

1 Scelta delle variabili di processo

La decisione di lavorare un componente è solitamente parte di un più ampio processo di progettazione simultanea che si estende all'intera sequenza di produzione. Una volta presa la decisione di lavorare il componente, viene pianificata la sequenza delle fasi di lavorazione.

Questa pianificazione terrà conto della lavorabilità del materiale del pezzo, della forma, delle dimensioni, delle tolleranze dimensionali e della finitura superficiale del pezzo finito, delle caratteristiche del processo di lavorazione che è ritenuto idoneo allo scopo, della disponibilità di macchine utensili nello stabilimento o presso i fornitori esterni e gli aspetti economici della produzione.

2 Nella forma più semplice, il risultato di queste deliberazioni sarebbe una decisione relativa a una sequenza di operazioni, come tornitura, fresatura, foratura, ecc.

La lavorazione dei metalli è alquanto insolita in quanto a questo punto della pianificazione devono essere prese alcune importanti decisioni operative.

Anche se il processo è impostato, devono essere scelte le velocità e gli avanzamenti appropriati per i materiali del pezzo e dell'utensile.

Quando si devono rimuovere notevoli volumi di materiale, la produzione viene accelerata effettuando uno o più tagli di sgrossatura con grandi profondità di passata e avanzamenti.

3 Ciò vale anche per sgrossare getti e forgiati che presentano nella superficie scaglie, punti ruvidi o duri o inclusioni.

La finitura superficiale richiesta e le tolleranze dimensionali vengono quindi ottenute eseguendo un taglio di finitura con valori piccoli di avanzamento e profondità di passata.

Una situazione particolare si presenta con parti near-net-shape; può essere sufficiente una sola passata, ma deve affrontare scalini o punti duri nella superficie, ponendo così maggiori requisiti agli utensili.

4 In una piccola officina la scelta di avanzamenti e velocità può essere basata sull'esperienza personale dell'operatore; quasi sempre, tale scelta sarà prudente.

In un ambiente produttivo competitivo, la scelta è più critica in quanto velocità e avanzamenti bassi comportano bassa produttività, mentre velocità e avanzamenti eccessivi riducono la durata dell'utensile al punto in cui il costo del cambio utensile supera il valore dell'aumento della produzione e, oltre un certo punto, anche i ritmi di produzione diminuiscono a causa del tempo perso nel cambio utensile.

5 Una scelta iniziale di velocità e avanzamenti ragionevoli è solitamente basata sull'esperienza collettiva, raccolta in molti stabilimenti produttivi e laboratori.

Le raccolte sono state preparate e sono continuamente aggiornate da varie organizzazioni, non solo all'interno di grandi aziende, ma anche in organizzazioni specializzate come il Machinability Data Center e il Metcut Research Associates.

I dati raccolti sono pubblicati nei manuali e sono disponibili anche nelle banche dati per computer.

6 La durata dell'utensile diminuisce rapidamente all'aumentare della temperatura che, a sua volta, dipende dall'energia consumata per unità di tempo e quindi dalla velocità di taglio e dalla forza di taglio (o, più in generale, dalla durezza) del materiale del pezzo. Quindi, all'interno di qualsiasi gruppo di materiali, velocità di taglio e avanzamenti diminuiscono con l'aumentare della durezza

Tuttavia, si notano grandi variazioni di velocità e avanzamenti tra diversi gruppi di materiali, e le raccomandazioni generali fornite nel Machining Data Handbook costituiscono la base delle cifre.

7 il grafico è tratto dal Machining Data Handbook e aiuta a scegliere i parametri per la tornitura in sgrossatura di leghe ferrose, con profondità di passata fino a 4 mm. Le linee continue si riferiscono agli acciai, quelle tratteggiate agli acciai automatici e quelle a tratto e punto alle ghise. Per ogni categoria di materiali sono presenti 2 curve perché quelle inferiori devono essere considerate nella lavorazione con utensile in acciaio rapido, quelle superiori nel caso si usino inserti in carburo. Il punto di partenza è la durezza del materiale, in ascissa. Intersecando la curva che interessa si determina, sull'asse delle ordinate, la velocità di taglio suggerita. L'avanzamento al giro è fornito dalla tabella in alto salendo in verticale dall'asse delle ascisse.

La didascalia precisa che (i) se i carburi sono del tipo usa e getta si può aumentare la velocità di taglio del 20%, e che (ii) bisogna ridurla invece del 20-30% nella lavorazione di inox austenitici e di acciai con tenore di carbonio > 1%

8 il grafico è analogo, in questo caso per la lavorazione di leghe non ferrose.

9 Nell'utilizzare queste cifre, si dovrebbe notare quanto segue:

1. Per alcuni materiali non ferrosi le velocità cambiano poco con la durezza, e in Figura la velocità viene quindi semplicemente indicata dalla posizione dell'identificazione della lega. Per tutti i materiali, gli avanzamenti indicati si applicano agli intervalli di durezza indicati dalle frecce

2. Come è già stato detto, i dati forniscono un punto di partenza prudente per la tornitura di sgrossatura con una profondità massima di taglio di 4 mm e una durata tipica dell'utensile di 1-2 ore.

10 I materiali degli utensili sono identificati in modo generico. L'HSS è tipicamente M2 o, per compiti più pesanti, T15; il simbolo WC indica carburi cementati, non rivestiti, del tipo appropriato per il materiale del pezzo.

Le velocità possono essere aumentate del 20% per gli inserti usa e getta in metallo duro.

Se si scopre che la durata effettiva dell'utensile è molto maggiore di 2 ore, l'operazione potrebbe essere accelerata.

Ricordando che i tagli più pesanti sono più efficienti, prima si aumenta la profondità di passata e poi l'avanzamento (che determina lo spessore del truciolo indeformato), come suggerito dalla formula di Taylor.

11 Velocità di taglio più elevate generano più calore e dovrebbero essere utilizzate solo quando la durata dell'utensile è ancora eccessiva.

3. Sebbene i dati forniti siano validi principalmente per tornitura in sgrossatura, possono essere utilizzati anche come guida per la maggior parte degli altri processi.

12 La velocità v e l'avanzamento f per ogni particolare processo si trovano moltiplicando v_s e f_s per i fattori Z_v e Z_f , rispettivamente.

13 4. Condizioni speciali si applicano alla foratura con punte elicoidali HSS. La velocità di taglio è $v = 0,7 v_s$ per il ferro e $v = 0,5 v_s$ per i materiali non ferrosi. L'avanzamento è in genere una funzione del diametro della punta D ed è pari a $0,02 D$ per giro per i materiali ad alta lavorabilità, $0,01 D$ per giro con materiali più duri o più tenaci e $0,005 D$ per giro per materiali molto duri ($HB > 420$).

Le punte rivestite hanno una durata significativamente maggiore e possono consentire una maggiore velocità. Con i carburi si possono adottare velocità 2-3 volte superiori; un avanzamento maggiore è spesso preferibile a una maggiore velocità.

14 Per i fori profondi, è necessario ridurre avanzamento e velocità; la tabella in basso fornisce delle indicazioni

5. Per la brocciatura con utensili HSS, le velocità vanno da $0,2 \text{ m/s}$ su materiale ad alta lavorabilità a $0,025 \text{ m/s}$ su materiale duro, mentre lo spessore del truciolo indeformato si riduce da $0,12$ a $0,05 \text{ mm}$ per dente.

6. I carburi rivestiti consentono velocità più elevate e si possono usare le raccomandazioni del produttore per i primi tentativi.

In generale, la velocità può essere aumentata del 25% con TiN, 25-50% con TiC e 50-75% con rivestimenti in Al_2O_3 .

15 7. Gli utensili ceramici possono essere provati al doppio della velocità consigliata per i carburi cementati nei tagli di finitura e quindi portati a velocità più elevate (fino a 5 volte più alte).

8. Con gli utensili in PCBN, le velocità raggiungono 2 m/s su ghisa ad alto contenuto di cromo, $10-25 \text{ m/s}$ su ghisa grigia e $2-5 \text{ m/s}$ su superleghe e acciaio temprato con durezza HRC 50-65.

9. Gli utensili diamantati sono adatti solo per tagli di finitura di $0,05-0,2 \text{ mm}$ di profondità con un'avanzamento di $0,02-0,05 \text{ mm}$ e velocità di $4-15 \text{ m/s}$ per leghe leggere non ferrose, sebbene siano state raggiunte velocità di 70 m/s sulla lega di alluminio 7075-T6.

16 I dati qui riportati sono sufficientemente accurati per la pianificazione iniziale. Le condizioni ottimali dipendono, tuttavia, da molti fattori, tra cui la rigidità degli utensili, del pezzo in lavorazione, del portapezzo e della macchina utensile.

Non è raro che le velocità adottate per la rimozione dei metalli raggiungano il doppio dei valori raccomandati e, in macchine appositamente costruite, è possibile eseguire lavorazioni ad altissima velocità con utensili in carburo rivestito o in ceramico.