

# Trattamenti superficiali anti-usura: novità dal mercato

**Udine - 23 Settembre 2015**

Relatore Ing. Valeria Adriani, MaTech – PST Galileo

Nel mercato attuale è sempre più avvertita l'esigenza di incrementare la durata nel tempo di componenti metallici o, a parità di durata, di accrescere il livello delle prestazioni. In molti casi questo risultato è ottenibile tramite l'impiego di opportuni rivestimenti superficiali in grado di conferire proprietà migliorative al substrato di partenza senza interferire con le caratteristiche meccaniche e strutturali di quest'ultimo; tutto questo a un costo logicamente sostenibile.

Spesso questo obiettivo si ottiene grazie all'impiego di processi di deposizione via thermal spray, tra cui una di queste è la tecnica HVOF (High Velocity Oxy Fuel).

Essenzialmente l'HVOF è una tecnologia di deposizione a spruzzo di polveri durante la quale, in una camera di combustione, vengono introdotti ad elevata pressione ossigeno e combustibile (in genere propano, propilene o idrogeno) che generano una reazione fortemente esotermica con temperature fino a 2700°-3300°C. Questa genera una fiamma ad alta temperatura ed elevata pressione che viene forzata attraverso un ugello incrementandone la velocità. Le polveri depositate sulle superfici interessate sono generalmente alimentate assialmente all'interno della camera di combustione ad elevata pressione e accelerate verso l'ugello di uscita della pistola.

Il processo si differenzia dal suo precursore LVOF (Low Velocity Oxygen Fuel) perché è in grado di generare velocità di uscita delle polveri estremamente elevate. Si tratta in effetti di un processo supersonico con velocità che possono arrivare a 1000 m/s.

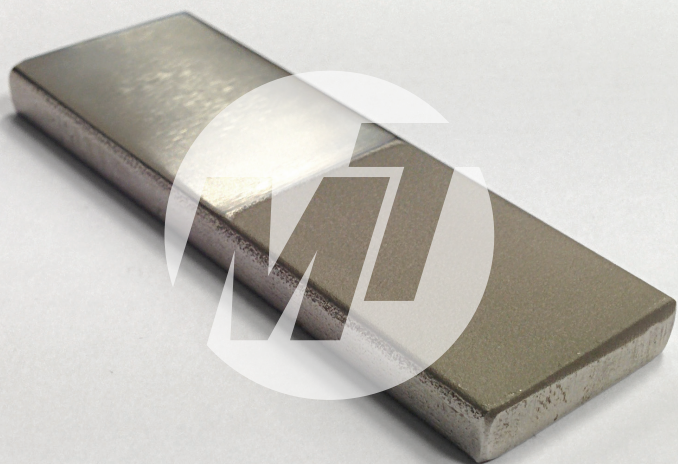
L'elevata velocità con cui le particelle vengono accelerate fa sì che esse vengano praticamente inglobate nella superficie del substrato creando uno strato caratterizzato principalmente da alta densità, elevata forza di legame (fino a 12,000psi – circa 84 MPa) che garantisce un altrettanto elevato carico di ancoraggio, bassa porosità e limitato livello di rugosità superficiale.

Inoltre l'alta velocità consente di mantenere basse le temperature di preriscaldamento del substrato destinato poi ad essere rivestito superficialmente (temperature di circa 150°C). A differenza della maggior parte delle altre tecniche di deposizione, viene assicurato il mantenimento delle originali caratteristiche meccaniche del pezzo, senza necessità di ulteriori trattamenti per il rilascio delle tensioni interne dovute al processo di deposizione stesso. La limitata presenza di stress residui consente pertanto di ottenere il raggiungimento di minimi spessori di deposito, non ottenibili con le altre tecniche di deposizione.

Le caratteristiche ottenibili variano logicamente anche in funzione del tipo di materiale di apporto. E' possibile depositare così rivestimenti con caratteristiche tecniche riassumibili secondo lo schema:

- Alta resistenza ad usura;
- Durezza elevata e controllabile fino a 1200-1400HV;
- Scarsa porosità, riducibile in genere del 1-1.5%;
- Elevata resistenza di ancoraggio (compressioni superiori a 80Mpa);
- Finitura superficiale particolarmente fine con buoni valori di Ra;
- Bassa percentuale di ossidi;
- Struttura omogenea e regolare del deposito;
- Possibilità di rivestire forme di geometria complessa.

**Trattamento HVOF**



**DLC - Diamond like Carbon**



Alcuni esempi di depositi con relative proprietà sono riportati in tabella:

composizione	HV300	porosità	Temp.max (°C)
WC-Co	900-1150	0.5%	530
WC-Co-Cr	1050-1400	1.1%	750
Wc-Cr3C2-Ni	900-1000	1.6%	750
Wc-Ni	850-950	1%	540
Cr3C2-Ni-Cr	700-800	1.5%	800

A seconda delle tipologia di particelle sparate, le caratteristiche del deposito superficiale cambiano, privilegiando la resistenza all'usura e all'abrasione, alla corrosione e all'ossidazione (anche ad alta temperatura) oppure il basso coefficiente d'attrito. Lo strato superficiale che si forma è comunque sempre molto denso, duro e ben adeso al substrato, con porosità minima pari all'1%.

Questo tipo di deposizione è particolarmente indicata dove elevata resistenza all'usura e alla corrosione sono una priorità. La tecnica HVOF rappresenta sicuramente una soluzione molto interessante nel settore della meccanica soprattutto in quei casi in cui ingranaggi, meccanismi o elementi in movimento sono sottoposti a condizioni di stress continuo nel tempo.

I rivestimenti HVOF sono stati riconosciuti come efficaci trattamenti superficiali per proteggere componenti dell'industria automobilistica ed aeronautica contro fenomeni combinati di usura e corrosione sia a temperatura ambiente che ad alta temperatura.

L'industria dell'automobile, aerospaziale e petrolchimica sono alcuni dei settori industriali in cui è richiesto un continuo incremento delle potenzialità operative delle macchine associate, se possibile, a una parallela riduzione dei costi di produzione.

In particolare, in molti casi le condizioni di esercizio generano delle difettosità superficiali che limitano la vita lavorativa dei componenti, riducendo la loro lavorabilità e affidabilità; questi difetti sono causati da fenomeni di strisciamento o da un contatto abrasivo o dall'utilizzo in ambienti aggressivi. L'impiego del processo thermal spray HVOF ha consentito di depositare rivestimenti superficiali duri in grado di sopportare condizioni di lavoro molto pesanti.

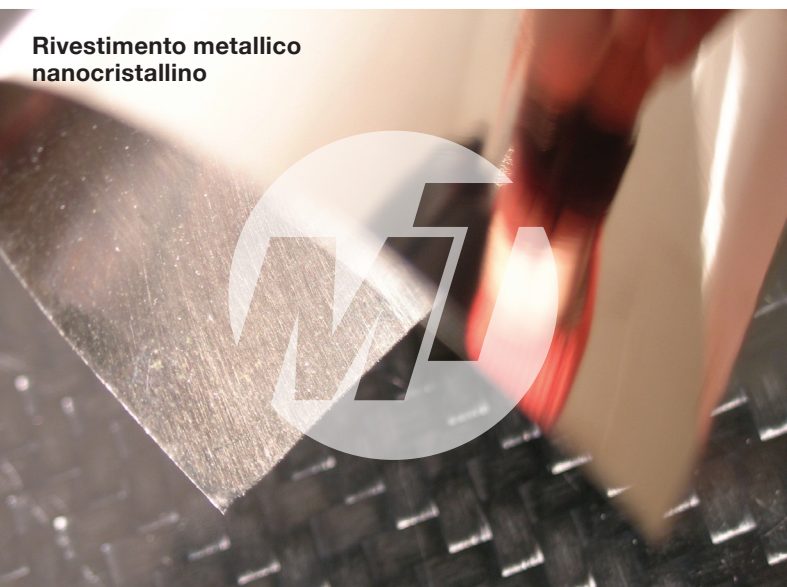
Un processo che da anni si propone come valida alternativa alla galvanica tradizionale è la tecnica sottovuoto che prevede una camera di carico dove vengono posizionati i componenti da trattare e all'interno della quale, durante il processo, si realizza il vuoto e si deposita da fase vapore il trattamento funzionale. Si tratta di trattamenti PVD (Physical Vapour Deposition) e trattamenti CVD (Chemical Vapour Deposition), eventualmente implementati grazie allo sviluppo della fisica dei plasmi.

Uno dei rivestimenti realizzati con queste tecniche e che offre ottime prestazioni in termini di resistenza all'usura è il DLC (Diamond Like Carbon).

Questo deposito consiste in un film di atomi di carbonio caratterizzato da elevata durezza, basso coefficiente di attrito, biocompatibilità, resistenza all'usura, alla corrosione e all'abrasione.

Uno dei primi settori che ha impiegato le proprietà funzionali dei rivestimenti DLC è il settore automobilistico delle macchine da corsa per il rivestimento dei pistoni e dei cilindri, poiché diminuire il coefficiente di attrito implica maggiore resistenza del componente, minore riscaldamento, più potenza disponibile per il motore, e minore consumo di carburante.

**Rivestimento metallico nanocristallino**



**Rivestimento lubrificante con microsferine**



Le nanotecnologie permettono infine di realizzare un rivestimento metallico nanostrutturato che, depositato per via galvanica, è molto uniforme, compatto e privo di micro-cricche. Si parla di nanotecnologia perché la dimensione del grano cristallino del deposito metallico è di circa 20 nanometri, rispetto ai 20 micrometri tipica del rivestimento di cromatura galvanica. Questo nano-coating risulta strutturale e permette di aumentare il carico a snervamento e il carico ultimo a rottura, diminuendo il coefficiente d'attrito.

Grazie alla riduzione dell'attrito superficiale il pezzo rivestito è in grado di offrire una migliore resistenza all'usura. Non essendo a base ceramica, il rivestimento 'nanocristallino' ha un'ottima resistenza alla scheggiatura, grazie alla sua caratteristica elasticità che raggiunge l'1%. Per quanto riguarda il processo produttivo, in confronto a quello elettrolitico tradizionale, si evidenziano velocità di deposito cinque volte superiori (5-200 micron/h rispetto ai tradizionali 12-25 micron orari) con evidenti vantaggi economici; è possibile infatti avere un notevole risparmio di tempo, a parità di spessore, oppure una riduzione dello spessore a parità di tempo.

Un analogo rivestimento nanostrutturato è ottimizzato per parti plastiche, ottenute da stampaggio per iniezione, ed, essendo strutturale, aumenta le prestazioni termiche e meccaniche del pezzo polimerico.

Nel settore automotive alcuni elementi presenti sotto cofano, realizzati in metallo perché sottoposti a condizioni termiche tradizionalmente proibitive per un polimero, sono oggi stampati in plastica (solitamente nylon) e rivestiti con questo nanocoating; è possibile quindi ottenere una riduzione dei pesi e quindi del consumo di carburante.

L'azienda proprietaria della tecnologia è canadese e realizza pezzi per conto terzi sul territorio nazionale oppure dà il trattamento in licenza (al momento solo aziende statunitensi o canadesi godono di questa licenza).

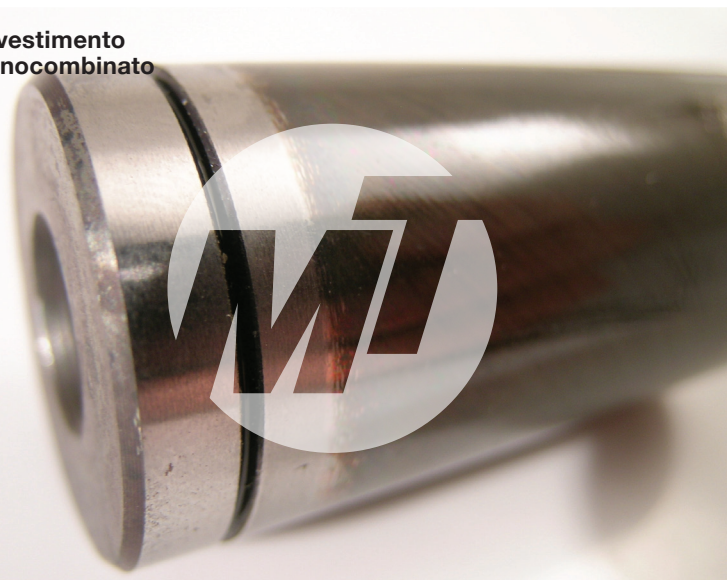
Spesso per incrementare la resistenza all'usura di una superficie è importante anche diminuire l'attrito tra le parti. A tale scopo è disponibile un nuovo rivestimento superficiale che all'interno di una soluzione acquosa deposita delle microsferiche di lubrificante. La superficie rimane asciutta al tatto finché, in situazioni di sfregamento, le microsferiche si rompono e le microgocce d'olio che fuoriescono permettono di ridurre l'attrito e, di conseguenza, aumentare la vita del prodotto. Questo rivestimento viene applicato tramite immersione, spruzzo o spalmatura, e l'essiccazione avviene a temperatura ambiente.

Per la riduzione d'attrito si può ricorrere anche al rivestimento 'nanocomposito' combinato, che unisce una finitura isotropica, in grado di eliminare meccanicamente i picchi di rugosità superficiale, con un deposito di spessore nanometrico di bisolfuro di tungsteno, che copre la superficie riempiendo gli avvallamenti che derivano dalla rugosità residua. Questo trattamento presenta un'ottima resistenza al graffio, alla delaminazione e un buon effetto lubrificante (coefficiente 0.04). Viene impiegato su ingranaggi, cuscinetti, pistoni, alberi a camme, camicie di cilindri per l'industria automotive, eolica e meccanica in generale.

Tra i rivestimenti polimerici 'low-friction', segnaliamo il trattamento superficiale a base PEEK, un polimero ad alte prestazioni che, depositato con spessori tra 75 e 1000 micron, permette a substrati metallici o ceramici di raggiungere coefficienti d'attrito di 0.15-0.3 e una resistenza all'abrasione di gran lunga superiore (del 50% fino al 200%) rispetto a quella garantita dai rivestimenti fluorurati. Grazie alla sua composizione chimica, la superficie trattata è resistente a sostanze aggressive come sali, acqua e vapore, prodotti alcalini, acidi, e idrocarburi aromatici.

Questo trattamento trova impiego in diversi settori tra cui quello meccanico (rulli, boccole o guarnizioni), chimico, farmaceutico e alimentare, in quanto idoneo al contatto alimentare.

**Rivestimento nanocombinato**



**Rivestimento a base PEEK**

