

Prove sperimentali sulla resistenza a compressione di una grafite utilizzata in dispositivi per la produzione di fasci radioattivi

Centofante L.^{1,2}, Monetti A.², Donzella A.^{1,3}, Zenoni A.^{1,3}, Meneghetti A.⁴, Andrighetto A.²

¹Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale – Università degli Studi di Brescia – Via Branze 38, 25123 Brescia (Italy)

²Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – Laboratori Nazionali di Legnaro – Via dell'Università 2, 35020 Legnaro PD (Italy)

³Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – Sezione di Pavia – Via Bassi 6, 27100 Pavia (Italy)

⁴Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli Studi di Padova – via Venezia, 1 - 35131 Padova (Italy)



□ Metallurgia

- Pressofusione continua (matrici, mandrini..)
- Pressatura a caldo
- Fornaci industriali
- Crogioli
- Elettrodi EDM



□ Ambiente ed energia

- Celle solari
- Energia nucleare (reattori ad alta temperatura, fusione nucleare..)



Grafite

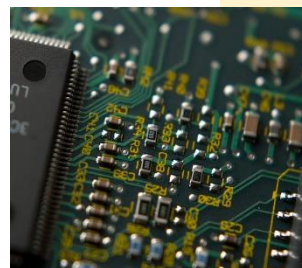
□ Settori all'avanguardia

- Settore aerospaziale
- Acceleratori di particelle
- Cure mediche



□ Elettronica

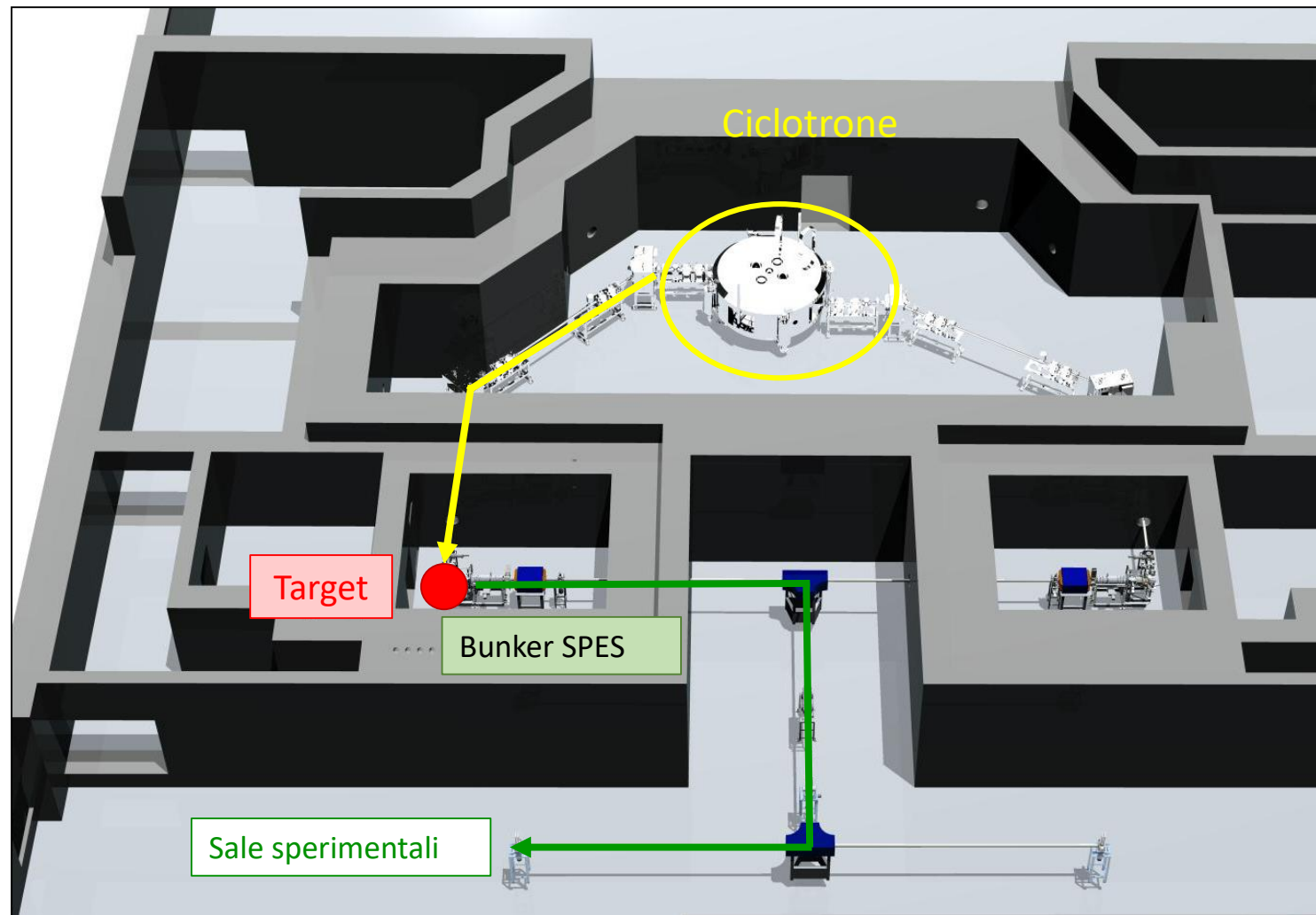
- Applicazioni di produzione di semiconduttori in silicio e composti (Suscettori, elettrodi..)
- Applicazioni di produzione di schermi LCD (elettrodi, pannelli per riscaldatori..)



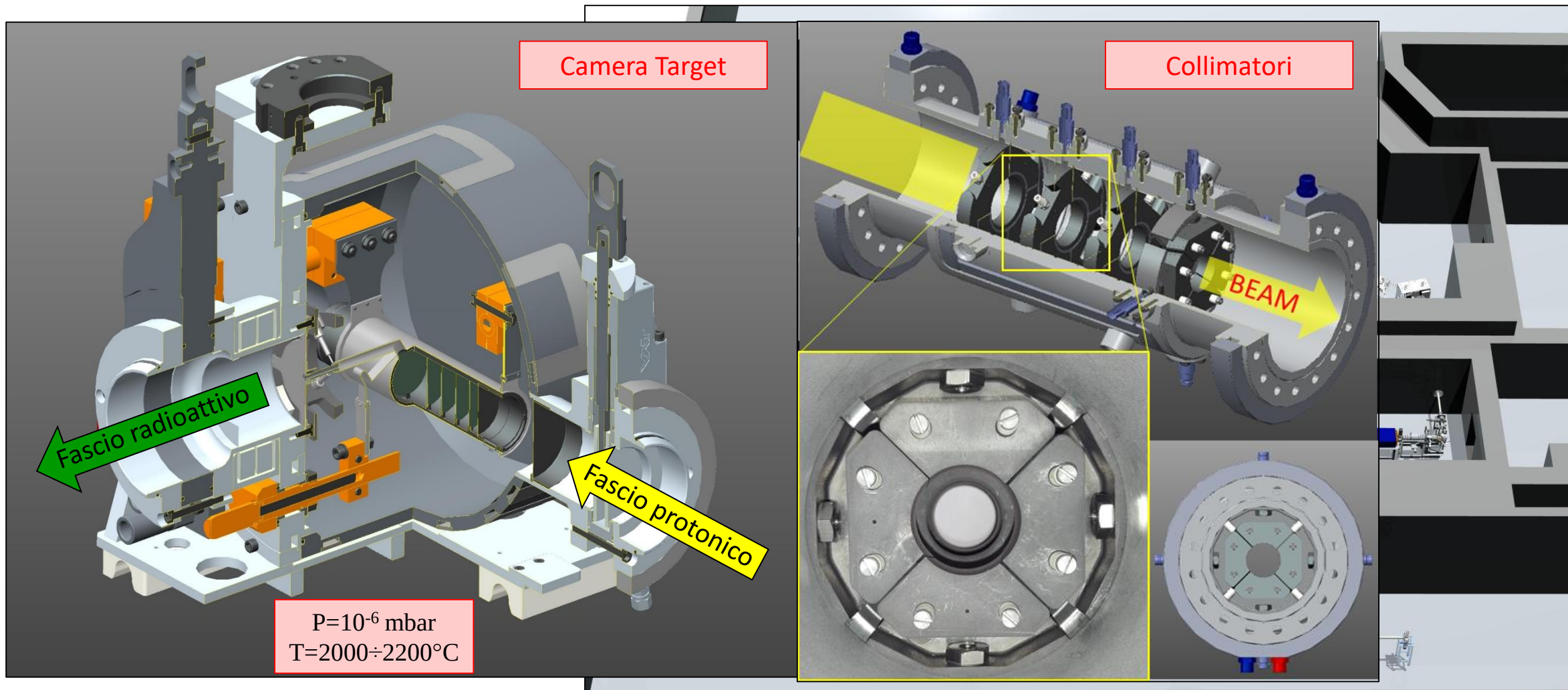
Il progetto SPES ai LNL



Selective Production of Exotic Species



Il progetto SPES ai LNL



Proprietà meccaniche della grafite

Malmstrom et al. [1951]

Green [1952]

Green [1959]

Wagner et al. [1959]

Martens et al. [1960]

Smith [1964]

Gillin [1967]

Greenstreet [1968]

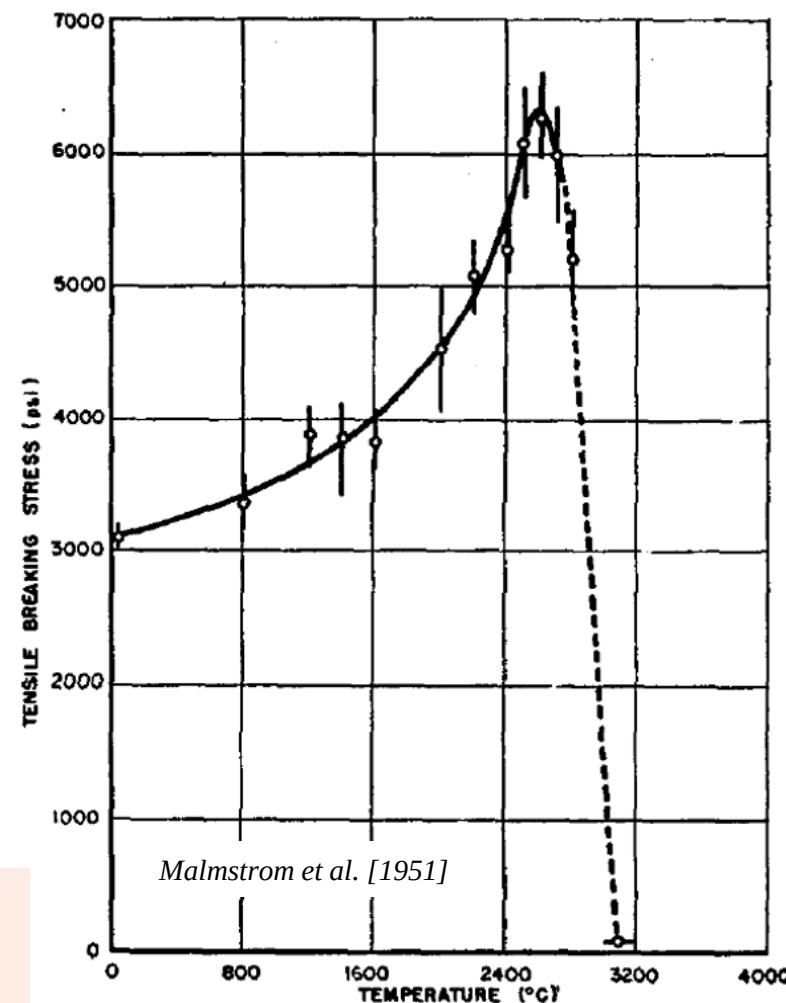
Price [1975]

POCO Graphite [2015]

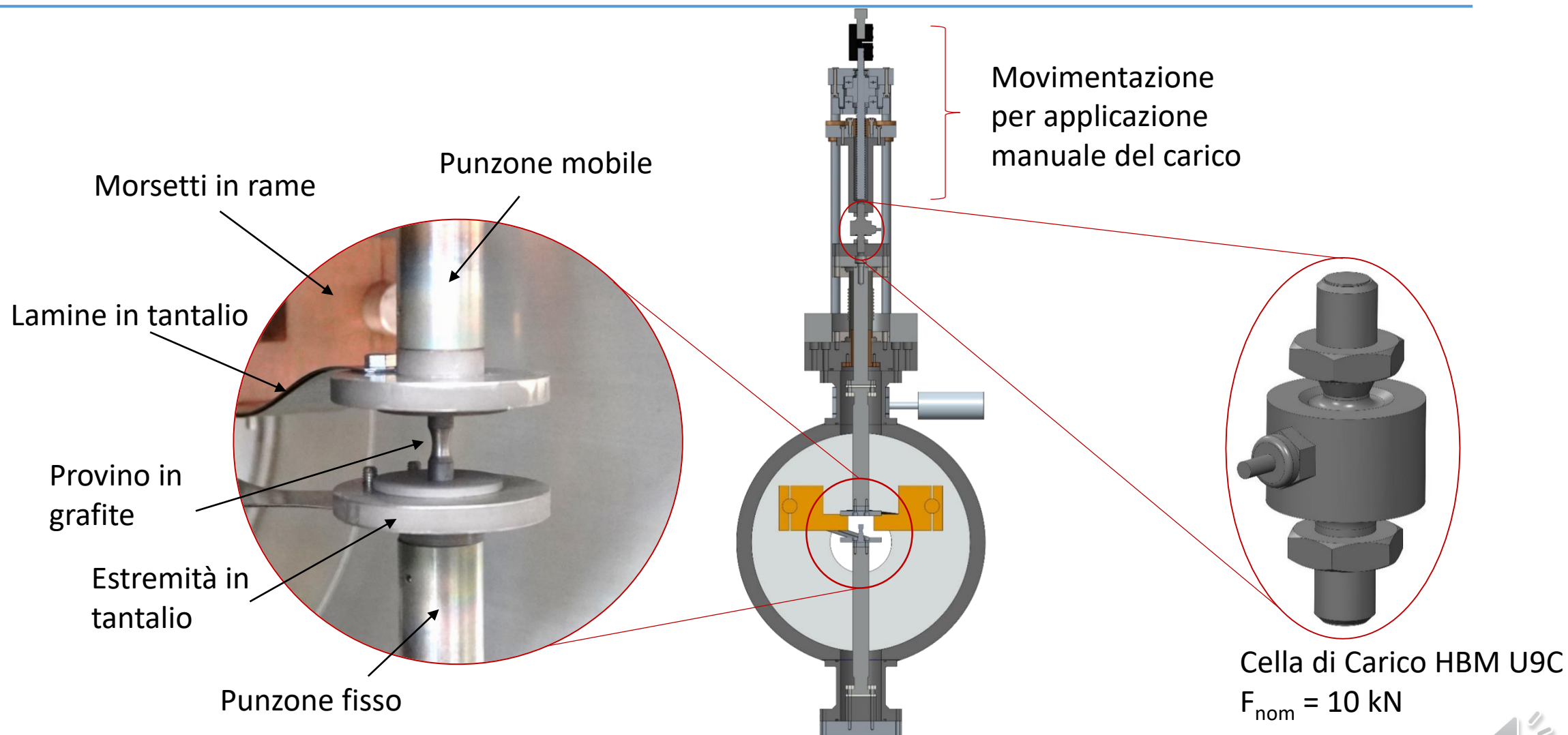
...

- Il modulo elastico aumenta con la temperatura
- La resistenza aumenta con la densità
- La resistenza aumenta con la temperatura fino a circa 2500°C

Pochi dati quantitativi sulla resistenza a compressione in temperatura

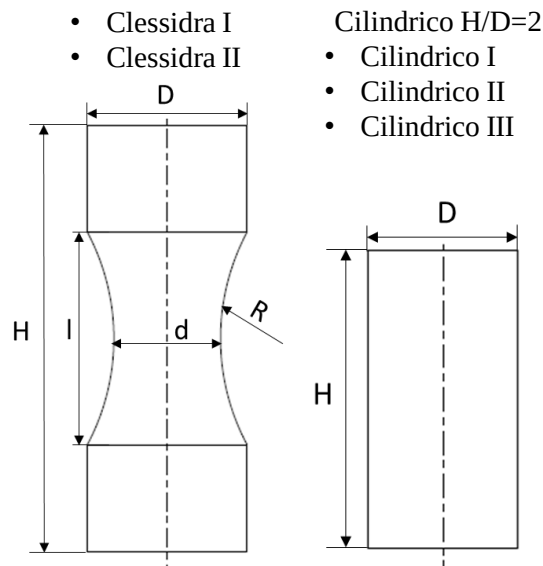


Apparato sperimentale



Prove di compressione

Geometrie

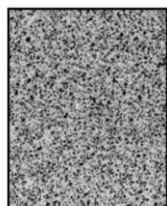


Geometria	D [mm]	d [mm]	H [mm]	l [mm]	R [mm]	N° campioni		
						RT	1000°C	2000°C
Clessidra I	6	4	16	8	8.5	12	4	7
Clessidra II	6	3	14	6	3.75	1	-	-
Cilindrico I	4	-	8	-	-	1	-	-
Cilindrico II	6	-	12	-	-	2	1	-
Cilindrico III	5	-	10	-	-	2	-	-

Materiale

POCO
GRAPHITE
An Entegris Company

EDM-3®



EDM-3 della POCO è una grafite isotropica a grana ultrafine che offre un'elevata resistenza all'usura e caratteristiche di finitura superficiale fine, in quanto può essere facilmente lavorata a spessori di 0,1 mm o inferiori.

Valore Tipico

Dimensioni medie particelle:
<5 μm
Resistenza alla flessione:
935 kg/cm^2
Resistenza alla compressione: 1,273 kg/cm^2
Durezza: 73 Shore
Resistività elettrica:
15,6 $\mu\Omega\text{m}$

POCO Graphite [2015]

Condizioni di prova

- **Temperatura di prova:** Tamb, 1000°C, 2000°C
- **Materiale di contatto:** Tantalio, SiC, Grafite
- **Densità:** Lotto 1 ($\rho=1.67 \text{ g/cm}^3$)
Lotto 2 ($\rho=1.72 \text{ g/cm}^3$)



Procedura sperimentale

Misurazione del provino mediante profilometro ottico e micrometro



Posizionamento provino tra i punzoni



Raggiungimento del vuoto all'interno della camera (10^{-5} mbar)



Riscaldamento provino mediante passaggio di corrente



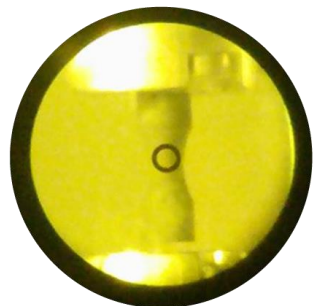
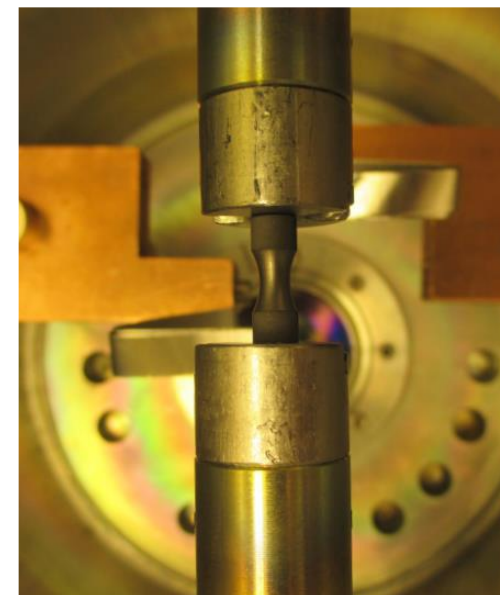
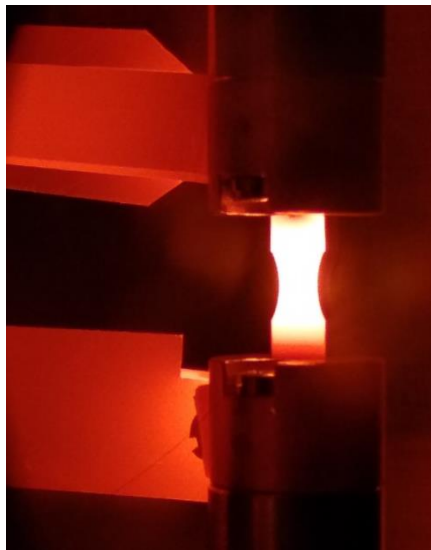
Monitoraggio temperatura mediante pirometro



Applicazione del carico in maniera lenta e graduale fino alla rottura del provino

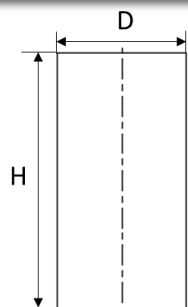


Lettura della tensione di sbilanciamento della cella di carico e calcolo della tensione di rottura



Temperatura ambiente

Geometria cilindrica

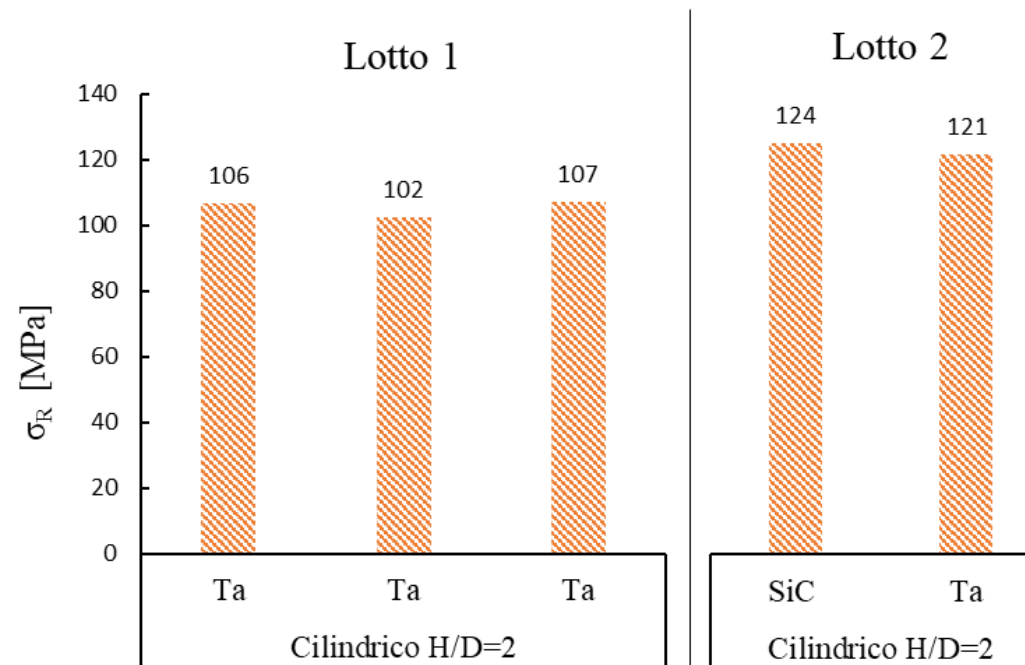


Cilindrico $H/D=2$

- Cilindrico I
- Cilindrico II
- Cilindrico III

Materiali di contatto: Ta, SiC

Densità: lotto 1 ($\rho=1,67 \text{ g/cm}^3$)
lotto 2 ($\rho=1,72 \text{ g/cm}^3$)

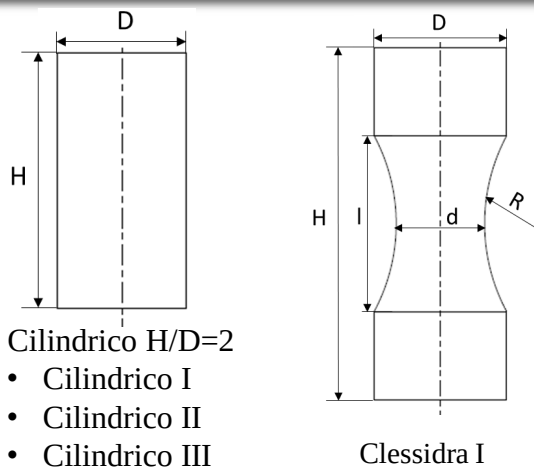


- Resistenza maggiore all'aumentare della densità
- Nessuna evidente influenza del materiale a contatto con i provini



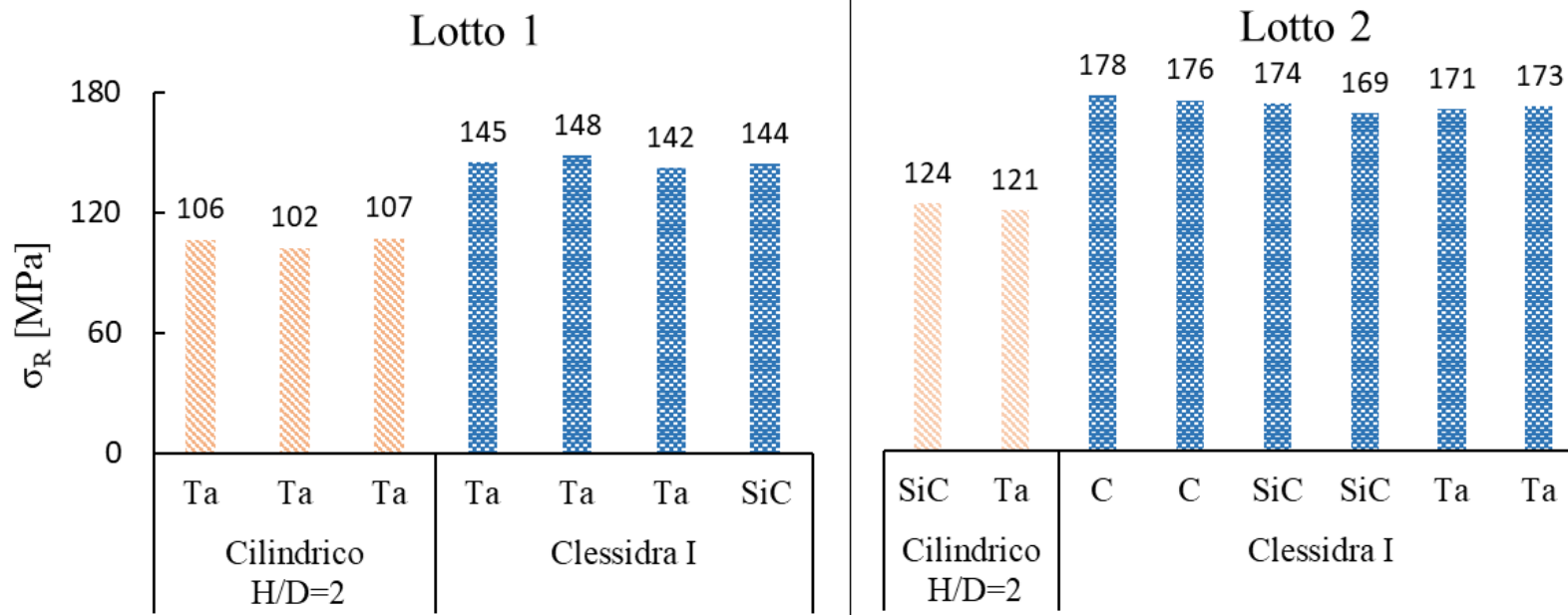
Temperatura ambiente

Geometria cilindrica e a clessidra



Materiali di contatto: Ta, SiC, C

Densità: lotto 1 ($\rho=1,67 \text{ g/cm}^3$)
lotto 2 ($\rho=1,72 \text{ g/cm}^3$)

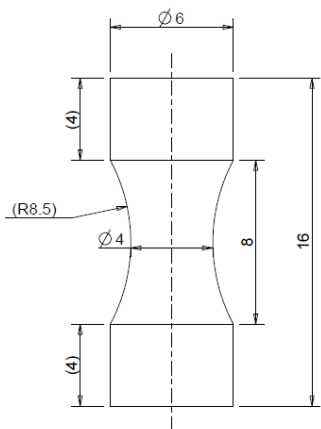


- Resistenza maggiore per i provini a clessidra rispetto ai provini cilindrici (problemi di carico fuori asse incontrollato con i provini cilindrici)
- Anche per i provini a clessidra, la resistenza non è influenzata dal materiale delle superfici di contatto
- Resistenza maggiore per provini ottenuti dal lotto a maggiore densità (Lotto 2)



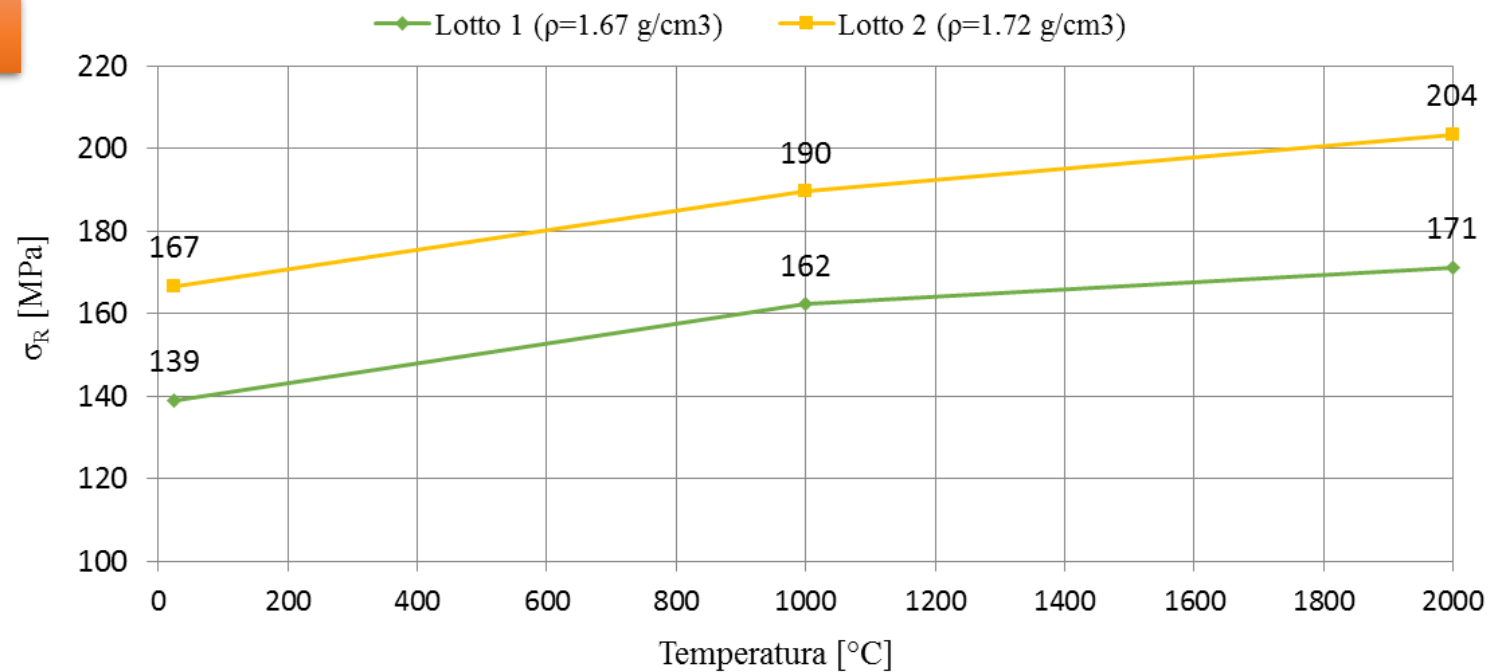
Temperatura ambiente, 1000°C, 2000°C

Geometria Clessidra I



Materiali di contatto: Ta, SiC, C

Densità: lotto 1 ($\rho=1,67 \text{ g/cm}^3$)
lotto 2 ($\rho=1,72 \text{ g/cm}^3$)



- Aumento della resistenza con la temperatura (a 2000°C incremento del 22% rispetto al valore a T_{amb})
- Resistenza maggiore per provini ottenuti dal lotto a maggiore densità (Lotto 2)



- ➡ Una maggiore densità della grafite comporta una maggiore resistenza.
- ➡ Il materiale a contatto con il provino non sembra influenza il risultato della prova.
- ➡ I provini con geometria a clessidra risultano idonei per le prove di compressione.
- ➡ La resistenza della grafite aumenta con la temperatura: si è registrato un aumento medio del 22% a 2000°C.

