

Il coating sugli utensili: una rivoluzione che continua

La tecnologia del ricoprimento con un film duro, introdotto alcuni decenni fa, è stata una rivoluzione epocale nell'industria meccanica, ma ancora oggi questa tecnica è in continua evoluzione, accrescendo le performances degli utensili sottoposti a questo tipo di processo.

Intorno al 1970 è iniziato l'utilizzo in maniera sistematica degli utensili ricoperti con TiN (Nitruro di Titanio) nell'industria meccanica in Italia.

Il ricoprimento, chiamato comunemente con il termine inglese di *coating*, ha moltiplicato per 6 – 10 volte il rendimento degli utensili, con un impatto impressionante sulle aziende dedicate alla loro produzione.

E' facilmente comprensibile che se un utensile ha una vita dieci volte più lunga, il numero degli utensili necessari si riduce di dieci volte e quindi molti produttori di utensili sono entrati in una crisi profonda che, in molti casi, hanno costretto le aziende ad un drastico ridimensionamento o perfino alla cessazione dell'attività.

Fortunatamente l'introduzione del coating è stata graduale e ha dato il tempo a molte aziende di acquisire altri mercati o modificare la gamma degli utensili prodotti.

Il classico esempio che ha interessato il mondo degli ingranaggi è quello dei creatori a lame riportate.

In quel tempo il creatore a lame riportate stava sostituendo il creatore integrale, grazie al maggior numero di pezzi che poteva eseguire. Alcune ditte erano specializzate nella costruzione di creatori a lame riportate, che costituivano per esse il core business.

Ma questo tipo di utensile non poteva essere ricoperto con TiN dopo ogni affilatura, essendo composto da materiali diversi e non potendo essere perfettamente pulito prima di una nuova ricopertura.

Smontare le lame, ricoprirle e rimontarle sul mozzo era un'operazione molto lunga e costosa: non conveniente.

In breve tempo i creatori a lame riportate sparirono al mercato e le aziende che li producevano o chiudevano i battenti o riconvertivano le linee di produzione rendendole atti alla produzione di creatori integrali.

Le prime ricoperture erano applicate sugli utensili in metallo duro (carburi sinterizzati), specialmente sugli inserti staffati meccanicamente sugli utensili per tornitura o sui corpi fresa. Questo tipo di ricopertura era eseguito con il metodo CVD (Chemical Vapour Deposition) non adatto però ad essere usato sugli utensili in HSS, dove si ricopre con il metodo PVD (Physical Vapour Deposition).

Vediamo brevemente quali sono le tecniche di ricoprimento più usate.

Metodo CVD

In breve, questa tecnica trasforma gli elementi da depositare in vapore e li pone in contatto con il pezzo da ricoprire in un ambiente in cui la pressione è di 10 – 100 mbar e la temperatura è compresa tra gli 800 e i 1000 °C.

In queste condizioni si sviluppano delle reazioni chimiche che consentono l'adesione degli elementi sulla superficie del pezzo.

Le prime, ed anche le più diffuse, applicazioni di questo metodo, come si è detto, erano quelle della ricopertura con TiN degli inserti in metallo duro impiegati in tornitura e fresatura. Poiché la temperatura in cui avviene il processo è relativamente alta, cioè al di sopra della soglia di rinvenimento degli acciai rapidi, questo processo è rimasto per un certo tempo limitato appunto alla ricopertura di questo tipo di utensili.

Gli acciai rapidi, in pratica, non possono essere ricoperti con il metodo CVD, perché perdono la loro durezza, ma anche perché alla temperatura di 800 -1000 °C ogni pezzo si deforma perdendo la precisione originale, per ripristinare la quale sarebbe necessaria un'operazione di rettifica, cosa che ovviamente asporterebbe lo strato di TiN:

In sintesi il metodo CVD presenta dunque le seguenti caratteristiche:

- *ottima adesione del film su tutte le superfici;*
- *buon ricoprimto anche su forme complesse e su fori ciechi;*
- *temperature troppo alte per poter ricoprire gli acciai e quindi è limitato agli utensili in metallo duro;*

Metodo PVD

Il grande vantaggio che ha questo metodo di ricopertura è che esso avviene ad una temperatura non superiore a 500 °C, quindi al di sotto del limite di rinvenimento degli acciai rapidi, con in più il vantaggio che a questa temperatura non ci sono praticamente deformazioni dei pezzi trattati.

Ciò ha consentito di applicare questo processo a quasi tutti gli utensili di acciaio rapido e a componenti usati in condizioni limite nel settore aeronautico ed automobilistico.

Questa particolare tecnologia di ricoprimto si è enormemente sviluppata anche perché è un processo fisico, e non chimico, e quindi non usa reagenti di difficile smaltimento.

L'impatto ambientale, dal punto di vista ecologico, è quindi nullo, e al giorno d'oggi questo è un vantaggio non indifferente.

Riepilogando il metodo PVD ha le seguenti caratteristiche:

- *Maggiore flessibilità del processo con possibilità di ricoprire quasi ogni tipo di materiale.*
- *Possibilità di ricopertura per impieghi industriali e per scopi decorativi.*
- *Assenza di variazioni dimensionali e strutturali e quindi la ricopertura viene eseguita su prodotti finiti.*
- *Assenza di problemi di carattere ecologico.*

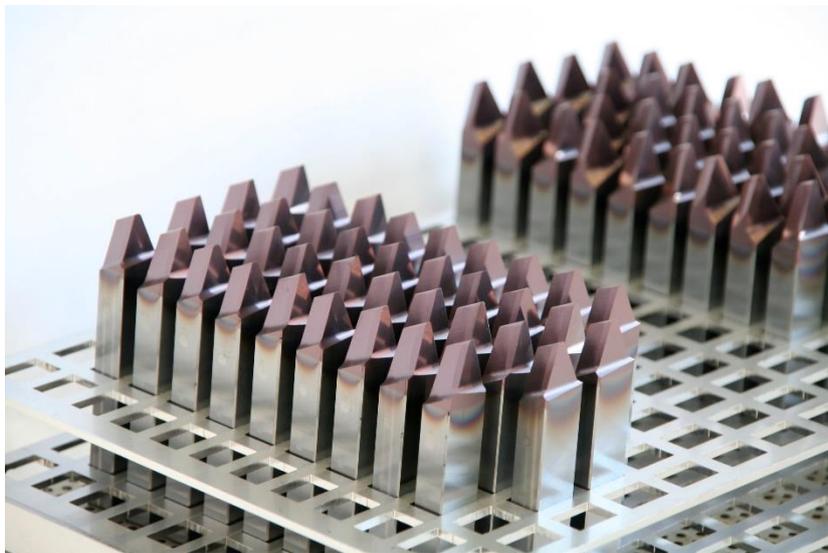


Figura N°1- *Barrette per dentatura degli ingranaggi conici appena ricoperti in Silicut (cortesia miniToolsCoating)*

Le ricoperture eseguite con il metodo PVD sono di vario genere e di questo se ne parlerà in seguito, tuttavia bisogna tener presente che questi differenti tipi non esauriscono le possibilità teoriche di questo sistema di deposizione, in quanto si potrebbero usare molti altri tipi di elementi coprenti su pezzi di varia natura.

L'unico vincolo sarebbe che il pezzo cioè, come si usa chiamarlo, *il substrato*, sopporti senza alterarsi le temperature del processo.

Tuttavia la più larga diffusione della ricopertura PVD, oltre al settore decorativo, è avvenuta nel settore prettamente industriale, dove sono richieste prestazioni sempre più elevate dei materiali e dove l'adozione su larga scala del ricoprimto ha portato grandissimi benefici.

Per capire quanto grande sia stato l'impatto sul mondo della meccanica a seguito dell'introduzione del ricoprimento con materiali del tipo del TiN, basti dire che esso ha stimolato l'ideazione di una nuova generazione di dentatrici ad altissima velocità, che ha permesso di ridurre i tempi di lavorazione ad una frazione rispetto alla situazione preesistente.

Infine ha fatto cambiare la stessa *filosofia d'impiego* di molti tipi di utensili, per esempio facendo adottare agli utilizzatori il recoating, cioè la ricopertura dopo ogni affilatura.

In sintesi, il successo del processo di ricopertura PVD è dovuto alle seguenti caratteristiche generali dello strato ricoprente:

- *grande durezza e quindi elevata resistenza all'usura e alla craterizzazione;*
- *bassissimo coefficiente d'attrito;*
- *scarsa affinità chimica con gli altri elementi, da cui deriva una buona resistenza alla corrosione;*
- *resistenza alle temperature elevate;*
- *migliore aspetto esterno del pezzo.*

Ma queste caratteristiche tecniche che aumentano certamente l'efficienza degli utensili, non sarebbero sufficienti a garantire una costanza dei rendimenti, infatti è anche necessario che il film depositato (*sostrato*) sia tale che possa seguire il più possibile le deformazioni del pezzo, cioè del substrato, senza per questo danneggiarsi o staccarsi dal pezzo stesso.

I vari rivestimenti devono essere quindi studiati in modo che il coefficiente di dilatazione termica ed il modulo elastico siano vicini a quelli del pezzo da ricoprire.

Ricoprimento DLC

L'acronimo DLC sta per Diamond – Like Carbon.

Si tratta di uno speciale ricoprimento, molto variabile nelle sue caratteristiche che si presta a diverse applicazioni.

Il film che ricopre un substrato può avere spessori di qualche nanometro fino ad arrivare a poco più del micrometro.

Il ricoprimento DLC combina una elevata durezza a un basso coefficiente di attrito e questo lo rende molto utile nell'aumentare l'efficienza di parti di macchine, in micro-ingranaggi ed in utensileria.

La proprietà fisica più importante del ricoprimento DLC è sicuramente la durezza del film.

Anche il coefficiente d'attrito è molto basso, essendo compreso tra 0,1 e 0,2, cioè nettamente inferiore a tutti i ricoprimenti usati nel settore utensileria.

Ci sono molteplici possibilità di impiego del DLC grazie alla sua durezza, trasparenza e resistenza agli attacchi chimici.

Viene usato nell'industria elettronica, nelle testine degli Hard Disk, in gioielleria e nell'industria dell'utensileria. Poiché il prodotto è biocompatibile può essere usato per protesi interne al corpo umano.

Si è accennato poco sopra al fatto che l'introduzione dei ricoprimenti ha ridotto di molto il fabbisogno globale di utensili mettendo in crisi i loro produttori. Questo effetto si è però gradualmente attenuato con l'entrata nel mercato di macchine utensili che permettono velocità di taglio e avanzamenti maggiori.

E' stato possibile quindi rimodulare la durata degli utensili considerando i benefici in termini economici derivanti dalla riduzione dei tempi di produzione.

Il ricoprimento con il TiN nel corso degli anni ha evidenziato i suoi limiti in quanto alle alte velocità possibili con la nuova generazione di macchine utensili, la temperatura nella zona di contatto tra utensile e truciolo raggiungeva valori talmente alti che modificava la struttura del ricoprimento che si sfaldava e metteva a nudo il substrato.



Figura N°2- Frese in metallo duro ricoperte con TiN (cortesia miniToolsCoating)

Sono nati perciò ricoprimenti con nuovi composti, come per esempio il carbo-nitrato di titanio (TiCN) il nitrato di titanio alluminio (AlTiN), il nitrato di cromo (CrN), il nitrato di Cromo Alluminio Titanio, (CrAlTiN) e altri ancora.

Ognuno di questi film (*layers* in inglese), ha diverse proprietà che conferiscono all'utensile particolari caratteristiche tecniche, inoltre hanno un colore diverso

Si sono quindi sviluppati dei ricoprimenti ottimali per specifiche lavorazioni.

Per esempio ha avuto un notevole successo il ricoprimento con cromo alluminio titanio nelle lavorazioni di dentatura con creatore. Ma anche per gli utensili dedicati alla foratura e alla maschiatura sono stati introdotti con successo i ricoprimenti con TiCN.

Il passo successivo dello sviluppo della tecnologia dei rivestimenti è stato quello di cercare di combinare le varie caratteristiche positive di ogni composto con una serie di *layers* sovrapposti uno all'altro.

A contatto con il substrato si applica un composto che aderisce bene e che ha un coefficiente di dilatazione termica simile a quello del substrato, a questo viene sovrapposto uno strato che ha una più alta elasticità, successivamente si applica uno film che ha durezza molto elevata e che resiste bene alle alte temperature.

Si ottengono in questo modo i ricoprimenti *multi-layers* che hanno ulteriormente aumentato le performances degli utensili. In alcuni casi i vari strati possono avere spessori di qualche nanometro ed in questo caso si parla di nano-layers

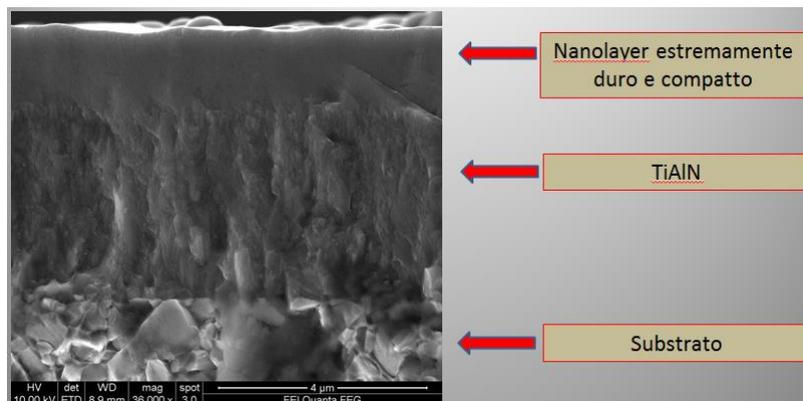


Figura N°3- Micrografia di un ricoprimento multistrato

In questo settore però continua lo sforzo per migliorare ulteriormente la qualità dei rivestimenti, facilitati anche dallo sviluppo degli impianti che ora si avvalgono di sofisticati software gestiti da moderni controlli numerici.

Come si è detto è una rivoluzione che continua da decenni e che non si è ancora conclusa. Attualmente ha preso piede la tendenza di usare piastre, da cui estrarre il composto da depositare, formate già con una miscela di componenti con percentuali che possono essere

scelte dai tecnici che gestiscono l'impianto. Si parla quindi di vere e proprie *ricette* che sono definite dopo una serie di prove.

In questo caso si parla di "composite coating".

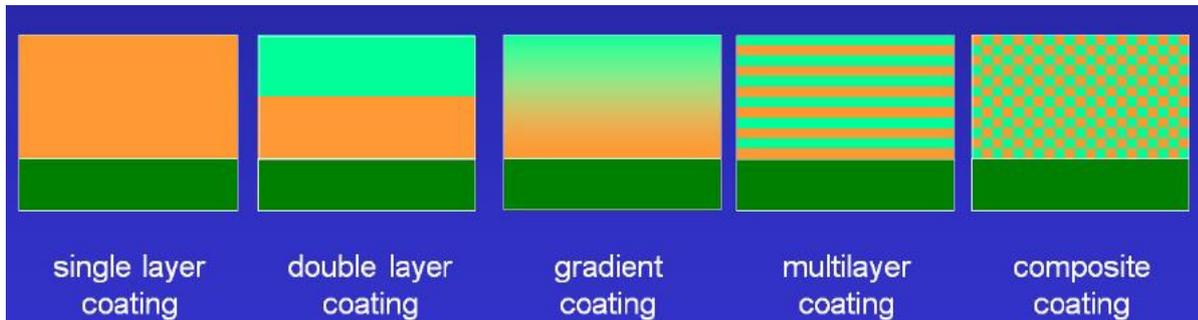


Figura N°4 - Vari tipi di ricoprimento

Nella figura N°4 sono rappresentate le varie possibilità di composizione dei film.

Una delle caratteristiche più importanti di un ricoprimento è sicuramente l'adesione che dipende in maniera essenziale dallo stato della superficie da ricoprire e anche dallo spessore del film depositato.

Attualmente le aziende specializzate nel coating hanno messo a punto processi di preparazione delle superfici del substrato che rendono ottimale l'adesione.

Inoltre per ogni specifica lavorazione sono previsti spessori del layer che aumentano il rendimento degli utensili.

Alcuni ricoprimenti sono individuati con i loro componenti chimici, come per esempio TiN (nitruro di Titanio), AlTiN (nitruro di titanio alluminio) ecc. Da qualche anno però le aziende specializzate in questo settore danno ai loro ricoprimenti un nome che non indica specificatamente la composizione dei layers, e questo per non far scoprire immediatamente di cosa si tratta e di personalizzare il tipo di ricoprimento con un nome più interessante dal punto di vista del marketing.

Una aziende, leader del settore dei ricoprimenti è la miniToolsCoating, con sede a Padova che si avvale di una serie di impianti dell'ultima generazione, gestiti da tecnici con una lunga e profonda esperienza.

Nel corso degli ultimi decenni, come si è visto, si è continuamente affinata la tecnologia dei ricoprimenti apportando grande benefici in termini di costi dell'utensileria e di tempi di produzione. Si tratta quindi di una rivoluzione che non si ancora arrestata e che con molta probabilità continuerà per molti anni ancora.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche tecniche dei ricoprimenti eseguiti dalla miniToolsCoating. Essi sono il frutto di anni di perfezionamenti e costituiscono, attualmente, il livello più alto, dal punto di vista tecnologico, che l'azienda ha raggiunto

Caratteristiche tecniche dei ricoprimenti eseguiti dalla miniToolsCoating

Rivestimento PVD	Colore	Durezza HV	Modulo elastico E GPa	Temp. di ossidazione °C	Coeff. di att .su 100Cr6	Temp. di deposizione °C	Spessore tipico µm
TiN	Giallo oro	2800 ±50	450 ±10	600	0,40	300 - 480	2 - 7
TiCN	Grigio blu	3200 ±60	310 ±10	420	0,30	450	1 - 3
AlTiN	Viola scuro	3200 ±60	450 ±10	900	0,40	300	1 - 4
Silicut	Viola	3200 ±50	490 ±10	>1100	0,40	480	1 - 3
Alticrome	Grigio	3400 ±50	390 ±10	1100	0,35	480	2 - 5
CrN	Grigio	2000 ±50	400 ±10	700	0,30	250 - 350	1 - 7
Cromvic	Grigio nero	2800 ±50	320 ±20	400	0,15	250	1 - 3
GearCut	Viola scuro	3350 ±50	450 ±5	1000	0,30	480	1 - 6
AlCro-X	Viola scuro	3200 ±50	400 ±5	1100	0,30	480	3 - 5
NICOAT	Viola scuro	3200 ±50	400 ±5	1100	0,35	480	4 - 7
Carbonred	Viola chiaro	3100 ±50	370±10	550	0,20	480	2 - 3

Box 1

Proprietà del ricoprimento	Caratteristiche
Durezza	La durezza del ricoprimento conferisce all'utensile una maggiore resistenza all'usura per craterizzazione.
Resistenza alle alte temperature	Il calore sviluppato durante il distacco del truciolo innalza la temperatura nella zona adiacente allo spigolo tagliente. Se questa temperatura supera il limite di resistenza del ricoprimento, si avvia un processo di ossidazione del ricoprimento stesso che porta al suo sgretolamento.
Coefficiente d'attrito	Lo strisciamento del truciolo sul petto dell'utensile genera calore che è tanto maggiore quanto più grande è il coefficiente d'attrito. Il ricoprimento con coefficiente d'attrito basso permette condizioni di lavoro più gravose
Adesione	E' evidente che un'ottima adesione evita il distacco del ricoprimento dal substrato, evento questo che compromette gravemente la funzionalità dell'utensile.
Spessore del ricoprimento	E' molto variabile e dipende dal tipo di ricoprimento e dal tipo di utensile. Spessori troppo elevati sono talvolta dannosi e riducono l'efficienza dell'utensile. Lo spessore del ricoprimento deve essere calibrato accuratamente in funzione della lavorazione cui è destinato l'utensile.
Composizione del ricoprimento	La composizione chimica del ricoprimento deve essere compatibile con i diversi tipi di materiale lavorato. Acciaio, ghisa, materiali non ferrosi richiedono composizioni diverse dei layers



Foto di apertura (se serve) - (Coltello stozzatore ricoperto con Alticrome – miniToolsCoating)