

## NUOVE TECNICHE DI ACCELERAZIONE

Nonostante la specializzazione del laboratorio di superconduttività sia quella dello sputtering di films sottili superconduttori, l'attività principale è stata la ricerca sul metodo di spinning di cavità senza saldatura.

Evitando appunto la saldatura all'Electron Beam (EB), la tecnica permette di ridurre i tempi di fabbricazione:

- al momento una monocella in niobio viene fabbricata in un'ora, una novacella in un giorno. Con una maggiore automazione della procedura, è ipotizzabile la possibilità di ridurre ulteriormente i tempi di un fattore 6.
- i costi di fabbricazione del corpo della cavità sono minori di quelli previsti con la saldatura EB. In base alle offerte richieste alle ditte in grado di fornire tubi e occuparsi dello spinning, il costo di 20.000 cavità può esser minore di 2.000 DM a cavità. Non essendo però ancora ingegnerizzato il prodotto, il prezzo reale può essere ancora rivisto.
- Lo sfrido di materiale è minimo, si parte da disco, oppure da tubo, mentre per le cavità senza saldatura si parte da quadro, con uno sfrido di quasi il 25 %.
- Le saldature sono regioni ad alto rischio di inconvenienti: contaminazione, microcricche, e microcrateri.

Il risultato finora migliore ottenuto su una cavità LNL senza saldatura è stato un  $Q_0 = 5 \times 10^{10}$  ed un campo accelerante massimo di 38 MV/m ottenuto su una monocella in niobio. C'è da dire comunque che una cavità idroformata a DESY ha dato recentemente un campo massimo accelerante di 42 MV/m ad un  $Q_0$  di  $2 \times 10^{10}$ . Va comunque tenuto conto che lo spinning comunque è applicabile ad una gamma di frequenze e di forme di cavità molto vasta e che una differenza di 4 MV/m dovrebbe esser facilmente colmabile. Infatti le nuove cavità per spinning sono state fabbricate applicando tutta l'esperienza sul processo di fabbricazione acquisita finora, ovvero da tubo, con stampi intermedi, con metodo del floating roller, con abrasione meccanica superficiale ed elettropulitura.

### **Collaborazioni Internazionali**

Nel 2000 fu siglato un protocollo di collaborazione con DESY, che stabilisce la costruzione di 25 cavità (monocelle, 3-celle e 9-celle) da parte dei LNL e la caratterizzazione rf da parte di DESY. Allo scopo di avvalersi della collaborazione della comunità internazionale coinvolta in TESLA, si è proceduto a costruire ed inviare cavità anche in altri laboratori internazionali, quali Jefferson Lab, KEK, CERN, Orsay, Saclay, FNAL.

Nello schema seguente c'è il riepilogo delle cavità già fabbricate e quelle ancora da fabbricare destinate ai vari Laboratori della collaborazione.

Laboratorio	N. <sup>o</sup> di cavità inviate	N. <sup>o</sup> cavità in fabbricazione
DESY	10	17
Jefferson Lab	10	8
KEK	6	15
Orsay	4	-
Saclay	2	-
FNAL	-	4
CERN	16	10
INFN-GE	3	1

Inoltre siamo stati contattati dalla Cornell University per la costruzione di cavità a monocella per il collider a muoni; il gruppo del Prof. Padamsee ha acquistato dall' INFN due monocella del diametro di oltre mezzo metro fatte per Spinning per un ammontare di circa 80 ML di Lire. Le cavità sono in fabbricazione presso i LNL.

Il distribuire le misure in vari laboratori ha certamente contribuito all'acquisizione di maggiore esperienza nel processo di fabbricazione. Segue ora in tabella l'elenco delle misure effettuate in Giappone, negli Stati Uniti ed in Germania delle cavità fabbricate dai LNL:

**KEK (Saito, Fujino)**

NOME	Materiale	Specifiche	Spinning	Tratt. LNL	Tratt. Exter	Q	E acc. MV/m
Kenzo 1	Nb/Cu	RRR = 100	standard		Annealing	Test dilatazione differenziale Cu/Nb	
Kenzo 2	Nb/Cu	RRR = 100	"		Annealing	"	
Kenzo 3	Nb/Cu	RRR = 100	"			$2 \times 10^{10}$	25
Kenzo 4	Nb	RRR = 250	"	lappatura	EP 250 $\mu$ m	$4.7 \times 10^{10}$	32
Kenzo 5	Nb	RRR = 250	"	Grinding	EP 250 $\mu$ m	$5 \times 10^{10}$	38.2
Kenzo 6	Nb	RRR = 250	"	No grinding		$2.1 \times 10^{10}$	20
Kenzo 7	Nb/Cu	RRR = 250	Float RII	HS+ preform grinding +HS+ final grinding			
Kenzo 8	Nb/Cu	RRR = 250	Float RII	"	EP 200 $\mu$ m	$4.2 \times 10^{10}$	30
Kenzo 9	Nb/Cu	RRR = 250	Float RII	SS+ preform grinding +HS+ final grinding			
Kenzo 10	Nb/Cu	RRR = 250	Float RII	HS+ preform grinding +HS			

- HS = Hard Spinning; SS = Soft Spinning
- EP = electrtro polishing
- Float RII = Floating Roller Technique

**JLAB** (P. Kneisel)

NOME	Material e	Specifiche	Spinning	Tratt LNL	Tratt extern	Q	E. acc. MV/m
P 2	Nb	RRR = 250	standard		BCP 400 um	$1.5 \times 10^{10}$	28
P 3	Nb	RRR = 50	"				14
P 4	Nb	RRR = 50	"				19
P 5	Nb	RRR = 250	"		BCP 500 um	$3.5 \times 10^{10}$	33
P 6	Nb		"		+ EP total 250 um	$2 \times 10^{10}$	32
P 7	Nb		From deep drawn tube		Only BCP 100 um	$2 \times 10^{10}$	30
P 8	Nb		standard	lapping			20
P 9	Nb		"	Grinding 200 um	BCP 100 um	$3 \times 10^{10}$	25
P 10	Nb		"				
P 11	Nb		"				
P 12	Nb		"				
P 13	Nb		"				
5P 1	Nb 5-celle	RRR 250	From disk _800		BCP 150 um		15 in _/2 mode 25 in _/5 mode

**DESY** (Pekeler, Liliye, Reschke, Proch)

NOME	MATERIALE	SPECIFICHE	SPINNING	TRATT. LNL	TRATT. ESTERNO	Q	E. acc. MV/m
1P1	Cu	OFHC	standard			Spinning Test	
1P2	Cu	OFHC	"			Spinning Test	
1P3	Nb	Wah Chang	"				>30
1P4	Nb	Wah Chang	"	grinding			>30
4P1	Nb 4-celle	Wah Chang	"			Never measured	
5P1	Nb 5-celle	Wah Chang	"		150 um	$2 \times 10^{10}$	15
1P5	Nb	Heraeus	SS				23
1P6	Nb	Tokio Denkai	HS				
1P7	Nb	Heraeus	SS				
1P8	Nb	Tokio Denkai	HS		Hole in cut off tube during welding		
1P9	Nb	Foat RII	HS+ preform grinding +HS+ final		Under welding		

			grinding				
1P10	Nb	Foat RII	HS +HS+ final grinding				
1P11	Nb	Foat RII	SS+ preform grinding +HS+ final grinding				
1P12	Nb	Foat RII	HS+ preform grinding +SHS+ final grinding				

- HS = Hard Spinning; SS = Soft Spinning; SHS = Super Hard Spinning
- EP = electro polishing
- Foat RII = Floating Roller Technique

## Risultati

L'attività svolta può essere riassunta nei punti seguenti:

- Abbiamo ottimizzato lo spinning di monocella da lastra variando i parametri di spinning. Lo studio sulle monocelle è volto alla ricerca dei massimi valori di campo accelerante e fattori di merito. Lo è quello di capire il ruolo dei diversi parametri di fabbricazione, per poi fare il minimo possibile di ricerca sulle multicelle. I valori più alti ottenuti con lo spinning da lastra sono di 33 MV/m.
- Abbiamo scoperto che la levigatura meccanica dell'interno delle cavità oltre ad abbassare la rugosità della superficie interna, ne innalza il campo accelerante massimo raggiunto. Cavità che raggiungevano 22 MV/m, dopo la levigatura meccanica (rimozione di circa 200 micron) arrivano a 31 MV/m. Questo effetto ormai è confermato perchè è stato visto su tutte le cavità inviate in diversi laboratori. Il problema è che l'abrasione di una monocella richiede un giorno di lavorazione e l'abrasione di una 5-celle una settimana. E' attualmente in progettazione un apparato automatico con mole assemblabili all'interno della cavità che riduca i tempi di abrasione.
- Stiamo automatizzando la procedura di abrasione meccanica. Abbiamo progettato e costruito uno strumento apposito per pulire internamente la cavità in modo automatico.

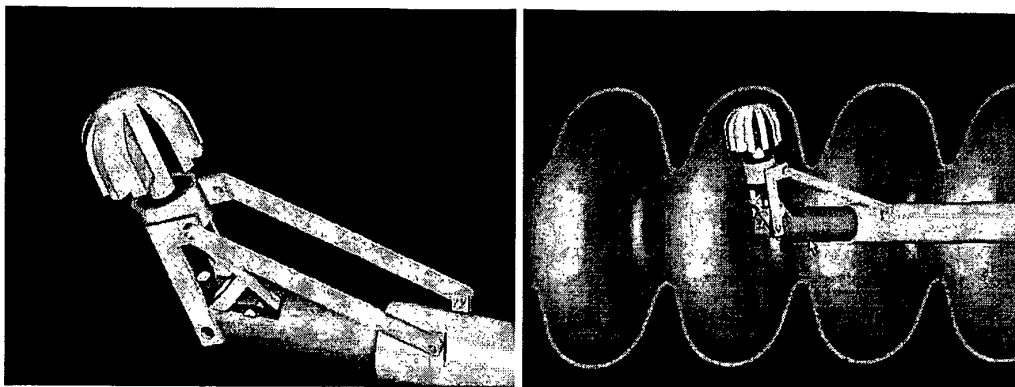


Fig. 16 Dispositivo telescopico a doppio giunto cardanico per l'abrasione automatica della cavità.

- L'altra strada che stiamo percorrendo è quella di ridurre al minimo l'abrasione meccanica e quindi di fabbricare già in partenza cavità meno rugose. Il metodo del floating roller, delle protezioni per separare le deformazioni plastiche dalla modifica della struttura dei grani, degli stampi intermedi con migliore geometria, riducono infatti del minimo l'effetto buccia d'arancia normalmente presente in cavità.
- Oltre alla fabbricazione di cavità da lastra stiamo fabbricando cavità da tubo. Infatti questa strada è più facilmente percorribile per una produzione industriale di massa. Abbiamo sviluppato tre diversi metodi di produzione tubi: lo stampaggio diretto, lo stampaggio inverso e la fluotornitura. Finora sono state provate solo cavità da tubo stampato ed i campi ottenuti sono di 30 MV/m. Tramite le altre due tecniche ci si aspetta un risultato migliore, poiché il tubo di partenza ha una rugosità ancora più bassa.
- I test sulle cavità a 5 celle prodotte ormai già tempo fa non sono ancora stati ultimati. Il campo aumenta mano a mano che si procede con l'etching chimico. Il raggiungimento di 25 MV/m nel modo  $\pi/5$  ci ha indotto a levigarne la superficie interna per tutto il risonatore. La cavità sarà misurata prima della fine dell'anno.
- Abbiamo cercato di applicare la tecnica dello spinning al sandwich Niobio Rame fatto per esplosione in collaborazione con KEK. Sono state misurate finora 3 cavità. Ne abbiamo in costruzione altre 15.
- Lo spinning di cavità in Rame per il CERN, procede molto più semplicemente che per il niobio. Cavità a multicelle potrebbero essere prodotte in modo automatico senza problema alcuno e limitando l'abrasione meccanica a soli cento micron o anche meno, data la bassissima rugosità superficiale ottenibile.

VIRGO

Il progetto VIRGO ha come obiettivo la realizzazione di un'antenna interferometrica per la rivelazione e lo studio delle onde gravitazionali. A questo lavoro di ricerca e costruzione dell'apparato sperimentale, installato nella campagna non lontana da Pisa, prendono parte diverse università e centri di ricerca italiani e francesi. La collaborazione, infatti, è nata da un accordo fra l'I.N.F.N. (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) e il C.N.R.S. (Centre National pour la Recherche Scientifique) per la realizzazione dell'area sperimentale e di un interferometro sospeso con due bracci ciascuno della lunghezza di 3 km.

Elenchiamo, qui di seguito, le principali attività svolte sul sito di VIRGO nell'anno 2001:

### **Opere Civili**

- Completata la costruzione dei 2 tunnel di 3 km per il tubo da vuoto;
- In fase di completamento la realizzazione dell'edificio aggiuntivo per uffici e laboratori;
- Miglioramento delle camere pulite esistenti nell'edificio centrale e realizzazione della camera pulita all'interno dell'edificio terminale Nord;
- Completamento dei lavori di sistemazione dell'area circostante gli edifici del sito (area centrale).

### **Sistema da Vuoto**

- Completamento dell'assemblaggio del tubo da vuoto di 3 km lungo il braccio Nord ed installazione dei primi 2500 metri di tubo da vuoto lungo il braccio Ovest;
- Operazioni standard di messa in funzione e manutenzione dei sistemi di pompaggio già installati nelle torri dell'Interferometro Centrale;
- Completamento dei test del sistema di pompaggio per il tubo da vuoto del braccio Nord con relativo bakeout del tubo stesso;
- Inizio dei test del sistema di pompaggio per il tubo da vuoto del braccio Ovest;
- Installazione della torre all'interno dell'edificio terminale Nord.

### **Ottica**

- Iniziata la produzione degli specchi finali per l'interferometro VIRGO con le apparecchiature installate nel laboratorio di Lione. I primi due specchi sono stati realizzati e rispettano le specifiche di progetto richieste.

### **Sistema di Sospensione**

- Attività sperimentale di presa dati utilizzando l'interferometro centrale con particolare attenzione allo studio delle sorgenti di rumore;
- Acquisizione del locking in configurazione Michelson e con la cavità di ricircolo;
- Assemblati i 12 filtri meccanici e preparati i Pendoli Invertiti per i due sistemi di sospensione degli specchi (Superattenuatori) da installare nelle torri terminali;
- Preparati i cavi da ultra alto vuoto da installare sulle sospensioni delle due torri terminali.



**Elettronica**

- L'elettronica per le 2 torri terminali è stata realizzata ed ha superato positivamente le prove tecniche a cui è stata sottoposta;
- Operazioni standard di messa in funzione e manutenzione dell'elettronica di acquisizione relativa all'Interferometro Centrale;
- Miglioramento del sistema di controllo dell'ultimo stadio delle catene lunghe. I test relativi sono stati eseguiti sulle sospensioni lunghe dell'interferometro centrale e l'implementazione del nuovo sistema di controllo ha incrementato notevolmente la sensibilità dell'Interferometro Centrale.

**Simulazione ed Analisi dei Dati**

- Miglioramento della simulazione del sistema di sospensione degli specchi. Il continuo utilizzo della simulazione dell'apparato sperimentale ha permesso di acquisire il locking dell'interferometro centrale con la cavità di ricircolo;
- Realizzazione delle librerie software per l'analisi dati e loro test su dati simulati.

**Commissioning dell'Interferometro Centrale**

L'attività di commissioning sull'Interferometro Centrale è stata in questo anno di fondamentale importanza e di grande rilevanza scientifica. Per la prima volta, infatti, si è riusciti a controllare l'interferometro con bracci corti (lungi circa 6 metri) acquisendo il locking degli specchi in diverse configurazioni e per intervalli temporali di diverse ore. L'attività svolta può essere sintetizzata per mezzo dei seguenti punti:

- Acquisizione del locking in configurazione Michelson;
- Acquisizione del locking con la cavità di ricircolo;
- Miglioramento dei controlli angolari dell'ultimo stadio delle sospensioni che ha permesso di aumentare la sensibilità dell'apparato sperimentale.

**R&D**

- Proseguimento delle attività di R&D su lungo termine (Low Frequency Facility per la misura diretta del rumore termico sugli specchi, studio degli attuatori elettrostatici, studio delle sospensioni monolitiche, ecc.);
- Conclusione dello studio del rumore dovuto al creep nei materiali con alto stress applicato, utilizzando sensori per la rivelazione di emissione acustica (esperimento AEA-Gruppo II);
- Studio di un metodo per la rivelazione delle fluttuazioni di pressione nei tubi da vuoto di VIRGO mediante trasmissione e fluorescenza nell'Ultra Violetto (esperimento UVVV-Gruppo II);

GRID

La grande comunità della Fisica delle Alte Energie, o High Energy Physics (HEP), partecipa a pochi grandi esperimenti internazionali con un insieme di diverse migliaia di ricercatori distribuiti in centinaia di Istituzioni ed Università in decine di Paesi ed in vari Continenti. L'analisi dei dati di questi esperimenti comporta problematiche di archiviazione e gestione delle risorse di calcolo molto complesse che hanno spinto la comunità scientifica internazionale ad indirizzarsi verso la realizzazione di un nuovo software, chiamato GRID, che consentirà di accedere a tutte queste risorse di dati e calcolo, grandi e piccole, in tutto il mondo in maniera facile, uniforme e trasparente all'utente.

Il progetto speciale INFN Grid è stato approvato nel 2000, con il compito di sviluppare il middleware di Grid promuovendo e partecipando alle iniziative internazionali di sviluppo e, contemporaneamente, di realizzare un testbed nazionale per permetterne la sperimentazione da parte dei futuri esperimenti in Italia e a livello mondiale.

INFN-Grid è stato promotore ed è partner principale del progetto internazionale DataGrid che è stato finanziato a partire dal 1 gennaio 2001 dalla comunità europea con 9.8 milioni di Euro. Il finanziamento accordato direttamente all'INFN è pari a 920.372 Euro. I finanziamenti destinati ai partners italiani associati sono per la ditta Datamat SPA pari a 470.009 Euro e per il CNR 270.508 Euro.

INFN-Grid è stato promotore ed è partner principale del progetto DataTag approvato dalla Comunità Europea, alla fine del 2001, con un finanziamento di 3.9 MEuro, per permettere il collegamento dei testbed di Grid europei con quelli degli Stati Uniti. Il finanziamento ottenuto dall'INFN è stato di 619.574 Euro.

Nel 2001 il progetto Europeo DataGrid ha:

- Raccolti e pubblicati i requirements degli esperimenti a LHC, Earth Observations e Biologia
- Realizzata la prima release del software di Grid e il suo deployment su una serie di siti europei che costituiscono il testbed<sup>1</sup>
- Iniziata la validazione della release<sup>1</sup> da parte degli esperimenti a LHC, Earth Observations e Biologia
- Organizzata la III Conferenza di DataGrid a Frascati dal 3 al 6 ottobre

Il 6 dicembre 2001 il progetto DataTAG ha fatto la prima riunione per il lancio delle attività che partono dal 1° gennaio 2002.

INFN-Grid ha organizzato la terza riunione del Global Grid Forum (GGF3), a LNF dal 7 al 10 ottobre, che ha avuto ~ 220 partecipanti, tra i quali una significativa presenza USA, nonostante gli annunci di pericolo attentati a Roma fatti del Dipartimento di Stato. È stata un'occasione per una più attiva partecipazione degli europei a questo comitato di standardizzazione (~equivalente a Internet Engineering Task Force per Internet) e per la significativa partecipazione della dirigenza della Commissione Europea, degli Enti finanziatori USA DOE e NSF, dell' INFN e PPARC.

In quest'occasione si è tenuta la seconda riunione dell'Industry and Research Forum con ~ 100 partecipanti di cui ~ 30 rappresentanti industriali.

INFN-Grid è stato promotore ed è ora partner dell'organismo di coordinamento mondiale dei progetti HENP Grid in Europa, USA ed Asia.

Per quanto riguarda le attività in Italia è stato realizzato il primo prototipo di testbed INFN, connesso al testbed1 di DataGrid, con 6 siti principali comprendenti il prototipo Tier1 al CNAF, 5 prototipi di Tier2 a Catania, Milano, Pisa, Padova/LNL e Torino ed alcuni prototipi di Tier3. Per favorire la diffusione del testbed a tutte le sedi INFN-grid ha realizzato per tutta la comunità internazionale un kit per l'installazione automatica del software di DataGrid.