

STAGE LNL INFN 2016

TEMA L - TECNOLOGIE PER LA TENUTA DEL VUOTO

Alberto Fattori; Marco Benetton; Michele Lorenzi;

Silvia Visentin

Tutors: Alberto Andrichetto; Enrico Boratto;

Gianluca Vivian; Michele Ballan





- Produzione di fasci di isotopi radioattivi usati nella ricerca di base dall'astrofisica alla medicina;
- Il front-end è il dispositivo in cui il fascio di protoni accelerato dal ciclotrone Best colpisce il target in carburo di uranio producendo ioni radioattivi, perciò sarà posizionato in un ambiente fortemente radioattivo.



Testare la tenuta del vuoto di guarnizioni metalliche, sostitutive a quelle in gomma o rame, soggette a variazioni temperatura.

CARATTERISTICHE	STAGNO (lega)	PIOMBO (lega)	INDIO (puro)
Durezza	1,5	1,5	1,2
Punto di fusione (K)	505	601	430
Temperatura di ricristallizzazione (K)	253 - 303	300 - 360	215 - 258
Calore specifico ($\frac{J}{Kg \cdot K}$)	228	129	233
Conducibilità termica ($\frac{W}{m \cdot K}$)	66,6	35,3	81,6
Prezzo ($\frac{EUR}{Kg}$)	≈14	≈11	≈426
Tossicità	Nulla	Bassa	Alta

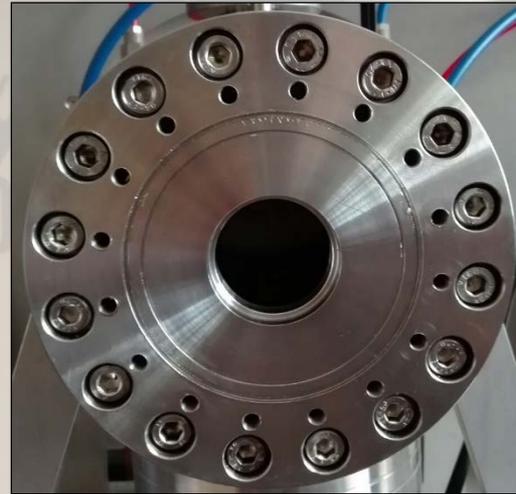
I metalli utilizzati sono stati individuati per le loro caratteristiche fisiche ed economiche.



Tubo di acciaio dove viene creato il vuoto

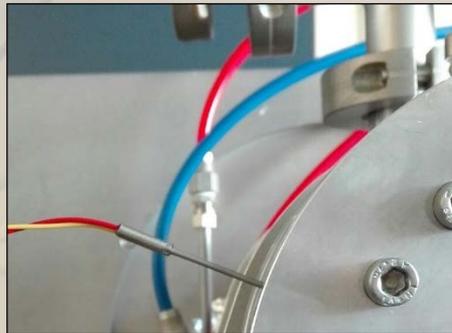


Pompa e turbopompa

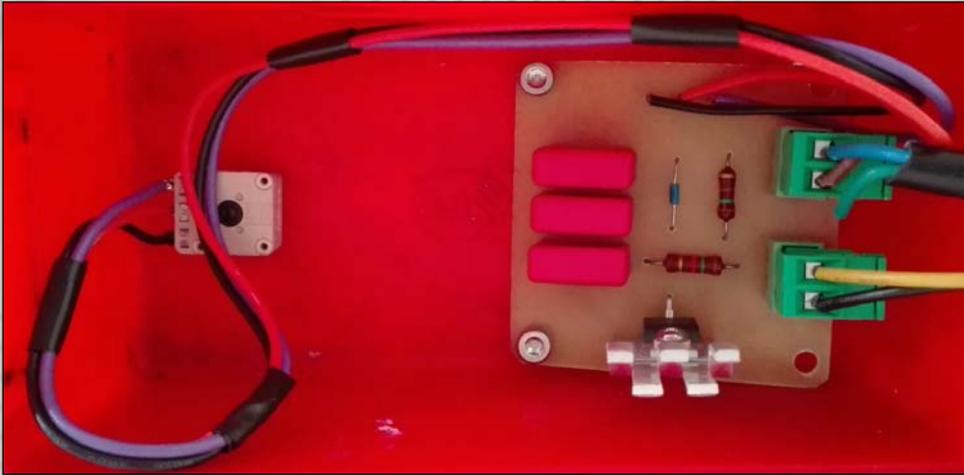


Flangia in acciaio con cava esterna da 1,5 mm e cava interna da 1 mm

Giunzione calda della termocoppia



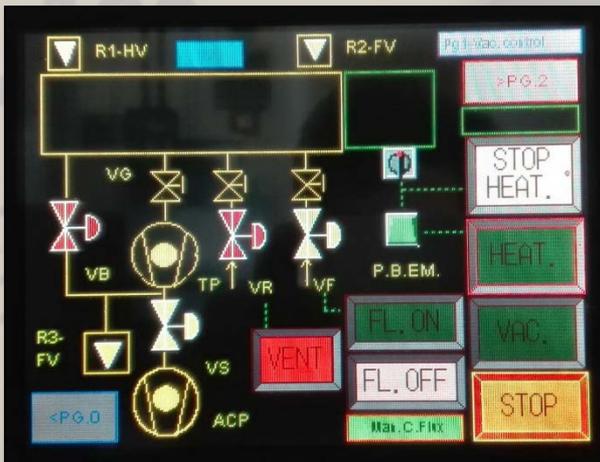
Flangia in alluminio



Regolatore di potenza



Cartucce riscaldanti a resistenza elettrica



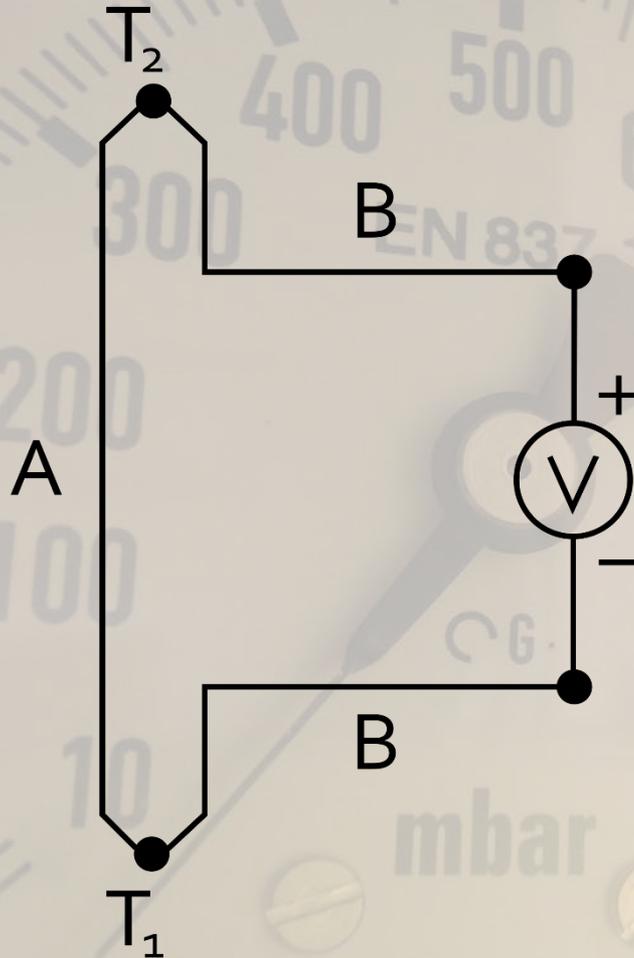
Pannello di controllo



Barometro digitale



Barometro analogico



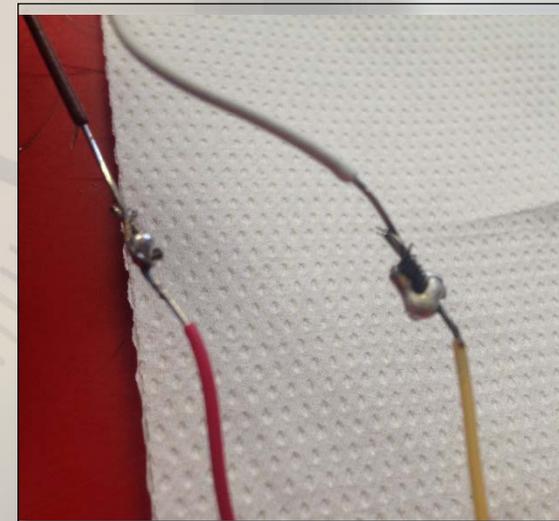
- L'effetto Seebeck è un effetto termoelettrico per cui quando due conduttori di materiali diversi sono uniti in due giunzioni poste a temperature differenti si genera una tensione tra i due conduttori;
- Il fenomeno è dovuto alla diffusione di cariche attraverso la superficie di contatto tra i due materiali (giunzione), verso il materiale con potenziale di riduzione maggiore, ed è favorito da alte temperature.

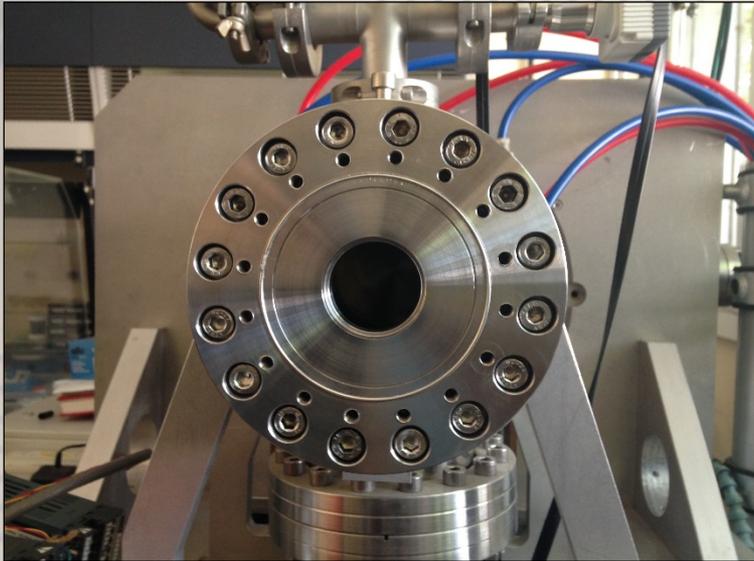
TIPO DI TERMOCOPPIA	CAVO DI ESTENSIONE E COMPENSATO		CODICE COLORI INTERNAZIONALI DA IEC 584.3:1989	CODICE COLORI PER IMPANTATI A SOLLECITA INTRINSECA IEC 584.3:1989	Codice colori nazionali per cavi di estensione e compensati				
	CAVO DI ESTENSIONE	CAVO COMPENSATO			INGLESE BS 1843	AMERICANO ANSI/MQ96.1	TEDESCO DIN 43714	FRANCESE NFC 42324	GIAPPONESE JIS C 1610:1981
T Cu / Co	TX								
J Fe / Co	JX								
E Ch / Co	EX								
K Ch / Ni	KX								
	WX								
N Ni Cr Si / Ni Si	NX								
S Pt / Pt 10% Rh	SX								
R Pt / Pt 13% Rh	RX								
B Pt 6% Rh / Pt 30% Rh	BX								

- Una termocoppia è uno strumento che sfrutta l'effetto Seebeck misurando la ddp tra i due conduttori e determinando elettronicamente la temperatura della giunzione calda grazie alla proporzionalità tra tensione e temperatura caratteristica di ogni coppia di conduttori.

Termocoppie di tipo K:
-Range: -200°C - 1260°C
-Sensibilità: 41 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

- Abbiamo verificato che le termocoppie non sono condizionate dalla lunghezza dei fili di conduttori e che la presenza di tratti di conduttore di materiale diverso (rame) ha un effetto trascurabile.

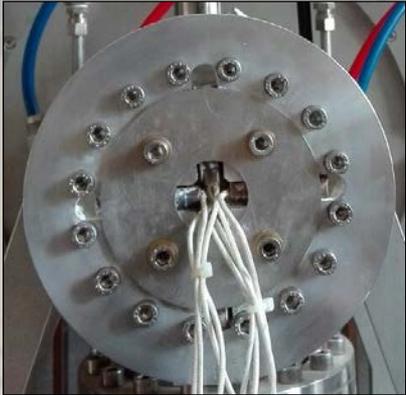




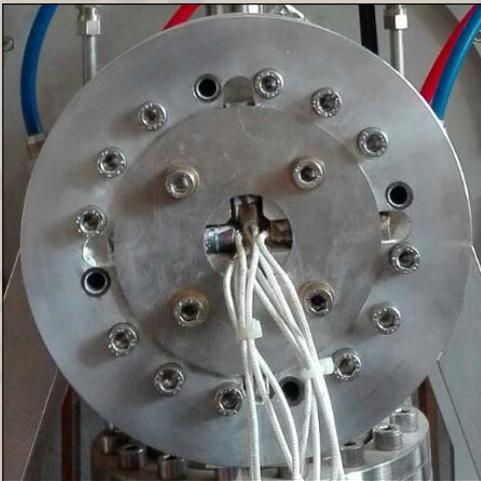
- Dopo averlo pulito, si inserisce un anello del materiale da testare nella cava sovrapponendone le estremità;
- Si fa aderire la flangia di alluminio a quella di acciaio e si avvita in modo da schiacciare l'O-ring tra la cava e la superficie della flangia.

- Non sono necessarie specifiche competenze per montare l'O-ring, ma è necessario fare attenzione che le estremità si sovrappongano e che l'O-ring sia aderente alla cava.

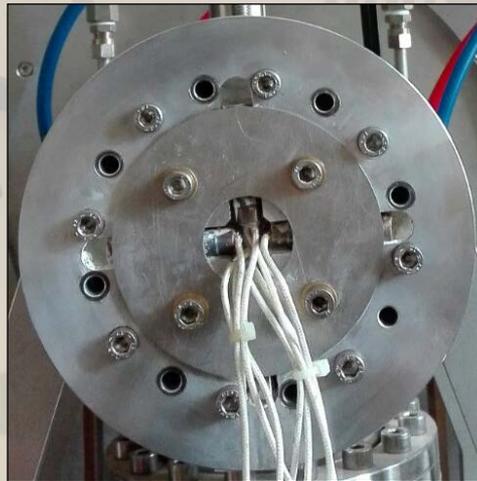




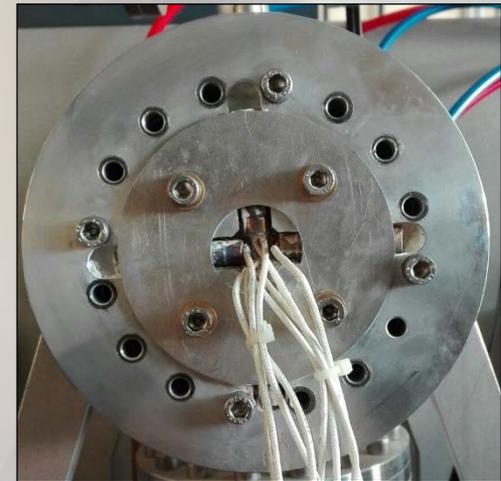
- Abbiamo verificato se per velocizzare il montaggio della flangia, che potrebbe dover essere effettuato in un ambiente radioattivo, sia possibile utilizzare meno viti;



12 viti: test positivo

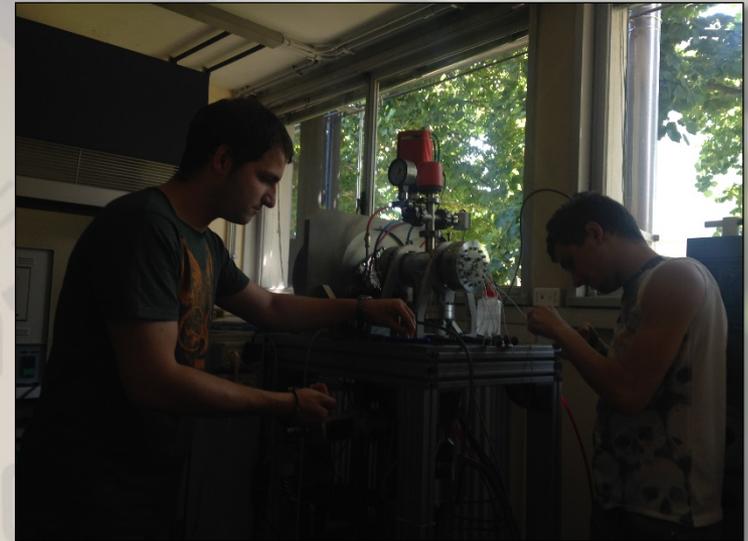


8 viti: test positivo



4 viti: test positivo

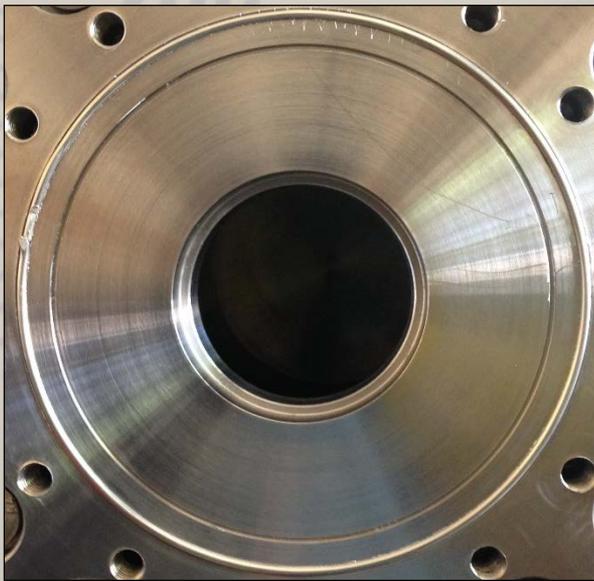
- Si crea il vuoto all'interno dell'apparato;
- Con una pressione sufficientemente bassa, nell'ordine di 10^{-5} - 10^{-6} mbar, si inizia ad aumentare la temperatura;
- Si lascia raffreddare l'apparato utilizzando aria compressa a basse temperature;
- Durante tutta la prova si annotano i valori di pressione e temperatura ogni minuto.
- terminate le misurazioni, se la guarnizione ha tenuto, si toglie il vuoto e lo si ricrea;
- Si smonta la flangia e si osservano le condizioni dell'O-ring.



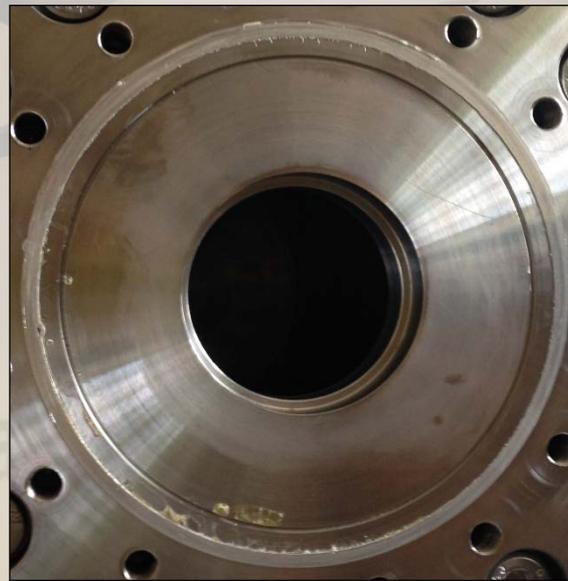
1ª Prova:

Materiale	Stagno
Temperatura massima raggiunta (°C)	150
Tenuta del vuoto	NO

Prima:



Dopo:



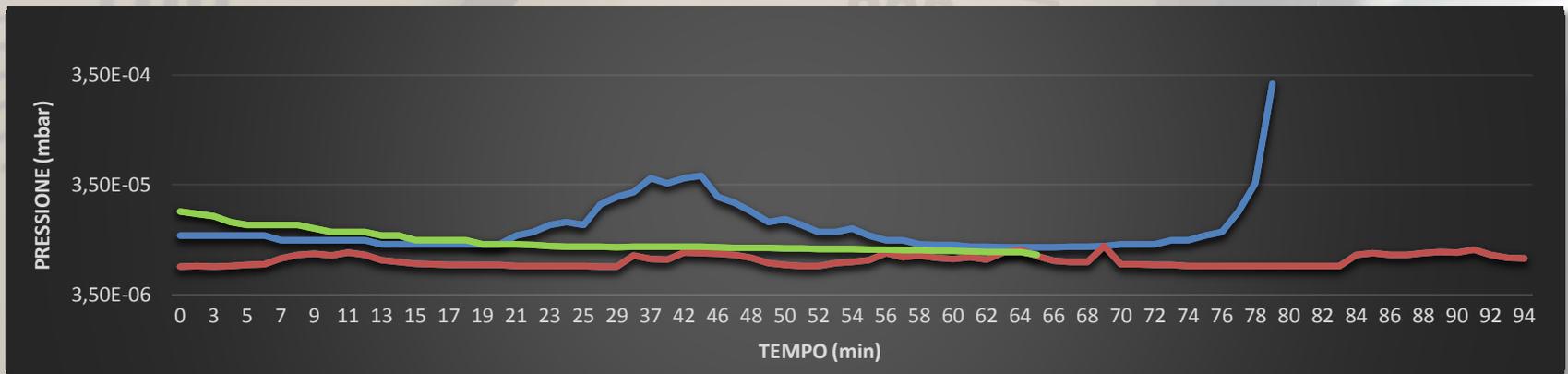
- Lo scorrimento viscoso ha deformato l'O-ring compromettendo la tenuta della guarnizione.

2^a Prova:

Materiale	Stagno
Temperatura massima raggiunta (°C)	70 (10 min)
Tenuta del vuoto	SI'

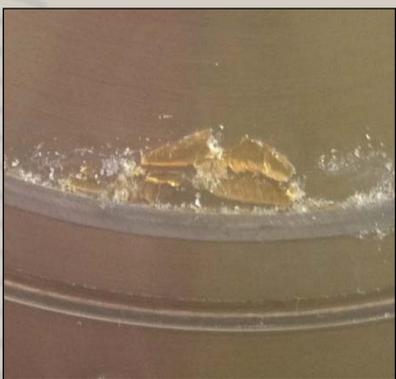
3^a Prova:

Materiale	Stagno
Temperatura massima raggiunta (°C)	100 poi 100 (10 min)
Tenuta del vuoto	SI'



1^a Prova:

Materiale	Piombo
Temperatura massima raggiunta (°C)	150
Tenuta del vuoto	NO



- La presenza di impurità nella lega di piombo e la disomogeneità dei suoi componenti potrebbero aver compromesso le prime due prove, infatti sono state osservate delle deformazioni irregolari lungo gli O-ring utilizzati.

2^a Prova:

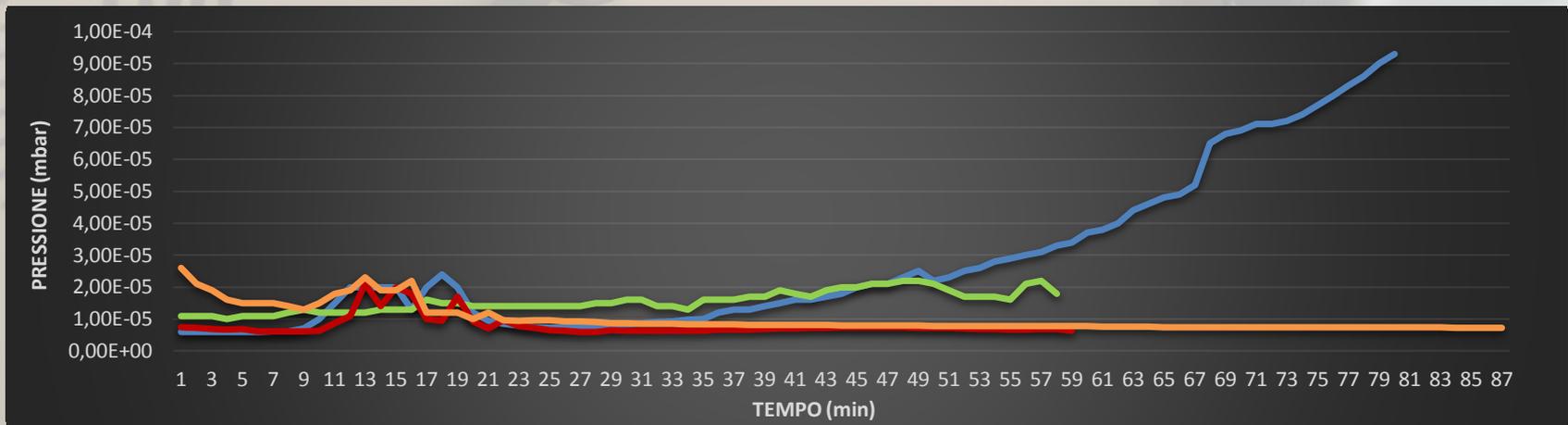
Materiale	Piombo
Temperatura massima raggiunta (°C)	100
Tenuta del vuoto	NO

3^a Prova:

Materiale	Piombo
Temperatura massima raggiunta (°C)	100 (10 min)
Tenuta del vuoto	SI'

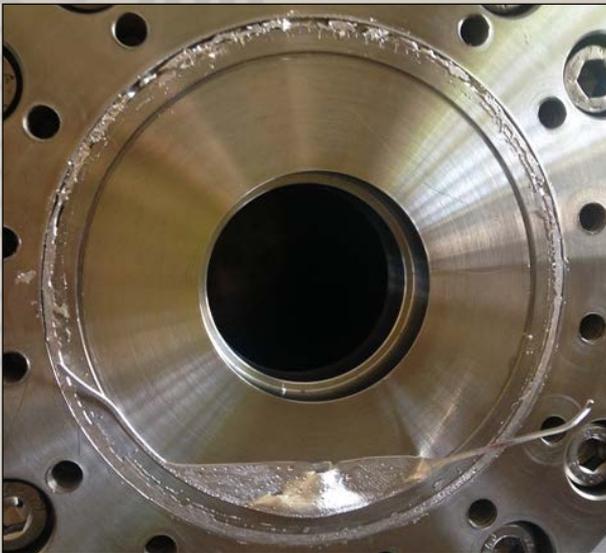
4^a Prova:

Materiale	Piombo
Temperatura massima raggiunta (°C)	160 (10 min)
Tenuta del vuoto	SI'



1^a Prova:

Materiale	Indio
Temperatura massima raggiunta (°C)	150 (10 min) poi 150
Tenuta del vuoto	SI'



- A 150°C l'indio si fonde ma ha un angolo di bagnabilità tale che gli consente di tenere il vuoto;
- L'indio a contatto con l'alluminio forma una [lega bassofondente](#) che incide la flangia.

2^a Prova:

Materiale	Indio (O-ring a sezione quadrata)
Temperatura massima raggiunta (°C)	150
Tenuta del vuoto	NO



- Utilizzando un O-ring a sezione quadrata su una cava a sezione circolare rimane un residuo di aria che fuoriesce quando l'indio si fonde compromettendo la tenuta della guarnizione.

Stagno:

- Mantiene il vuoto fino a 100°C;
- A temperature più elevate lo scorrimento viscoso potrebbe compromettere la tenuta.

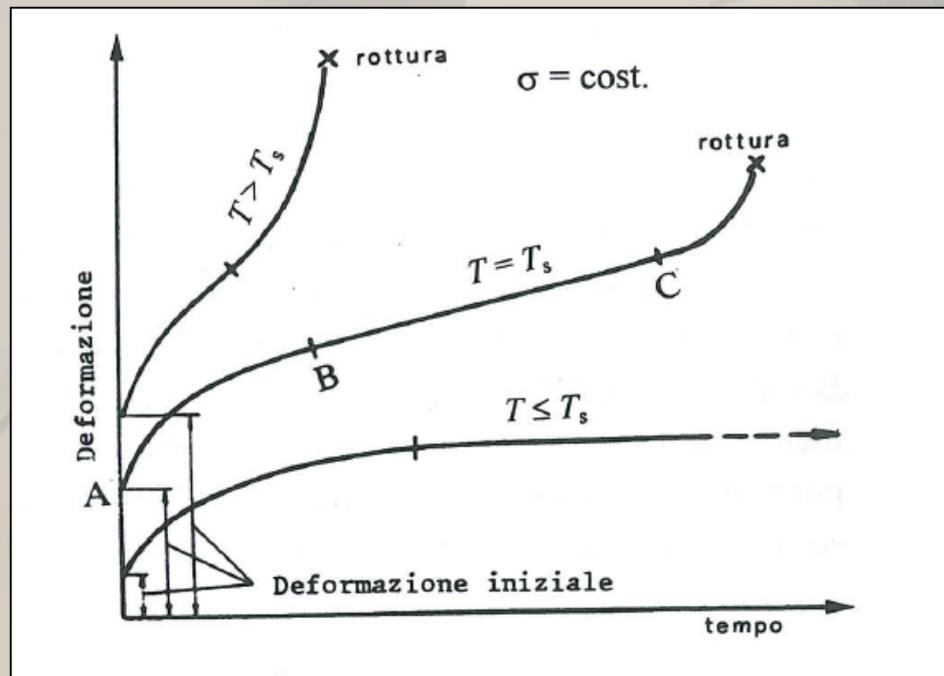
Piombo:

- Mantiene il vuoto almeno fino a 160°C;
- Qualità e purezza del piombo utilizzato possono incidere sulla resistenza dell'O-ring alle alte temperature.

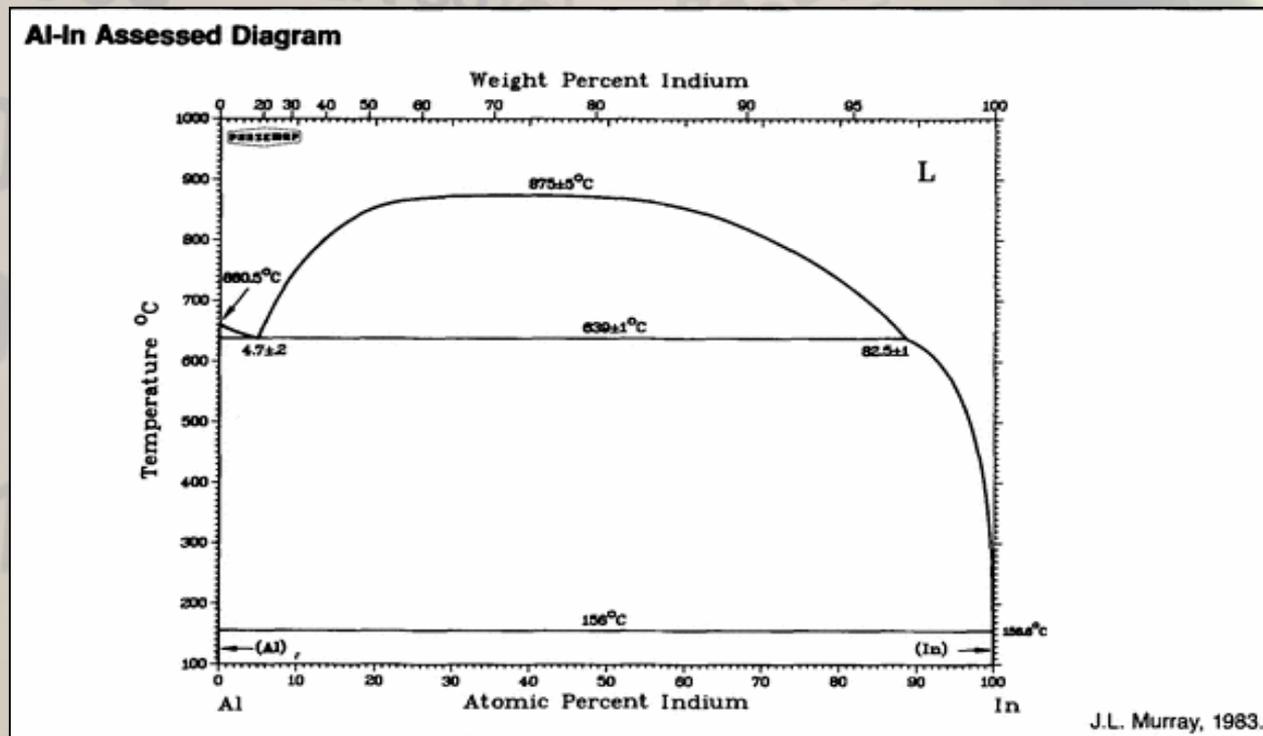
Indio:

- Mantiene il vuoto almeno fino a 150°C;
- E' fondamentale che non ci siano residui d'aria tra la cava e l'O-ring poiché intorno a 150°C l'indio fonde e eventuali residui d'aria lo deformerebbero irreversibilmente;
- La formazione di una lega bassofondente tra indio e alluminio potrebbe rovinare la flangia a lungo termine.

- La temperatura di ricristallizzazione è la temperatura oltre la quale la struttura cristallina di un materiale elasto-plastico cambia nel tempo, generalmente è situata tra il 50% e il 60% della temperatura di fusione;
- Lo scorrimento viscoso è il fenomeno per il quale se si applica una forza costante ad un materiale elasto-plastico ad una temperatura superiore a quella di ricristallizzazione, sebbene la forza sia costante la deformazione continua ad aumentare nel tempo.



- A causa della diffusione degli atomi di Indio sono migrati verso la flangia di alluminio;
- Si è formata così una lega di alluminio-indio il cui punto di fusione per una concentrazione molto elevata è prossimo a quello dell'indio;



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

