

ARST S.p.A.

# Interventi di manutenzione delle linee TPL Macomer - Nuoro, Sassari - Alghero e della linea Metropolitana di Sassari

## PROGETTO ESECUTIVO

progettista: Ing. Gianni Pirino

Supporto tecnico-operativo  
alla progettazione: Ing. Francesca Bianchi  
Geom. Paolo Atzori  
Geom. Massimo Dettori  
Geom. Claudio Pireddu

## OPERE DI ARMAMENTO FERROVIARIO

OGGETTO:

Istruzione tecnica RFI TCAR ST AR 07 001 A  
Norme tecniche per la saldatura in opera di rotaie

NOME-FILE

SCALA:

REV.	MODIFICHE	DATA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	EMISSIONE	06/2018	F.BIANCHI		

TAVOLA:

D\_900\_06



## ISTRUZIONE TECNICA

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

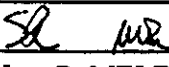

FOGLIO

1 di 35

### 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
	I.6 ABBREVIAZIONI
PARTE II	II.1 LIMITI DI SALDABILITA' IN RELAZIONE ALLA TEMPERATURA DELLE ROTAIE
	II.2 TAGLIO DELLE ROTAIE
	II.3 SALDATURA DELLE ROTAIE CON TESTATE FORATE
	II.4 CONTROLLI SULLE SALDATURE
	II.5 GESTIONE DELLE SALDATURE DIFETTOSE
	II.6 MODALITA' PER LA RIPARAZIONE MEDIANTE APPORTO DELLE SALDATURE DIFETTOSE
	II.7 INSERIMENTO DI SPEZZONI DI ROTAIA / DISTANZA MINIMA TRA DUE SALDATURE
	II.8 GARANZIA SALDATURE ESEGUITE DA DITTE APPALTATRICI
PARTE III	III.1 SALDATURE ESEGUITE CON IL 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

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	 Ing. R. MELE	 Ing. M. ELIA



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
2 di 35**

<b>I</b>	<b>PARTE I</b>	<b>4</b>
I.1	SCOPO	4
I.2	CAMPO DI APPLICAZIONE	4
I.3	DOCUMENTAZIONE CORRELATA	4
I.4	NORMATIVE ANNULLATE E SOSTITuite	5
I.5	DEFINIZIONI	7
I.6	ABBREVIAZIONI	7
<b>II</b>	<b>PARTE II</b>	<b>8</b>
II.1	LIMITI DI SALDABILITA' IN RELAZIONE ALLA TEMPERATURA DELLE ROTAIE	8
II.2	TAGLIO DELLE ROTAIE	8
II.2.1	Casi limitati di uso del cannello a fiamma ossipropionica	8
II.2.2	Modalità del taglio con cannello a fiamma	10
II.2.3	Formazione professionale del personale addetto al taglio al cannello delle rotaie	11
II.3	SALDATURA DELLE ROTAIE CON TESTATE FORATE	12
II.4	CONTROLLI SULLE SALDATURE	13
II.4.1	Controllo visivo e geometrico delle saldature	13
II.4.2	Controlli strutturali	15
II.4.3	Controllo ad Ultrasuoni	15
II.5	GESTIONE DELLE SALDATURE DIFETTOSE	16
II.5.1	Tempi di intervento	16
II.5.2	Tipologie di difetti riparabili	16
II.5.3	Saldature effettuate da Ditte appaltatrici	16
II.6	MODALITA' PER LA RIPARAZIONE MEDIANTE APPORTO DELLE SALDATURE DIFETTOSE	17
II.7	INSERIMENTO DI SPEZZONI DI ROTAIA / DISTANZA MINIMA TRA DUE SALDATURE	18
II.8	GARANZIA SALDATURE ESEGUITE DA DITTE APPALTATRICI	20
<b>III</b>	<b>PARTE III</b>	<b>21</b>
III.1	SALDATURE ESEGUITE CON PROCEDIMENTO ALLUMINOTERMICO	21
III.1.1	Classificazione dei procedimenti	21
III.1.2	Sistemi omologati	22
III.1.3	Qualificazione del personale	23
III.1.4	Materiali ed attrezzature	23
III.1.5	Saldatura con luce maggiorata	23
III.1.6	Parametri caratteristici per l'esecuzione di saldature alluminotermiche	24
III.1.7	Punzonatura delle saldature alluminotermiche	25



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
3 di 35**

III.1.8	Modalità esecutive delle saldature alluminotermiche .....	26
III.1.9	Saldature alluminotermiche di rotaie rotte in campata.....	27
III.1.10	Ripristino dell'equilibrio tensionale a seguito di una rottura in tronco della rotaia in campata o in saldatura .....	28
III.1.11	Saldature alluminotermiche in corrispondenza di travate metalliche e in corrispondenza di sottopassi.....	29
III.1.12	Controllo strutturale delle saldature alluminotermiche .....	29
III.1.12.1	Prova di fatica.....	29
III.1.12.2	Prova di durezza .....	30
IV	PARTE IV .....	31
IV.1	SALDATURE ESEGUITE IN OPERA CON IL PROCEDIMENTO ELETTRICO A SCINTILLIO .....	31
IV.1.1	Principio della saldatura elettrica a scintillio .....	31
IV.1.2	Vantaggi della saldatura elettrica a scintillio .....	31
IV.1.3	Profili di rotaie saldabili con macchina semovente.....	31
IV.1.4	Prove preliminari per autorizzare l'uso della macchina saldatrice semovente.....	31
IV.1.5	Prove di piega durante il periodo di esecuzione dei lavori.....	33
IV.1.6	Fasi operative della saldatura a scintillio .....	34
ALLEGATO 1	LA SALDATURA ALLUMINOTERMICA	
ALLEGATO 2	OSSITAGLIO DELLE ROTAIE	



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
4 di 35**

**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 S.p.A. (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.

**I.3 DOCUMENTAZIONE CORRELATA**

Per quanto riguarda la saldatura di rotaie e relativi controlli ad ultrasuoni le Norme RFI correlate sono le seguenti:

- L.5.11/114043 Circolare 104/6.5 del 20/08/66 "Continuità del circuito di ritorno T.E. durante i lavori al binario"
- "Istruzione per la protezione dei Cantieri" edizione 1986 e relativi aggiornamenti
- S.OC/S/5756 del 19/11/90 " Istruzione sulla costituzione ed il controllo delle lunghe rotaie saldate" e sua 1^ Appendice Protocollo R.ST.OC/a/009/D663 del 03/05/95
- R/9700418/P del 04/02/97 "Procedura per l'esecuzione dei controlli non distruttivi ad ultrasuoni di rotaie, saldature, deviatori e giunti"
- RE/ST/9703496/P del 29/10/97 "Istruzione per la certificazione degli operatori addetti ai controlli non distruttivi ad ultrasuoni"
- DI TCAR ST AR 02 01 A del 15/11/99 "Gestione dei difetti nelle rotaie e negli scambi e relativi provvedimenti"
- DI TCAR CI AR 07 001 A del 21/03/2000 "Abilitazione per l'esecuzione di saldature alluminotermiche di rotaie per il personale dipendente da imprese appaltatrici"
- DI TCAR CI AR 07 002 A del 19/07/2000 "Abilitazione alla saldatura alluminotermica e all'esecuzione di apporti di metallo con arco elettrico su rotaie ed apparecchi del binario"
- DI MAN MO IFS 002 A del 20/04/2001 "Disposizioni attuative relative alla Specifica di Istruzione Tecnica DI TCAR ST AR 02 01 Gestione dei difetti nelle rotaie e negli scambi e relativi provvedimenti".



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
5 di 35**

**I.4 NORMATIVE ANNULATE E SOSTITUITE**

La presente Istruzione Tecnica annulla e sostituisce le normative relative all'argomento trattato, che si sono succedute negli anni e qui di seguito elencate.

Tipo	N° Prot.	Data	Oggetto
Circolare	34/1960 L.C.5.1/53775	21/05/60	Istruzioni per l'esecuzione di saldature alluminotermiche e di apporti di metallo con arco elettrico in corrispondenza di rotaie e di scambi in opera e per la rimozione e riparazione di scambi saldati (Annullata la parte relativa alle saldature alluminotermiche)
Lettera	L.C./1/2/107368	28/10/60	Esecuzione di saldature alluminotermiche per la costruzione di l.r.s. e di rotaie di lunghezza normale
Circolare	LC 5.1/2/25433	19/04/62	Saldature alluminotermiche difettose
Circolare	LSA.84906	05/09/63	Statistica delle saldature alluminotermiche in opera
Istruzione Tecnica	L.77	24/05/65	Saldatura alluminotermica delle rotaie
Circolare	L.87	15/04/66	Saldatura alluminotermica delle rotaie. Particolarità delle porzioni saldanti per saldature normali e rapide e delle porzioni aggiuntive.
Circolare	LSA.13/235336	29/09/67	Appendice n.1 alla Circolare 34/1960
Circolare	279/6.7 L5.14/104383	21/01/76	Saldatura alluminotermica delle rotaie. Procedimento con preriscaldamento abbreviato
Lettera	L.514/116403/3.5.08	10/06/77	Saldatura alluminotermica delle rotaie Procedimento PRA per rotaie tipo 50U e 60U
Lettera	L.D2915.14/131483/3.5.08	14/09/79	Impiego del sistema di saldatura alluminotermica con preriscaldamento abbreviato delle rotaie (PRA)
Circolare	L.514/103358	31/01/80	Appendice n.3 alla Circolare 179. Formazione professionale del personale taglio ossi-gas delle rotaie
Lettera	L514/124380/3.5.09	26/06/80	Norme per l'esecuzione di saldature alluminotermiche e prove di laboratorio per l'accettabilità delle stesse
Lettera	L.514/126336/3.5.13	18/07/80	Saldatura alluminotermica delle rotaie
Lettera	L514/139865/3.5.09	14/11/80	Norme per l'esecuzione di saldature alluminotermiche e prove di laboratorio per l'accettabilità delle stesse
Lettera	L5.14/137929/3.7.07	09/03/82	Norme per la riparazione di saldature alluminotermiche delle rotaie

Segue



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
6 di 35**

Continua

Lettera	L.5.14/133474/3.5.08	11/01/83	Saldatura alluminotermica delle rotaie - Sistema RIA
Lettera	L.5.14/100049/3.5.02	13/01/83	Saldatura alluminotermica di rotaie dure
Lettera	L.514/107673	31/03/84	Rotture di rotaie in opera
Circolare	L.5.113/106365	27/03/86	App. n°1 alla circolare 44/63 - Armamento dei binari - Statistica delle saldature alluminotermiche in opera
Lettera	L.5.113/101010	17/01/87	Impiego del sistema PRA per la saldatura alluminotermica delle rotaie
Lettera	PS/SED/1.3/342	15/12/87	Prove di laboratorio su campioni di rotaie saldate.
Circolare	1/6.5 P.MI/U.04	02/07/88	Saldatura elettrica a scintillio delle rotaie mediante l'impiego della macchina semovente
Lettera	S.SE/A.03/52	07/01/89	Saldatura di rotaie in opera con macchina semovente
Lettera	8/6.5 P.MI/U.04	06/05/89	Saldature alluminotermiche di rotaie dure, giunti isolanti incollati e spezzoni di rotaia da m 4,50 e 3,60.
Lettera	S.SE.A.03/001654	06/06/89	Impiego di tappi autofondenti per crogioli
Lettera	S.SE.A.03/001655	06/06/89	Saldature alluminotermiche
Lettera	S.OC./S.02 001357	12/03/90	Taglio delle rotaie e foratura estremità rotaie da 144 m
Lettera	S.OC./S.02	19/10/90	Saldatura alluminotermica di rotaia con "luce" fra le testate di 50 mm.
Lettera	TC.OC/S.02 6984	13/02/91	Taglio a fiamma delle rotaie.
Lettera	TC.C/A/044491	04/03/92	Unificazione sistemi di saldatura alluminotermica delle rotaie
Istruzione	I/MT.(C/A)93/001814	22/04/93	Norme tecniche per la saldatura in opera di rotaie eseguita con i procedimenti alluminotermico ed elettrico a scintillio.
Lettera	R.ST.OC/A.GLO2	03/09/93	Punzonatura saldature alluminotermiche delle rotaie eseguite dal personale FS
Lettera	R/ST.OC/A/009/D532	09/05/94	Prova di durezza su campioni di rotaie saldate

Segue



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
7 di 35**

Continua

Lettera	R/ST.OC/A/009/D800	30/06/94	Saldature alluminotermica di rotaie con "luce" fra le testate di 70 mm.
Lettera	R.ST.OC/009/D1300	18/08/95	Modifica e correzione delle "Norme tecniche per la saldatura in opera di rotaie eseguite con procedimenti alluminotermico ed elettrico a scintillio".
Lettera	R/ST.OC/A/009/D1395	18/09/95	Modifica e correzione delle "Norme tecniche per la saldatura in opera di rotaie eseguita con i procedimenti alluminotermico ed elettrico a scintillio".
Lettera	R/ST.OC/A/009/1777	06/12/95	Riparazione di saldature elettriche ed alluminotermiche difettose eseguite su rotaie in opera.

### **1.5 DEFINIZIONI**

Sistema omologato: insieme di attrezzature e materiali di consumo per eseguire una saldatura, che è stato oggetto di prove da parte di RFI ed è risultato idoneo all'impiego.

Saldatura promiscua: saldatura tra due rotaie aventi profili differenti (ad es. 60 UIC con 50 UNI)

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.

Rotaia normale: rotaia in acciaio 700.

Rotaia dura: rotaia in acciaio 900A.

### **1.6 ABBREVIAZIONI**

Si riportano i significati delle sigle e abbreviazioni utilizzate:

RFI Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

MB metallo base

ZF zona fusa

ZTA zona termicamente alterata

PRA preriscaldamento abbreviato

PRL preriscaldamento lungo

US ultrasuoni





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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
8 di 35**

## **II PARTE II**

### **II.1 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 acciaio 700: possono essere saldate finché la temperatura di rotaia non scenda sotto - 5 °C;

rotaie dure acciaio 900 A: possono essere saldate finché la temperatura di rotaia non scenda sotto 0°C.

Per le rotaie dure (900 A), 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 rallentarne il raffreddamento ed evitare la formazione di strutture fragili.

### **II.2 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 (vedi I.3 Documentazione correlata).

L'applicazione delle ganasce per realizzare giunzioni provvisorie può essere fatta 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.

#### **II.2.1 CASI LIMITATI DI USO DEL CANNELLO A FIAMMA OSSIPROPANICA**

Di seguito si riportano le modalità operative con cui, anche in 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 descrivono anche le poche situazioni in cui è possibile effettuare il taglio solo con il cannello a fiamma.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
9 di 35**

**1. Taglio delle rotaie in stato di compressione.**

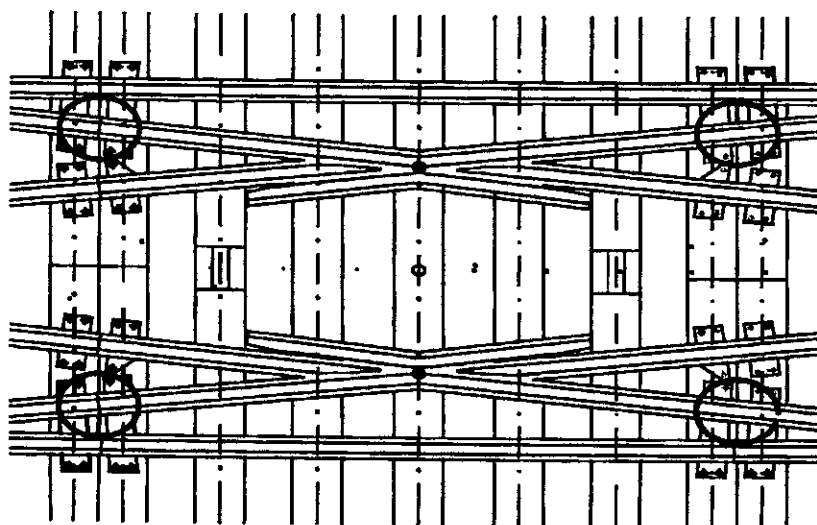
In questo caso, se si taglia con il mezzo meccanico, la rotaia tende a richiudersi bloccando il disco o la lama. Una volta eseguito il taglio al cannello per far scaricare le tensioni di compressione della rotaia, è necessario procedere ad una bonifica (taglio) con troncatrice o segarotaie della testata 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. Taglio di rotaie mentre è applicato il morsetto tendirotaie.**

Tale situazione si verifica nei soli casi in cui si opera su un binario già regolato termicamente e si debba eliminare una saldatura difettosa o lesionata, oppure si debba inserire uno spezzone di rotaia o un giunto isolante incollato: in questi casi, con il morsetto montato, non si ha lo spazio per eseguire il taglio con il mezzo meccanico e si ricorre al taglio al cannello. Si noti che se invece si sta operando con il morsetto tendirotaie per eseguire la regolazione termica del binario, il morsetto viene inserito dopo l'esecuzione del taglio, che va pertanto eseguito con il mezzo meccanico.

**3. Operazioni connesse con i deviatori**

- In operazioni di varo deviatori si può verificare che il taglio eseguito all'atto della rimozione del vecchio scambio risulti spostato rispetto alla posizione assunta dal deviatore 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.



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

## **II.2.2 MODALITÀ DEL TAGLIO CON CANNELLO A FIAMMA**

Solo nei casi descritti al punto II.2.1, e con il rispetto delle procedure prescritte, è ammesso l'uso del cannello a fiamma ossipropionica.

Occorre tenere presente che, soprattutto su rotaie dure, il taglio con cannello a fiamma ossipropionica 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 preriscaldamento dipende dal tipo di acciaio e dalla temperatura della rotaia stessa; nella tabella 1 è riportato il dettaglio di come operare.

Temperatura rotaia $\geq 5^{\circ}\text{C}$	Acciaio 900 A	Preriscaldare ad almeno $150^{\circ}\text{C}$
	Acciaio 700	Nessun preriscaldamento
Temperatura rotaia $< 5^{\circ}\text{C}$	Per qualsiasi tipo di acciaio	Preriscaldare ad almeno $150^{\circ}\text{C}$

tab. 1



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
11 di 35**

Il suddetto preriscaldamento va effettuato con cannello da preriscaldamento, prima di iniziare a tagliare, su un tratto di rotaia lungo 50 cm a partire dalla sezione di taglio; se si tratta di tagli nel corpo della rotaia la lunghezza raddoppia (50 cm per parte). 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 °C. Il controllo di detta temperatura va effettuato con idonei termometri digitali con sonda di contatto o ad infrarossi.

L'operazione di preriscaldamento non dovrà durare meno di 5 minuti, al fine di consentire l'uniforme riscaldamento della parte interna della rotaia.

Il taglio dovrà seguire immediatamente la fase di preriscaldamento.

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.2.3 FORMAZIONE PROFESSIONALE DEL PERSONALE ADDETTO AL TAGLIO AL CANNELLO  
DELLE ROTAIE**

Di norma, 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.

Allo scopo di poter effettuare gli interventi d'urgenza per anomalie d'esercizio e per agevolare e rendere più rapido il lavoro che il personale svolge per la manutenzione del binario e la manipolazione dei materiali d'armamento, le operazioni di taglio delle rotaie, a mezzo del cannello a fiamma, possono essere affidate anche al personale RFI non in possesso dell'abilitazione alla saldatura alluminotermica delle rotaie, con la condizione che tale personale sia stato sottoposto ad un preventivo accertamento, da eseguirsi a cura delle Commissioni create nell'ambito delle Zone Territoriali per i rilasci delle abilitazioni alla saldatura alluminotermica di cui alla Circolare DI TCAR CI AR 07 002 A del 19/07/2000, circa la conoscenza della tecnica esecutiva e delle norme antinfortunistiche vigenti in materia.

Ai suddetti Agenti dovrà essere rilasciato, a cura delle Commissioni di cui sopra, un Certificato di idoneità al taglio delle rotaie, da redigersi in duplice copia, delle quali una deve essere consegnata all'Agente interessato ed una conservata, da parte dell'Impianto, nella pratica personale dell'Agente stesso.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
12 di 35**

**II.3 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 superficie di rotolamento, oppure ovalizzazione dei fori stessi
- il bordo del foro più vicino alla testata sia distante da questa più di 50 mm; ciò per evitare che i fori capitino in ZTA
- preventiva otturazione del foro con apposita pasta termoisolante, oppure con dischetto d'acciaio, nel caso in cui il foro sia distante meno di 100 mm dalla testata.

I fori per lo scarico delle rotaie da 144 metri o 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, rese 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.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
13 di 35**

**II.4 CONTROLLI SULLE SALDATURE**

Le saldature, alluminotermiche ed elettriche a scintillio, non devono presentare difetti come:

- irregolarità di profilo del ringrosso
- difetti di allineamento
- inclusioni non metalliche (scoria, terra)
- inclusioni di gas
- cretti
- scarsità di materiale sulla superficie di rotolamento nella zona fusa
- incollature.

**II.4.1 CONTROLLO VISIVO E GEOMETRICO DELLE SALDATURE**

Tutte le saldature devono essere controllate visivamente e geometricamente.

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

Il controllo geometrico delle saldature, interessante la superficie di rotolamento e ambedue i fianchi del fungo 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.

Si noti che, per controllare se si è formata una cuspidi (tolleranza con segno +) sulla superficie superiore del fungo (tavola di rotolamento), si deve poggiare la riga premendola ad un estremo, mentre sotto l'altro va inserito lo spessimetro per la misurazione.

Dopo la smerigliatura finale delle saldature gli eventuali errori di allineamento, cuspidi o avvallamenti, non dovranno eccedere le tolleranze indicate nella tabella 2 sia per la tavola di rotolamento, sia per i fianchi del fungo da ambo i lati della rotaia.

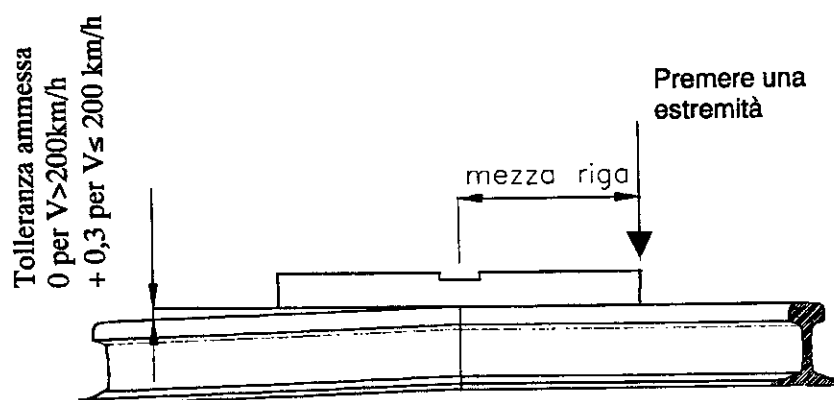
Gli spigoli fra superficie di rotolamento e fianchi del fungo devono essere ben arrotondati e raccordati con la zona al di fuori del tratto molato.

	Tolleranza ammessa sulla tavola di rotolamento	Tolleranza ammessa sui fianchi del fungo
Linea con velocità $V \leq 200 \text{ km/h}$	$\pm 0.3 \text{ mm}$	$\pm 0.3 \text{ mm}$
Linea con velocità $V > 200 \text{ km/h}$	- 0.2 mm non sono ammesse cuspidi, e cioè saldature alte	$\pm 0.25 \text{ mm}$

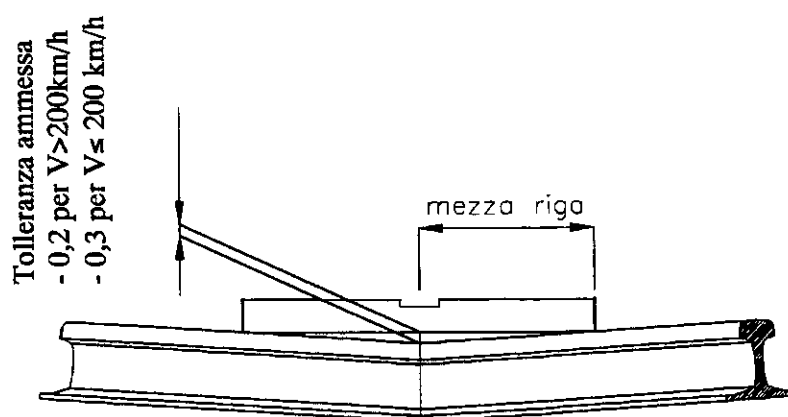
tab. 2

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

**SUPERFICIE DI ROTOLAMENTO**

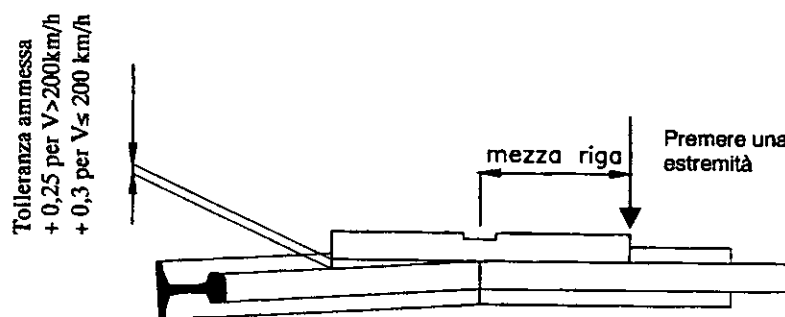


**Cuspide o saldatura alta**

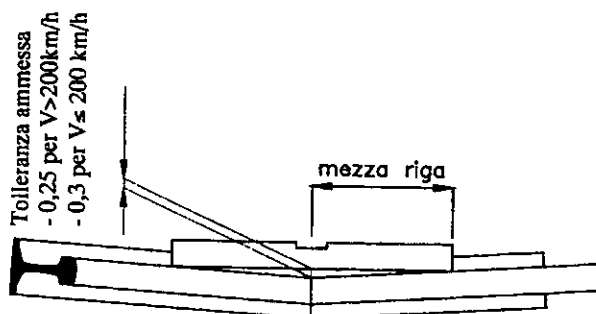


**Avvallamento o saldatura bassa**

### FIANCHI DEL FUNGO



Saldatura che provoca uno  
stringimento dello scartamento



Saldatura che provoca un  
allargamento dello scartamento

#### II.4.2 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.1.12 per le saldature alluminotermiche, e ai punti IV.1.4 e IV.1.5 per le saldature elettriche a scintillio.

#### II.4.3 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.





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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
16 di 35**

Per quanto riguarda i tempi per la verifica U.S. e i tempi d'intervento alla scoperta del difetto, essi sono indicati nell'Istruzione Tecnica DI TCAR ST AR 02 01 A del 15/11/99.

Inoltre, per consentire al nucleo US di programmare tempestivamente i controlli ad ultrasuoni sulle nuove saldature, ciascun Dirigente Tronco di Linea dovrà inoltrare al nucleo US il prospetto delle saldature da eseguire nel mese successivo e di quelle eseguite e non ancora controllate con US, secondo quanto indicato nelle "Disposizioni attuative relative alla Specifica di Istruzione Tecnica Gestione dei difetti nelle rotaie e negli scambi e relativi provvedimenti" classifica DI MAN MO IFS 002 A del 20/04/2001.

## **II.5 GESTIONE DELLE SALDATURE DIFETTOSE**

### **II.5.1 TEMPI DI INTERVENTO**

Per quanto riguarda i tempi d'intervento sulla saldatura alla scoperta del difetto, essi sono indicati nell'Istruzione Tecnica DI TCAR ST AR 02 01 A del 15/11/99 "Gestione dei difetti nelle rotaie e negli scambi e relativi provvedimenti".

### **II.5.2 TIPOLOGIE DI DIFETTI RIPARABILI**

E' consentito riparare saldature mediante apporto di metallo con elettrodi, in presenza dei seguenti difetti:

- schiacciamenti in corrispondenza della zona fusa oppure delle adiacenti zone di alterazione termica
- inclusioni di gas, scorie o terra affioranti o meno in superficie, la cui profondità non superi 25 mm dalla tavola di rotolamento, per tutti i tipi d'armamento
- lesioni trasversali in zona fusa interessanti il fungo e la cui profondità, dalla tavola di rotolamento, non superi 25 mm, per tutti i tipi d'armamento.

In presenza di altri tipi di difetti, la saldatura deve essere rifatta.

### **II.5.3 SALDATURE EFFETTUATE DA DITTE APPALTATRICI**

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).

La riparazione secondo II.5.2 di saldature eseguite da Ditte è consentita solo per i difetti che si manifestino oltre il periodo di garanzia, e vi provvede esclusivamente il personale di RFI in possesso dell'abilitazione specifica di cui alla Circolare DI TCAR CI AR 07 002 A del 19/07/2000.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

Codifica: **RFI TCAR STAR 07 001 A**

**FOGLIO  
17 di 35**

**II.6 MODALITA' PER LA RIPARAZIONE MEDIANTE APPORTO DELLE  
SALDATURE DIFETTOSE**

Le operazioni per la riparazione dei difetti indicati al punto II.5.2 comprendono le seguenti fasi:

**1. Esame visivo**

Consiste nell'accurata pulizia, mediante spazzola metallica, di tutta la saldatura e nell'osservazione dell'estensione e gravità dei difetti visibili.

**2. Preparazione della zona da riparare**

La preparazione, da effettuarsi mediante uso di mola a smeriglio, ha lo scopo di eliminare completamente la parte di saldatura interessata dal difetto, oppure lo strato superficiale incrudito esistente sulla tavola di rotolamento delle saldature e delle zone adiacenti.

Per quanto attiene le lesioni trasversali in zona fusa e le inclusioni, l'asportazione del materiale dal fungo deve essere effettuata mediante l'uso di mole a disco, eseguendo una scanalatura ad "U" con lembi leggermente svasati, di almeno 12 mm, per l'intera larghezza del fungo.

Nel caso degli schiacciamenti la preparazione può essere effettuata con l'uso di mole a tazza eventualmente integrata con l'uso di mola a disco, qualora in fase di smerigliatura della tavola di rotolamento si verifichi la comparsa di difetti per l'eliminazione dei quali si renda necessario agire in profondità in una zona ristretta. Per gli schiacciamenti, gli apporti di metallo devono avere lunghezza il più possibile limitata, allo scopo di contenere i fenomeni di abbassamento della rotaia dovuti alle tensioni di ritiro che si originano durante la fase di raffreddamento della zona trattata.

La preparazione con mola dei difetti di schiacciamento deve estendersi per una profondità di almeno 5 mm dalla tavola di rotolamento.

**3. Controllo delle superfici preparate**

Dopo l'operazione di molatura le superfici devono essere controllate mediante l'impiego di liquidi penetranti, in modo da porre in evidenza eventuali difetti non eliminati con la molatura.

Quando ciò si verifichi, la molatura andrà proseguita fino alla completa eliminazione di detti difetti, nel rispetto del limite di profondità di 25 mm.

**4. Esecuzione delle riparazioni**

Dopo l'accurata preparazione della zona da riparare occorre procedere al preriscaldamento della stessa alla temperatura di:

- 250 ÷ 300 °C per le rotaie in acciaio 700
- 350 ÷ 400 °C per le rotaie in acciaio 900A

da controllare con idonei termometri.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
18 di 35**

Tali temperature vanno mantenute durante tutta l'operazione di riparazione.

Nel caso di riparazione di schiacciamenti l'apporto deve comprendere almeno due strati di deposito ed interessare l'intera larghezza del fungo.

### **5. Finitura**

Completata l'operazione di deposito, si procede alla smerigliatura della zona riparata; nell'eseguire la molatura occorre tenere presente che, per effetto del ritiro dovuto al raffreddamento, la superficie dell'apporto subirà un abbassamento.

La smerigliatura, da controllare con riga e spessimetro, dovrà ripristinare il profilo geometrico del fungo.

Alla fase di finitura succitata dovrà seguire un accurato controllo definitivo mediante liquidi penetranti.

### **6. Tipi di elettrodi da impiegare**

I tipi di elettrodi da impiegare per effettuare la riparazione delle saldature sono i seguenti:

- per apporto su rotaie tipo 700:  
elettrodi con rivestimento basico o semibasico aventi il diametro 3,25 mm (cat. 744/627)  
oppure 4 mm (cat. 744/628)
- per apporto su rotaie tipo 900 A:  
elettrodi con rivestimento basico o semibasico aventi il diametro 3,25 mm (cat. 744/634)  
oppure 4 mm (cat. 744/635).

Gli elettrodi devono essere del tipo omologato da RFI.

### **II.7 INSERIMENTO DI 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 3,78 m oppure 6 m; il g.i.i. da 6 m è appositamente realizzato per l'installazione su curve, particolarmente su quelle di raggio minore di 1000 m, data la difficoltà di allineamento di uno spezzone corto.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
19 di 35**

– 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. da 3,78 m.

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.

Nell'inserimento di spezzoni di rotaia, sia su binari in lunga rotaia saldata che con giunzioni, si dovrà porre cura affinché non venga alterato l'equilibrio tensionale del binario e cioè che non venga aggiunto o tolto ferro.

Pertanto se l'inserimento viene eseguito su una rotaia che non ha perduto la sua continuità (assenza di rotture in tronco in campata o in saldatura) si opera come segue, viceversa se si è in presenza di una rottura in tronco si procede come indicato ai punti III.1.9 e III.1.10. .

Per spezzoni di lunghezza fino a 6 m, si applicano le procedure previste per l'inserimento delle giunzioni isolanti incollate della "Istruzione Tecnica per le giunzioni incollate di rotaie e per gli incollaggi di cuori monoblocco in acciaio fuso al Mn di deviatori – Fabbricazione – Posa in opera e connessi provvedimenti per il binario" classifica TC.C/A/011131 del 04/02/92.

Per l'inserimento di spezzoni di lunghezza superiore a 6 m su un binario in l.r.s., se si opera a temperatura delle rotaie uguale a quella di regolazione (con tolleranza di  $\pm 3$  °C) si procede slacciando gli attacchi per un tratto di lunghezza pari allo spezzone da inserire e si slacciano gli attacchi necessari a realizzare la cuspide sulla prima saldatura, si eseguono i tagli per un tratto di lunghezza  $t = \text{lunghezza dello spezzone} + 30 \text{ mm}$ ; si toglie la rotaia da eliminare e si inserisce lo



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
20 di 35**

spezzone. Si esegue la prima saldatura con luce di 25 mm. Una volta completato il raffreddamento della prima saldatura, mediante taglio si realizza la corretta luce per la seconda saldatura. Per eseguire la seconda saldatura devono essere slacciati venti attacchi per parte, si riallacciano quindi quelli eventualmente eccedenti, slacciati in precedenza per inserire lo spezzone ed eseguire la prima saldatura. Si procede infine con le modalità normali all'esecuzione della seconda saldatura.

Nel caso in cui la temperatura delle rotaie sia inferiore a quella di regolazione allora l'inserimento di uno spezzone di lunghezza superiore a 6 metri si esegue effettuando nuovamente la regolazione termica del binario.

**IL.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.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

Codifica: **RFI TCAR STAR 07 001 A**

**FOGLIO  
21 di 35**

**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).

Per saldare rotaie del profilo 50 UNI e del profilo 60 UIC, indipendentemente dalla qualità dell'acciaio di cui esse sono costituite, deve essere impiegato il procedimento PRA.

Nel caso occorra saldare tra loro rotaie di diverso profilo deve essere usato il procedimento PRL.

Si possono saldare tra loro:

- rotaie 36 UNI con rotaie 46 UNI
- rotaie 46 UNI con rotaie 50 UNI
- rotaie 46 UNI con rotaie 60 UIC
- rotaie 50 UNI con rotaie 60 UIC

Non essendo possibile saldare rotaie 36 UNI direttamente con rotaie 60 UIC, all'occorrenza bisogna effettuare due saldature promiscue, interponendo uno spezzone del profilo intermedio ( 46 o 50 ) ed effettuare le consentite saldature promiscue alle estremità.

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



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
22 di 35**

**III.1.2 SISTEMI OMOLOGATI**

Nelle tabelle seguenti sono riportati i sistemi ad oggi omologati da RFI con i relativi materiali di consumo ed attrezzature in relazione ai procedimenti, luci, armamento e tipo di acciaio. Nel caso siano omologati nuovi sistemi verranno emanate le relative Appendici di aggiornamento.

	Procedimento	Luci [mm]	Armamento	Acciaio
KLK	PRA	23 +27	60 UIC	700
				900 A
		47+53	50 UNI	700
				900 A

	Procedimento	Luci [mm]	Armamento	Acciaio
RAILTECH	PRA	23 +27	60 UIC	700
				900 A
		48+52	50 UNI	700
				900 A

	Procedimento	Luci [mm]	Armamento	Acciaio
THERMIT ITALIANA	PRA	24 +26	60 UIC	700
				900 A
		48+50 68+70	50 UNI	700
				900 A
	PRL	20+22	36 UNI	700
			46 UNI	700
			36/46	700
			46/50	700
			46/60 50/60	900 A



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
23 di 35**

**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 eseguono lavori di saldatura alluminotermica delle rotaie per conto di RFI S.p.A., deve essere in possesso dell'apposita abilitazione, attestata dal tesserino personale (non scaduto di validità) rilasciato dalla Commissione Centrale RFI, come previsto dalla Circolare DI TCAR ST AR 07 001 A del 21/03/2000.

Il personale RFI addetto alla saldatura alluminotermica è quello in possesso della specifica abilitazione prevista dalla Circolare: DI TCAR ST AR 07 002 A del 19/07/2000.

**III.1.4 MATERIALI ED ATTREZZATURE**

I materiali e le attrezzature da utilizzare devono essere di tipo prescritto; i materiali e le attrezzature prescritti sono quelli contenuti nell'anagrafica materiali del sistema informativo INRETE2000 di RFI.

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 (forme refrattarie, porzioni saldanti e fodera crogiolo) devono essere in buono stato di conservazione ed esenti da umidità; la terra refrattaria, prevista nel sistema THERMIT ITALIANA per la stuccatura delle forme, deve essere umidificata il meno possibile.

Per il dettaglio delle attrezzature, descritte anche in relazione alle differenti Ditte fornitrici, si rimanda all'Allegato 1.

**III.1.5 SALDATURA CON LUCE MAGGIORATA**

E' ammessa la saldatura con luce di 50 mm o di 70 mm in presenza di lesioni o rotture di saldature alluminotermiche in opera 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 o al massimo 70 mm.

Occorre limitare il ricorso a saldature con luce maggiorata di 70 mm ai soli casi in cui, dopo aver effettuato i tagli per eliminare la saldatura rotta, non si sia ottenuta la luce 50 mm.

Quanto sopra consente di evitare l'introduzione di spezzoni di rotaie per ripristinare la continuità delle rotaie stesse. Per tali saldature devono essere usati gli appositi materiali di consumo con le relative attrezzature.

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 normale.

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.





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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
24 di 35**

Per le luci 50 mm e 70 mm esistono apposite forme e porzioni saldanti, per i profili 50 UNI e 60 UIC, nei due tipi di acciaio 700 e 900 A, come indicato al punto III.1.2.

Per la luce 70 è necessario usare un crogiolo di dimensioni maggiori, non essendo sufficiente il tipo unificato a contenere la grande quantità di porzione saldante, oppure si può usare un crogiolo normale con anello superiore maggiorato.

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

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

Di seguito si riportano in dettaglio i parametri da rispettare nell'esecuzione di saldature alluminotermiche di rotaie, per le Ditte fornitrici.

**Tabella parametri caratteristici KLK**

Procedimento di saldatura	Profilo rotaie	Luce (mm)	Durata preriscaldamento (minuti)	Cannello KLK (n° fori)	Pressioni		Altezza cannello dalla tavola di rotolamento (mm)
					Ossigeno (bar)	Propano (bar)	
PRA	50 UNI	23 ÷ 27	1 ÷ 2	32	5	1,5	30 ÷ 35
		47 ÷ 53					
	60 UIC	23 ÷ 27					
		47 ÷ 53					

**Tabella parametri caratteristici RAILTECH**

Procedimento di saldatura	Profilo rotaie	Luce (mm)	Durata preriscaldamento (minuti)	Cannello RAILTECH (n° fori)	Pressioni		Altezza cannello dalla tavola di rotolamento (mm)
					Ossigeno (bar)	Propano (bar)	
PRA	50 UNI	23 - 27	2	22	4	1,5	50
		48 - 52					
	60 UIC	23 - 27					
		48 - 52					



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
25 di 35**

**Tabella parametri caratteristici THERMIT ITALIANA**

Procedimento saldatura	Profilo rotaie	Luce	Durata preriscaldamento	Cannello  THERMIT ITALIANA	Pressioni		Altezza cannello dalla tavola di rotolamento  (mm)
		(mm)	(minuti, secondi)	(n° fori)	Ossigeno  (bar)	Propano  (bar)	
PRA	50 UNI	24 – 26	1 + 2	32	5	1,5	30 + 35
		48 – 50	2,30				
		68 – 70	2,30				
	60 UIC	24 – 26	1 + 2				
		48 – 50	2,30				
		68 – 70	2,30				
PRL	36 UNI	20 – 22	4 + 5	22	4	1	40 + 45
	46 UNI	20 – 22	5 + 6		4,5		
	36 / 46	20 – 22	6 + 7				
	46 / 50	20 – 22	7 + 8				
	46 / 60						
	50 / 60						

Nota bene: per la durata del preriscaldamento, quando nelle tabelle è indicata una coppia di valori, si deve tenere presente che si opera in funzione delle condizioni climatiche (in condizioni di freddo si usa la durata maggiore).

**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 Circolari per l'abilitazione all'esecuzione di saldature alluminotermiche per il personale dipendente da RFI o da Ditte appaltatrici.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
26 di 35**

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 + 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 (oltre 300 °C sulla superficie esterna della rotaia); di conseguenza ci si limiterà, una volta tolti i cunei usati per creare la cuspid 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.

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 700 con 900 A) si deve utilizzare la porzione saldante per acciaio 900 A.

Esiste un limitato numero di casi in cui si possono trovare rotaie di acciai differenti da quelli considerati nella presente istruzione: si tratta di acciaio tipo 1100 (legato al Cromo) o di rotaie in acciaio 900 A trattate termicamente per ottenere, nella zona del fungo, una perlitizzazione fine. Tali rotaie, caratterizzate da una particolare simbologia di riconoscimento (vedi Allegato 1), possono essere saldate utilizzando particolari procedure, che vanno richieste alla Struttura Centrale che ha emesso la presente Istruzione Tecnica.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
27 di 35**

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 veda l'Allegato 1.

**III.1.9 SALDATURE ALLUMINOTERMICHE DI ROTAIE ROTTE IN CAMPATA**

Le rotture di rotaie in opera hanno normalmente origine da difetti interni alle stesse, che, a distanza di tempo, per l'effetto dei fenomeni di affaticamento dovuti all'esercizio, possono degenerare in rotture in tronco, ancora prima che i difetti medesimi si manifestino all'esterno e divengano visibili.

E' vietato ripristinare la continuità del binario a mezzo di saldatura alluminotermica poiché il tipo di difettosità in argomento, imputabile solitamente ad una o più fasi del ciclo di lavorazione delle rotaie può sussistere, allo stato latente, in più punti della stessa rotaia oggetto della rottura e ritrovarsi anche in altre rotaie appartenenti alla stessa colata, pertanto quando ci si trovi di fronte al tipo di rottura in questione, i provvedimenti da adottare sono:

- a) 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;
- b) controllo, mediante apparecchio ad ultrasuoni, dell'intera rotaia oggetto della rottura;
- c) introduzione di spezzone, prima ancora che si sia potuto eseguire il suddetto controllo ad ultrasuoni qualora, per giustificati motivi, il controllo ad ultrasuoni dell'intera rotaia non si possa effettuare in tempi brevissimi;
- d) sostituzione dell'intera rotaia nei casi: di esito sfavorevole del controllo stesso; di presenza di inneschi a rottura, visibili in altri punti della rotaia.

Il succitato controllo ad ultrasuoni dovrà interessare, oltre che la rotaia con rottura in campata, anche le 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).

Qualora non risultasse possibile procedere alla suddetta identificazione in quanto detta 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.

Resta comunque fermo che in tutti i casi in cui si verifica la rottura di rotaie in campata, qualora non si provveda all'intera sostituzione delle stesse, si deve sempre procedere all'introduzione di spezzoni della lunghezza prevista per il ripristino della continuità delle rotaie.

Solo nel caso in cui sia chiaro che la rottura è da attribuire a danneggiamenti o lavorazioni irrazionali della rotaia (abrasioni da slittamento, apporti di metallo con arco elettrico, urti, colpi di mazza, corrosione, saldatura di connessioni elettriche, ecc.) è consentito ripristinare la continuità delle rotaie in opera a mezzo di saldatura alluminotermica eseguita in corrispondenza della sezione di rottura con andamento pressoché verticale.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
28 di 35**

**III.1.10 RIPRISTINO DELL'EQUILIBRIO TENSIONALE A SEGUITO DI UNA ROTTURA IN TRONCO  
DELLA ROTAIA IN CAMPATA O IN SALDATURA**

Operando su binario in lunga rotaia saldata dovrà essere posta cura affinché venga ripristinato l'equilibrio tensionale che si è alterato per effetto della rottura e quindi, a seguito della saldatura di ripristino o dell'inserimento di uno spezzone, non deve essere variata la lunghezza iniziale delle rotaie (non venga aggiunto o tolto ferro).

Si descrive la procedura di ripristino della continuità della rotaia mediante saldatura quando la temperatura del ferro è inferiore a quella di regolazione:

Si misura la luce della rottura. Si esegue una bulinatura a cavallo della rottura con una distanza tra le bulinature  $d = 2 \text{ m} + \text{luce della rottura}$ . Si slacciano venticinque attacchi per parte e si applica il morsetto tendirotaie; si procede quindi al tiro fino a che tra i lembi della rottura rimanga una luce di 3 mm. Si procede poi a slacciare altri 20 attacchi per parte, ottenendo una distribuzione uniforme delle tensioni nelle rotaie. Si controlla, ed eventualmente si ripristina, la luce di tre millimetri. A questo punto si lasciano i venti attacchi più vicini alla giunzione liberi (come d'uso per eseguire una saldatura), e partendo dal ventunesimo si serrano i restanti 25 attacchi per parte. Con il morsetto in presa si procede alla realizzazione della luce di saldatura (25, 50 o 70 mm) mediante taglio; si esegue la saldatura e si accompagna il ritiro della saldatura con il morsetto tendirotaie, come d'uso; con ciò si recupereranno i tre millimetri di luce lasciati in precedenza, ripristinando la lunghezza iniziale del ferro. Si controllerà infine che le bulinature si siano portate alla distanza prevista di 2 m.

Se la temperatura del ferro è uguale a quella di regolazione, con tolleranza di  $\pm 3^\circ\text{C}$ , si slacciano venti attacchi per parte, si procede alla realizzazione della prevista luce di saldatura e successivamente si esegue la saldatura con le modalità usuali.

Anche nel caso in cui per il ripristino della continuità delle rotaia sia necessario inserire uno spezzone occorre procedere in modo tale da non alterare l'equilibrio tensionale del binario.

Di seguito si descrive la procedura per inserimento di uno spezzone da 6 m con temperatura del ferro inferiore a quella di regolazione:

Si misura la luce della rottura. Si esegue una bulinatura a cavallo della rottura con una distanza tra le bulinature  $d = 6500 \text{ mm} + \text{luce della rottura}$ . Si slacciano trenta attacchi per parte e si applica il morsetto tendirotaie a cavallo della sezione di rottura (le lunghezze delle prolunghie dovranno, ovviamente, essere tali da consentire il posizionamento dell'apparecchio con le morse oltre la posizione dei tagli). Si procede quindi al tiro fino a che tra i lembi della rottura rimanga una luce di 3 mm. Si procede poi a slacciare altri 20 attacchi per parte, ottenendo una distribuzione uniforme delle tensioni nelle rotaie. Si controlla, ed eventualmente si ripristina, la luce di tre millimetri. A questo punto a cavallo della sezione di rottura si esegue il taglio per l'inserimento dello spezzone; la lunghezza del taglio sarà  $t = 6000 + 25 + 22 \text{ mm}$ . Si inserisce lo spezzone da 6000 mm e si esegue la prima saldatura con luce di 25 mm; durante il raffreddamento di questa prima saldatura non si deve assecondare il ritiro con il morsetto in quanto lo spezzone da 6 m non è vincolato da un lato. Di conseguenza a ritiro avvenuto si otterrà per la seconda saldatura una luce pari a  $22 + \text{ritiro} = \text{circa } 25 \text{ mm}$ . Durante il raffreddamento della prima saldatura si procede al serraggio degli attacchi in modo tale da lasciarne venti slacciati da una parte e dall'altra della luce della seconda saldatura (si noti che in tal modo lo spezzone da 6 m rimane libero dagli attacchi). A raffreddamento avvenuto,



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
29 di 35**

trascorsi almeno trenta minuti dalla colata, si esegue la seconda saldatura e si accompagna il ritiro con il morsetto tendirotaie, come d'uso. Con ciò si recupereranno i tre millimetri di luce lasciati inizialmente, ripristinando la lunghezza iniziale del ferro. Si procede quindi alle operazioni di smerigliatura e serraggio di tutti gli attacchi. Si controllerà infine che le bulnature si siano portate alla distanza prevista di 6,5 m.

Se la temperatura del ferro è uguale a quella di regolazione, con tolleranza di  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , il ripristino della continuità della rotaia mediante l'inserimento di uno spezzone si esegue come descritto al punto II.7.

Il ripristino della continuità della rotaia a temperatura del ferro superiore a quella di regolazione sia essa eseguita mediante una saldatura alluminotermica o mediante l'inserimento di uno spezzone, comporta la necessità di eseguire innanzitutto tagli di scarico delle tensioni di compressione; successivamente si realizzano le luci di saldatura, ed eventualmente di inserimento dello spezzone, e si deve registrare della temperatura del ferro all'atto della chiusura dell'ultima luce; in attesa della regolazione termica del binario secondo quanto previsto dalla vigente normativa sulla I.r.s. si dovrà porre particolare attenzione al salto termico ammesso rispetto alle basse temperature.

**III.1.11 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 risulterà 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.1.12 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 l'Istituto Sperimentale RFI.

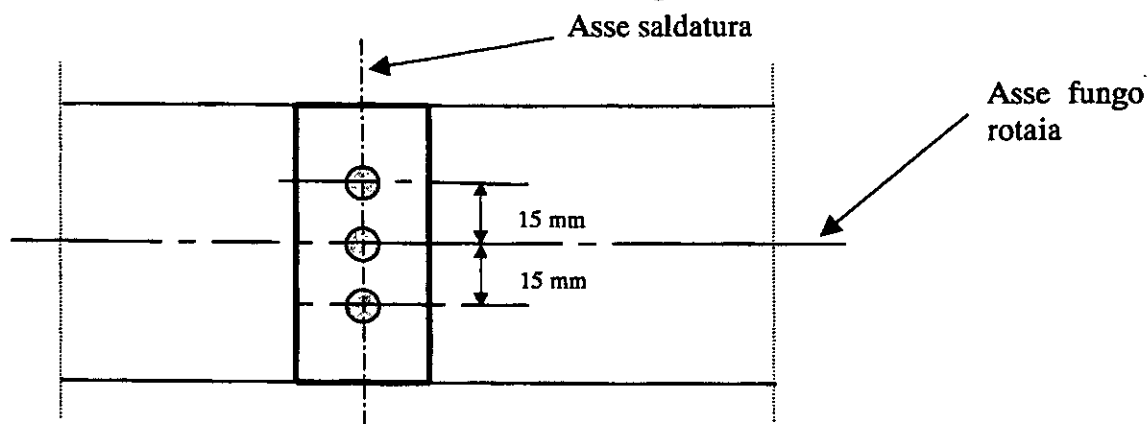
La rotaia dalla quale viene prelevato lo spezzone con la saldatura va ripristinata secondo quanto previsto al punto II.7.

**III.1.12.1 Prova di fatica**

La prova di resistenza a fatica a flessione pulsante consiste nel sottoporre lo spezzone di rotaia, poggiato con la suola su due appoggi distanti 1,10 m con la saldatura al centro, ad un carico dinamico pulsante, variabile fra 30 e 300 kN per le rotaie 60 UIC, fra 30 e 200 kN per le 50 UNI, fra 30 e 180 kN per le 46 UNI. La frequenza di prova dovrà essere compresa tra 8 e 100 Hz. La prova si ritiene superata se il campione sopporterà 2 milioni di cicli senza rompersi e non presenterà incipienti lesioni.

### III.1.12.2 Prova di durezza

La prova di durezza Brinell (29430 - 10 - 15'' - UNI EN 10003-1) viene effettuata dopo la prova di fatica, se questa ha avuto esito positivo, sulla superficie di rotolamento rifinita con smerigliatura, in corrispondenza dell'asse trasversale della ZF. Vengono eseguite tre misurazioni e la distanza tra gli assi delle impronte deve essere di 15 mm, come indicato nella figura sottostante.



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

saldatura tra rotaie acciaio 700:  $230 \div 270$  HBW

saldatura tra rotaie dure acciaio 900 A:  $275 \div 315$  HBW

Per i campioni realizzati saldando due rotaie di diversa qualità di acciaio, 700 con 900 A, si devono considerare i valori di durezza previsti per la rotaia 900 A, dato che in questo caso è previsto l'utilizzo di porzioni saldanti per le rotaie dure.

Poiché l'accettazione delle saldature è subordinata anche al rispetto dei limiti di durezza, che è diversa 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 i campioni all'Istituto Sperimentale devono obbligatoriamente indicare sul documento di accompagnamento (mod. L.37) la qualità dell'acciaio costituente i campioni. Sui campioni di rotaie saldati da inviare all'Istituto Sperimentale deve essere sempre indicato a vernice, sulla suola dei campioni stessi, il numero del relativo mod. L37.



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
31 di 35**

**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 forgatura 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 d'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 d'apporto, per cui non si rischiano inclusioni di gas o di scoria, e da ZTA più strette, 15 mm per parte contro i 30+40 mm dell'alluminotermica. 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 60 UIC e 50 UNI.

**IV.1.4 PROVE PRELIMINARI PER AUTORIZZARE L'USO DELLA MACCHINA SALDATRICE SEMOVENTE**

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 e messa a punto dei parametri di saldatura, nonché al superamento delle prove suddette.





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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
32 di 35**

La prova di piega si esegue su campioni di rotaie lunghi 1,5 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.

Il saggio viene posto con la suola su due appoggi fissi della pressa, distanti fra loro 1 m e con la saldatura equidistante dagli appoggi stessi.

Mediante la pressa viene esercitata in corrispondenza della saldatura una pressione graduale in un tempo non inferiore a tre minuti, in modo da indurre nel campione una deformazione permanente, da misurare sulla base di 1 m, rispettivamente di:

- a) rotaie acciaio 700
  - non inferiore ai 25 mm per le rotaie 60 UIC
  - non inferiore a 30 mm per le rotaie 50 UNI
- b) per le rotaie dure acciaio 900A
  - non inferiore a 11 mm per le rotaie 60 UIC
  - non inferiore a 13 mm per le rotaie 50 UNI

La suddetta pressione è esercitata con un punzone a sezione quadrata di 60x60 mm di cui alla figure seguenti.

A seguito di tale deformazione il saggio non dovrà rompersi né lesionarsi nella zona di saldatura ed in quella immediatamente circostante.

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

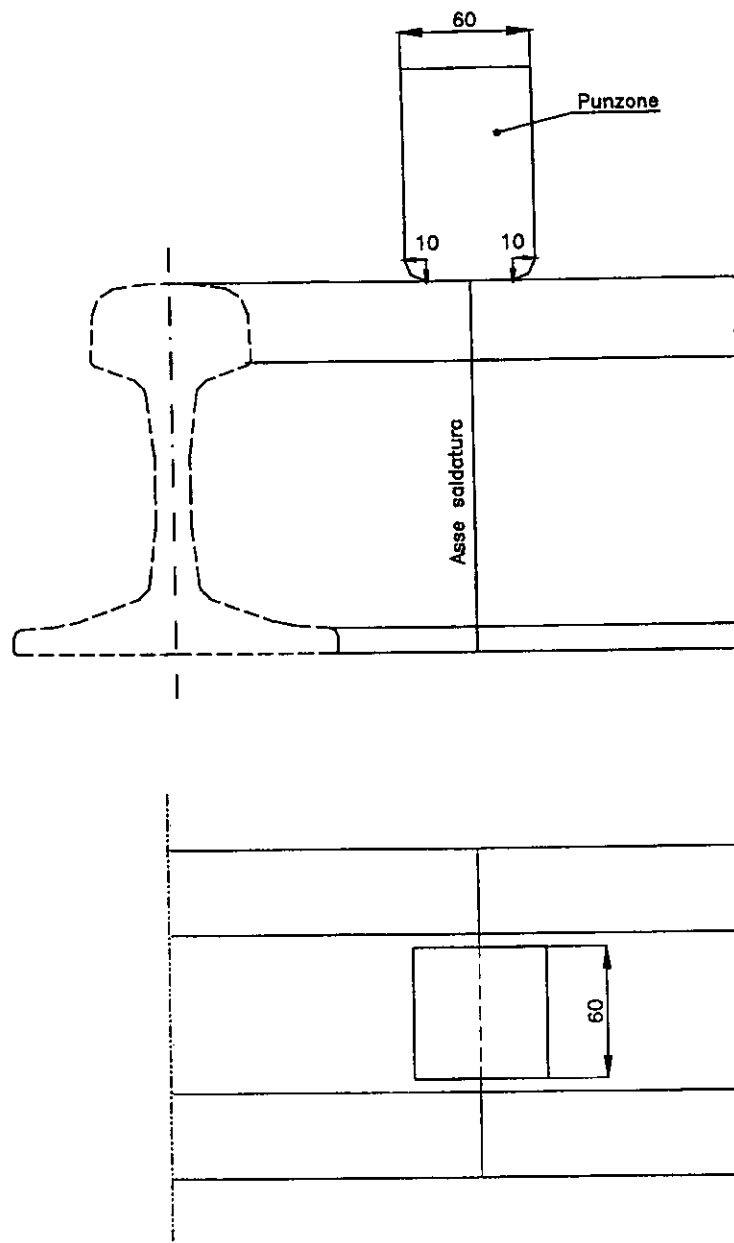


**NORME TECNICHE PER LA SALDATURA IN  
OPERA DI ROTAIE ESEGUITA CON I  
PROCEDIMENTI ALLUMINOTERMICO ED  
ELETTRICO A SCINTILLIO**

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
33 di 35**



**IV.1.5 PROVE DI PIEGA DURANTE IL PERIODO DI ESECUZIONE DEI LAVORI**

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

a) su un solo campione

- almeno una volta a settimana
- prima della ripresa dei lavori dopo un periodo di sospensione degli stessi uguale o superiore ad una settimana



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
35 di 35**

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 superficie 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.

**Molatura**

A saldatura fredda (  $T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  ) occorre procedere alla smerigliatura di finitura con mola a tazza; 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 due Allegati



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

**ISTRUZIONE TECNICA**

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

**FOGLIO  
34 di 35**

- giornalmente, prima dell'inizio dei lavori di saldatura, nei casi di mancato funzionamento dell'apparecchio di registrazione dei parametri di saldatura installato a bordo della macchina saldatrice

**b) su due campioni**

- prima che sia disposta la ripresa o l'inizio dei lavori nei casi di revisione generale della macchina che abbiano interessato la testa saldante, il circuito idraulico di alimentazione della stessa, nonché nei casi di sostituzione o riparazione di parti essenziali concernenti il circuito di saldatura della macchina stessa.

Nei casi di esito negativo della prova di piega (anche su uno solo dei campioni nel caso b), essa andrà ripetuta su un numero di campioni doppio di quelli che non hanno superato la prova, dopo l'eliminazione delle cause che hanno determinato l'esito negativo.

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.1.6 FASI OPERATIVE DELLA SALDATURA A SCINTILLIO**

##### **Allineamento delle rotaie (cuspide)**

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 riscaldamento 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.

Prima di allineare le rotaie con la cuspide 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 cuspide ottimale da attribuire alle estremità delle rotaie durante la fase di preparazione.



## LA SALDATURA ALLUMINOTERMICA

### PREMESSA

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

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 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e Alluminio (Al). Dal completamento, nell'apposito crogiolo, della reazione chimica si ottengono acciaio, con analoghe caratteristiche chimiche e meccaniche delle rotaie da saldare, e scoria ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 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 e altri elementi, che si aggiungono al Ferro per migliorarne le caratteristiche meccaniche, cioè la durezza, resistenza alla rottura e tenacità.

Nella tabella A1 sono riportati i valori rappresentativi di queste grandezze meccaniche, per i vari tipi di acciaio usato per la fabbricazione delle rotaie, e la corrispondente composizione chimica.



Tipo di acciaio	Composizione chimica						Carico di rottura	Allungamento $A_5$	Durezza tavola di rotolamento (HB)
	C	Mn	Si	Cr	P	S			
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	
700	0,4÷0,6	0,8÷1,25	0,05÷0,35	-	max. 0,05	max. 0,05	680÷830	min. 14	200÷240
900 A	0,6÷0,8	0,8÷1,3	0,1÷0,5	-	max. 0,04	max. 0,04	880÷1030	min. 10	260÷300
900 A trattata termicamente con perlizzazione fine	0,6÷0,8	0,8÷1,3	0,1÷0,5	-	max. 0,04	max. 0,04	≥ 1180	min. 9	330÷390
1100	0,6÷0,82	0,8÷1,3	0,3÷0,9	0,8÷1,3	max. 0,03	max. 0,03	≥ 1080	min. 9	320÷360



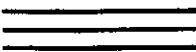
tab. A1: Acciai da rotaie

Per quanto riguarda la composizione chimica i numeri riportati indicano la percentuale in peso dei vari elementi. Per esempio, per l'acciaio tipo 700, i numeri indicano che in ogni chilogrammo di rotaia di questo tipo ci sono da 4 a 6 grammi di Carbonio (C), da 8 a 12,5 grammi di Manganese (Mn), da 0,5 a 3,5 grammi di Silicio (Si), non è presente Cromo (Cr) e la quantità di elementi indesiderati come Zolfo (S) e Fosforo (P) è limitata a non più di 0,5 grammi, poiché questi elementi peggiorano le caratteristiche meccaniche e la buona riuscita delle saldature.

Il carico di rottura a trazione indica lo sforzo, espresso in  $\text{Newton/mm}^2$ , a cui bisogna sottoporre un provino di acciaio per romperlo.

La durezza, che come si vede dalla tabella A1 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); come si vede dalla tabella, 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 con passo di circa 3 m; tali simboli sono riportati nella seguente tabella A2.

Tipo 700	Tipo 900 A	Tipo 900 A trattato termicamente	Tipo 1100
Nessun simbolo			

tab. A2: Simboli dei tipi d'acciaio da rotaie

## CLASSIFICAZIONE DELLE SALDATURE ALLUMINOTERMICHE DI ROTAIE

Attualmente sono in uso due procedimenti di saldatura identificati dalle sigle:

**PRL** (abbreviazione di preriscaldamento lungo)

**PRA** (abbreviazione di preriscaldamento abbreviato).

### Procedimento PRA

E' un procedimento basato su un tempo di preriscaldamento delle rotaie limitato, variabile da 1 a 2 minuti e mezzo, a seconda della stagione 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 è quello adottato da RFI per saldare le rotaie dei profili più diffusi: 60 UIC e 50 UNI. Esso 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 superficie 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.

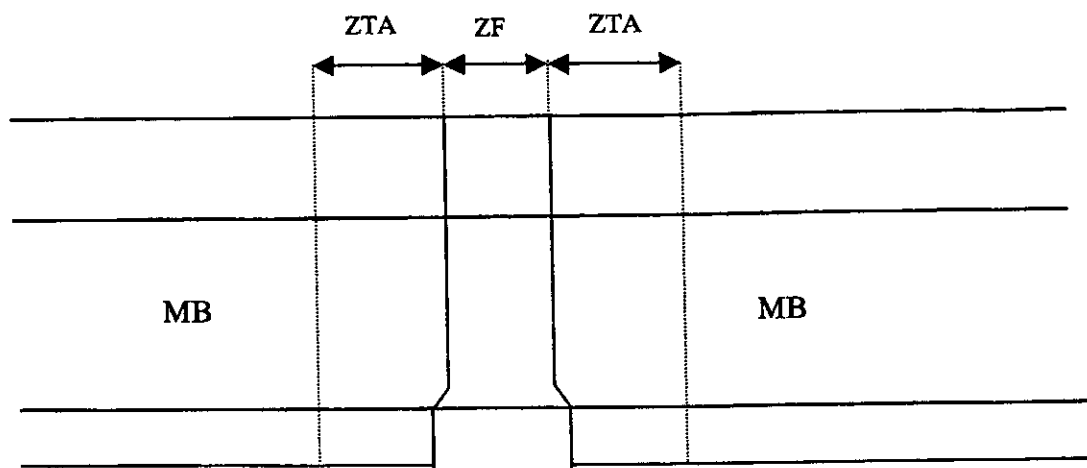


fig. A1

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).

### Procedimento PRL

Questo procedimento, precedentemente 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 per lo più il procedimento PRA, lasciando al procedimento PRL solo le saldature promiscue (rotaie di diverso profilo) e delle rotaie tipo 36 e 46 ancora esistenti.

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.





## MATERIALI DI CONSUMO

Oltre alle attrezzature, per eseguire saldature alluminotermiche occorrono i seguenti materiali di consumo :

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

### 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, 70 mm), al profilo di rotaia e al procedimento (PRA, PRL).

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 triturato 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 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 sacchetti stagni di plastica, allo scopo di impedirne l'assorbimento di umidità, per cui vanno conservate con cura in luoghi asciutti evitando eventuali forature del sacchetto che le contiene. Se le porzioni assorbono umidità non sono più utilizzabili.

Sulle confezioni dei materiali sono riportati i dati essenziali per l'individuazione, e cioè:

- profilo delle rotaie da saldare
- qualità di acciaio delle rotaie da saldare



- procedimento di saldatura (PRA o PRL)
- luce della saldatura
- nome del fabbricante
- data di confezionamento
- dati relativi ai parametri di saldatura.

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

Le candelette non vanno tenute in tasca.

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 per il procedimento THERMIT ITALIANA, mentre quelle KLK e RAILTECH sono costituite 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 il sistema RAILTECH sono disponibili due tipi di forme: una da stuccare con pasta refrattaria, l'altra, che è provvista di fettuccia autoadesiva refrattaria, viene stuccata con apposito mastice applicato con pistola; quest'ultimo tipo di forme refrattarie si presta alla saldatura tra rotaie nuove, non essendo possibile l'adattamento della forma per sfregamento sulle rotaie usurate.

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.



### **Fodera di refrattario per crogiolo**

E' realizzata in magnesite e costituisce la parte interna del corpo crogiolo che è a contatto con l'acciaio fuso durante la reazione. Deve pertanto resistere ad elevate temperature. Essa ha la caratteristica forma tronco - conica. Ha una durata che consente mediamente di eseguire  $20 \div 25$  saldature.

Nei sistemi KLK e RAILTECH, le fodere vengono fornite già con la camicia esterna in lamiera d'acciaio, mentre la THERMIT ITALIANA fornisce separatamente la fodera, da sistemare poi nel corpo del crogiolo d'acciaio adattandola con terra refrattaria.

### **Tappo autofondente per crogiolo**

E' l'elemento che viene inserito nel foro di fondo della fodera del crogiolo, 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.

Il tappo della THERMIT ITALIANA va inserito con l'apposita asta con punta magnetica, la quale va tolta solo dopo aver versato la polvere refrattaria di sigillatura tra tappo e fodera, e non prima altrimenti si rischierebbe di mandare detta polvere all'interno della parte metallica impedendone la fusione e successiva apertura del foro. Nei tipi KLK e RAILTECH, invece, la parte metallica ha una forma bombata chiusa e quindi non richiede questo accorgimento.

### **Candeleterie d'accensione**

Le candeleterie, 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  $1200^{\circ}\text{C}$ . Con le candeleterie, che per accendersi richiedono una temperatura di soli  $250^{\circ}\text{C}$  circa, si riesce ad assolvere a questo compito inserendole, una volta accese, per  $4 \div 5$  cm nella porzione saldante. Proprio a causa della bassa temperatura di innesco le candeleterie 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.

### **Terra refrattaria**

E' utilizzata nel sistema THERMIT ITALIANA; serve per stuccare gli interstizi fra rotaie e forme, una volta che queste sono state bloccate con gli appositi lamierini.

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.

#### **Pasta refrattaria**

E' utilizzata nei sistemi KLK e RAILTECH, con le stesse finalità della terra refrattaria. Va tenuta negli appositi contenitori, non va fatta essiccare e non deve essere umidificata con l'aggiunta di acqua.

#### **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 con terra refrattaria. Esso è indispensabile proprio per la presenza della terra refrattaria, 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 superficie 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**

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

Per l'esecuzione delle saldature alluminotermiche è necessario disporre della seguente attrezzatura:

- Troncatrice a disco abrasivo o sega a nastro
- Morsetto portacrogiolo da fissare alla rotaia
- Morsetto portacannello di preriscaldamento
- Portacrogiolo
- Crogiolo
- 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
- Calibro per misurare luce saldatura, altezza cannello e distanza morsetto
- Asta per introduzione tappo autofondente nel crogiolo
- Asta per espulsione tappo autofondente dal crogiolo
- Asta per togliere portascorie
- 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
- 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 attacchi Pandrol.

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



### **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 cuspide; 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 portacrogiolo**

E' l'attrezzo che va fissato ad una delle rotaie da saldare, alla giusta distanza dalla luce di saldatura con l'ausilio dell'apposito calibro. Il morsetto serve a sostenere il crogiolo, per cui bisogna prestare molta attenzione nel bloccarlo, per non correre il rischio che si inclini durante la colata. Nel tipo THERMIT ITALIANA ha anche un perno dove viene inserito il portacannello di preriscaldamento. Altra importante funzione è quella di avere dei bracci per bloccare i lamierini.

### **Morsetto portacannello di preriscaldamento**

Nel tipo THERMIT ITALIANA va inserito nell'apposito perno del morsetto di cui al punto precedente. Tale morsetto serve a tenere fisso il cannello durante l'operazione di preriscaldamento. Il morsetto portacannello va regolato in altezza e rotazione, rispettivamente tramite la ghiera posta sul perno del morsetto portacrogiolo e tramite una vite a galletto posta sul portacannello.

Infine, con due apposite manopole, si possono effettuare i piccoli spostamenti, longitudinali e trasversali, per centrare con precisione la punta del cannello nella luce di saldatura.

Nei tipi KLK e RAILTECH, invece, va fissato direttamente su una delle due rotaie, dal lato del portascorie.

### **Portacrogiolo**

Serve da sostegno al crogiolo e va inserito nel perno del morsetto fissato alla rotaia. Il portacrogiolo 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**

E' l'attrezzo dove avviene la reazione alluminotermica e si forma acciaio e scoria. Viene alloggiato nel portacrogiolo. E' fatto d'acciaio o ghisa, ha una parte caratteristica tronco conica, all'interno della quale si trova la fodera di magnesite, un anello superiore che ne aumenta il volume e un coperchio per evitare che vengano proiettati all'esterno materiali incandescenti.

### **Portascorie**

A seconda dei procedimenti ne sono previsti:

2 da agganciare ai lamierini, nella PRA THERMIT ITALIANA, a colata diretta centrale

1 da agganciare ad un lamierino nella PRL THERMIT ITALIANA, a colata indiretta laterale

1 da posare sulla rotaia dal lato opposto al crogiolo, nei tipi KLK e RAILTECH.

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

### **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.

Per il cannello tipo THERMIT ITALIANA esistono due tipi di lance, una con la punta da 32 fori, disposti su tre file, che va usata per le saldature PRA, mentre l'altra con punta da 22 fori disposti su due file si usa nelle saldature PRL.

Per il cannello tipo KLK esiste una lancia con punta da 32 fori che va usata per le saldature PRA.

Per il cannello tipo RAILTECH esiste una lancia con punta da 22 fori che va usata per le saldature PRA.

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 o 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 preriscaldamento o 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 preriscaldamento o 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 preriscaldamento o 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.

### **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 900 A 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 ce ne sono 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).

### **Calibro**

Esso ha la triplice funzione di permettere le seguenti misurazioni :

- 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 portacrogiolo dalla luce di saldatura.

### **Asta per introduzione tappo autofondente**

Essa può essere leggermente diversa per i tre sistemi omologati, in dipendenza della differente forma della parte metallica del tappo autofondente. Si deve usare 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 per frantumare ed espellere il tappo dal foro del crogiolo, 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.

#### **Asta per togliere i portascorie**

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

#### **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, tenerlo a scaldare alla 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 tranciate, 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 cuspidi di 1 + 2 mm 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 (O<sub>2</sub>)
- 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  $C_3H_8$ ) 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  $15^\circ\text{C}$ , 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.

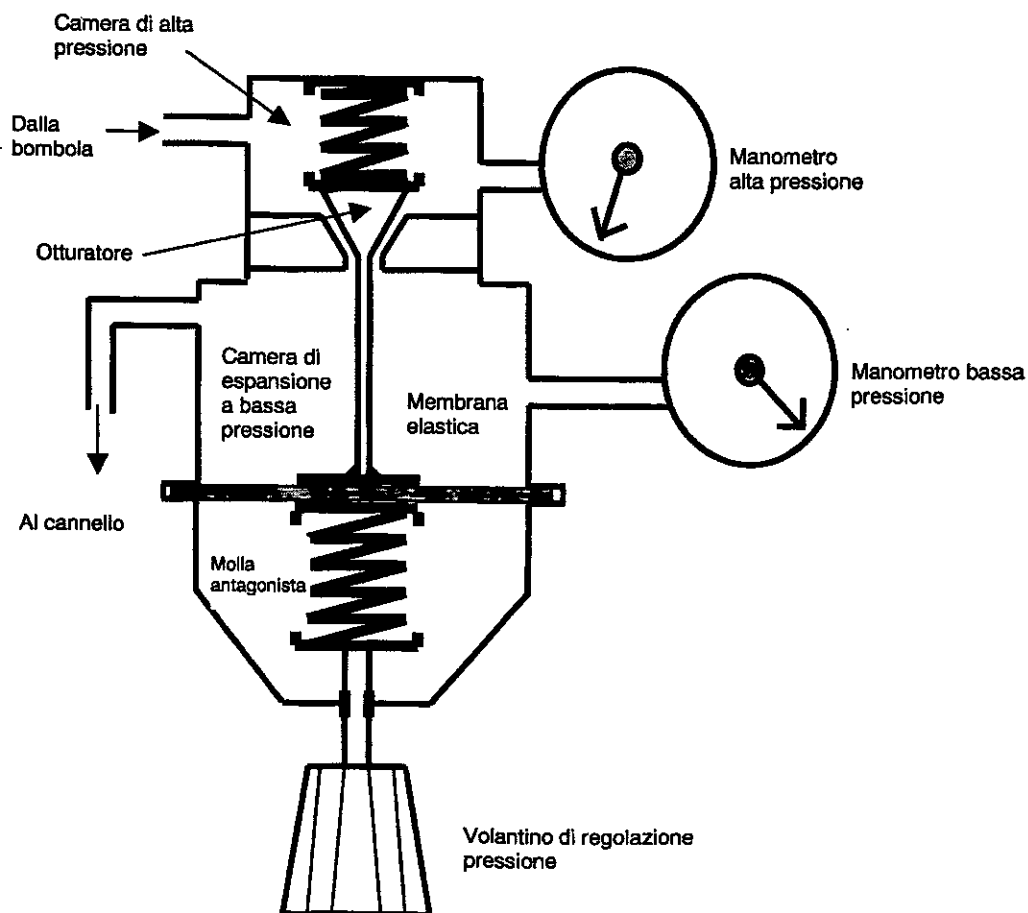
Dalla camera ad alta pressione, attraverso un passaggio regolato da un otturatore comandato per mezzo di un volantino, l'Ossigeno entra nella camera a bassa pressione che a sua volta, oltre ad essere in comunicazione con il cannello, è comunicante con un manometro di bassa pressione, che indica la pressione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



### **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.

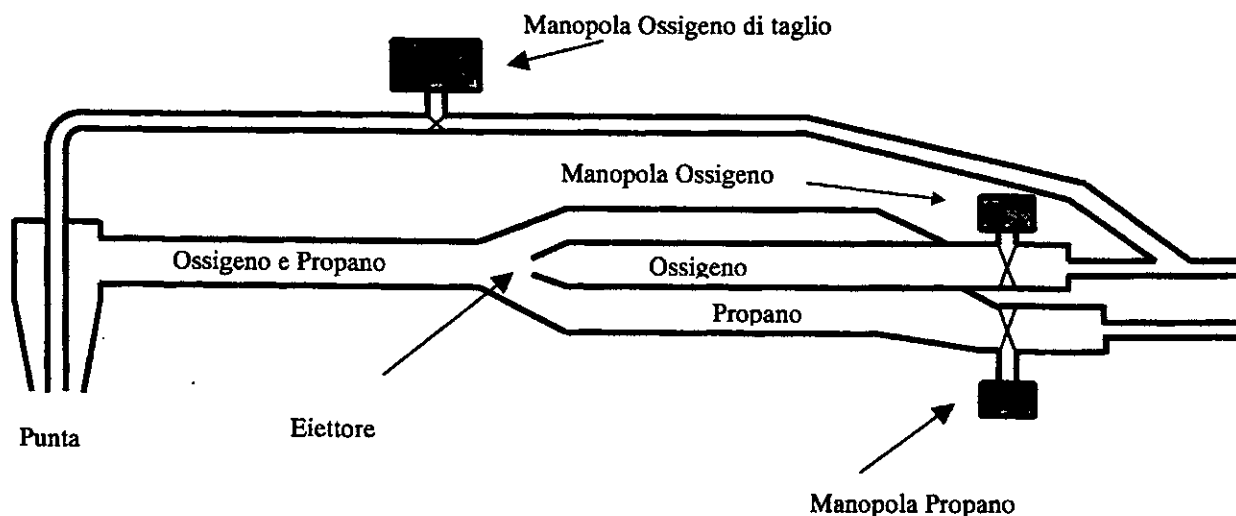
In caso si verifichi un intervento delle valvole a causa di un ritorno di fiamma, le valvole ne risultano danneggiate e di conseguenza devono essere immediatamente sostituite.

### **Cannello da taglio ossipropanico**

Nella seguente figura 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.



### **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 superficie 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.

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.

- Preparazione del giunto da saldare
- montaggio forme
- preparazione del crogiolo
- preriscaldamento
- colata
- tranciatura del ringrosso
- sgrossatura e smerigliatura finale.

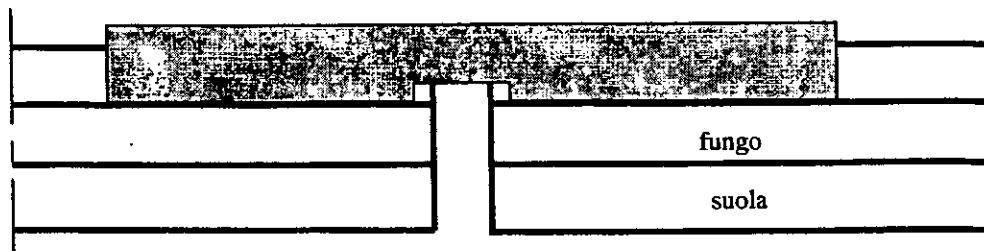
### Preparazione del giunto da saldare

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).

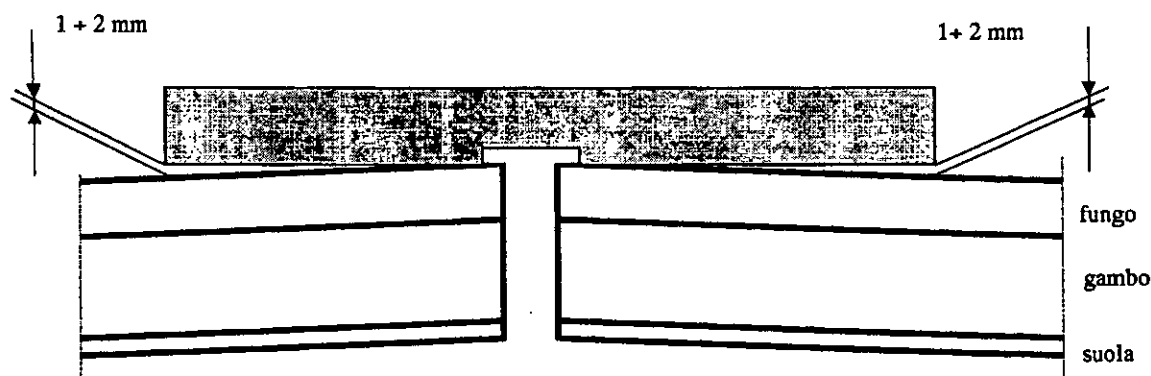
L'allineamento dei fianchi dei funghi deve essere preciso. Bisogna prestare attenzione affinché anche le soles siano allineate.



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 mm di spazio se si salda con luce di 25 mm
- 1,5 mm di spazio se si salda con luce di 50 mm
- 2 mm di spazio se si salda con luce di 70 mm.



Allineamento superficie di rotolamento

### Montaggio forme

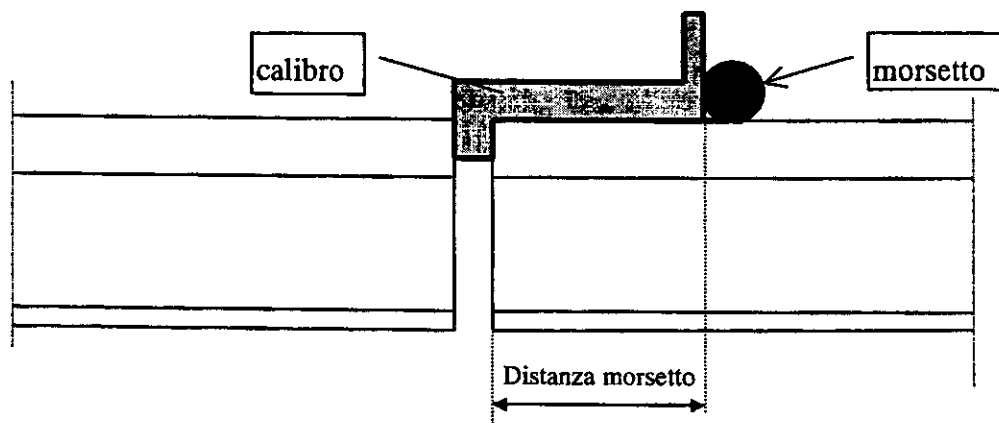
Le forme in refrattario vanno scelte in base al procedimento di saldatura (PRL o PRA), al profilo delle rotaie da saldare e alla luce.

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 portacrogiolo su una rotaia; 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.



Si installa il portacannello e se ne controlla la posizione, inserendo il cannello e regolandone l'altezza. Quando la punta del cannello sfiora il relativo calibro posato sulla rotaia, 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, dopo aver riempito con terra, per il sistema THERMIT ITALIANA, la scanalatura alla base delle semiforme. Le semiforme vanno centrate, rispetto alla luce di saldatura, e affacciate perfettamente tra loro senza presentare gradini.

Si procede quindi alla stuccatura degli interstizi tra forme e rotaie; a seconda del sistema si usa una speciale pasta o terra refrattaria.

La RAILTECH produce anche delle forme che portano una fettuccia autoadesiva, in materiale refrattario, nella zona di contatto con le rotaie per cui, non essendo possibile adattare le forme per sfregamento sulle rotaie, vanno usate solo per saldature tra rotaie nuove.

Vanno quindi agganciati ai lamierini i portascorie (nella PRL un portascorie e un portapozzetto di colata). Nel procedimento KLK e RAILTECH c'è un solo portascorie che viene poggiato sulla rotaia dal lato opposto al morsetto.

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**

Per il crogiolo tipo THERMIT ITALIANA, quando viene montata la fodera nuova si deve usare terra refrattaria ben umida così da essere sufficientemente plasmabile per l'adattamento e sigillatura della fodera nel corpo del crogiolo; di conseguenza il crogiolo può essere utilizzato solo dopo qualche giorno, per fare evaporare completamente l'umidità della terra.

Per i crogioli tipo KLK e RAILTECH la fodera è fornita già priverivestita da lamiera e va stuccata l'unione fodera priverivestita (crogiolo) con la prolunga; anche in questo caso occorre far essiccare completamente il tutto.

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.

Si versa la porzione saldante nel crogiolo.

### **Preriscaldamento e colata**

Prima di iniziare le operazioni di preriscaldamento assicurarsi che la zona sottostante il giunto da costituire sia ben asciutta, che i pozzetti raccogliscorie 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 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 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 + 5 m dal crogiolo. In presenza di vento le persone si devono mettere sopravento rispetto al crogiolo. Ciò vale anche per l'addetto all'innescò che deve avvicinarsi al crogiolo nella stessa direzione in cui spira il vento e deve allontanarsi procedendo in senso inverso dopo l'innescò.

In ogni caso l'addetto all'innescò 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 si procede come segue:

– Per il procedimento (PRA)

Togliere il cannello senza spegnerlo.

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

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.

Accendere la candeletta 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 candeletta inserita nella porzione ma , dopo aver atteso un tempo sufficiente ad escludere che la reazione si sia innescata, procedere con una nuova candeletta per ripetere l'innesco.

– 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 candeletta con il cannello e inserirla nella porzione per  $4 \div 5$  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 candeletta inserita nella porzione ma , dopo aver atteso un tempo sufficiente ad escludere che la reazione si sia innescata, procedere con una nuova candeletta per ripetere l'innesco.

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.

Togliere i raccoglitori di scoria (e porta pozzetto di colata nella PRL), con l'apposita asta, 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.

Trascorsi almeno 3 minuti dalla colata, 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, trascorsi  $6 \div 7$  minuti dalla colata, 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.

Il controllo della geometria del giunto va effettuato con la riga d'acciaio da 1 m.

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 apposite porzioni saldanti, forme e relativi lamierini portaforme.

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

Le saldature promiscue si eseguono con il procedimento PRL ed i relativi parametri di saldatura da rispettare sono riportati nella tabella al punto III.1.6.

### **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 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 700 per saldare rotaie dure 900 A 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,  $2730^{\circ}\text{C}$ , 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.



ALLEGATO ALLE NORME TECNICHE PER LA  
SALDATURA IN OPERA DI ROTAIE ESEGUITA  
CON I PROCEDIMENTI ALLUMINOTERMICO ED  
ELETTRICO A SCINTILLIO  
RFI TCAR STAR 07 001 A

Allegato 2

FOGLIO  
3 di 3

### **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.