

Dottorando:

Edoardo GOTI

Tutori:

Prof. Luigi Mazza

Prof.ssa Francesca Maria Curà

Ciclo:

XXXV ciclo

Borsa:

DIMEAS - POLITO - Nano-coatings Lubricants

Tema del dottorato:

Tribologia - Sviluppo di modelli numerici per la previsione del danneggiamento da usura nei componenti meccanici, a supporto dell'analisi numerico-sperimentale dell'applicazione di rivestimenti anti-attrito e anti-usura per il miglioramento delle prestazioni tribologiche.

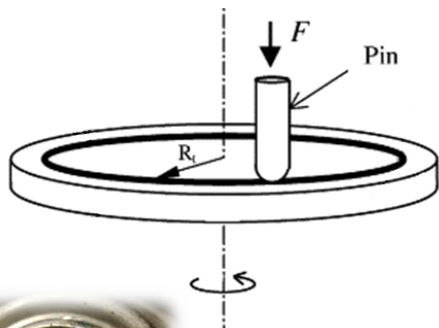
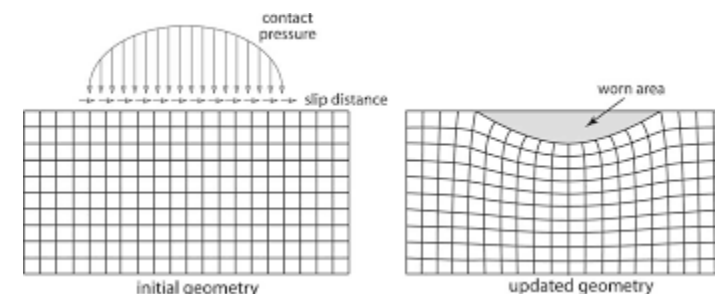
Particolare attenzione è rivolta al grafene di cui si studiano le potenziali applicazioni in campo tribologico per la riduzione dell'attrito e dell'usura, sia come materiale per realizzare innovativi nano-ricoprimenti sia applicato come agente funzionalizzante per i lubrificanti industriali.

MODELLAZIONE NUMERICA DEL DANNEGGIAMENTO DA USURA

Stato dell'arte

La simulazione numerica dell'usura è ancora poco utilizzata a livello industriale perché presenta criticità che ne limitano l'uso:

- ❖ Stima del coefficiente di usura di Archard
- ❖ Modellazione del danneggiamento superficiale
- ❖ Mancanza di 'tool' dedicati (es: Abaqus, Ansys, Comsol...)



Approccio previsto

- Valutazione comparativa di varie tecniche numeriche attualmente disponibili (codici FEM commerciali, modelli semplificati, ecc.) e confronto con i dati sperimentali
- Simulazione di fenomeni di usura facilmente controllabili → test pin-on-disc & assenza di coatings
- Selezione della tecnica e/o del software più adatto con eventuale ottimizzazione ad hoc del codice
- Simulazione di fenomeni di usura più complessi:
 - problemi connessi ad organi meccanici in condizioni di esercizio
 - presenza di un rivestimento

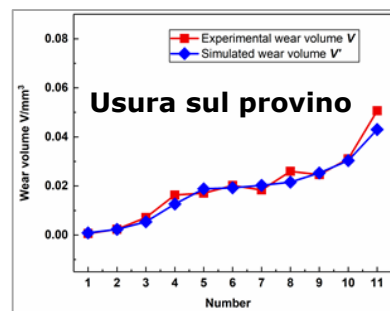
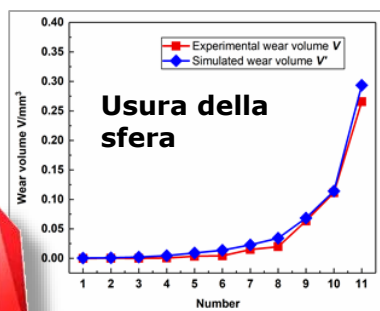
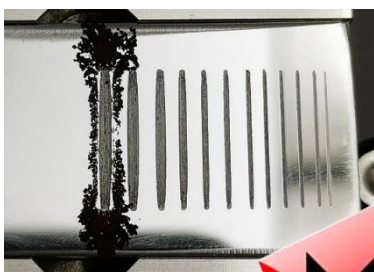
Primi risultati ottenuti

Simulazione FEM di prove pin-on-disc

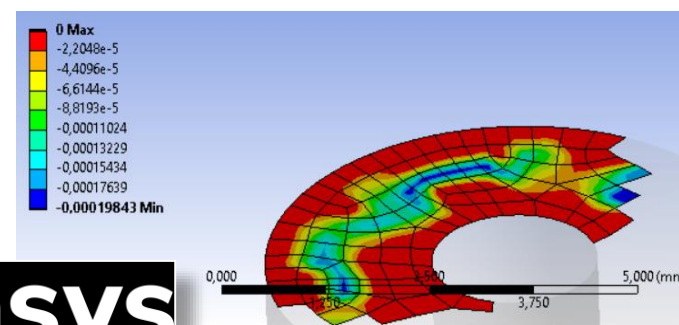
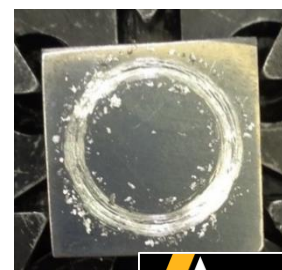
- **MSC Marc** Sfera in **100Cr6** contro provino in **C45**
- **Ansys** Sfera in **100Cr6** contro **alluminio**

→ 3 valori di K da usura incrementale

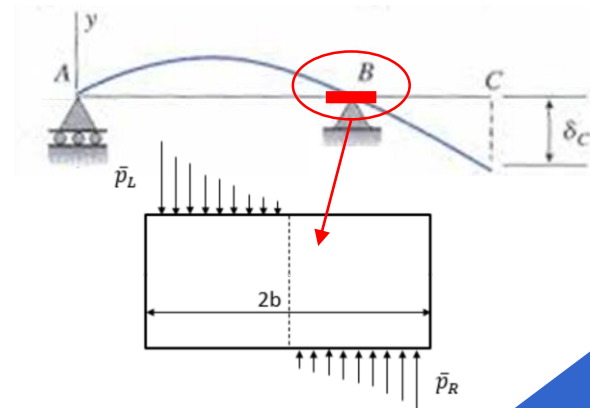
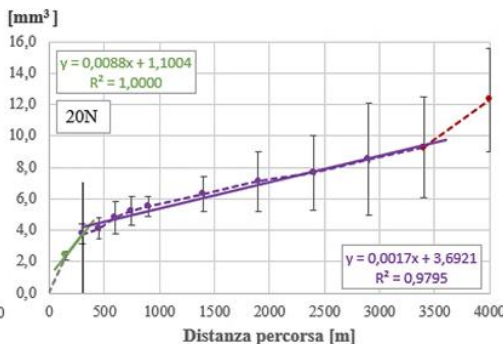
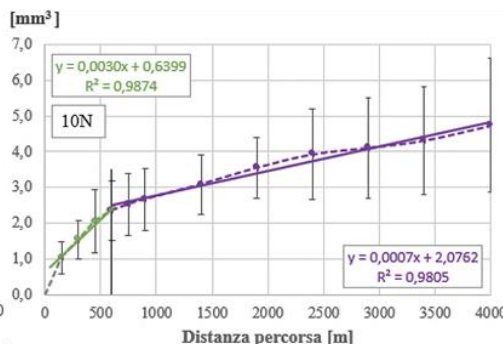
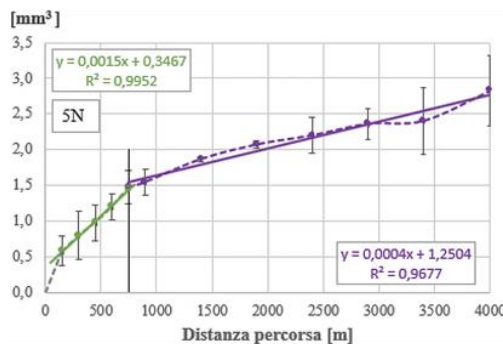
→ 1 valore di K da usura totale finale



Sperimentale Simulato



Determinazione del coefficiente di usura pin-on-disc di un coating antiattrito per boccole guida di attuatori pneumatici → applicazione dei dati ottenuti ad un modello analitico semplificato di usura della boccola



Programma futuro

- Modificare la legge di Archard o **identificare di una nuova legge di usura** che permetta la previsione del danneggiamento da usura
 - Studiare l'evoluzione delle proprietà del materiale in corrispondenza delle tracce di usura
 - Applicazione di un approccio di tipo «energetico» → correlazione tra danneggiamento ad usura e variazioni del contenuto energetico del sistema meccanico
 - Applicazione all'usura di un approccio statistico simile a quello utilizzato per le analisi di fatica
- Vagliare altri metodi numerici più semplici per la quantificazione dell'usura per via numerica (es. GIWM 1D) e analitica.
- Valutare la possibilità di predire il comportamento tribologico di un componente sulla base di dati sperimentali sul materiale in condizioni di test semplificate (pin-on-disc)

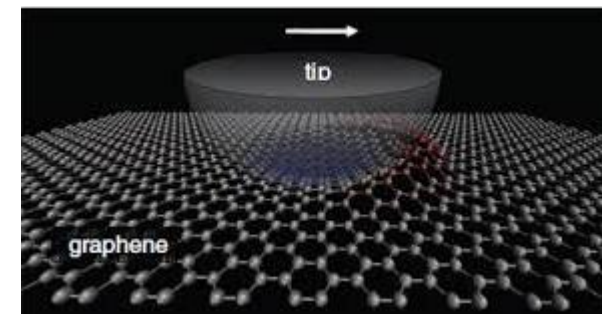
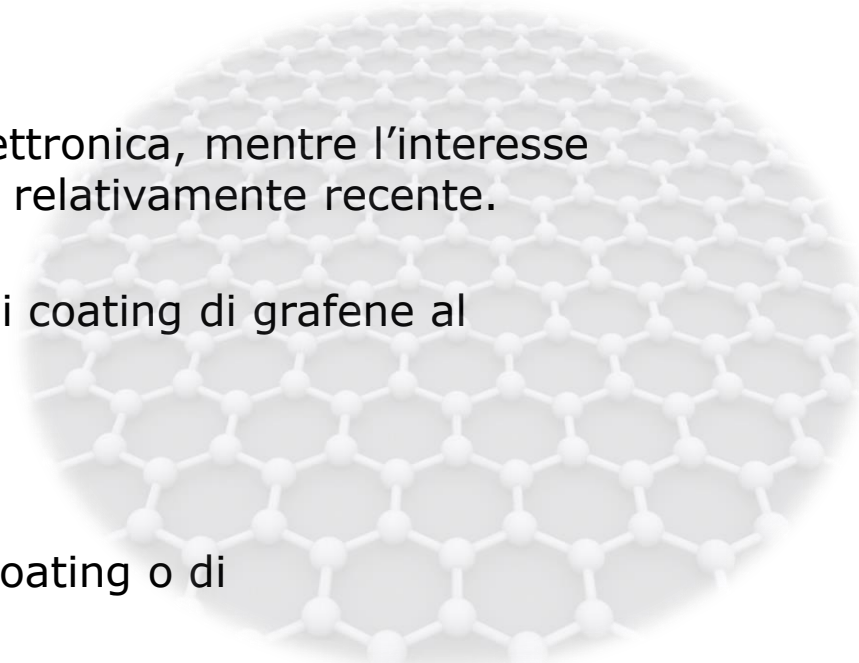
UTILIZZO DEL GRAFENE NELLE APPLICAZIONI TRIBOLOGICHE

Stato dell'arte

- ❖ Il grafene è largamente studiato per le applicazioni all'elettronica, mentre l'interesse per questo materiale in ambito meccanico e tribologico è relativamente recente.
- ❖ Le maggiori difficoltà sono legate alla scarsa adesione dei coating di grafene al substrato e alla bassa resistenza all'azione abrasiva

Approccio previsto

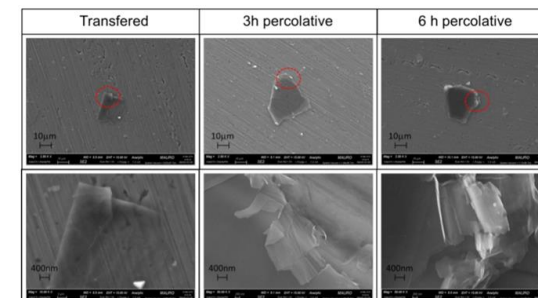
- Caratterizzazione sperimentale del grafene (in forma di coating o di additivo) mediante prove pin-on-disc.
- Studio dell'efficacia del rivestimento in varie condizioni di test e determinazione delle sua vita utile, anche in presenza di lubrificazione
- Valutazione del processo di produzione/deposizione più adatto (trasferimento, percolativo, ad accrescimento diretto, ecc..) al fine di aumentarne le prestazioni
- Studio dell'effetto dell'additivazione di lubrificanti con grafene
- Applicazione a problemi tribo-meccanici e tribo-elettrici



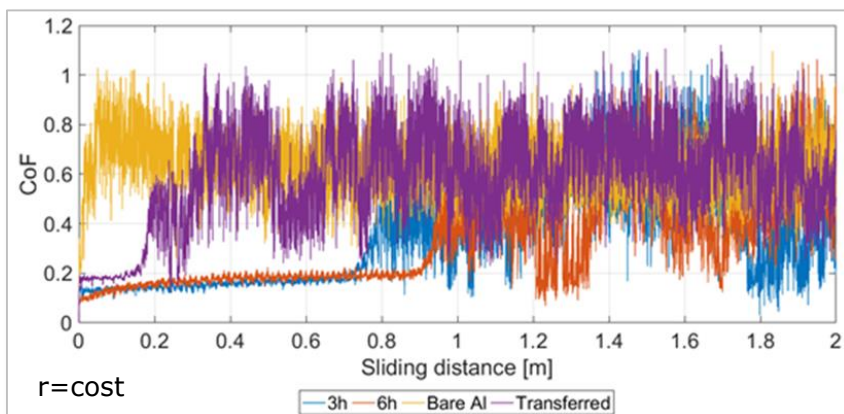
Primi risultati ottenuti

Test pin-on-disc su graphene depositato su campioni in Al e Cu per valutare l'influenza del grafene sull'usura macroscopica e sull'attrito

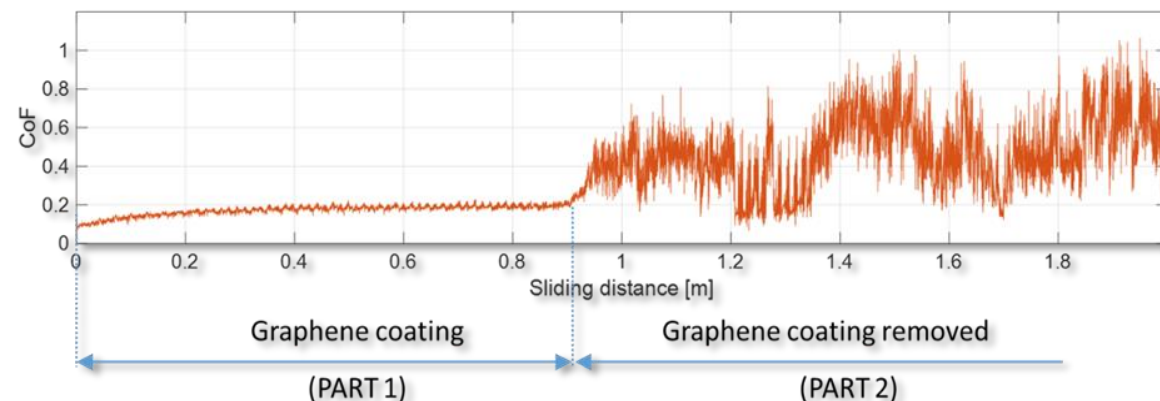
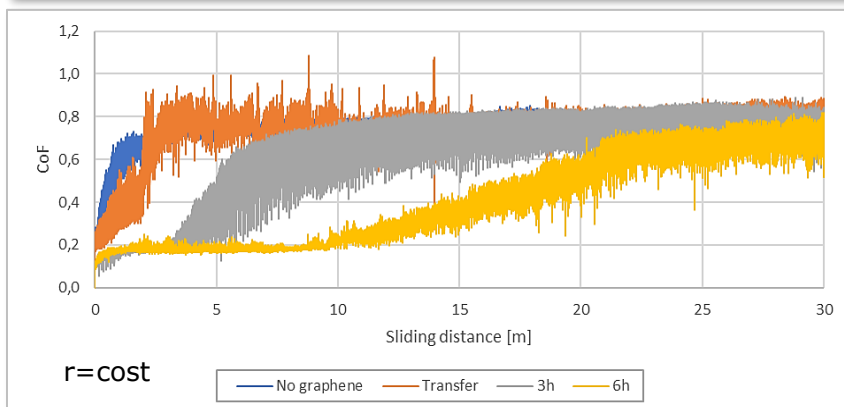
- Metodo percolativo (ricombinazione di fiocchi di grafene per sonicazione)
- Metodo di trasferimento (accrescimento del foglio tramite CVD)



Al



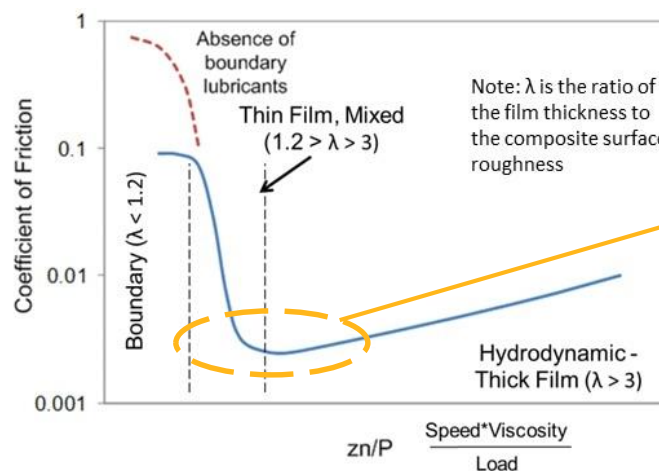
Cu



→ Il graphene percolativo è chimicamente meno «puro» ma risulta più adatto per le applicazioni meccaniche perché il suo effetto benefico dura più a lungo

Programma futuro

- Indagare l'effetto del grafene su fenomeni di usura microscopica
 - Test pin-on-disc in condizioni di basso carico, bassa velocità di strisciamento e/o limitata durata dell'interazione
 - Test di fretting in presenza di grafene
- Investigare delle tecniche per aumentare l'adesione con il substrato → per esempio mediante attivazione chimica della superficie dei campioni.
- Valutare se esiste un effetto benefico del grafene sulla curva di Stribeck con riduzione del coefficiente di attrito in condizioni di lubrificazione HD/EHD



Il grafene riduce questo minimo della curva di Stribeck?