

Controllo numerico e automazione

Abbiamo visto che l'uso delle macchine utensili richiede una notevole abilità. Ciò è particolarmente evidente nella fresatura di superfici sagomate tridimensionali; non sorprende che il controllo numerico (NC) sia stato sviluppato per la lavorazione di componenti aerodinamici di questo tipo.

Parallelamente allo sviluppo di software, computer e hardware di controllo sviluppati rapidamente, si sono verificati progressi nei materiali degli utensili.

Utensili migliori hanno permesso la rimozione del materiale a velocità più elevate; con l'ausilio del CNC, il tempo durante il quale avviene il taglio effettivo è stato aumentato ed è stato possibile raggiungere tolleranze più strette.

Questi sviluppi hanno anche portato cambiamenti significativi nelle macchine utensili e nel loro funzionamento.

1. Rigidità. Tutte le macchine subiscono flessioni elastiche quando sono sottoposte a forze.

Anche nelle lavorazioni meccaniche la macchina utensile, il pezzo, l'utensile, il portautensile e i sistemi di fissaggio formano un sistema dinamicamente interattivo sottoposto a carico dinamico e, in risposta a ciò, può sviluppare vibrazioni.

Le vibrazioni producono variazioni nella formazione del truciolo, scarsa finitura superficiale, maggiore usura dell'utensile e, infine, rottura dell'utensile.

Vibrazioni di ampiezza molto grande possono essere generate quando la frequenza eccitante (come, ad esempio, il numero di taglienti impegnati contemporaneamente nella fresatura) è vicino alla frequenza naturale dominante del sistema.

Con velocità più elevate e aumentando le velocità di produzione raggiunte con il CNC, la stabilità del funzionamento è diventata critica. L'analisi dinamica della macchina utensile è ora un passo importante nella sua progettazione.

2. Controllo delle vibrazioni. Possono essere prese diverse misure.

La rigidità è aumentata con una progettazione appropriata e con l'uso di materiali con capacità di smorzamento più elevate (come calcestruzzo polimerico o granito).

Le cavità sono riempite con materiale antivibrante e l'isolamento dalle vibrazioni con cuscinetti in gomma, molle e masse di grandi dimensioni (blocchi inerziali) sono collocati in posizioni strategiche. Gli assorbitori dinamici sono costituiti da una massa collegata con molle a componenti vibranti; sintonizzati sulla frequenza naturale della forza eccitante, che vibrano fuori fase.

Assorbitori dinamici controllati attivamente utilizzano sensori e attuatori di forza in un sistema a circuito chiuso. Il sistema può essere disattivato facendo oscillare la velocità del mandrino. In alternativa, le velocità del mandrino vengono selezionate al di fuori dell'intervallo di vibrazione mantenendo al contempo una produttività elevata usando la massima profondità di passata.

3. Mandrino. Questa è una parte fondamentale delle macchine utensili e ha subito uno sviluppo sostanziale. La concentricità e la deflessione sotto carico (rigidità) sono costantemente migliorate.

L'azionamento avviene tramite un riduttore o con cinghie ma, per velocità più elevate, vengono utilizzati azionamenti integrali in cui i mandrini sono estensioni del rotore.

Le forze centrifughe sono molto grandi alle alte velocità e vengono utilizzati cuscinetti a rulli o con sfere leggere in ceramica o cuscinetti idrostatici, pneumatici o magnetici.

4. Stabilità termica. Con la ricerca di tolleranze più strette, l'espansione termica dei vari elementi della macchina utensile diventa significativa e varie soluzioni vengono utilizzate per minimizzare l'espansione o, se ciò non è possibile, per compensarla.

5. Movimento di avanzamento. Per impiegare il CNC, i volantini delle macchine azionate manualmente e le camme, i modelli a copiare e le frizioni degli automatismi sono stati eliminati.

La tavola della macchina utensile è montata, ad esempio, con viti a ricircolo di sfere con recupero dei giochi, azionate da motori passo-passo che spostano la tavola di piccoli incrementi o, per esempio, di 2,5 micron; il numero di incrementi dipende dal numero di impulsi ricevuti dalla centralina NC.

Per coppie più elevate vengono impiegati motori cc o ca, oppure la tavola viene mossa da attuatori idraulici o, più recentemente, per velocità di traslazione più elevate, da motori lineari.

L'accelerazione rapida richiede facilità di movimento delle guide degli utensili, e sono ampiamente utilizzati cuscinetti idrostatici e i cuscinetti lineari a sfere.

I trasduttori o gli encoder di spostamento sono usati per realizzare il controllo a ciclo chiuso.

6. Gestione del truciolo. È stato necessario sviluppare metodi migliori per rimuovere grandi quantità di truciolo. In parte per questo motivo, si sono diffuse i centri di lavoro con mandrini orizzontali che usano utensili a sbalzo.

7. Gestione degli utensili. Sono stati adottati cambiautensili automatici e caricatori contenenti da 20 a 60 utensili (per i caricatori degli FMS sono necessari fino a 200 utensili).

La riduzione del tempo di cambio utensile è particolarmente critica nei centri di lavorazione ad alta produzione.

Gli utensili vengono caricati nella sequenza richiesta dalla lavorazione, a meno che la macchina non sia dotata di un sistema di rotazione a doppio braccio: ciò consente il caricamento di un utensile da un caricatore in un braccio mentre l'utensile attivo sta tagliando nell'altro braccio.

Per eliminare i tempi di preparazione, gli utensili sono qualificati; cioè, le loro dimensioni vengono pre-misurate e inserite nel programma CNC. In alternativa, gli utensili vengono memorizzati nel magazzino in appositi supporti singoli che assicurano che vengano sempre afferrati nella stessa posizione rispetto alla macchina utensile.

8. Programmazione. Questo compito è stato notevolmente semplificato. Sono emerse due tendenze generali:

Innanzitutto, i linguaggi di programmazione, spesso basati su APT, sono stati semplificati per attività specifiche come il contouring a due assi (ADAPT) e sono stati aggiunti postprocessori per processi specifici come la foratura, la fresatura e le lavorazioni al tornio (EXAPT).

In secondo luogo, è stato sviluppato un software che svolge il compito di programmazione. Poiché la descrizione della parte è già disponibile in CAD, i programmi consentono di generare direttamente il percorso utensile.

Nella programmazione in modalità conversazione l'operatore deve inserire solo le dimensioni della parte e le dimensioni e il materiale dell'utensile e del pezzo, e il software esegue la programmazione. I sistemi avanzati combinano il controllo delle macchine utensili con l'ottimizzazione per la massima produttività.

9. Lavorazione non presidiata. Le operazioni non presidiate e supervisionate solo da computer sono diventate possibili con l'introduzione del monitoraggio automatico e del controllo adattivo. Le sonde

verificano la presenza degli utensili, oppure a una "telecamera" viene insegnato a riconoscere la configurazione dell'utensili e segnalare utensili mancanti o rotti o per avviare il cambio utensile. La forza sull'utensile viene rilevata (ad es. dalla deflessione del mandrino, usando quattro sensori di posizione) e viene misurata la coppia e/o la potenza.

L'ottimizzazione del processo è possibile; l'avanzamento è spesso la variabile controllata all'interno dei vincoli stabiliti dalla forza massima, dalla coppia e/o dalla potenza.

Vengono utilizzate tecniche per il rilevamento in-process dell'usura, delle vibrazioni e delle emissioni acustiche degli utensili e viene misurata la rugosità superficiale.

10. Misura automatic delle dimensioni. Questo è un elemento vitale dell'automazione. Alcune tecniche sono adatte per la misurazione in-process. Altre volte, una stazione di misura viene installata all'interno della macchina utensile o in una stazione adiacente e le informazioni acquisite vengono inviate al computer di controllo per apportare le opportune regolazioni nella lavorazione della parte successive.

11. Programmazione dinamica. Con l'aumento delle velocità e delle velocità di avanzamento, anche i programmi che controllano i movimenti delle macchine utensili sono stati modificati in modo da tenere il passo con il processo fisico di lavorazione.

Ad esempio, nella fresatura di stampi, il programma deve analizzare il percorso utensile per ridurre l'avanzamento all'avvicinarsi a un angolo e accelerare di nuovo mentre lo strumento emerge da esso.

La crescita del CNC è stata rapida; le macchine utensili CNC rappresentano la maggior parte dell'attuale produzione di macchine utensili, di cui circa il 40% sono centri di lavoro e il 40% sono torni.

Nella lavorazione a controllo manuale, si perde molto tempo nell'attesa e nella movimentazione del materiale e il taglio effettivo avviene solo il 20% circa del tempo.

I progressi nell'integrazione delle macchine utensili CNC con dispositivi mobili come robot dedicati e apparecchiature per il cambio pallet hanno aumentato l'utilizzo delle macchine utensili al 40% e, in casi speciali, anche al 70% del tempo disponibile, aumentando notevolmente la produttività e riducendo il numero di macchine necessarie per un determinato output.