

Informazioni tecniche

Dynamic Efficiency: efficienza e sicurezza di processo nella lavorazione

Proprio la lavorazione con asportazione elevata del truciolo – sgrossatura con notevole potenza di taglio – ma anche la lavorazione di materiali di difficile lavorabilità quali leghe di titanio, materiali a base di nichel o acciai inossidabili diventati oramai uno standard nell'industria aeronautica e aerospaziale, offre molte potenzialità in termini di efficienza. Nella lavorazione con asportazione elevata del truciolo si cerca soprattutto di asportare la massima quantità possibile di materiale in tempi il più possibile ridotti. Per questo motivo molti componenti del processo di lavorazione possono essere spinti fino ai loro limiti. Per questa forma di lavorazione di elevate prestazioni il controllo globale dei processi è pertanto un presupposto fondamentale per qualità e redditività. Le forze generate durante il processo lavorazione sovraccaricano estremamente la macchina e l'utensile. L'obiettivo è ottimizzare il volume di asportazione nell'intervallo di tempo, massimizzare la durata degli utensili e minimizzare il sovraccarico meccanico.

Con il termine **Dynamic Efficiency** HEIDENHAIN offre funzioni TNC innovative, che consentono all'utilizzatore di incrementare e quindi rendere più efficiente la sicurezza di processo nell'asportazione elevata del truciolo e nella lavorazione di sgrossatura. Dynamic Efficiency comprende tre funzioni software:

- ACC (Active Chatter Control) - Soppressione attiva delle vibrazioni che riduce le vibrazioni della macchina e consente maggiori profondità di passata
- AFC (Adaptive Feed Control) - Controllo adattativo dell'avanzamento che ottimizza automaticamente il valore di avanzamento
- Fresatura trocoidale - Ciclo per la sgrossatura di scanalature e tasche salvaguardando l'utensile e la macchina



Ogni funzione garantisce singolarmente vantaggi per il processo di lavorazione, ma possono essere anche combinate tra loro e ottenere così decisivi miglioramenti.

- Ridotto tempo di lavorazione grazie al maggiore volume di asportazione nell'intervallo di tempo (ACC, AFC, fresatura trocoidale)
- Monitoraggio utensili (AFC)
- Maggiore durata degli utensili (ACC, fresatura trocoidale)

Dynamic Efficiency consente di produrre con maggiore velocità salvaguardando macchina e utensile, nel complesso quindi con maggiore efficienza e redditività.

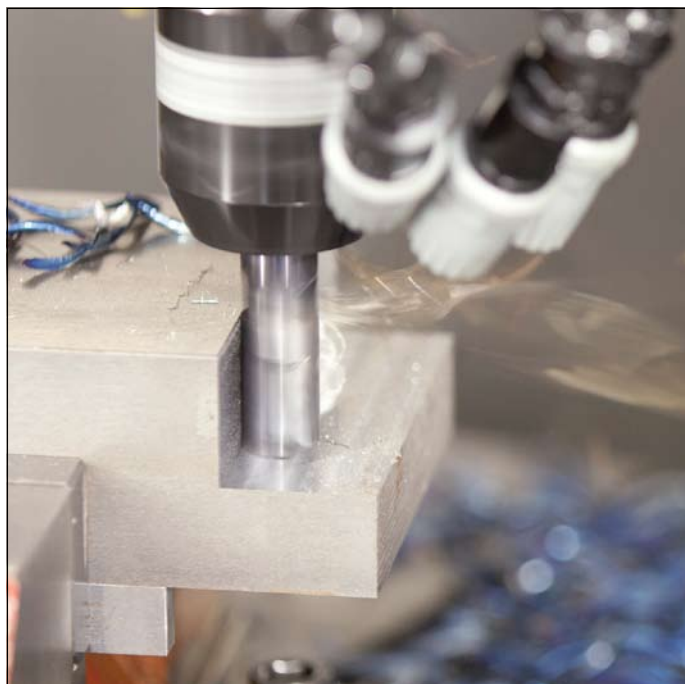
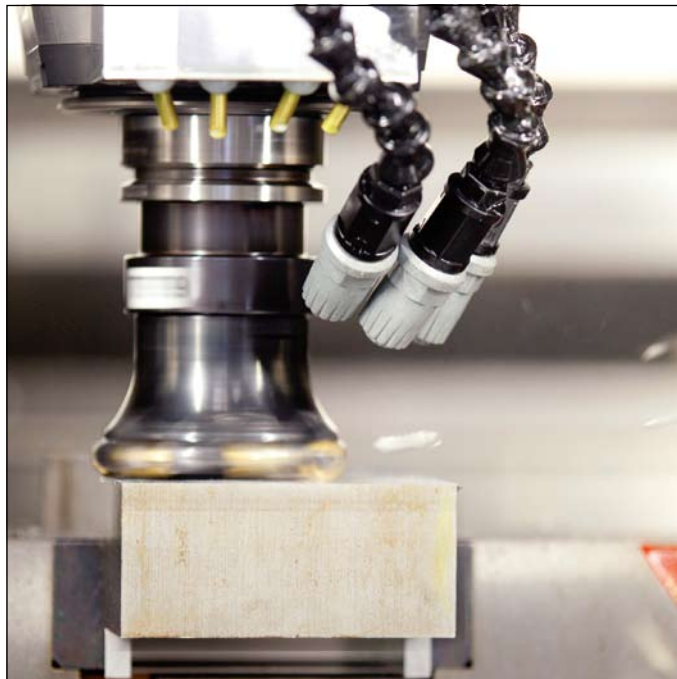
dynamic  efficiency

Dynamic Efficiency

Maggiore efficienza per asportazione elevata del truciolo e lavorazione di sgrossatura

Parlando di Dynamic Efficiency l'attenzione è rivolta in particolare a tutti i processi con elevate forze di taglio e considerevole volume di asportazione. Tra questi rientrano i processi di sgrossatura in generale ma anche la lavorazione ad elevata asportazione di materiali quali il titanio, le leghe a base di nichel resistenti alla corrosione (ad esempio Inconel) e molti altri che a causa delle loro proprietà specifiche vengono impiegati, tra l'altro, nella costruzione di utensili e stampi, nell'industria aeronautica e aerospaziale, dei sistemi medicali e del settore energy. Le forze generate durante la lavorazione sovraccaricano estremamente la macchina e l'utensile. L'elevato sovraccarico si manifesta spesso con vibrazioni correlate al processo che si verificano durante la lavorazione. L'obiettivo è aumentare il volume di asportazione, ma prolungare allo stesso tempo anche la durata degli utensili e ridurre il sovraccarico meccanico.

Proprio per queste finalità HEIDENHAIN propone **Dynamic Efficiency**.



Con il termine **Dynamic Efficiency** HEIDENHAIN combina funzioni TNC innovative, che consentono all'utilizzatore di rendere più efficiente l'asportazione elevata del truciolo e la lavorazione di sgrossatura, incrementando anche la sicurezza di processo. Trattandosi di funzioni software, non è necessario alcun intervento nella meccanica della macchina. **Dynamic Efficiency** contribuisce a migliorare le prestazioni di asportazione e a ridurre il tempo di lavorazione.

Dynamic Efficiency comprende tre funzioni:

- ACC (Active Chatter Control) - Soppressione attiva delle vibrazioni che riduce le vibrazioni della macchina e consente maggiori avanzamenti e profondità di passata
- AFC (Adaptive Feed Control) - Controllo adattativo dell'avanzamento che ottimizza automaticamente il valore di avanzamento
- Fresatura trocoidale - Funzione per la sgrossatura di scanalature e tasche salvaguardando l'utensile e la macchina

Già ogni funzione offre da sola netti miglioramenti del processo di lavorazione. In particolare, la combinazione di queste funzioni TNC sfrutta ancora meglio il potenziale della macchina e dell'utensile e, allo stesso tempo, limita il sovraccarico meccanico. Anche condizioni di lavorazione variabili, quali passate interrotte, differenti procedure di penetrazione nel materiale o il semplice svuotamento dimostrano che vale sicuramente la pena di utilizzarle. Nell'impiego pratico, si arriva ad aumentare nello stesso intervallo di tempo il volume dei trucioli tra il 20% e il 25%.

Dynamic Efficiency consente di ottenere maggiori volumi di asportazione e quindi una maggiore produttività senza dover necessariamente ricorrere a utensili speciali. Prevenire il sovraccarico degli utensili e l'usura anticipata dei taglienti nonché incrementare la sicurezza di processo contribuiscono evidentemente a migliorare la redditività.

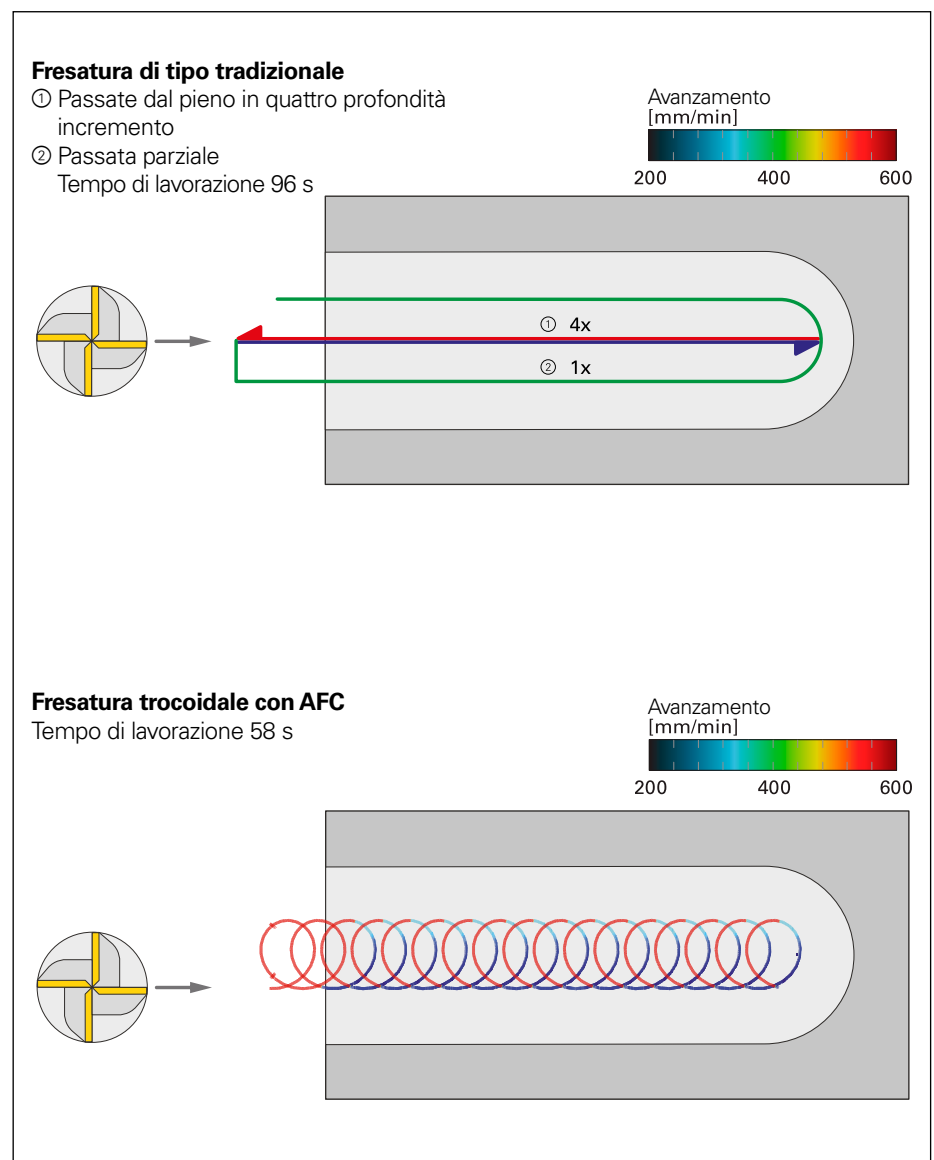
Abbinando la fresatura trocoidale al controllo adattativo dell'avanzamento AFC è possibile ottenere una maggiore efficienza. Utensile e macchina sono infatti sottoposti a un sovraccarico nettamente inferiore in quanto l'utensile si sposta nel materiale su una traiettoria circolare. Su una parte di essa, tuttavia, non si verifica alcuna penetrazione. In questa situazione AFC muove l'utensile con un avanzamento nettamente maggiore. Durante la lavorazione con il ciclo HEIDENHAIN si ottiene così un'enorme riduzione dei tempi.

Esempio di lavorazione

L'esempio applicativo mette nettamente in evidenza i vantaggi di **Dynamic Efficiency**. Nel confronto con la lavorazione tradizionale questa scanalatura viene realizzata con fresatura trocoidale e AFC attivato.

Nella **lavorazione tradizionale** viene eseguita una passata nel materiale pieno al centro della scanalatura. Sulla base delle condizioni tecnologiche (materiale, fresa) è possibile asportare per ogni passata soltanto un quarto della profondità necessaria. Una volta raggiunta la profondità desiderata, la scanalatura viene ampliata in una operazione alla larghezza desiderata (linea verde). I colori delle linee forniscono informazioni sulla velocità di avanzamento raggiunta.

Per il confronto la scanalatura viene quindi realizzata con **fresatura trocoidale e controllo adattativo dell'avanzamento AFC** attivo. La fresatura trocoidale è effettivamente una tecnologia che salvaguarda in modo particolare l'utensile e la macchina, ma non comporta tuttavia grandi vantaggi in termini di velocità. Per questo si abbina l'opzione AFC che risulta particolarmente efficace. Per le passate con utensile non in presa della fresatura circolare, AFC incrementa nettamente la velocità di avanzamento e la riduce nuovamente in modo automatico non appena la fresa penetra nel materiale. Con **Dynamic Efficiency** si ottiene pertanto in questo esempio di lavorazione un considerevole risparmio di tempo.



Nell'esempio di lavorazione **Dynamic Efficiency** incrementa la produttività del 40% circa rispetto al metodo di fresatura tradizionale.

ACC

Soppressione attiva delle vibrazioni (opzione)

Durante la lavorazione di sgrossatura (fresatura di elevate prestazioni) si formano notevoli forze. A seconda della velocità dell'utensile e delle risonanze presenti nella macchina utensile e dei volumi dei trucioli (potenza di taglio in fresatura) possono formarsi delle "vibrazioni". Siccome le vibrazioni sovraccaricano estremamente la macchina e l'utensile, sono uno dei fattori che limitano il volume di asportazione nell'intervallo di tempo.

Limiti del volume di asportazione nell'intervallo di tempo

Tre sono i principali fattori che limitano il volume di asportazione ottenibile su una fresatrice nell'intervallo di tempo per un determinato materiale: la stabilità termica e meccanica dell'utensile, la potenza disponibile del mandrino e la comparsa di vibrazioni. La comparsa di vibrazioni non denota di per sé carenze della macchina. In presenza di sufficiente stabilità dell'utensile e sufficiente potenza del mandrino non occorre prevenirle per limitare la potenza di taglio.

Cause delle vibrazioni

Le vibrazioni rivelano una instabilità dinamica del processo a causa di oscillazioni che insorgono durante la lavorazione. Nelle operazioni di sgrossatura e in particolare per la lavorazione ad elevata

asportazione di truciolo si presentano elevate forze di taglio. Queste forze periodiche comportano una vibrazione tra utensile e pezzo. Se si arriva a una risonanza tra la vibrazione e il processo di taglio, alla vibrazione viene trasmessa più energia di quella che l'attrito è in grado di trasformare in calore. L'oscillazione viene enfatizzata provocando delle vibrazioni. La comparsa di una risonanza dipende da diversi fattori, tra cui dall'elasticità dinamica della macchina sulla punta dell'utensile (Tool Centre Point TCP), dall'utensile e dai parametri di taglio.

Poiché si tratta di una vibrazione autoindotta, le frequenze delle vibrazioni si trovano sempre in prossimità delle frequenze intrinseche della macchina.

Provvedimenti di tipo tradizionale

Le vibrazioni sovraccaricano eccessivamente utensile e macchina. Per questo si cerca di norma di evitarle. La comparsa di vibrazioni dipende tra l'altro dalla scelta delle grandezze del truciolo (spessore e larghezza del truciolo, velocità di taglio ecc.). Per evitarle è necessario ridurre in pratica i dati di taglio (profondità di taglio, numero di giri e avanzamento), il che comporta a sua volta una diminuzione di produttività.

Vantaggi di ACC

Con l'opzione ACC (Active Chatter Control) del TNC, HEIDENHAIN offre una efficace funzione di regolazione per ridurre l'incidenza alle vibrazioni di una macchina. Grazie allo smorzamento supplementare ACC aumenta la possibile potenza di taglio a partire dalla quale compaiono le vibrazioni.

Per l'asportazione elevata del truciolo l'opzione ACC si rivela particolarmente positiva:

- prestazioni di taglio essenzialmente migliori
- maggiore volume di asportazione nell'intervallo di tempo (fino al 25% e oltre)
- ridotte forze sull'utensile, quindi maggiore durata
- inferiore sovraccarico della macchina
- maggiore sicurezza di processo

Funzionamento di ACC

Siccome la soppressione attiva delle vibrazioni ACC è una pura soluzione software, non occorre intervenire nella macchina. Non sono necessari sistemi supplementari (ad esempio sensori, attuatori), che incrementano la complessità e quindi la probabilità di crash dell'intero sistema. ACC rileva le vibrazioni tramite i segnali di misura e riduce l'entità della vibrazione stessa attraverso un'opportuna regolazione del sistema di azionamento.



Pezzo fresato senza ACC: sono visibili evidenti rigature da vibrazioni.



Pezzo fresato con ACC: con stesso avanzamento e medesima profondità di taglio la superficie non presenta rigature da vibrazioni. La lavorazione è stata eseguita salvaguardando l'utensile e la macchina.

Da ciò risultano tuttavia anche limiti per i fenomeni di vibrazione da contrastare con ACC. La regolazione del sistema di avanzamento per ridurre le vibrazioni è efficace soltanto in una gamma di frequenze fino a 100 Hz. Le vibrazioni a frequenze maggiori non vengono sufficientemente smorzate. In casi singoli non possono essere smorzate vibrazioni al di sotto dei 100 Hz, in quanto si limitano ad esempio al lato del mandrino, mentre l'azionamento agisce sul lato della tavola.

Effetti nell'impiego pratico

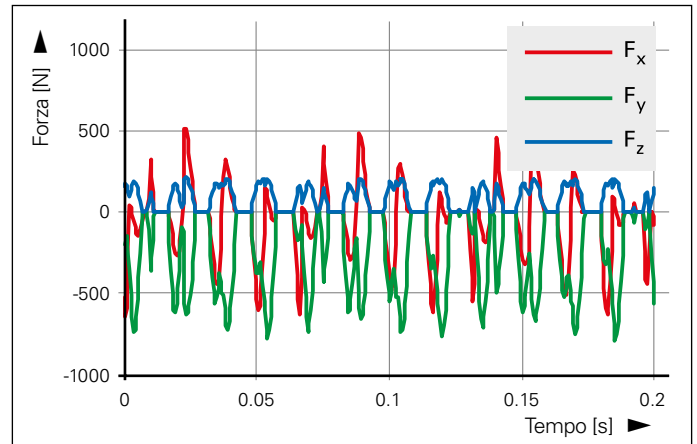
Nelle prove di fresatura su una varietà di macchine diverse con differenti utensili per fresare è stato possibile incrementare notevolmente il volume di asportazione nell'intervallo di tempo (fino al 25% e oltre), se le vibrazioni si sono verificate come fattore limitativo del processo. Grazie alla prevenzione delle vibrazioni le forze che agiscono sull'utensile e sulla macchina vengono notevolmente ridotte. Questo aumenta la durata dell'utensile e agisce positivamente sulla vita utile dei componenti della macchina (mandrino principale, guide, vite a ricircolo di sfere, cuscinetto).

Impiego di ACC

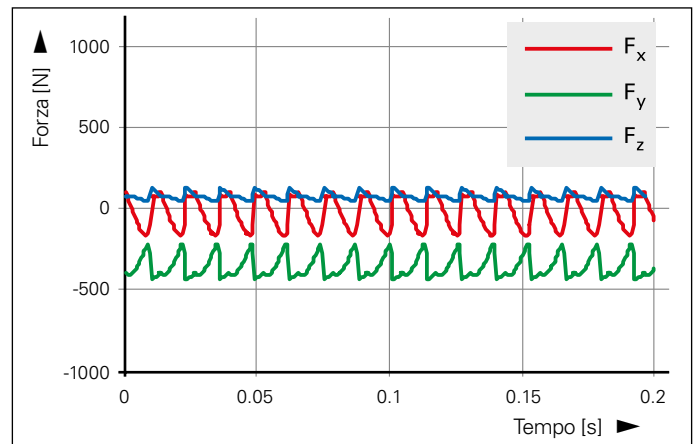
ACC esegue la regolazione in un determinato range di frequenze al di sotto della frequenza di intervento del dente dell'utensile. L'utilizzatore definisce solo tramite l'utensile impiegato se ACC è attiva. Siccome la relativa geometria dell'utensile influisce sulle forze di taglio e determina così le caratteristiche delle eventuali vibrazioni, per ogni utensile è possibile creare un blocco parametrico specifico. Tra i blocchi parametrici specifici dell'utensile la commutazione è automatica al cambio utensile.

Sulla base delle diverse geometrie delle macchine l'opzione ACC può essere parametrizzata separatamente anche in modo specifico per asse per tutti gli assi di avanzamento. Grazie a questa parametrizzazione supplementare, è possibile migliorare in determinati casi l'effetto dell'algoritmo ACC.

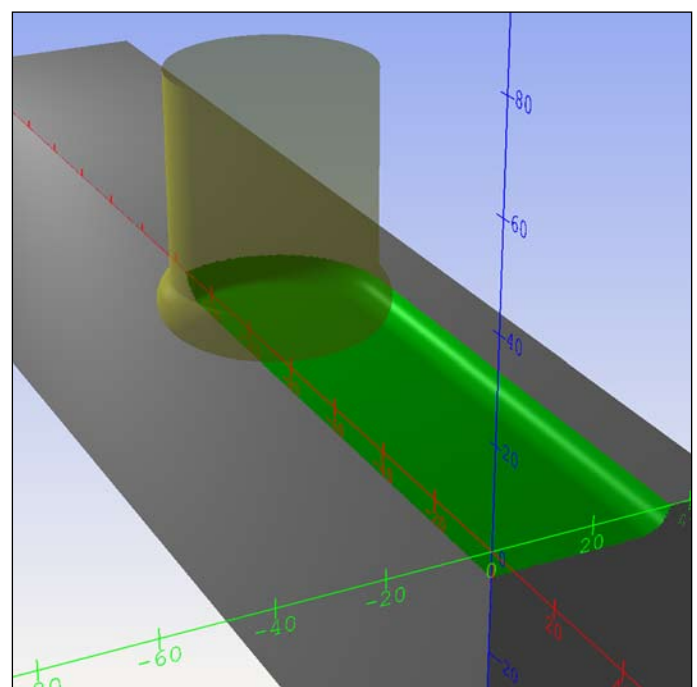
Forze di taglio con vibrazioni



Forze di taglio con ACC



Simulazione di lavorazione



AFC

Controllo adattativo dell'avanzamento AFC (opzione)

La velocità di avanzamento per una lavorazione di fresatura viene di norma selezionata in funzione del materiale lavorato, della fresa e della profondità di taglio e predefinita in modo fisso per la relativa operazione di fresatura. Se durante la lavorazione cambiano le condizioni di taglio, ad esempio a causa di profondità di taglio variabili, usura dell'utensile o variazioni di durezza del materiale, questo non ha alcuna influenza sulla velocità di avanzamento. Ciò può significare da un lato – ad esempio con spessori crescenti del materiale – che la velocità di avanzamento è parzialmente inferiore a quanto possibile. Il tempo di lavorazione risulta così maggiore del necessario. Dall'altro lato un avanzamento programmato elevato – in particolare con crescenti volumi di asportazione – può comportare un eccessivo sovraccarico del mandrino e dell'utensile.

Vantaggi di AFC

L'opzione Controllo adattativo dell'avanzamento AFC (Adaptive Feed Control) di HEIDENHAIN ottimizza l'avanzamento traiettoria in funzione della potenza assorbita dal mandrino e di altri dati di processo. AFC garantisce sempre il massimo avanzamento possibile e incrementa così l'efficienza, offrendo un'ampia serie di vantaggi.

Ottimizzazione dei tempi di lavorazione

In particolare per i pezzi in ghisa si verificano in misura più o meno rilevante considerevoli variazioni di sovrametallo o materiale (cavità da ritiro). Mediante la relativa regolazione dell'avanzamento la potenza del mandrino massima precedentemente appresa viene mantenuta durante il tempo di lavorazione. I tempi di esecuzione complessivi si riducono notevolmente incrementando l'avanzamento in zone dove è necessario asportare meno materiale.

Monitoraggio utensili

Il controllo adattativo dell'avanzamento del TNC confronta permanentemente la potenza assorbita dal mandrino necessaria per l'attuale avanzamento. Se l'utensile perde l'affilatura, la potenza del mandrino aumenta. Di conseguenza il TNC riduce l'avanzamento. Non appena si scende al di sotto dell'avanzamento minimo impostato, il TNC reagisce con spegnimento, messaggio di errore o inserimento dell'utensile gemello. Si possono così evitare danni conseguenti a causa della rottura o dell'usura della fresa.

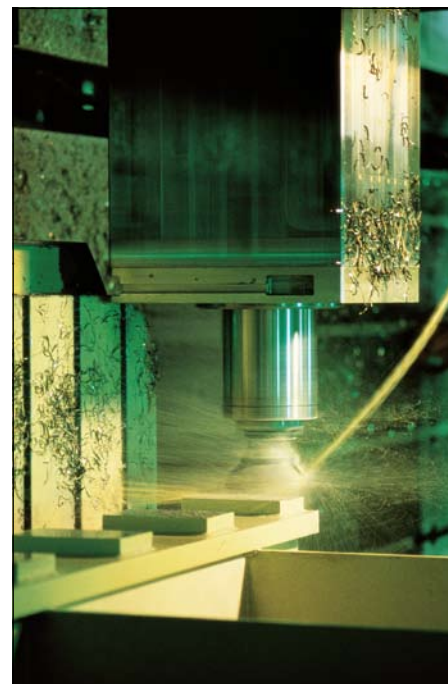
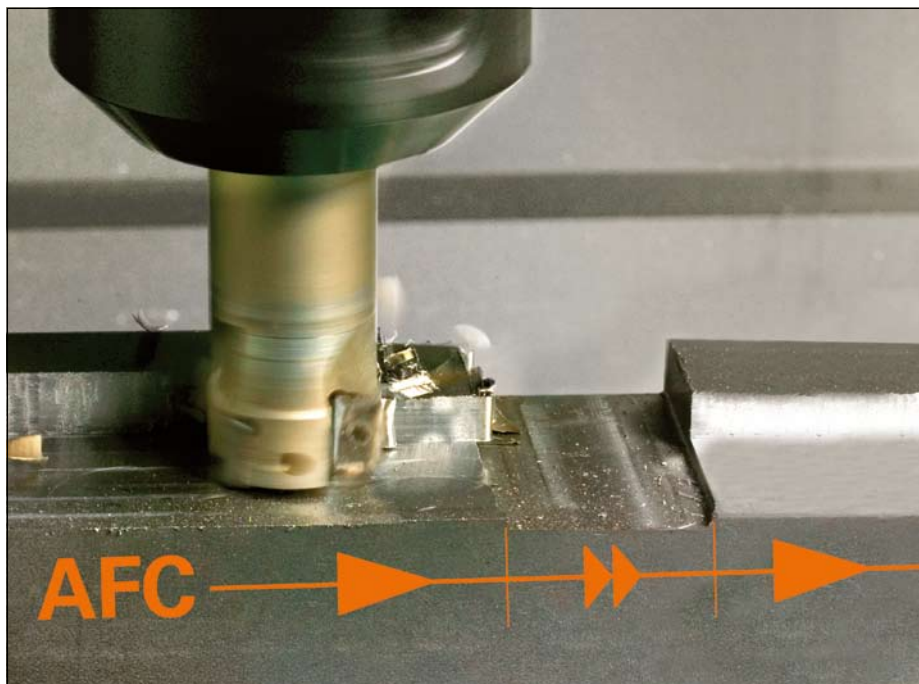
Salvaguardia della meccanica della macchina

Riducendo l'avanzamento al superamento della massima potenza appresa del mandrino fino alla potenza di riferimento, si preserva la meccanica della macchina. Il mandrino principale è così efficacemente protetto contro il sovraccarico.

Principio di funzionamento

L'applicazione è semplice: prima della lavorazione è possibile definire in una tabella i valori limite massimi e minimi della potenza del mandrino. In un ciclo di apprendimento il TNC registra quindi la sua potenza massima. Il controllo adattativo dell'avanzamento confronta poi costantemente la potenza del mandrino con la potenza di riferimento adattando l'avanzamento durante l'intero tempo di lavorazione.

dynamic  **efficiency**



L'opzione AFC adatta la velocità di avanzamento alle differenti condizioni di taglio.

Fresatura trocoidale

Scanalature a profilo libero con fresatura trocoidale

Gli utensili e le strutture delle macchine sono fortemente sollecitati durante la fresatura in materiali ad elevata asportazione del truciolo, materiali altamente resistenti o temprati. In particolare per frese a candela nella passata per scanalatura dal pieno agiscono forze molto elevate, in quanto utensile e pezzo formano un angolo di avvolgimento di 180°. Ne possono conseguire flessioni dell'utensile ed errori geometrici ad esse collegati della scanalatura. Per poter ottenere la precisione richiesta dei componenti, la profondità di taglio assiale viene spesso limitata alla metà del diametro dell'utensile. Le scanalature profonde devono essere pre-sgrossate con elevato dispendio di tempi in diverse passate.

Vantaggi della fresatura trocoidale

Lavorazioni complete di scanalature qualsiasi salvaguardando utensile e macchina rappresentando il vantaggio della fresatura trocoidale. La sgrossatura viene eseguita in tal caso con movimenti circolari che sono inoltre sovrapposti a un movimento in avanti lineare.

Con la fresatura trocoidale è possibile lavorare adottando elevate profondità di taglio, poiché lo sforzo è uniformemente distribuito sull'utensile riducendone l'usura. In questo modo l'intera lunghezza del tagliente può essere utilizzata per ottenere un maggiore volume di asportazione per ogni dente. Penetrando nel materiale con movimenti circolari, l'utensile è sottoposto a minori forze radiali. Questo salvaguarda la meccanica della macchina e previene la comparsa di vibrazioni. Se si combina questo metodo di fresatura anche con il controllo adattativo integrato dell'avanzamento AFC (opzione), è possibile ridurre significativamente i tempi di lavoro.

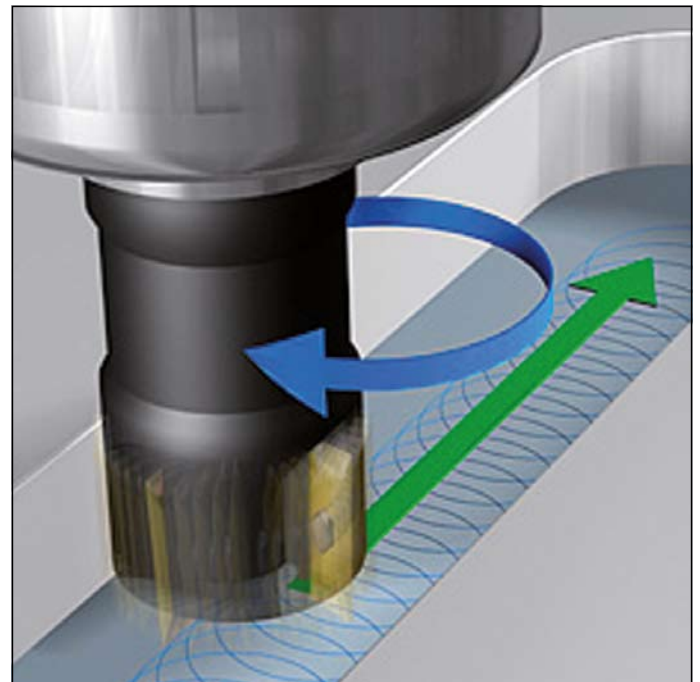
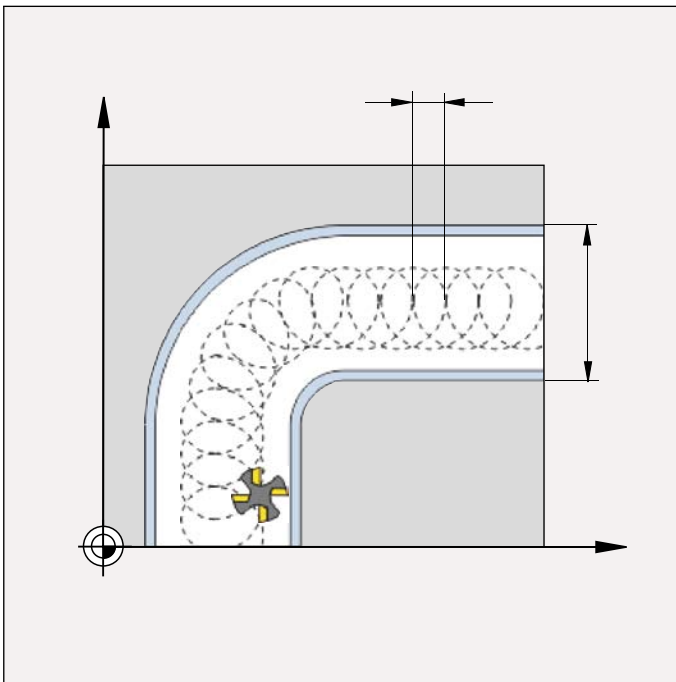
Fresatura trocoidale come funzione standard

La scanalatura da realizzare viene descritta in un sottoprogramma come profilo sagomato. In un ciclo separato si definiscono le dimensioni della scanalatura nonché i dati di taglio. Il materiale residuo eventualmente non asportato può essere "eliminato" con una successiva passata di finitura.

I vantaggi in breve:

- possibile impiego dell'intera lunghezza del tagliente
- maggiore volume di asportazione nell'intervallo di tempo (in combinazione con AFC)
- salvaguardia della meccanica della macchina
- minori vibrazioni
- finitura integrata della parete laterale

dynamic  **efficiency**



Fresatura trocoidale: lavorazione altamente efficiente di qualsiasi scanalatura

Controlli numerici HEIDENHAIN

Controlli numerici continui per fresatrici, alesatrici, foratrici, centri di fresatura-tornitura e centri di lavoro

I controlli TNC HEIDENHAIN costituiscono una linea universale: dal semplice e compatto controllo numerico parassiale a 3 assi TNC 128 al controllo numerico continuo iTNC 530 (fino a 18 assi più mandrino), andando così a coprire pressoché qualsiasi applicazione, cui si aggiunge ora anche il TNC 640, il controllo numerico continuo per lavorazioni di fresatura e tornitura.

ITNC di HEIDENHAIN sono versatili: di semplice funzionamento ma anche programmabili dall'esterno e quindi ideali per la produzione automatizzata. È possibile eseguire con massima affidabilità sia semplici lavorazioni di fresatura sia, ad esempio con TNC 640 e iTNC 530, fresatura ad alta velocità e con movimento particolarmente uniforme o la lavorazione a 5 assi con testa orientabile e tavola rotante.

Con i termini **Dynamic Efficiency** e **Dynamic Precision** di HEIDENHAIN si combinano funzioni di controllo innovative per una lavorazione altamente precisa ed efficiente.

Dynamic Efficiency consente all'utilizzatore di rendere più efficiente l'asportazione elevata del truciolo e la lavorazione di sgrossatura ma anche di garantire una maggiore sicurezza di processo. **Dynamic Efficiency** è disponibile sui controlli numerici TNC 640 e iTNC 530.

Dynamic Precision assicura pezzi più precisi con superfici pulite con lavorazione rapida, ossia elevata accuratezza abbinata ad alta produttività. Le opzioni software di **Dynamic Precision** possono essere utilizzate con TNC 640, iTNC 530 e TNC 620.



TNC 640



iTNC 530



TNC 620

	TNC 640	iTNC530	TNC 620
Dynamic Precision	x	x	x
CTC – Compensazione di errori di posizione a causa di elasticità	opzione	opzione	opzione
AVD – Smorzamento attivo delle vibrazioni	opzione	opzione	opzione
PAC – Adattamento in funzione della posizione dei parametri di regolazione	opzione	opzione	opzione
LAC – Adattamento in funzione del carico dei parametri di regolazione	opzione	opzione	opzione
MAC – Adattamento in funzione del movimento dei parametri di regolazione	opzione	opzione	opzione
Dynamic Efficiency	x	x	–
ACC – Soppressione attiva delle vibrazioni	opzione	opzione	opzione
AFC – Controllo adattativo dell'avanzamento	opzione	opzione	–
Fresatura trocoidale	•	•	•

x funzioni possibili
• funzione standard

HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH
Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5
83301 Traunreut, Germany

+49 8669 31-0
+49 8669 5061

E-mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de

Per ulteriori informazioni:

- Catalogo TNC 640
- Catalogo iTNC 530
- Catalogo TNC 620
- Informazioni tecniche Dynamic Precision

