



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile



RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Accordo di Collaborazione ENEA- FN per "Realizzazione di pannelli e
campioni in SiCf/SiC per caratterizzazioni fisico-meccaniche"

LAC 073 R378

Elena Ferrari, Stefania Baccaro



Report RdS/2012/266

ACCORDO DI COLLABORAZIONE ENEA-FN PER "REALIZZAZIONE DI PANNELLI E CAMPIONI DI SICF/SIC PER CARATTERIZZAZIONI FISICO-MECCANICHE-LAC 073 R378

Elena Ferrari (FN), Stefania Baccaro (FN)

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto: 1.3.2 Fusione nucleare: Attività di fisica e tecnologia della fusione complementari a ITER

Responsabile del Progetto: Aldo Pizzuto, ENEA

Indice

| | |
|--|----|
| Sommario | 4 |
| 1. Introduzione | 5 |
| 2. Documenti di riferimento | 5 |
| 3. Descrizione attività svolte..... | 5 |
| 3.1. Premessa generale | 5 |
| 3.2. Certificazione secondo normativa ASM 2750..... | 6 |
| 3.3. Yarn | 7 |
| 3.4.Pannelli | 11 |
| 3.5 Tubi..... | 13 |
| 4. Riepilogo costi per rendicontazione intermedia..... | 15 |
| 5. Conclusioni | 18 |
| ALLEGATI | |
| All. 1 – Certificato Tyranno SA | |
| All. 2 – Certificazione impianto CVI normativa AMS 2750D | |
| All. 3 – Microanalisi yarn | |

Sommario

Scopo della presente relazione e quello di descrivere il lavoro intermedio svolto all'interno dell'Accordo di collaborazione tra ENEA ed FN S.p.A. relativo alla realizzazione di pannelli e campioni di SiC/SiC.

Il processo CVI (Chemical Vapor Infiltration) si articola in una prima fase in cui si preparano le preforme in autoclave e si deposita un interfase di carbonio sulle fibre. Dopo le preforme vengono densificate utilizzando dei precursori allo stato di vapore o gassoso. I prodotti della decomposizione si depositano sulle superfici esterne delle fibre delle preforme. Tale processo aumenta progressivamente il diametro delle fibre con la formazione di una matrice cristallina.

In questa fase il controllo delle temperature nel forno costituisce un parametro fondamentale. Per questa ragione si è eseguita una certificazione che accertasse l'uniformità delle temperature all'interno del forno.

Sono state costruite attrezzature per poter sostenere ed densificare i singoli yarns che compongono il tessuto plane weave al fine di farne una caratterizzazione meccanica.

Sono state realizzate le preforme dei pannelli e dei tubi e le attrezzature per il loro sostegno per la successiva densificazione.

1. Introduzione

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito dell'Accordo di Programma MSE- ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico – PAR 2011 ed è relativo al progetto 1.3.2 *“Fusione Nucleare: Attività di fisica della fusione complementari ad ITER”*.

La presente relazione descrive le attività svolte in FN nell'ambito dell'Accordo di collaborazione tra ENEA ed FN, dal titolo *“Realizzazione di pannelli e campioni in SiC_f/SiC per caratterizzazioni fisico-meccaniche”*, oggetto dei sotto obiettivi C1 (Caratterizzazione proprietà fisiche composito ceramico SiC/SiC) e C2 (Caratterizzazione del composito ceramico SiC/SiC in litio liquido).

Le attività sono state condotte conformemente alle prescrizioni riportate dai seguenti documenti di assicurazione di qualità:

- ASQ 073 Q 129 rev.0 – Piano di Qualità relativo alla realizzazione di pannelli in composito a matrice ceramica;
- ASQ 073 Q 130 rev.0 – Piano di fabbricazione e controllo relativo alla realizzazione di pannelli in composito a matrice ceramica.

2. Documenti di riferimento

2.1 Documenti contrattuali: Accordo di collaborazione ENEA-FN

2.2 Documenti forniti da ENEA – PARTE 3 Note sulla preparazione e caratterizzazione meccanica del composito ceramico SiC/SiC

2.3 Documenti di assicurazione qualità:

- ASQ 073 Q 129 rev.0 – Piano di Qualità relativo alla realizzazione di pannelli in composito a matrice ceramica;
- ASQ 073 Q 130 rev.0 – Piano di fabbricazione e controllo relativo alla realizzazione di pannelli in composito a matrice ceramica.

3. Descrizione attività svolte

3.1. Premessa generale

Nella precedente annualità di Ricerca di Sistema di Elettrico, FN ha messo a punto un processo per la realizzazione di pannelli in SiC/SiC tramite tecnologia CVI (Chemical Vapour Infiltration). Tale processo

prevede la realizzazione di preforme in autoclave, la deposizione di un'interfase di carbonio sulle fibre di SiC e la densificazione delle preforme.

Scopo di questa attività di ricerca è il continuo miglioramento del processo di produzione dei pannelli e l'applicazione di tale processo alla realizzazione di geometrie più complesse e spessori dei pannelli più elevati.

Inoltre, per poter fornire all'ENEA i campioni necessari alla determinazione di parametri per una progettazione multiscala, è stato condotto uno studio di fattibilità per la densificazione degli yarns, costituenti il tessuto plain weave utilizzato per la preparazione degli altri campioni

Per la realizzazione dei vari campioni sono state acquisite le fibre di Tyranno SA 3rd-grade presso la società Ube Industries, Giappone (allegato 1, certificato analisi)

3.2. Certificazione secondo normativa ASM 2750

Al fine di valutare le performance dell'impianto CVI (Figura 1) è stata effettuata una certificazione dal Laboratorio certificato LTTS s.r.l. secondo la normativa AMS 2750 D - Pirometry.



Figura 1-Impianto CVI

Seguendo le indicazioni di questa normativa sono stati certificati:

- la termocoppia e il sistema di lettura e controllo della temperatura del plc, per valutare l'omogeneità di riscaldamento alle due temperature di reazione (per infiltrazione di carbonio, 1200°C, e per infiltrazione di carburo di silicio,950°C)
- il trasduttore di pressione e il sistema di lettura e controllo della pressione di esercizio del plc.

Per posizionare i sensori di temperatura all'interno della camera di reazione è stato costruito un telaio di supporto in acciaio.

Sono stati inseriti 5 sensori, seguendo le indicazioni della normativa, in base al volume del campione e considerando il forno come appartenente alla classe più bassa.

Nelle prossime certificazioni il numero di sensori sarà modificato in funzione dei risultati ottenuti.

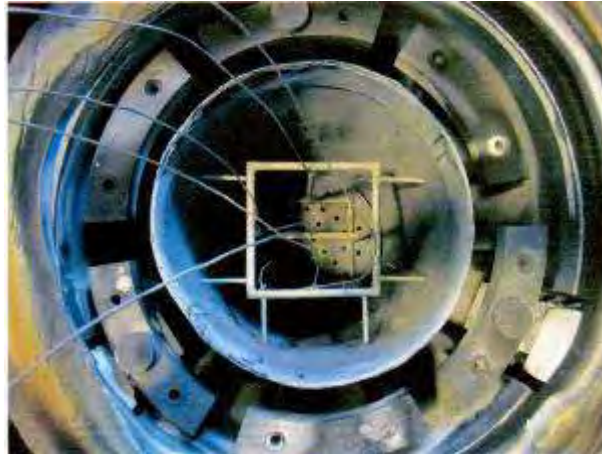


Figura 2- Particolare telaio acciaio con sensori temperatura

Sono state effettuate due prove: a 950°C e a 1200°C con una registrazione continua della temperatura per un periodo di stabilizzazione di 60 minuti.

La differenza di temperatura tra le zone è, ad entrambe le temperature, e, in fase di riscaldamento, di $\pm 6^\circ\text{C}$; la stabilità di ogni zona in 60 minuti è $\pm 1,5^\circ\text{C}$ a 950°C e $\pm 0,6^\circ\text{C}$ a 1200°C.

Il forno CVI risulta quindi essere in classe 2 secondo quanto indicato dalla normativa AMS 2750D.

3.3. Yarn

La metodologia multiscala permette di ricavare il comportamento del composito (macroscala) partendo dalle caratteristiche principali dei componenti che lo costituiscono: fibre (yarn) e della matrice.

A tal fine FN ha progettato e realizzato uno stampo per sostenere gli yarn nei cicli di infiltrazione tramite tecnologia CVI, mantenendoli “tesi” ma senza dare loro sollecitazioni meccaniche.

Lo stampo prevede una serie di fori nella parte superiore e due tubi di grafite nella parte inferiore per tenere nella giusta posizione gli yarn.



Figura 3- Porta campioni yarn

Gli yarn, ricavati dal tessuto Tyranno SA, sono però molto delicati: la loro tendenza è quella di rompersi con l'applicazione di una minima forza.

Inoltre i filamenti del singolo yarn non rimangono uniti ma tendono a separarsi e, considerate le loro dimensioni (7,5 μ), a spezzarsi.



Figura 4- Particolare yarn

Sono stati ricavati dal tessuto plain weave n°16 yarn che sono stati posizionati nel porta campioni e inseriti nel forno CVI. I filamenti degli yarn, come precedentemente descritto tendono a separarsi tra loro. Non c'è certezza che gli yarn "isolati" contengano il numero di filamenti originario, qualcuno potrebbe essersi rotto, qualcuno essersi sfilato.



Figura 5 – Yarn su porta campione

Per questo tipo di campioni non è possibile valutare l'avvenuta infiltrazione di carbonio e carburo di silicio tramite variazione di peso a causa del loro peso già molto basso (ordine di grandezza 0,05 g).

La tecnologia CVI permette di depositare con ciascun ciclo di oltre quattro ore di infiltrazione, circa 0,2-0,3 μ di matrice, corrispondente a una variazione di peso del 1,5-2%.

Essendo gli yarn molto "leggeri" è sufficiente l'umidità dell'aria o maneggiarli per fare variare il loro peso e non rendere significativa la variazione rilevata.

Per verificare l'avvenuta deposizione prima dell'interfase di carbonio e poi della matrice di SiC si è deciso quindi di impiegare un'analisi al microscopio a scansione elettronica.

È stato effettuato un primo ciclo di infiltrazione dell'interfase di carbonio, secondo la procedura sviluppata in FN ed ottimizzata nel corso della precedente annualità.

Dopo il CVI di C è stato prelevato uno yarn per l'analisi al SEM.

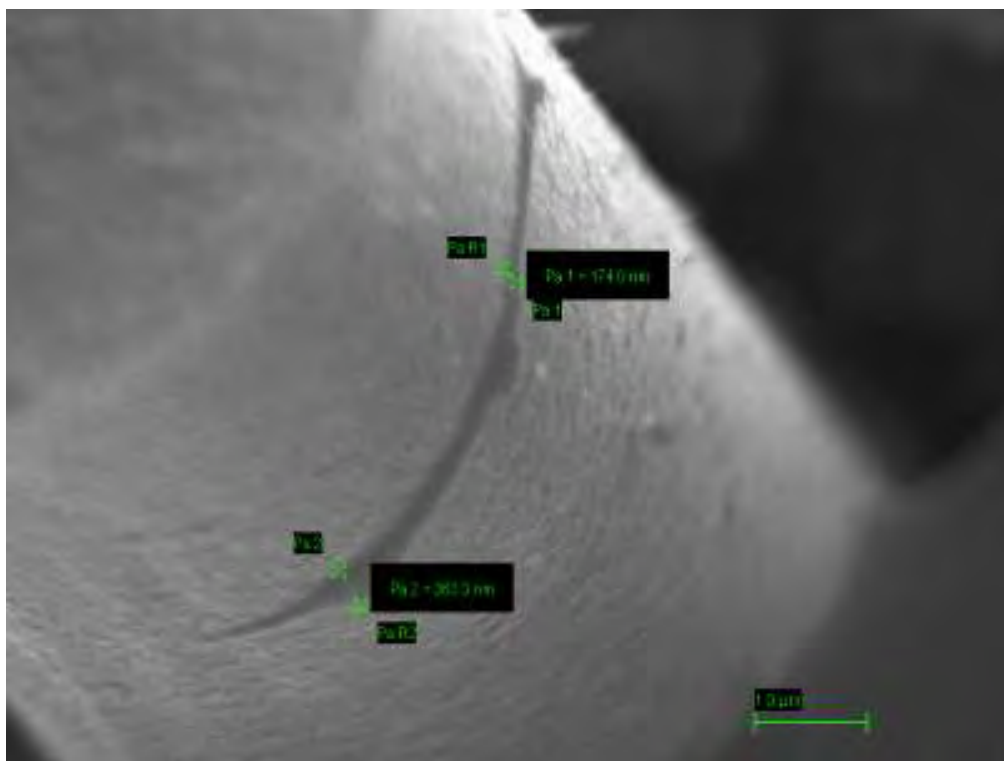


Figura 6 – Ingrandimento 30.00 kX

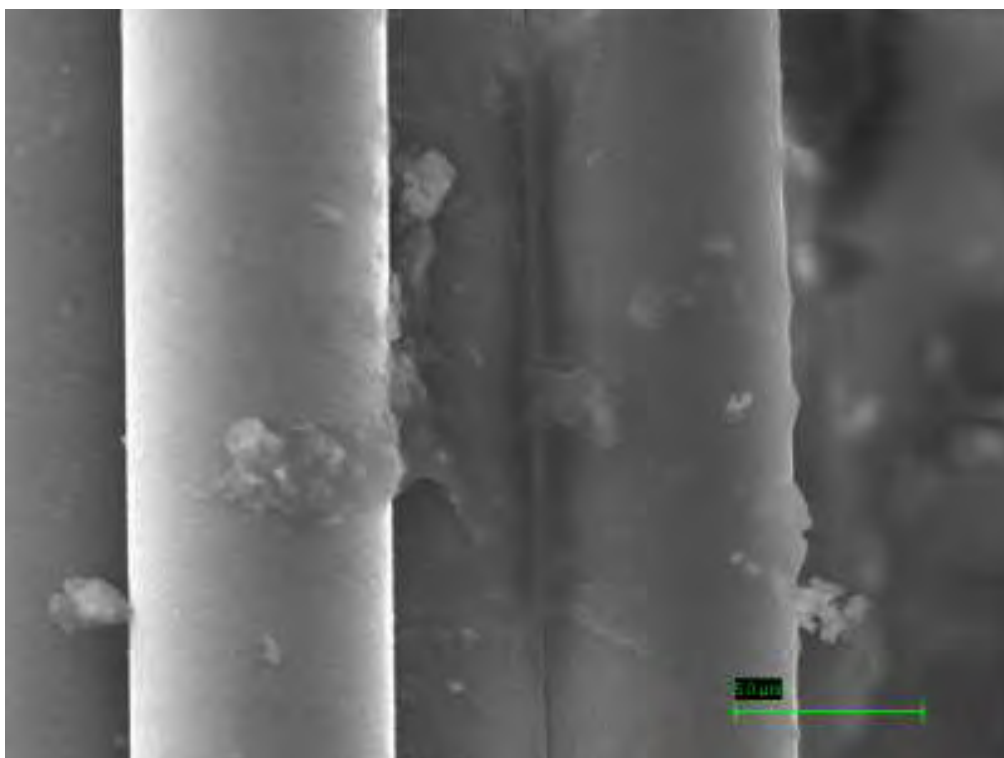


Figura 7- Ingrandimento 10.00 kX

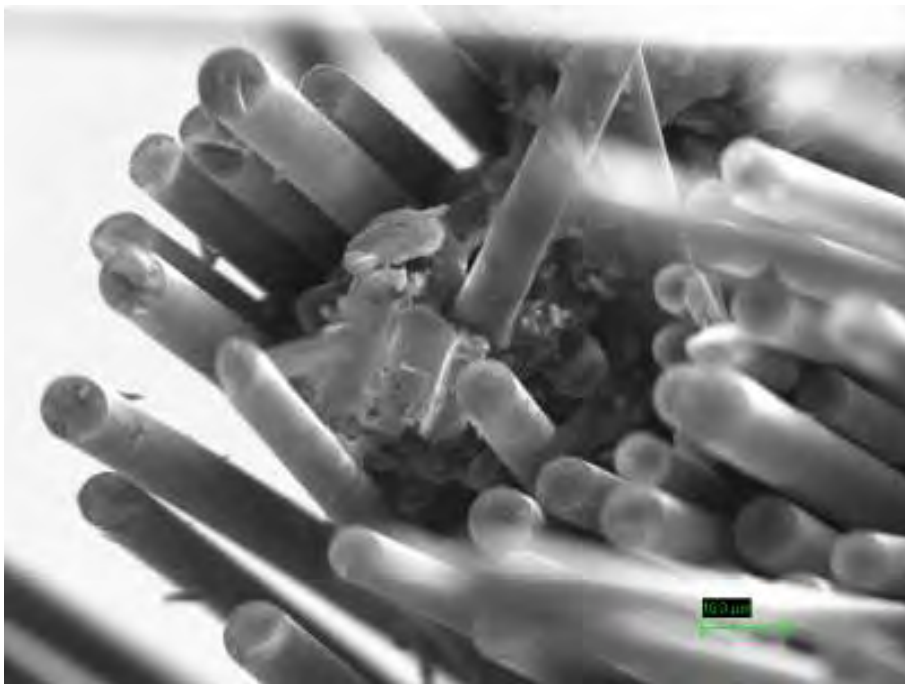


Figura 8 – Ingrandimento 2.50 kX

Dalle immagini precedenti è possibile notare che è avvenuta la deposizione dell'interfase di carbonio (vedi microanalisi in allegato 3) anche se non uniforme.

La stima dello spessore dell'interfase, dove è stata possibile effettuare la misura, è in linea con quanto depositato normalmente sui pannelli, circa 0,2-0,3 μ .

I campioni così ottenuti saranno inviati ad ENEA per valutare la possibilità di effettuare prove di trazione su questi campioni.

In caso positivo si procederà con la densificazione di SiC degli yarn, fornendo ad ENEA campioni con numero di cicli CVI prefissati.

3.4.Pannelli

In accordo con ENEA si è deciso di realizzare pannelli con spessori diversi, maggiori rispetto a quelli realizzati nel corso della precedente annualità, per valutare la capacità di densificazione della tecnologia CVI e aumentare le possibilità di applicazioni dei campioni.

Il taglio delle tele e l'impregnazione con la resina fenolica in polvere è stata effettuata in FN secondo sue procedure interne.

Il tessuto di SiC acquistato presso la Ube ha larghezza 400 mm. Per cercare di ridurre al minimo gli scarti del materiale e tenendo conto delle dimensioni massime consentite dalle attrezzature utilizzate nei successivi cicli di densificazione, sono stati realizzati i seguenti pannelli:

- n°1 pannello 200x300 mm, spessore finale = 3 mm
- n°2 pannelli 200x300 mm, spessore finale = 4 mm

- n°1 pannello 200x300 mm, spessore finale = 5 mm

Le preforme sono state realizzate presso un'azienda operante nel settore dei materiali compositi da diversi anni, CBS compositi avanzati.

FN ha fornito alla CBS il ciclo di cura in autoclave e ha dato indicazioni circa la modalità di posizionamento delle preforme. Nelle figure seguenti è riportata la fase di preparazione dei sacchi vuoti.



Figura 9 – Posizionamento preforme e sacco vuoto



Figura 10 – Particolare fase vuoto e posizionamento termocoppie

Sono state posizionate 4 termocoppie per il controllo puntuale della temperatura vicino alle preforme.

Le preforme ottenute sono state controllate visivamente e misurati gli spessori; le preforme sono state posizionate all'interno del forno di pirolisi ITEM per ciclo a 1000°C con lo scopo di eliminare i residui di resina.

Le preforme saranno sottoposte a cicli di densificazione tramite tecnologia Chemical Vapour Infiltration nel corso degli ultimi mesi di questo Accordo di Collaborazione con ENEA.

3.5 Tubi

È sorta l'esigenza da parte di ENEA di tubetti, fibra SiC e matrice SiC, come supporto dei campioni di SiC/SiC per prove di erosione e corrosione in litio piombo fuso.

Le dimensioni dei tubi richiesti sono:

- diametro interno = 6,3 mm
- diametro esterno = 12,7 mm
- lunghezza = 220 mm

Le preforme dei tubi sono state realizzate interamente in FN.

È stata tagliata una striscia di tela di carburo di silicio larga 240 mm e lunga 400 mm.

È stata usata come "anima" un tubetto di allumina per avere il supporto su cui arrotolare la tela; tra tela e tubo di allumina è stato inserito un foglio di alluminio per facilitare la fase di avvolgimento.

Le tele sono state impregnate con resina fenolica in polvere.

Il "pacchetto" formato è stato chiuso con un foglio di alluminio ed è stato rivestito con un film termoretraibile.



Figura 11 – Preparazione tela e "anima" allumina

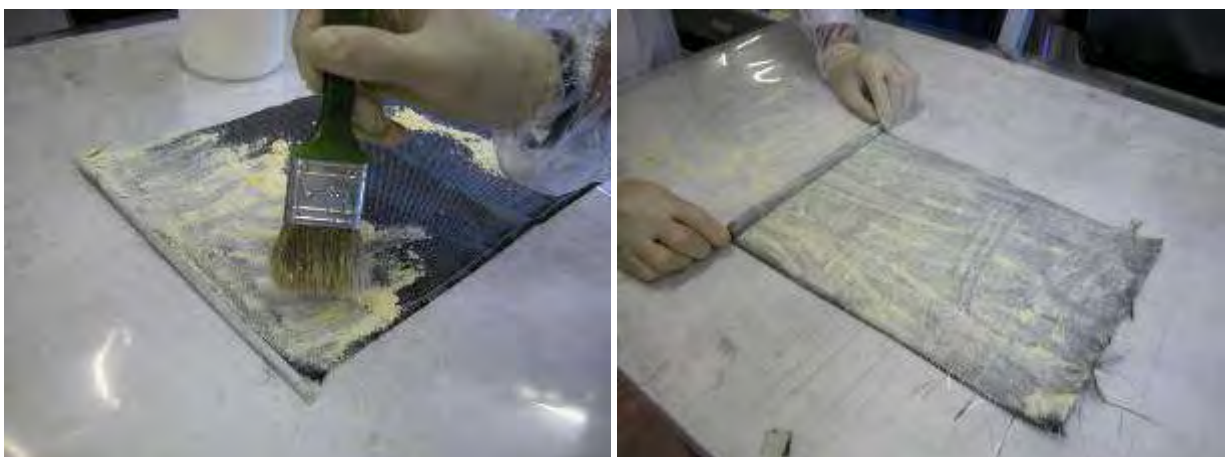


Figura 12 – Impregnazione con resina fenolica in polvere e avvolgimento tubo



Figura 13- Avvolgimento film termoretraibile

I tubetti sono stati posizionati in forno mantenendoli sollevati, in modo che nessuna parte del tubo fosse a contatto con il fondo del forno e si creassero pieghe o difetti sulle superfici laterali

È stato effettuato un ciclo di cura della resina in forno ITEM con una rampa molto lenta fino a 500°C.

A questo punto è stata estratta l'anima di allumina e i fogli di alluminio e i tubetti sono stati re-inseriti nel forno per un ciclo di pirolisi a 1000°C per eliminare i residui di resina.

Sono stati realizzati 4 tubetti, 3 con dimensioni richieste da ENEA (dopo lavorazione finale meccanica) e 1 con spessore di parete maggiore (diametro interno uguale) per valutare la capacità di infiltrazione del CVI con spessori maggiori anche con geometrie tubolari.



Figura 14 – Tubi dopo ciclo di cura della resina

Come per le preforme dei pannelli i tubetti saranno sottoposti a cicli di densificazione tramite tecnologia Chemical Vapour Infiltrati


4. Riepilogo costi per rendicontazione intermedia


Nelle tabelle seguenti si dà un dettaglio della rendicontazione intermedia relativa all'Accordo di Collaborazione in oggetto.

| RIEPILOGO CONSUNTIVO DI SPESA della FN SpA | | |
|---|------|------------------|
| <i>(importi in Euro)</i> | | |
| Accordo di Collaborazione ENEA- FN per "Realizzazione di pannelli e campioni in SiCf/SiC per caratterizzazioni fisico-meccaniche". | | |
| Periodo di riferimento: 01/01/2012 - 30/06/2012 | | |
| <u>DESCRIZIONE</u> | | <u>COSTI</u> |
| PERSONALE DI RICERCA | | |
| | 2011 | 12.164,62 |
| SPESE GENERALI SUPPLEMENTARI (*) | | 7.298,77 |
| BORSISTA | | |
| MISSIONI E VIAGGI | | |
| ATTREZZATURE E STRUMENTAZIONI | | |
| BENI DI CONSUMO E ALTRE SPESE CORRENTI | | 26.000,00 |
| ATTIVITA' COMMISSIONATE ALL'ESTERNO | | |
| TOTALE | | 45.463,39 |

(*) Le spese generali sono ammesse nella misura massima del 60% dei costi del personale di ricerca. Percentuali superiori dovranno essere dettagliatamente giustificate

(**) Il cobeneficiario produce, analogamente all'ENEA, un rendiconto dettagliato articolato nelle voci sopra riportate; inoltre, allega, analogamente all'ENEA, la dichiarazione di cui al n. 7 dei "Costi" del documento "Criteri per la valutazione ..." della CCSE

| PERSONALE DIPENDENTE FN SpA | |  FN S.p.A. | | |
|--|---------|---|------------|------------------|
| Periodo di riferimento: 01/01/2012 - 30/06/2012 | | | | |
| NOMINATIVO | LIVELLO | TARIFFA (*) in Euro | ORE (**) | COSTO, € |
| FERRARI Elena | | 27 | 165 | 4.478,10 |
| MAIOLA Giuseppe | | 29 | 125 | 3.603,75 |
| CUCCURU Gianluca | | 29 | 64 | 1.851,52 |
| PAPPADA' Antonio | | 26 | 85 | 2.231,25 |
| TOTALE | | | 439 | 12.164,62 |
| (*) La tariffa applicata è desunta dal costo effettivo del singolo addetto (retribuzione, oneri previdenziali e TFR) | | | | |
| (**) Le ore impiegate sono rilevate dal sistema informatico della FN SpA | | | | |

| BENI DI CONSUMO E ALTRE SPESE CORRENTI FN SpA | | | |  FN S.p.A. |
|---|-----------|-------------------|--------------|---|
| Accordo di Collaborazione ENEA- FN per "Realizzazione di pannelli e campioni in SiCf/SiC per caratterizzazioni fisico-meccaniche". | | | | |
| Periodo di riferimento: 01/10/2010 - 31/03/2011 | | | | |
| BENI DI CONSUMO E ALTRE SPESE CORRENTI | FORNITORE | NUMERO FATTURA | DATA FATTURA | IMPORTO RENDICONTATO, € |
| Tela in carburo di silicio | UBE | 5012447 | 16/04/12 | 26.000,00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | 26.000,00 |

5. Conclusioni

La presente relazione costituisce il rapporto intermedio relativo all'Accordo di Collaborazione tra ENEA ed FN S.p.A. per *“Realizzazione di pannelli e campioni in SiC_f/SiC per caratterizzazioni fisico-meccaniche”* (dell'Accordo di Programma MSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico – PAR2011 - progetto progetto 1.3.2 *“Fusione Nucleare: Attività di fisica della fusione complementari ad ITER”*).

Nel corso dei primi 6 mesi dell'Accordo di Collaborazione:

- è stata eseguita una certificazione secondo normativa AMS 2750D al fine di verificare l'uniformità di temperatura all'interno della camera del forno CVI alle temperature di reazione.
Il forno CVI risulta essere in classe 2 con una differenza di temperatura tra le zone di ± 6 °C per entrambe le temperature controllate (950°C per infiltrazione di SiC e 1200°C per quella di Carbonio);
- è stato realizzato una porta campioni per lo studio di fattibilità della densificazione degli yarn e sono state effettuate prove di infiltrazione dell'interfase di carbonio tramite tecnologia CVI. Gli yarn risultano essere molto fragili e non è così facile maneggiarli. I filamenti tendono a separarsi e rompersi. I campioni saranno spediti ad ENEA per valutare la possibilità di proseguire con questo tipo di ricerca.
- Sono state realizzate le preforme dei pannelli e dei tubi con fibre di SiC. Nel corso degli ultimi mesi di questo Accordo di Collaborazione si effettuerà prima la deposizione dell'interfase di carbonio e poi la deposizione della matrice di SiC tramite processo CVI.

Allegato 1

2012/4/11

Quality Inspection Data Sheet

U- 1204011
P.O.No. 4500013739
Order No. RIF. Prot. 135/12 dd. 24. February 2012

UBE INDUSTRIES, LTD
1978-10 Kogushi, Ube City,
Yamaguchi Prefecture
755-8633 Japan

| Properties | Inspection Value |
|--------------------|---------------------------------------|
| Quality of Fabric | |
| Type | PSA-S17I16PX (Plain Weave) |
| Lot of Fabric | 1203021 |
| Density of Fabric | 17 Yarns/inch × 17 Yarns/inch |
| Weight of Fabric | 254.0 g/m ² |
| Size | 400mmW × 25.0m |
| Quantity | 10 m ² |
| Quality of Fiber | |
| Type | SA3-S1F08PX |
| Grade | SA |
| Filament Diameter | 7.5 μ |
| Filaments/Yarn | 1600 |
| Density | 3.1 g/cm ³ |
| Tex | 190 g/1000m |
| Tensile Strength*1 | 2.15 GPa |
| Tensile Modulus*1 | 388 GPa |
| Sizing | Polyethylene Oxide |
| Amount of sizing | 0.38 wt% |
| Remarks | *1 Strand method; gauge length: 200mm |

Manager
Development Department II
Specialty Products Development Center
UBE Industries, Ltd.


Shunsuke Nakanishi

Allegato 2

LTTS s.r.l.

Laboratorio di taratura strumentazione di misura

Sistemi Qualità, Gestione Ambientale, Sicurezza - Metallurgia e Prove non Distruttive - Formazione e qualificazione del personale

| RAPPORTO DI TARATURA | | N° YY0552FF | 04 mag 2012 |
|----------------------|---|------------------|-------------------|
| IMPIANTO: | FORNO PER INFILTRAZIONI "CVI" | IDENTIF.: | CVD 01 |
| MARCA: | V.I.T. (VACUUM LASER TECHNOLOGY) | MODELLO: | CVI - CVD 01 |
| DIMENS.: | Ø 300 mm x H400 mm (INTERNO CAMERA) | | |
| STRUMENTO: | PROGRAMMATORE/REGOLATORE PLC | IDENTIF.: | T800 |
| MARCA: | EUROTHERM | MODELLO: | VISUAL SUPERVISOR |
| RISOLUZ.: | 1°C | INGRESSO: | TC TIPO S |
| CLIENTE: | FN spa Strada Emilia Levata,3 - 15062 BOSCO MARENGO AL | | |
| N° ORDINE: | 142/12 | DATA: | 16 marzo 2012 |

DESCRIZIONE DELLA PROVA

Le misure di uniformità e stabilità sono state eseguite utilizzando il telaio metallico del Cliente (foto pag.2) e posizionando i sensori campione come illustrato a pagina 5, a forno completamente scarico. Il tempo 0' (zero), corrispondente all'inizio delle misure, è stato letto dopo un adeguato periodo di stabilizzazione della temperatura per ogni set-point impostato e con il forno in vuoto e successiva immissione di argon. I dati rilevati e le relative incertezze riportati nel presente documento, valgono nelle condizioni in cui il forno è stato tarato. L'incertezza della determinazione della temperatura di misura si riferisce ad una probabilità di copertura del 95% corrispondente ad un fattore di copertura $k=2$.

VALUTAZIONE DEI RISULTATI

La verifica di uniformità e stabilità alle temperature di 950°C e 1200°C dimostra che, mantenendo tutto il volume verificato come zona di lavoro, il forno rientra nella **classe 2**, così come definita nella norma **AMS 2750D** ($\pm 6^\circ\text{C}$). Per ottenere al meglio la temperatura richiesta per l'utilizzo del forno, è necessario regolare il set-point, compensando in modo opportuno la differenza misurata nel punto di maggiore interesse (vedi disegno a pag. 5). La stabilità misurata tra le varie zone, a 60 minuti è $\pm 1,5^\circ\text{C}$ a 950°C e $\pm 0,6^\circ\text{C}$ a 1200°C.



pag. 1 di 5

L'operatore

Moravia

Il responsabile del laboratorio

[Signature]

LABORATORIO
LTTS S.r.l.
LEGNANO MI

via Pisacane 46 - 20025 Legnano MI - tel. 0331543222 - fax 0331486650 - info@ltts.it
Cap. Sociale 20.000 € i.v. - C.F./P.I. 09501330153 - R.E.A. MI 1309824 - Reg. Imp. MI146-293612

LTTS s.r.l.

Laboratorio di taratura strumentazione di misura

Sistemi Qualità, Gestione Ambientale, Sicurezza - Metallurgia e Prove non Distruttive - Formazione e qualificazione del personale

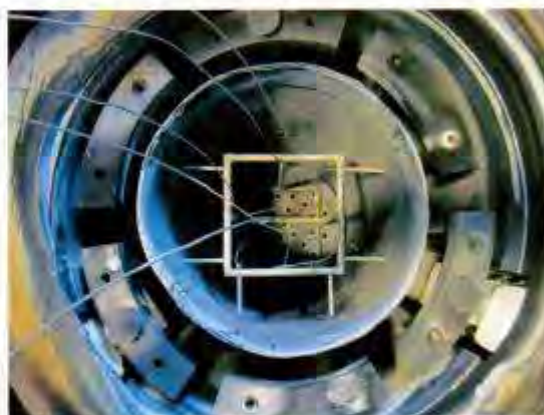
| | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| RAPPORTO DI TARATURA | N° YY0552FF | 04 mag 2012 |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|

| | |
|--|--|
| <p>NORME DI RIFERIMENTO: Scala di Temperatura Internazionale (ITS-90)</p> <p>CONDIZIONI AMBIENTALI: Temperatura 20 ± 3°C - umidità relativa 52 ± 10%</p> <p>CAMPIONI UTILIZZATI: Registratore videografico FUJI ELECTRIC SYSTEMS mod. PLH21812-E10YV-F s/nA187307T-identif. SA017 N. 5 termocoppie tipo N - guaina metallica Ø 2 mm - L 4500 mm - identif. CI219-CI220-CI221-CI222-CI223 Certificati LAT 60 n. YL0014SRN - YL0015SRN Rapporti di taratura LTTS n. YT0012SRN - YT0013SRN</p> | <p>PROCEDURA DI TARATURA APPLICATA: T026</p> <p>INCERTEZZA TEMPERATURA DI MISURA: ± 1,1°C per t = 200°C + 1000°C ± 2,1°C per t = 1001°C + 1200°C</p> |
|--|--|

STRUMENTAZIONE DI REGOLAZIONE E CONTROLLO DEL FORNO "CVD 01"

Programmatore/regolatore PLC EUROTHERM - mod.VISUAL SUPERVISOR - identif. T800
N. 1 termocoppia (regolazione) tipo S - conduttori Ø 0,50 mm - L 300 mm - identif. T800/1
Rapporto di taratura LTTS n.YY0551SDS del 04/05/2012

TELAIO METALLICO NEL FORNO



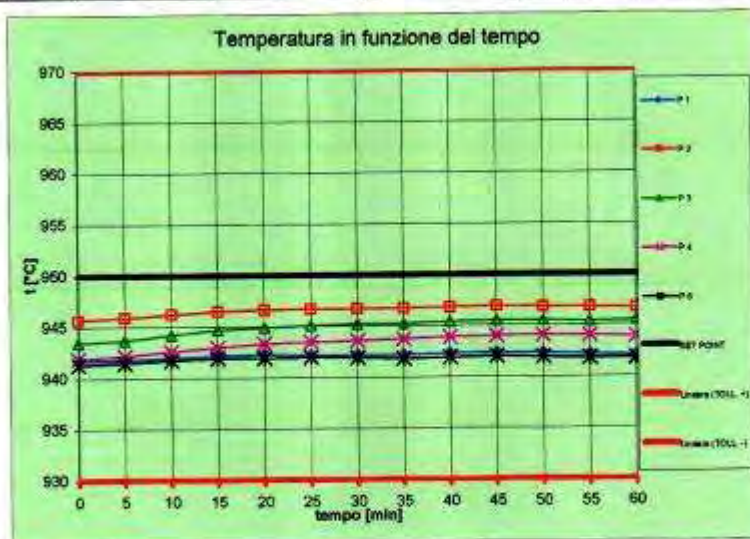
pag. 2 di 5

LTTS s.r.l.

Laboratorio di taratura strumentazione di misura

Sistemi Qualità, Gestione Ambientale, Sicurezza - Metallurgia e Prove non Distruttive - Formazione e qualificazione del personale

| RAPPORTO DI TARATURA | | | N° YY0552FF | | 04 mag 2012 | |
|---|---|--------|--|---|-------------|---------|
| TEMPERATURA IMPOSTATA PROGRAMMATORE/REGOLATORE "T800" | | 950 °C | TEMPERATURA MEDIA INDICATA PROGRAMMATORE/REGOLATORE "T800" | | 950 °C | |
| POSIZIONE SENSORI CAMPIONE | TEMPERATURA EFFETTIVA REGISTRATA NELLÀ CAMERA DEL FORNO [°C] | | | SCOSTAMENTO RISPETTO ALLA TEMPERATURA IMPOSTATA [°C] | | |
| | MINIMA | MEDIA | MASSIMA | MINIMO | MEDIO | MASSIMO |
| P 1 | 941,7 | 942,1 | 942,4 | -8,3 | -7,9 | -7,6 |
| P 2 | 945,7 | 946,5 | 946,9 | -4,3 | -3,5 | -3,1 |
| P 3 | 943,5 | 944,9 | 945,5 | -6,5 | -5,1 | -4,5 |
| P 4 | 941,9 | 943,4 | 944,0 | -8,1 | -6,6 | -8,0 |
| P 5 | 941,3 | 941,8 | 942,0 | -8,7 | -8,2 | -8,0 |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| DEVIAZIONE STD | 1,8 | 2,0 | 2,1 | | | |



pag. 3 di 5

LTTS s.r.l.

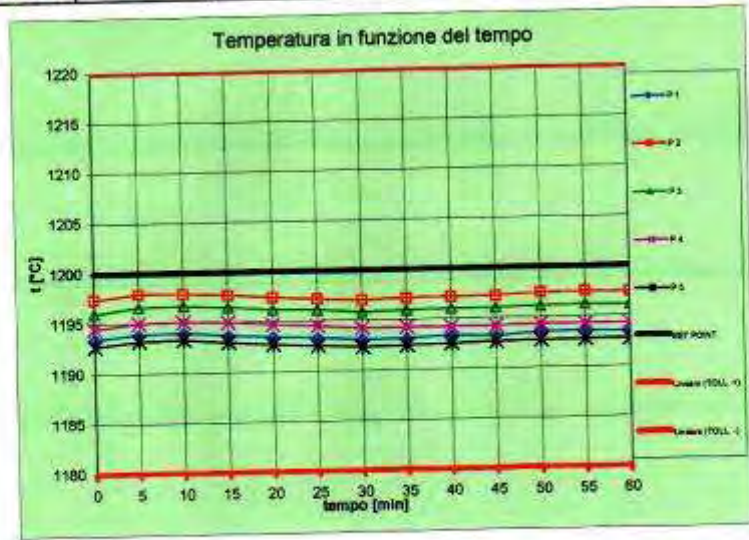
Laboratorio di taratura strumentazione di misura

Sistemi Qualità, Gestione Ambientale, Sicurezza - Metallurgia e Prove non Distruttive - Formazione e qualificazione del personale

| | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| RAPPORTO DI TARATURA | N° YY0552FF | 04 mag 2012 |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|

| | | | |
|---|----------------|--|----------------|
| TEMPERATURA IMPOSTATA PROGRAMMATORE/REGOLATORE "T800" | 1200 °C | TEMPERATURA MEDIA INDICATA PROGRAMMATORE/REGOLATORE "T800" | 1200 °C |
|---|----------------|--|----------------|

| POSIZIONE SENSORI CAMPIONE | TEMPERATURA EFFETTIVA REGISTRATA NELLA CAMERA DEL FORNO [°C] | | | SCOSTAMENTO RISPETTO ALLA TEMPERATURA IMPOSTATA [°C] | | |
|----------------------------------|---|--------|---------|---|-------|---------|
| | MINIMA | MEDIA | MASSIMA | MINIMO | MEDIO | MASSIMO |
| P 1 | 1193,1 | 1193,5 | 1194,0 | -6,9 | -6,5 | -6,0 |
| P 2 | 1197,0 | 1197,4 | 1197,9 | -3,0 | -2,6 | -2,1 |
| P 3 | 1195,8 | 1198,2 | 1196,7 | -4,2 | -3,8 | -3,3 |
| P 4 | 1194,2 | 1194,5 | 1195,1 | -5,8 | -5,5 | -4,9 |
| P 5 | 1192,3 | 1192,7 | 1193,3 | -7,7 | -7,3 | -6,7 |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| DEVIAZIONE STD | 1,9 | 1,9 | 1,9 | | | |



pag. 4 di 5

via Pisacane 46 - 20025 Legnano MI - tel 0331543222 - fax 0331486660 - info@lts.it
 Cap. Sociale 20.000 € i.v. - C.F./P.I. 09651730153 - R.E.A. MI 1309824 - Reg. Imp. MI148-293612

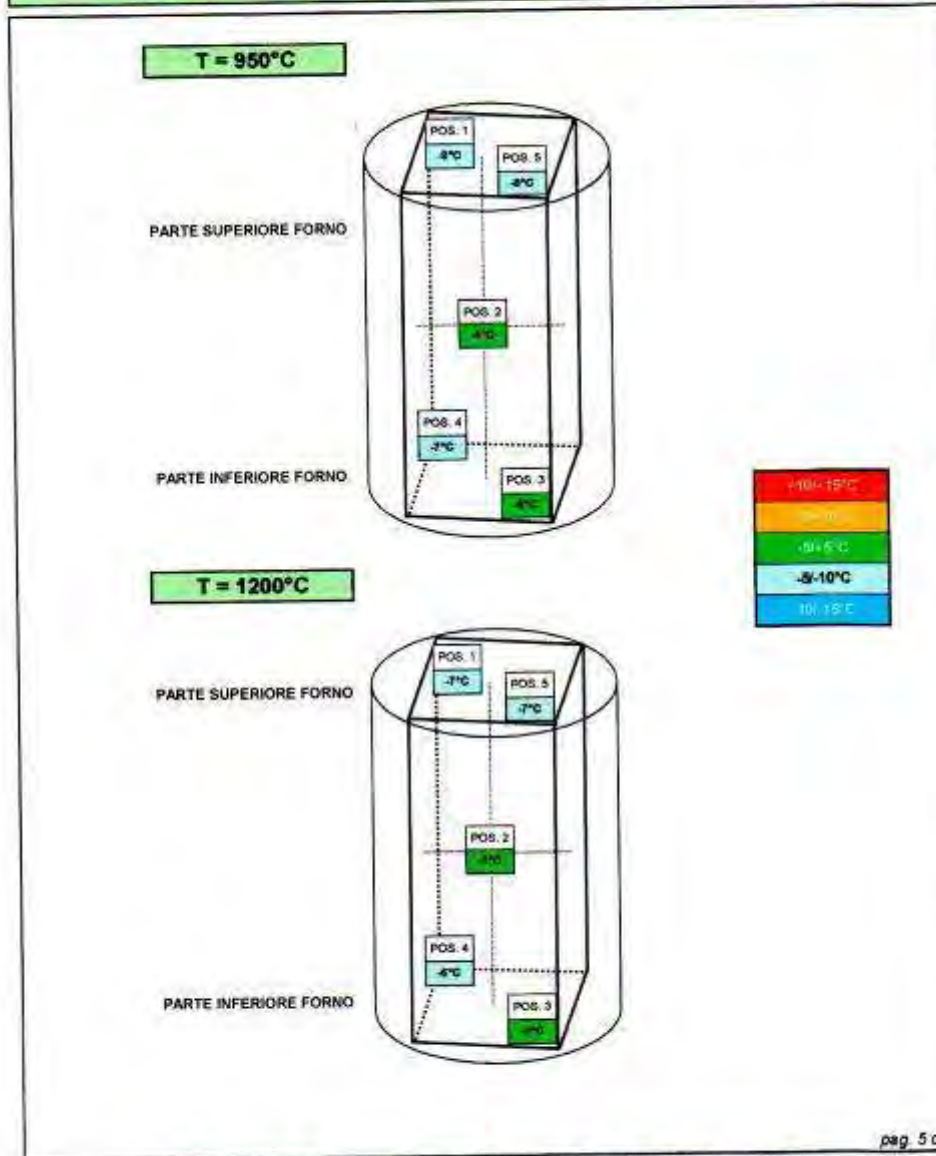
LTTS s.r.l.

Laboratorio di taratura strumentazione di misura

Sistemi Qualità, Gestione Ambientale, Sicurezza - Metallurgia e Prove non Distruttive - Formazione e qualificazione del personale

| | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| RAPPORTO DI TARATURA | N° YY0552FF | 04 mag 2012 |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|

DISPOSIZIONE SENSORI CAMPIONE NELLA CAMERA DEL FORNO



Allegato 3

Project: RA3316
Owner: INCA
Site: Site of Interest 1

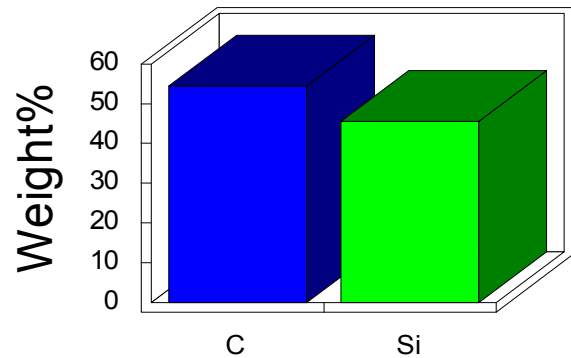
Sample: FIBRA SiC
Type: Default
ID: dopo 1 ciclo CVI-C

Label : Spectrum 2
Collected : 20-Jun-2012 11:08 AM
Livetime (s) : 50.00
Real time (s) : 62.08
Detector : Silicon
Window : SATW

Tilt (deg) : 0.0
Elevation (deg) : 35.0
Azimuth (deg) : 0.0

Magnification : 10263 X
Accelerating voltage (kV) : 20.00
Process time : 5

Quantitative results

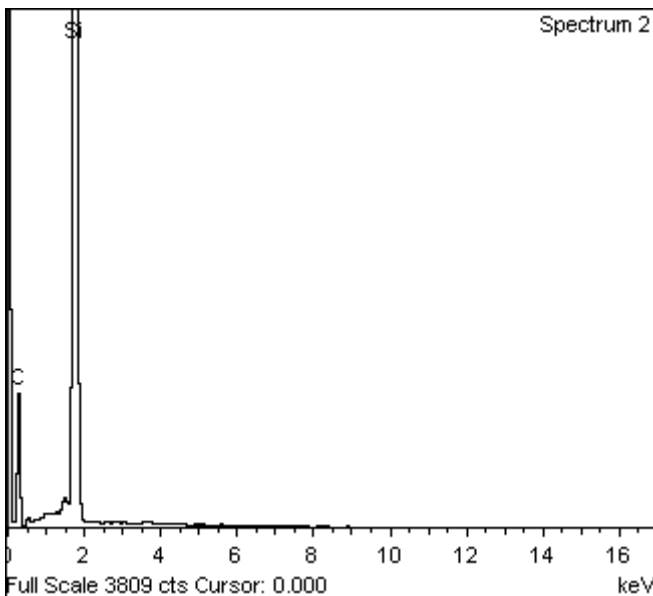
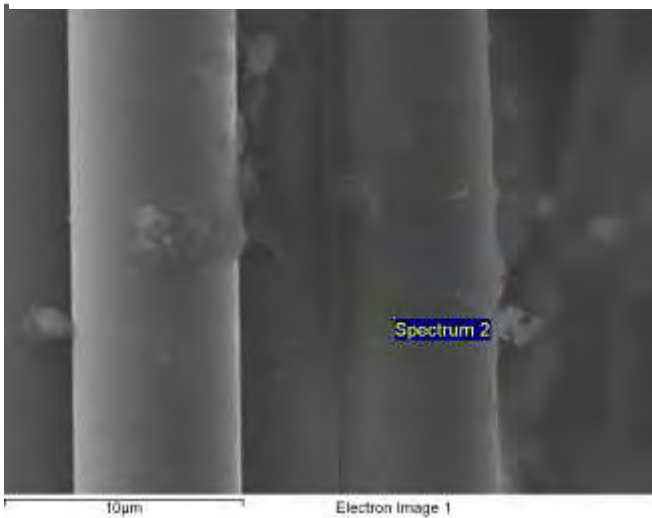


Spectrum processing :
Peak possibly omitted : 0.527 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
Number of iterations = 5

Standard :
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM

| Element | Weight% | Atomic% |
|---------|---------|---------|
| C K | 54.45 | 73.65 |
| Si K | 45.55 | 26.35 |
| Totals | 100.00 | |



Project: RA3316
 Owner: INCA
 Site: Site of Interest 1

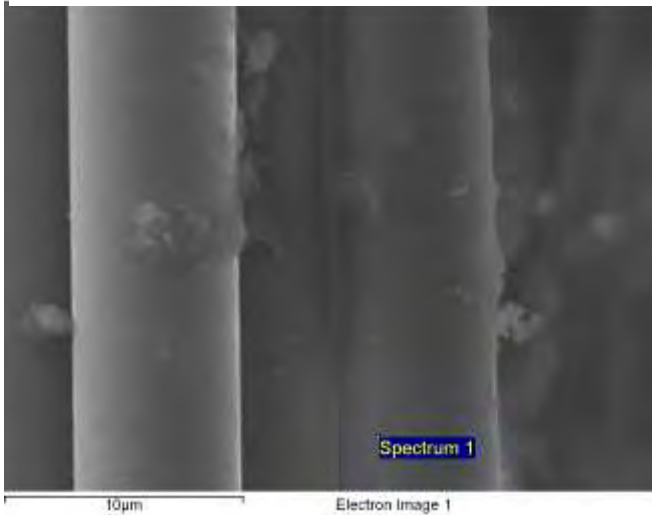
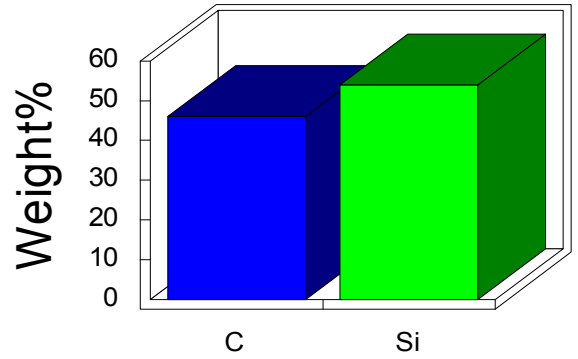
Sample: FIBRA SiC
 Type: Default
 ID: dopo 1 ciclo CVI-C

Label : Spectrum 1
 Collected : 20-Jun-2012 11:07 AM
 Livetime (s) : 50.00
 Real time (s) : 61.35
 Detector : Silicon
 Window : SATW

 Tilt (deg) : 0.0
 Elevation (deg) : 35.0
 Azimuth (deg) : 0.0

 Magnification : 10263 X
 Accelerating voltage (kV) : 20.00
 Process time : 5

Quantitative results



Spectrum processing :
 No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
 Number of iterations = 4

Standard :
 C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
 Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM

| Element | Weight% | Atomic% |
|---------|---------|---------|
| C K | 46.00 | 66.58 |
| Si K | 54.00 | 33.42 |
| Totals | 100.00 | |

