

## Fresatura di spianatura - Appunti su forze e sviluppo calore

L'operazione di spianatura con frese ad inserti è suscettibile di alcune considerazioni che riguardano la direzione delle forze e lo sviluppo di calore in funzione degli angoli di taglio e degli angoli di attacco.

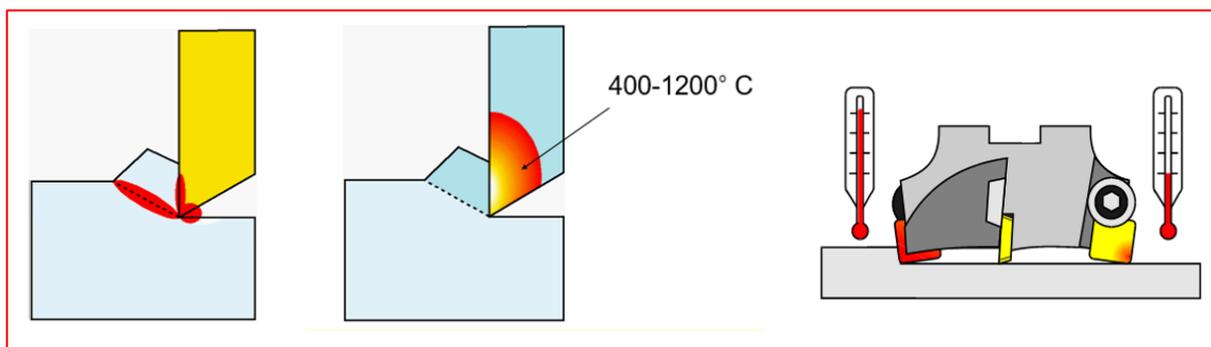
---

La fresatura di spianatura è una delle operazioni più diffuse nelle lavorazioni meccaniche. Oggi la quasi totalità delle frese è ad inserti staffati meccanicamente, soluzione questa che permette una maggiore flessibilità nella scelta del materiale tagliente, delle ricoperture e del tipo di rompitrucolo ed inoltre elimina la necessità della riaffilatura che a volte richiede macchine specifiche.

Raramente ci si rende conto che la posizione della fresa rispetto al pezzo può influenzare in maniera pesante il rendimento della fresa stessa e la qualità della superficie lavorata.

I fattori che limitano la vita dei taglienti sono essenzialmente l'usura e le scheggiature.

L'usura dipende da moltissimi fattori ma un ruolo non secondario è la temperatura raggiunta nel punto di contatto tra pezzo, truciolo e tagliente.



**Figura N°1-** Calore sviluppato nella fresatura

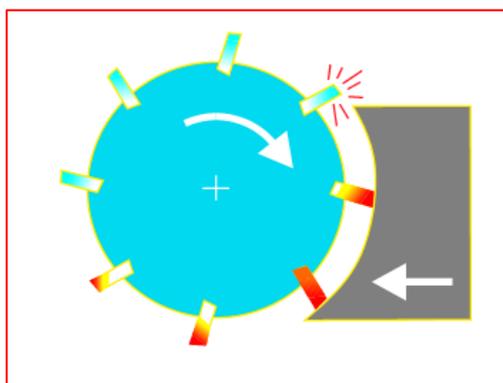
In primo luogo si può osservare, nella figura N°1, che le temperature possono raggiungere valori molto elevati che, in presenza di materiali taglienti e ricoprimenti non adeguati, riducono in modo drastico la durata dei taglienti.

Il calore sviluppato durante l'asportazione del truciolo viene dissipato per 80% con i trucioli, per il 10% attraverso il pezzo in lavorazione e per il 10% attraverso l'inserto.

Le temperature elevate raggiunte nell'area immediatamente vicina al tagliente calano rapidamente quando il tagliente non è impegnato, e questo comporta un susseguirsi di riscaldamenti e raffreddamenti che danneggiano il materiale del tagliente.

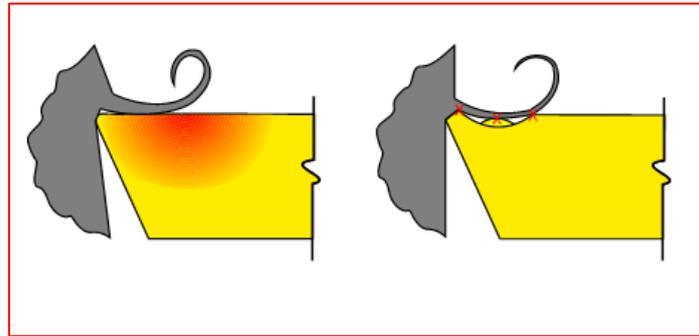
A questi continui shock termici si aggiungono gli urti che il tagliente deve assorbire ogni volta che viene in contatto con il pezzo.

La figura N°2 rende bene i concetti appena esposti.



**Figura N°2-** Shock meccanici e termici subiti dall'inserto

Poiché la quantità di calore che viene trasmesso dal truciolo al tagliente dipende tra le altre cose dall'area della superficie con cui avviene il contatto, si provvede a ridurre l'entità di questa superficie con degli opportuni rompitrucioli, come indicato in figura N°3.

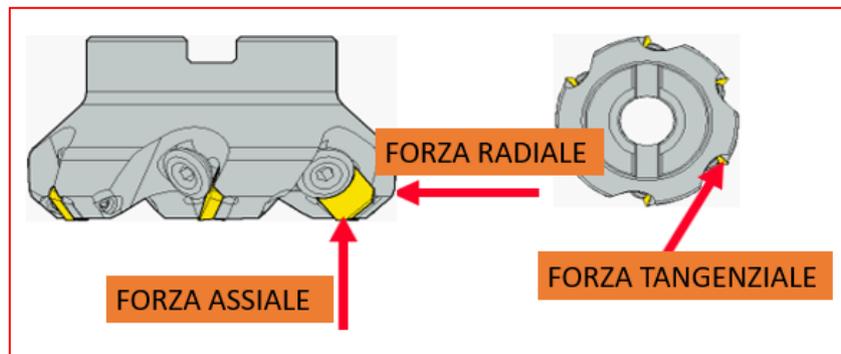


**Figura N°3-** Riduzione dell'area di contatto tra truciolo e tagliente attraverso i rompitrucioli

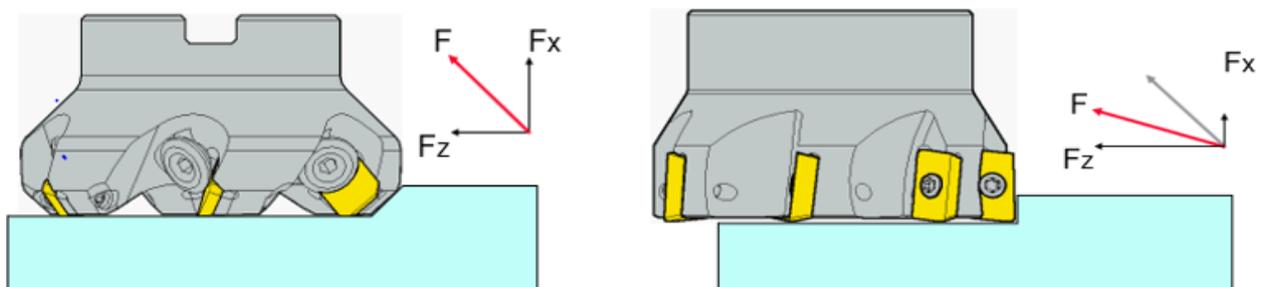
Naturalmente la quantità di calore dipende dalle forze in gioco che a loro volta dipendono dalle condizioni di lavoro, dalla conformazione e materiale del pezzo lavorato, dalla geometria della fresa e da altre cause di minore importanza.

A sua volta la forza di taglio influenza la potenza richiesta, incide sulle vibrazioni e di conseguenza sulla durata dell'utensile.

Si possono distinguere tre componenti della forza totale: forza assiale, forza radiale e forza tangenziale, le quali sostanzialmente dipendono in valore e direzione dagli angoli di spoglia e dell'angolo di attacco



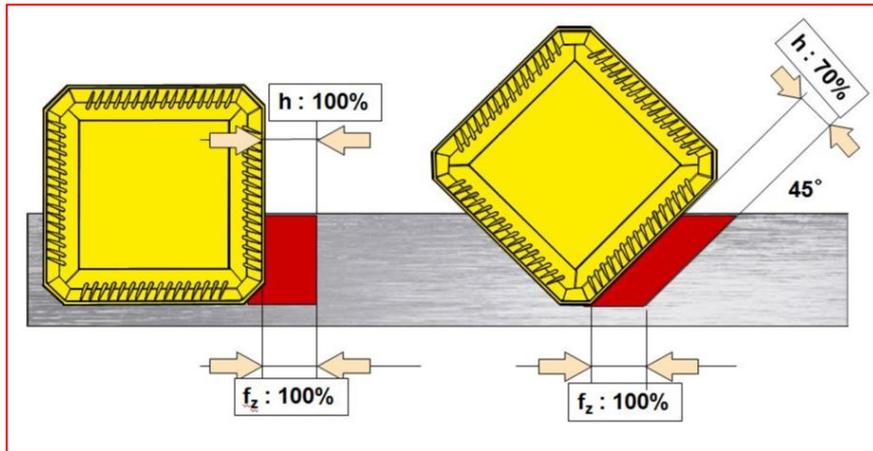
**Figura N°4-** Forze principali nell'operazione di fresatura



**Figura N°5-** Influenza dell'angolo di attacco sulla scomposizione delle forze

Con un angolo di attacco di 45° si riduce la componente radiale  $F_z$  ed aumenta la componente assiale  $F_x$ , mentre se l'angolo di attacco è 0° la componente assiale si riduce di molto a scapito della componente radiale. Bisogna notare che con un angolo di attacco

di 45° lo spessore del truciolo, a parità di avanzamento, si riduce, come risulta evidente dalla figura N°6.

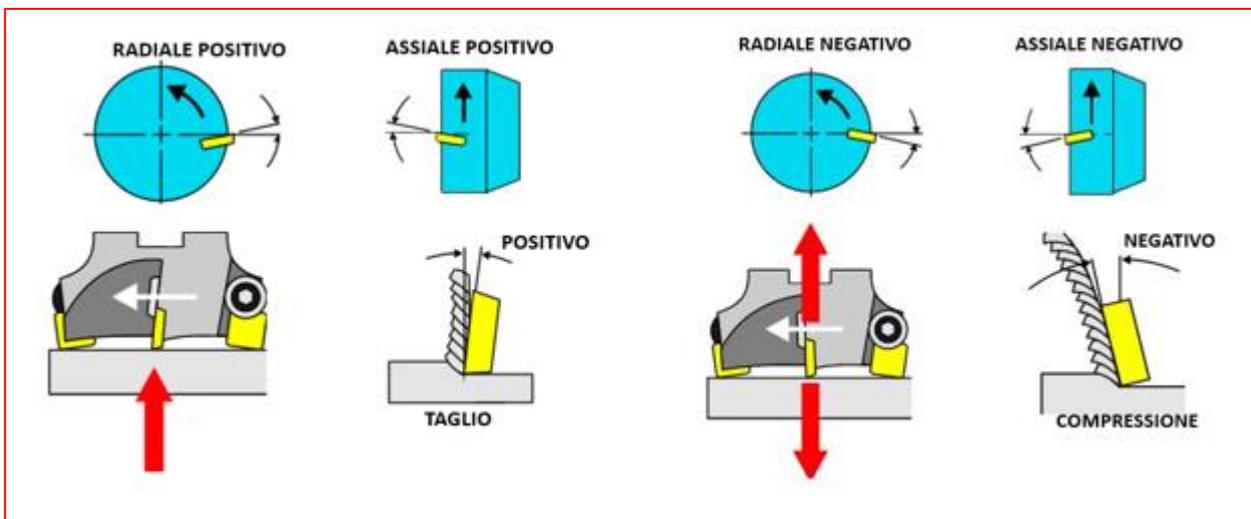


**Figura N°6-** Riduzione dello spessore del truciolo con angolo di attacco di 45°

Ma come si è detto le forze non dipendono solo dall'angolo di attacco, anzi una buona parte dello sforzo totale è determinato dagli angoli di taglio radiale ed assiale.

Se essi sono positivi si ha una rimozione più dolce del truciolo con una minore forza assiale, mentre se sono negativi la forza assiale aumenta con possibilità di innesco di vibrazioni.

Con angoli di taglio negativi il truciolo si forma con più difficoltà e richiede una maggior forza per essere rimosso. Se il particolare da lavorare ha uno spessore piccolo, si hanno errori di planarità dovuti alla flessione del pezzo. In questi casi deve essere posta la massima attenzione a come il pezzo appoggia sulla tavola.



**Figura N°7-** Influenza degli angoli di taglio sulle forze

Se molta importanza ha l'aumento della temperatura nella zona di contatto agli effetti della durata dei taglienti, altrettanta ne ha la direzione dell'avanzamento.

Ripetiamo qui il concetto fondamentale di fresatura in concordanza e fresatura in opposizione, anche se è una nozione oramai nota agli addetti ai lavori, tanto più che è valida anche nella dentatura con creatore.

Nella fresatura in opposizione il tagliente comincia a toccare il pezzo quando lo spessore del truciolo è nullo, questo significa che prima di poter iniziare la vera e propria azione di

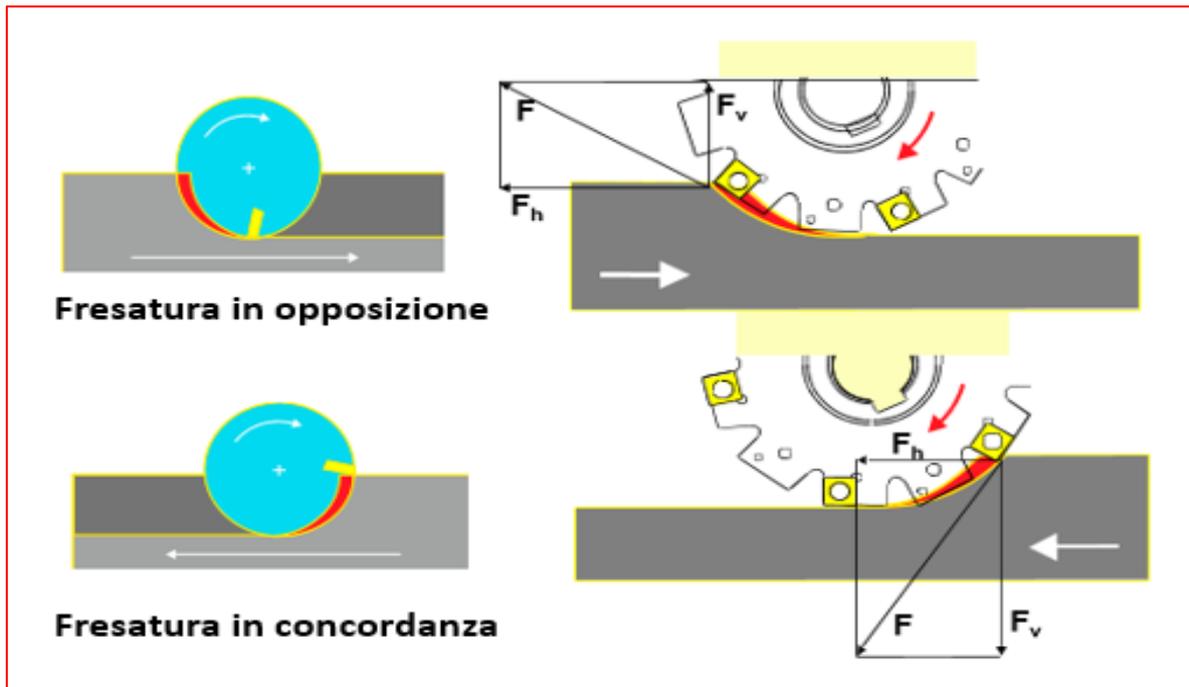
taglio, striscia comprimendo il materiale. In questa fase si ha un grande sviluppo di calore con una usura veloce del tagliente.

Inoltre il materiale del pezzo si incrudisce in superficie modificando la sua struttura.

L'unico vantaggio è che la forza  $F_h$  tende a compensare automaticamente gli eventuali giochi della catena cinematica.

Per questo motivo questo tipo di avanzamento si usa prevalentemente con fresatrici di vecchio tipo che non hanno dispositivi di recupero del gioco.

Da notare però che la componente verticale  $F_v$  tende a staccare il pezzo dalla tavola e ciò può innescare vibrazioni se il pezzo non è ben bloccato



**Figura N°8-** Orientamento delle forze nelle fresature in opposizione e in concordanza

Nella figura N°8 si può vedere che nella fresatura in concordanza il tagliente attacca il pezzo quando il truciolo ha il suo maggior spessore, quindi il taglio avviene in condizioni migliori perché non ci sono strisciamenti.

La componente verticale ha, in questo caso, una direzione favorevole, ma se la catena cinematica ha dei giochi si possono avere forti vibrazioni.

Poiché nelle fresatrici moderne la catena cinematica è priva di giochi, risulta evidente che la fresatura in concordanza sarà quella comunemente preferita nelle macchine a Controllo Numerico.

Gli inserti che vengono montati sulle frese sono di vario tipo e differiscono tra loro per la forma, dimensione, angoli di spoglia, materiale e ricoprimento.

Le forme più usate sono quelle triangolari, quadrate ed esagonali, mentre il materiale, è sempre un tipo di carbide, (carburi sinterizzati) con un grado che può essere del gruppo P per acciaio, K per ghisa e alluminio e M per ghisa malleabile o altri materiali.

Se si lavorano materiali duri lo spigolo tagliente deve essere protetto con un piccolo quadretto negativo, di larghezza pari o leggermente maggiore al valore dell'avanzamento per dente. Questo per evitare scheggiature precoci.

Per la lavorazione di materiali teneri, quali per esempio l'alluminio, l'angolo di taglio è preferibile sia positivo. Questo si può ottenere con un opportuno rompitruciolo, oppure con inserti che hanno la spoglia inferiore molto grande e che permettono quindi un posizionamento sul corpo fresa che assegna un angolo di taglio positivo.

L'utilizzo di inserti staffati meccanicamente oggi è molto diffuso, si può dire anzi che sia la norma, anche perché con il perfezionamento che hanno avuto i carburi sinterizzati e i vari tipi di ricoprimenti è possibile, in primo luogo, fresare con velocità di taglio estremamente elevate e, nonostante lo sviluppo di una notevole quantità di calore, ottenere durate molto soddisfacenti.

Bisogna notare che i moderni ricoprimenti hanno un coefficiente d'attrito molto basso, intorno a 0,3 che riduce in modo notevole lo sviluppo di calore, ma certi ricoprimenti resistono bene anche a temperature intorno ai 1000°C.

Ci sarebbe molto da dire riguardo lo spessore del truciolo, ma il discorso sarebbe troppo lungo. Se ne riparlerà in seguito.

*Bianco Gianfranco*  
*Gennaio 2019*



**Foto di apertura**