

L'approccio tribologico nella caratterizzazione funzionale di rivestimenti e lubrificanti

Valentina Zin

Email: valentina.zin@ieni.cnr.it

OUTLINE

- L'approccio tribologico nella caratterizzazione funzionale dei materiali nel settore energetico

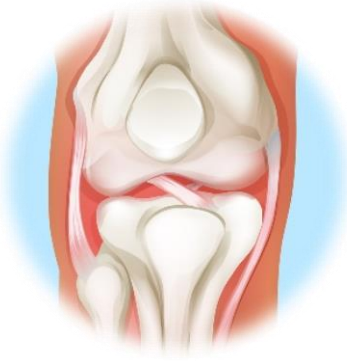
- Caratterizzazione di rivestimenti
 - Valutazione dello spessore (Calotest)
 - Test di usura
 - Test di adesione (Scratch test)
 - Tribocorrosione

- Caratterizzazione di lubrificanti
 - Test di lubrificazione (Stribeck test)
 - Test di attrito e usura

Tribology ...is in the air!



TRIBOLOGIA



APPROCCIO TRIBOLOGICO

GOD made solids, but surfaces were the work of the DEVIL

Wolfgang Pauli (1900-1958)

La **tribologia** è definita come “la scienza e la tecnologia delle interazioni tra superfici a contatto in moto relativo, sotto carico.

'Τριβος' ("*tribos*") → strofinamento

+

'λόγος' ("*logos*") → ragionamento

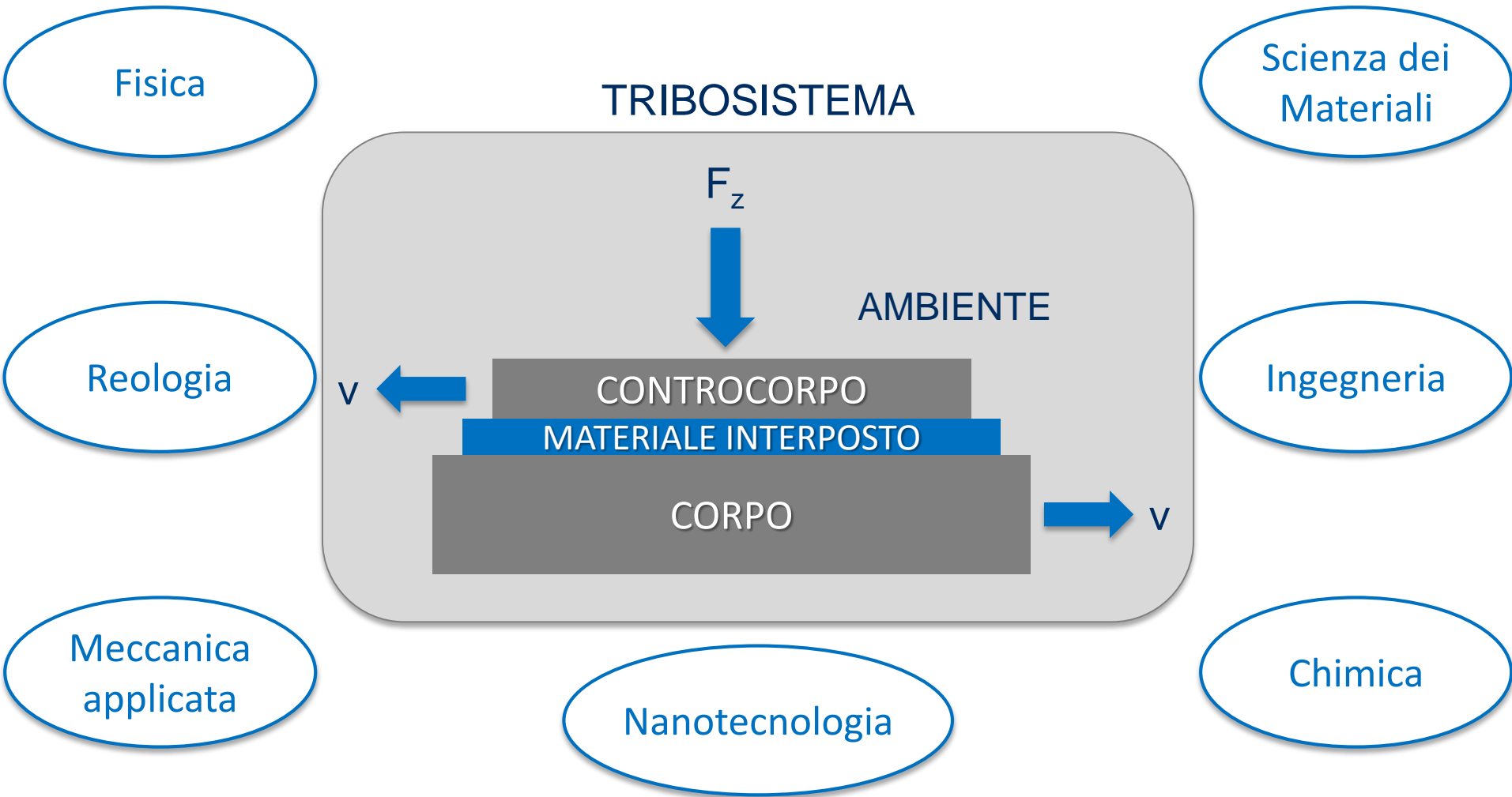
ATTRITO → forza resistente dovuta all'interazione tra due superfici a contatto (perdita di 10÷30% dell'energia prodotta)

USURA → danneggiamento di una superficie solida dovuto al moto relativo tra essa e una o più sostanze a contatto

LUBRIFICAZIONE → applicazione opportune sostanze tra le superfici a contatto allo scopo di ridurre l'attrito e l'usura



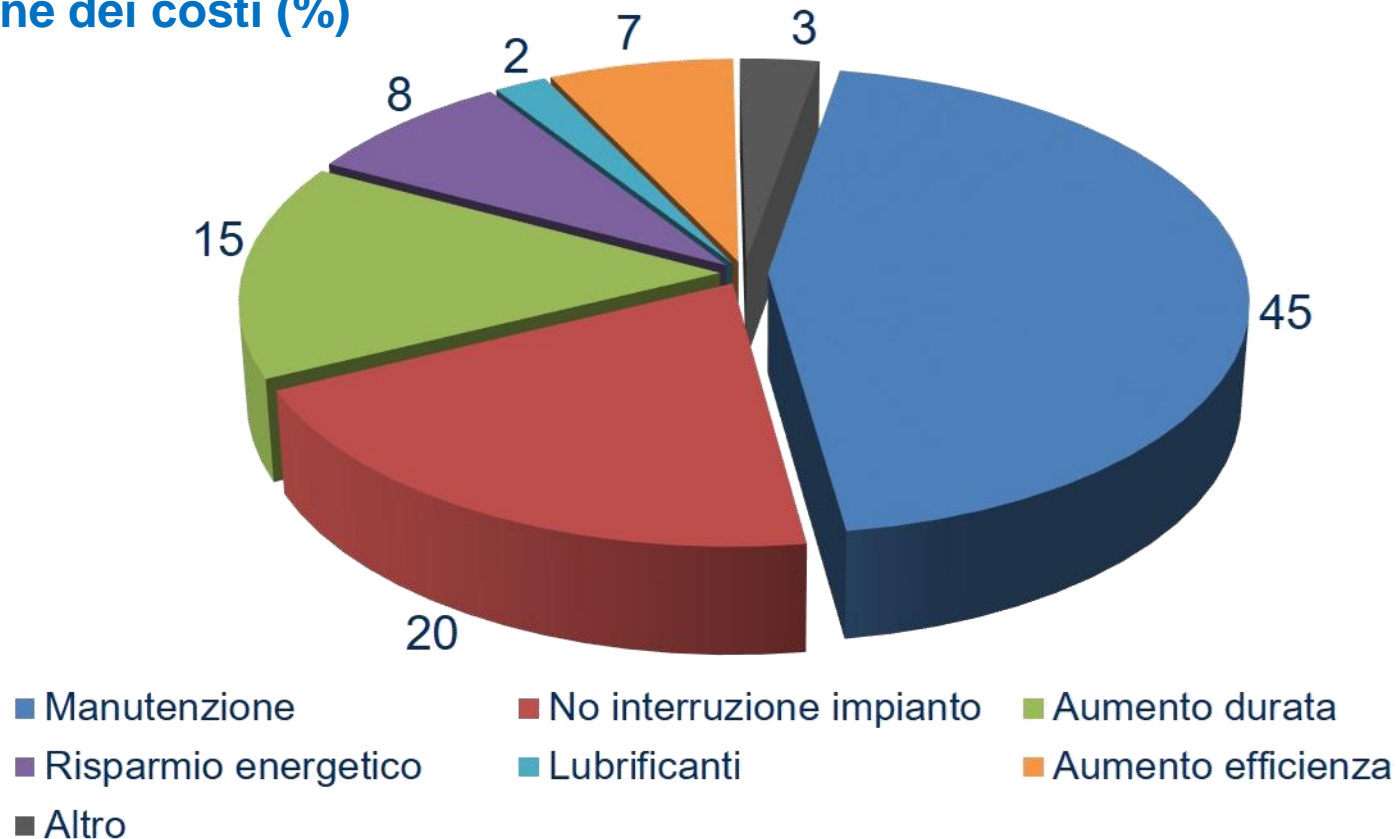
APPROCCIO TRIBOLOGICO



APPROCCIO TRIBOLOGICO

Progettazione "tribologica" → risparmio di **1-4%** del PIL di un paese industrializzato

Riduzione dei costi (%)



APPROCCIO TRIBOLOGICO

In cosa consiste?

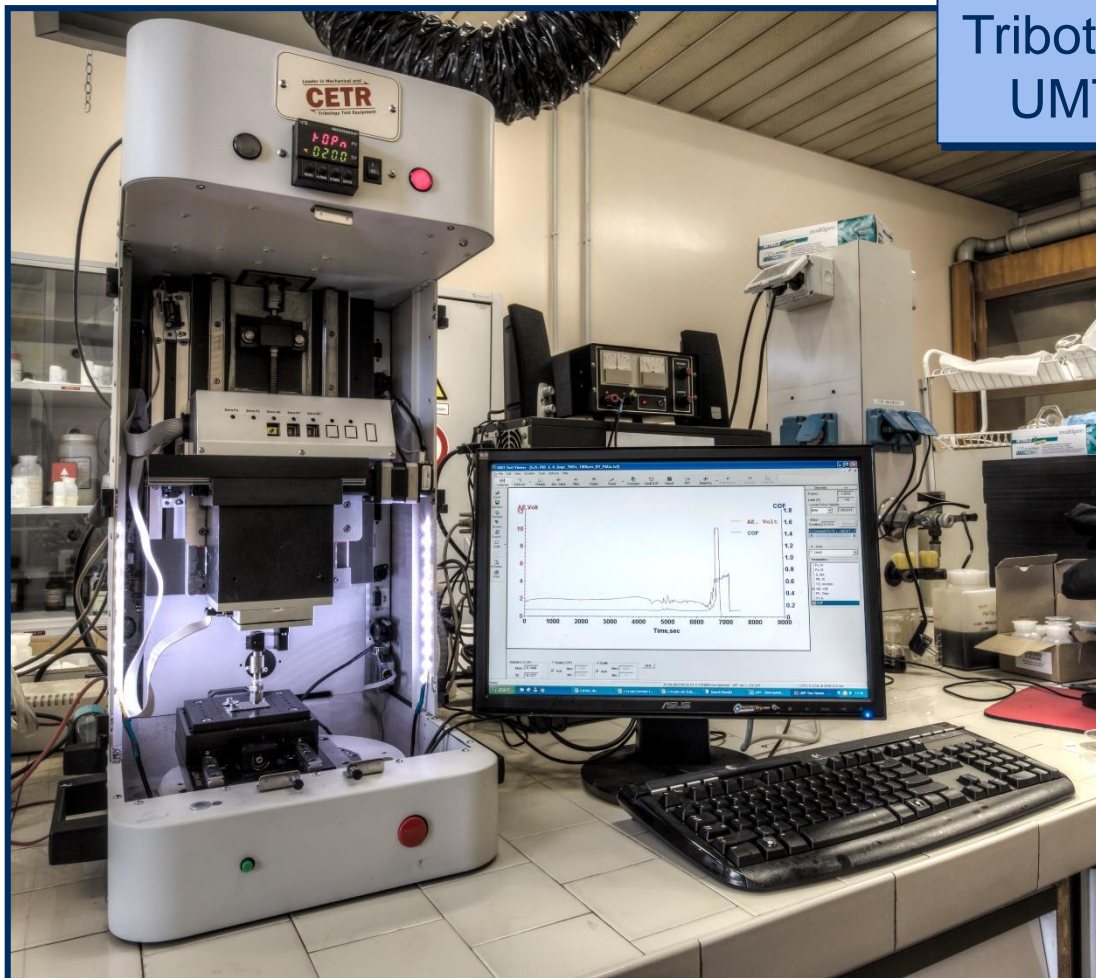
Studio dell'accoppiamento meccanico tra materiali e geometrie allo scopo di individuare i meccanismi di danneggiamento e minimizzare gli effetti avversi dei fenomeni di attrito e usura da diversi punti di vista:

- Chimica → ossidazione, adsorbimento, reazioni tra materiali accoppiati e/o con lubrificanti e/o indotte dall'aumento di T...
- Fisica → rammollimento, adesione, interfacce, durezza...
- Ingegneria → deformazione elasto-plastica, abrasione, fatica superficiale, rugosità...

Con un occhio di riguardo alle condizioni operative, perché

LA TRIBOLOGIA È UNA DISCIPLINA TECNOLOGICA!

APPROCCIO TRIBOLOGICO



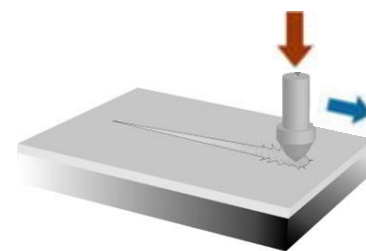
Tribotester
UMT-2



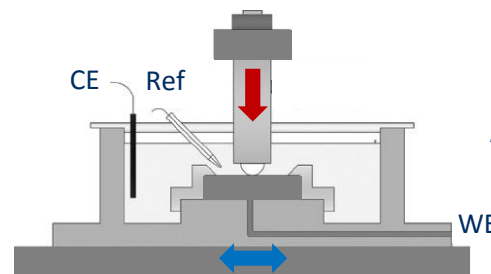
Ball-on-disk

Pin-on-disk

Ball-on-flat

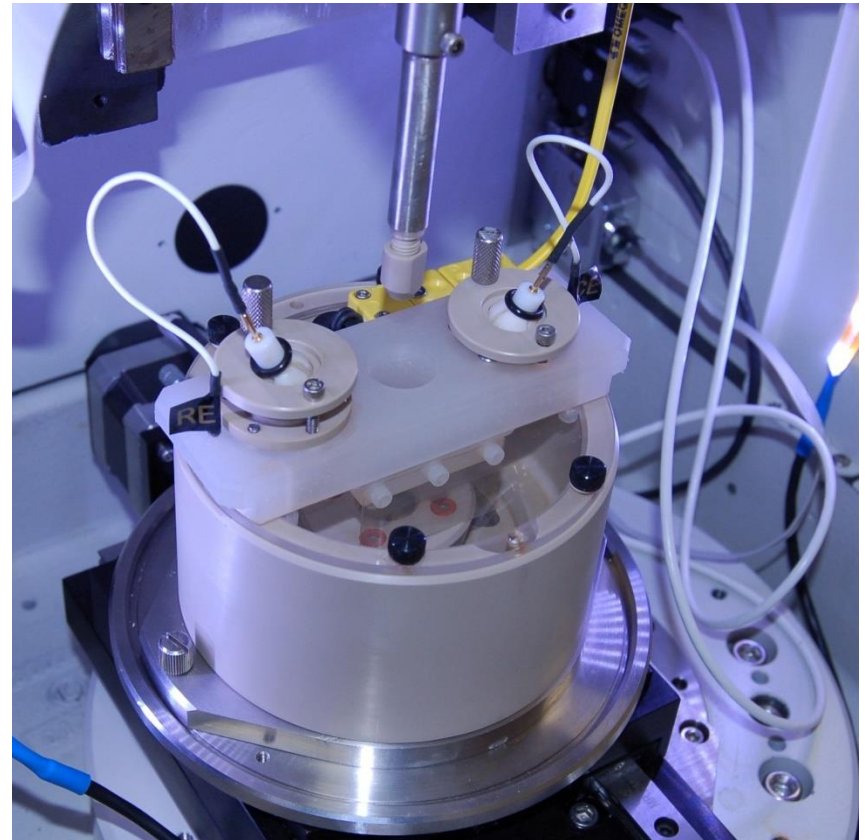
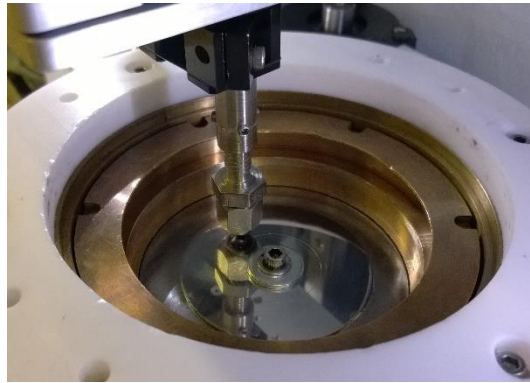
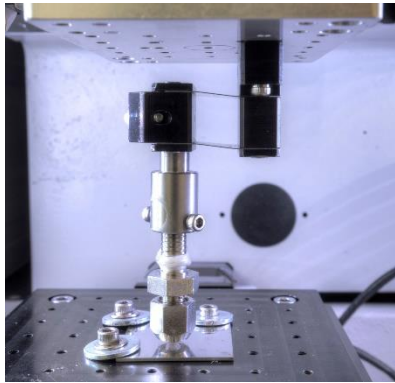


Scratch test



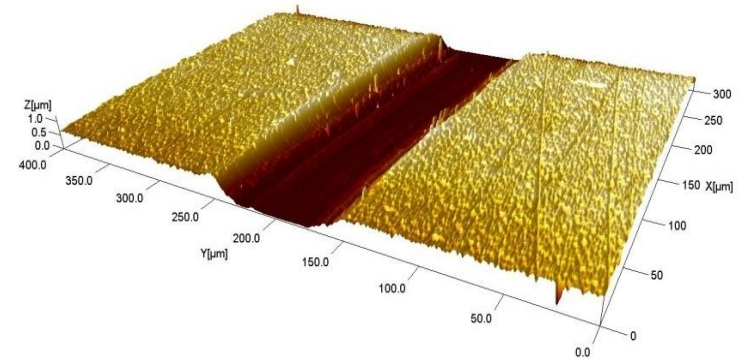
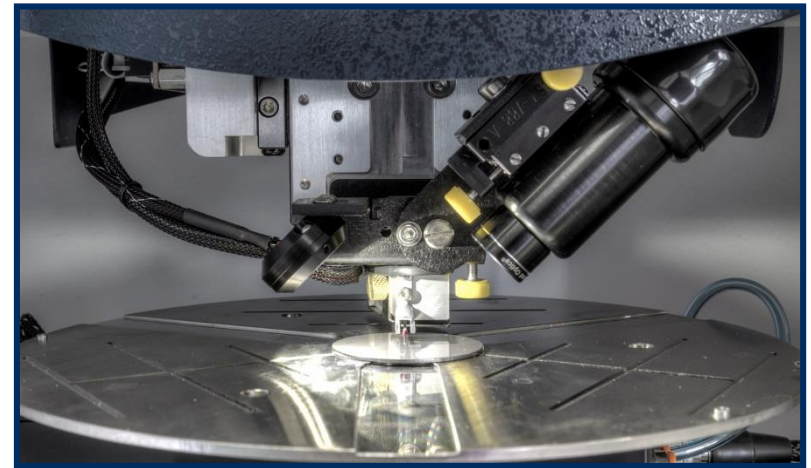
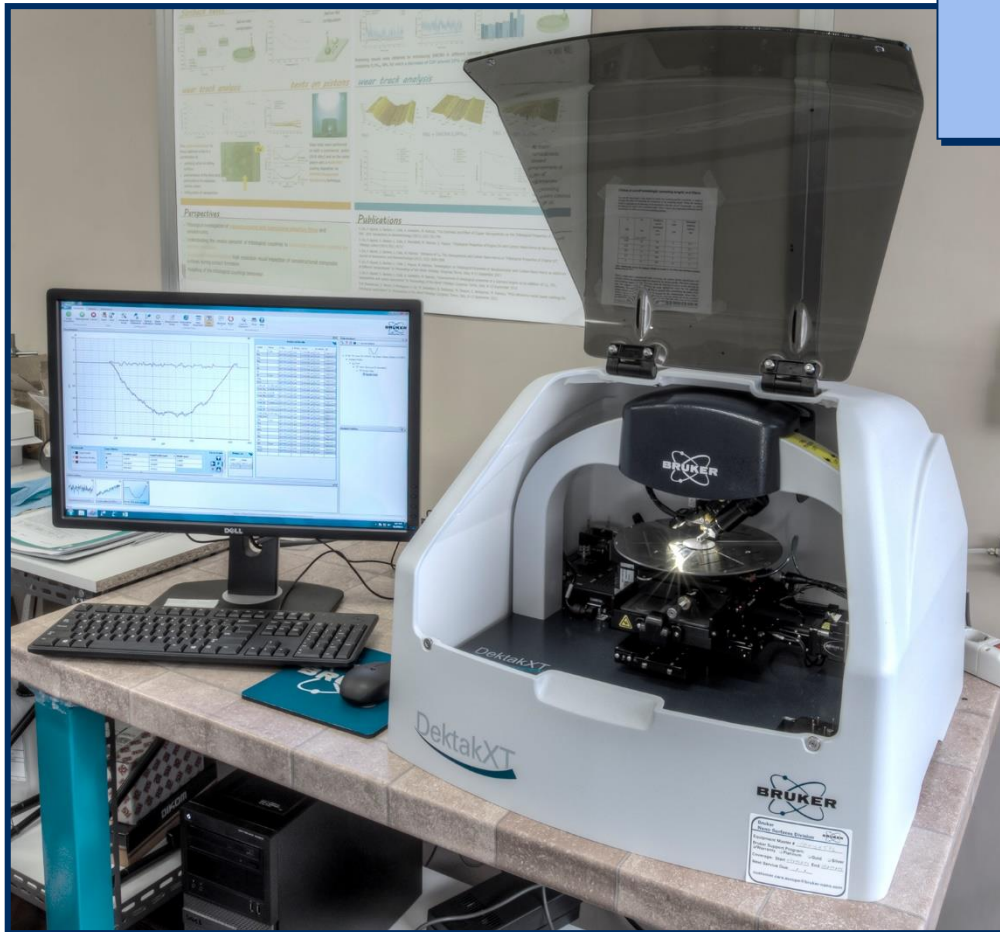
Tribocorrosione

APPROCCIO TRIBOLOGICO



APPROCCIO TRIBOLOGICO

Dektak
XT



OUTLINE

- ❑ L'approccio tribologico nella caratterizzazione funzionale dei materiali nel settore energetico

- ❑ Caratterizzazione di rivestimenti
 - Valutazione dello spessore (Calotest)
 - Test di usura
 - Test di adesione (Scratch test)
 - Tribocorrosione

- ❑ Caratterizzazione di lubrificanti
 - Test di lubrificazione (Stribeck test)
 - Test di attrito e usura

CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI RIVESTIMENTI

1

CASO STUDIO: Film di **MoN** per settore automotive-cogenerazione

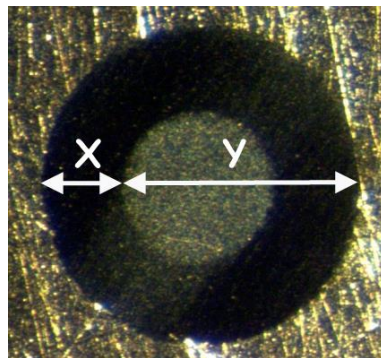
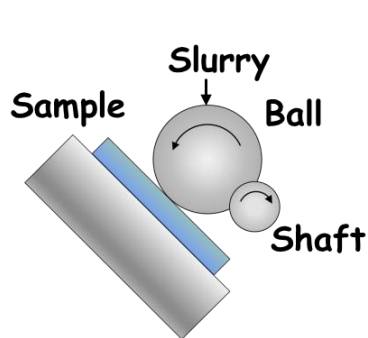
Riduzione dell'usura dei pistoni in un motore a combustione interna mediante deposizione HiPIMS di film protettivi duri



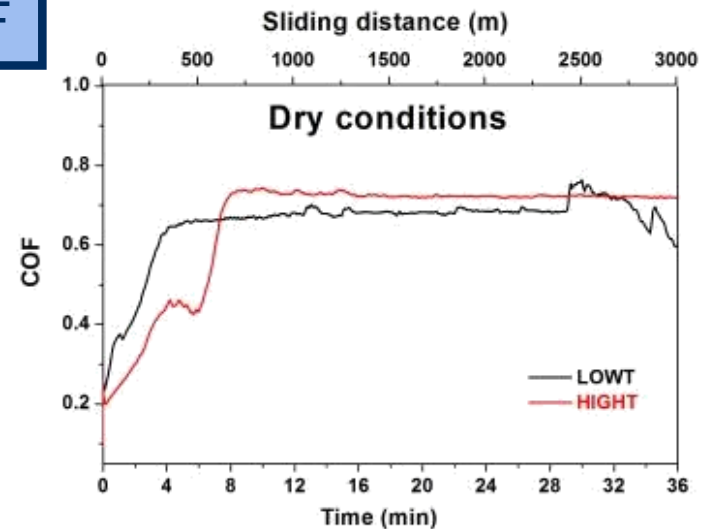
Campioni:

1. $T = 40-70^{\circ} \text{C}$ (LOWT)
2. $T = 140-160^{\circ} \text{C}$ (HIGHT)

Calotest



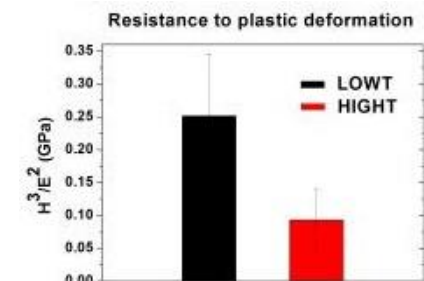
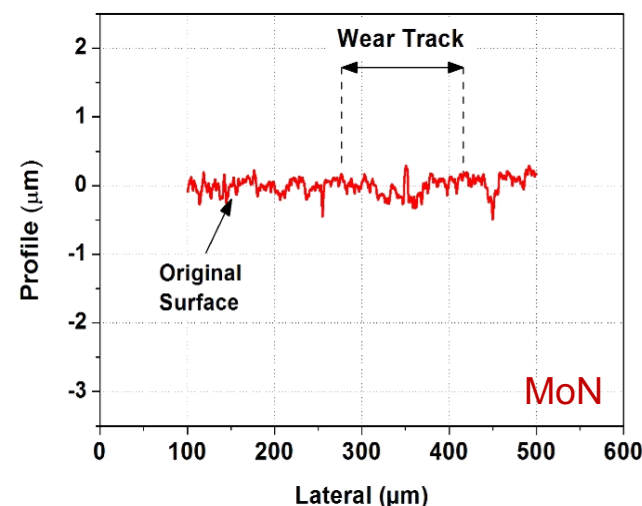
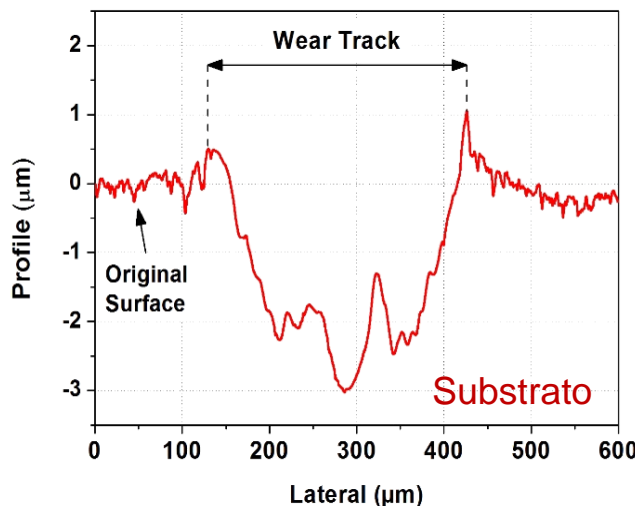
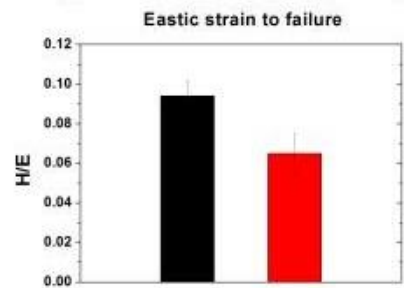
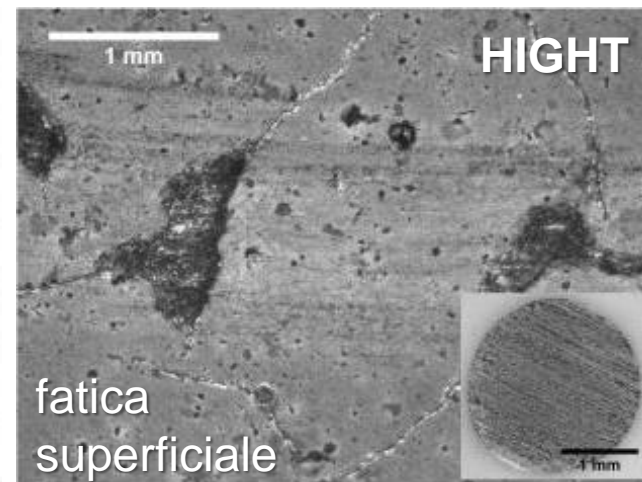
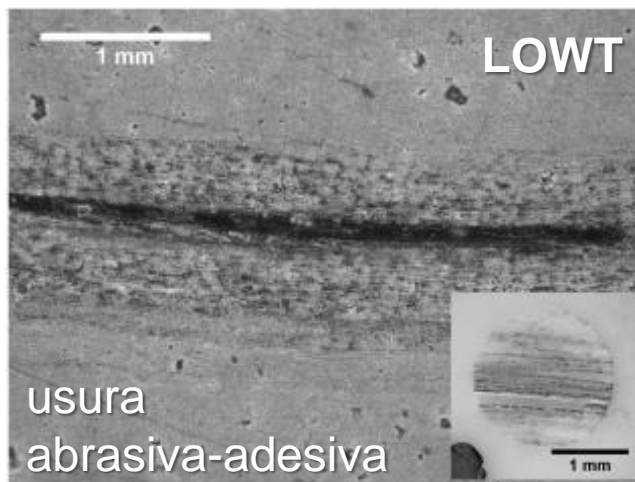
CoF



CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI RIVESTIMENTI

Test di usura

- meccanismo di usura
- correlazione tra proprietà meccaniche (H/E e H^3/E^2) e tribologiche del film

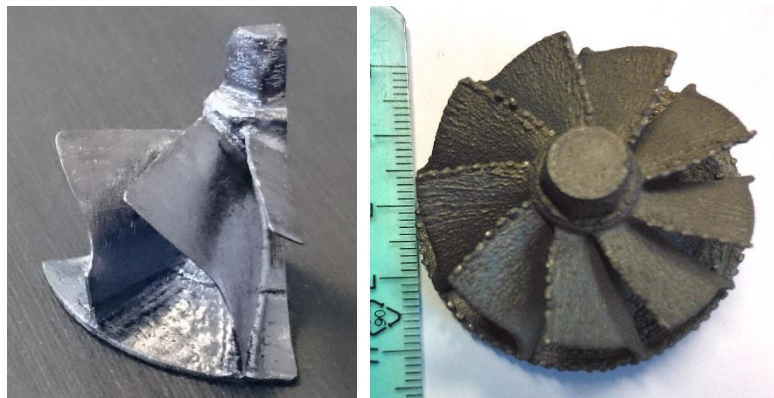


CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI RIVESTIMENTI

2

CASO STUDIO: Film di γ -AlTi per turbine a gas

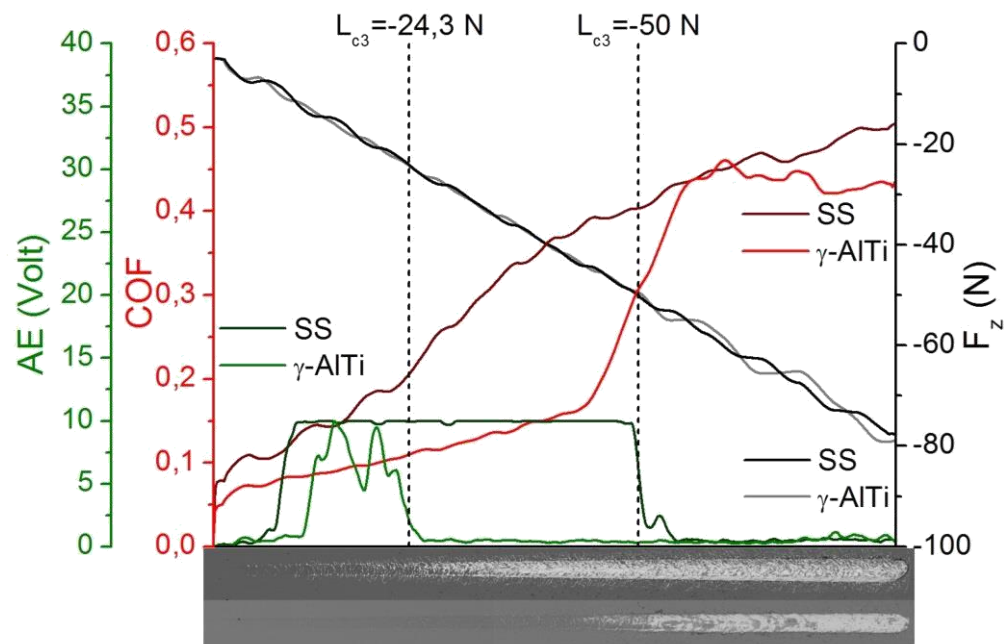
Incremento della resistenza ad ossidazione a caldo e a usura mediante deposizione HiPIMS di film protettivi per alte temperature.



Deposizioni su diversi substrati:

- γ -TiAl
- Nimonic®
- AISI 316 e 304 SS

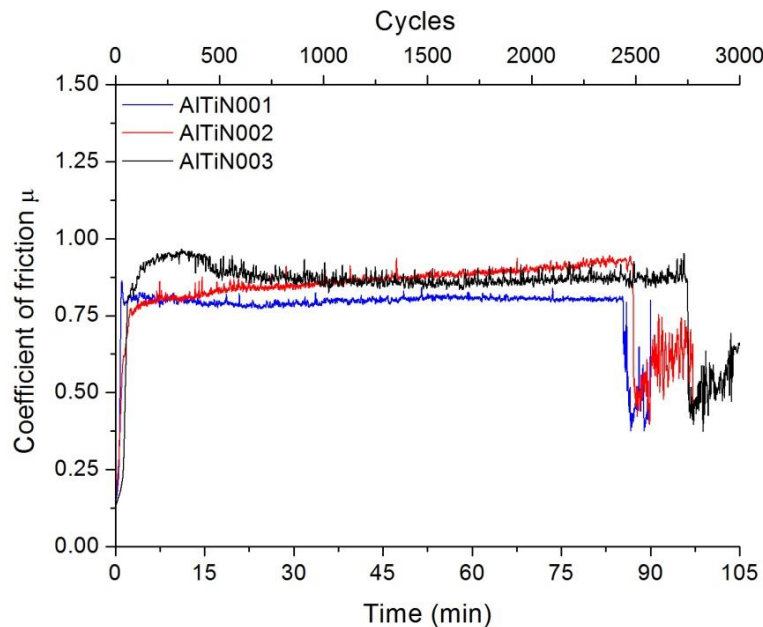
Scratch test



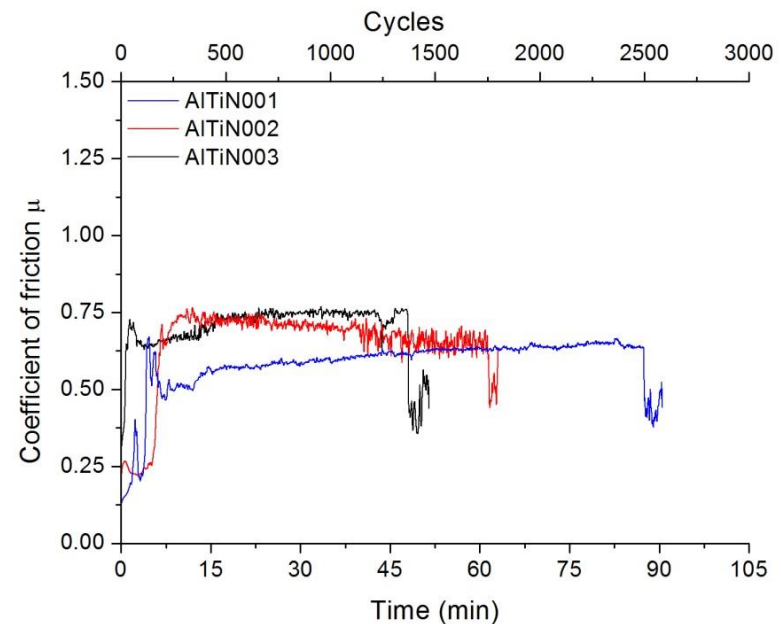
CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI RIVESTIMENTI

Test di usura

Campioni di AlTiN depositati su γ -TiAl e sottoposti a cicli di shock termici mediante Burner-rig.



As deposited



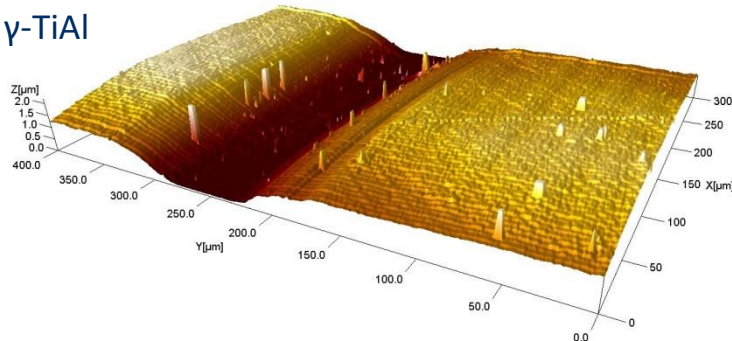
Burner-rig a 850° C per 40 cicli

Da un lato il trattamento al Burner-rig riduce la velocità di usura dei film, dall'altro il numero di cicli a rottura si riduce sensibilmente.

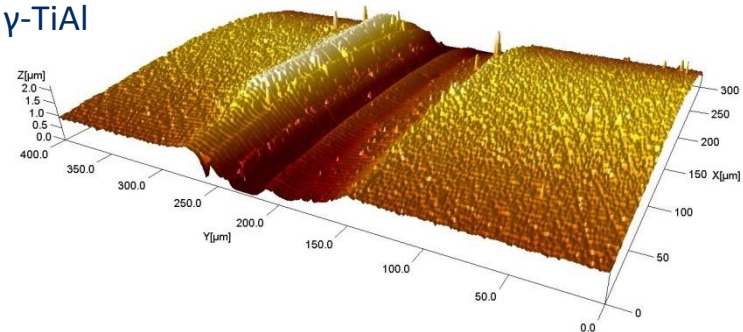
CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI RIVESTIMENTI

Campioni di AlTiN depositati su γ -TiAl e Nimonic®, contenenti Iridio come drogante.

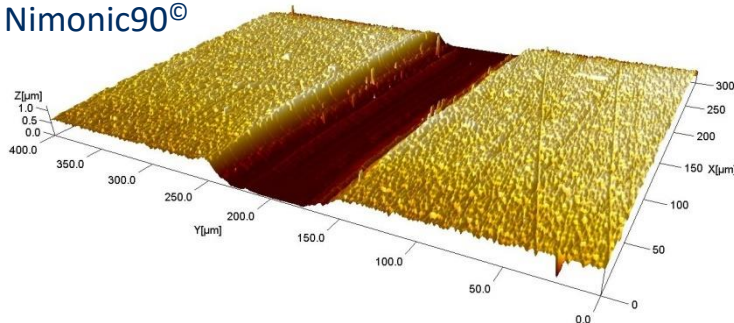
AlTiN su
 γ -TiAl



AlTiNIr su
 γ -TiAl



AlTiNIr su
Nimonic90®



Ridotta velocità di usura per il film contenente **Iridio**.

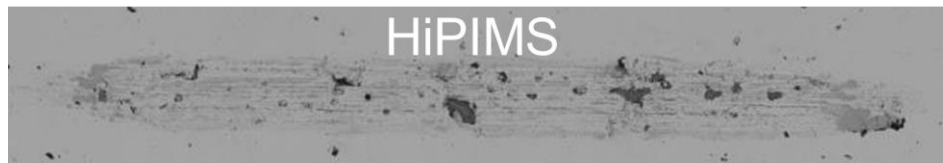
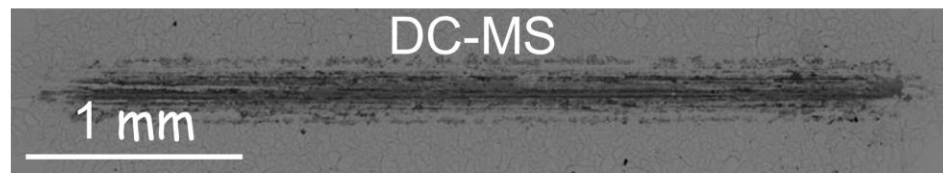
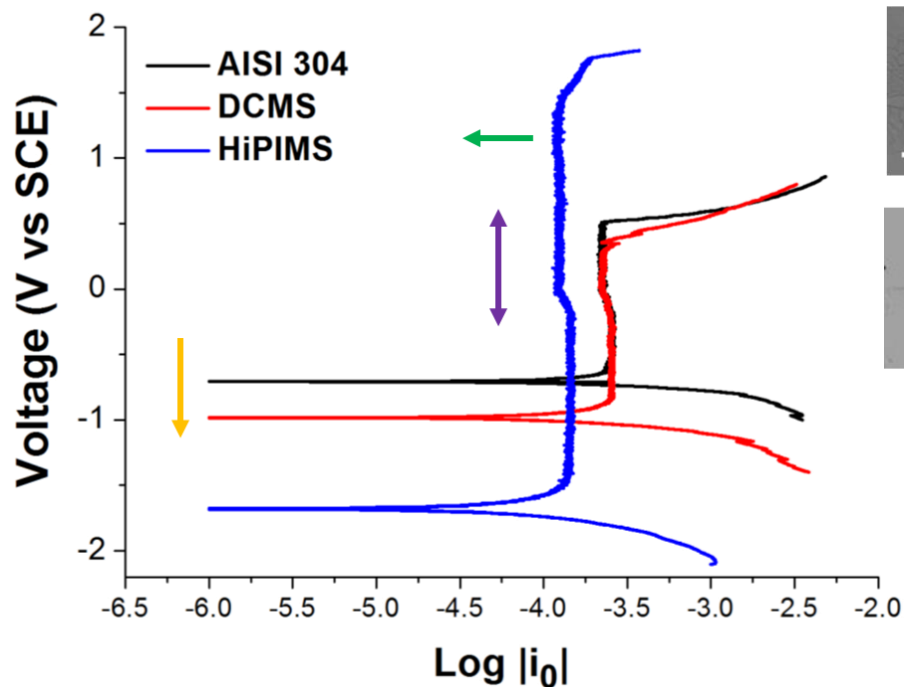
A parità di composizione la velocità di usura del film sulla superlega di nichel è inferiore, grazie al miglior accoppiamento del modulo elastico tra film e substrato.

CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI RIVESTIMENTI

3

CASO STUDIO: Film di **Ta** per tubazioni di impianti chimici fino a 300° C.
Incremento della resistenza a corrosione mediante deposizione HiPIMS di film protettivi.

Tribocorrosione



OUTLINE

- ❑ L'approccio tribologico nella caratterizzazione funzionale dei materiali nel settore energetico

- ❑ Caratterizzazione di rivestimenti
 - Test di adesione (Scratch test)
 - Valutazione dello spessore (Calotest)
 - Test di usura
 - Tribocorrosione

- ❑ Caratterizzazione di lubrificanti
 - Test di lubrificazione (Stribeck test)
 - Test di attrito e usura

CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI LUBRIFICANTI

4

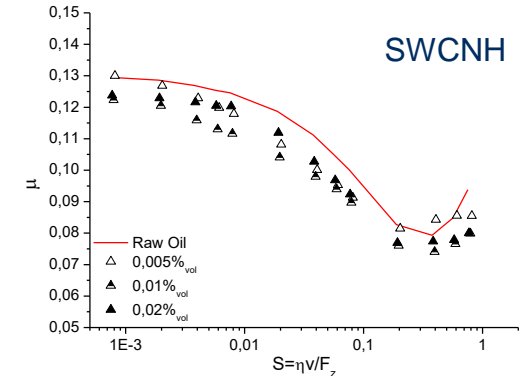
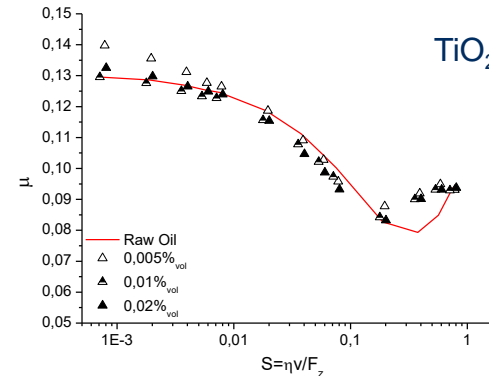
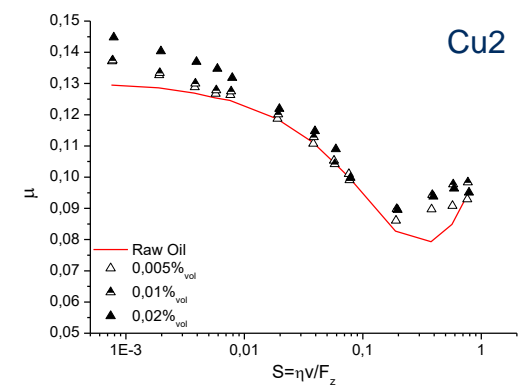
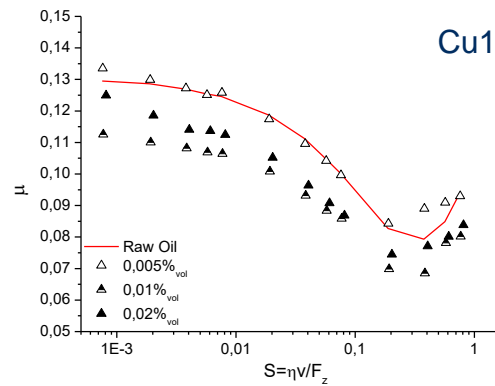
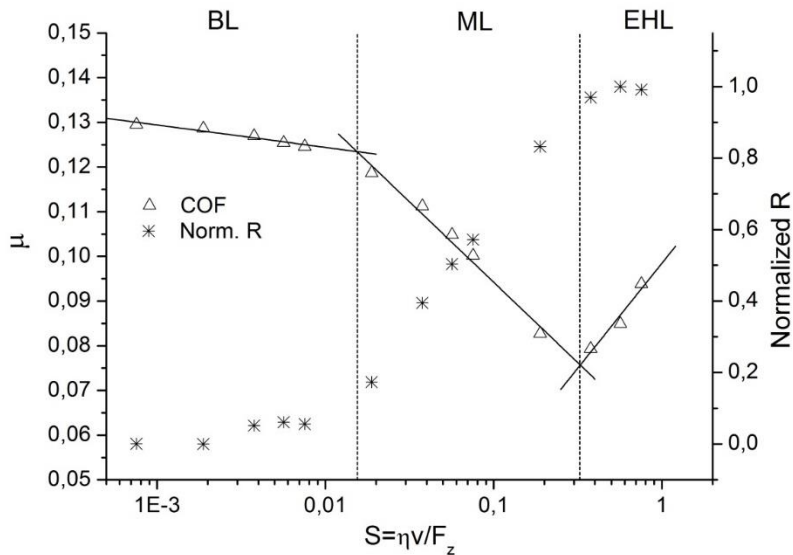
CASO STUDIO: Nanolubrificanti per settore automotive

Miglioramento delle capacità lubrificanti, riduzione del coefficiente di attrito dei fenomeni di usura.



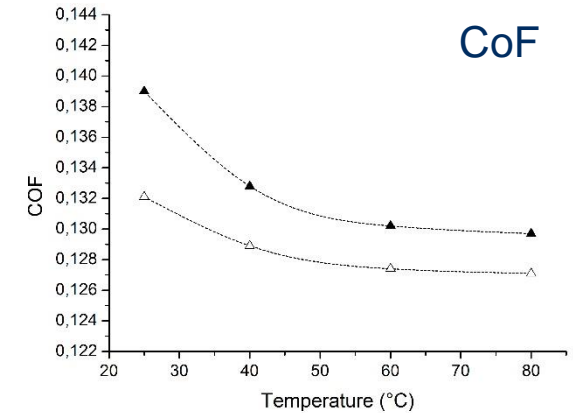
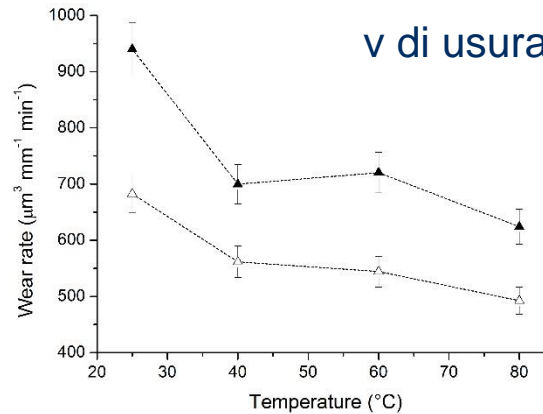
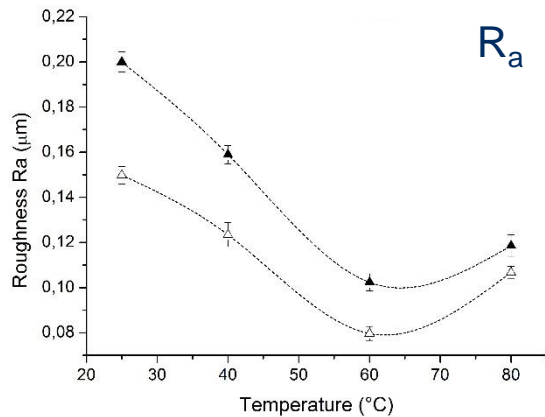
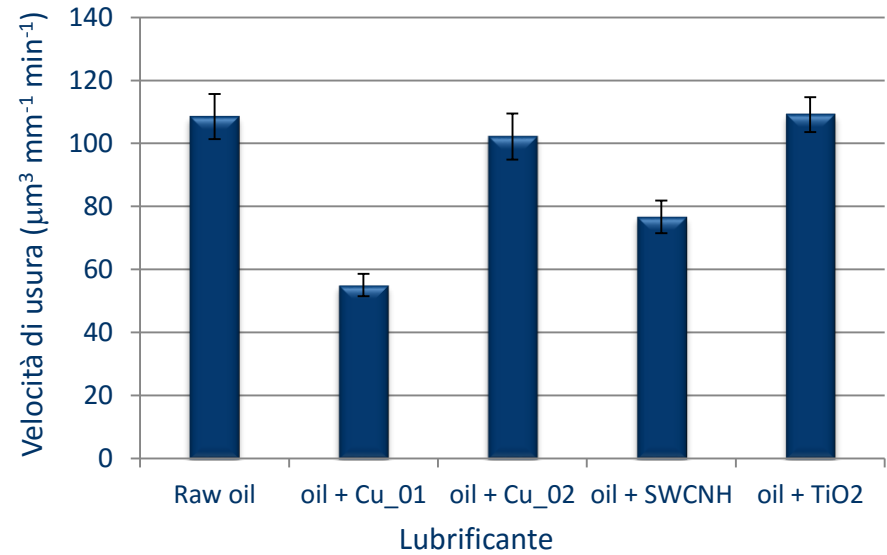
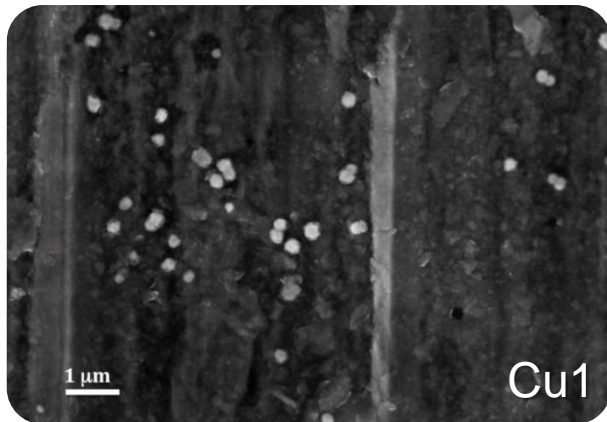
Stribeck test

Olio base



CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI LUBRIFICANTI

Test di usura



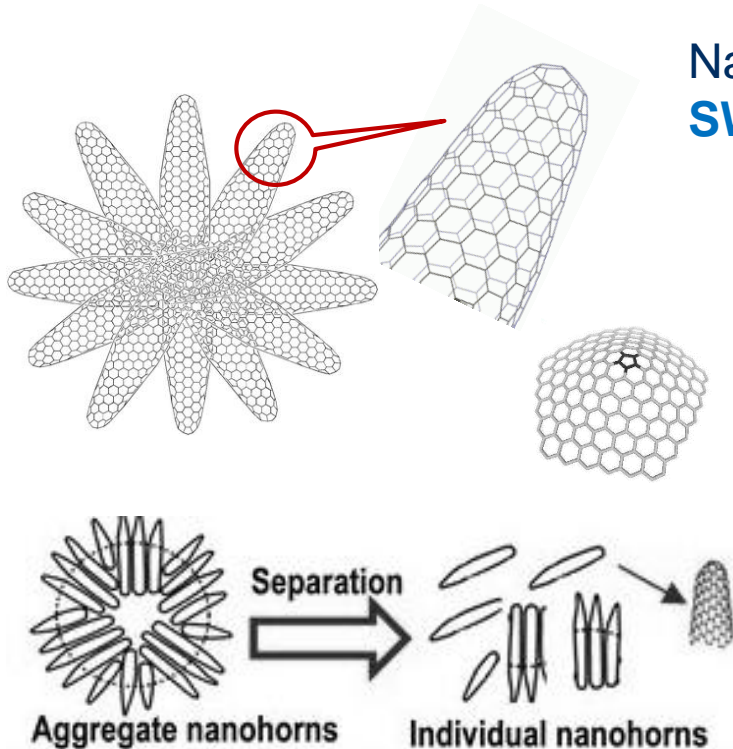
CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI LUBRIFICANTI

5

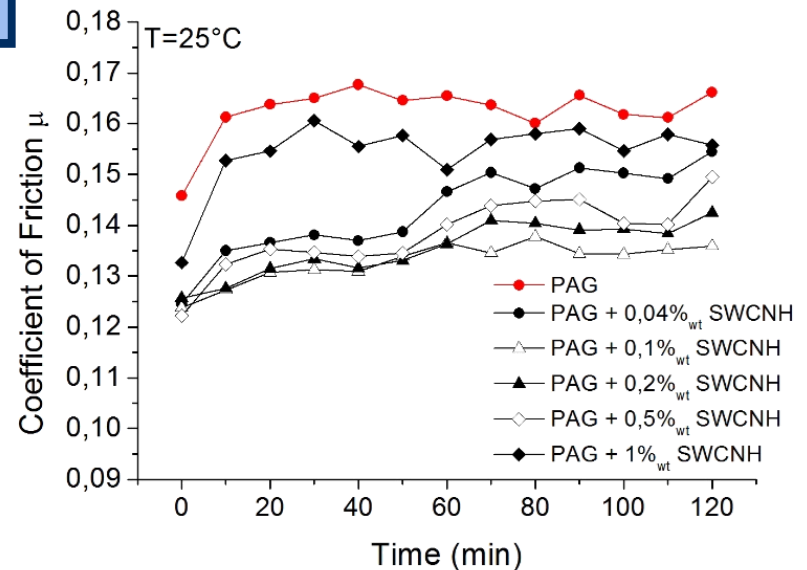
CASO STUDIO: Nanolubrificanti per settore refrigerazione
 Miglioramento delle capacità lubrificanti, riduzione del coefficiente di attrito dei fenomeni di usura.



Nanolubrificanti contenenti **SWCNH** fino a 1%_{wt}.

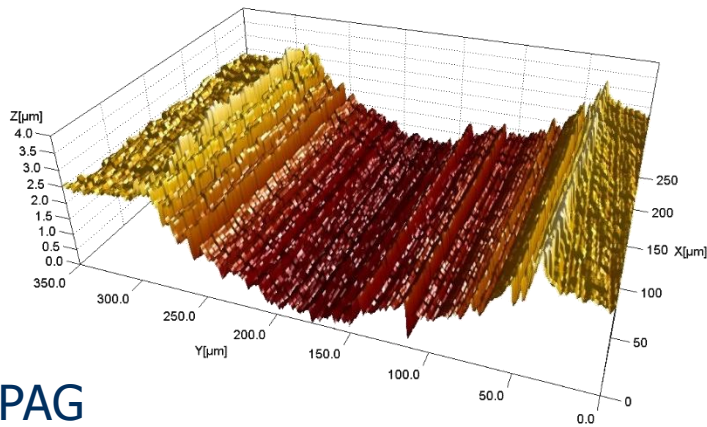


CoF

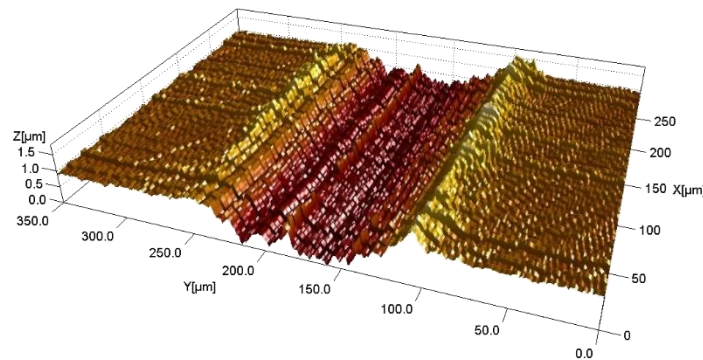


CARATTERIZZAZIONE TRIBOLOGICA DI LUBRIFICANTI

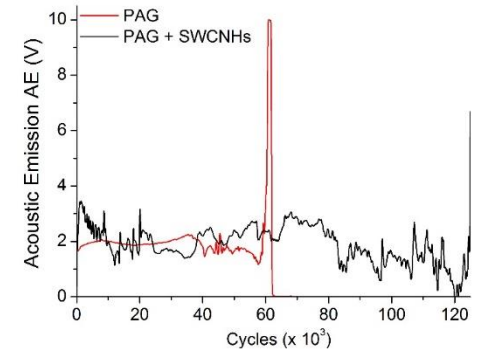
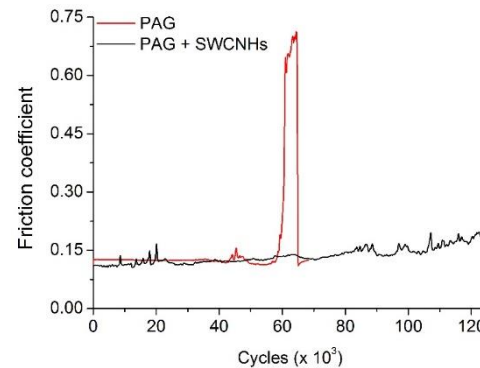
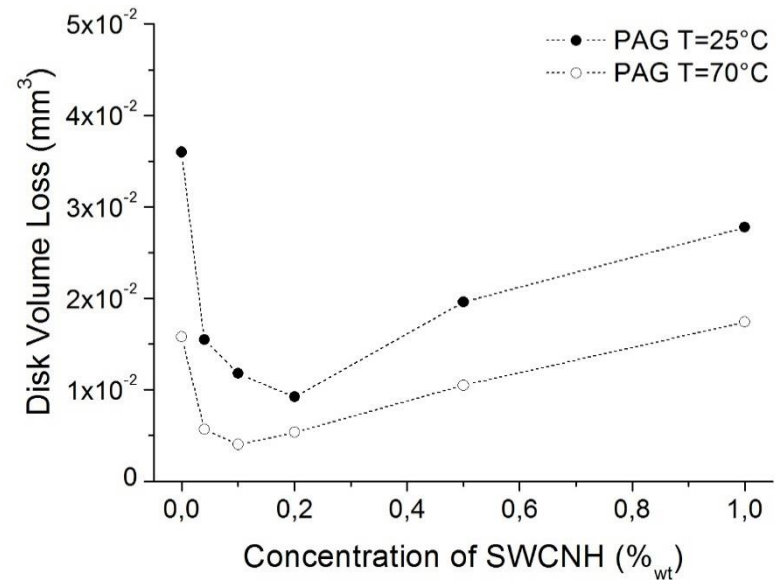
Test di usura



PAG



PAG + SWCNH 0,1%_{wt}



CONCLUSIONI

- L'indagine tribologica si rivela un approccio utile nella progettazione di nuovi materiali, trattamenti superficiali e lubrificanti, allo scopo di **ridurre i costi di manutenzione e aumentare la vita utile dei componenti** che operano in contatto tra loro.
- La caratterizzazione tribologica può fornire informazioni importanti sia riguardo l'adesione dei rivestimenti, il loro spessore, e permette di **correlare le proprietà meccaniche e chimico-fisiche dei materiali alle prestazioni in esercizio**.
- **La tribologia è una disciplina tecnologica**, i cui risultati sono dipendenti, oltre che dalle proprietà dei materiali testati, dalle condizioni di test. È fondamentale la scelta dei parametri operativi.
- Nella **sede di Padova** ci occupiamo sia della caratterizzazione dei rivestimenti (PVD e non), sia dello studio di fluidi lubrificanti, che di materiali massivi e parzialmente di tribocorrosione.

IL TEAM



Simona Barison



Filippo Agresti



Monica Fabrizio



Cesare Pagura



Enrico Miorin



Silvia Maria
Deambrosis



Francesco
Montagner



Valentina Zin

IENTI – CNR
<http://www.ieni.cnr.it/>



**GRAZIE PER LA
CORTESE ATTENZIONE**

NOME E DATE CONVEGNO