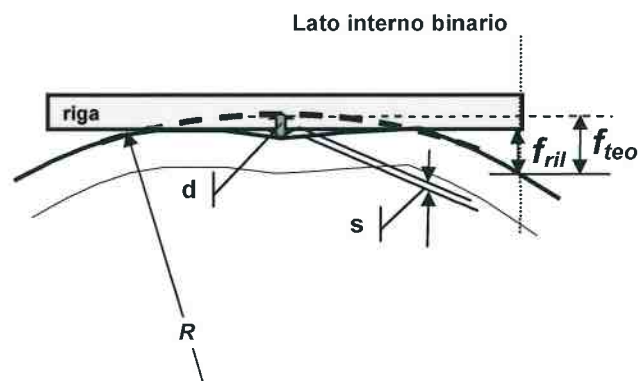
saldatura che stringe lo scartamento,

$$d = f_{ril} - f_{teo}$$



saldatura che allarga lo scartamento

$$d = f_{teo} - f_{ril} + s$$



I difetti di allineamento d , calcolati come sopra esposto, devono rispettare i limiti indicati in tabella 4b.

II.5.2 CONTROLLI STRUTTURALI

I controlli strutturali sulle saldature sono differenti a seconda del procedimento utilizzato, alluminotermico o elettrico a scintillio.

Il dettaglio di tali controlli è riportato al punto III.1.13 per le saldature alluminotermiche, e ai punti IV.1.5 e IV.1.6 per le saldature elettriche a scintillio.

II.5.3 CONTROLLO AD ULTRASUONI

Tutte le saldature devono essere sottoposte ad un controllo non distruttivo ad ultrasuoni per l'individuazione di eventuali difetti interni, con apposite apparecchiature portatili.

I criteri ed i tempi per la verifica U.S. sono indicati nella Procedura Operativa Subdirezionale RFI DPR PS IFS 88 "Gestione dei difetti nelle rotaie e negli scambi e relativi provvedimenti manutentivi".

II.6 GESTIONE DELLE SALDATURE DIFETTOSE

Non è consentita la riparazione mediante apporto delle saldature difettose. La saldatura difettosa deve essere rifatta oppure deve essere inserito uno spezzone di rotaia (vedere punto III.1.10).

I tempi d'intervento sulla saldatura alla scoperta del difetto sono indicati nella Procedura Operativa Subdirezionale RFI DPR PS IFS 88 "Gestione dei difetti nelle rotaie e negli scambi e relativi provvedimenti manutentivi".

Tutte le saldature eseguite da Ditte appaltatrici riscontrate difettose nell'ambito del periodo di garanzia vanno rifatte a carico della Ditta stessa. Fanno eccezione le saldature affette da soli difetti di allineamento quando questi possano essere eliminati con successive operazioni di sola molatura (eseguita a cura e spese della Ditta appaltatrice).

II.7 LUNGHEZZA MINIMA DEGLI SPEZZONI DI ROTAIA. DISTANZA MINIMA TRA DUE SALDATURE

L'inserimento di spezzoni dovrà essere effettuato rispettando le seguenti limitazioni.

- In occasione di lavori di rinnovamento o di sostituzione rotaie, sia con materiale nuovo che usato servibile (inserimento da effettuare sempre che non sia possibile lo scorrimento delle rotaie): lunghezza minima dello spezzone 12 m.
- In occasione di lavori di manutenzione per l'eliminazione di difetti puntuali: lunghezza minima dello spezzone 6 m.
- Inserimento giunti isolanti incollati (g.i.i.): la lunghezza dello spezzone è di 6 m.

Scambi: all'interno degli scambi e delle eventuali relative serraglie sono ammesse lunghezze inferiori a 6 m in funzione dello specifico piano di posa da costruire. Dovrà essere posta la massima cura affinché venga realizzato il minor numero possibile di saldature; per le giunzioni isolanti interne agli scambi si dovrà fare pertanto ricorso:

- a rotaie intermedie isolanti a misura
- alla realizzazione, fuori opera e da parte di personale RFI, di giunzioni isolanti sulle rotaie intermedie prima del varo dello scambio
- solo nel caso in cui non sia possibile operare come sopra per indisponibilità dei materiali, è ammesso l'impiego di g.i.i. prefabbricati da 6 m la cui lunghezza può essere ridotta sino a 3,78 m, stabilendone la lunghezza con i criteri di realizzare il minor numero di saldature possibile e di rendere maggiore possibile la distanza tra le saldature adiacenti.

Nelle operazioni di costruzione degli scambi o all'atto della sostituzione di parti usurate (coppie ago contrago, cuore, controrotaie ecc.) si dovrà assolutamente evitare di avere due saldature alluminotermiche poste a distanza molto ravvicinata. Per evitare ciò, all'atto della prima costruzione degli scambi è conveniente, se la lunghezza delle rotaie intermedie lo consente, ridurre la lunghezza della parte che si potrebbe dover sostituire per usura; la riduzione sarà dell'ordine dei 100 mm compatibilmente con il montaggio delle forme per eseguire la saldatura. In tale modo all'atto del ricambio si potrà effettuare la sostituzione del componente usurato bonificando le vecchie saldature senza dover introdurre spezzoni e senza dover cambiare rotaie intermedie.

Qualora debbano effettuarsi con personale RFI interventi di urgenza per il ripristino della continuità delle rotaie e non si disponga di sufficiente personale e adeguati mezzi di trasporto, in via del tutto eccezionale, sarà consentito l'impiego di spezzoni più corti, ma comunque non inferiori a 3 metri; detti spezzoni dovranno essere sostituiti con spezzoni conformi ai precedenti casi entro 6 mesi.

Per la distanza minima ammissibile tra due saldature si applicano gli stessi criteri relativi alla lunghezza minima degli spezzoni di rotaia.

II.8 GARANZIA SALDATURE ESEGUITE DA DITTE APPALTATRICI

Su tutte le saldature eseguite da Ditte appaltatrici si applica una garanzia di 2 anni a partire dal 31/12 dell'anno di esecuzione.

II.9 GARANZIA SUL KIT PER SALDATURA ALLUMINOTERMICA

Come riportato nella Specifica Tecnica di Fornitura dei kit per saldatura alluminotermica, codifica RFI TCAR SF AR 07 005, i singoli materiali di consumo che costituiscono il kit sono soggetti a garanzia per un periodo minimo di tre anni dalla data di produzione.

La consegna del prodotto a RFI deve avvenire entro i sei mesi successivi alla data di produzione.

Nel caso di rotture o difetti in opera di saldature, attribuibili alla qualità dei materiali di consumo impiegati, RFI provvede ad addebitare al Fornitore gli oneri diretti e indiretti.

III PARTE III

III.1 SALDATURE ESEGUITE CON PROCEDIMENTO ALLUMINOTERMICO

III.1.1 CLASSIFICAZIONE DEI PROCEDIMENTI

I procedimenti in uso sono classificati in base al tempo di preriscaldamento ed identificati dalle sigle:

PRL (abbreviazione di pre-riscaldamento lungo),

PRA (abbreviazione di pre-riscaldamento abbreviato).

Sono disponibili procedimenti PRA omologati da RFI per saldare rotaie di profilo 46E4, 50E5 e 60E1, di qualità di acciaio R200, R260 e R350HT.

Anche per le saldature promiscue, e cioè saldature tra rotaie di diverso profilo, sono disponibili procedimenti PRA omologati da RFI.

Si possono saldare tra loro:

- rotaie 46E4 con rotaie 50E5
- rotaie 46E4 con rotaie 60E1
- rotaie 50E5 con rotaie 60E1.

Nelle saldature promiscue le forme non sono simmetriche ma si distinguono in destre e sinistre; i relativi lamierini seguono la stessa distinzione.

III.1.2 SISTEMI OMOLOGATI

Devono essere utilizzati esclusivamente sistemi di saldatura alluminotermica omologati da RFI secondo le relative specifiche tecniche di fornitura.

Negli attestati di omologazione, consultabili sul portale e-POD di RFI, sono riportati i dettagli dei prodotti omologati: il tipo di crogiolo (monouso o multiuso), il procedimento di saldatura, la qualità dell'acciaio, il profilo della rotaia da saldare e la luce di saldatura.

La saldatura alluminotermica delle rotaie di qualità R320Cr deve essere eseguita secondo quanto riportato nella procedura Thermit del 20 aprile 2000 riportata in allegato 3 utilizzando i materiali di consumo appositamente prodotti dalla stessa Thermit.

III.1.3 QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE

Il personale addetto all'esecuzione delle saldature alluminotermiche di rotaie deve essere in possesso della relativa abilitazione.

Il personale dipendente dalle Ditte appaltatrici, che esegue lavori di saldatura alluminotermica delle rotaie per conto di RFI, deve essere in possesso dell'apposita abilitazione, attestata dal tesserino

personale (non scaduto di validità) rilasciato dalla Commissione Centrale RFI, come previsto dalla Procedura RFI DPR SIGS PO 14 1 0.

Il personale RFI addetto alla saldatura alluminotermica è quello in possesso della specifica abilitazione prevista dalla Procedura Operativa RFI DPR SIGS PO 10 1 0 “Sistema di qualificazione professionale del personale che svolge attività di sicurezza- manutenzione dell’infrastruttura”.

III.1.4 MATERIALI ED ATTREZZATURE

Nei Manuali d’uso di ciascun sistema omologato, consultabili sul portale e-POD di RFI, sono indicati i materiali e le attrezzature di ciascun sistema di saldatura alluminotermica; nei manuali sono espressamente indicate le attrezzature specifiche indispensabili e le modalità di impiego delle stesse.

I materiali e le attrezzature da utilizzare devono essere di tipo prescritto.

Le attrezzature devono essere in buono stato di conservazione e manutenzione. Non si devono adoperare porzioni saldanti che abbiano assorbito umidità o che siano comunque deteriorate.

I materiali di consumo devono essere in buono stato di conservazione ed esenti da umidità; la terra refrattaria, eventualmente utilizzata per la stuccatura delle forme, deve essere umidificata il meno possibile.

Per il dettaglio delle attrezzature, si rimanda ai relativi Manuali d’uso e all’Allegato 1.

III.1.5 LUCI DI SALDATURA E RELATIVE TOLLERANZE

Le luci previste per il procedimento PRA sono: 25 mm (standard) e 50 mm (maggiorata).

Le tolleranze ammesse per le luci di saldatura sono, in conformità alla norma UNI EN14730-1:

Luce	Tolleranza ammessa
25 mm	+ 2 – 2 mm
50 mm	+ 3 – 3 mm

Tabella 5

E’ vietato maggiorare empiricamente le porzioni saldanti ed è vietato alterarne in qualsiasi modo la composizione.

E’ ammessa la saldatura con luce di 50 mm per il rifacimento di saldature alluminotermiche lesionate o rotte in opera, in presenza di lesioni o rotture che presentino la lesione o sezione di frattura con un andamento pressoché verticale, interessante la ZF o il confine tra ZF e MB, e tali che si riesca ad eliminare il difetto, mediante taglio meccanico, ottenendo una luce di 50 mm.

La saldatura con luce di 50 mm è ammessa anche nel caso in cui, a seguito del taglio di rotaia al cannello, nei soli casi consentiti, ed a seguito della bonifica delle testate delle rotaie non si riesca ad ottenere la luce standard.

La saldatura con luce maggiorata può essere eseguita anche da personale abilitato delle Ditte appaltatrici, ma va ribadito che tale pratica deve essere limitata esclusivamente ai due casi appena citati.

III.1.6 PARAMETRI CARATTERISTICI PER L'ESECUZIONE DI SALDATURE ALLUMINOTERMICHE

Il dettaglio dei parametri da rispettare nell'esecuzione di saldature alluminotermiche di rotaie, durata del preriscaldamento, pressioni, altezza cannello, tempi ecc., è descritto nei Manuali di uso di ciascun sistema omologato.

III.1.7 PUNZONATURA DELLE SALDATURE ALLUMINOTERMICHE

Ogni saldatura alluminotermica dovrà essere contrassegnata da una sigla alfa-numerica che consenta di risalire all'esecutore ed alla data di esecuzione, secondo le modalità indicate nelle Normative per l'abilitazione all'esecuzione di saldature alluminotermiche per il personale dipendente da RFI o da Ditte appaltatrici.

Sulla punzonatura dovrà essere applicato uno strato di vernice bianca per proteggerla dall'ossidazione e per facilitare la lettura dei dati impressi.

A ciascuna Ditta appaltatrice è stata attribuita la sigla identificativa, a cura della Sede Centrale di RFI, al fine dell'individuazione univoca; le nuove Ditte appaltatrici, non in possesso di detta sigla, devono richiederne l'assegnazione alla Sede Centrale.

III.1.8 MODALITÀ ESECUTIVE DELLE SALDATURE ALLUMINOTERMICHE

Prima di eseguire la saldatura occorre allentare 40 attacchi a cavallo del giunto (20 da una parte e 20 dall'altra), al fine di non avere eccessive tensioni interne dovute al ritiro ($2 \div 3$ mm) longitudinale che subisce la saldatura. Se non si allentassero gli attacchi queste tensioni da ritiro vincolato potrebbero causare cricche a caldo in ZF, ma anche a freddo, sia in ZF sia in ZTA, sommandosi poi alle sollecitazioni di esercizio.

In particolare qualora si operi con il morsetto tendirotaie in presa, è necessario accompagnare il ritiro di ciascuna saldatura, durante il raffreddamento delle stesse, con il serraggio del morsetto nel senso atto a comprimere la saldatura stessa. Il suddetto serraggio, da effettuare in più riprese (tre al minuto) subito dopo la tranciatura del ringrosso delle saldature, dovrà durare circa 15 minuti, dopo di che il morsetto potrà essere rimosso dato che, dopo tale tempo, le saldature sono atte a resistere alle sollecitazioni che nascono nei giunti man mano che procede il raffreddamento degli stessi.

E' necessario operare in modo tale che il passaggio del primo treno su una saldatura avvenga dopo che siano trascorsi almeno 30 minuti dalla colata.

Se non c'è sufficiente tempo a disposizione non si deve intraprendere l'esecuzione della saldatura.

Dopo tale intervallo minimo di tempo la saldatura si trova ancora ad alta temperatura; di conseguenza ci si limiterà, una volta tolti i cunei usati per creare la cuspide e allineare le rotaie, ad una sgrossatura per permettere il transito del primo treno mentre la smerigliatura di finitura sulla tavola di rotolamento dovrà essere eseguita a giunto freddo ($T < 100^{\circ} \text{C}$).

Per far transitare il treno occorre serrare nuovamente gli attacchi; il serraggio degli attacchi deve essere eseguito subito prima del transito del treno allo scopo di assecondare, quanto più possibile, il ritiro della saldatura.

E' vietato accelerare artificialmente il raffreddamento delle rotaie saldate (ricorrendo a mezzi tipo acqua ecc.) allo scopo di evitare la formazione di strutture fragili.

Per eseguire saldature tra rotaie di differenti tipi di acciaio (acciaio R200 con R260 oppure acciaio R260 con R350HT oppure acciaio R260 con R320Cr) si deve utilizzare la porzione saldante per acciaio R260.

Una volta terminate le operazioni di saldatura si devono rimuovere dal binario i materiali di risulta (forme, materozze, scoria, ecc.).

Per una descrizione di dettaglio delle modalità esecutive delle saldature e delle relative attrezzature si rimanda ai Manuali d'uso e all'Allegato 1.

III.1.9 SALDATURE ALLUMINOTERMICHE IN CORRISPONDENZA DI TRAVATE METALLICHE E IN CORRISPONDENZA DI SOTTOPASSI

Nel caso in cui si debba eseguire una saldatura alluminotermica in corrispondenza di una travata metallica, occorre adottare particolari cautele per evitare il possibile danneggiamento delle strutture metalliche in caso di una eventuale fuoriuscita o proiezione di materiale fuso.

Là dove possibile la saldatura andrà eseguita fuori opera; se ciò non risultasse possibile si dovranno approntare protezioni idonee per le strutture metalliche, a mezzo di materiale refrattario.

Occorre proteggere da eventuali proiezioni o fuoriuscite di materiale fuso anche le eventuali strade o passaggi sottostanti il binario, per evitare danni a persone o cose.

III.1.10 TRATTAMENTO DI ROTAIE ROTTE O DANNEGGIATE IN CAMPATA O IN SALDATURA

Rotture o danneggiamenti di rotaia in campata

Le rotture o danneggiamenti di rotaia in campata possono avere origine da difettosità interne alle stesse, imputabili ad una o più fasi del ciclo di lavorazione, che a distanza di tempo e per l'effetto dei fenomeni di affaticamento dovuti all'esercizio possono degenerare in rotture in tronco, ancora prima che le difettosità medesime si manifestano all'esterno e divengono visibili.

Le rotture o danneggiamenti in campata possono avere anche cause esterne legate a fenomeni di affaticamento della superficie di rotolamento (shelling, head checking, squats, ecc.); sono difetti che si manifestano in lunghe sequenze e per estese di rotaia importanti, che con l'esercizio possono degenerare in rotture di rotaia in tronco anche in più punti.

Pertanto, di regola è vietato effettuare la riparazione della rotaia per mezzo di saldatura alluminotermica, poiché le rotture o danneggiamenti suddetti possono sussistere, anche allo stato latente, in più punti della stessa rotaia oggetto della rottura.

Pertanto, quando ci si trovi di fronte al tipo di rottura in questione, i provvedimenti da adottare sono:

- applicazione di quanto previsto dall'Istruzione Tecnica "Interventi a seguito di rottura rotaie" classifica R/ST/009/D.72 del 20/10/'93; in caso di inganasciamento provvisorio della rotaia in corrispondenza della sezione di rottura occorre tenere presente che tale giunzione deve essere eliminata in tempi brevissimi;
- controllo, mediante apparecchio ad ultrasuoni, dell'intera rotaia oggetto della rottura o del tratto interessato dai difetti legati a fenomeni di affaticamento;
- qualora, per giustificati motivi, il controllo ad ultrasuoni dell'intera rotaia non si possa effettuare in tempi brevissimi: introduzione di spezzone provvedendo al controllo ad ultrasuoni appena possibile;
- sostituzione dell'intera rotaia o dell'intero tratto interessato dai fenomeni di affaticamento nei casi: di esito sfavorevole del controllo stesso o di presenza di inneschi a rottura visibili in altri punti delle rotaie.

Oltre che la rotaia con rottura in campata, il succitato controllo ad ultrasuoni dovrà interessare:

- nel caso di difetti di fatica del piano di rotolamento (shelling, head checking, squats, ecc.), anche le rotaie vicine visibilmente interessate dalla difettosità
- nel caso in cui la rottura non sia da addebitare a difetti di fatica del piano di rotolamento ma piuttosto a difettosità interne dovute al ciclo di produzione, anche alle rotaie appartenenti alla stessa colata, normalmente in opera nella zona in cui è posta quella avariata; i dati relativi al numero della colata sono stampigliati sul gambo delle rotaie nella matricola che contiene:
 - numero di colata a partire dalla quale il prodotto è stato laminato
 - numero della linea e posizione del blumo all'interno della colata continua oppure numero del lingotto
 - posizione della rotaia nel blumo o nel lingotto (A,B....., Z);
 qualora non risultasse possibile procedere alla suddetta identificazione in quanto la stampigliatura fosse resa illeggibile dall'ossidazione o non si individuassero altre rotaie della stessa colata, si dovrà ugualmente effettuare un accurato controllo ad ultrasuoni del tratto di binario all'intorno della zona in cui si è verificata la rottura.

È tuttavia consentito riparare la rotaia avariata per mezzo di saldatura alluminotermica eseguita in corrispondenza della sezione di rottura solo se sono soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- la rottura ha andamento pressoché piano e perpendicolare all'asse della rotaia

- risulta chiaro che la rottura è da attribuire a un danneggiamento o una lavorazione irrazionale della rotaia (abrasione da slittamento, apporto di metallo con arco elettrico, urto, colpo di mazza, corrosione, saldatura di connessione elettrica, ecc.)
- il danneggiamento o la lavorazione irrazionale della rotaia è localizzato in un singolo punto e può essere totalmente bonificato sfruttando la luce di saldatura.

Rotture o danneggiamenti di rotaia in saldatura

Le rotture di rotaie in saldatura, sia alluminotermica che a scintillio costituiscono un caso di avaria localizzata che deve essere riparata di regola con l'introduzione di uno spezzone di rotaia della lunghezza prevista.

È tuttavia consentito riparare la rotaia avariata per mezzo di saldatura alluminotermica solo se sono soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- se si tratta di rottura, la rottura ha andamento pressoché piano e perpendicolare all'asse della rotaia
- la saldatura rotta o la difettosità di saldatura può essere totalmente bonificata sfruttando la luce della nuova saldatura.

In ogni caso va applicato quanto previsto dall'Istruzione Tecnica "Interventi a seguito di rottura rotaie" classifica R/ST/009/D.72 del 20/10/'93; in caso di inganasciamento provvisorio della rotaia in corrispondenza della sezione di rottura occorre tenere presente che tale giunzione deve essere eliminata in tempi brevissimi.

Scollamenti di giunti isolanti incollati

Le avarie dell'incollaggio dei giunti isolanti incollati causano l'allontanamento di alcuni millimetri delle testate delle rotaie. Fermo restando quanto disposto dalla Procedura Operativa "Fabbricazione e gestione delle giunzioni isolanti incollate" (RFI DMA PS IFS 042) circa i tempi e modalità di intervento, il giunto isolante incollato in questione deve essere sostituito con uno integro.

III.1.11 REGOLE E CAUTELE RIGUARDO ALL'EQUILIBRIO TENSIONALE DEL BINARIO ALL'ATTO DELLE RIPARAZIONI DI ROTAIA, DELL'INSERIMENTO DI SPEZZONI DI ROTAIA E DELL'INSERIMENTO DI GIUNTI ISOLANTI INCOLLATI

Per assicurare l'equilibrio tensionale del binario al termine delle operazioni in oggetto la lunghezza iniziale delle rotaie non deve essere variata: non deve essere "aggiunto ferro" o "tolto ferro".

Operando su binario in lunga rotaia saldata si dovranno adottare le seguenti procedure e cautele specifiche.

ROTAIE IN COMPRESSIONE

Le operazioni sulle rotaie in compressione (in linea di principio a temperatura del ferro superiore a quella della regolazione della l.r.s., ma sicuramente superiore alla temperatura neutra: casi di staratura della temperatura di regolazione con ammassamento localizzato del ferro), comportano innanzitutto tagli di scarico delle tensioni di compressione a mezzo cannello alla fiamma.

Successivamente si realizzano le luci di saldatura con taglio meccanico, si procede all'esecuzione della saldatura o all'eventuale inserimento dello spezzone e si registra la temperatura del ferro all'atto della chiusura dell'ultima luce.

Poiché così operando è stato "tolto ferro", occorrerà procedere ad una nuova regolazione termica della fuga di rotaia interessata (vedi punto III.3 "Regolazione di una sola fuga di rotaia" dell'Istruzione Tecnica RFI TCAR IT AR 01 008).

Secondo quanto previsto dalla vigente normativa sulla l.r.s., in attesa della regolazione termica si dovrà porre particolare attenzione rispetto alle basse temperature, assumendo, per la zona interessata dalle lavorazioni, che la temperatura di posa del binario sia uguale alla temperatura di chiusura dell'ultima luce.

Le procedure di regolazione del punto III.3 della norma sulla l.r.s. vanno adottate anche nei casi di inserimento di spezzone a seguito di una rottura di rotaia in tronco, o di sostituzione di un giunto isolante incollato avariato, in cui il distacco di frammenti di rotaia impedisce di determinare con esattezza qual è la luce della rottura di rotaia o di g.i.i. .

ROTAIE IN TRAZIONE

Nelle operazioni sulle rotaie in trazione (in linea di principio a temperatura del ferro inferiore a quella della regolazione della l.r.s., ma sicuramente inferiore alla temperatura neutra: casi di staratura della temperatura di regolazione con diradamento localizzato del ferro), per evitare che sia "aggiunto ferro", con la conseguente necessità di una successiva regolazione termica, si opererà come di seguito descritto ai punti a) e b), distinguendo fra i casi in cui non c'è più la continuità della rotaia (per esempio nel caso di rottura in tronco che interessa tutta la sezione della rotaia) dai casi in cui c'è continuità fisica della rotaia (per esempio nei casi di inserimento di spezzoni o di giunti isolanti incollati oppure nei casi di avarie che non interessano tutto il profilo della rotaia).

Si mette in evidenza che, invece, quando la lunghezza dello spezzone è superiore a 6 m, o comunque superiore alla lunghezza massima gestibile con il morsetto tendirotaia a disposizione, vanno adottate le procedure descritte della norma sulla l.r.s. (Istruzione Tecnica RFI TCAR IT AR 01 008) al punto III.3 "Regolazione di una sola fuga di rotaia"

Le procedure di regolazione del punto III.3 della norma sulla l.r.s. vanno adottate anche nei casi di inserimento di spezzone a seguito di una rottura di rotaia in tronco, o di sostituzione di un giunto isolante incollato avariato, in cui il distacco di frammenti di rotaia impedisce di determinare con esattezza qual è la luce di apertura della rottura di rotaia o di apertura del g.i.i. .

a) Casi in cui non c'è più la continuità della rotaia (rotture in tronco)

- Riparazione di una rottura in tronco di rotaia tramite inserimento di uno spezzone da 6 m (vedi punto III.1.10) quando la temperatura del ferro è inferiore a quella neutra. A questo caso va anche assimilato il caso di scollamento di un giunto isolante incollato.

- Si misura la luce della rottura sul fianco della rotaia non interessato dal contatto con le ruote dei treni.
Se si tratta di un giunto isolante incollato, la luce di apertura del g.i.i. è pari alla distanza fra le testate di rotaia, misurata sul fianco non interessato dal contatto con le ruote dei treni, diminuita di 5 mm (lo spessore della sagoma isolante).
- Si eseguono due bulinature di controllo a cavallo della zona interessata con una distanza d tra le stesse pari a $d = 6500 \text{ mm} + \text{luce della rottura}$.
- Si misura al millimetro la lunghezza effettiva dello spezzone o del giunto isolante incollato da inserire
- Si tracciano le due sezioni di taglio a una distanza t pari a $t = \text{lunghezza effettiva spezzone} + \text{luce della rottura} + 22 + 22$ (in mm). Le due sezioni di taglio vanno individuate all'interno del tratto compreso tra le bulinature e nei vani tra le traverse.
- Si eseguono i due tagli meccanici.
- Si allentano gli organi d'attacco per un tratto di 24 m circa a cavallo della zona interessata e si asportano gli spezzoni di rotaia interessati.
- Si inserisce lo spezzone da 6 m (oppure il giunto isolante incollato nuovo di lunghezza 6 m) e si esegue la prima saldatura con luce di 25 mm.
- Si applica il morsetto tendirotaie a cavallo della zona dove si eseguirà la seconda saldatura.
- A raffreddamento della prima saldatura avvenuto, trascorsi almeno trenta minuti dalla colata, si procede quindi al tiro fino a che tra le testate di rotaia rimanga una luce di 25 mm.
- Si controlla che la distanza fra le bulinature sia di $6500 + 3 = 6503 \text{ mm}$.
- Si esegue la seconda saldatura e si accompagna il ritiro con il morsetto tendirotaie, come d'uso; con ciò si recupereranno i 3 mm di ferro ancora in eccesso e si ripristinerà così la lunghezza iniziale del ferro.
- Durante il raffreddamento della seconda saldatura si allentano gli organi d'attacco della fila di rotaia interessata per ulteriori 50 m circa, da ciascun lato della zona interessata dalle operazioni, procedendo nel senso dell'allontanamento dallo spezzone medesimo. In tal modo si uniformerà lo stato tensionale della rotaia.
- Si toglie il morsetto e solo a questo punto si procede al riserraggio degli organi d'attacco convergendo, da ambo i lati, verso il centro della zona interessata. Vengono infine effettuate le operazioni di smerigliatura e finitura delle saldature.
- Si controlla infine che le bulinature si siano portate alla distanza prevista di 6500 mm. La tolleranza è pari a $\pm 2 \text{ mm}$.

- Rotture in tronco di rotaia riparabili con saldatura (vedi punto III.1.10) quando la temperatura del ferro è inferiore a quella neutra.
- Si misura la luce della rottura sul fianco della rotaia non interessato dal contatto con le ruote dei treni.
- Si eseguono due bulinature di controllo a cavallo della zona interessata con una distanza d tra le stesse pari a $d = 2000 \text{ mm} + \text{luce della rottura}$.
- Si tracciano le due sezioni di taglio inquadranti la rottura e poste a una distanza t pari a $t = \text{luce della rottura} + \text{luce di saldatura prescelta diminuita di } 3 \text{ mm}$
(le sezioni di taglio verranno poste cioè a una distanza
 - $t = \text{luce della rottura} + 22 \text{ mm}$, per saldature con luce 25 mm
 - $t = \text{luce della rottura} + 47 \text{ mm}$, per saldature con luce 50 mm
- Si eseguono i due tagli meccanici e si asportano gli spezzoncini di rotaia interessati dall'avaria.
- Si allentano gli organi d'attacco per un tratto di 24 m circa a cavallo della zona interessata.
- Si applica il morsetto tendirotaie a cavallo della zona interessata. Si procede quindi al tiro fino a che tra le testate di rotaia rimanga la luce prescelta per la saldatura (25 mm o 50 mm).
- Si controlla che la distanza fra le bulinature sia di $2000 + 3 = 2003 \text{ mm}$.
- Si esegue la saldatura e si accompagna il ritiro con il morsetto tendirotaie, come d'uso; con ciò si recupereranno i 3 mm di ferro in eccesso lasciati inizialmente e si ripristinerà la lunghezza iniziale del ferro.
- Durante il raffreddamento della saldatura si allentano gli organi d'attacco della fila di rotaia interessata per ulteriori 50 m circa, da ciascun lato della zona interessata dalle operazioni, procedendo nel senso dell'allontanamento dalla saldatura. In tal modo si uniformerà lo stato tensionale della rotaia.
- Si toglie il morsetto e solo a questo punto si procede al riserraggio degli organi di attacco convergendo, da ambo i lati, verso il centro della zona interessata. Vengono infine effettuate le operazioni di smerigliatura e finitura della saldatura.
- Si controlla infine che le bulinature si siano portate alla distanza prevista di 2000 mm. La tolleranza è di $\pm 2 \text{ mm}$.

b) Casi in cui c'è la continuità della rotaia (inserimento di spezzoni o di giunti isolanti incollati oppure riparazione di avarie localizzate che non interessano tutto il profilo della rotaia)

- Inserimento di uno spezzone da 6 m o inserimento di un giunto isolante incollato quando la temperatura del ferro è inferiore a quella neutra.
- Si eseguono due bulinature di controllo a cavallo della zona interessata con una distanza d tra le stesse pari a $d = 6500$ mm.
- Si misura al millimetro la lunghezza effettiva dello spezzone o del giunto isolante incollato da inserire.
- Si tracciano le due sezioni di taglio a una distanza t pari a $t = \text{lunghezza effettiva dello spezzone} + 22 + 22$ (in mm). Le due sezioni di taglio vanno individuate all'interno del tratto compreso tra le bulinature e nei vani tra le traverse.
- Si eseguono i due tagli meccanici.
- Si allentano gli organi d'attacco per un tratto di 24 m circa a cavallo della zona interessata e si asporta lo spezzone di rotaia interessato.
- Si inserisce lo spezzone da 6 m (oppure il giunto isolante incollato da 6 m) e si esegue la prima saldatura con luce di 25 mm.
- Si applica il morsetto tendirotaie a cavallo della zona dove si eseguirà la seconda saldatura.
- A raffreddamento della prima saldatura avvenuto, trascorsi almeno trenta minuti dalla colata, si procede quindi al tiro fino a che tra le testate di rotaia rimanga una luce di 25 mm.
- Si controlla che la distanza fra le bulinature sia di $6500 + 3 = 6503$ mm.
- Si esegue la seconda saldatura e si accompagna il ritiro con il morsetto tendirotaie, come d'uso; con ciò si recupereranno i 3 mm di ferro ancora in eccesso e si ripristinerà così la lunghezza iniziale del ferro.
- Durante il raffreddamento della seconda saldatura si allentano gli organi d'attacco della fila di rotaia interessata per ulteriori 50 m circa, da ciascun lato della zona interessata dalle operazioni, procedendo nel senso dell'allontanamento dallo spezzone medesimo. In tal modo si uniformerà lo stato tensionale della rotaia.
- Si toglie il morsetto e solo a questo punto si procede al riserraggio degli organi di attacco convergendo, da ambo i lati, verso il centro della zona interessata. Vengono infine effettuate le operazioni di smerigliatura e finitura delle saldature.
- Si controlla infine che le bulinature si siano portate alla distanza prevista di 6500 mm. La tolleranza è pari a ± 2 mm.

- Riparazione di avarie localizzate che non interessano tutto il profilo della rotaia (vedi punto III.1.10) quando la temperatura del ferro è inferiore a quella neutra.
- Si eseguono due bulinature di controllo a cavallo della zona interessata con una distanza d tra le stesse pari a $d = 2000$ mm.
- Si tracciano le due sezioni di taglio inquadranti l'avaria da eliminare e poste a una distanza pari alla luce di saldatura prescelta, 25 mm o 50 mm, diminuita di 3 mm (le sezioni di taglio verranno poste cioè a una distanza di 22 mm o di 47 mm, rispettivamente).
- Si eseguono i due tagli meccanici e si asporta lo spezzoncino di rotaia interessato dall'avaria.
- Si allentano gli organi d'attacco per un tratto di 24 m circa a cavallo della zona interessata
- Si applica il morsetto tendirotaie a cavallo della zona interessata. Si procede quindi al tiro fino a che tra le testate di rotaia rimanga la luce prescelta per la saldatura (25 mm o 50 mm).
- Si controlla che la distanza fra le bulinature sia di $2000 + 3 = 2003$ mm.
- Si esegue la saldatura e si accompagna il ritiro con il morsetto tendirotaie, come d'uso; con ciò si recupereranno i 3 mm di ferro in eccesso lasciati inizialmente e si ripristinerà la lunghezza iniziale del ferro.
- Durante il raffreddamento della saldatura si procede ad allentare gli organi d'attacco della fila di rotaia interessata per ulteriori 50 m circa, da ciascun lato della zona interessata dalle operazioni, procedendo nel senso dell'allontanamento dalla saldatura. In tal modo si uniformerà lo stato tensionale della rotaia.
- Si toglie il morsetto e solo a questo punto si procede al riserraggio degli organi di attacco convergendo, da ambo i lati, verso il centro della zona interessata. Vengono infine effettuate le operazioni di smerigliatura e finitura della saldatura.
- Si controlla infine che le bulinature si siano portate alla distanza prevista di 2000 mm. La tolleranza è di ± 2 mm.

III.1.12 ESECUZIONE E CONTROLLO DI SALDATURE ALLUMINOTERMICHE TRA ROTAIE CON CONSUMI DIVERSI

Le prescrizioni tecniche operative descritte nel presente paragrafo si applicano quando si saldano rotaie dello stesso profilo (per esempio due rotaie 60E1 oppure due rotaie 50E5) con consumi differenti.

I casi più frequenti in cui è necessario eseguire tali saldature alluminotermiche riguardano l'inserimento su binari in esercizio di materiali nuovi, di materiali con differenti usure rispetto al materiale già in opera oppure di rotaie usate servibili.

Si deve tenere presente che il valore massimo ammissibile di differenza in altezza tra le due rotaie da saldare è limitato dalla possibilità di adattare le forme refrattarie alle due differenti rotaie. In particolare devono essere rispettati i seguenti valori limite:

- se la differenza in altezza tra le due rotaie è minore o uguale a 3 mm, allora è possibile saldare con forme refrattarie in due pezzi senza nessun adattamento delle forme;
- se la differenza in altezza tra le due rotaie è maggiore di 3 mm e minore o uguale a 5 mm, allora è possibile saldare con le forme refrattarie in due pezzi adattandone il profilo
- se la differenza in altezza tra le due rotaie è maggiore di 5 mm e minore o uguale a 7 mm, allora è possibile saldare con forme refrattarie in tre pezzi adattandone il profilo.

Non si devono saldare tra loro rotaie con differenza in altezza superiore a 7 mm. Nei casi particolari in cui è necessario attestare due rotaie con differenza in altezza superiore a 7 mm, è consentito interporre tra le due testate una serraglia usata servibile di lunghezza non inferiore a 6 m, avente un consumo verticale intermedio e tale da rispettare, per ciascuna saldatura eseguita, il limite di 7 mm.

Caso a) inserimento di materiali nuovi o con differenti usure (inserimento di rotaie, spezzoni di rotaie, giunti isolanti incollati, scambi, coppie ago – contrago ecc.).

Nei casi in cui è necessario eseguire saldature di rotaie con consumi differenti, si dovranno limitare (quando possibile) al minimo le differenti usure, soprattutto quelle laterali a 45° tra le due rotaie attestare, in quanto occorre tener presente che a fine saldatura sarà necessario rettificare il fianco di guida della rotaia meno usurata o nuova per una sufficiente estesa come di seguito specificato, raccordando la differente usura laterale con una efficace operazione di molatura.

Il tratto di raccordo della differente usura laterale deve essere eseguito al di fuori della zona di saldatura sulla rotaia meno usurata (o nuova) e deve avere una lunghezza tale da garantire un gradiente inferiore o uguale a 2 mm per metro.

Nei casi particolari in cui è necessario attestare una rotaia nuova ad una rotaia in opera con un'elevata usura laterale, allo scopo di favorire il collegamento, è consentito interporre tra le due testate una serraglia usata servibile di lunghezza non inferiore a 6 m, avente un consumo laterale intermedio.

Il corretto accoppiamento ruota-rotaia, dovrà essere verificato come indicato al punto 6 del successivo paragrafo III.1.12.1.

Al riguardo si prescrive, inoltre, che nel caso di rinnovo scambi, di cambio coppie ago-contrago o di cuori, attestati a rotaie particolarmente usurate, dovrà prevedersi anche la sostituzione della serraglia attestata per consentire di eseguire il suddetto tratto di raccordo sulla serraglia medesima.

Nei casi di cambio ferro in curva con impiego di rotaie nuove, le estremità del **tratto** oggetto d'intervento, sulle quali si attesteranno le rotaie nuove con le rotaie in opera, dovranno ricadere nel tratto di binario in rettilineo, ciò al fine di minimizzare le differenti usure.

Caso b) impiego di rotaie usate servibili.

Nel caso d'impiego di rotaie usate servibili, le testate delle rotaie da saldare devono avere quanto più possibile profilo trasversale simile.

Si riportano di seguito le prescrizioni operative da seguire per limitare i casi di saldatura tra testate con usura differente.

Per le rotaie usate servibili dovrà prevedersi un'accurata identificazione già prima della fase di tolto d'opera (a riguardo si richiama il rispetto della procedura RFI DMA PS IFS 002 "Criteri per la valutazione tecnica del materiale d'armamento tolto d'opera e classificabile come usato servibile") contrassegnando (in modo univoco) la fuga (sx/dx) del binario e numerando progressivamente ogni estremità di rotaia in corrispondenza del taglio; le stesse estremità dovranno poi risultare affacciate per la saldatura.

Nella fase di recupero, le rotaie devono essere posizionate sui carri in sequenza progressiva ed eventuali ulteriori fasi di scarico e carico non dovranno comportare l'alterazione della sequenza realizzata.

Per la fase di scarico in linea, si dovrà scegliere con cura il verso del carro e la direzione di avanzamento dello stesso, per consentire di riprodurre la sequenza con la quale le rotaie sono state in precedenza caricate e per posizionare le rotaie a terra con il fianco non usurato interno al binario, ciò per far sì che il fianco non usurato risulti fianco di guida.

III.1.12.1 Esecuzione delle saldature

Per l'esecuzione di queste saldature alluminotermiche dovranno essere adottati i seguenti ulteriori accorgimenti.

Nella fase di preparazione della saldatura, l'allineamento delle due rotaie attestate deve avvenire garantendo:

- sul piano verticale, l'allineamento delle tavole di rotolamento in corrispondenza del centro del fungo
- sul piano orizzontale, l'allineamento della parte bassa dei fianchi interni dei funghi al disotto della parte usurata
- per l'allineamento si farà riferimento ai gambi delle rotaie nei casi particolari in cui il posizionamento corretto della riga sul fianco del fungo non sia possibile a causa dell'estensione del consumo e per la presenza di bave di rifluimento.

Si dovrà quindi:

1. allineare il giunto, fianco interno (o gambo) e tavola di rotolamento nei modi d'uso, avendo cura di verificare la cuspide disponendo la riga sulla tavola di rotolamento (in corrispondenza della mezzeria del fungo). L'allineamento riguarda solamente il fianco lato

interno binario delle rotaie in quanto quello esterno potrebbe essere soggetto a differenti usure laterali;

2. una volta ottenuto l'allineamento sulla tavola di rotolamento e sul fianco interno del fungo, la massima differenza di allineamento ammissibile per le estremità delle suole delle rotaie è pari a 2 mm; la misura si esegue ponendo la riga in orizzontale a cavallo del giunto lungo le estremità delle suole delle rotaie come rappresentato nella figura seguente;

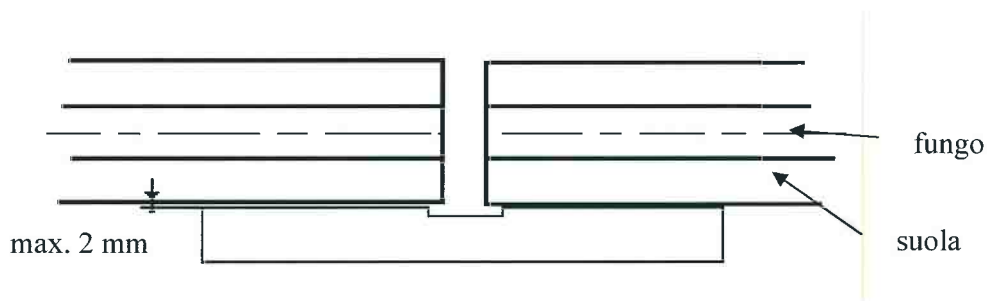


Fig. 7 - massima differenza di allineamento ammissibile per le estremità delle suole

3. posizionare le forme sfregandole per fare in modo che aderiscano alle rotaie specialmente nella parte delle suole che potrebbero trovarsi ad altezze differenti;
4. stuccare con mastici o paste refrattarie. La stuccatura interesserà maggiormente la zona in corrispondenza della suola e del fungo della rotaia che presenta un maggior consumo;
5. dopo la smerigliatura finale, controllare che gli eventuali difetti di allineamento, cuspidi o avvallamenti, sia per la tavola di rotolamento che per il fianco interno del fungo, rientrino nelle tolleranze ammesse dalla presente Istruzione Tecnica. Il fianco lato esterno binario non dovrà essere controllato;
6. verificare, nella zona a cavallo della saldatura e sul tratto di raccordo delle usure laterali, il corretto accoppiamento ruota – rotaia con il calibro “FS 97” utilizzando la sagoma “2” e la sagoma di molatura secondo i criteri della Istruzione Tecnica RFI TCAR ST AR 06 002 “Usure delle coppie ago-contrago degli scambi calibro di controllo e norme di manutenzione”;
7. in fase organizzativa, disporre di un intervallo di tempo adeguato, maggiore o uguale a 75 minuti, per eseguire la saldatura. Tale intervallo dovrà consentire tutte le operazioni della saldatura, il raffreddamento e l'eventuale rettifica del fianco interno binario per raccordare le differenti usure laterali (la cui esecuzione varia da caso a caso).

Per il controllo, visivo, geometrico e strutturale di tali saldature, si applicano i limiti e le prescrizioni fissate dalla presente Istruzione Tecnica.

III.1.12.2 Controllo manuale ad Ultrasuoni

Vengono inoltre fornite ulteriori prescrizioni operative circa i controlli manuali ad ultrasuoni (US) per la ricerca di eventuali difettosità interne, da effettuarsi nella zona di saldatura alluminotermica.

Fermo restando l'attuale quadro normativo riguardante la RFI DMA MO IFS 361 "Metodologia operativa per l'esecuzione dei controlli non distruttivi ad ultrasuoni di rotaie, saldature, deviatori e giunti" e la Procedura Operativa Subdirezionale RFI DPR PS IFS 88 "Gestione dei difetti nelle rotaie e negli scambi e relativi provvedimenti manutentivi", si stabiliscono le seguenti ulteriori prescrizioni.

1. Prima di eseguire il controllo US determinare la differenza di altezza delle due rotaie saldate; per determinare l'altezza delle rotaie posizionare la sonda piana al centro del fungo, alla distanza di 100 mm dall'asse della saldatura su entrambe le rotaie;
2. Per il controllo delle difettosità in corrispondenza della suola, in particolare le fenditure trasversali, si utilizzano le sonde angolate a 70° e a 45° procedendo come segue.

Con la sonda a 70°, poggiata sui piani di steccatura inferiori delle due rotaie, l'eco del difetto dovrà avere un'ampiezza almeno uguale o superiore alla curva DAC di -6dB per le saldature alluminotermiche.

Tale eco dovrà essere posizionata tra la profondità di 10 mm e la profondità di 20 mm (quando la sonda è posta sulla rotaia di minor altezza) e tra la profondità di 10 mm e la profondità di 20 mm meno la differenza di altezza delle due rotaie attestate (quando la stessa sonda è posta sulla rotaia più alta). Per esempio: con 2 mm di differenza in altezza delle rotaie la zona di controllo va da 10 mm a 18 mm.

3. Per il controllo delle difettosità nel fungo e nel gambo valgono le medesime prescrizioni previste dalla Metodologia richiamata.

Per il fungo, si precisa però che, nel controllo delle fenditure trasversali con la sonda a 70° posta a 20 mm dall'asse della rotaia, occorrerà tener conto delle altezze dei funghi usurati rispetto all'altezza a nuovo e della differenza di altezza esistente tra i funghi delle due rotaie saldate. Ciò significa, ad esempio, che in una rotaia 60E1 con il fungo usurato in altezza di 2 mm, si avrà a 20 mm dall'asse un'altezza del fungo di circa 40,5 mm, in questo caso l'eventuale difetto potrebbe essere posizionato ad una profondità massima di circa 38 mm.

4. Non effettuare il controllo con le sonde angolate a 45° e 70° sui fianchi della suola quando lo spessore dei fianchi stessi è inferiore ad 8 mm, a causa delle difficoltà di accoppiamento delle sonde con il fianco della suola medesima.
5. Il controllo delle difettosità nella zona centrale della suola, con la sonda angolata a 45° posta sulla tavola di rotolamento del fungo, rimane invariato.

III.1.13 CONTROLLO STRUTTURALE DELLE SALDATURE ALLUMINOTERMICHE

Per i lavori di saldatura rotaie con il sistema alluminotermico, eseguiti da Ditte appaltatrici con proprio personale abilitato, verranno prelevati in opera 2 campioni di saldature, se il numero totale delle stesse da eseguire è inferiore a 200, altrimenti si aggiunge un altro campione per ogni ulteriori 500 saldature da eseguire. Allo scopo saranno prelevati in opera spezzoni di rotaia, lunghi 1,5 m e recanti in mezzzeria la saldatura alluminotermica, da sottoporre poi alle seguenti prove presso un laboratorio accreditato ACCREDIA.

La rotaia dalla quale viene prelevato lo spezzone con la saldatura va ripristinata secondo quanto previsto al punto II.7 .

III.1.13.1 Prova di resistenza dinamica

La prova di resistenza dinamica deve essere condotta con le modalità ed i criteri di accettazione indicati nella Specifica Tecnica di Fornitura RFI TCAR SF AR 07 005 B al punto II.5.3.

III.1.13.2 Prova di durezza

La prova di durezza Brinell deve essere eseguita sulla tavola di rotolamento con le modalità definite nella norma UNI EN14730-1. Viene effettuata dopo la prova di resistenza dinamica, se questa ha avuto esito positivo.

La media delle tre durezza rilevate deve essere compresa tra i seguenti valori:

saldatura tra rotaie acciaio R200:	230±20 HBW
saldatura tra rotaie acciaio R260:	300±20 HBW
saldatura tra rotaie acciaio R320 Cr:	330 ± 20 HBW
saldatura tra rotaie acciaio R350 HT:	350 ± 20 HBW.

Poiché l'accettazione delle saldature è subordinata anche al rispetto dei limiti di durezza, che sono diversi in funzione della qualità dell'acciaio, è indispensabile conoscere la qualità dell'acciaio del metallo base del campione. Per tale motivo gli Impianti che inviano al laboratorio i campioni devono obbligatoriamente indicare sul documento di accompagnamento (mod. L.37) la qualità dell'acciaio costituente i campioni. Sui campioni di rotaie saldati da inviare al laboratorio deve essere sempre indicato a vernice, sulla suola dei campioni stessi, il numero del relativo mod. L37.

IV PARTE IV

IV.1 SALDATURE ESEGUITE IN OPERA CON IL PROCEDIMENTO ELETTRICO A SCINTILLIO

IV.1.1 PRINCIPIO DELLA SALDATURA ELETTRICA A SCINTILLIO

Si tratta di un procedimento di saldatura autogena per pressione e sincristallizzazione nel quale il calore necessario per portare localmente a temperatura di forgiatura le superfici da saldare è prodotto dal passaggio di una corrente elettrica tra i materiali da unire.

La saldatura si esegue tramite apposite macchine saldatrici semoventi, senza l'impiego di materiale di apporto.

IV.1.2 VANTAGGI DELLA SALDATURA ELETTRICA A SCINTILLIO

Questo procedimento di saldatura presenta caratteristiche meccaniche migliori delle saldature alluminotermiche. E' caratterizzato dall'assenza di metallo di apporto, per cui non si rischiano inclusioni di gas o di scoria, e da ZTA più strette. Con esso si ottengono, normalmente, giunti esenti da difettosità interne e che risentono meno del fenomeno dello schiacciamento della tavola di rotolamento, dovuto ai differenti valori di durezza tra ZF, ZTA e MB.

Per questi motivi la saldatura a scintillio è da preferire alla saldatura alluminotermica, là dove è possibile operare con l'apposita macchina semovente.

IV.1.3 PROFILI DI ROTAIE SALDABILI CON MACCHINA SEMOVENTE

La macchina semovente per l'esecuzione di saldature elettriche a scintillio in opera deve consentire la realizzazione di giunti di rotaie allo stato nuovo dei profili 60E1 e 50E5. Per le rotaie usurate, con profilo non nuovo, non è ammessa l'esecuzione delle saldature con procedimento elettrico a scintillio.

IV.1.4 APPROVAZIONE DELLA MACCHINA SALDATRICE ELETTRICA A SCINTILLIO

Ciascuna macchina saldatrice, per operare sulla rete RFI, deve essere stata approvata da RFI in applicazione della norma UNI EN 14587-2.

IV.1.5 PROVE PRELIMINARI PER AUTORIZZARE L'USO DELLA MACCHINA SALDATRICE SEMOVENTE

La macchina saldatrice, per essere autorizzata ad operare, deve avere il sistema di registrazione dei parametri di saldatura pienamente efficiente.

Prima dell'impiego della macchina saldatrice in cantiere si dovranno approntare due campioni di saldatura da sottoporre a prova di piega.

Per tale prova si utilizzerà un'apposita pressa, che dovrà essere resa disponibile a cura e spese della Ditta appaltatrice e che sarà tenuta a disposizione nel cantiere o in stazioni limitrofe.

La macchina sarà utilizzabile soltanto a seguito di esito positivo della prova suddetta per entrambi i campioni.

In caso di esito negativo anche di uno solo dei campioni esaminati, la prova stessa verrà ripetuta su un numero di campioni doppio di quelli che non hanno superato la prova.

Nel caso che anche la riprova non dia esito positivo su tutti i campioni, la macchina dovrà essere sostituita. Essa potrà essere riutilizzata solo a seguito di riparazione nonché al superamento delle prove suddette.

La prova di piega si esegue su campioni di rotaie lunghi almeno 1,15 m e recanti la saldatura elettrica a scintillio in mezzzeria. Il profilo e la qualità dell'acciaio delle rotaie utilizzate per le prove di piega devono essere gli stessi delle rotaie da saldare in opera. Le saldature devono essere a temperatura ambiente per essere sottoposte a prova di piega.

Il metodo di prova è quello descritto nella norma UNI EN 14587-2.

Lo schema di carico per l'esecuzione della prova è quello definito in figura 8.

La zona di saldatura deve essere posizionata in modo tale da risultare equidistante dagli appoggi.

Deve essere posta massima attenzione ai rischi di una possibile rottura dello spezzone durante la prova di piega con conseguente violenta proiezione di spezzoni metallici.

Il carico deve essere applicato sino al raggiungimento del valore minimo richiesto per la forza, valore a cui la prova può essere interrotta.

La prova è superata se il campione raggiunge i valori minimi di deflessione e forza riportati in tabella 6.

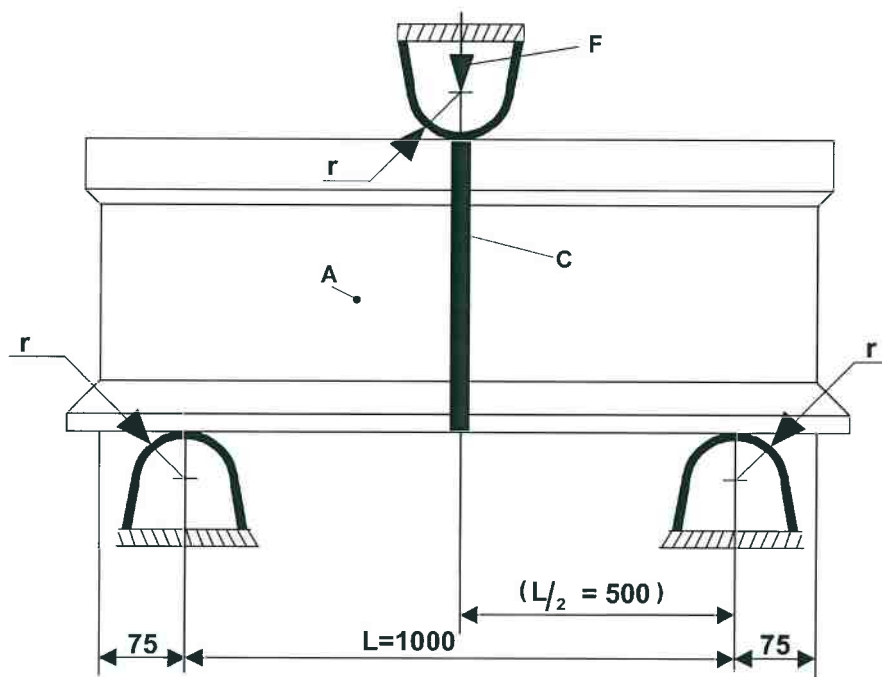
Profilo rotaia	Deflessione minima [mm]	Forza minima [kN]	
	Acciaio R200, R260, R350HT	Acciaio R200	Acciaio R260, R350HT
60E1	20	1425	1520
50E5	30	900	995

Tabella 6

Per ciascuna prova di piega devono essere registrati il carico e la deflessione sotto carico, il profilo della rotaia e la qualità di acciaio, data della saldatura e motivo della prova di piega.

Nel caso in cui il campione raggiunga la rottura, le superfici ed i difetti devono essere registrati ed esaminati in accordo a quanto previsto dalla UNI EN14587-2.

Dimensioni in millimetri



Legenda:

F forza (in asse saldatura)

A rotaia

C saldatura

r: compreso tra 25 mm e 70 mm

velocità di carico compresa tra 40 kN/s e 120 kN/s

L = 1000 mm \pm 5 mm; la dimensione 75 mm è quella minima

Fig. 8 – Schema di carico per prova di piega

IV.1.6 PROVE DI PIEGA DURANTE IL PERIODO DI ESECUZIONE DEI LAVORI

Durante il periodo di esecuzione dei lavori di saldatura, la prova di piega deve essere eseguita nei seguenti casi:

- almeno una volta a settimana
- prima della ripresa dei lavori dopo un periodo di sospensione degli stessi uguale o superiore ad una settimana
- immediatamente a seguito di intervento di ripristino della macchina saldatrice a seguito di malfunzionamento
- all’atto di qualsiasi cambiamento da una procedura di saldatura ad un’altra approvata, se tale procedura non è stata utilizzata nelle precedenti 4 settimane
- immediatamente a seguito di revisione o interventi sulla macchina diversi dalla manutenzione ordinaria.

Nei casi di esito negativo della prova di piega, essa andrà ripetuta su un numero di campioni doppio, dopo l’eliminazione delle cause che hanno determinato l’esito negativo.

Nel caso in cui la prova di piega durante il periodo di esecuzione dei lavori non soddisfi i requisiti di tabella 6, devono essere adottate le seguenti azioni:

- a. se la prova di piega non conforme è stata condotta all’inizio di una sequenza di saldatura, allora la prima saldatura realizzata in linea, immediatamente a seguito della saldatura del campione che ha fallito la prova, deve essere rimossa dalla linea e sottoposta a prova di piega. Il fallimento anche di questa prova comporta la rimozione della successiva saldatura e l’esecuzione della prova di piega e così via, sino al raggiungimento dei risultati minimi richiesti
- b. se la prova di piega non conforme è stata condotta all’interno di una sequenza di saldatura, allora la prima saldatura realizzata in linea, immediatamente a seguito della saldatura del campione che ha fallito la prova e l’ultima saldatura realizzata in linea, immediatamente prima della saldatura del campione che ha fallito la prova, devono essere rimosse dalla linea e sottoposte a prova di piega. Il fallimento di una o entrambi le prove comporta la rimozione della successiva saldatura e l’esecuzione della prova di piega nella direzione dove si manifesta il problema e così via, sino al raggiungimento dei risultati minimi richiesti

Tutti gli spezzoni utilizzati per le prove di piega e le eventuali riprove, sia preliminari all’uso della macchina sia durante il periodo di esecuzione dei lavori, devono essere contrassegnati con punzonatura indicante il numero dello spezzone e la data di saldatura (giorno, mese e anno); gli spezzoni, una volta eseguite le prove di piega, devono essere tenuti a disposizione di RFI per tutta la durata dei lavori.

Tutte le prove di piega, e le eventuali riprove, sia preliminari all’uso della macchina sia durante il periodo di esecuzione dei lavori, devono essere effettuate alla presenza del Direttore dei Lavori RFI,

o di un suo incaricato, cui spetta il compito di autorizzare, per iscritto, l'inizio o la ripresa dei lavori di saldatura, subordinatamente all'esito positivo delle prove stesse.

IV.1.7 FASI OPERATIVE DELLA SALDATURA A SCINTILLIO

Prima dell'avvio giornaliero delle operazioni di saldatura a scintillio al fine di assicurare la buona riuscita delle saldature, è necessario che vengano eseguiti due cicli a vuoto oppure una saldatura su spezzoni corti a perdere, allo scopo di far raggiungere al fluido idraulico la stabilità termica prevista. L'inosservanza di tale accorgimento può ripercuotersi negativamente sulla fase di ricalcamento del ciclo di saldatura, con la possibile formazione di incollature, compromettendo quindi la resistenza del giunto saldato.

Tale ciclo di avvio della macchina va ovviamente fatto anche prima della costituzione dei campioni per le prove di piega.

Allineamento delle rotaie (cuspidi)

Prima di allineare le rotaie con la cuspidi necessaria, occorre provvedere a spazzolarle per eliminare la ruggine dalla superficie che verrà a contatto con le morse della testa saldante, per assicurare un regolare passaggio della forte corrente di saldatura.

Tenendo presente che il dispositivo di presa della testa saldante della macchina semovente non garantisce l'automatico perfetto allineamento geometrico del giunto saldato, occorre eseguire delle saldature di prova per ciascuna macchina saldatrice, al fine di determinare la cuspidi ottimale da attribuire alle estremità delle rotaie durante la fase di preparazione.

Difatti, anche per questo tipo di saldatura esiste il fenomeno dell'abbassamento del giunto saldato, conseguente al ritiro differenziato della saldatura, per cui, prima che venga posizionata la testa saldante, bisogna predisporre l'idonea cuspidi sulla tavola di rotolamento del giunto da saldare.

E' necessario anche assicurarsi delle buone condizioni in termini di usura e di allineamento degli elettrodi fissati alle morse della testa saldante.

Tracciatura riferimenti

Subito dopo il posizionamento della testa saldante sul giunto da saldare si dovranno tracciare dei riferimenti fra i blocchi di appoggio della stessa testa saldante e la tavola di rotolamento delle due rotaie che si stanno saldando, per mezzo di idonea punta a tracciare. Ciò consente di evidenziare l'eventuale slittamento fra morse e rotaie, verificabile soprattutto nella fase di ricalcamento. Tale slittamento porterebbe inevitabilmente ad una non completa saldatura di tutta la sezione di rotaia per la presenza di incollature più o meno estese.

Infatti, il grafico relativo al consumo di rotaia che si verifica durante l'esecuzione della saldatura e che viene registrato dal dispositivo installato a bordo della macchina (unitamente alla registrazione della corrente di saldatura ed alle pressioni di ammorsamento delle rotaie) è riferito al movimento della morsa mobile della testa saldante e non all'effettivo movimento della rotaia mobile. Pertanto, qualora eventuali impedimenti dovessero opporsi al regolare avanzamento della rotaia e si

verificasse, quindi, lo slittamento delle morse, l'inconveniente non verrebbe posto in evidenza dal grafico della macchina (esempio: caso di saldatura di rotaie lunghe poste in curva le cui traverse potrebbero disporsi fuori squadra impedendo in tal modo il regolare avanzamento della rotaia durante l'esecuzione della saldatura).

Detta tracciatura risulta superflua qualora la macchina saldatrice sia dotata di rilevatore di slittamento tra rotaie e morse.

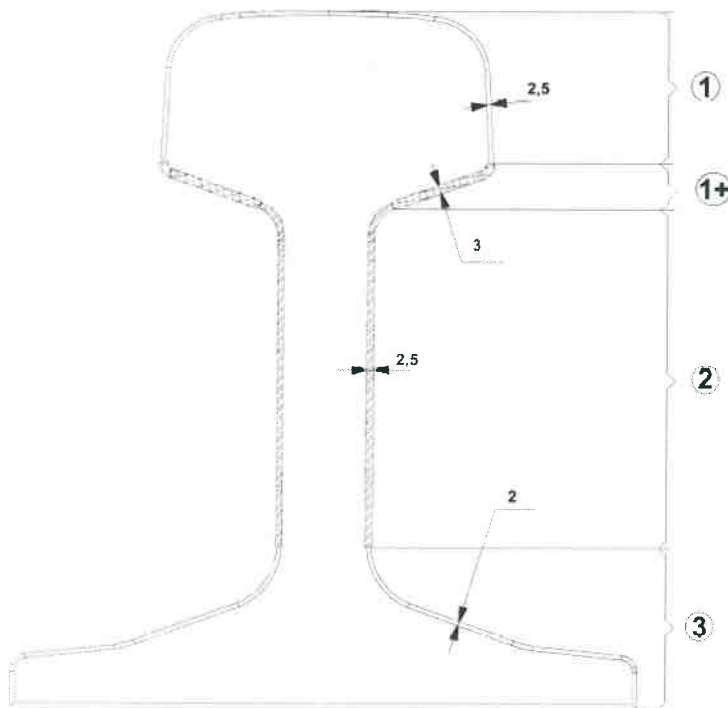
Tranciatura

Alla fine del ciclo di saldatura l'operazione viene completata mediante l'asportazione del ringrosso, sull'intero profilo del giunto, tramite la tranciatrice incorporata nella stessa testa saldante.

La tranciatura del ringrosso deve rispettare i requisiti stabiliti dalla UNI EN 14587-2, che in particolare prevedono i seguenti limiti allo spessore del ringrosso a seguito di tranciatura (vedi Tabella 7). Nel caso in cui le dimensioni del ringrosso tranciato superassero i limiti previsti, il ringrosso dovrà essere molato nella parte interessata sino a che sia ottenuto il rispetto dei requisiti previsti. La lavorazione deve essere eseguita con la massima cura, senza causare danneggiamenti meccanici o alterazioni microstrutturali. La superficie del ringrosso deve risultare completamente esente da cricche.

Zona	Posizione del ringrosso tranciato sul contorno della saldatura	Massimo spessore ammesso del ringrosso mm
1	Intero profilo del fungo dal raggio di raccordo del fianco interno al raggio di raccordo sul fianco esterno	2,5
1+	Superfici di steccatura sotto il fungo	3,0
2	Gambo: dal raggio di raccordo superiore sino all'inizio del raggio di raccordo inferiore	2,5
3	Suola: intera superficie che va dall'inizio dei raggi di raccordo inferiori tra gambo e suola, prosegue sino agli spigoli della suola e comprende tutta la superficie inferiore della suola	2,0

Tabella 7 – massimo spessore ammesso del ringrosso tranciato



- ① Zona 1 fungo
- ①+ Zona 1+ superfici di steccatura sotto il fungo
- ② Zona 2 gambo della rotaia
- ③ Zona 3 suola della rotaia

Fig. 9 – massimo spessore ammesso del ringrosso tranciato

Molatura

A saldatura fredda ($T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) occorre procedere alla smerigliatura di finitura con mola a tazza, sulla tavola di rotolamento e su entrambi i fianchi del fungo delle rotaie; il serraggio degli attacchi deve essere eseguito come ultima operazione prima del transito del treno allo scopo di assecondare, quanto più possibile, il ritiro della saldatura.

**** ** ***

seguono tre Allegati

- ALLEGATO 1 LA SALDATURA ALLUMINOTERMICA
- ALLEGATO 2 OSSITAGLIO DELLE ROTAIE
- ALLEGATO 3 PROCEDURA PER LA SALDATURA DI ROTAIE R320Cr

LA SALDATURA ALLUMINOTERMICA

PREMESSA

Il presente Allegato è stato elaborato con l'intento di fornire nozioni sulla corretta esecuzione delle saldature alluminotermiche, che vanno ad integrare il contenuto della prima, seconda e terza Parte della presente Istruzione Tecnica.

Si deve fare inoltre riferimento ai Manuali d'uso dei diversi sistemi di saldatura redatti dai relativi Fornitori.

In questo allegato sono descritti alcuni elementi di metallurgia, i procedimenti operativi per la saldatura, le attrezzature da impiegare (in relazione ai sistemi omologati da RFI), nonché le operazioni connesse con la saldatura.

DESCRIZIONE DEL PROCEDIMENTO ALLUMINOTERMICO

La saldatura alluminotermica è un procedimento di saldatura autogena per fusione, che sfrutta la miscibilità dei metalli allo stato liquido. La definizione autogena significa che il metallo base (acciaio delle rotaie) partecipa attivamente, per fusione o sincristallizzazione, alla costituzione del reticolo cristallino della zona di giunzione, con o senza metallo d'apporto, al contrario della brasatura dove fonde solo il metallo d'apporto.

Nella saldatura alluminotermica il calore necessario a portare a fusione le testate delle due rotaie da unire è fornito, per lo più, dalla reazione chimica esotermica, cioè con sviluppo di calore, che avviene fra gli elementi costituenti la porzione saldante: ossido di Ferro (Fe_2O_3) e Alluminio (Al). Dal completamento della reazione chimica nell'apposito crogiolo si ottengono acciaio, con analoghe caratteristiche chimiche e meccaniche delle rotaie da saldare, e scoria (Al_2O_3) più una grande quantità di calore.

A reazione chimica terminata i due materiali risultanti, ancora allo stato fuso, si stratificano nel crogiolo. L'acciaio, più pesante, si deposita sul fondo mentre la scoria, più leggera, galleggia sulla superficie dell'acciaio; di conseguenza dal tappo autofondente passerà prima tutto l'acciaio e poi la scoria.

L'operazione di saldatura consiste nel far colare l'acciaio fuso dal crogiolo nella sottostante forma in materiale refrattario (resistente al calore), che avvolge il giunto (estremità delle rotaie da saldare e spazio esistente fra le stesse). L'acciaio ad altissima temperatura fonde quindi le testate delle rotaie realizzando, con il successivo raffreddamento, la continuità del materiale fra le parti unite.

CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE ROTAIE E LORO CLASSIFICAZIONE

A seconda della qualità dell'acciaio di cui sono costituite, le rotaie presentano differenti caratteristiche meccaniche.

L'acciaio è una lega (un insieme di elementi chimici) formata prevalentemente da Ferro, con piccole quantità di Carbonio ed altri elementi, che si aggiungono al Ferro per migliorarne le caratteristiche meccaniche, cioè la durezza, resistenza alla rottura e tenacità.

La durezza, che è strettamente legata al carico di rottura, rappresenta la resistenza che oppone un materiale alla penetrazione da parte di elementi di materiale più duro ed è rappresentativa della resistenza all'usura. La durezza si misura per lo più in unità Brinell (HB); all'aumentare del carbonio e altri elementi di lega aumenta sia il carico di rottura sia la durezza. Questo ai fini della durata della rotaia in esercizio è un vantaggio, ma, come indicato in seguito, più duro è l'acciaio più complicato diventa saldarlo. Viceversa l'allungamento percentuale (percentuale di cui si allunga un provino di quel materiale portato a rottura), che è un indice della tenacità del materiale, tende a diminuire con l'aumentare della resistenza. La tenacità è una caratteristica meccanica favorevole alla saldatura nel senso che all'aumentare di essa si hanno meno problemi nell'esecuzione di saldature.

Per i saldatori è indispensabile saper riconoscere il tipo di acciaio delle rotaie da saldare. Al fine di poter individuare l'acciaio di cui sono composte le rotaie, durante la fabbricazione vengono impressi in rilievo dei simboli sul gambo della rotaia almeno ogni 4 m; tali simboli sono riportati nella tabella 2 di cui al punto II.1.

CLASSIFICAZIONE DELLE SALDATURE ALLUMINOTERMICHE DI ROTAIE

I procedimenti di saldatura sono classificati come segue:

PRL (preriscaldamento lungo)

PRA (preriscaldamento abbreviato).

Procedimento PRA

E' un procedimento basato su un tempo di preriscaldamento delle rotaie limitato, variabile da 1 a 4 minuti, a seconda del produttore del sistema di saldatura ed in funzione delle condizioni climatiche in cui si opera e della luce. Durante questo preriscaldamento le testate delle due rotaie raggiungono una temperatura di circa $300 \div 400$ °C.

Il calore apportato dalla reazione alluminotermica è legato al peso della porzione saldante; nel caso della PRA il peso è maggiore rispetto alla PRL.

Il calore necessario a fondere le due testate viene fornito dalla porzione saldante, grazie anche alla particolare conformazione della forma in refrattario avvolgente il giunto. L'acciaio fuso proveniente dal crogiolo, cadendo al centro del traversino di colata, defluisce attraverso due piccoli canali laterali nel sottostante spazio vuoto della forma, provvedendo così a riscaldare, durante il suo lento passaggio, le estremità delle rotaie da saldare. Nella fase di risalita l'acciaio fuso trova le superfici delle testate ben calde e le fonde, realizzando così la saldatura autogena.

Il procedimento alluminotermico PRA presenta i seguenti vantaggi, in conseguenza del ridotto preriscaldamento rispetto al procedimento PRL:

- formazione di zone termicamente alterate più strette (vedi figura A1); questo aspetto consente di ridurre il fenomeno del martellamento, dovuto alla possibile formazione del cosiddetto "bicchierino" e cioè di una zona schiacciata sulla tavola di rotolamento a causa della minore durezza.

- microstruttura migliore (grani più fini), quindi migliori caratteristiche meccaniche.
- minor rischio di incollature e di formazione di strutture dure e fragili, in quanto riduce la possibilità di errore da parte del saldatore nell'effettuare un adeguato preriscaldamento.

Procedimento PRL

Questo procedimento, in passato denominato RIA, è caratterizzato da un preriscaldamento della durata media di 6÷8 minuti, necessari per portare le testate delle rotaie da saldare ad una temperatura di circa 950 °C, alla quale assumono una colorazione rosso giallo, se osservate con occhiali a lenti scure per saldatura. La buona riuscita di saldature con questo procedimento è, quindi, strettamente legata ad una corretta esecuzione del preriscaldamento, poiché se esso fosse insufficiente ne deriverebbero strutture fragili e possibili incollature. Per tale ragione, oggi si utilizza in modo praticamente esclusivo il procedimento PRA.

Nel procedimento PRL l'operatore, prima di effettuare la colata, deve verificare a vista, con occhiali a lenti scure per saldatura, che le estremità delle rotaie abbiano raggiunto, in base alla colorazione assunta, la temperatura prevista.

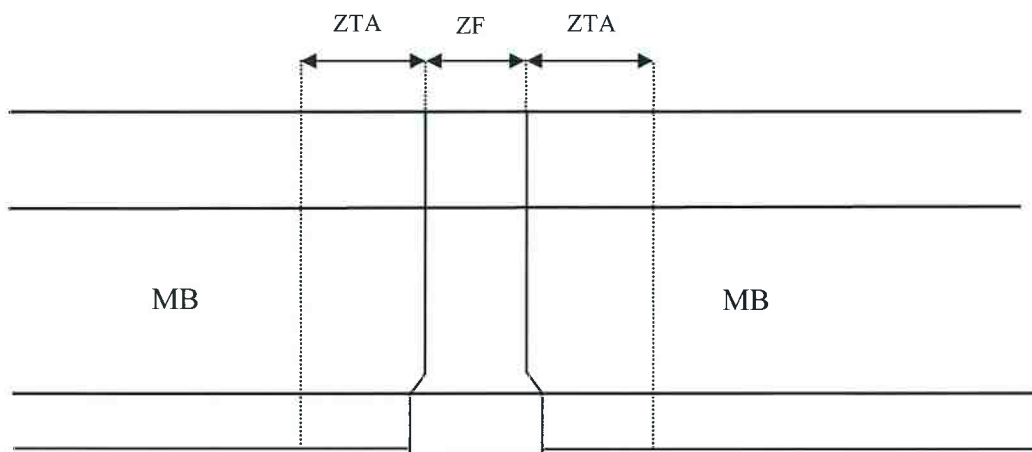


fig. A1

Saldatura PRA: ZTA 30 mm per parte, ZF 45 mm

Saldatura PRL: ZTA 40 mm per parte, ZF 40 mm

MB = metallo base, che non ha subito alterazioni strutturali;

ZF = zona fusa, comprendente il metallo fuso della porzione saldante e la parte delle testate di rotaie che hanno superato la temperatura di fusione;

ZTA = zona termicamente alterata (zone del metallo base, limitrofe alla ZF, che, avendo superato la temperatura di circa 800 °C, hanno subito delle modifiche strutturali rispetto al MB).

Per eseguire le saldature alluminotermiche occorrono materiali di consumo e attrezzature.

MATERIALI DI CONSUMO

Di seguito si riporta la lista dei materiali di consumo:

- crogiolo monouso (vedere nota 1)
- porzioni saldanti
- forme di refrattario e, per la PRA, traversino di colata
- tappi autofondenti per crogiolo
- candele d'accensione
- terra o pasta refrattaria per la stuccatura delle forme
- cartoncino (eventuale)
- pozzetto di colata (per PRL)

Nota 1: il crogiolo monouso rientra tra i materiali di consumo necessari per l'esecuzione di una singola saldatura; il crogiolo lunga durata o multiuso, che permette di eseguire fino a 45 saldature, è stato classificato tra le attrezzature e quindi descritto più avanti.

Crogiolo monouso

E' un contenitore di materiale refrattario dove avviene la reazione alluminotermica e si forma acciaio e scoria.

Non è necessario preriscaldare il crogiolo monouso.

Il crogiolo è dotato di un coperchio per evitare che durante la reazione vengano proiettati all'esterno materiali incandescenti.

Porzioni saldanti

E' il materiale più importante; esso con la reazione chimica che avviene all'interno del crogiolo fornisce il calore necessario a preriscaldare le rotaie e costituisce il metallo d'apporto con composizione analoga a quello delle rotaie. Bisogna prestare la massima attenzione nell'usare la porzione giusta in relazione alla qualità di acciaio, alla luce del giunto (25, 50 mm), al profilo di rotaia e al procedimento (PRA, PRL).

Riferirsi con scrupolo a quanto riportato nei Manuali d'uso dei vari sistemi omologati.

La porzione è prodotta aggiungendo ai costituenti fondamentali (ossido di Ferro e Alluminio) altri elementi quali Manganese e Silicio sotto forma di ferroleghie oltre ad una certa quantità di carbonio, il tutto finemente tritato per facilitare la reazione chimica. Vengono aggiunti anche pezzettini di acciaio dolce (cioè con una percentuale di Carbonio inferiore allo 0,25 %), con il compito di abbassare la temperatura di reazione da circa 2800 a 2100 °C (l'acciaio da rotaie fonde ad una

temperatura di poco inferiore ai 1500 °C), nonché di aumentare il rendimento in peso dell'acciaio prodotto nel crogiolo. Dopo l'avvenuta reazione chimica nel crogiolo, la quantità di acciaio che si ottiene corrisponde circa al 50 % del peso originario della porzione mentre il resto si è trasformato in scoria (ossido d'Alluminio).

Le porzioni saldanti vengono confezionate in appositi contenitori allo scopo di impedire l'assorbimento di umidità, per cui vanno conservate con cura in luoghi asciutti evitando eventuali forature del contenitore. Se le porzioni assorbono umidità non sono più utilizzabili.

Sul sacchetto contenente la porzione o sull'imballaggio del crogiolo monouso sono indicati i parametri essenziali del relativo procedimento di saldatura.

Su ogni singola confezione sono indicati in particolare i seguenti dati:

- nome del Fornitore
- procedimento di saldatura e tipo di crogiolo (crogiolo multiuso ovvero crogiolo monouso)
- nomi dei singoli componenti contenuti nella confezione; per le porzioni sono indicati la qualità di acciaio, il profilo da saldare e la luce; per le forme sono indicati il profilo da saldare e la luce
- categoria e progressivo
- data di produzione
- data di scadenza del prodotto.

Le porzioni saldanti, essendo materiale infiammabile, devono essere tenute lontane da fonti di calore, fiamme o metalli incandescenti ed anche dalle candelette di accensione.

Gli eventuali incendi in prossimità delle porzioni saldanti non vanno assolutamente spenti con acqua ma adottando le norme antincendio generiche a causa del rischio di esplosioni al contatto dell'acqua con parti ad altissima temperatura.

Forma di refrattario

E' la forma avvolgente le testate delle rotaie da saldare, in cui avviene la colata, ed è costituita da due semiforme simmetriche oppure da due semiforme laterali ed una placca di fondo.

Sono costituite da silice (biossido di Silicio), e vengono prodotte mediante processi di fabbricazione meccanizzati. Devono presentare le seguenti caratteristiche:

- porosità: presenza di pori, per cui i gas generati durante la colata riescono ad uscire all'esterno, scongiurando così la formazione di inclusioni di gas nel giunto saldato
- refrattarietà: resistenza alle alte temperature senza essere danneggiate
- resistenza: si intende la resistenza allo sgretolamento a seguito dell'azione erosiva della fiamma di preriscaldamento.

E' necessario, trattandosi di materiale fragile, che vengano maneggiate con cura e conservate in luoghi asciutti, perché l'umidità, oltre a deteriorarle, potrebbe compromettere la buona riuscita della saldatura.

Per la saldatura PRA, insieme alle forme viene impiegato il traversino di colata, realizzato con lo stesso materiale delle forme. Il traversino serve a distribuire l'acciaio nelle forme durante la colata, facendolo fluire più lentamente rispetto alla saldatura PRL permettendo così l'ulteriore preriscaldamento delle testate delle rotaie.

Tappo autofondente per crogiolo

A seconda del fornitore del kit completo per sistemi di saldatura alluminotermica, il tappo autofondente può essere già inserito all'interno del crogiolo monouso oppure può essere contenuto nella confezione e deve essere inserito nel foro di fondo del crogiolo monouso o della fodera del crogiolo lunga durata, prima di versarvi la porzione saldante. Ha forma troncoconica, è costituito da sabbia silicea e una parte centrale metallica a punto di fusione predeterminato, fonde cioè al completamento della reazione chimica all'interno del crogiolo, lasciando colare l'acciaio nella sottostante forma.

Il tappo autofondente ha di fatto eliminato la necessità di aprire manualmente il crogiolo, evitando possibili errori per aperture anticipate, scongiurando così difetti quali inclusioni di scoria e di gas all'interno del giunto saldato.

Candele d'accensione

Le candele, costituite da Perossido di Bario o di Magnesio, vengono utilizzate per innescare la reazione alluminotermica della porzione saldante.

La temperatura di innesco della reazione alluminotermica è di circa 1200 °C. Con le candele, che per accendersi richiedono una temperatura di soli 250 °C circa, si riesce ad assolvere a questo compito inserendole, una volta accese, per 4 ÷ 5 cm nella porzione saldante. Proprio a causa della bassa temperatura di innesco le candele possono accendersi facilmente, di conseguenza occorre maneggiarle con cura e riporle in luoghi sicuri al riparo da fonti di calore per evitare indebite accensioni, evitando ad esempio di tenerle in tasca; non devono essere depositate in prossimità del crogiolo durante la saldatura.

Si mette in evidenza che nel sistema Thermit sono diverse le candele per crogiolo lunga durata da quelle per crogiolo monouso.

Pasta refrattaria

Serve per stuccare gli interstizi fra rotaie e forme, una volta che queste sono state bloccate con gli appositi lamierini.

Va tenuta negli appositi contenitori, non va fatta essiccare e non deve essere umidificata con l'aggiunta di acqua.

Terra refrattaria

Può essere utilizzata nel sistema Thermit Italiana, in alternativa alla pasta di stuccatura refrattaria e con le stesse funzioni. Di norma viene fornita già umidificata in sacchi di plastica sigillati. Deve avere una granulometria fine e non deve staccarsi dalla forma durante il preriscaldamento e colata. Nel caso occorra umidificarla, poiché a contatto con l'aria si è essiccata troppo, bisogna prestare molta attenzione ad aggiungere poca acqua, altrimenti si dà luogo a formazione di soffiature all'interno del giunto saldato.

Cartoncino

E' utilizzato nel sistema Thermit Italiana; è un pezzetto di cartone dello spessore di un paio di millimetri, che va poggiato sul fungo delle testate delle due rotaie da saldare, bloccandolo fra rotaie e forme durante la stuccatura. La sua funzione è legata alla presenza della terra refrattaria o pasta, la quale apporta sempre, a causa della sua umidità, un certo quantitativo di idrogeno all'acciaio fuso. Proprio per evitare microporosità interne alla saldatura (insieme di piccolissime bollicine di gas) si mette questo cartoncino sulla tavola di rotolamento della saldatura, con lo scopo di occupare un certo spazio nella parte alta della saldatura, dove c'è appunto la tendenza alla formazione di microporosità. Con il preriscaldamento il cartoncino brucia lasciando uno spazio vuoto di un paio di millimetri di spessore (per cui qui la terra non è più a diretto contatto con le rotaie); tale spazio verrà riempito dall'acciaio fuso, quindi le eventuali microporosità che dovessero formarsi resterebbero più alte della tavola di rotolamento e, in questa posizione, possono essere asportate con le previste operazioni di tranciatura e molatura.

Pozzetto di colata (solo PRL)

Fatto con lo stesso materiale delle forme refrattarie, esso si usa solo per eseguire saldature a preriscaldamento lungo (PRL), nelle quali la colata avviene indirettamente, cioè l'acciaio che cola dal crogiolo non va direttamente nella forma, ma cade nel pozzetto posto lateralmente e da qui entra poi nella forma.

ATTREZZATURA

Ciascun sistema di saldatura alluminotermica prevede l'utilizzo di proprie attrezzature. Si tratta delle cosiddette "attrezzature specifiche indispensabili", che sono le attrezzature necessarie per eseguire uno specifico procedimento di saldatura, non sostituibili con le attrezzature già in dotazione agli impianti di RFI.

Le attrezzature specifiche indispensabili sono fornite dalla stessa Società fornitrice dei kit completi per sistemi di saldatura alluminotermica omologati da RFI.

I Manuali d'uso, di ciascun sistema di saldatura, riportano il dettaglio delle rispettive attrezzature specifiche indispensabili, cui si rimanda per le relative descrizioni.

Il controllo dell'attrezzatura e del suo stato di efficienza e sicurezza deve essere eseguito con cura prima di iniziare i lavori.

In generale, per l'esecuzione delle saldature alluminotermiche, è necessario disporre della seguente attrezzatura:

- Troncatrice a disco abrasivo o sega a nastro
- Morsetto
- Lamierini per forme refrattarie
- Portacannello di preriscaldamento
- Portacrogiolo (solo Thermit crogiolo lunga durata)
- Crogiolo lunga durata o multiuso (quando non utilizzato il crogiolo monouso)
- Portascorie
- Porta pozzetto di colata (solo per saldature PRL)
- Cannello di preriscaldamento
- Orologio per controllo tempi
- Termometro digitale con sonda di contatto o tipo ad infrarossi
- Calibri per misurare luce saldatura, altezza cannello e distanza morsetto
- Asta per introduzione tappo autofondente nel crogiolo (solo Thermit Italiana con crogiolo lunga durata)
- Asta per espulsione tappo autofondente dal crogiolo (solo Thermit Italiana con crogiolo lunga durata)
- Attrezzo per togliere i portascorie, attrezzo per togliere il crogiolo monouso
- Spatola per stuccare
- Riga d'acciaio, da 1 m, per allineamento rotaie
- Spessimetro a lamelle
- Pinze posa traversino di colata
- Martello
- Trancia
- Mazza

- Cunei d'acciaio, grandi e piccoli, per allineamento rotaie
- Bombole d'Ossigeno
- Bombole di Propano
- Riduttori di pressione per Ossigeno
- Riduttori di pressione per Propano
- Tubi per Ossigeno e Propano
- Valvole antiritorno di fiamma
- Tranciatrice idraulica
- Smerigliatrice con mola a tazza
- Forca per allontanare la scoria rovente
- Palanchino
- Chiave d'armamento per allentare chiavardini o attrezzo per la rimozione degli attacchi delle rotaie.

Di seguito sono descritte, in linea generale e non esaustiva, le attrezzature; si rimanda per i dettagli ai Manuali d'uso di ciascun sistema di saldatura.

Troncatrice a disco abrasivo o sega a nastro

L'efficacia delle troncatrici a disco è subordinata soprattutto all'uso di buoni dischi (diametro 350 mm), non troppo duri (per evitare di alzare troppo la temperatura durante il taglio), né troppo teneri (per evitare un rapido consumo). Con le troncatrici si ottengono dei tagli ortogonali all'asse della rotaia con superfici lisce, condizione ottimale per effettuare saldature.

Sono reperibili sul mercato delle segarotaie a nastro molto efficaci; non producono scintille e non riscaldano particolarmente la rotaia, grazie all'uso di un liquido refrigerante versato costantemente sulla lama durante il taglio; la durata della lama è generalmente superiore a quella del disco delle troncatrici; il livello di rumorosità è generalmente più contenuto rispetto alle troncatrici a disco.

Per agevolare il taglio della rotaia con mezzo meccanico può essere utile inserire preventivamente un cuneo sotto la suola della rotaia per ottenere una leggera cuspidi; in tal modo si evita che la rotaia possa abbassarsi frenando la lama o il disco.

Durante il taglio occorre prestare attenzione alle scintille ed ai conseguenti rischi di incendio e ustione; occorre prestare attenzione al rischio di proiezione di parti ed ai rischi connessi con il rumore.

Occorre rispettare il corretto uso delle macchine secondo quanto previsto dal libretto di uso e manutenzione.

Morsetto

E' un attrezzo che va fissato alle rotaie da saldare, alla giusta distanza dalla luce di saldatura e, in funzione del sistema utilizzato, può assumere la funzione di supporto:

- del portacannello di preriscaldamento

- del portacrogiolo lunga durata (sistema Thermit)
- dei bracci o staffe per bloccare i lamierini.

Bisogna prestare molta attenzione nel bloccare il morsetto, per non correre il rischio che si inclini durante la colata.

Lamierini

Sono attrezzature destinate al montaggio delle forme garantendone il corretto supporto durante la saldatura.

Portacannello di preriscaldamento

E' un attrezzo che montato su apposito morsetto (o supporto) permette di posizionare il cannello di preriscaldamento, regolandone altezza e rotazione rispetto alla luce della saldatura.

Portacrogiolo (solo Thermit crogiolo lunga durata)

Va regolato in altezza, tramite l'apposita ghiera, in modo che il fondo del crogiolo si trovi più vicino possibile alle forme, rimanendo ad altezza tale da non urtare le forme quando si posiziona il crogiolo per la colata.

Crogiolo lunga durata o multiuso

E' l'attrezzo dove avviene la reazione alluminotermica e si forma acciaio e scoria. Viene alloggiato nel portacrogiolo. E' composto da un corpo con annessa fodera di allumina. Sopra il corpo si installa un anello di estensione (diverso se la saldatura è luce 25 mm o 50 mm). Le due parti devono essere sigillate con apposita pasta e serrate con l'anello di fissaggio. Deve essere utilizzato il coperchio del crogiolo per evitare che vengano proiettati all'esterno materiali incandescenti.

Portascorie

Sono attrezzi costruiti con lamiera d'acciaio e servono a raccogliere la scoria tracimante dall'apposito stramazzo praticato nelle forme.

A seconda del sistema di saldatura, sono previsti uno o due raccoglitori di scoria, come dettagliato nei Manuali d'uso.

Portapozzetto di colata

Attrezzo prodotto con lamiera d'acciaio, che serve ad alloggiare il pozzetto di colata usato per le saldature PRL.

Cannello di preriscaldamento

E' l'attrezzo utilizzato per preriscaldare le rotaie da saldare. Esso si compone di due parti: una anteriore denominata lancia ed una posteriore chiamata impugnatura.

La punta va protetta dagli urti e da possibili intasamenti dei fori mettendo, dopo l'uso, un'apposita cuffia di protezione.

Il cannello da preriscaldamento, il riduttore e le valvole non devono essere mai lubrificate in quanto i lubrificanti a contatto con l'Ossigeno si infiammano facilmente.

Il cannello deve essere utilizzato e maneggiato con la massima attenzione essendo presente il rischio di ustione per se stessi e il personale vicino.

Il cannello non deve mai essere appoggiato sul bordo superiore di contenitori o recipienti in genere per evitare accumuli di gas al loro interno e pericolo di esplosioni.

Al termine del lavoro occorre spegnere il cannello chiudendone i rubinetti (prima quello del gas combustibile); chiudere quindi i rubinetti delle bombole, dare sfogo ai gas contenuti nelle tubazioni in gomma e nei riduttori di pressione, allentare i volantini dei riduttori di pressione.

Non utilizzare il cannello per accendere la porzione.

Per il dettaglio dei diversi cannelli di preriscaldamento, in funzione dei diversi sistemi di saldatura, si rimanda ai relativi Manuali d'uso.

Orologio

E' indispensabile per il controllo dei tempi di preriscaldamento e di sformatura, quindi è necessario averlo con sé mentre si eseguono saldature alluminotermiche.

Termometro

E' uno strumento indispensabile per controllare la temperatura delle rotaie nei seguenti casi :

- prima di iniziare le varie operazioni connesse con l'esecuzione di saldature di rotaie
- quando è necessario preriscaldare le rotaie per effettuare tagli ossipropanici
- quando occorra riscaldare le testate delle rotaie R260, R320Cr e R350HT se queste hanno una temperatura inferiore a 10 °C
- prima di eseguire la molatura finale per verificare che la temperatura della saldatura sia al di sotto dei 100°C.

In commercio ne esistono di vari tipi, dai digitali con sonde a quelli ad infrarossi senza contatto. Nell'acquisto bisogna scegliere quelli con campi di misura idonei (orientativamente almeno da - 10 °C a + 400 °C).

Calibri

Sono strumenti utilizzati per la misura di:

- luce di saldatura (distanza tra le testate delle due rotaie da saldare)

- altezza della punta del cannello di preriscaldamento dal fungo rotaie
- distanza del morsetto dalla luce di saldatura.

Si richiama il rispetto dei valori specifici previsti da ciascun sistema di saldatura come indicato nei relativi Manuali d'uso.

Asta per introduzione tappo autofondente

Si deve usare nel sistema Thermit Italiana con crogiolo lunga durata per posizionare il tappo autofondente nel crogiolo, onde evitare i rischi di ustione dovuti all'alta temperatura del crogiolo stesso.

Asta per espulsione tappo autofondente

Serve nel sistema Thermit Italiana per frantumare ed espellere il tappo dal foro del crogiolo lunga durata, dopo aver eseguito la saldatura. Naturalmente tale operazione va condotta con attenzione, per non allargare troppo il foro del crogiolo, con il rischio che nelle successive saldature il tappo fuoriesca sotto il peso della porzione saldante.

Attrezzo per rimozione portascorie, attrezzo per rimozione crogiolo monouso

Questo attrezzo è indispensabile per togliere il raccoglitore di scoria rovente, subito dopo la colata quando la scoria è solidificata. Si ricorda che la scoria appena tolta non deve assolutamente venire in contatto con umidità, acqua o neve, per non incorrere in pericolose esplosioni della stessa.

Il crogiolo monouso deve essere rimosso utilizzando sempre l'apposito attrezzo per evitare infortuni. Anche il crogiolo, una volta rimosso, non deve venire in contatto con umidità, acqua o neve.

In alcuni sistemi lo stesso attrezzo è utilizzato sia per la rimozione dei portascorie sia del crogiolo monouso.

Spatola per stuccare

E' l'attrezzo di cui ci si serve per inserire bene la terra o pasta refrattaria negli interstizi tra forme e rotaie.

Riga d'acciaio

Serve per effettuare l'allineamento e livello, in fase di preparazione del giunto saldato ed alla finitura dello stesso con la smerigliatura. Essendo un attrezzo di controllo essa va usata con cura, evitando gli urti o un uso improprio, per non comprometterne il grado di precisione.

Spessimetro a lamelle

E' indispensabile per controllare, insieme alla riga d'acciaio, il livello in fase di preparazione e la finitura dopo la smerigliatura.

Pinze posatraversino di colata

Sono indispensabili per afferrare il traversino di colata e posizionarlo in prossimità della fiamma di preriscaldamento per far evaporare l'eventuale umidità presente e per inserirlo nella forma.

Trancia

Viene usata per eseguire incisioni. Esiste rischio di proiezione di schegge e parti incandescenti. Prima di iniziare eventuali tranciatrici, gli operai non interessati all'operazione devono allontanarsi.

Cunei d'acciaio

Si interpongono tra rotaie e spallette del sistema di attacco per effettuare l'allineamento del giunto, come pure sotto le rotaie per ottenere la prevista cuspide sulla tavola di rotolamento. Devono essere rimossi prima della smerigliatura finale e del transito del primo treno.

Bombole

Per accertare la presenza di eventuali perdite di Ossigeno o Propano dalle rispettive tubazioni, bombole, riduttori, o dal cannello, non bisogna assolutamente ricorrere all'uso di fiamme libere (rischio di esplosioni).

Quando d'inverno il Propano gela nelle bombole non bisogna intervenire con fiamme per riscaldarle; all'occorrenza immergerle in un contenitore con acqua calda (non più di 40 °C). In caso di formazione di brina sui riduttori di pressione dell'Ossigeno, si può intervenire avvolgendoli con stracci imbevuti d'acqua calda.

Evitare urti alle bombole.

Controllare la scadenza del collaudo delle bombole d'Ossigeno. La validità è di 5 anni dalla data, riportata sull'ogiva, dell'ultimo collaudo.

Non invertire i tubi del Propano con quelli dell'Ossigeno.

Non esporre le bombole a sorgenti di calore e proteggerle contro le forti variazioni di temperatura, poiché con l'aumentare della temperatura aumenta anche la pressione interna che potrebbe raggiungere valori pericolosi.

Non oliare o ingrassare mai le valvole delle bombole d'Ossigeno, poiché queste sostanze a contatto con Ossigeno puro bruciano.

Nei luoghi di deposito delle bombole e nelle loro immediate vicinanze è vietato fumare e fare uso di fiamme libere.

Le bombole devono essere maneggiate con particolare cura per evitare cadute od urti che potrebbero essere causa di lesioni all'involucro ed alla valvola e provocare incendi, esplosioni e violenta fuoriuscita di gas.

Per l'adduzione dell'Ossigeno non si devono impiegare tubazioni in gomma già utilizzate per gas combustibili, in quanto a contatto con l'Ossigeno potrebbero infiammarsi ed esplodere.

Le tubazioni in gomma non devono essere esposte alla fiamma del cannello, al contatto con oggetti ad alta temperatura, a scintille di molatura.

Bombola d'Ossigeno

E' il contenitore dell'Ossigeno, che serve ad alimentare, assieme al Propano, sia il cannello da taglio sia quello da preriscaldamento. L'Ossigeno deve avere un titolo di purezza superiore al 99 %, poiché la presenza di impurità (Azoto) nuoce alla buona esecuzione del taglio ossipropanico, riducendone la velocità di taglio del 10 % circa per ogni 0,1 % di purezza in meno.

Le bombole sono costruite in acciaio ad alta resistenza capace di resistere alle forti pressioni di carica. Le bombole sono soggette a revisione ogni 5 anni, al fine di accertarne lo stato di conservazione. Hanno la caratteristica forma cilindrica con la parte superiore terminante ad ogiva, la quale per convenzione è di colore bianco. Sull'ogiva sono incisi i seguenti dati:

- nome del fabbricante
- numero di fabbricazione
- nome del gas contenuto (O₂)
- capacità della bombola in litri
- pressione massima di carica
- data del collaudo.

Si può calcolare il volume in litri d'Ossigeno, alla pressione atmosferica, che è contenuto in una bombola, moltiplicando la capacità in litri della bombola per la pressione in atmosfere (o bar). Per esempio se nella bombola da 40 litri il manometro segna una pressione di 250 atmosfere, vuol dire che si otterranno $40 \times 250 = 10.000$ litri di Ossigeno a pressione atmosferica.

Sull'estremità ogivale è presente la valvola di bronzo che, essendo molto delicata, durante il trasporto va protetta con l'apposito cappellotto d'acciaio avvitandolo bene sulla bombola. E' su questa valvola che va collegato il riduttore di pressione.

Nota: $1 \text{ Atmosfera} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ bar} \approx 100.000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$

Bombole di Propano

Il Propano (formula chimica C₃H₈) è un gas derivato dal petrolio che viene commercializzato in bombole d'acciaio, alla pressione di $13 \div 16$ atmosfere. Esso alla normale pressione atmosferica è allo stato gassoso, ma sottoponendolo a moderata pressione (13 atmosfere) diventa liquido. Per questo motivo si possono avere grandi quantità di gas Propano contenuto in recipienti di limitato volume e peso. Riducendo opportunamente la pressione, il Propano da liquido ridiventa gas. Ciò si

ottiene mettendo in comunicazione il contenuto della bombola con l'atmosfera, tramite la valvola di chiusura che si trova sulla sommità della bombola e tramite il riduttore di pressione.

Indicativamente 1 kg di Propano liquido, alla temperatura di 15 °C, sviluppa 500 litri di Propano gassoso a pressione atmosferica.

Il Propano è un gas inodore e più pesante dell'aria. L'odore caratteristico "di gas" che ha, altro non è che una sostanza aggiunta appositamente per avvertirne la presenza in caso di perdite dai recipienti in cui è contenuto.

Riduttore di pressione per Ossigeno

E' il dispositivo che viene montato sulla valvola della bombola d'Ossigeno, allo scopo di adeguare la pressione ai valori richiesti per l'uso. Schematicamente è costituito come rappresentato nella figura seguente.

In essa si nota che l'Ossigeno ad alta pressione dalla bombola passa direttamente nella camera ad alta pressione del riduttore. Questa camera è in comunicazione con il relativo manometro, che fornisce l'indicazione della pressione all'interno della bombola, e dalla quale si può desumere la quantità di Ossigeno ancora presente nella bombola.

Dalla camera ad alta pressione, attraverso un passaggio regolato da un otturatore comandato per mezzo di un volantino, l'Ossigeno entra nella camera a bassa pressione che a sua volta, oltre ad essere in comunicazione con il cannello, è comunicante con un manometro di bassa pressione, che indica la pressione di utilizzazione.

E' con il suddetto volantino che si regola la pressione che occorre al cannello; manovrandolo in senso orario, cioè stringendo il volantino, si carica una molla antagonista che agisce su una membrana elastica solidale con l'otturatore. Stringendo il volantino, la molla fa alzare membrana e otturatore così che l'Ossigeno passi dalla bombola al cannello.

L'equilibrio tra la precarica della molla dell'otturatore, la pressione nella camera ad alta pressione, la pressione alla camera a bassa pressione e la carica della molla antagonista permette all'Ossigeno di arrivare al cannello ad una pressione prefissata; rotazioni in senso orario del volantino aumentano la pressione di somministrazione, rotazioni in senso antiorario diminuiscono la pressione di somministrazione

Se la pressione nella camera a bassa pressione aumentasse, la membrana, vincendo la forza della molla antagonista, si abbasserebbe chiudendo l'otturatore, finché la bassa pressione non scenda al valore prefissato, per cui la molla antagonista riprende il sopravvento alzando la membrana e, quindi, aprendo di nuovo l'otturatore.

Prima di collegare il riduttore di pressione alla bombola occorre allentare completamente il volantino. In questo modo l'otturatore è chiuso, così quando si apre la valvola della bombola si evita che l'Ossigeno vada direttamente nella camera a bassa pressione con la pressione propria della bombola, mettendo fuori uso il manometro della bassa pressione e alterando l'efficacia della membrana. E' buona norma allentare il volantino al termine dell'uso e chiudere la bombola agendo sulla valvola della bombola.

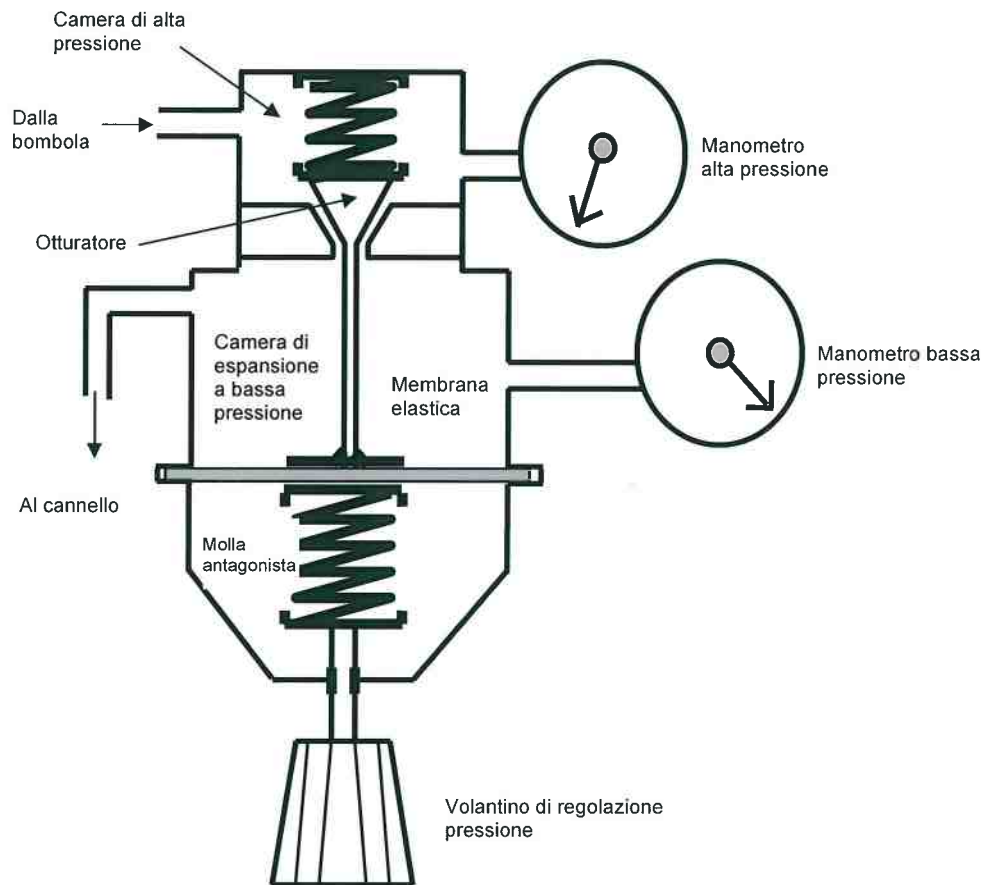


fig. A2

Riduttore di pressione per Propano

Funziona con lo stesso principio di quello dell'Ossigeno. Anche per questo, come per il precedente, il volantino va allentato prima di smontarlo dalla bombola e, ovviamente, prima di rimontarlo su una bombola bisogna accertarsi che sia sempre allentato, per i motivi già detti.

E' presente solo il manometro di bassa pressione in quanto la pressione della bombola a temperatura costante è costante.

Valvole antiritorno di fiamma

Sono indispensabili dispositivi di sicurezza. In caso di ritorno di fiamma dal cannello verso i tubi del Propano o dell'Ossigeno queste valvole intervengono impedendo il ritorno di fiamma, evitando che questa possa entrare nella bombola provocandone l'esplosione.

Le valvole antiritorno di fiamma vanno montate: all'imbocco del cannello subito dopo i manicotti e all'uscita dei riduttori di pressione.

In caso si verifichi un intervento delle valvole a causa di un ritorno di fiamma, le valvole ne risultano danneggiate e di conseguenza devono essere immediatamente sostituite.

Cannello da taglio ossipropanico

Nella seguente figura A3 è schematizzato il funzionamento di un cannello da taglio.

Il cannello è caratterizzato da:

- impugnatura, alla cui estremità vanno collegati i tubi del Propano (rosso) e dell'Ossigeno (azzurro). Attenzione a collegare i tubi ai corrispondenti attacchi
- tre manopole: una per il Propano e due per l'Ossigeno, delle quali una è per il getto di taglio e l'altra per regolare la fiamma
- eiettore, dove l'Ossigeno giungendo a più forte pressione e maggior velocità rispetto al Propano, provoca un effetto aspirante sul Propano
- lancia, composta di due tubi: all'interno di quello più grande avviene l'omogeneizzazione dei due gas, mentre l'altro più piccolo serve per alimentare l'Ossigeno di taglio
- punta, caratterizzata da un foro centrale, da cui fuoriesce l'Ossigeno di taglio, circondato da una corona di forellini dai quali esce la miscela infiammabile di Ossigeno e Propano.

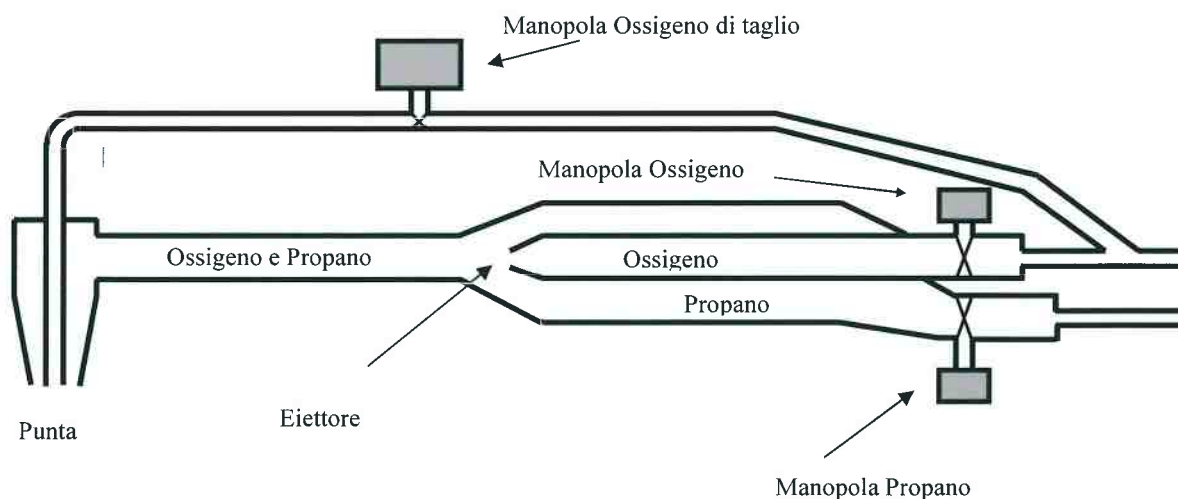


fig. A3

Il cannello da taglio, il riduttore e le valvole non devono essere mai lubrificate in quanto i lubrificanti a contatto con l'Ossigeno si infiammano facilmente.

Il cannello da taglio deve essere utilizzato e maneggiato con la massima attenzione essendo presente il rischio di ustione per se stessi e il personale vicino.

Il cannello da taglio non deve mai essere appoggiato sul bordo superiore di contenitori o recipienti in genere per evitare accumuli di gas al loro interno e pericolo di esplosioni.

Al termine del lavoro occorre spegnere il cannello da taglio chiudendone i rubinetti (prima quello del gas combustibile); chiudere quindi i rubinetti delle bombole, dare sfogo ai gas contenuti nelle tubazioni in gomma e nei riduttori di pressione, allentare i volantini dei riduttori di pressione.

Non utilizzare il cannello per accendere la porzione.

Tranciatrice idraulica

Questo attrezzo, azionato da una pompa manuale incorporata, serve per l'asportazione a caldo del sovrammetallo di saldatura dal fungo. Essa ha lame intercambiabili per poter lavorare su profili di rotaia diversi. Consente anche la regolazione dello spessore di taglio sulla tavola di rotolamento; l'operazione di regolazione è importante per evitare di avere poco spessore di sovrammetallo sulla tavola di rotolamento, talché a raffreddamento ultimato la saldatura risulti bassa (concava); viceversa in caso di uno spessore di sovrammetallo eccessivo risulterà necessario lavorare molto con la smerigliatrice.

Occorre rispettare il corretto uso delle macchine secondo quanto previsto dal libretto di uso e manutenzione.

Smerigliatrice per rotaie

Per eliminare completamente il sovrammetallo dalla tavola di rotolamento e sui fianchi del fungo, con operazione di sgrossatura e finitura, si usano apposite smerigliatrici con mola a tazza cilindrica.

Occorre rispettare il corretto uso delle macchine secondo quanto previsto dal libretto di uso e manutenzione.

FASI OPERATIVE DI SALDATURA

Durante le operazioni di saldatura occorre prestare la massima attenzione al rischio di ustioni per la presenza di attrezzature ad elevata temperatura e a causa della reazione alluminotermica.

Tutta l'attrezzatura che viene a contatto con la porzione saldante e con la scoria deve essere perfettamente asciutta, per evitare esplosioni; per la stessa ragione bisogna assolutamente evitare di deporre la scoria incandescente in luoghi umidi o addirittura in presenza di acqua o neve.

La porzione saldante stessa deve essere perfettamente asciutta sempre per evitare le esplosioni.

I materiali risultanti dalla tranciatura devono essere allontanati dal posto di lavoro con le stesse precauzioni adottate per le scorie, facendo uso di forca o tenaglie per evitare ustioni.

I frammenti metallici (scorie, materozze) e le attrezzature, pur non essendo visibilmente incandescenti, rimangono per lungo tempo ad elevate temperature e quindi esiste rischio di ustione.

Di seguito vengono descritte le operazioni necessarie per eseguire saldature alluminotermiche di rotaie; si rimanda ai Manuali d'uso di ciascun sistema di saldatura per i relativi dettagli.

- Preparazione del giunto da saldare
- installazione morsetto, regolazione cannello e montaggio forme
- preparazione del crogiolo
- preriscaldamento
- colata
- tranciatura del ringrosso
- sgrossatura e smerigliatura finale.

Preparazione del giunto da saldare

Consiste nella spazzolatura e osservazione dell'integrità delle testate delle rotaie da saldare.

I tagli devono essere perpendicolari all'asse delle rotaie e paralleli fra loro.

Dopo aver rimosso accuratamente le eventuali scorie di taglio e spazzolato le estremità delle rotaie, si procede all'allineamento del giunto, servendosi degli appositi attrezzi (cunei, mazza, palanchino).

Per l'operazione di allineamento delle testate delle rotaie e per il controllo geometrico si deve fare riferimento ai punti II.5.1 e III.1.8.

L'allineamento dei fianchi dei funghi deve essere preciso. Bisogna prestare attenzione affinché anche le soles siano allineate. Nella procedura di preparazione del giunto si devono allineare prima le soles delle rotaie e poi i fianchi dei funghi. La riga metallica, per effettuare correttamente i

controlli, deve essere posta sempre al centro del giunto da realizzare, come indicato nelle figure A4 e A5.

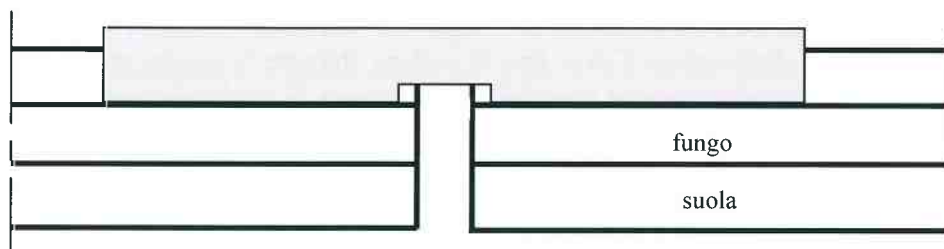


fig. A4 Allineamento sui fianchi delle rotaie da saldare

Sulla tavola di rotolamento, invece, per compensare l'inevitabile abbassamento dovuto al ritiro della saldatura in fase di raffreddamento, si deve lasciare una cuspidè come è rappresentato nel sottostante disegno. La cuspidè deve essere tale che ai lati della riga si abbia:

- $1 \div 1,5$ mm di spazio se si salda con luce di 25 mm
- $1,5 \div 2$ mm di spazio se si salda con luce di 50 mm

Gli spazi misurati ai due lati della riga devono essere uguali

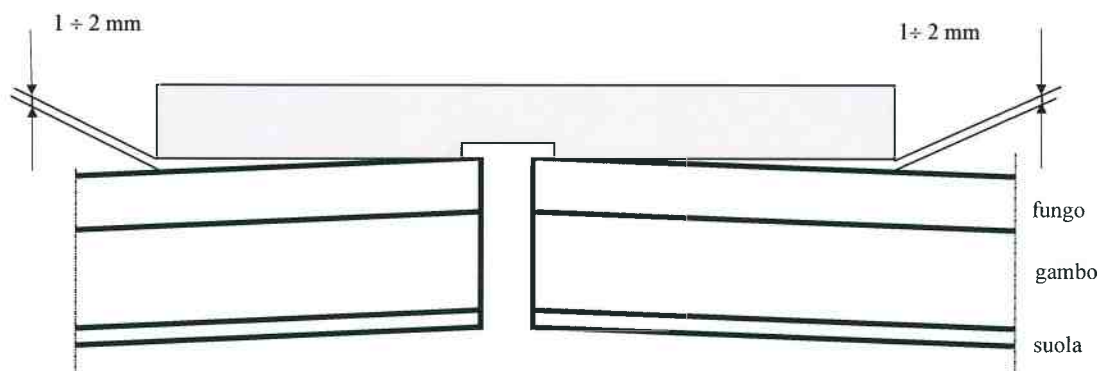


Fig. A5 Allineamento superficie di rotolamento

A raffreddamento avvenuto, il saldatore deve controllare l'abbassamento del giunto ed eventualmente deve adeguare il valore della cuspidè per le successive saldature.

Installazione morsetto, regolazione cannello e montaggio forme

Le forme in refrattario vanno scelte in base al procedimento di saldatura (PRL o PRA), al profilo delle rotaie da saldare e alla luce.

È necessario farle aderire perfettamente alle rotaie, e a tale scopo si usa sfregarle, con una leggera pressione, sul fianco delle rotaie. Ciò al fine di evitare, durante la colata, infiltrazioni d'acciaio che rimangono poi come incollature ai margini del ringrosso di saldatura, per cui si potrebbe avere scarsità di riempimento del fungo.

Si monta quindi il morsetto su una rotaia ponendo attenzione alla direzione del vento per evitare che la fiamma di preriscaldamento possa estendersi sulle attrezzature una volta montate; per metterlo alla giusta distanza dalla luce si usa il calibro (corrispondente per luce e tipo alla saldatura in esecuzione), inserendolo nella posizione di controllo luce e appoggiando il morsetto all'altra estremità, come è mostrato nella seguente figura.

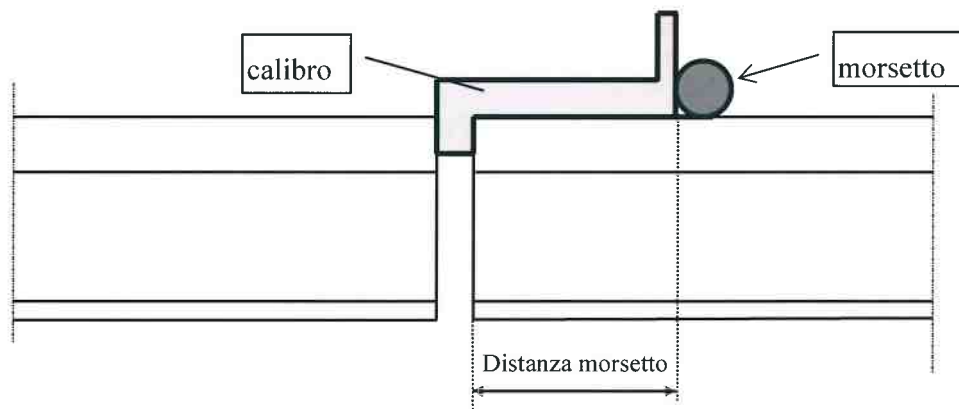


fig. A6

Si installa il portacannello e se ne controlla la posizione, inserendo il cannello e regolandone l'altezza. Quando la punta del cannello è all'altezza prevista si blocca la ghiera; successivamente si allinea il cannello con l'asse delle rotaie e si blocca la rotazione del portacannello con il relativo galletto.

Si inseriscono le semiforme di refrattario nei lamierini e si passa quindi al loro montaggio. Le semiforme vanno centrate, rispetto alla luce di saldatura, e affacciate perfettamente tra loro senza presentare gradini.

Le viti di serraggio dei lamierini vanno serrate con attenzione evitando di lesionare le forme con il conseguente pericolo di fuoriuscite di acciaio fuso.

Si procede quindi con estrema cura alla stuccatura degli interstizi tra forme e rotaie; si deve evitare di far cadere materiale all'interno delle forme.

Vanno quindi installati i portascorie (nella PRL un portascorie e un portapozzetto di colata).

Nella saldatura PRA è necessario controllare che il traversino di colata entri bene nella forma, senza rimanere inclinato da un lato, altrimenti l'acciaio fuso entrerebbe di più da un lato, mentre dall'altro lato le testate delle rotaie non verrebbero riscaldate bene e si potrebbero avere delle incollature soprattutto nel fungo che è la zona raggiunta per ultima dall'acciaio fuso. Occorre prestare particolare attenzione alla posizione che viene assunta dal traversino di colata quando si salda una rotaia in curva, a causa della sopraelevazione, per evitare che il traversino resti anch'esso inclinato. E' buona norma, in questo caso, sfregarlo sulla rotaia, consumandone lo spessore da un lato in modo che una volta inserito nella forma esso si disponga orizzontalmente, così da ripartire equamente l'acciaio nei canalini laterali delle semiforme.

Preparazione del crogiolo multiuso, preriscaldamento e colata

Per il crogiolo multiuso tipo Thermit Italiana la preparazione deve avvenire come descritto nel relativo Manuale.

E' indispensabile che il crogiolo non contenga umidità, per evitare il rischio di esplosioni causate dal contatto tra metallo o scoria fusi e l'umidità, per cui ad inizio lavori il crogiolo va scaldato ad almeno un centinaio di gradi centigradi, per consentire l'evaporazione dell'eventuale umidità presente.

Se il crogiolo è stato utilizzato per una precedente saldatura, occorre pulire l'interno del crogiolo con l'apposito attrezzo, eliminando scoria e tappo autofondente della precedente colata e facendo attenzione a non allargare il foro di fondo della fodera.

Si inserisce il portacrogiolo nell'apposito perno del morsetto precedentemente fissato alla rotaia; si regola l'altezza, tramite il bloccaggio della ghiera posta sul perno, in modo da lasciare uno spazio massimo di 3 cm tra fondo del crogiolo e parte superiore delle forme nel procedimento PRA, mentre nella PRL l'altezza di 3 cm va riferita al pozzetto di colata (maggiore è questa distanza, maggiore è il raffreddamento dell'acciaio colato nella forma e, quindi, il rischio di incollature).

Si ruota il crogiolo portandolo con il foro in corrispondenza del centro del traversino o del pozzetto di colata e si osserva dall'alto attraverso il foro per verificare il corretto posizionamento del crogiolo nel portacrogiolo; si ruota poi nuovamente il crogiolo in modo che sia lontano dalle fiamme durante le successive operazioni di preriscaldamento.

Con l'apposito utensile si colloca il tappo autofondente nel foro di fondo della fodera del crogiolo. Se il crogiolo è molto caldo, perché vi è stata appena effettuata una colata, occorre introdurre il tappo all'ultimo momento utile, per non fargli assorbire troppo calore, con il rischio che si apra prima che sia avvenuta completamente la reazione alluminotermica e si possano quindi avere inclusioni di scoria all'interno del giunto saldato. Per questo motivo, quando si devono fare numerose saldature, è consigliabile avere a disposizione più di un crogiolo da alternare per le colate.

Prima di iniziare le operazioni di preriscaldamento assicurarsi che la zona sottostante il giunto da costituire sia ben asciutta, che i pozzetti portascorie siano anch'essi perfettamente asciutti e che la porzione saldante da usare sia esente da umidità. Ciò allo scopo di evitare pericolose esplosioni che avvengono se il metallo liquido entra in contatto con acqua. Per la stessa ragione se vi è minaccia di pioggia o neve occorre proteggere la saldatura da eseguire.

Si deve passare la fiamma di preriscaldamento sui raccoglitori di scoria e sull'eventuale terra di stuccatura per asciugare l'umidità presente. Quindi si fissa il cannello nel portacannello centrandolo longitudinalmente e trasversalmente sulla forma utilizzando, per i piccoli spostamenti, le relative manopole del portacannello.

Sistemato bene il cannello, se ne aprono completamente le manopole, in modo che dalla forma escano delle fiamme alte circa 30 cm. Ciò si ottiene se le pressioni ai manometri sono state regolate ai giusti valori.

Durante il preriscaldamento occorre tenere il crogiolo lunga durata Thermit Italiana lontano dalla fiamma, ruotandolo verso l'esterno, altrimenti il tappo riscaldandosi potrebbe aprirsi prima della completa reazione chimica nel crogiolo, causando i problemi già detti.

Nella saldatura PRA, mentre si effettua il preriscaldamento, si prende con le apposite pinze il traversino di colata e lo si posa sulla forma per esporlo alla fiamma così da far evaporare l'eventuale umidità presente sul traversino; occorre prestare attenzione a non ostacolare eccessivamente la fiamma in ingresso o in uscita dalla forma.

Prima di innescare la reazione, l'addetto a tale operazione, deve controllare che non vi siano altre persone nel raggio di $4 \div 5$ m dal crogiolo. In presenza di vento le persone si devono mettere sopravento rispetto al crogiolo. Ciò vale anche per l'addetto all'innescamento che deve avvicinarsi al crogiolo nella stessa direzione in cui spirava il vento e deve allontanarsi procedendo in senso inverso dopo l'innescamento.

In ogni caso l'addetto all'innescamento deve mentalmente stabilire il percorso di allontanamento per raggiungere la posizione di sicurezza, prima di innescare la reazione.

Trascorso il tempo previsto per il preriscaldamento dello specifico sistema di saldatura (vedere il relativo Manuale d'uso) si procede come segue:

– Per il procedimento (PRA)

Togliere il cannello senza spegnerlo.

Introdurre il traversino di colata nella forma, servendosi delle apposite pinze.

Nel caso di crogiolo lunga durata ruotare il crogiolo, posizionandolo con il foro al centro del traversino; ciò è importante per evitare che l'acciaio liquido colpisca il traversino da un lato anziché al centro e di conseguenza possa inclinare il traversino ed entrare tutto da un lato, non effettuando il preriscaldamento delle testate dall'altro lato.

Nel caso di crogiolo monouso posizionare il crogiolo secondo le istruzioni riportate nei relativi Manuali di uso.

Accendere la candelella con il cannello e inserirla nella porzione per innescare la reazione alluminotermica.

Chiudere il crogiolo con l'apposito coperchio (quando questa operazione è prevista per lo specifico sistema di saldatura: fare riferimento ai Manuali d'uso) e spegnere il cannello.

Portarsi a distanza di sicurezza da eventuali proiezioni di acciaio fuso.

In caso di dubbi sull'avvenuto innesco della reazione, non tentare mai di recuperare la candelella inserita nella porzione ma, dopo aver atteso un tempo sufficiente ad escludere che la reazione si sia innescata, procedere con una nuova candelella per ripetere l'innescamento.

– Per il procedimento (PRL)

Togliere il cannello di preriscaldamento senza spegnerlo.

Controllare con occhiali a lenti scure da saldatore il raggiungimento della temperatura di testata di rotaia richiesta.

Posizionare il crogiolo sul pozzetto di colata.

Accendere la candelella con il cannello e inserirla nella porzione per 4 ÷ 5 cm, per innescare la reazione alluminotermica.

Chiudere il crogiolo con l'apposito coperchio e spegnere il cannello.

Portarsi a distanza di sicurezza da eventuali proiezioni di acciaio fuso.

In caso di dubbi sull'avvenuto innesco della reazione, non tentare mai di recuperare la candelella inserita nella porzione ma, dopo aver atteso un tempo sufficiente ad escludere che la reazione si sia innescata, procedere con una nuova candelella per ripetere l'innescamento.

Occorre prestare attenzione a non far passare troppo tempo tra la fine del preriscaldamento e la colata perché, in questo procedimento, la porzione saldante contribuisce al preriscaldamento in minima parte, e pertanto non bisogna far raffreddare le testate delle rotaie.

Tranciatura del ringrosso

A colata avvenuta si deve nell'ordine:

Togliere il crogiolo collocandolo in modo da non ostacolare le attività; il crogiolo monouso deve essere rimosso con l'apposito attrezzo. Il crogiolo monouso Thermit non deve essere sollevato utilizzando la maniglia per il suo posizionamento. Il crogiolo multiuso deve essere rimosso afferrando saldamente entrambe le maniglie del portacrogiolo.

Il crogiolo non deve essere appoggiato su superfici umide o bagnate. Prestare attenzione a non asportare il crogiolo troppo presto per il pericolo di fuoriuscita di materiale fuso dal crogiolo stesso.

Togliere i raccoglitori di scoria (e porta pozzetto di colata nella PRL), con l'apposito attrezzo, facendo attenzione a deporre portascorie e scorie contenute in essi in luogo esente da umidità, onde evitare il pericolo di esplosione, e dove non costituiscano pericolo per il personale.

Togliere il morsetto porta crogiolo (crogiolo lunga durata).

Trascorsi almeno 3 minuti dalla colata, o comunque nel rispetto dei tempi indicati nei manuali di uso dei vari procedimenti di saldatura, togliere i lamierini portaforme.

Posizionare la tranciatrice idraulica in prossimità della saldatura.

Praticare con la trancia un'incisione sulle forme, a circa $4 \div 5$ cm dalla tavola di rotolamento, quindi, trascorso il tempo previsto per lo specifico sistema di saldatura e indicato nel relativo Manuale d'uso, con cautela, inclinare la parte superiore delle forme contenente scoria controllando che l'acciaio si sia solidificato per evitare fuoriuscite di metallo fuso, altrimenti occorre attendere ancora un po'. Anche la parte superiore delle forme va deposta, servendosi di una forca, secondo le raccomandazioni fatte per i portascorie.

Nell'allontanare i materiali ad alta temperatura evitare accuratamente di deporli in zone dove possano dar luogo a incendi (sterpaglie, ecc.)

Con gli appositi arresti a cunei si blocca la tranciatrice con la lama accosta alla saldatura per procedere alla tranciatura. La tranciatura va eseguita quando la parte superiore della saldatura inizia a scurirsi per effetto del raffreddamento; qualora si operasse troppo presto si rischierebbe di strappare la saldatura ancora calda anziché tranciarla oppure si rischierebbe di non riuscire a tranciare in caso di operazioni eseguite in ritardo.

Sgrossatura e smerigliatura delle saldature

La smerigliatura di finitura dovrà essere eseguita una volta tolti i cunei, quando la temperatura della saldatura sarà scesa sotto i 100°C . Se si effettuasse la smerigliatura finale a temperature elevate, si avrebbe il rischio di ritrovarsi poi con una saldatura bassa, poiché a causa del ritiro della saldatura il giunto continua ad abbassarsi, non risultando più in tolleranza.

Nell'eseguire la finitura con mola a tazza occorre fare in modo tale da ottenere una superficie regolare sulla tavola di rotolamento e su entrambi i fianchi del fungo, che devono essere ben raccordati con la stessa tavola di rotolamento.

Occorre anche asportare dal binario i residui dei materiali usati e pulire le saldature dalla terra refrattaria per poterla controllare visivamente.

Occorre prestare attenzione ai rischi connessi con la proiezione di scintille, con il rumore e la produzione di polveri.

Occorre rispettare il corretto uso delle macchine secondo quanto previsto dal libretto di uso e manutenzione.

SALDATURA DI ROTAIE PROMISCUE

Per saldare rotaie di diverso profilo si usano i materiali indicati nei Manuali di uso di ciascun procedimento di saldatura.

Nelle saldature promiscue le forme non sono simmetriche ma si distinguono in destre e sinistre.

DIFETTI DELLE SALDATURE ALLUMINOTERMICHE

Nelle saldature alluminotermiche si possono riscontrare difetti di ordine geometrico (difetti esterni) e strutturale (difetti interni affioranti o meno in superficie).

Difetti geometrici

Questo tipo di difetti è dovuto ad errata preparazione del giunto (non è stata creata la prevista cuspidi sulla tavola di rotolamento, o non è stato allineato perfettamente il fianco dei funghi) o errata smerigliatura di finitura.

E' indispensabile saper smerigliare correttamente. Prima di iniziare il lavoro di molatura, è necessario controllare il livello del giunto saldato con la riga con la cava in basso, dopo aver tolto i cunei, per vedere dove si deve asportare materiale. Mentre si esegue la molatura si devono effettuare frequenti controlli del livello per non rischiare di creare degli avvallamenti. L'estensione della zona molata va limitata, quanto più possibile, alla zona del ringrosso della saldatura.

Difetti strutturali

Tra i difetti strutturali i più frequenti sono le **soffiature** (inclusioni gassose). Il gas trae origine dall'umidità contenuta soprattutto nella terra refrattaria, se usata per la stuccatura, ma anche da quella eventualmente assorbita dalle porzioni saldanti, forme mal conservate o da un crogiolo mal essiccato. Altra causa di inclusioni di gas è l'apertura anticipata del crogiolo dovuta all'inserimento del tappo autofondente nel crogiolo troppo caldo e/o ad aver lasciato il crogiolo vicino alla fiamma durante il preriscaldamento.

Altro difetto, dovuto all'apertura anticipata del crogiolo, sono le **inclusioni di scoria**. Questo difetto si può presentare quando il tappo autofondente fonde anzitempo e la massa liquida che scende dal crogiolo non si è ancora stratificata (l'acciaio in basso e la scoria, più leggera, in alto) perché non si è completata la reazione alluminotermica. La reazione continua in questo caso all'interno della forma, e fa sì che la scoria ed il gas rimangano intrappolati in mezzo all'acciaio, che va solidificandosi nella forma.

Altri tipi di inclusioni solide potrebbero essere frammenti delle forme refrattarie e della terra di stuccatura, oppure ossidi derivati dall'ossitaglio e non eliminati, oltre ad eventuali impurità presenti sulle testate delle rotaie da saldare.

I difetti strutturali più temibili sono le **cricche** (fessurazioni). Esse interessano per lo più la Zona Fusa e si possono manifestare a causa della presenza di impurità, umidità, insufficiente preriscaldamento, o perché non sono stati allentati i previsti attacchi di rotaia (20 per parte) per cui

si creano forti sforzi di trazione nella saldatura, dovuti al ritiro vincolato della stessa in fase di raffreddamento.

Le cricche, anche se di modesta entità, sono pericolose perché costituiscono un innesco a rottura che evolve nel tempo.

Un altro tipo di difetto è costituito dalle **incollature**, ovvero mancanza di fusione di una parte delle testate delle rotaie da saldare, per cui l'acciaio fuso proveniente dal crogiolo si attacca alla rotaia senza fonderla. Le cause possono essere :

- nel preriscaldamento una delle due testate è rimasta coperta a causa di imperfetto centraggio delle semiforme
- taglio delle rotaie con cannello mal eseguito
- la fiamma di preriscaldamento non è stata centrata bene, in senso longitudinale e trasversale, sulla luce di saldatura, per cui le zone più lontane non sono sufficientemente riscaldate; ciò è maggiormente sentito nel procedimento PRL
- ritardo nell'apertura del crogiolo, con conseguente abbassamento della temperatura delle testate
- mancato impiego del traversino di colata, nel procedimento PRA, per cui l'acciaio scende velocemente sul fondo della forma non effettuando il preriscaldamento delle testate
- accidentale inclinazione del traversino, dovuta ad un errato posizionamento del crogiolo
- mancato adattamento del traversino nelle curve con forte sopraelevazione della rotaia esterna.

Tra i difetti strutturali devono essere annoverate anche le **differenze di durezza** rispetto al materiale base. Se la durezza risultante, sia in Zona Fusa sia in Zona Termicamente Alterata, non rientra nei valori ammessi, si possono avere degli avvallamenti sulla tavola di rotolamento (il cosiddetto bicchierino) nelle zone meno dure. Per contro durezza elevate, che sono indice di strutture fragili, provocano scagliature e risulta più probabile la formazione di cricche durante il ritiro della saldatura. La formazione di strutture fragili con elevate durezza è facilitata da un insufficiente preriscaldamento e conseguente rapido raffreddamento, in particolare se associata ad assorbimento di umidità.

Altra causa di formazione di zone con differenti durezza è l'utilizzo di una porzione non appropriata e cioè, ad esempio, utilizzo di porzione tipo R200 per saldare rotaie dure R260 o viceversa.

Si ricorda infine la **scarsità di acciaio** sulla sommità della saldatura: tale difetto si può verificare nel caso in cui si esegua la saldatura con una luce eccessiva oppure quando si verifichi fuoriuscita di acciaio fuso dalle forme, a causa di una loro rottura o di una stuccatura mal eseguita.

OSSITAGLIO DELLE ROTAIE

L'ossitaglio è un'operazione che consente di tagliare alcuni metalli, impiegando come mezzo di sezionamento un getto d'Ossigeno.

Il Ferro, principale costituente degli acciai, ad alta temperatura ed in presenza di Ossigeno si comporta come un combustibile, e cioè può bruciare. Questo fenomeno avviene in modo molto lento già a temperatura ambiente quando il Ferro si ossida formando la ruggine (strato superficiale di ossido di Ferro). Al crescere della temperatura, l'ossidazione diventa sempre più rapida finché, a circa 1350 °C, se il Ferro viene a contatto con Ossigeno puro, si ha una netta accelerazione della combustione con una reazione chimica che è in grado di automantenersi, potrebbe cioè continuare senza bisogno di fornire calore dall'esterno.

Affinché un metallo possa essere sezionato con un getto d'Ossigeno, esso deve soddisfare le seguenti condizioni:

- la temperatura di innesco della combustione deve essere inferiore a quella di fusione del metallo, altrimenti questo verrebbe sezionato per fusione anziché per ossitaglio
- la reazione di ossidazione deve avvenire con forte sviluppo di calore (reazione esotermica), per automantenersi oltre la temperatura di innesco
- gli ossidi che si formano durante la combustione devono fondere ad una temperatura inferiore a quella di fusione del metallo da tagliare, perché altrimenti gli ossidi allo stato solido formerebbero uno schermo che impedirebbe l'avanzare della combustione del metallo.

Tra i metalli esistenti solo il Ferro e di conseguenza gli acciai al Carbonio e quelli debolmente legati soddisfano le suddette condizioni. Infatti l'ossido di Ferro fonde ad una temperatura di circa 100 °C inferiore a quella di fusione dell'acciaio. In altri metalli, come per esempio l'Alluminio ed il Cromo, i loro ossidi fondendo a temperature maggiori di quelle di fusione del metallo base, fungono da schermo solido contro la combustione che quindi si arresta. Il Rame, invece, non produce sufficiente calore per automantenere la combustione.

Come gas combustibile da miscelare con l'Ossigeno per riscaldare il metallo e portarlo alla temperatura di innesco deve essere usato il Propano.

Le fasi operative sono le seguenti:

- controllo attrezzatura: i volantini dei riduttori di pressione devono essere allentati, assicurarsi della presenza delle valvole antiritorno di fiamma, due per ciascun tubo, una all'imbocco del cannello subito dopo il manicotto, l'altra all'uscita del riduttore di pressione, verificare che siano corretti i collegamenti dei tubi dell'Ossigeno e del Propano, la punta del cannello non deve essere ostruita, nel qual caso occorre pulirla con fili di rame o di ottone, o danneggiata per cui bisogna sostituirla, ecc.
- collegamento dei riduttori di pressione alle relative bombole

- apertura delle valvole delle bombole e regolazione delle pressioni di uscita ($5 \div 7$ bar per l'Ossigeno e $1 \div 1,5$ bar per il Propano, a seconda delle dimensioni della rotaia da tagliare) agendo sui relativi volantini
- aprire il rubinetto del Propano e accendere il cannello. Poi aprire lentamente quello dell'Ossigeno per la fiamma di preriscaldamento. Si ottiene così una fiamma carburante (eccesso di Carbonio), identificabile dalla scia luminosa rossastra, dovuta al Carbonio incombusto che prolunga il dardo. Manovrando opportunamente queste due manopole si effettua una prima regolazione fino ad eliminare la scia luminosa ottenendo un dardo netto dal colore azzurrognolo, quindi si apre il rubinetto dell'Ossigeno di taglio per la regolazione definitiva della fiamma. Si deve ottenere una fiamma neutra, evitando soprattutto una fiamma carburante per non indurire le superfici tagliate. Effettuata la regolazione definitiva della fiamma si richiude il rubinetto (o leva) dell'Ossigeno di taglio. Per le operazioni di accensione e regolazione si raccomanda di non indirizzare mai la fiamma direttamente sulla rotaia, altrimenti si rischia di temprare la rotaia stessa nel punto in cui la fiamma viene a contatto con essa, predisponendola a rotture
- portare la punta del dardo, dove si ha la massima temperatura, 2730°C , a contatto della superficie del pezzo da sezionare, nel punto in cui si vuole iniziare il taglio, normalmente un lembo della suola o del fianco del fungo. Raggiunta la temperatura d'innescò (colore rosso vivo della rotaia) si apre completamente il getto dell'Ossigeno di taglio e si attende che l'Ossigeno abbia attaccato tutto lo spessore da tagliare, quindi si prosegue lungo la linea di taglio con la giusta velocità di avanzamento. Se la velocità di avanzamento è troppo elevata non dà tempo alla fiamma di portare la superficie di taglio alla temperatura d'innescò e, di conseguenza, la combustione si interrompe. Al contrario se fosse troppo lenta si porterebbe il materiale che si sta tagliando alla temperatura di fusione, e gli ossidi che si formano, cioè la scoria, cadono sotto forma di goccioloni. Con la giusta velocità di avanzamento, invece, l'evacuazione degli ossidi è caratterizzata da una vivace proiezione di scintille
- terminato il taglio bisogna togliere dalle superfici delle rotaie gli ossidi che si sono formati. Si ricorda anche di non usare il cannello per togliere la scoria aderente alla rotaia durante l'operazione di taglio.

INCONVENIENTI NEL FUNZIONAMENTO DEL CANNELLO DA TAGLIO

Nell'uso del cannello da taglio, delle bombole e delle varie attrezzature occorre prestare la massima cura ed attenzione onde evitare inconvenienti. In caso di anomalie è necessario arrestare il flusso del Propano e dell'Ossigeno ed esaminare le cause dell'inconveniente onde rimuoverle.

In caso di intervento delle valvole antiritorno di fiamma, è indispensabile sostituirle immediatamente.

Di seguito si descrivono alcuni inconvenienti che possono manifestarsi nell'uso del cannello.

Scoppi improvvisi

Sono dovuti all'accidentale ostruzione della punta del cannello a causa della proiezione di metallo fuso, oppure da eccessiva vicinanza della punta alla superficie da tagliare. In queste situazioni la

miscela gassosa, trovando difficoltà ad uscire, si incendia all'interno della punta scoppiettando. L'inconveniente si deve eliminare pulendo la punta.

Scoppio rapido

Anch'esso è dovuto all'accensione della miscela all'interno della punta per una sua ostruzione, oppure per insufficiente pressione dei gas. Quindi quest'inconveniente si può eliminare verificando che le pressioni siano corrette e controllando le condizioni della punta.

Scoppi intervallati

Si possono verificare dopo un prolungato periodo di lavoro, che causa un eccessivo riscaldamento della punta, la quale dilatandosi altera i rapporti fra i volumi dei due gas provocandone l'accensione al suo interno.

In questo caso è necessario far raffreddare il cannello.

Sibilo accompagnato dalla scomparsa della fiamma

Trattasi di ritorno di fiamma.

In caso di ostruzione della punta si può verificare un ritorno di fiamma in direzione dell'eiettore; il sibilo è prodotto dall'Ossigeno che entra nella tubazione del Propano.

Occorre quindi chiudere subito il rubinetto del Propano quindi quello dell'Ossigeno dopodiché si smonta la punta della cannello pulendola, provvedendo nel contempo alla sostituzione delle valvole antiritorno.



"THERMIT ITALIANA"

S.p.A. - Capitale Sociale L. 3200000000
Piazzale Santorre di Santarossa, 9 - Tel. 02/88006661 r.a.
20156 MILANO
Telefax: 02/88006665 - Codice Fiscale e Partita IVA 00754140150
R.E.A. Milano 328245 - Trib. di Milano R.S. 48455 volume 1680 fascicolo 812
Internet: www.thermit.it

Milano, 20 aprile 2000

Ns. Rif. - MC

Spett.le
FERROVIE DELLO STATO S.P.A.
DIVISIONE INFRASTRUTTURA
DIREZIONE TECNICA
Armamento e Opere d'Arte
Armamento
Piazza della Croce Rossa, 1
00161 ROMA
fax 06/44103134

Alla C.A. del Ing. Testa

Oggetto: Procedura per la saldatura in opera con procedimento alluminotermico di rotaie in acciaio
extraduro 1100

A seguito a quanto da Voi richiesto, comunichiamo la procedura da seguire per la saldatura
alluminotermica di rotaie di cui all'oggetto.

1) ATTREZZATURA

L'attrezzatura da utilizzare è stessa di quella prevista per la saldatura, con il sistema di
preriscaldamento abbreviato (PRA), di rotaie con profili 50 UNI e 60 UNI.

2) MATERIALI

Relativamente alle porzioni saldanti occorre impiegare quelle apposite studiate e messe
a punto dalla società Thermit Italiana S.p.A. per la saldatura di rotaie in acciaio extraduro tipo 1100.

3) TECNICA ESECUTIVA

Per una buona riuscita della saldatura in oggetto, necessita attenersi scrupolosamente a
quanto descritto circa la procedura da seguire per la preparazione ed esecuzione del giunto saldato.

3-1 Preparazione delle testate delle rotaie da saldare

L'eventuale taglio delle testate delle rotaie da saldare (per l'asportazione di difettosità o per
la creazione della "luce" di saldatura fissata, 24-26 mm.) deve essere eseguito a mezzo dell'apposita
troncatrice a disco abrasivo (è vietato l'uso del cannello ossipropanico).

Le testate, dopo l'esecuzione di eventuali tagli, devono essere accuratamente spazzolate, al
fine di asportare le tracce di ossido ed altre impurità presenti.

Unica fabbricante delle porzioni originali "THERMIT" per la saldatura alluminotermica delle rotaie



3-2 Allineamento

L'operazione di allineamento dell'estremità delle rotaie da saldare va effettuata tramite riga con cava da 1 mt. (il valore della cuspidi va misurato con lo spessore alle due estremità della riga posta a cavallo del giunto; esso deve essere pari ad 1 mm.).

3-3 Montaggio delle forme

Anche questa operazione va eseguita nel modo usuale, curando in particolarmente la centratura delle due forme sull'asse del giunto.

La successiva operazione di stuccatura delle stesse, per la saldatura del tipo di rotaia in questione, deve avvenire utilizzando, in sostituzione della tradizionale terra refrattaria, l'apposito stucco sigillante che la Società Thermit Italiana fornirà unitamente agli altri materiali.

Lo speciale stucco va applicato, mediante l'apposita pistola, uniformemente su tutto il profilo della forma e successivamente spianato, a mano, al fine di chiudere perfettamente gli interstizi esistenti tra forma e rotaia.

3-4 Preriscaldamento delle rotaie

L'operazione di preriscaldamento, da eseguire a mezzo dell'apposito cannello usato nella saldatura con procedimento PRA, deve avere la durata di 2 min. e 30 sec. (la pressione del gas propano e dell'ossigeno deve essere rispettivamente di 1,5 e 5 bar).

Durante questa operazione si procede alla sistemazione del crogiuolo (la fodera all'interno del crogiuolo deve essere pulita dalla eventuale scoria depositata su quest'ultima da precedenti saldature).

3-5 Colata e tranciatura del ringrosso

Trascorso il tempo necessario per l'esecuzione del preriscaldamento, si procede all'operazione di colata a cui seguirà quella di asportazione del ringrosso mediante l'uso dell'apposita macchina tranciatrice.

3-6 Operazione di post-riscaldamento

Appena ultimata l'operazione di tranciatura occorre procedere subito ad effettuare l'operazione di post-riscaldamento a mezzo del cannello di preriscaldamento, già usato nelle fasi precedenti, delle due estremità delle rotaie a cavallo del giunto (circa 50 cm. per parte) ad una temperatura non inferiore a 100°C.

Oltre all'operazione suddetta dovrà essere collocata, in corrispondenza delle due superfici laterali del fungo della rotaia, la scoria calda prelevata dai raccoglitori di scoria, provvedendo nel contempo a proteggere il giunto saldato in caso di presenza di vento o di pioggia nella zona di lavoro.

Le precauzioni di cui sopra hanno lo scopo di rallentare il più possibile il raffreddamento della saldatura e quindi garantire l'ottenimento di giunti aventi caratteristiche meccaniche accettabili.



3-7 Finitura del giunto saldato

L'operazione di sgrossatura del giunto, eseguita mediante la smergliatrice con la mola a tazza, qualora si necessiti far transitare i treni, il che può verificarsi non prima che siano trascorsi almeno 15 min. dall'operazione di tranciatura, può essere eseguita prima del completo raffreddamento del giunto.

L'operazione successiva di finitura, sempre con la mola a tazza, andrà invece eseguita sul giunto quasi freddo.

Rimaniamo a disposizione per eventuali chiarimenti in merito e con l'occasione porgiamo cordiali saluti.

THERMIT ITALIANA SPA
Il Responsabile Commerciale


Ing. Massimiliano Cortese