

Foratura meccanica nel mondo dei circuiti stampati

La foratura meccanica è stata e sarà ancora per lungo tempo il metodo dominante per la formazione di fori nell'industria dei circuiti stampati.

Le ultime tecnologie in fatto di mandrini (velocità di rotazione 180 - 220 k giri con raffreddamento ad acqua) e materiali utilizzati per la costruzione delle punte hanno fatto sì che aumentasse la capacità nell'eseguire fori sempre più piccoli.

Attualmente vengono praticati fori di diametro 150 micron e a livello laboratorio si è arrivati a 50 micron.

La foratura meccanica è compatibile con tutti i materiali e i processi di metallizzazione.

Caratteristiche del processo di foratura meccanica

La continua e veloce evoluzione dei circuiti stampati e la loro complessità aumenta la richiesta di studiare nuove tecnologie nell'ambito della foratura per poter praticare fori sempre più piccoli e vicini.

Un particolare molto importante è la precisione di posizionamento dei fori ed un aumento del numero di giri del mandrino, ma per poter raggiungere questi obiettivi è determinante tenere sotto controllo le macchine di foratura in quanto la loro instabilità è causa primaria di rotture, nel caso di piccoli diametri, e in modo non trascurabile di scentrature foro/piazzola.

Ogni tipo di utensile ha un livello massimo di vibrazione oltre il quale si rompe, questo limite è conseguente al diametro.

GOOD HOLE - un foro si considera di buona qualità quando presenta pareti lisce e uniformi prive di smearing, bave, residui di foratura o altro materiale estraneo.

AMBIENTE - la temperatura e l'umidità del reparto hanno effetto sulle prestazioni delle macchine. I parametri consigliati sono : temperatura 20 °C +/- 2° - U.R. 50 % +/- 5%.

L'umidità del reparto non dovrebbe scendere sotto il 45 % per evitare accumulo di cariche elettrostatiche che favoriscono il trattenimento di residui nel foro.

RUN OUT - è un parametro fondamentale per una buona qualità del foro. E' oggi consigliato un valore tra i 5 e i 10 micron misurato a 12 mm. sotto il piano del mandrino.

VELOCITÀ' DI USCITA - un'accelerazione costante e nessuno strappo al momento del ritorno sono importanti per piccoli diametri.

Una velocità di uscita alta può causare rotture a causa dell'alto sfregamento dell'utensile contro le pareti del foro.

AVANZAMENTO - è lo spazio in millimetri percorso dalla punta nel materiale in un giro.

$$S = \text{velocità d'entrata (metri / minuto)} \times 1000 / N. \text{ giri mandrino}$$

L'avanzamento e la velocità di taglio sono determinanti per una foratura di qualità in quanto il calore prodotto durante la foratura è un fattore decisivo per un buon risultato.

Consigliato un avanzamento in metri/minuto pari al 6 - 9 % del diametro dell'utensile.

Espresso in micron / giro rende il valore di chip load.

VELOCITÀ' DI TAGLIO - è il percorso coperto da un angolo di taglio nella unità di tempo (metri/minuto). (preferibile in ogni caso minore o eguale 200 metri / min)

$$\text{Cutting speed } CS = \text{RPM} * \text{Pi} * \text{Dia} / 1000$$

Una velocità di taglio bassa significa una riduzione dello sfregamento della punta nel materiale e di conseguenza una riduzione del calore prodotto.

Un metodo rapido per verificare se la velocità di taglio è corretta consiste nel controllare lo stato di usura dell'angolo di taglio dopo l'uso.

Un arrotondamento eccessivo dello spigolo significa una velocità troppo alta.

VELOCITÀ' MANDRINO (N. giri)

_ velocità di taglio (metri/min) *1000 / diametro punta (mm) *3,141

VELOCITÀ' ENTRATA (mm/min)

_ n. giri * chip load (mm /rev) / 1000

Le Punte

Durante la fase di foratura all'interno di un foro si sviluppano temperature che possono raggiungere i 250° - 350° C, le punte lavorano così in condizioni notevolmente difficili dovendo tagliare e allo stesso tempo espellere i residui della lavorazione del materiale in cui sono racchiuse.



I circuiti stampati sono formati da un materiale composito formato, nella maggior parte dei casi, da fibre di vetro, resina e rame, il tutto con spessori variabili.

Da un punto di vista meccanico le fibre di vetro sono dure e hanno potere abrasivo, ma essendo molto fragili in natura formano un truciolo omogeneo che produce una bassa resistenza al taglio e quindi sviluppa una bassa temperatura all'interno del foro.

Il rame, al contrario, forma un truciolo lungo che, scorrendo lungo la parete interna dell'elica per fuoriuscire, sviluppa una temperatura elevata logorando così l'utensile.

Per questo motivo si rende necessario l'utilizzo di punte in metallo duro.

L'elemento principale che compone la lega con cui sono costruite le punte per circuiti stampati è il Carburo di Tungsteno 94% legato con Cobalto 5,5% e altri minerali come il Titanio e il Tantalio.

Wolframio (Tungsteno) Elemento metallico di simbolo W e numero atomico 74; è l'elemento con il più alto punto di fusione.

E' insolubile in acqua e in alcool, leggermente solubile in ammoniaca e acido nitrico, e si scioglie perfettamente in idrossido di potassio concentrato a caldo. Fonde a 3410°C, bolle a circa 5927 °C, ha densità relativa 19,05 e peso atomico 183,85.

Per queste caratteristiche, il Tungsteno viene utilizzato per la produzione di leghe durissime.

Cobalto Elemento metallico di simbolo Co e numero atomico 27.

A temperatura ambiente è un metallo poco resistente, che presenta scarsa duttilità, ma quest'ultima aumenta alle alte temperature. Fonde a 1495 °C, bolle a 2870 °C, ha densità relativa 8,9 e peso atomico 58,933.

La più importante applicazione del cobalto è nella fabbricazione di leghe particolarmente resistenti al calore, note come superleghe.

Processo di fabbricazione del Carburo di Tungsteno

Questo tipo di processo, conosciuto come **Metallurgia delle polveri**, è la tecnologia per la fabbricazione di oggetti vari mediante sinterizzazione, cioè compressione e riscaldamento ad alta temperatura di materiali metallici in polvere.

La polvere viene pressata, solitamente a freddo, fino ad ottenere un blocco poroso compatto ma non friabile successivamente il blocco viene riscaldato ad una temperatura elevata, prossima al punto di fusione, in modo tale che si vengano a formare fra le particelle metalliche stretti legami.

Dopo la separazione del metallo, tungsteno, dal materiale roccioso grezzo (ganga) con cui l'elemento è combinato si passa alla fase di raffinazione che rende il metallo puro o quasi puro e dopo essere stato miscelato con il carbonio passa alla Carbonizzazione, accumulo di un'alta percentuale di carbonio.

Il minerale dopo il processo di carbonizzazione viene polverizzato (nella maggior parte dei casi le polveri vengono ottenute facendo collidere il flusso di metallo fuso con un sottile getto di acqua o gas) e a questo punto miscelato con cobalto, titanio e tantalio.

La miscela di polveri così ottenuta è ora pronta per le ultime fasi della lavorazione.

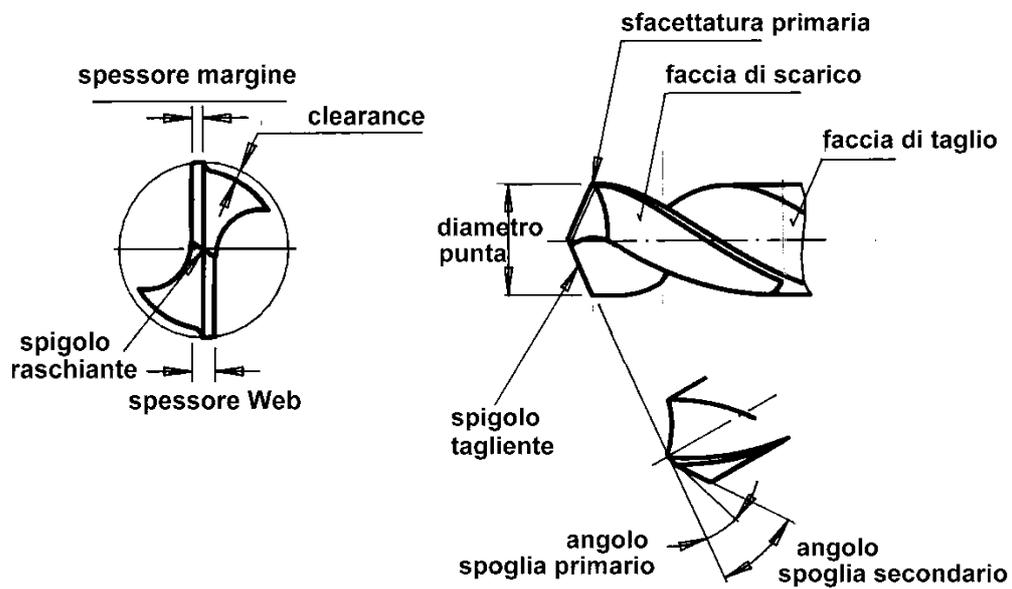
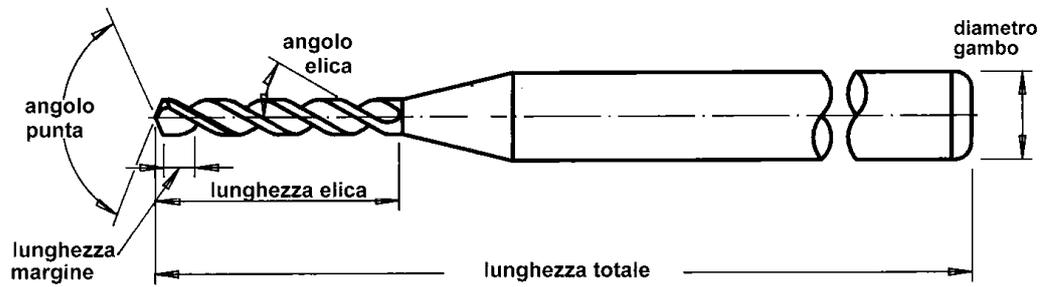
Estrusione: Processo di lavorazione a caldo nel quale i materiali vengono forzati attraverso una matrice per produrre barre, profilati, fili a sezione costante.

Il metallo reso plastico dal riscaldamento viene introdotto in un cilindro d'acciaio il cui fondo è costituito da una matrice. Uno stantuffo che scorre nel cilindro esercita sul materiale una pressione sufficiente a farlo passare attraverso la matrice facendogli assumere il profilo voluto.

Sinterizzazione: Compressione e riscaldamento ad alta temperatura di materiali metallici in polvere.

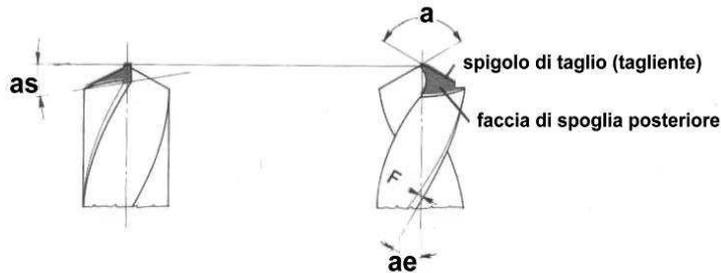
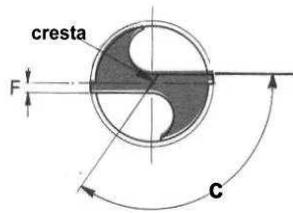
Segmentazione: Taglio del prodotto alla lunghezza richiesta.

La punta e le sue parti.



Angolo della punta	< 3.175 mm. 130°	>= 3.2 mm. 165°
Angolo spoglia primario	< 3.175 mm. 30°	>= 3.2 mm. 10°
Angolo spoglia secondario	30°	
Tolleranza sul diametro	da - 0.008 a - 0.015 mm.	
Spessore Web	10 – 15 % del diametro punta	
Rugosità	da 4 a 6 micron	

a = angolo taglienti
ae = angolo elica
as = angolo spoglia dorsale
c = angolo cresta
F = fascetta



Angolo della punta

L'angolo della punta ha molta importanza per una corretta espulsione dei trucioli.

Mantenendo costante la velocità d'entrata "Speed", con un angolo della punta piccolo si avrà una diminuzione della forza di taglio ma un aumento della torsione, viceversa con un angolo della punta grande si avrà un aumento della forza di taglio ed una diminuzione della torsione.

Lo spessore delle bave aumenta con il diminuire dell'angolo della punta.

Mantenendo costante l'angolo della punta lo spessore delle bave aumenta con l'aumento del diametro della punta.

Angolo dell'elica

Come per l'angolo della punta anche quello dell'elica riveste notevole importanza per una corretta espulsione del truciolo.

L'angolo dell'elica per piccoli diametri $< 0.5\text{mm}$ normalmente è di 30° mentre per micro foratura, cioè $< 0.3\text{mm}$, varia da 24° a 28° .

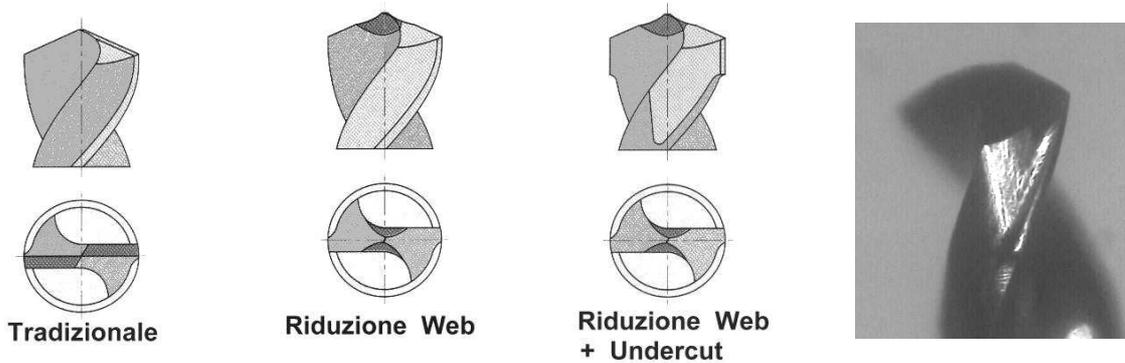
Un angolo dell'elica grande migliora la fuoriuscita del truciolo, ma rende più lungo il percorso che questo deve fare.

Qualora vengano a combinarsi un angolo dell'elica grande e una non perfetta aspirazione sul mandrino il truciolo, dovendo rimanere più a lungo all'interno del foro, può rovinarne le pareti causando rugosità e vuoti.

Con un angolo dell'elica grande il tagliente diventa più aggressivo aumentando la qualità del taglio e facendo diminuire la forza di taglio per contro diminuisce la rigidità della punta favorendone la flessione che è causa di cattivo posizionamento dei fori e eccessiva abrasione della punta.

Punte a nuova geometria

Per ridurre la parte non tagliente della punta (web o cresta) e migliorarne le prestazioni quali migliore posizionamento dei fori e riduzione di smear e testa di chiodo sono state introdotte nuove geometrie.



Lo spessore del Web negli ultimi anni ha subito una riduzione sempre crescente. Questa riduzione riveste una notevole importanza in quanto il centro della punta non è utile al taglio, ma alla punzonatura del materiale da forare. Pertanto la riduzione di questa parte della punta facendo aumentare il volume del flute aumenta la capacità di scaricare il truciolo e i residui della foratura. Una caratteristica molto importante delle punte undercut è la riduzione della superficie della punta a contatto con la parete del foro.

Questo sistema fa sì che diminuisca il frizionamento dell'utensile contro le pareti del foro diminuendo di conseguenza il calore prodotto che è causa di smearing.

L'attrito prodotto dalla punta in fase di foratura genera calore che provocando l'usura degli utensili ne aumenta l'attrito e di conseguenza il calore generato.

Il surriscaldamento è causa di fusione della resina che nel caso dei multistrati, in corrispondenza del rame interno, provoca problemi di metallizzazione.(smear)

La causa principale rimangono comunque i parametri non corretti.

La velocità di taglio periferica corrisponde alla distanza che un punto periferico della punta percorre nell'unità di tempo.(metri per minuto)

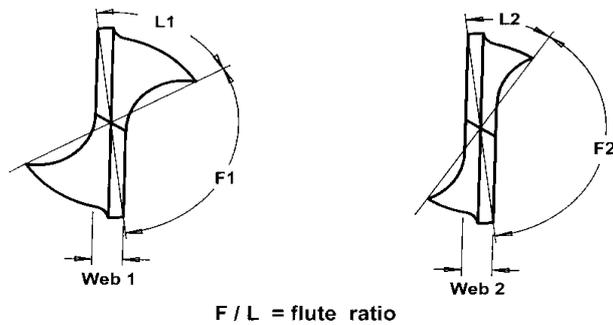
La velocità di rotazione del mandrino varia in funzione alla velocità periferica di taglio con la relazione:

$$\text{giri/minuto (Rpm)} = (\text{vel. taglio} * 1000) / \text{Dia} * \text{Pi greco}$$

Al crescere della velocità di taglio si ha un aumento della rotazione del mandrino, quindi un aumento dell'attrito che genererà un maggiore calore e di conseguenza una maggiore usura della punta.

Spessore del nocciolo (web) e rapporto flute / land

Lo spessore del nocciolo e il rapporto flute / land hanno grande importanza nella geometria delle punte infatti influenzano la rigidità delle punte ed anche la facilità nello scarico dei trucioli.



Ad un grande spessore del web corrisponde un piccolo valore di flute / land che rende la punta più rigida, ma nello stesso tempo riducendo l'area a disposizione per lo scarico dei trucioli li costringe ad un eccessivo sfregamento contro le parti del foro peggiorandone così la qualità.



Lo spessore del nocciolo aumenta dalla punta verso il codolo, pertanto è sconsigliato un alto numero di affilature in quanto porterebbe ad un continuo aumento del nocciolo con conseguenze negative sulla qualità della foratura.

Spessore margine "Clearance"

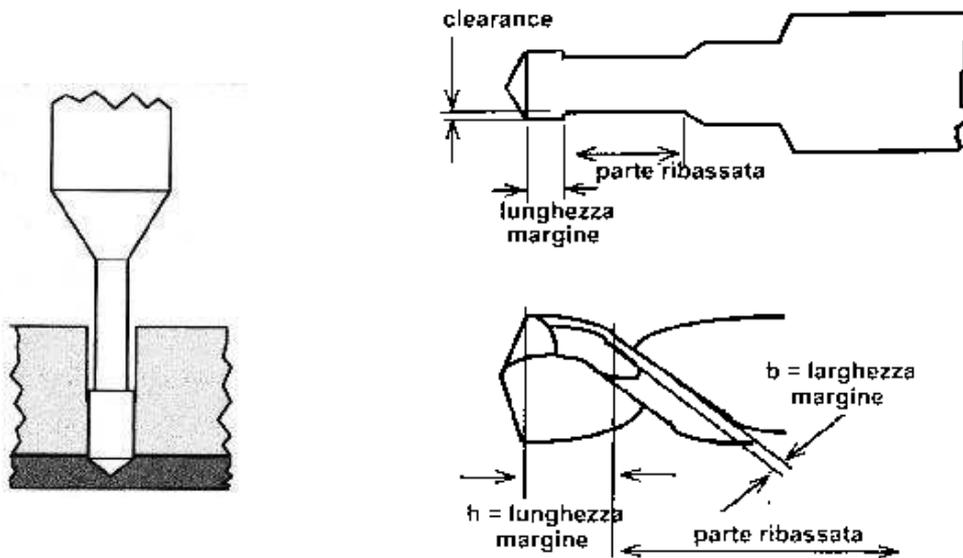
Si definisce margine il profilo tagliente dell'elica della punta.

Si definisce clearance quella porzione di utensile arretrata rispetto al margine.

Se la lunghezza del margine é molto alta il suo contatto con la parete del foro produrrà calore e di conseguenza smear, spalmatura di resina fusa sul rame interno.

Se la sua lunghezza é molto bassa sarà soggetto ad una abrasione molto elevata.

Una lunghezza del margine corta riduce di conseguenza il numero delle possibili riaffilature (- 0,1 / - 0,15 mm)



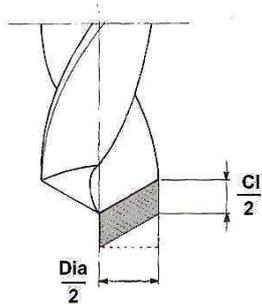
area utensile a contatto della parete del foro:

$$2 \times h \times b = \text{millimetri}$$

Sezione del truciolo

Ogni mezzo giro che il tagliente compie asporta un truciolo con sezione uguale a un parallelogramma avente i lati uguali a $Cl / 2$ (millimetri / giro) e $Dia / 2$ (millimetri), pertanto la sezione per ogni tagliente è pari a:

$$St = Cl / 2 * Dia / 2 = (Cl * Dia) / 4 \text{ mm}^2$$



Potenza assorbita da un tagliente

Per poter praticare un foro si ha bisogno che il mandrino eserciti una spinta verso il basso, necessaria per far avanzare la punta nel materiale, e un momento torcente per tagliare il truciolo.

Potenza di taglio: è il lavoro compiuto dai due taglienti per produrre la loro sezione di truciolo.

Questa forza che è distribuita su tutta la superficie del tagliente può essere rappresentata con F_1 (Newton) al centro del tagliente e quindi ad una distanza dall'asse dell'utensile pari a $Dia/4$.

Assumendo come V_p la velocità periferica della punta e V_o la velocità sull'asse, la velocità media del tagliente sarà:

$$V_m = (V_p - V_o) / 2$$

Se consideriamo che sull'asse della punta la velocità è pari a 0 (zero) la velocità media sarà:

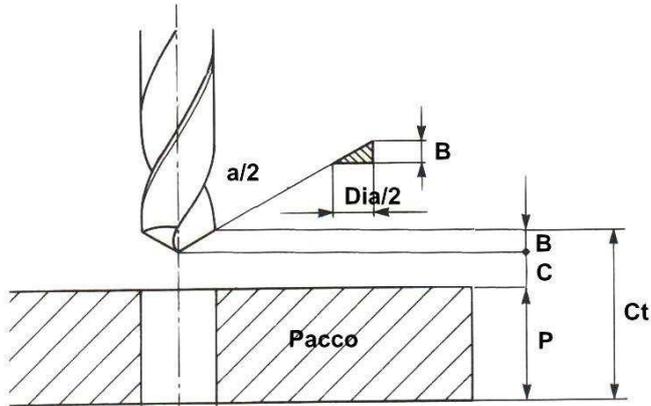
$$V_m = V_p / 2 \text{ (metri/min)} \quad (V_p = Dia * P_{greco} * \text{giri mandrino})$$

La potenza che un tagliente assorbirà sarà quindi uguale a:

$$P = (F_1 * V_m) / (60 * 1000) \text{ (KW)}$$

Tempo di foratura

Dal disegno sottostante si evidenzia che la corsa che la punta deve fare per praticare un foro è pari a: $C_t = B + C + P$



$$B = (Dia / 2) / (\tan a / 2)$$

Il tempo di foratura sarà quindi uguale a:

$$T = C_t \text{ (mm)} / \text{Velocità entrata (mm/min)}$$

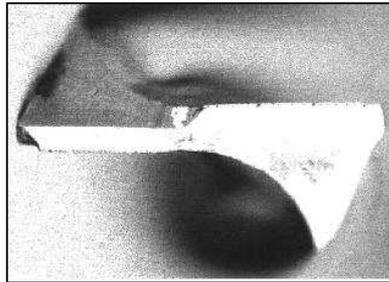
Maneggio

Il carburo di tungsteno, materia prima delle punte di foratura per circuiti stampati, è uno dei più duri e resistenti materiali nel mondo industriale. Il suo alto grado di durezza che lo rende però anche molto fragile, lo possiamo paragonare al vetro, ciò è determinato da due importanti fattori, il primo, le percentuali con cui sono miscelati il carburo di tungsteno e il cobalto, il secondo, la dimensione della grana.

Anche la pulizia delle punte (lavaggio) dopo riaffilatura è a volte pericolosa in quanto il carburo di tungsteno può essere rotto/consumato dalla azione chimica dei prodotti usati per il lavaggio.

Le punte, in quanto costruite in metallo duro, sono molto delicate e bisogna quindi prestare molta attenzione al loro maneggio.

Quando si misura il diametro delle punte utilizzando un micrometro meccanico c'è il rischio, con un uso improprio, di scheggiare lo spigolo del tagliente o la fascetta.

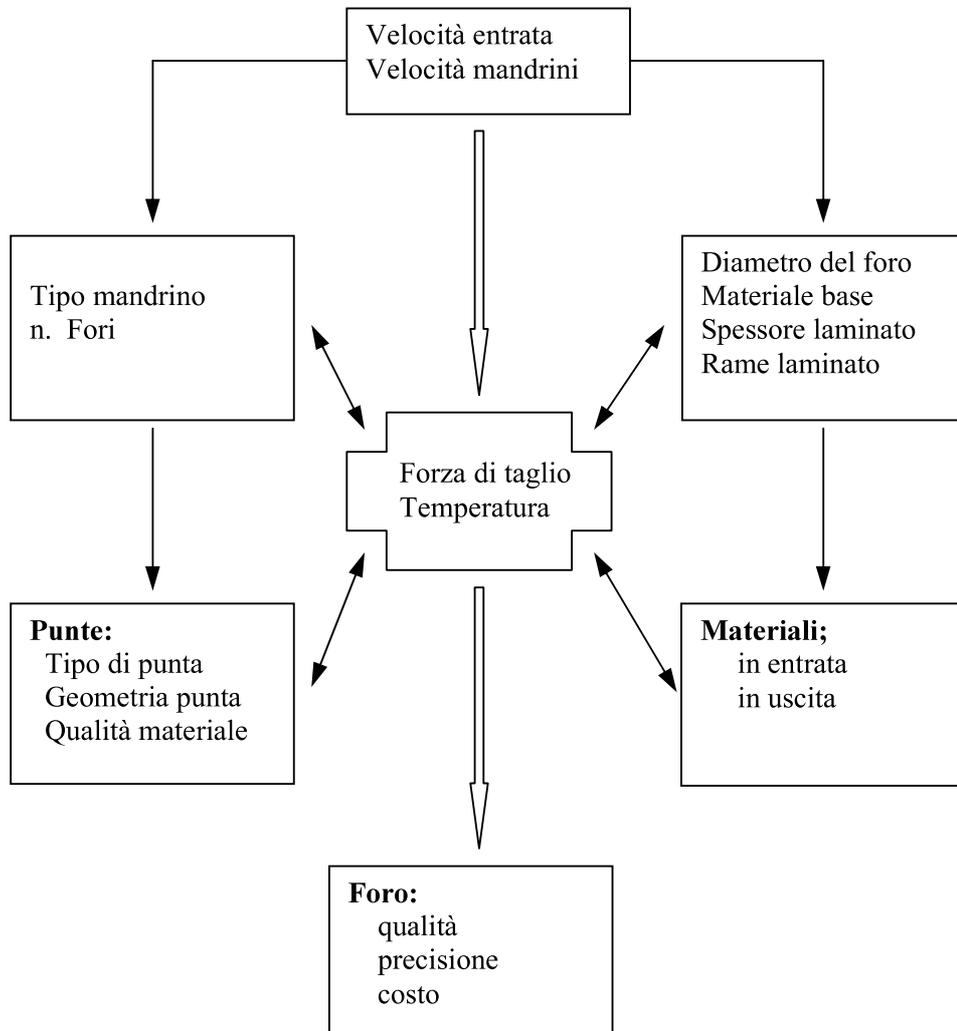


Prima e dopo il loro uso le punte vanno sempre riposte in modo corretto negli appositi contenitori e maneggiate sempre singolarmente.

Non si dovranno mai riporre le punte in modo disordinato nei contenitori per il loro trasporto né si dovranno prendere nel palmo della mano durante le operazioni di preparazione delle macchine.

Si deve evitare assolutamente la possibilità che possano urtare altri oggetti metallici poiché le eventuali scheggiature del tagliente o del suo spigolo riducono le sue prestazioni aumentando la possibilità di una foratura non conforme.

Connessione tra i parametri da considerare per una buona foratura



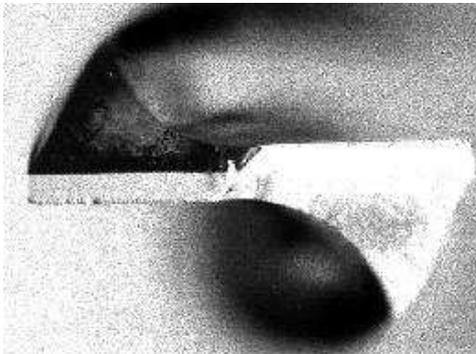
Valutazione dell'usura punta

Uno dei metodi per valutare la qualità e la produttività in fase di foratura è l'usura delle punte. Ci sono due modi per misurare l'usura punta.

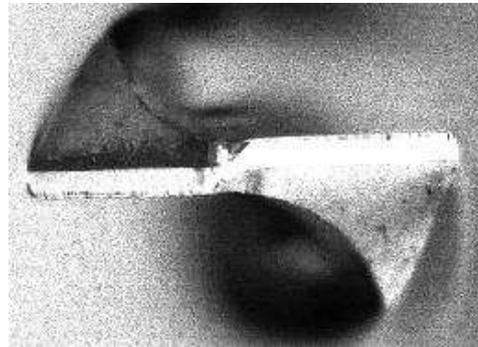
- Misurare l'usura del diametro esterno
- Misurare l'usura dell'angolo del tagliente.

Diametro 1,15mm.

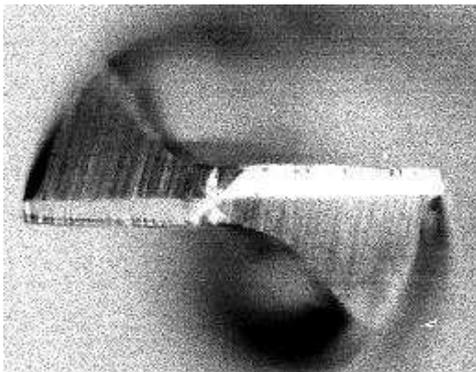
Usura del tagliente dopo 1500 battute



Usura del tagliente dopo 3000 battute



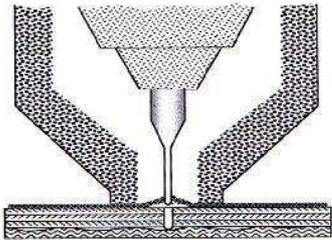
Usura del tagliente dopo 4500 battute



Materiale in entrata

Il materiale in entrata deve essere sufficientemente rigido così da non flettersi in seguito all'entrata e uscita della punta dal pannello ciò per evitare che residui di materiale tagliato vadano a depositarsi sotto la sua superficie in quanto sarebbero causa di rotture dell'utensile e favorirebbero l'insorgere di bave all'entrata del pannello.

Per eliminare questo inconveniente molti costruttori di macchine per foratura utilizzano un sistema di premezzo intercambiabili a secondo del diametro della punta. Infatti più piccola è l'apertura del premezzo meno facilmente l'alluminio potrà flettersi.

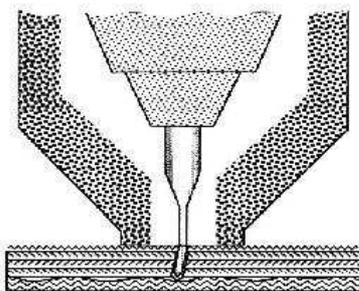


Il materiale in entrata serve principalmente a :

- proteggere la superficie del pannello
- ridurre la deviazione punta
- ridurre la formazione di bave all'entrata del pannello
- ripulire l'elica dell'utensile dai residui di foratura

I migliori risultati qualità/prezzo si ottengono con l'alluminio che favorisce altresì il raffreddamento della punta. Per diametri standard superiori a 0.35 mm il suo spessore può variare da 0.25 a 0.30 mm. Per microforatura il suo spessore dovrà essere preferibilmente attorno a 0.20 mm anche se a volte è preferibile non utilizzare alcun tipo di materiale in entrata.

Un materiale in entrata di spessore 0.30 mm anziché 0.20 mm offre una maggiore qualità del foro in quanto le vibrazione del mandrino e della punta vengono assorbite dallo spessore dell'alluminio ed inoltre guida maggiormente la punta evitandone la flessione.



Uno spessore però eccessivamente alto sommato al fatto che l'alluminio, considerato puro al 100%, contiene una piccola percentuale di silicio che si lo rende più duro e quindi più idoneo a ridurre le bave in entrata, ma allo stesso tempo lo rende più abrasivo nei riguardi degli utensili, rende preferibile l'utilizzo di bilaminati di carta di vario spessore con all'esterno alluminio con spessore di circa 0.05 mm.

Materiale in uscita

Il materiale in uscita serve principalmente a .

- Proteggere la tavola della macchina di foratura
- Ridurre il formarsi di bave all'uscita del pannello

Un materiale inadatto può praticare fori sporchi e creare smear e delaminazioni.

E' molto importante che abbia una superficie liscia e regolare per far si che il pannello vi aderisca perfettamente. Una superficie dura è necessaria per ridurre il rischio di bave in uscita.

Vengono usati con buoni risultati qualità/prezzo materiali derivati dal legno. Per fori di piccolo diametro sono però preferibili materiali ricoperti (bilaminati e/o melaminici).

Il fondello dovrà essere inoltre privo di colle a bassa temperatura che sono causa di smear.

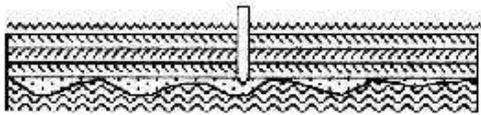
Se il materiale in uscita non è sufficientemente duro viene improntato dalla pressione dell'utensile e il materiale forato spinto attraverso il sottile spessore del rame formerà la bava.

Offrono una larga e dura superficie di contatto i bilaminati di alluminio e melaminici.

Il rivestimento in melaminico è molto duro e per questo motivo, pur essendo eccellente per la soppressione delle bave, provoca una considerevole usura delle punte. Con il bilaminato di alluminio può però succedere che il truciolo di alluminio rimanga all'interno del foro.

Qualsiasi tipo di rivestimento deve comunque resistere alle temperature di foratura che raggiungono i 300 – 350 °C.

Anche una superficie dura non è in grado di sopprimere le bave se la sua superficie non è regolare, infatti in presenza di imperfezioni il pannello viene spinto verso il fondo e quando viene rilasciato il materiale tagliato va a finire tra il pannello e il fondello aumentando ulteriormente il distacco tra circuito e fondello e aumentando lo spessore delle bave.



Se il materiale in uscita non è in grado di pulire il tagliente dell'utensile a causa della sua superficie poco resistente o se lui stesso è causa di impurità si viene a creare un enorme aumento della temperatura che difficilmente viene asportata a causa della bassa conduttività del materiale degli utensili (carburo di tungsteno).

Difetti dei circuiti multistrati comunemente attribuiti al processo di foratura.

PINK RING

Si dice pink ring una delaminazione del legame tra il materiale e la superficie ossidata del rame dello strato interno.

Questo difetto appare normalmente attorno ai fori forati ma può anche presentarsi in altre zone lontane da questi. Questo succede quando in fase di metallizzazione l'acido attacca l'ossido nero attraverso micro-delaminazioni.

Il pink ring molto raramente è un difetto imputabile alla foratura anche se normalmente esso viene attribuito a questa operazione.

cause:

1. - Insufficiente legame tra l'ossido nero e il materiale di base.
2. - Il trattamento dell'ossido nero può essere stato influenzato da un calo del processo chimico del nero.

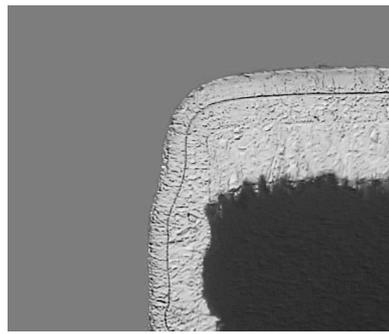
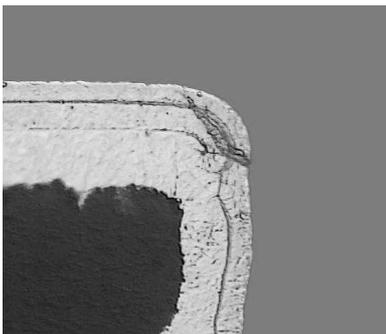
DELAMINAZIONE RAME

cause:

- 1.- Eccessivo calore generato durante il processo di foratura
- 2.- Numero colpi per punta. L'utilizzo di punte con parametri non corretti porta ad un veloce deterioramento delle stesse causando un eccessivo aumento del calore (un numero di giri eccessivamente alto e una velocità di entrata bassa potranno spingere le piazzole verso il basso e tirarle verso l'alto in uscita.)
- 3.- Punta scheggiata o mal riaffilata

BAVE

Distorsione del rame esterno. Le bave possono presentarsi sia in entrata che in uscita del pannello.



Bave in entrata cause:

- 1.- Mancanza del materiale in entrata. (con valori di chip load superiore a 0.04 mm. È preferibile utilizzare sempre "alluminio")
- 2.- Materiale in entrata troppo sottile in relazione ai parametri utilizzati.
- 3.- Residui interposti tra il materiale in entrata e il pannello.
- 4.- La dimensione della apertura del premezzo è troppo larga in relazione al diametro.
- 5.- Materiale in entrata troppo tenero.

Bave in uscita cause

- 1.- Residui intrappolati tra l'ultimo pannello e il materiale in uscita o tra i vari pannelli del pacco.
- 2.- Materiale in uscita troppo tenero.
- 3.- Truciolo impastato sul flute della punta.

Bave in entrata cause:

- 1.- Mancanza del materiale in entrata. (con valori di chip load superiore a 0.04 mm. È preferibile utilizzare sempre "alluminio")
- 2.- Materiale in entrata troppo sottile in relazione ai parametri utilizzati.
- 3.- Residui interposti tra il materiale in entrata e il pannello.
- 4.- La dimensione della apertura del premepezzo è troppo larga in relazione al diametro.
- 5.- Materiale in entrata troppo tenero.

DISALLINEAMENTO

Mis-registration è un fuori allineamento di uno o più strati rispetto agli altri o rispetto alla foratura.

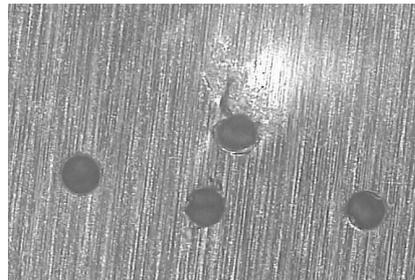
cause:

- 1.- Attrezzature fotografiche errate.
- 2.- Deformazioni del materiale durante la laminazione o l'incisione.
- 3.- Errato off-set della macchina di foratura.
- 4.- Il mandrino ha un valore di ran-out eccessivamente alto.
- 5.- Deviazione della punta in entrata o nel pacco da forare.

DEVIAZIONE PUNTA

La deviazione punta è influenzata dall'aspetto liscio e regolare della superficie del materiale in entrata, dalla geometria della punta, dalle vibrazioni del mandrino, dalla macchina, dal pacco, dai parametri e dalle condizioni del tagliente.

Una superficie dell'alluminio in queste condizioni è sicuramente causa di deviazione punta.



WEDGE VOIDS

Simile al pink ring ma a forma di cuneo, è un'aggressione del laminato alla base del rame interno alla giunzione con la parete metallizzata del foro.

cause:

- 1.- trattamento dell'ossido nero
 - a. inadeguata copertura dell'ossido nero.
 - b. lavaggi inadeguati
 - c. maneggio dei pannelli non corretto
 - d. contaminazione superficiale del pannello

2.- laminazione

- a. temperatura eccessiva del forno prima della laminazione
- b. contaminazione nella zona di preparazione pacchi
- c. pre-preg scaduto
- d. parametri pressa, temperatura e/o pressione, non corrette.
- e. eccessiva temperatura del forno dopo pressatura

3.- foratura

- a. parametri errati
- b. materiale in entrata/uscita errato
- c. numero eccessivo di colpi per punta
- d. pacco troppo alto

4.- premetallizzazione dei fori

- a. tempo di permanenza nel desmear troppo alto (permanganato)
- b. desmear troppo aggressivo
- c. lavaggi inadeguati

FIBRE STRAPPATE

Questo fenomeno si nota in particolare quando la punta perfettamente riaffilata o nuova incontra le fibre poste a 45° rispetto alla sua direzione di taglio, questo inconveniente diminuisce con l'usura del tagliente, ma di conseguenza si avrà un aumento dello smear.

SMEAR

Durante la foratura si usurano sia il tagliente sia la fascetta. In fase di riaffilatura si ripristina solo la condizione del tagliente mentre l'usura della fascetta aumenta di uso in uso con conseguente aumento delle temperature nel foro che favoriscono l'insorgenza di smear e testa di chiodo.

Si dice smear la resina depositata sulla parete del rame interno in fase di foratura.

Vi sono due possibili tipi di smear, uno dovuto a sollecitazioni meccaniche, che si presenta come un leggero strato di resina con il colore della resina prima della lavorazione, l'altro dovuto al calore con colorazione chiara.

L'uso di fondelli con resine (colle) fenoliche o a bassa temperatura aumentano il rischio di smear. La resina si deposita sul profilo del tagliente riducendo così la sua facoltà di taglio con conseguente aumento della sua temperatura, diminuzione della vita dell'utensile e suo utilizzo. Con l'utilizzo dell'alluminio che ha una sufficiente stabilità alla temperatura si può prevenire il formarsi di smear. Malgrado la minima superficie di contatto e il tempo brevissimo la sua buona conduttività termica aiuta a raffreddare la punta.

cause:

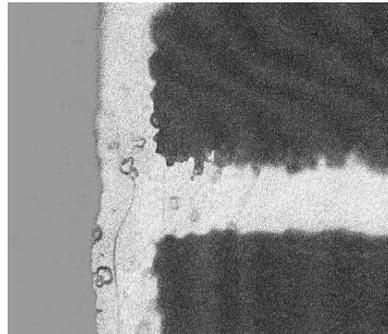
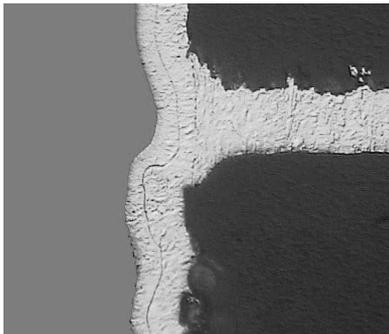
- a - eccessiva velocità del mandrino
- b - eccessiva velocità di entrata dell'utensile nel materiale
- c - eccessiva profondità di entrata nel materiale in uscita
- d - punta fragile, scheggiata o eccessivamente usurata
- e - materiale difettoso
- f - processo di desmear non adeguato

TESTA DI CHIODO

Distorsione del rame dello strato interno in prossimità della parete del foro.

Il difetto si può presentare in due direzioni, la prima per il rame spinto verso il basso durante l'entrata dell'utensile e la seconda per il rame trascinato verso l'alto durante la risalita della punta.

Come per lo smear le cause possono essere di tipo meccanico o termico.



La testa di chiodo può essere considerata come bava interna al foro.

Questa condizione è il risultato di un aumento del calore con laminati non perfettamente polimerizzati, utilizzo di materiale non idoneo in entrata e/o in uscita.

Se una punta non viene correttamente pulita in entrata essa può essere causa di testa di chiodo .

Questo difetto non è comune a tutti i fori ed è quindi di difficile soluzione.

Distorsione del rame dello strato interno in prossimità della parete del foro.

Il difetto si può presentare in due direzioni, la prima per il rame spinto verso il basso durante l'entrata dell'utensile e la seconda per il rame trascinato verso l'alto durante la risalita della punta.

Come per lo smear le cause possono essere di tipo meccanico o termico.

cause:

- a - parametri
- b - pressione premipezzo bassa
- c - punta mal riaffilata
- d - materiale in entrata / uscita
- e - elevata dilatazione del rame
- f - punta impastata

Determinare, prima di tutto, il tipo di testa di chiodo se unidirezionale o bidirezionale.

Se unidirezionale ridurre la velocità di entrata o aumentare il numero di giri del mandrino, se bidirezionale ridurre il numero di giri o aumentare la velocità di entrata.

Con diametri piccoli è preferibile ridurre la velocità di uscita.

Controllare sempre se la punta è impastata, questo può essere causato da alluminio morbido, dalla geometria del flute o dal materiale.

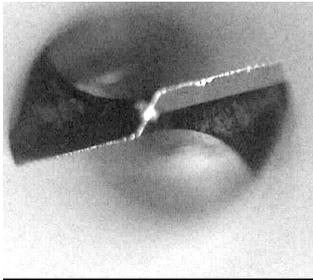
RUGOSITA'

Lo standard comunemente accettato di rugosità delle pareti del foro è 20-30 micron su 180°.

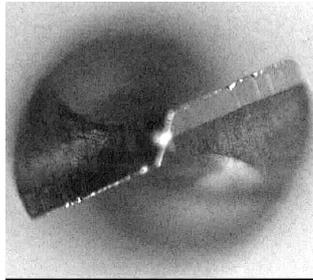
Prove parametri

Diametro 1,25mm

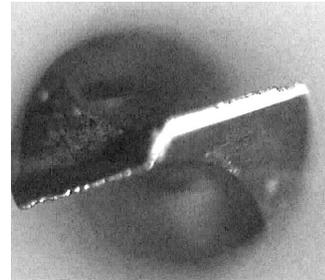
	giri	entr	c.l.	c.s.	bava (micron)		t.d.c. (%)	
P. 1	43	4,1	0,095	169	2,8	11,2	104	164
P. 2	35	3,6	0,103	137	5,6	18,4	118	182
P. 3	35	4,1	0,117	137	6	20	134	206



S. = 43 Rpm
F. = 4.1 m/min
R. = 25 m/min



S. = 35 Rpm
F. = 3.6 m/min
R. = 25 m/min



S. = 35 Rpm
F. = 4.1 m/min
R. = 25 m/min

Prove deviazione punta

Dalle prove effettuate si è constatato che la deviazione punta è maggiormente influenzata dallo spessore del pacco da forare, mentre la riaffilatura, se ben eseguita, ha poca influenza.

