



 POLITECNICO DI MILANO



Rivestimenti DLC per applicazioni antiusura

G.M. Bazzani, L. Magagnin, L. Nobili

Politecnico di Milano – Dip. Chimica, Materiali e Ing. Chimica

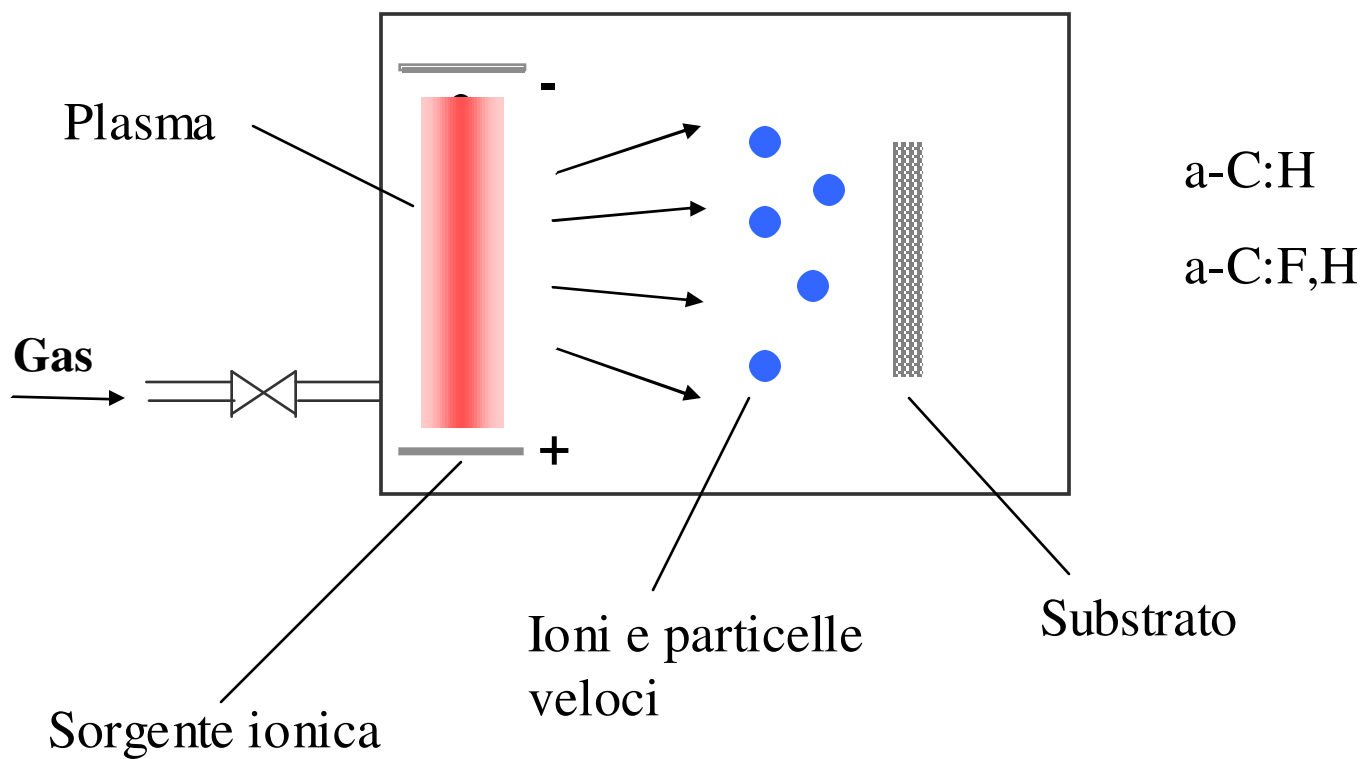


L'importanza di questi rivestimenti è dovuta alla combinazione unica di proprietà che essi possiedono:

- Superficie liscia (struttura amorfa)
- Elevata durezza 3000÷4000 HV
- Elevata resistenza a usura
- Basso coefficiente di attrito ~0.2 (a secco)
~0.1 (in acqua)
- Stabilità chimica
- Bassa temperatura di deposizione ($< 160\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Parziale stabilità termica ($< 400^{\circ}\text{C}$)



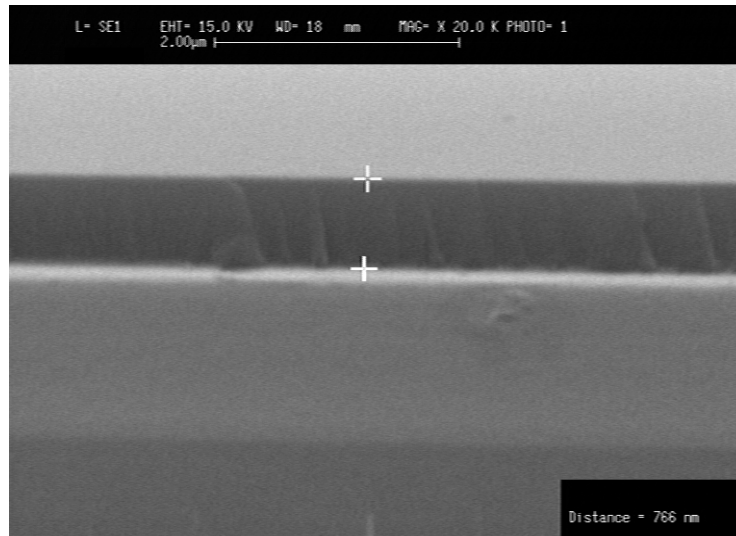
Processo di deposizione



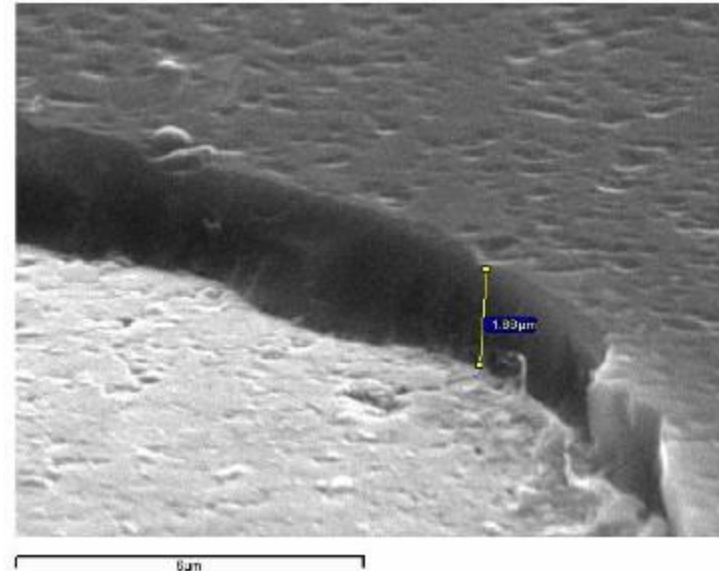


Morfologia del deposito

4



Su vetro



Su acciaio per utensile

⇒ Spessori tipici: 1 – 2 μm



Confronto proprietà film DLC

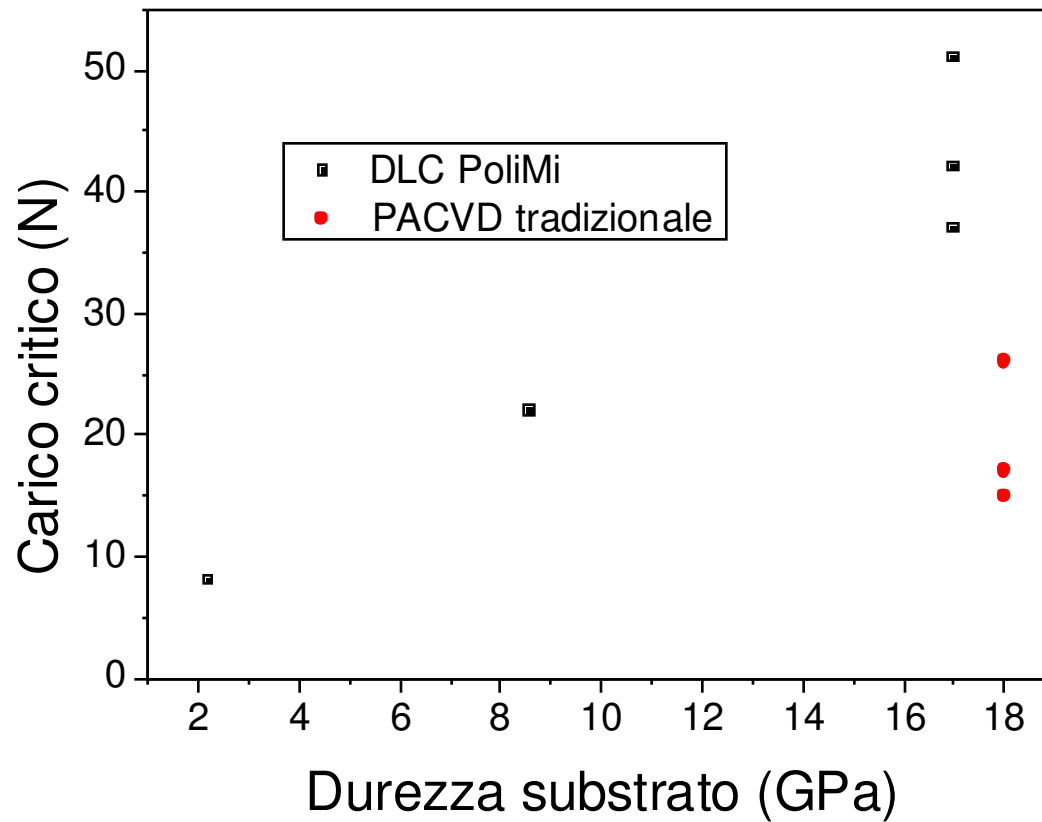
	Durezza (GPa)	Sforzi interni (GPa)	H (%)
DLC (PoliMi)	2900 – 4100	1,2 – 3,9	19 - 29
PACVD tradizionale	1000 – 2000	0,5 - 3	30 - 40

	25 °C	400 °C	600 °C
Frazione grafitica (% sp ²)	18	59	84



Adesione al substrato (scratch test)

6





Utensili da taglio rivestiti con DLC

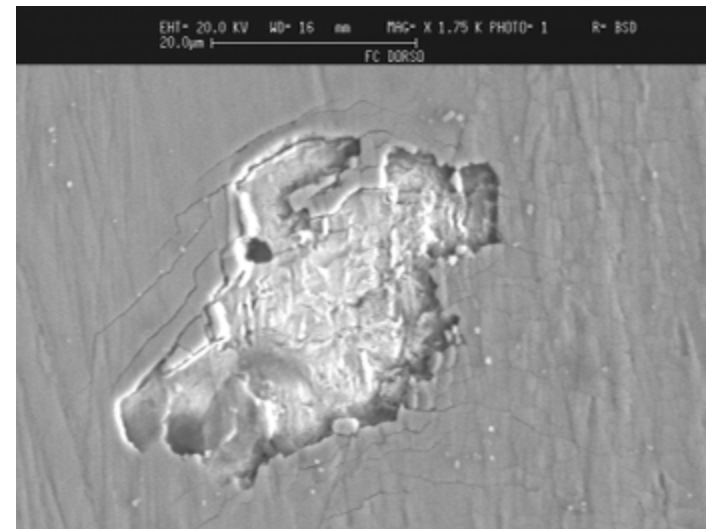
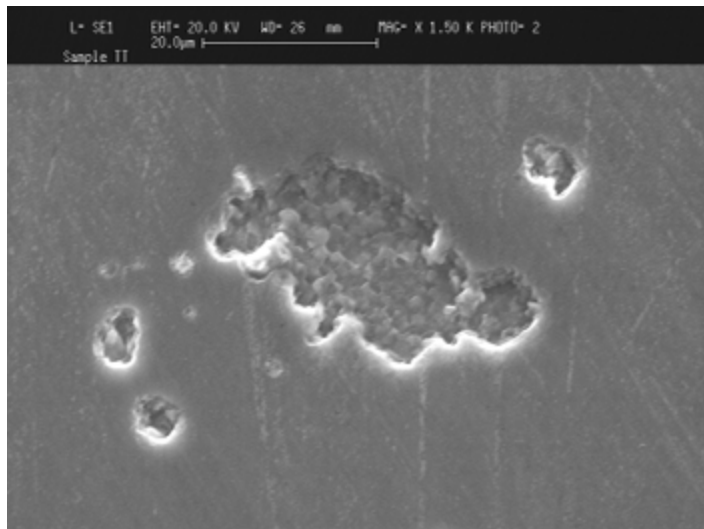
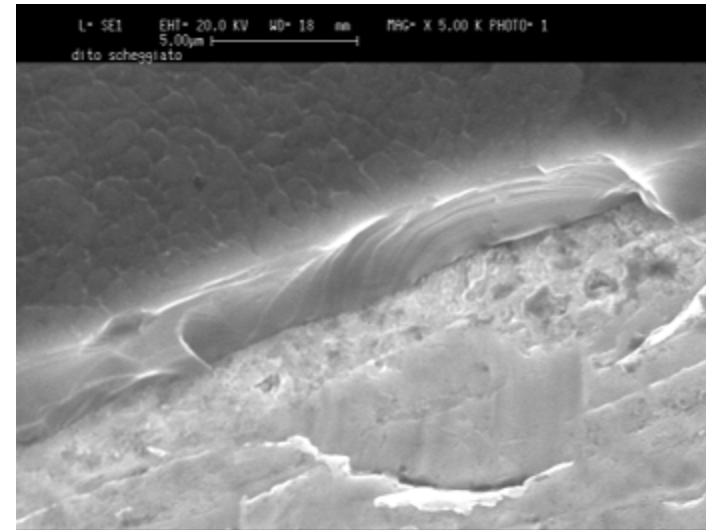
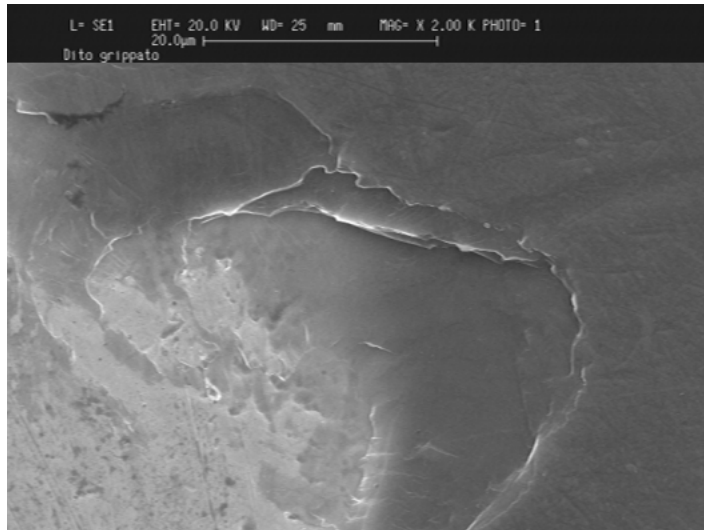
7

Materiale dell'utensile	Materiale lavorato	Operazione	Durata dell'utensile		Note
			Non rivest.	Con DLC	
Metallo duro	Acc. inoss.	Fresatura	1	7	Minore rugosità
Metallo duro	Acc. inoss.	Fresatura	1	2,5	
Metallo duro	Acc. inoss.	Alesatura	1	14	Minore rugosità
Metallo duro	Lega Al	Maschiatura	1	3	Minore rugosità
HSS	Acc. inoss.	Maschiatura	1	1,5	
HSS	Acc. inoss.	Fresatura	1	1,5	Velocità di taglio maggiore (+40%)



DLC su sistema di distribuzione di motori da competizione

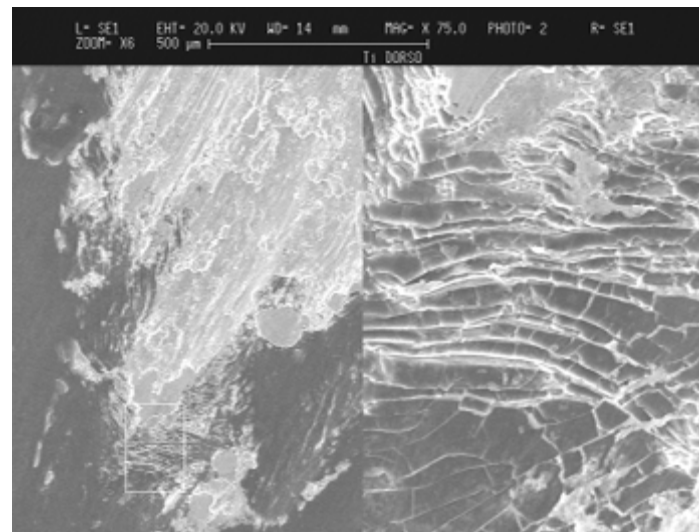
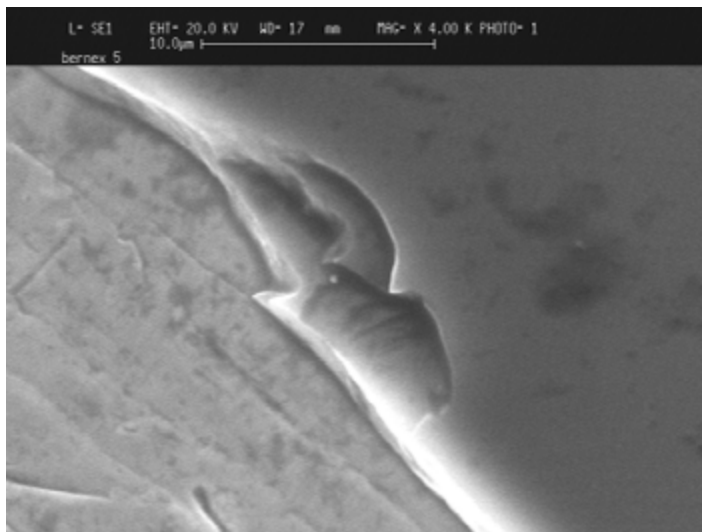
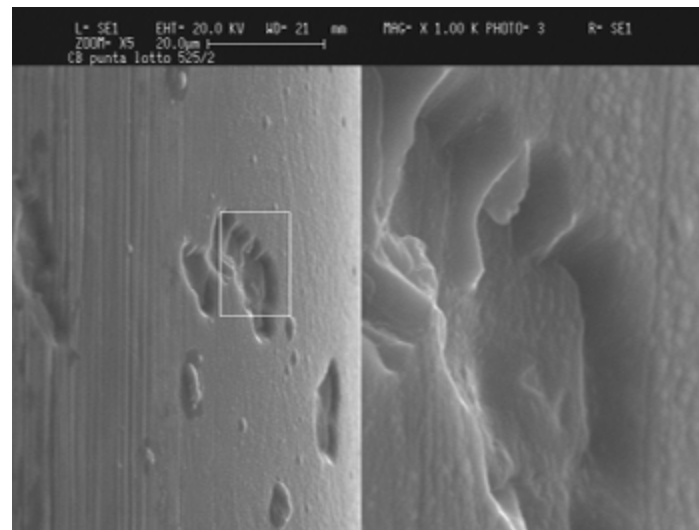
8





DLC su sistema di distribuzione di motori da competizione

9





Comportamento ad usura del contatto camma-bilanciere

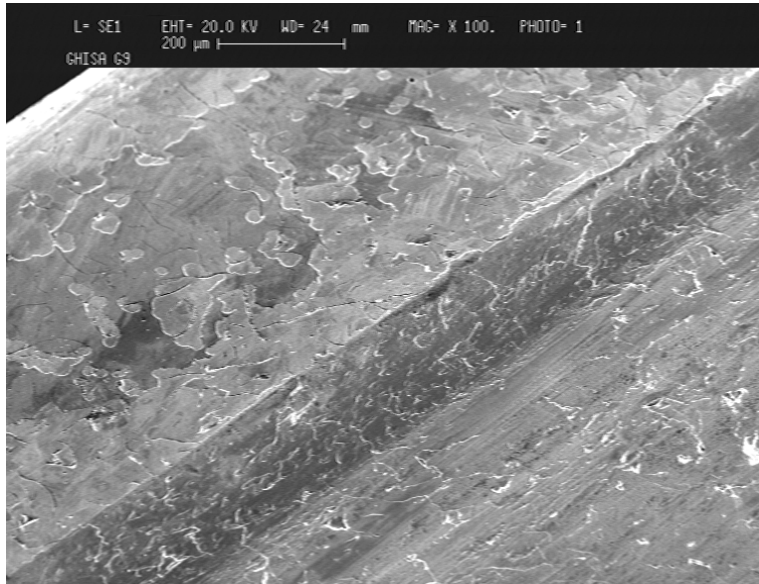
10

- Simulazione delle condizioni di contatto camma-bilanciere mediante macchina da laboratorio
- Materiali esaminati:
 - acciaio 40 Ni Cr 18 (C 0,4% - Ni 4,5% - Cr 1,6%)
 - ghisa grigia lamellare (C 3,3 % - Si 2,4% - Mn 0,7%)
- Rivestimento applicato: DLC

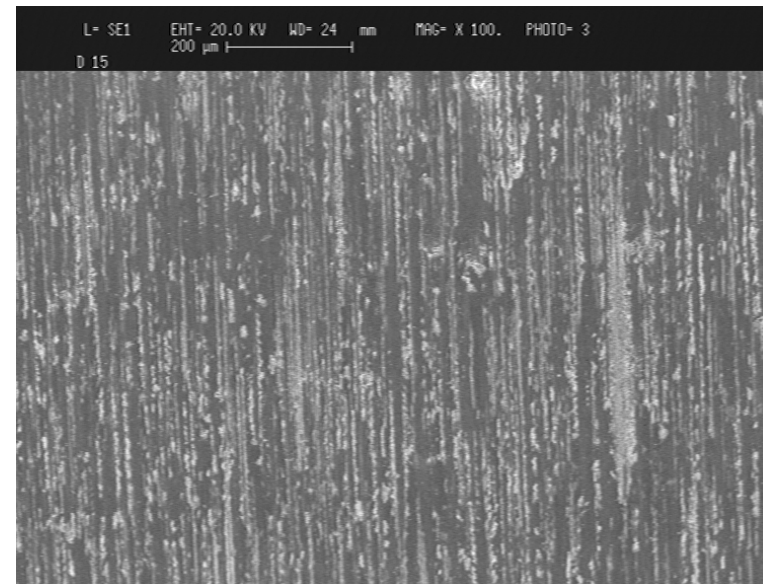


Comportamento ad usura del contatto camma-bilanciere

11



Bilanciere e camma in ghisa



Bilanciere in acciaio ricoperto con DLC, contro camma in ghisa

Superficie dei bilancieri dopo 15 ore di strisciamento relativo: sul bilanciere non rivestito (foto a sinistra) si osserva un evidente gradino di usura, che non è presente sulla superficie del bilanciere rivestito (foto a destra).



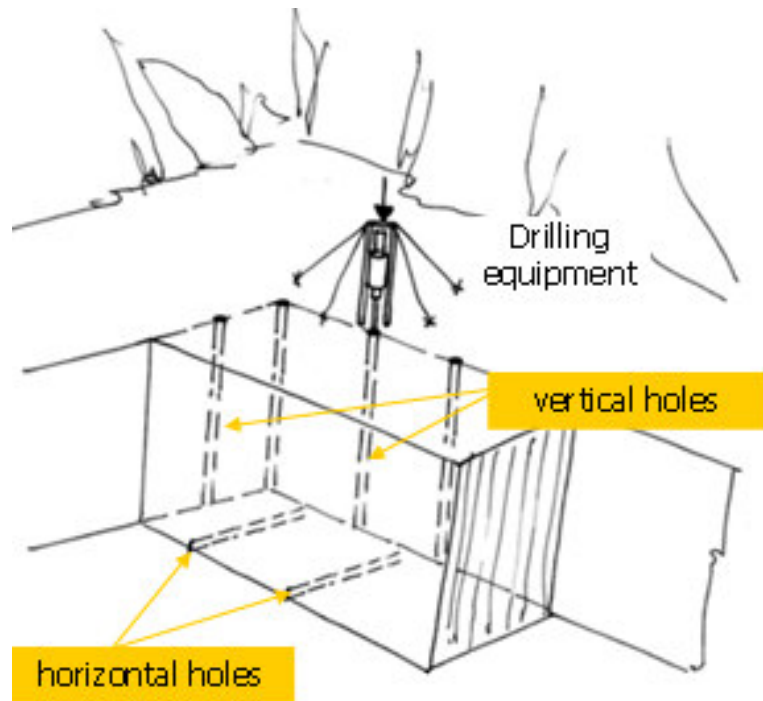
Le proprietà “autolubrificanti” dei rivestimenti di DLC sono particolarmente vantaggiose per lo sviluppo di applicazioni in cui si eviti l’uso di oli lubrificanti, ad esempio mediante la sostituzione con acqua

Nell’ambito del Progetto STREAM, finanziato dalla Comunità Europea, abbiamo studiato il comportamento tribologico del rivestimento di DLC, per lo sviluppo di un perforatore ad acqua destinato all’estrazione di pietra ornamentale



Perforatore DTH (Down The Hole)

13



Creazione di fori mediante il perforatore Down The Hole



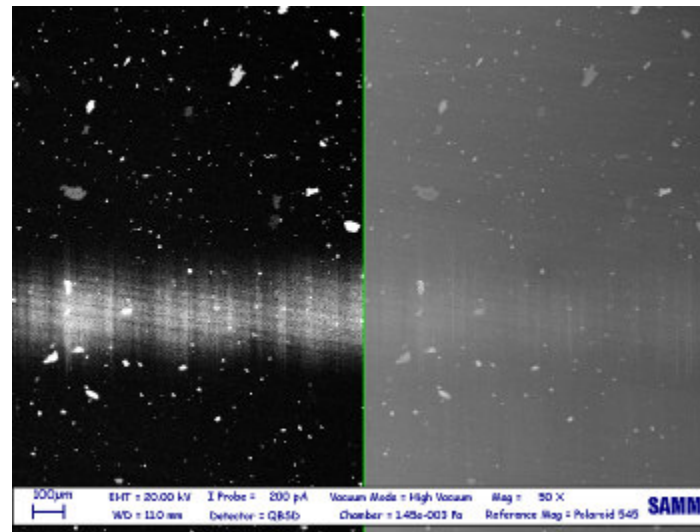
Risultati delle prove tribologiche

Substrato	Tasso di usura (mm ³ N ⁻¹ m ⁻¹)	Coefficiente di attrito
Acqua deionizzata		
Acciaio cromato	$2.3 \cdot 10^{-6}$	0.06
Acciaio inossid. (420)	$8.1 \cdot 10^{-6}$	0.08
WC-Co	$5.5 \cdot 10^{-7}$	0.06
Acqua deionizzata + Al ₂ O ₃		
Acciaio cromato	$4.9 \cdot 10^{-6}$	0.06



Traccia di usura su WC-Co

15



Nella traccia di usura, lo strato di DLC subisce riduzione di spessore, senza fratture né distacchi



- I rivestimenti di DLC possono fungere da strati autolubrificanti in molte applicazioni
- Anche in acqua, si possono raggiungere bassi coefficienti di attrito, con elevata resistenza ad usura