



## Ricerca di Sistema elettrico

Componenti meccanici per la composizione  
di ulteriori due casse di contenimento  
complete di relative prove di accettazione  
come da documentazione tecnica

P. Rossi, A. Cucchiaro, G.M. Polli

COMPONENTI MECCANICI PER LA COMPOSIZIONE DI ULTERIORI DUE CASSE DI CONTENIMENTO COMPLETE DI  
RELATIVE PROVE DI ACCETTAZIONE COME DA DOCUMENTAZIONE TECNICA

P. Rossi, A. Cucchiaro, G.M. Polli (ENEA)

Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2016

Area: Generazione di energia elettrica con basse emissioni di carbonio

Progetto: B.3.2 – Attività di Fisica della Fusione Complementari a ITER

Obiettivo: Macchina JT-60SA – subtask a.2 Realizzazione strutture di contenimento bobine toroidali JT-60SA

Responsabile del Progetto: A. Pizzuto, ENEA

## Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	5
2.1 ATTIVITÀ SVOLTE.....	5
2.2 MONITORAGGIO ATTIVITÀ.....	9
2.3 DOCUMENTI PRODOTTI.....	9
2.4 DIFFUSIONE DEI RISULTATI.....	9
3 CONCLUSIONI.....	10
4 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	10

## Sommario

Europa, Cina, Corea del Sud, India, Giappone, Federazione Russa e Stati Uniti hanno riunito i loro sforzi nel progetto ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) in costruzione a Cadarache in Francia. A margine dei negoziati per decidere il sito di ITER, Europa e Giappone hanno ratificato un accordo di collaborazione denominato "Broader Approach" (BA).

L'accordo, al quale l'Italia ha aderito, consiste in una serie di attività sia di fisica che di tecnologia che prevedono realizzazioni prototipiche di alto contenuto tecnologico e, tra gli altri, la realizzazione di un tokamak denominato JT60-SA, che sarà installato a Naka in Giappone.

Per finanziare l'accordo, Francia, Italia, Spagna, Germania e Belgio hanno offerto dei contributi finanziari per forniture 'in kind'. L'ENEA è impegnato nella costruzione del Magnete Toroidale della Macchina Tokamak JT-60SA e di parte dei sistemi di alimentazione elettrica.

Delle 18 bobine toroidali che costituiscono il magnete, 9 saranno realizzate dall'ENEA e 9 dal CEA Francese.

L'ENEA è responsabile della fornitura in kind di:

- Nove delle 18 bobine di NbTi che costituiscono l'intero magnete;
- Le casse di contenimento per tutte le 18 bobine costituite da componenti in acciaio austenitico;
- Le alimentazioni elettriche per un totale di 8 alimentatori ad alta tensione e corrente con relativi interruttori e trasformatori più quattro sistemi di interruzione della corrente continua.

I contratti per la realizzazione delle bobine sono stati affidati rispettivamente da ENEA ad ASG Superconductors e dal CEA ad Alstom, poi divenuta GE (General Electric) mentre il contratto di fornitura delle casse di contenimento delle 18 bobine è stato affidato alla ditta Walter Tosto ed è partito il giorno 12/7/2012.

Nel corso del 2012 sono state completate attività di progettazione di massima dei componenti delle casse, realizzazione dei mock-ups rappresentativi dei componenti principali delle casse e l'ordine del materiale di costruzione delle 18 casse di contenimento.

Nel corso del 2013 sono state completate le attività di progettazione di dettaglio e la qualifica dei processi speciali.

Nel corso del 2014 è iniziata la produzione dei componenti delle casse.

La produzione ha quindi rispettato il programma di realizzazione di 6 casse entro settembre 2015 e di altre otto entro settembre 2016.

Nel corso del 2017 è stata completata la fornitura di 20 casse, 18 previste originariamente e due ulteriori casse *spare*.

## 1 Introduzione

L'ENEA è impegnata nella Costruzione, Collaudo e Spedizione a Naka del Magnete Toroidale della Macchina Tokamak JT-60SA e di parte dei sistemi di alimentazione elettrica.

Delle 18 bobine toroidali che costituiscono il magnete, 9 saranno realizzate dall'ENEA e 9 dal CEA Francese. L'ENEA è inoltre responsabile della fornitura in kind delle casse di contenimento per tutte le 18 bobine costituite da componenti in acciaio austenitico;

I contratti per la realizzazione delle bobine sono stati affidati rispettivamente da ENEA ad ASG Superconductors e dal CEA ad Alstom, poi divenuta GE (General Electric), mentre il contratto di fornitura delle casse di contenimento delle 18 bobine è stato affidato alla ditta Walter Tosto.

Nel corso dei precedenti PAR-2014 e PAR2015 sono state realizzate le prime 14 casse di contenimento del magnete toroidale di JT-60SA.

Il presente documento riporta lo stato delle attività relative al contratto per la realizzazione delle casse di contenimento di JT-60SA nell'ambito del PAR 2016.

## 2 Descrizione delle attività svolte e risultati

### 2.1 Attività svolte

Obiettivo del subtask a.2 nell'ambito del PAR 2016 era la realizzazione di due strutture di contenimento delle bobine toroidali di JT-60SA (chiamate casse o casing), una delle quali destinata ad ASG Superconductors (Genova, Italia) e l'altra destinata a General Electric (Belfort, Francia). Ciascuna cassa di contenimento della bobina è costituita principalmente da una gamba dritta, una gamba curva e da tre coperchi (Figura 1). La gamba dritta è composta da un tratto dritta sezione trapezoidale e da due gomiti saldati alle estremità mentre la gamba curva è caratterizzata da una sezione a forma di "C".

I componenti della cassa sono ottenuti dalla lavorazione di blocchi forgiati e laminati di vario spessore e lunghezza. Il ciclo completo di produzione è schematizzato in Figura 2, dove sono elencate le fasi di lavorazioni meccaniche e di saldatura, i controlli non distruttivi sulle saldature, i controlli dimensionali, il leak test, il pressure test ed i controlli di rugosità superficiali.

Nell'ambito del PAR-2013 erano stati completati i componenti ricavati da laminati necessari alla composizione di 15 casse e due gomiti con materiale forgiato.

Nel corso del PAR-2014 erano state realizzate le prime 6 casse, tre per ASG e tre per GE e nel corso del PAR 2015 altre 8 casse, 4 per ASG e altre 4 per GE. In particolare le prime 7 casse sono state consegnate nel corso del 2015 e le altre 7 nel corso del 2016.

Tutte le casse completate e consegnate sono state utilmente poste in lavorazione da ASG e GE che hanno proceduto agevolmente con l'assemblaggio e saldatura dei componenti.

Per ottimizzare il ciclo di produzione sono utilizzate più macchine in parallelo su diversi componenti (Figura 3). Le gambe vengono lavorate fino all'ottenimento della geometria finale rimuovendo il sovrametallo per poi procedere alla saldatura del tubicino di raffreddamento e alla successiva lavorazione dei cianfrini di saldatura.

I tre coperchi (Figura 4) sono ottenuti per taglio da lamiera e successiva calandratura; sono poi assemblati su attrezzature dedicate per la lavorazione meccanica dei cianfrini. Completano la fornitura 4 piastre di chiusura della gamba curva che saranno montate dopo l'inserimento dell'avvolgimento della bobina nella cassa. (Figura 5).

Le operazioni di controllo dimensionale finali sono effettuate da due operatori per mezzo di due laser tracker, uno rivolto verso l'esterno dei componenti e l'altro verso l'interno, permettendo così una scansione completa dei componenti in tempi ridotti.

Le principali dimensioni delle gambe dritte e gambe curve, come la geometria delle superfici interne delle gambe e la geometria di tutti i cianfrini e delle interfacce, sono risultate in tolleranza

Le non conformità di tipo dimensionale e geometrico sono state spesso relative a sovrametallo dei supporti esterni destinato ad essere rimosso in fase di lavorazione finale e non hanno in nessun caso avuto impatto sull'utilizzo dei componenti.

I pressure test ed i leak test sono stati eseguiti alla presenza di una Terza Parte per la verifica della tenuta del tubicino per il raffreddamento e sono risultati tutti soddisfacenti così come i controlli di rugosità.

Il trasporto di tutti i componenti di una cassa viene effettuato su un unico mezzo (Figura 6)

Nel corso del 2016 è stata richiesta da F4E la produzione di due bobine toroidali aggiuntive (spare) denominate 19° bobina (di produzione ASG) e 20° bobina (di produzione GE). La richiesta è stata concordata con ENEA e ovviamente si è estesa alla produzione di 2 casse aggiuntive a carico della ditta Walter Tosto.

La produzione delle 2 casse rimanenti delle diciotto previste dal contratto originario e delle due casse aggiuntive per le bobine spare è stata completata entro agosto 2017, secondo la progressione di consegne mostrata in Figura 7.



Figura 1: Componenti di una cassa di contenimento delle bobine toroidali di JT-60SA nelle officine della ditta Walter Tosto a Chieti.

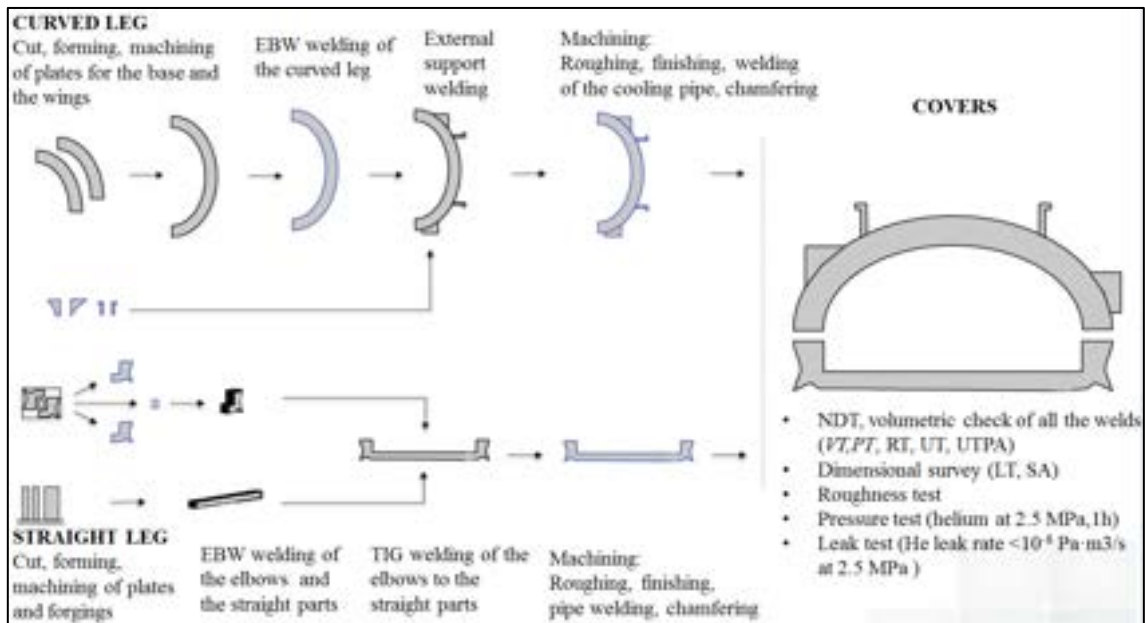


Figura 2: Ciclo di produzione delle casse di contenimento delle bobine toroidali di JT-60SA.



Figura 3: Lavorazioni di macchina sulla parte esterna della gamba curva nello stabilimento della ditta Walter Tosto a Ortona.



Figura 4: Covers.



Figura 5: Piastre di chiusura della gamba curva.



Figura 6: Trasporto dei componenti della sedicesima cassa su un unico camion.



Figura 7: Completamento delle attività: 20 casse consegnate ad agosto 2017.

## 2.2 Monitoraggio attività

ENEA ha monitorato le attività della ditta Walter Tosto con contatti quotidiani. ENEA ha inoltre organizzato incontri con frequenza bisettimanale presso gli stabilimenti di produzione della ditta. In alcune occasioni hanno partecipato direttamente gli altri partner internazionali del progetto JT-60SA e in particolare F4E.

## 2.3 Documenti prodotti

Si riporta di seguito un elenco dei principali documenti prodotti dalla ditta:

- (1) ADP-JT60CC-08 (MDB-12110.01-08)
- (2) ADP-JT60CC-17 (MDB-12110.02-17)

Tutti i documenti sono conservati nell'archivio interno ENEA delle attività relative a JT-60SA ([https://www.afs.enea.it/project/archivio\\_jt60sa/](https://www.afs.enea.it/project/archivio_jt60sa/)).

## 2.4 Diffusione dei risultati

La diffusione dei risultati delle attività è stata effettuata con frequenza settimanale presso le altre associazioni europee impegnate nel progetto JT-60SA (F4E, CEA) attraverso la presentazione di resoconti dettagliati delle attività in corso.

La presentazione delle attività è stata diffusa in ambito internazionale nei Technical Coordination Meeting (TCM), incontri con tutti i partecipanti al progetto JT-60SA, tra cui le associazioni giapponesi (QST) ed europee. In dettaglio, nel periodo di riferimento i TCM si sono tenuti:

- TCM-26: Naka, Giappone, 9-10 novembre 2016;
- TCM-27: Karlsruhe, Germania, 22-23 febbraio 2017;
- TCM-28: Naka, Giappone, 5-6 luglio 2017.

Nel corso del 2017 è stato pubblicato sulla rivista Fusion Engineering and Design presentato il seguente articolo:

- “Status of casing manufacturing for JT-60SA toroidal field coils” presentato al 29th Symposium on Fusion Technology (SOFT) Praga, Repubblica Ceca, 5-9 settembre 2016.

Un altro articolo è stato inoltre presentato al 13th International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT) alla seguente conferenza:

- “Completion of ENEA’s casing procurement for JT-60SA toroidal field coils”, Kyoto, Giappone, 25-29 settembre 2017.

### 3 Conclusioni

Obiettivo del subtask a.2 nell’ambito del PAR 2016 era la realizzazione di 2 strutture di contenimento delle bobine toroidali di JT-60SA, una delle quali destinate ad ASG Superconductors (Genova, Italia) e l’altra destinata a General Electric (Belfort, Francia).

Il risultato è stato ottenuto con la realizzazione delle 2 casse e la consegna in gennaio 2017. Nel corso del 2017, ed in particolare entro agosto 2017, sono state inoltre completate e consegnate tutte le diciotto casse di contenimento del magnete toroidale previste dal progetto ed in aggiunta due ulteriori casse per le bobine spare.

### 4 Abbreviazioni ed acronimi

ASG	ASG Superconductors
BA	Broader Approach
CEA	Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives
F4E	Fusion for Energy
GE	General Electric
QST	National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology
TF	Toroidal Field
WT	Walter Tosto