

Il coating sugli utensili da taglio

L'introduzione della tecnologia dei ricoprimenti con il TiN (Nitruro di Titanio) è stata una delle maggiori rivoluzioni nel campo degli utensili da taglio che si sono attuate negli ultimi decenni.

Essa iniziata intorno agli anni '70 e prosegue tuttora con una continua evoluzione delle tecniche di ricoprimento e con la sperimentazione di nuovi materiali depositati.

Sulle riviste specializzate si è parlato molto di questo argomento ed in queste brevi rubriche non si vuole certamente fare una trattazione a livello scientifico di questa tecnologia; l'obiettivo è molto più modesto in quanto si vogliono solamente richiamare le nozioni fondamentali di questo processo aggiornando le notizie tecniche con gli ultimi dati a disposizione.

In questa prima parte si esporranno le informazioni di carattere generale, riservando per la seconda parte una serie di dati tecnici.

I processi di deposizione sono sostanzialmente due; il CVD (Chemical Vapour Deposition) ed il PVD (Physical Vapour Deposition).

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 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:

Un altro motivo che rende il metodo CVD un po' problematico è che utilizza reagenti chimici il cui smaltimento è difficoltoso.

In sintesi il metodo CVD presenta dunque le seguenti caratteristiche:

- *ottima adesione del film su tutte le superfici;*
- *buon ricoprimento 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;*
- *problemi per lo smaltimento dei reagenti chimici.*

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 ricoprimento 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.*

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 ricoprimento 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.

Il TiN ha inoltre ridotto drasticamente il consumo di utensili, mettendo in grave difficoltà non pochi costruttori a causa della riduzione del mercato globale.

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.

Il 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.

Cenni sugli impianti di ricopertura

Gli impianti di ricopertura con il metodo PVD sono di molti tipi, perché ogni costruttore ha scelto di privilegiare o l'uno o l'altro aspetto del processo.

Inoltre nel corso degli anni gli impianti si sono via via perfezionati e ulteriormente differenziati tra loro.

Per avere almeno un'idea generale di come operano questi impianti si illustrano ora brevemente due tra i più tipici, il primo dei quali è schematizzato in figura N°1.

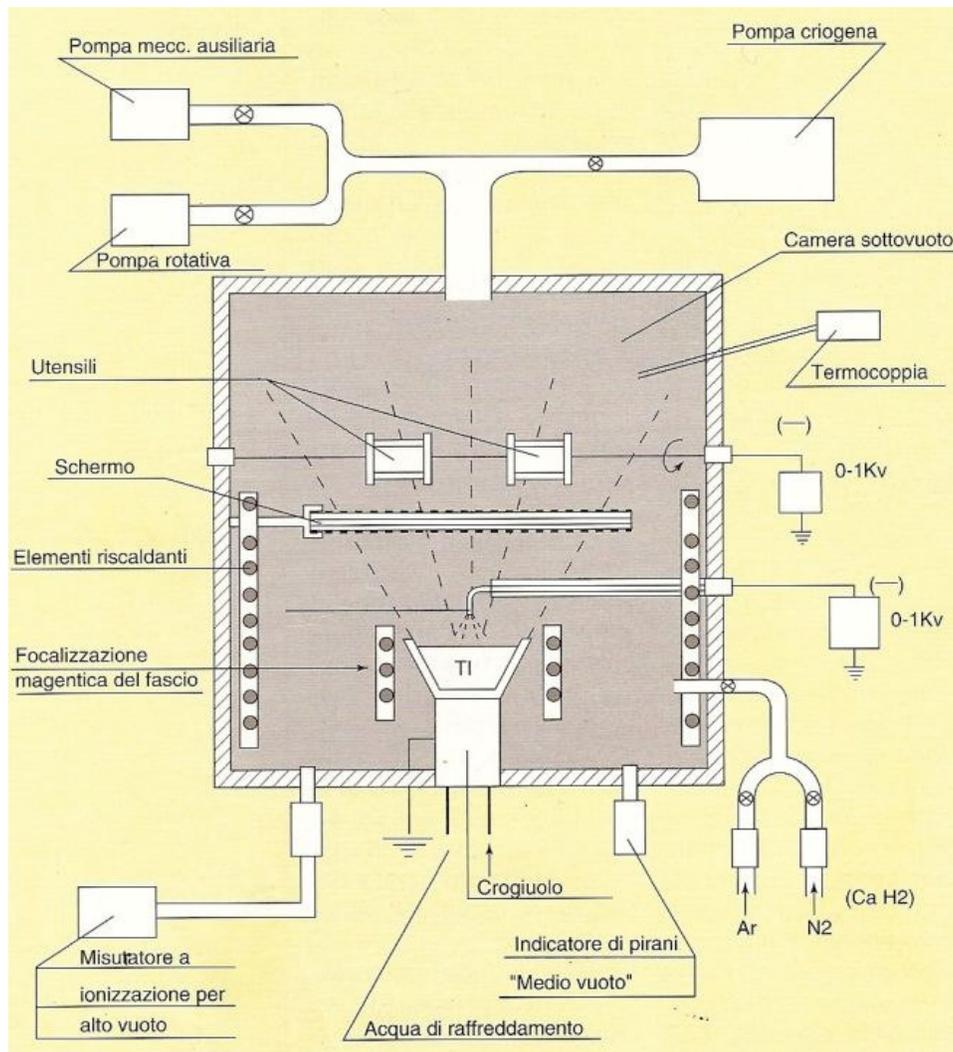


Figura N°1 - Impianto di ricopertura PVD con un'unica fonte di ioni

Un cannone elettronico bombarda il titanio e lo vaporizza. Il catodo, da cui parte la scarica elettrica, non è un filamento, ma è un catodo cavo costruito in tantalio, e deve resistere alla temperatura di 3000 °C senza deformarsi.

Il titanio, che funziona da anodo, si vaporizza e si ionizza e quindi, per effetto della differenza di potenziale tra l'anodo e gli utensili da ricoprire, si forma un flusso ionico che si dirigerà verso gli utensili che sono posti sopra uno schermo protettivo che viene tolto una volta che i parametri operativi si sono stabilizzati.

Questi parametri operativi sono: pressione, flussi di gas, intensità di corrente, tensioni.

Dopo qualche minuto dall'avvenuta vaporizzazione del titanio, viene immesso nella camera azoto puro (N) che è in grado di reagire con i vapori di titanio sia nella camera stessa sia sulle superfici degli utensili.

Il flusso di vapori di Ti prevalentemente direzionale, cioè dal crogiolo ai pezzi e quindi è necessario far ruotare i pezzi in modo che vengano esposti in modo uniforme alla corrente di vapori.

Gli ioni e gli atomi di Ti, di N e di TiN arrivano a forte velocità sulla superficie del pezzo e si depositano su essa formando uno strato aderente il cui spessore dipende dal tempo in cui si prolunga il processo. Lo spessore di questo strato può variare da 1 – 2 micrometri a 3 – 4 micrometro, in dipendenza dall'impiego a cui è destinato l'utensile. Qui si parla solo di TiN, ma, come si vedrà più oltre, i materiali che si possono depositare sono anche altri.

Il processo, relativamente semplice sul piano concettuale, può dare dei risultati soddisfacenti e riproducibili solo attraverso un accurato controllo di tutti i parametri in gioco. Il secondo tipo di impianto è caratterizzato dall'aver una camera ottagonale in acciaio inox entro la quale quattro catodi di titanio emettono atomi ionizzati di Ti (vedere la figura N°2).

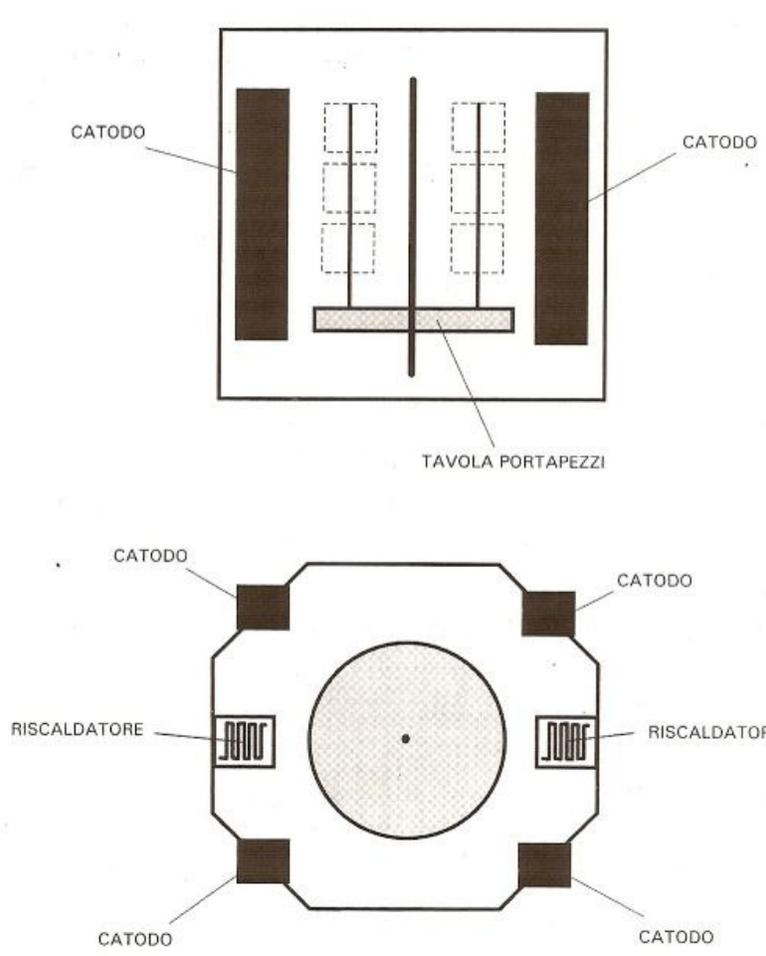


Figura N°2- Impianto di ricopertura PVD con più fonti di ioni

Durante la fase iniziale viene creato un vuoto di circa 5 Pa e nello stesso tempo la camera viene riscaldata a circa 450 °C.

Gli atomi di Ti ionizzati vengono accelerati verso il supporto degli utensili da rivestire (polarizzati negativamente), dove reagiscono con il gas immesso nella camera producendo un rivestimento particolarmente aderente sui pezzi da rivestire.

Nei processi ad arco di questo tipo, il metallo (Ti, Cr, Al ecc.) che andrà a formare il rivestimento viene fatto evaporare per mezzo di un arco generato in n atmosfera di plasma. L'arco si muove sulla superficie della sorgente attaccando di volta in volta per un tempo che va da 5 a 40 nanosecondi un'area (*cathode spot*) il cui diametro è di pochi mm.

La potenza elettrica dell'arco, concentrata su un'area così ristretta, per un tempo così breve, raggiunge una densità di 10^9 W/cm^2 , producendo un'immediata vaporizzazione del materiale con cui è costruito il catodo.

Talvolta si formano delle goccioline (*droplet*) di metallo fuso che possono venire intrappolate nel rivestimento in via di formazione e che possono ridurre l'efficienza della ricopertura (vedere Fig. N°3).

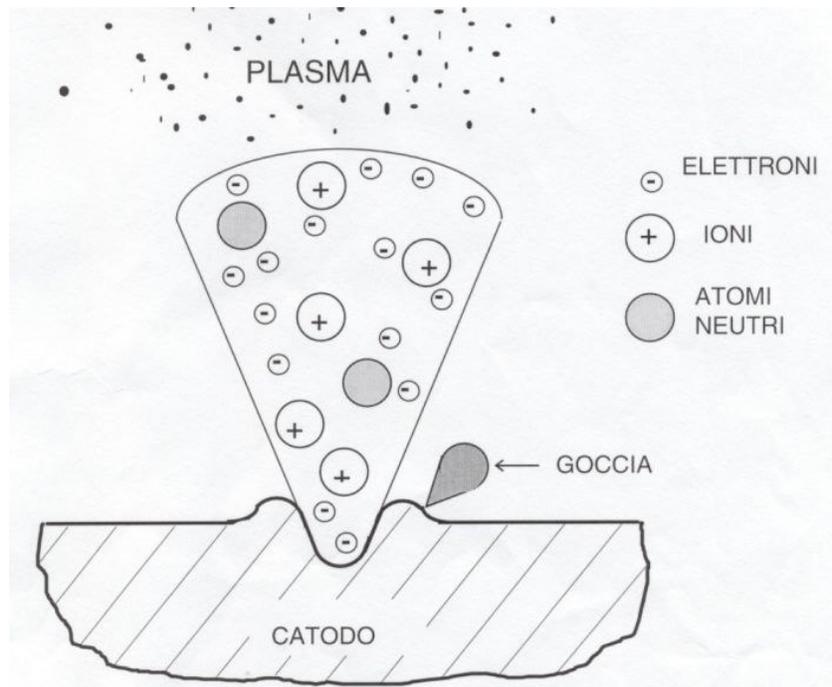


Figura N°3- Azione dell'arco sul catodo: formazione di ioni, elettroni e atomi neutri

Il vapore parzialmente ionizzato prodotto dalla vaporizzazione indotta dall'arco, ancora prima di subire l'accelerazione dovuta alla differenza di potenziale fra catodo ed anodo, è caratterizzato da un contenuto energetico superiore di un fattore 10^2 rispetto al vapore prodotto per evaporazione convenzionale.

Questo è uno dei motivi per cui è possibile ottenere con questo metodo dei rivestimenti dotati di un'ottima adesione al substrato, anche lavorando con temperature e tensioni relativamente basse.

Quindi, per ottenere un risultato soddisfacente dell'operazione è assolutamente necessario rispettare dei protocolli ben precisi in cui sono indicati i valori di tutti i parametri in gioco. Ma questa è una condizione necessaria ma non sufficiente.

E' stato accertato che, anche nelle migliori condizioni di deposizione, il rivestimento aderisce efficacemente al substrato solo se questo è preparato con la massima accuratezza già all'esterno della camera di ricopertura mediante opportuni cicli di pallinatura e lavaggio.

Soprattutto nel campo della pallinatura (o sabbiatura, o corindatura), si sono realizzati i più importanti progressi, in quanto una sia pur leggera asportazione degli strati superficiali dell'acciaio prima della ricopertura, determina un netto miglioramento del rendimento dell'utensile e la completa riproducibilità dei risultati.

Infatti, in passato, si assisteva ad un'incomprensibile altalena di valori di rendimento dell'utensile, senza che si riuscisse ad individuarne la causa. Solo con la messa a punto di questa operazione i risultati si sono stabilizzati.

Appare chiaro che la superficie rettificata si presta poco ad un processo di ricopertura, ricca com'è di segni di lavorazione più o meno profondi dovuti a deformazioni plastiche dell'acciaio.

Ad esse sono inoltre sempre associate delle tensioni che presumibilmente vanno attenuandosi progressivamente al di sotto della superficie.

Oltre a ciò, sulla superficie stessa sono presenti, abbastanza spesso, delle bruciature di rettifica, dovute a surriscaldamenti locali, che evidentemente impediscono un buon ancoraggio dello strato di TiN.

Con la pallinatura ad umido si asportano gli strati esterni, possibili sedi di bruciature e di micro-ossidazioni.

Si è constatato che è sufficiente asportare 2 - 3 micrometri, per ottenere una superficie sufficientemente ben preparata per una adesione della ricopertura.

L'ultima fase, prima dell'introduzione degli utensili nella camera, è quella del lavaggio, anch'esso molto importante per un solido legame tra l'acciaio ed il TiN. Questo lavaggio che avviene in più stadi, ha lo scopo di liberare la superficie da qualsiasi tipo di impurità depositata, come potrebbero essere sostanze grasse o polvere.

Nonostante tutto ciò la superficie degli utensili non è ancora pronta a ricevere il vero e proprio strato di TiN.

Prima di far partire gli ioni di titanio, i pezzi sono sottoposti ad un bombardamento con ioni di argon accelerati da una differenza di potenziale di qualche centinaio di volt, questo processo è chiamato comunemente *etching* e rimuove una quantità di materiale dell'ordine di qualche centesimo di micrometro.

La durata dell'attacco ionico può essere variata in funzione dello stato superficiale, evitando in ogni caso problemi di surriscaldamento.

Normalmente si applica una tensione di 200 - 500 V per circa 15 minuti con una pressione del gas argon attorno a 10 Pa.

Questa fase consente di distruggere le residue tracce di ossido o di altre impurità ancora presenti sulla superficie in grado di compromettere un buon ancoraggio del sostrato.

Bisogna tener presente però che i cicli di pulitura e lavaggio non sono tutti come quello descritto: ogni costruttore ha messo a punto, nel corso degli anni, cicli particolari con l'intento di migliorare l'efficacia del trattamento e di ridurre l'impiego di prodotti poco inquinanti.

I vari tipi di ricoprimento

Si è già accennato al fatto che oggi esistono molti tipi di ricoprimento, ognuno dei quali, grazie alle sue particolari caratteristiche fisico-chimiche, ottimizza i rendimenti degli utensili in determinate operazioni.

I diversi tipi di ricoprimento si differenziano essenzialmente per il materiale depositato, per lo spessore e per il metodo di deposizione.

I più comuni ricoprimenti oggi in uso nell'industria meccanica sono, oltre al TiN (Nitrato di Titanio), quelli in TiCN (Carbonitrato di Titanio) e di TiAlN (Nitrato di Titanio Alluminio).

Prima di parlare delle caratteristiche tecniche e dei relativi impieghi di questi tipi di ricoprimento è necessario specificare che al giorno d'oggi raramente si ricopre la superficie di un utensile con uno strato di uno stesso tipo, perché i vantaggi che si otterrebbero sarebbero *solo* quelli relativi al materiale di quello specifico ricoprimento.

In altre parole è possibile, con la tecnologia oggi esistente, applicare il cosiddetto ricoprimento multistrato (*multilayer*), che consente di accumulare i vantaggi di vari differenti tipi di ricoprimento.

Per esempio, se si ricopre un utensile solo con il TiN, che come si vede dalla tabella riepilogativa delle caratteristiche, ha una temperatura di ossidazione di 520 °C ed un modulo di elasticità di 300 KN/mm², cioè vicino a quello dell'acciaio rapido costituente il substrato, si ha il vantaggio che la pellicola di TiN si flette come l'acciaio, cioè si comporta come una vernice che non si scrosta ma segue le deformazioni del supporto senza danneggiarsi.

D'altra parte però, quando la temperatura nel punto di contatto tra truciolo ed utensile raggiunge i 520 °C inizia l'ossidazione dello strato che così perde completamente le caratteristiche fisiche sbriciolandosi e scoprendo il supporto.

Quindi c'è un limite ben preciso per le velocità di taglio che è possibile raggiungere con questo tipo di ricoprimento.

Se invece si ricopre con TiAlN, la temperatura in cui inizia l'ossidazione dello strato si alza a 900 °C e quindi la perdita delle caratteristiche fisiche avviene ad una velocità di taglio

notevolmente superiore. Però il modulo di elasticità è in questo caso di 450 KN/mm^2 , cioè lo strato è più rigido, meno flessibile, rispetto all'acciaio costituente il supporto. Ciò significa che se si ha una flessione dell'acciaio, lo strato della ricopertura non lo segue e c'è il pericolo di innesco di cricche (di fessurazioni) sullo strato stesso. Poiché la struttura del riporto è di tipo colonnare, come indicato in fig.N°1, se si innesca una cricca in superficie, essa prosegue fino al supporto con possibilità di distacco del ricoprimento stesso.

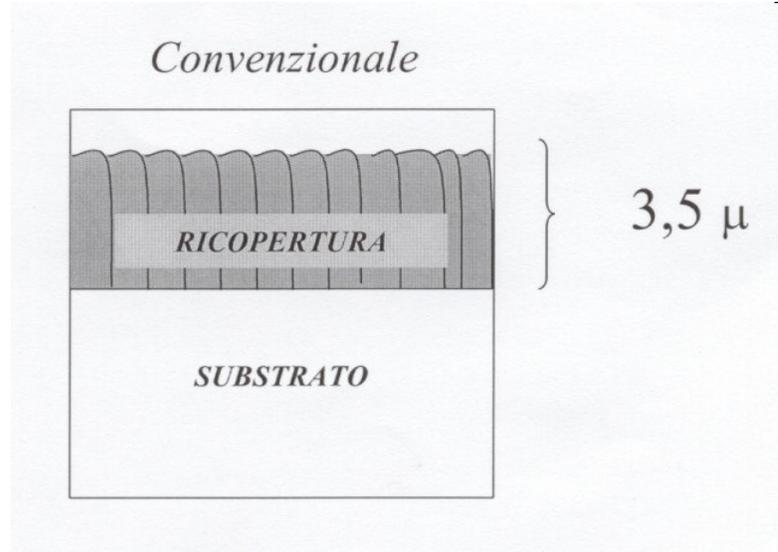


Figura N°1- Ricopertura monostrato

Si risolve questo problema alternando gli strati di ricopertura (*layer*) di diverso tipo come indicato in fig. N°2.

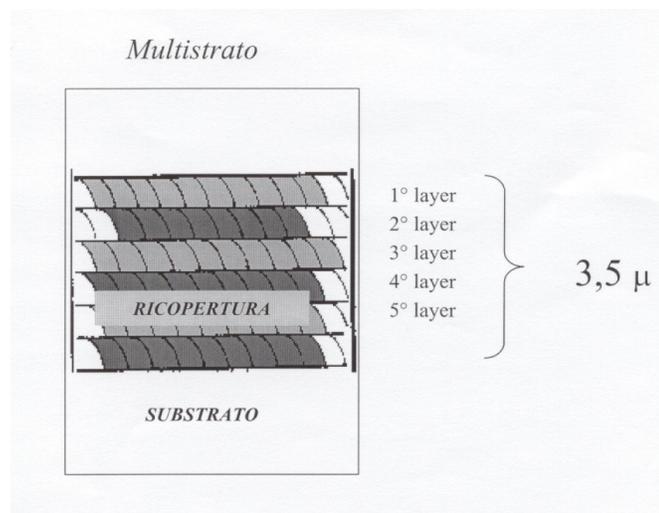


Figura N°2- Ricopertura multistrato

Se per esempio si alternano strati di TiAlN con quelli di TiN, si ottiene in superficie una buona resistenza alle alte temperature. Se per effetto del differente modulo di elasticità del ricoprimento e del supporto si innesca una cricca sul primo strato, essa prosegue fino all'inizio del secondo strato e lì si ferma.

In questo modo si possono sfruttare al meglio le caratteristiche fisico-chimiche dei due diversi tipi di ricopertura.

E' evidente che per ottenere buoni risultati è necessaria una grande esperienza ed impianti dell'ultima generazione.

Caratteristiche tecniche	TiN	TiCN	TiAlCN	TiAlN
<i>Durezza HV</i>	2500	3000	3200	3500
<i>Temperatura di coating °C</i>	420	420	450	450
<i>Temperatura max di lavorazione °C</i>	520	420	600	900
<i>Coefficiente d'attrito</i>	0,4	0,3	0,25	0,5
<i>Modulo di elasticità KN/mm²</i>	300	450	450	450
<i>Struttura rivestimento</i>	Monostrato	Multistrato	Multistrato	Multistrato
<i>Denominazione commerciale della LAFER</i>	TiN	TiCN	Red Speed	Exxtral Tinalox SNB Alox SNB

Esaminiamo ora più da vicino alcuni tipi di ricoprimento:

TiN

Il nitruro di titanio, è stato il primo tipo apparso sul mercato e, dopo molti anni, è ancora oggi, grazie ai continui progressi della tecnologia, il rivestimento più utilizzato nelle lavorazioni ad asportazione di truciolo. E' considerato il rivestimento universale.

Per la sua versatilità trova un largo impiego in dentatura (creatori, coltelli stozzatori, lame per ingranaggi conici, ecc.), fresatura, foratura e maschiatura con medi e bassi parametri di taglio.

E' molto usato anche in altri settori, quali per esempio nel campo medicale (impianti endossei, scheletrati, protesi varie e strumenti chirurgici), oppure nello stampaggio della plastica e nella deformazione a freddo. Il suo colore particolarmente simile all'oro e la sua praticamente inattaccabilità agli acidi, lo rende idoneo all'impiego decorativo.

TiCN

E' caratterizzato da un'alta tenacità, durezza e resistenza all'usura per abrasione.

Queste caratteristiche lo rendono idoneo alle lavorazioni a taglio interrotto come la fresatura, la dentatura con creatore ecc. a patto però che non si superino i 420 °C di temperatura, pena la perdita delle caratteristiche strutturali del film ricoprente.

E' quindi ovvio che questo ricoprimento non è adatto alle lavorazioni a secco.

Il colore dei pezzi trattati con TiCN è grigio, poco diverso dal colore dell'acciaio.

TiAlCN

Questo ricoprimento, di colore giallo rossiccio, è particolarmente adatto in fresatura e foratura con condizioni di lavoro gravose, con un limite delle temperature d'impiego di 600 °C.

Pur essendo ideato per lavorare ad umido, può essere anche utilizzato a secco se non viene superata la soglia di temperatura di cui sopra.

E' usato frequentemente nella dentatura con creatori, oltre che con i vari tipi di fresatura e di alesatura.

Nella foratura si ha un miglioramento del quasi il 100% rispetto al TiCN, mentre in fresatura il rendimento aumenta del 30%.

TiAlN

Come si può osservare dalla tabella riepilogativa delle caratteristiche dei vari ricoprimenti, il TiAlN è quello che ha la più alta durezza e la più alta temperatura critica.

E' quindi evidente che sarà quello che ha i migliori risultati nelle lavorazioni a secco con creatori in acciaio superlegato e nella fresatura a secco di acciai con durezza elevate (fino a 50 HRC). Il colore è grigio scuro ed è facilmente riconoscibile da altri tipi di rivestimento.

Si è visto quindi che i più comuni tipi di ricoprimento sono il TiN, il TiCN, il TiAlN, ed il TiAlCN, ma come si è ricordato questi sono solo alcuni tra i possibili ricoprimenti.

E' anche attuale, per esempio, il Ti_2N (nitruro di bititanio), usato nella lavorazione di acciai inossidabili e di leghe ad alto contenuto di nichel.

Questo ricoprimento resiste bene alla propagazione di cricche ed è quindi indicato in quelle lavorazioni in cui si hanno forti sollecitazioni a fatica.

E' usato anche su particolari leghe di tipo aeronautico e nell'imbutitura e tranciatura li lamiere in acciaio inossidabile.

Un altro ricoprimento di notevole interesse è il CrN (nitruro di cromo), usato prevalentemente nello stampaggio ed imbutitura di materiali con forte tendenza all'incollaggio, come l'acciaio inossidabile e l'alluminio, ma con buoni risultati anche nella ricopertura di stampi per lo stampaggio ad iniezione di plastica, grazie alla grande resistenza all'ossidazione anche a temperature elevate.

Ma si usano anche lo zirconio (Zr) ed il niobio (Nb) e molti altri materiali che risolvono specifici problemi.

Il recoating

Un creatore o un coltello stozzatore rivestito con TiN o con altri componenti, a parità di condizioni di lavoro, ha un rendimento da 5 a 10 volte superiore ad un utensile non rivestito.

L'altissima durezza del film ricoprente unito alla sua bassa affinità chimica con i materiali da lavorare consentono una drastica riduzione dell'usura per abrasione sul fianco del dente e della craterizzazione sul petto dell'utensile.

Oggi tutte le dentatrici moderne possono lavorare ad altissime velocità di taglio a con forti avanzamenti, inoltre molte di queste macchine possono lavorare a secco.

Poiché il risparmio sul tempo di lavorazione è prioritario rispetto all'economia sul costo dell'utensile, almeno fino ad un certo livello, il più delle volte si preferisce aumentare la velocità di taglio e l'avanzamento, rinunciando così ad un elevatissimo rendimento dell'utensile, ma ottenendo tempi ciclo minori con evidenti risparmi sui costi e sugli investimenti.

In queste condizioni di lavoro si sviluppa una grande quantità di calore ed inoltre il petto del tagliente è assoggettato a forti pressioni.

La figura N°1 illustra appunto un creatore usurato per craterizzazione. mentre la figura N°2 fa vedere un tagliente di creatore usurato in prevalenza per abrasione.

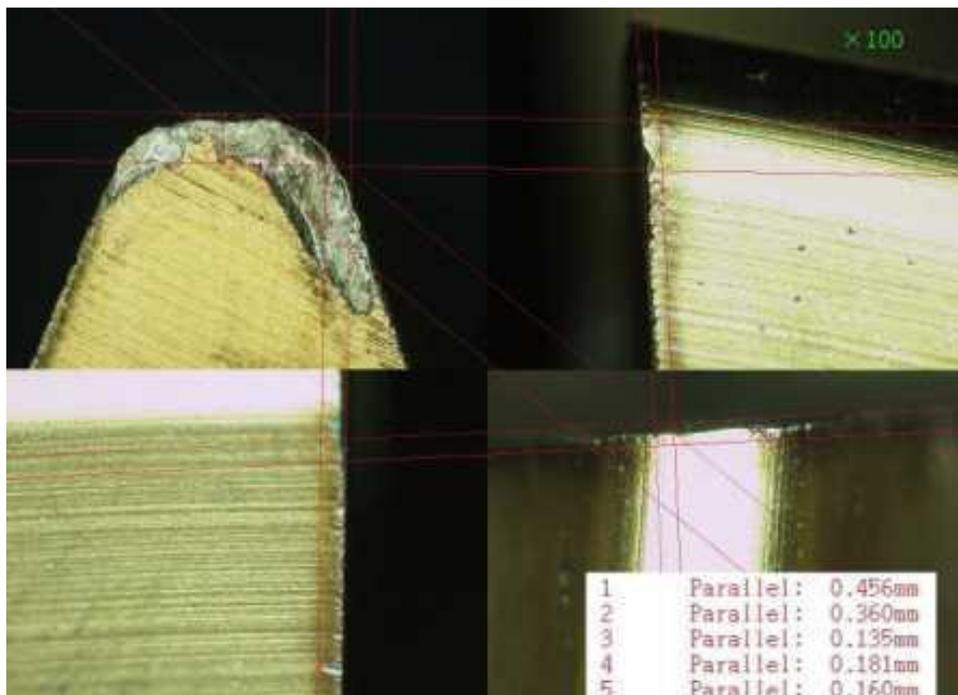


Fig.N°1- Dente di creatore ricoperto con TiN usurato prevalentemente sul petto per craterizzazione

La figura N°2 fa vedere un tagliente di creatore usurato in prevalenza per abrasione, ma si può osservare che sul petto il ricoprimento è assente in alcune zone. Ciò può essere provocato o da una eccessiva temperatura nel punto di contatto tra truciolo ed utensile, oppure da una scarsa aderenza del ricoprimento sul substrato.

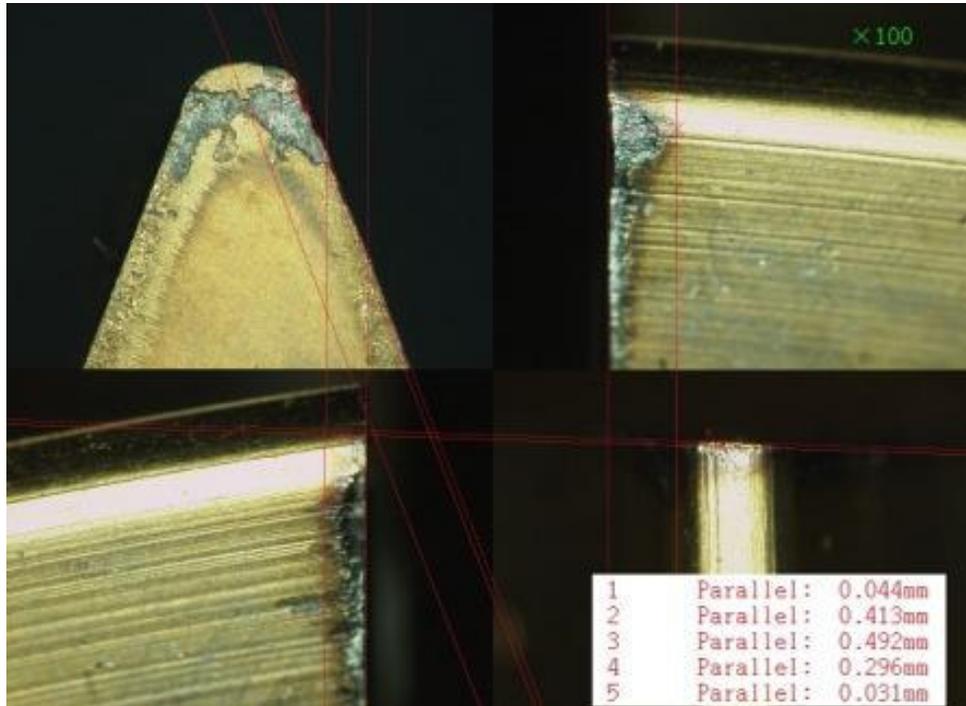


Fig. N°2-Dente di creatore ricoperto con TiN usurato prevalentemente sul fianco per abrasione

Ecco quindi che il rivestimento diventa importante, perché costituisce una barriera alla propagazione del calore dal truciolo all'utensile e perché impedisce il contatto diretto del truciolo con l'acciaio costituente l'utensile impedendo di fatto l'asportazione di particelle di utensile e quindi alla formazione del cratere.

Quando l'utensile viene affilato, si asporta il ricoprimento sul petto del dente e se si dovesse lavorare in queste condizioni si perderebbe la protezione contro la craterizzazione ed il rendimento dell'utensile non potrebbe essere come quello del creatore nuovo.

Nasce quindi la necessità di ricoprire nuovamente l'utensile dopo ogni affilatura; operazione questa che si chiama appunto recoating.

Per inciso si può affermare che una delle principali cause che hanno causato la quasi scomparsa dei famosi creatori a lame riportate è stata appunto l'impossibilità di ricoprirli dopo ogni affilatura. Infatti questo tipo di creatore ha le lame fissate meccanicamente su un mozzo su cui rimangono molti interstizi in cui, durante la lavorazione, si accumulano olio ed altre impurità che non si possono eliminare nella fase preparatoria al coating.

Inoltre spesso si usavano anche dei collanti al base di loctite che alle temperature raggiunte durante il trattamento diventavano degli intollerabili inquinanti dell'atmosfera interna dell'impianto di ricoprimento.

Non è stato solo questo il motivo della rapida scomparsa di questi creatori, ma non c'è dubbio che è stata una concausa importante.

La ricopertura dei creatori riaffilati deve seguire tecniche ben precise per quanto riguarda la preparazione del pezzo e quindi è opportuno che sia l'affilatura che le successive fasi di preparazione al recoating vengano eseguite da "centri di service" specializzati.

In primo luogo il creatore, o più in generale l'utensile, dopo l'affilatura deve presentare una superficie con una bassa rugosità (max Ra= 0,4 – 0,6 micrometri), deve essere assolutamente priva di surriscaldamenti localizzati e deve essere accuratamente sbavata, in modo che sui taglienti non ci sia la ben che minima traccia di bavatura.

Le eventuali piccole bavature presenti sui taglienti, dopo la ricopertura, costituiscono dei punti estremamente fragili che al primo contatto con il pezzo da lavorare innescano delle scheggiature che tendono ad allargarsi rapidamente riducendo l'efficienza dell'utensile.

Bisogna decidere poi se applicare il nuovo strato di materiale ricoprente sopra quello esistente o fare il cosiddetto *decoating* (o *stripping*).

In caso di ricopertura senza un *decoating* preventivo si ha che lo spessore del film è diverso sulla superficie affilata rispetto al resto dell'utensile e ciò rende lo spigolo tagliente via via più soggetto alle scheggiature.

Quindi l'ideale è eseguire il *decoating* ad ogni ciclo; solo così si ottengono i migliori rendimenti totali degli utensili.

La rimozione del film ricoprente si fa normalmente con mezzi chimici, cioè con prodotti che, semplicemente, sciolgono la ricopertura.

Il TiN per esempio si rimuove con l'acqua ossigenata (H₂O₂) con l'aggiunta di alcuni attivatori ed operando a temperatura controllata. In questo modo si ha una relativamente rapida ossidazione del ricoprimento.

Il problema è che questi processi chimici sono difficoltosi quando si tratta di asportare la ricopertura contenente alluminio, ma sono ancor più problematici quando si deve asportare la ricopertura su utensili in Metallo Duro (carbide).

Infatti, i reagenti chimici usati per le ricoperture su HSS modificano la struttura superficiale del Metallo Duro impoverendo la matrice di cobalto: fenomeno questo conosciuto con il nome di "*cobalt leaching*".

Questo è tanto vero che si è proceduto, fino a tempi recentissimi, al "*decoating meccanico*", cioè in pratica alla rettifica del profilo dei denti dei creatori in metallo duro, operazione questa che ovviamente è molto costosa.

Solo recentemente si sono trovati metodi chimici che consentono di evitare questo inconveniente e quindi di poter eseguire il *decoating* sui creatori in carbide a costi assolutamente più bassi.

Ancora poche parole per parlare delle prove che si eseguono per verificare la qualità della ricopertura.

Una classica prova consiste nell'eseguire un'impronta HRC, con un normale apparecchio Rockwell.

Esaminando l'impronta con un microscopio ottico si possono determinare in modo molto accurato lo spessore e la qualità del singolo strato o dei differenti strati depositati.

Se si pone particolare attenzione alla circonferenza esterna dell'impronta è possibile controllare in particolare il grado di aderenza del rivestimento sul substrato e la qualità dei film depositati, specialmente la loro tenacità.

Con una serie di diverse prove sono emerse delle chiare relazioni tra le incrinature del film in corrispondenza del bordo esterno dell'impronta, l'aderenza dello strato ricoprente ed il conseguente rendimento in fase operativa.

In base a queste prove è stato possibile collegare visivamente lo stato dell'impronta con la qualità del rivestimento e nella figura N°3 è indicato uno schema in cui la qualità del ricoprimento decresce dall'impronta 1 all'impronta 8.

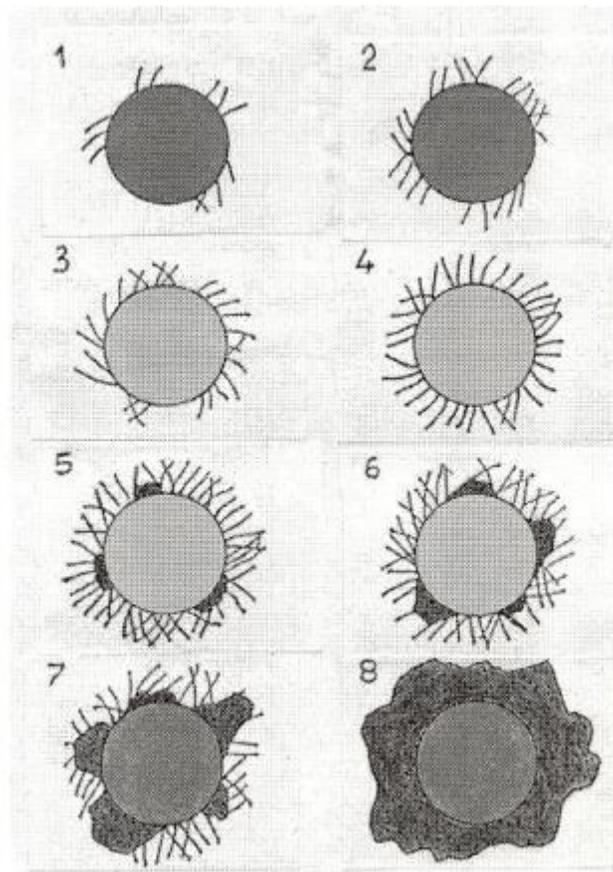


Figura N°3- Schema di diverse impronte HRC che individuano differenti qualità del ricoprimento