



<b>Titolo</b> <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	<b>Identificativo</b> <i>document no.</i> <b>700RM14020</b>	<b>Rev.</b> <i>rev.</i> <b>0</b>	<b>Pag.</b> <i>page</i> <b>2</b>	<b>Di</b> <i>of</i> <b>17</b>
	<b>Identificativo Contratto ENEA</b> <i>ENEA Contractual ID no.</i> <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

## SOMMARIO / [SUMMARY](#)

1.	INTRODUZIONE / INTRODUCTION .....	3
	Acronimi / Acronyms.....	3
2.	DESCRIZIONE / DESCRIPTION .....	3
	2.1 Dettaglio delle attività / Activity details.....	8
3.	PRE-CURVATURA CONDUTTORE / CONDUCTOR PRE-BENDING.....	15
4.	RISULTATI DEI TEST E CONCLUSIONI / TEST RESULTS AND CONCLUSIONS .....	16
5.	RIFERIMENTI / REFERENCES.....	17

Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i>	Identificativo document no. <b>700RM14020</b>	Rev. rev. 0	Pag. page 3	Di of 17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

## 1. INTRODUZIONE / *INTRODUCTION*

Ciascuno dei 6 conduttori, di tipo “cavo in condotto”, che costituiscono una bobina di JT60SA TFC ha un ingresso He saldato direttamente sul condotto a circa metà della sua lunghezza. L’elio entra all’interno del conduttore e fuoriesce dalle due estremità attraverso le giunzioni elettriche.

Nel presente documento vengono presentati i risultati delle prove di saldatura dell’inserito per ingresso He (He-inlet) per la qualifica del processo.

I campioni sono stati realizzati secondo i documenti elencati qui di seguito.

*Each of the six lengths of cable-in-conduit superconductor in a TF coil has a He inlet fitting welded onto the jacket half way along its length.*

*The He enters the conductor at this mid point and leaves at the two ends through the superconducting joints*

*This document describes the test results of the welding qualification process about He inlet of JT60SA double pancakes.*

*These samples have been manufactured according to the following documents*

- SPT-JT60SA-01 rev.0 JT60SA – Technical specification for manufacture of 9 Toroidal Field Coils
- ASG doc. n.700RM13849 rev.1 (s.t ASG / *ASG tech. spec.*)
- SPT-JT60SA-01 rev.0 (spec.tecn. ENEA / *ENEA tech. spec*)
- QCPJT60TF-ASG-90.13646 rev.3 (Piano di Controllo ASG / *ASG Control Plan*)

### Acronimi / *Acronyms*

TFC = Bobina di campo toroidale / *Toroidal Field Coil*

TC = termocoppia / *thermocouple*

IIS = Istituto Italiano della Saldatura

## 2. DESCRIZIONE / *DESCRIPTION*

L’attività di qualifica del processo svolta in due fasi.

### Prima Fase - Definizione dei Parametri di Processo

Questa prima fase ha avuto come scopo principale la definizione dei parametri di saldatura, mentre durante la seconda fase è stato realizzato il campione ufficiale di qualifica del processo.

In particolare durante la prima fase sono state eseguite prove di lavorazione meccanica del jacket per realizzare l’apertura sul jacket e sono stati messi a punto i parametri di saldatura (corrente, frequenza, tempi di saldatura, tempi di attesa per il raffreddamento, etc).

Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo document no. <b>700RM14020</b>	Rev. rev. 0	Pag. page 4	Di of 17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

Per tale attività sono stati impiegati sia spezzoni di tubo 25x25 mm, sp. 2 mm in AISI 316L all'interno del quale è stato inserito un lamierino sp. 0.02 mm e una treccia di rame per simulare il conduttore, sia campioni di cavo conduttore.

Tra la treccia di rame e il lamierino sono state inserite n. 4 termocoppie (TC-1 ÷ TC-4) per il controllo della temperatura interna durante la saldatura.

All'esterno è stata inserita una termocoppia (TC-5) che registra la temperatura del jacket: tale termocoppia simula quella che verrà realmente installata sul cavo del doppio pancake (DP) al momento della saldatura dell'ingresso He.

Altre prove sono state invece eseguite utilizzando spezzoni di conduttore 22x26 mm, sp. 2 mm e adottando lo stesso schema di posizionamento delle termocoppie.

*The qualification process activities have been divided in two phases.*

#### First Phase – Welding Parameters Definition

*The aim of this first phase was about the definition of welding parameters, while the second one was about the manufacturing of the qualification sample.*

*In particular, during the first phase some test have been performed to machine the window on the jacket, while the aim of second one was the definition of the welding parameters (current, frequency, welding time, waiting time between welds, etc.).*

*About these activities both AISI 316L tubes 25x25 mm, th. 2 mm, with inside a copper cable and a s.s shims (th.0.02 mm) in order to simulate the real conductor configuration, both conductor samples have been used.*

*N.4 thermocouples (TC-1 ÷ TC-4) has been fixed between the s.s. shim and the copper cable to monitor the temperature of the cable during welding.*

*Another thermocouple (TC-5) has been fixed onto the external wall of the jacket: this thermocouple simulate the one that will be put on the real conductor of the DP during the welding of the He inlet.*

*Same test have been performed by using some samples of the real conductor 22x26 mm, 2 mm thickness, with the same system of thermocouples for the monitoring of temperature.*



Titolo

**Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove**

**He-inlet welding qualification procedure: test results**

Identificativo  
document no.

**700RM14020**

Rev.  
rev.

0

Pag.  
page

5

Di  
of

17

Identificativo Contratto ENEA  
ENEA Contractual ID no.

**RT-JT60TF-ASG-14020**

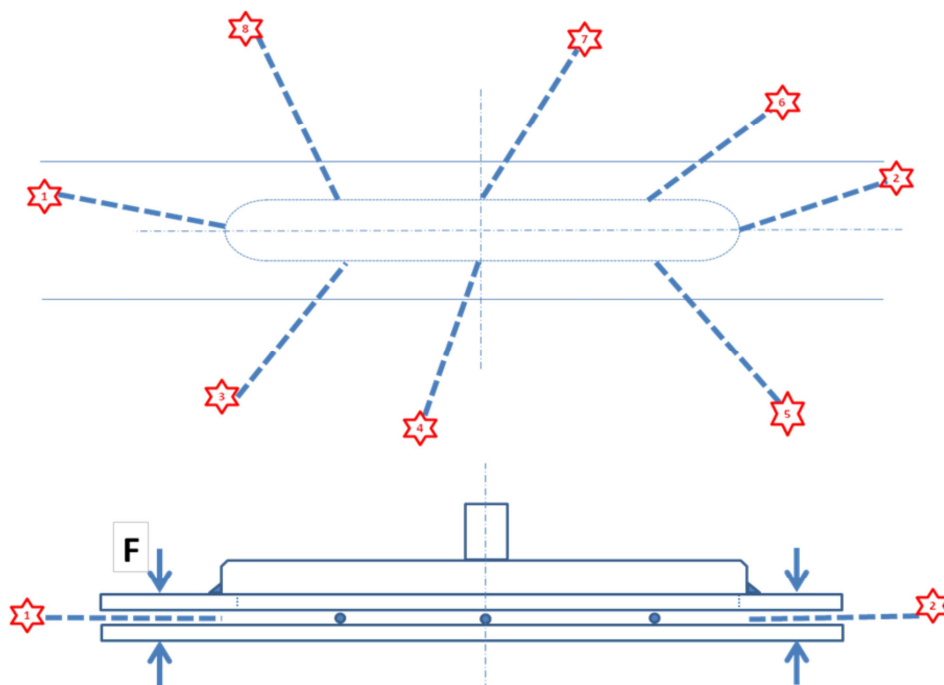


Fig.1 - Identificazione saldature iniziali / *First welds identification*

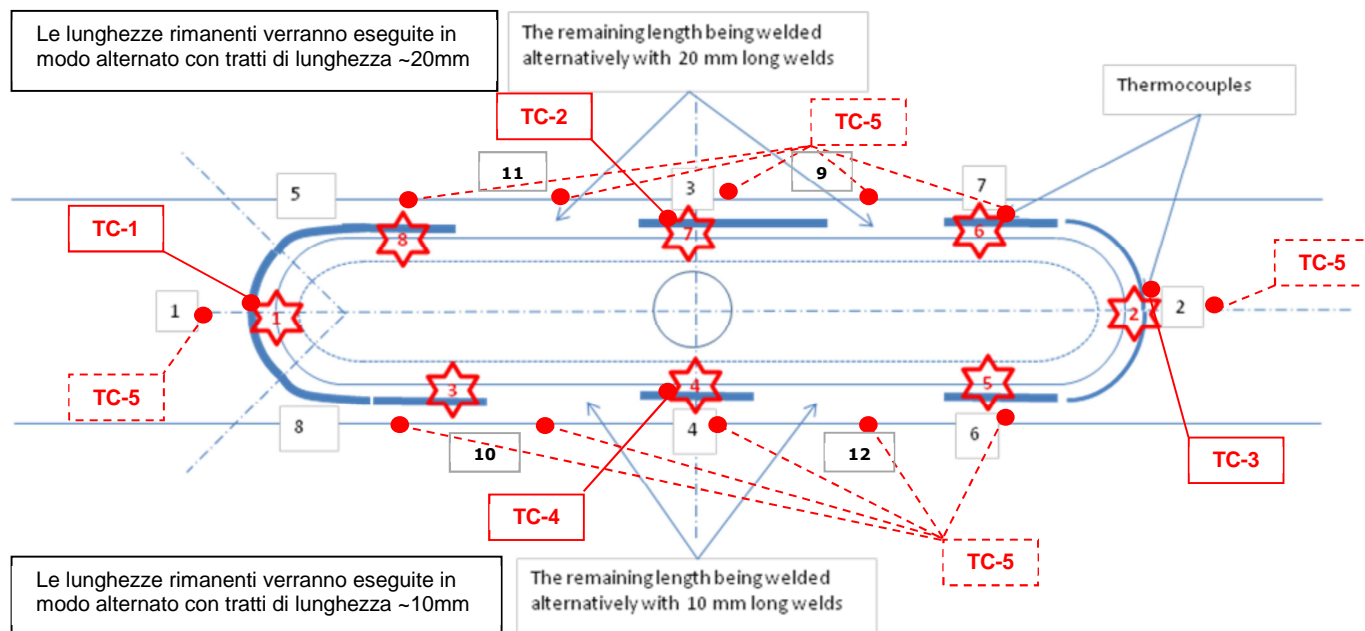


Fig.2 - Identificazione saldature di completamento (1 ÷ 12) e posizione termocoppie (TC-1 ÷ TC-4 +TC-5 esterna, posizionata sul jacket a seconda del tratto dalla saldatura)  
*Welds identification (1 ÷ 12) and positioning of thermocouples (TC-1 ÷ TC-4 +TC-5 external TC, moved on the jacket on different positions)*

Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo <i>document no.</i> <b>700RM14020</b>	Rev. <i>rev.</i> 0	Pag. <i>page</i> 6	Di <i>of</i> 17
	Identificativo Contratto ENEA <i>ENEA Contractual ID no.</i> <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

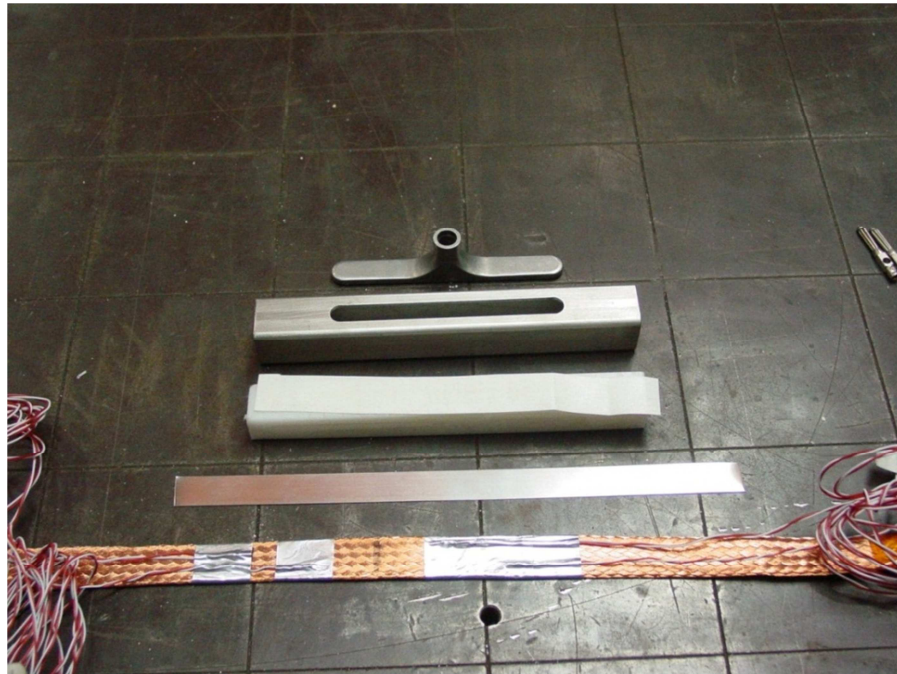


Fig.3 - Componenti per test preliminare: inserto ingresso He, tubo 25x25mm, riempitivo in nylon, lamierino sp=0.02mm, treccia in Cu con termocoppie  
*Components for preliminary test: He inlet, 25x25mm tube, filler, s.s. shim th=0.02mm, Cu cable with thermocouples*

## Seconda Fase – Realizzazione campioni di qualifica e test

La seconda fase è quella che ha portato alla qualifica vera e propria del processo.

Per l'esecuzione delle prove di qualifica è stato necessario realizzare due campioni distinti:

- 1) un campione realizzato con cavo "dummy" (id. **TFQL-3**) per qualificare la saldatura in termini di tenuta a vuoto e in pressione, per analisi micro e macrografica
- 2) un campione realizzato con cavo s.c. (id. **TFSL-3**) per qualifica della saldatura in termini di caratteristiche del superconduttore (assenza di degrado del NbTi)

La saldatura è stata realizzata utilizzando i parametri di saldatura messi a punto durante la prima fase. Inoltre la saldatura è stata sottoposta ad una lavorazione meccanica mediante fresatura del cordona di saldatura allo scopo di distendere il materiale e ottenere un miglioramento della resistenza a fatica.

Entrambi i campioni sono stati sottoposti di analisi mediante test sia distruttivi che non distruttivi in accordo a quanto specificato nel Piano Controllo QCPJT60TF-ASG-90.13646 rev.3

Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo document no. <b>700RM14020</b>	Rev. rev. 0	Pag. page 7	Di of 17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

Qui di seguito sono riassunte la attività di test:

- controllo visivo e mediante liquidi penetranti prima e dopo cicli termici in azoto liquido (n.3 cicli termici 300K - 77K - 300K con permanenza in temperatura di 10 min.)
- controllo visivo, controllo mediante liquidi penetranti e radiografico (da parte IIS) dopo lavorazione meccanica del cordone di saldatura per migliorare la resistenza a fatica
- test in pressione e di tenuta a vuoto con He a P=25 bar / 1 h
- analisi micrografica e macrografica di n.3 campioni di sezione della saldatura (da parte IIS)
- test di corrente critica su strands estratti dalla zona termicamente alterata (da parte ENEA)

Tutte le prove di qualifica sono state eseguite in presenza di personale ENEA e di un Ente Terzo, Istituto Italiano di Saldatura (IIS).

### Second Phase – Manufacturing of qualification samples and test

*The second phase was about the real qualification of the process.*

*In order to perform all the qualification tests, two different samples have been manufactured:*

- 1) a sample, made by a dummy cable (id. **TFQL-3**), has been dedicated to the qualification of the welding process in terms of pressure and He leak tightness*
- 2) a sample, made by a s.c. cable (id. **TFSL-3**), has been dedicated to the qualification of the welding process in terms of characteristics of the superconductor (no degradation of NbTi)*

*Weld has been made by using the parameters fixed by the preliminary activities during the first phase.*

*Besides the weld has been machined by grinding in order to reduce tension inside the material so to increase the fatigue resistance of the material.*

*The quality of both samples have been checked by means of destructive and non-destructive tests according to Quality Control Plan QCPJT60TF-ASG-90.13646 rev.3.*

*Here after the testing activities are listed:*

- visual check, dye penetrant test before and after thermal cycles in liquid nitrogen (n.3 thermal cycles 300K - 77K – 300K with temperature steady state 10 min.)*
- visual check, dye penetrant test and radiographic test (by IIS) after milling of weld to improve fatigue resistance of the material*
- pressure and He leak test at P=25bar / 1h*
- micrographic and macrographic analysis of n.3 samples of sections of TIG welds (by IIS)*
- critical current test of strands extracted from temperature affected zone (TAZ) (by ENEA)*

*Qualification test has been performed under the witness of ENEA personnel and Third Party Authority personnel (Istituto Italiano della Saldatura - IIS)*

Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo document no. <b>700RM14020</b>	Rev. rev. 0	Pag. page 8	Di of 17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

## 2.1 Dettaglio delle attività / *Activity details*

### Lavorazione meccanica del jacket

La lavorazione meccanica del jacket è stata eseguita con una particolare fresa di diametro 10.0mm. realizzata appositamente per questo lavoro.

Dopo aver opportunamente posizionato il conduttore sull'attrezzatura, si inizia la fresatura del jacket asportando 1.9 mm in 6 passate successive, quindi con asportazione di circa 0.03 mm per passata.

Si procede quindi alla rimozione manuale della lamina in acciaio (sp. 0.02 mm) di protezione degli strands. (Fig.3)

E' importante segnalare la criticità di tale operazione a causa dell'irregolarità della treccia degli strands che a volte non sono perfettamente allineati tra loro, bensì sovrapposti. (v. Fig.4) relativa ad una prova di rimozione del jacket su una lunghezza di 310 mm).

### *Machining of the jacket*

*The machining of the jacket has been performed by using a dedicated milling machine 10.0mm diameter.*

*After the positioning of the cable onto the milling machine, operation starts by removing 1.9mm of material from the jacket in 6 steps of  $\approx 0.03$ mm of removal.*

*Then a manual removal of the s.s. protection sheet (th. = 0.02mm) has been performed. (Fig.3)*

*It is important to underline that this operation is very critical because of a no good alignment of the strands that sometimes are slightly overlapped one each other (see Fig.4 regarding a test of removal of 310mm of length of jacket).*

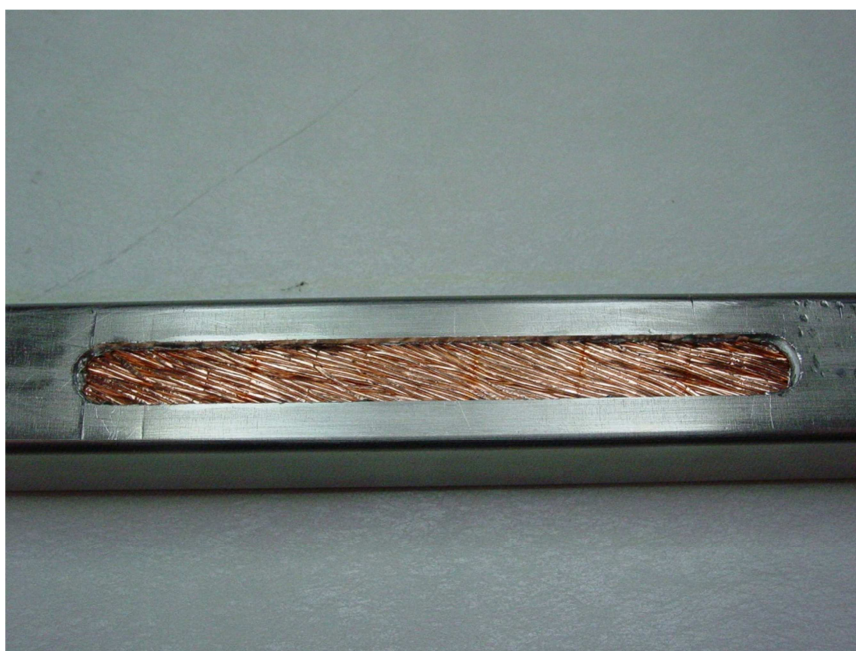


Fig.4 - Lavorazione meccanica del jacket / *Machining of the jacket*



Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo document no. <b>700RM14020</b>	Rev. rev. 0	Pag. page 9	Di of 17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			



Fig.5 - Rimozione del jacket per analisi visiva dello stato del conduttore  
*Removal of the jacket to perform a visual check of the conductor*

### Saldatura dell'ingresso He

La procedura inizia con la puntatura dell'inserto (Fig.1), quindi viene eseguita la saldatura a tratti seguendo la sequenza indicata in Fig.2.

Durante questa fase di ricerca dei parametri ottimali sono state eseguite prove a differenti valori di corrente sia con alimentazione in corrente continua (DC) che in pulsato.

I dettagli dell'esecuzione delle prove di saldatura (pre-qualifica) sono riassunte in Tabella 1

Al termine della campagna di test preliminari sono stati definiti i seguenti parametri di saldatura da applicare per l'esecuzione della prova di qualifica del processo:

- metodo: TIG DC con apporto di materiale, elettrodo tungsteno (W) diam. 2.4 mm
- corrente:  $I(A) = 55$  A (DC)
- lunghezza del singolo tratto: da 20 a 25 mm
- velocità: da 29 a 38 mm/min (dipendente del tratto interessato)

Le temperature registrate durante la saldatura variano da 130 °C (sul cavo conduttore) a 360 °C (sul jacket in prossimità della termocoppia). Solo in un caso la temperatura di una termocoppia ha raggiunto 500 °C per un tempo di circa 3 sec. situazione accettabile in quanto la specifica tecnica richiede che non si superi la temperatura di 500 °C per 30 sec. La registrazione delle temperature durante la prova di qualifica è riportata nella seguente fig. 5.1.

### He inlet welding

*The procedure starts with the spot welding of the He inlet (Fig.1), then welding process continues with the sequence of operation as showed in Fig.2.*

*During this preliminary phase of research of the correct welding parameters, different test have been performed both with direct current (DC) and with pulsed current.*

*Details of execution of pre-qualification welding tests are summarized in the following Table 1.*

<b>Titolo</b> <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b>He-inlet welding qualification procedure: test results</b>	Identificativo document no.	Rev. rev.	Pag. page	Di of
	<b>700RM14020</b>	0	10	17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

At the end of these preliminary tests, the following welding parameters have been fixed.  
They will be used for the qualification process :

- method: TIG DC with filler material, tungsten (W) diam. 2.4 mm
- current:  $I(A) = 55 \text{ A (DC)}$
- length of a single weld: from 20 to 25 mm
- speed: from 29 to 38 mm/min (depending on the weld position)

During welding, recorded temperatures are from 130°C (on the conductor) to 360°C (on the jacket near the TC). Only in one case the temperature recorded by a TC reached 500°C on 3 sec. about: this situation is fully acceptable and in agreement with the requirements of the technical specification (max T 500°C / 30 sec.). The temperature profile during qualification welding is reported in the following fig. 5.1.

#	Corrente <i>Current</i>	Modo / <i>Mode</i>	N°tratti di saldatura <i>Nr. of welds</i>	L tratto di saldatura <i>Weld length</i>	Note / <i>Remarks</i>
1	55 A DC	DC	6	35-40 mm	
2	110-120 A AC	pulsato / <i>pulsed at</i> f=10Hz	6	35-40 mm	
3	110 A AC	pulsato / <i>pulsed at</i> f=10Hz	6	35-40 mm	
4	110 A AC	pulsato / <i>pulsed at</i> f=10Hz	12	20-25 mm	flussaggio Ar nel conduttore / <i>Ar flow inside conductor</i> = 14 lt/min
5	55 A DC	DC	12	20-25 mm	flussaggio Ar nel conduttore / <i>Ar flow inside conductor</i> = 14 lt/min

Tabella 1 / *Table 1*

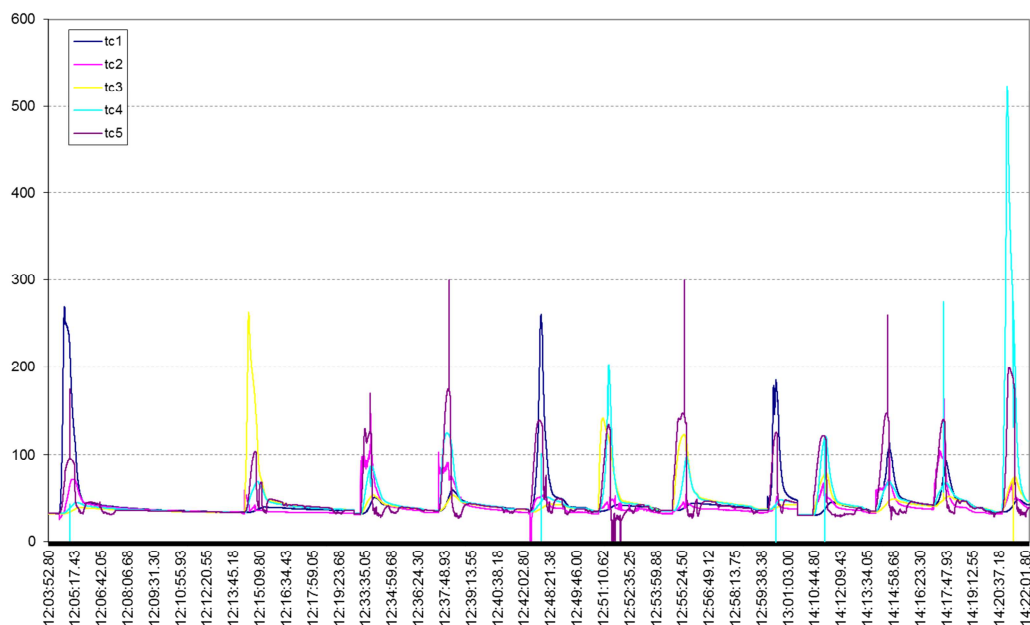


Fig.5.1 - Profilo di temperatura in saldatura / *Temperature profile during welding*

Titolo

title

**Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove**

***He-inlet welding qualification procedure: test results***

Identificativo  
document no.

**700RM14020**

Rev.  
rev.

**0**

Pag.  
page

**11**

Di  
of

**17**

Identificativo Contratto ENEA  
ENEA Contractual ID no.

**RT-JT60TF-ASG-14020**

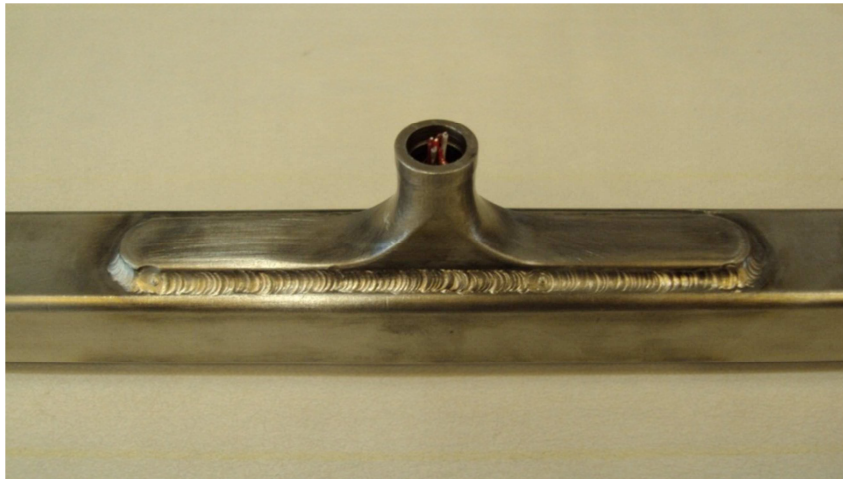


Fig.6 - Test preliminare per controllo delle temperature: inserto He inlet saldato su campione di conduttore 22x26 mm  
All'interno sono state posizionate le termocoppie sec. lo schema di Fig.2

*Preliminary test for temperature control: He inlet welded on a 22x26 mm conductor sample  
Inside TCs have been positioned according to Fig.2 scheme*



Fig.7.1 - 7.2 - 7.3 - Dettaglio lavorazione campione per prova di qualifica  
*Sample for qualification process: machining details*



Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo document no. <b>700RM14020</b>	Rev. rev. 0	Pag. page 12	Di of 17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			



Fig.8 - Campione di qualifica / *Welding qualification sample*

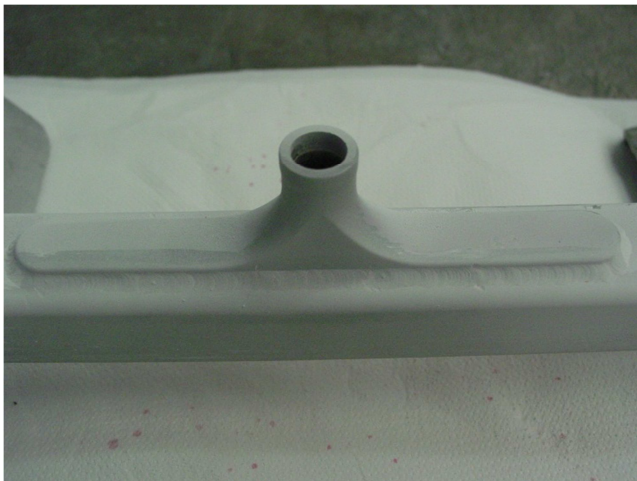


Fig.9.1-9.2 - Test liquidi penetranti / *Dye penetrant test*

#### Lavorazione meccanica del cordone di saldatura

Scopo di tale lavorazione è eliminare possibili tensioni all'interno del materiale.

Durante il normale funzionamento del magnete, il conduttore viene infatti sottoposto a dilatazioni e contrazioni generate sia dall'energizzazione del magnete stesso che dai cicli di raffreddamento e riscaldamento.

La lavorazione meccanica è stata eseguita manualmente con una fresa di dimensioni adatte allo scopo.

Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo document no. <b>700RM14020</b>	Rev. rev. 0	Pag. page 13	Di of 17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

#### Mechanical machining of weld

*The aim of this job is to reduce possible tensile stress from inside of the welded material.*

*In fact, during normal operation cycle of the magnet, the conductor will be subject to expansion and contraction caused by energization and by thermal cycles.*

*The machining as been performed manually by using a small milling tool.*

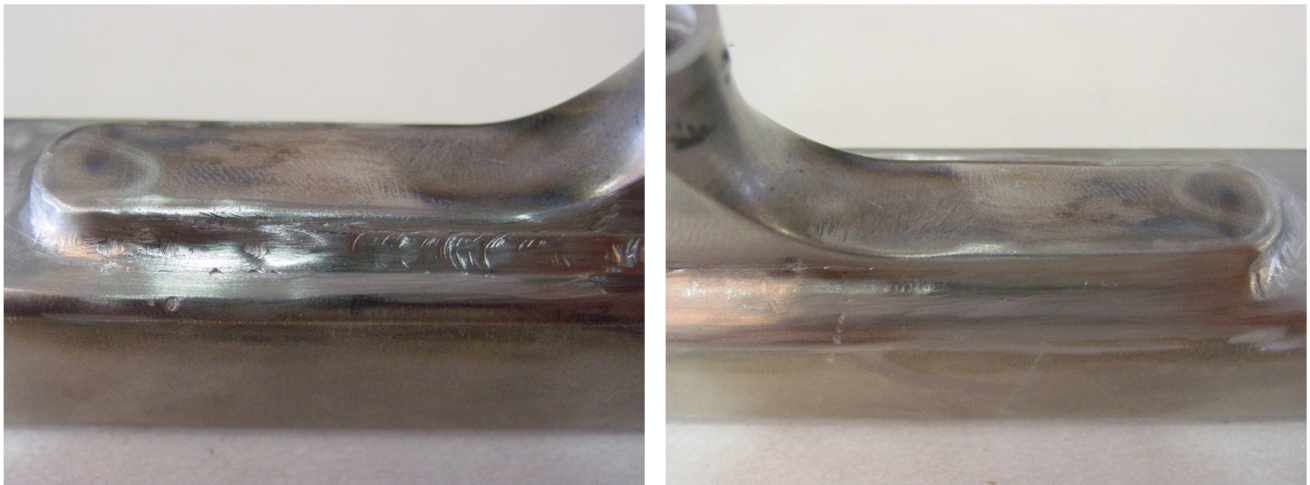


Fig. 10.1 – 10.2 – Lavorazione meccanica del cordone di saldatura per migliorare la resistenza a fatica  
*Milling of weld to improve fatigue resistance of the material*

#### Prova in pressione e di tenuta a vuoto

Durante il funzionamento del magnete, all'interno del conduttore potrebbe generarsi un aumento della pressione dell'elio di raffreddamento.

Lo scopo di tale prova è stato di verificare la tenuta delle saldature in caso si verifici una situazione di sovrappressione interna.

La prova è stata eseguita sul campione di saldatura realizzato con cavo *dummy* opportunamente collegato all'impianto di prova.

Il tasso di fuga calcolato è stato di  $5.39E-11$  mbar l /s (valore nom. richiesto  $LR < 1.E-9$  mbar l /s) con il campione in pressione a 25 bar.

#### Pressure and He leak test

*During operation of the magnet, a possible increasing of the He pressure inside the conductor could happen.*

*Scope of this test is to check the vacuum tightness of welds in case of over pressure.*

*This test has been executed on the sample made by dummy conductor installed in the vacuum chamber.*

*Maximum calculated He leak rate was  $5.39E-11$  mbar l /s (nom. value  $LR < 1.0E-9$  mbar l/s) with the conductor sample under pressure at 25 bar*



Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i>	Identificativo document no. <b>700RM14020</b>	Rev. rev. 0	Pag. page 14	Di of 17
	Identificativo Contratto ENEA ENEA Contractual ID no. <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

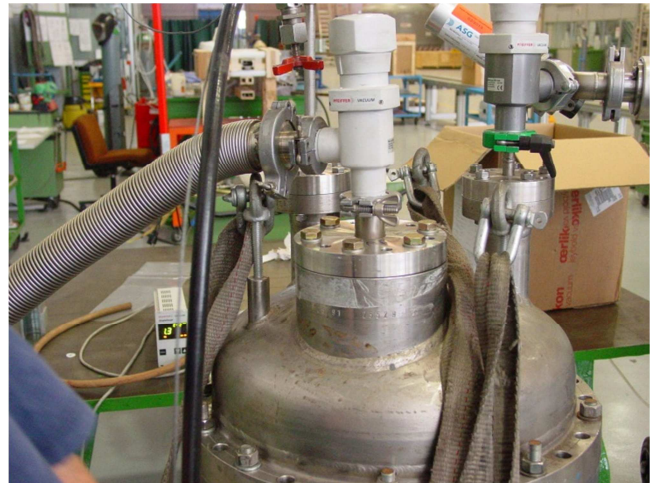
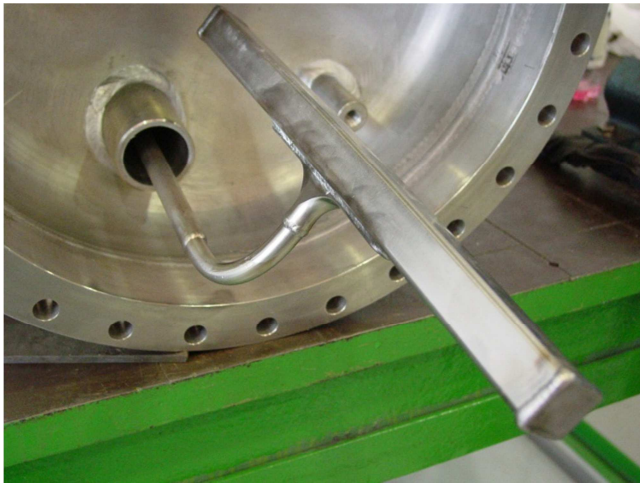


Fig. 11.1 – 11.2 - Test in pressione e di tenuta a vuoto / *Pressure and He leak test*

### Prova di isolamento

Su un campione di He-inlet, dopo la saldatura del bocchello, è stata qualificata la procedura di isolamento elettrico mediante nastro di vetro successivamente impregnato con resina epossidica (vedere figura 12).

Sul campione, dopo impregnazione, sono stati eseguiti con successo i test elettrici a 3.8 KV e 5.0 KV; i risultati sono riportati sul relativo test report allegato al quality control plan QCP-JT60TF-ASG-90.13646.

### Insulation sample

*On a He-inlet sample, after the welding of the nozzle, the insulation procedure has been qualified, using fiberglass tape subsequently impregnated with epoxy resin (see fig. 12)*

*On the sample, after impregnation, the electrical test at 3.8 KV and 5.0 KV have been successfully performed; the relevant results are included in the test report attached to the quality control plan QCP-JT60TF-ASG-90.13646.*

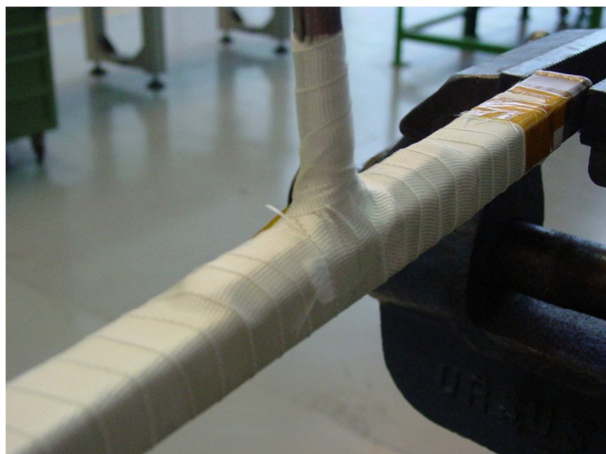


Fig. 12 – Campione He-inlet isolato / *He-inlet insulation sample*

Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i>	Identificativo <i>document no.</i> <b>700RM14020</b>	Rev. <i>rev.</i> 0	Pag. <i>page</i> 15	Di <i>of</i> 17
	Identificativo Contratto ENEA <i>ENEA Contractual ID no.</i> <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

### 3. PRE-CURVATURA CONDUTTORE / *CONDUCTOR PRE-BENDING*

Alcuni test eseguiti da CEA hanno dimostrato che l'applicazione di una pre-curvatura sul conduttore e sul bocchello, prima della saldatura dello stesso, consentono una riduzione delle deformazioni e dello stress residuo sulla saldatura (Rif. DOC. CEA n. I0000788623). Questa soluzione, abbinata alla sequenza di saldatura, fornisce una valida strategia per la riduzione dello stress residuo in alternativa alla lavorazione del cordone.

Sulla base di questi test, ASG ha proceduto alla progettazione ed alla costruzione dell'attrezzatura necessaria e alla realizzazione di campioni per verifica comparativa delle deformazioni residue.

L'attrezzatura, che consente di realizzare una pre-curvatura di ~0.4 mm sui ~120 mm di lunghezza del bocchello, è stata realizzata in modo da poter essere installata sul conduttore e impiegata nel corso della produzione dei DP. Vedere fig. 13

*Some tests performed by CEA shown that a pre-bending on the conductor and the nozzle, before the welding of the nozzle, allows a reduction of the deformation and the residual stress on the welding (Ref. CEA Doc. N. I0000788623). Such solution, adopted with the proper welding sequence, is a reliable strategy for the residual stress reduction that can be applied instead of the welding seam machining. On these basis, ASG as designed and realized the necessary tool as well as some sample for a comparative analysis of the residual deformation.*

*The tool, that allows a pre-bending of ~0.4 mm over the ~120 mm length of the nozzle, has been realized in such a way to be easily installed on the conductor and adopted during the DP manufacturing. See Fig. 13.*

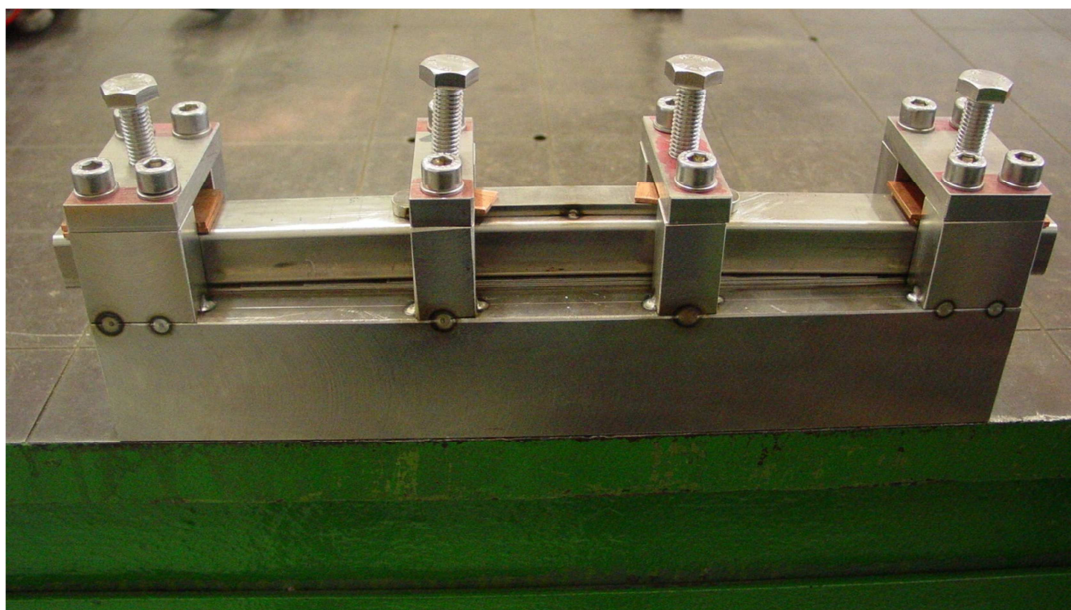


Fig. 13 – Attrezzatura pre-curvatura He-inlet / *Tool for He-inlet pre-bending*

Titolo <i>title</i>	Identificativo <i>document no.</i>	Rev. <i>rev.</i>	Pag. <i>page</i>	Di <i>of</i>
	<b>700RM14020</b>	0	16	17
<b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo Contratto ENEA <i>ENEA Contractual ID no.</i>			
	<b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

I rilievi di planarità eseguiti sui campioni saldati hanno fornito un valore complessivo di planarità, pari a 0.6 mm sul campione dritto ed un valore di 0.16 mm su quello pre-curvato.

*The flatness measurements on the welded sample gave an overall flatness of 0.6 mm on the straight sample and a value of 0.16 mm on the pre-bended one.*

#### 4. RISULTATI DEI TEST E CONCLUSIONI / **TEST RESULTS AND CONCLUSIONS**

Il processo di lavorazione meccanica per l'asportazione del jacket e della lamina di protezione degli strands è stata messa a punto con successo. L'analisi visiva del conduttore non presenta danni agli strands.

Dopo la messa a punto dei parametri di saldatura, è stata eseguita correttamente la qualifica del processo in presenza di personale di ENEA e dell'IIS in qualità di "Autorità Ente Terzo".

Il controllo della temperatura ha dimostrato che i valori sono ampiamente entro quelli richiesti dalla specifica tecnica che prescrive di non superare 500 °C per 30 sec.

Tutti i test atti a qualificare il processo di saldatura dell'He inlet sono stati eseguiti da ASG sotto la supervisione dell'IIS che ha successivamente provveduto a certificare le attività.

I risultati sono contenuti nei rapporti "Qualificazione Procedura di Saldatura" n.GD0028/12 e GD0029/12 emessi dall'IIS

Il controllo mediante liquidi penetranti e il test di tenuta a vuoto sono stati superati senza che venisse riscontrato alcun difetto.

La procedura di isolamento elettrico dell'He-inlet è stata qualificata ed i test elettrici sul campione isolato hanno dato esito positivo.

La procedura di pre-bending dei campioni è stata qualificata con esito positivo e verrà utilizzata nella produzione dei DP.

ENEA ha effettuato le misure di corrente critica su campioni di strand prelevati dalla zona termicamente alterata: non è stata rilevata alcuna degradazione del superconduttore.

*The machining of the jacket and the manual removal of the s.s. protection wrapping has been performed successfully.*

*Visual inspection of the conductor didn't show any damage of the strands.*



Titolo <i>title</i> <b>Qualifica procedura saldatura He-inlet: risultati delle prove</b> <b><i>He-inlet welding qualification procedure: test results</i></b>	Identificativo <i>document no.</i> <b>700RM14020</b>	Rev. <i>rev.</i> 0	Pag. <i>page</i> 17	Di <i>of</i> 17
	Identificativo Contratto ENEA <i>ENEA Contractual ID no.</i> <b>RT-JT60TF-ASG-14020</b>			

*After preliminary test, the qualification process of He inlet welding has been performed successfully under witness of ENEA personnel and Third Party Authority personnel (Istituto Italiano della Saldatura - IIS).*

*Check of temperatures demonstrated that all the values are inside the requirements of technical specification, asking for temperature non exceeding 500°C for 30 sec.*

*All the test dedicated to qualify the welding procedure have been performed by ASG under the witness of IIS that finally certified the activities.*

*The results of the test are collected in the final dossier id. nr. GD0028/12 e GD0029/12 issued by IIS*

*Dye penetrant test and He leak test gave very good results, no defects have been detected.*

*The procedure for the electrical insulation of the He-inlet has been qualified and the electrical test on the insulated sample gave positive results.*

*The pre-bending procedure has been successfully qualified and will be adopted in the DP manufacturing*

*ENEA performed the critical current measurements on strands samples extracted from the temperature affected zone: no degradation of the superconductor has been detected.*

## 5. RIFERIMENTI / REFERENCES

- Qualificazione Procedura di Saldatura / *Welding Procedure Qualification Record*  
 Certificato No. / *Certificate No.* GD0028/12 (IIS)
- Qualificazione Procedura di Saldatura / *Welding Procedure Qualification Record*  
 Certificato No. / *Certificate No.* GD0029/12 (IIS)
- Lay-out macrografie su campione di qualifica / *Macrographic examination lay-out on qualification sample*  
 Certificato No. / *Certificate No.* MA131014 (ASG)