



Technické informace

Dynamická výkonnost – Efektivní práce a spolehlivost procesu

Významný potenciál spočívá v efektivním těžkém obrábění—hrubování při vysokých řezných rychlostech—ale také v obrábění obtížně obrobitelných materiálů jako jsou slitiny titanu, materiály na bázi niklu nebo nerezová ocel, což jsou standardní materiály v leteckém průmyslu. Těžké obrábění je především odebrání co největšího objemu materiálu v co nejkratším čase. To znamená tam, kde je mnoho složek řezného procesu tlačeno na mez možností. Pro tento typ vysokovýkonného obrábění je tedy komplexní řízení procesu nezbytným předpokladem kvality a ekonomie. Síly působené procesem obrábění představují pro stroj i nářadí extrémní zatížení. Cílem proto musí být optimalizace úběru materiálu, maximalizace provozní životnosti nástroje a minimalizace zatížení stroje.

V konceptu **Dynamické výkonnosti** nabízí společnost HEIDENHAIN inovativní TNC funkce, které uživateli pomohou zvýšit spolehlivost procesu těžkého obrábění a hrubování pro zvýšení efektivity. Dynamická výkonnost obsahuje tři TNC funkce:

- Aktivní potlačení drnčení (ACC): Tato funkce snižuje tendenci k drnčení a umožňuje větší pracovní posuvy
- Adaptivní řízení posuvu (AFC): Tato funkce reguluje posuv v závislosti na situaci obrábění
- Trochoidální frézování: Funkce pro hrubování drážek a kapes, která snižuje zatížení nástroje i stroje



Každá funkce sama o sobě přináší výhody v procesu obrábění. Přesvědčivého zlepšení je ovšem dosaženo jejich ideální kombinací.

- Snižování doby obrábění díky vyššímu úběru materiálu (ACC, AFC, trochoidální frézování)
- Monitorování zatížení vřetene (AFC)
- Delší provozní životnost nástroje (ACC, trochoidální frézování)

Technologie Dynamické výkonnosti „Dynamic Efficiency“ umožňuje zrychlit výrobní proces, který je díky odlehčení stroje i nářadí ve výsledku efektivnější a ekonomičtější.

dynamic + efficiency

Dynamická výkonnost

Efektivnější těžké obrábění a hrubování

Dynamická výkonnost se zaměřuje na všechny procesy s vysokými řeznými silami a velkým úběrem materiálu. Ty obecně zahrnují hrubování, ale též obrábění obtížně obrobitelných materiálů jako je titan, nerezové slitiny na bázi niklu (jako je Inconel) a mnoho dalších materiálů používaných v nástrojařství, výrobě zápusťek, leteckém průmyslu a v lékařských a energetických technologiích. Síly, které jsou výsledkem procesu obrábění, představují pro stroj i nářadí extrémní zatížení. Toto zatížení se často projevuje jako procesem buzené vibrace vznikající během obrábění. Cílem zdokonalení proto musí být zvýšení úběru materiálu při současném prodloužení provozní životnosti nástroje a snížení zatížení stroje.

Dynamická výkonnost od společnosti HEIDENHAIN se zaměřuje právě na tyto body.



V konceptu **Dynamická výkonnost** společnost HEIDENHAIN kombinuje inovativní TNC funkce, které uživatelům pomohou zvýšit efektivitu těžkého obrábění a hrubování při současném zvýšení spolehlivosti procesu. Vzhledem k tomu, že se jedná o softwarové funkce, nejsou nutné žádné zásahy do mechaniky stroje. **Dynamická výkonnost** pomáhá zvýšit úběr materiálu a zkrátit dobu obrábění.

Dynamická výkonnost obsahuje tři funkce:

- Aktivní potlačení drnčení – Funkce ACC snižuje tendenci k drnčení a umožňuje větší posuvy při zvýšení životnosti nástroje
- Adaptivní řízení posuvu – Funkce AFC reguluje posuv v závislosti na situaci obrábění
- Trochoidální frézování – Funkce pro hrubování drážek a kapes, která snižuje zatížení nástroje i stroje

Každé řešení již samo o sobě nabízí zlepšení procesu obrábění. Avšak zejména kombinace těchto TNC funkcí plně využívá potenciálu stroje i nástroje a současně snižuje mechanické zatížení. I měnící se podmínky obrábění, jako například přerušované řezy, různé postupy vnořování do materiálu nebo jednoduché hloubení ukáží, že se použití vyplatí. V praxi je možné zvýšení časového objemu třísek o 20 až 25 procent.

Funkce Dynamická výkonnost umožňuje vyšší časový úběr materiálu, a tím zvýšení produktivity, aniž by bylo nutno používat speciální nástroje. Zamezení přetížení nástroje a předčasnému opotřebení břitu, jakož i dodatečný zisk spolehlivosti procesu významně přispívají ke zlepšení hospodárnosti.

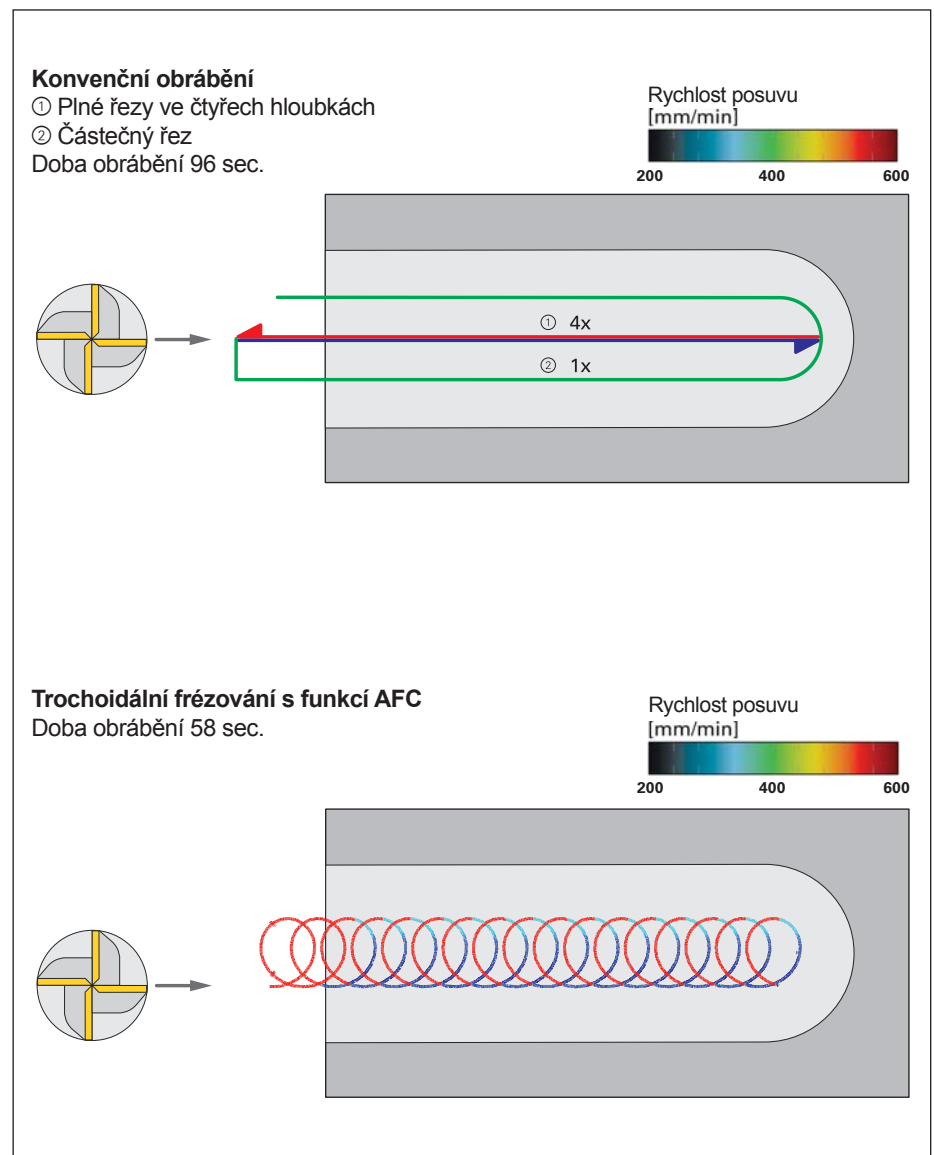
Významný zisk efektivity lze očekávat při kombinaci trochoidálního frézování s adaptivním řízením posuvu. Vzhledem k tomu, že se nástroj vnořuje do materiálu po kruhové dráze, významně se snižuje zatížení stroje a nástroje. Část tohoto pohybu však probíhá ve vzduchu. V této situaci funkce AFC pohybuje nástrojem mnohem vyšší rychlostí posuvu. Během obrábění v cyklu HEIDENHAIN tyto funkce přispívají k enormním časovým úsporám.

Příklad obrábění

Tato ukázka použití jasně ukazuje přednosti funkce **Dynamická výkonnost**. Uvedená drážka je nejdříve obráběna konvenčním způsobem, a potom kombinací trochoidálního frézování s funkcí AFC.

Při **konvenčním obrábění** začíná obrábění drážky vnořením uprostřed drážky. Vzhledem k technologickým charakteristikám (materiálu nebo řezného nástroje) lze každým řezem odebrat pouze čtvrtinu požadované hloubky. Po dosažení požadované hloubky je drážka v dalším pracovním kroku rozšířena na požadovanou šířku (zelená čára). Barva čáry označuje dosaženou rychlost posuvu.

Porovnání obrábění stejné drážky **trochoidálním frézováním s adaptivním řízením posuvu AFC**. Trochoidální frézování je zejména považováno za technologii, která šetří stroj a nástroj, avšak samo o sobě poskytuje jen malou výhodu v rychlosti. Zvláště efektivní zde tedy může být funkce AFC. Tato funkce během řezu ve vzduchu při kruhovém procesu frézování významně zvýší rychlost posuvu a opět ji sníží, jakmile se řezný nástroj dostane do styku s materiálem. Tímto způsobem dosahuje funkce **Dynamická výkonnost** v uvedeném příkladu dramatické úspory času.



V této ukázce obrábění funkce **Dynamická výkonnost** zvyšuje produktivitu oproti konvenčnímu obrábění o 40%.

ACC

Aktivní útlum drnčení (opce)

Během hrubování (výkonového frézování) vznikají velké frézovací síly. V závislosti na otáčkách vřetena, rezonančních vlastnostech stroje a objemu třísek (řezný výkon při frézování) může přitom docházet k takzvanému „drnčení“. Protože drnčení znamená pro stroj i nástroj vysoké zatížení, je považováno za jeden z faktorů, který omezuje úběr materiálu.

Meze úběru materiálu

Úběr materiálu dosažitelný při frézování daného materiálu, omezují tři hlavní faktory: tepelná a mechanická pevnost nástroje, dosažitelný výkon vřetena a výskyt drnčení. Výskyt drnčení sám o sobě není příznakem závady stroje. Při dostatečné pevnosti nástroje a výkonu vřetena se mu, jakožto mezi řezného výkonu, nelze vyhnout.

Příčiny drnčení

Drnčení je výrazem pro dynamickou nestabilitu řezného procesu způsobeného vibracemi během obrábění. Během hrubování, a to zejména při obrábění obtížně obrábitelných materiálů, vznikají velké řezné síly. Výsledkem periodického výskytu těchto sil jsou vibrace mezi nástrojem a obrobkem. Pokud se vibrace zavazbí s řezným procesem,

je do procesu čerpáno více energie ve formě tření, které se může změnit na teplo. Vibrace se násobí a vzniká drnčení. Vznik zpětné vazby závisí na různých faktorech, které zahrnují dynamickou poddajnost stroje na středu špičky nástroje (TCP), nástroj a parametry obrábění.

Vzhledem k tomu, že drnčení jsou samovolně buzené oscilace, je frekvence drnčení vždy blízká přirozené frekvenci stroje.

Konvenční opatření

Drnčení nadměrně zatěžuje stroj a nástroj. Proto se mu většinou předchází. Výskyt drnčení mimo jiné závisí na volbě řezných parametrů (tloušťka třísky, šířka třísky, řezná rychlost atd.). Pro jeho praktické zamezení je nutno snížit řezné parametry (hloubku řezu, otáčky vřetena a rychlost posuvu), což však vede ke snížení produktivity.

Výhody ACC

S TNC opcí aktivního útlumu drnčení (ACC) nyní společnost HEIDENHAIN nabízí účinnou řídicí funkci pro potlačení sklonu stroje k drnčení. Funkce ACC používá útlum pro zvýšení řezné rychlosti, při které se objevuje drnčení.

Účinek funkce ACC je zvláště přínosný během výkonového obrábění:

- Výrazně lepší řezný výkon
- Vyšší úběr materiálu (až o 25% a více)
- Menší síly působící na nástroj a tím jeho vyšší životnost
- Menší zatížení stroje
- Vyšší spolehlivost procesu

Provozní princip funkce ACC

Protože funkce aktivního útlumu drnčení (ACC) je plně softwarové řešení, nevyžaduje žádné mechanické změny stroje. Přídavné systémy (jako snímače nebo akční členy), které by zvyšovaly složitost systému a tím i pravděpodobnost jeho selhání, nejsou potřeba. ACC detekuje drnčení prostřednictvím měření signálů pohonů a používá vlastních pohonů posuvu stroje pro odčerpání energie vibrací.

Tím jsou však také dány meze jevu drnčení, s nimiž lze pomocí funkce ACC pracovat. Pohony posuvu mohou odstranit dostatek energie pouze ve frekvenčním rozsahu do 100 Hz vibrací drnčení. Vyšší frekvence vibrací nejsou dostatečně utlumeny. V jednotlivých případech nelze utlumit ani vibrace drnčení pod 100 Hz, například protože jsou omezeny na nástroj, zatímco pohon působí na stůl.



Součást frézovaná bez ACC: Stopy drnčení jsou jasně viditelné.



Součást frézovaná s funkcí ACC: Při stejné rychlosti posuvu a hloubce řezu povrch nevykazuje stopy drnčení. Proces obrábění probíhá se sníženým zatížením stroje a nástroje.

Působení v praxi

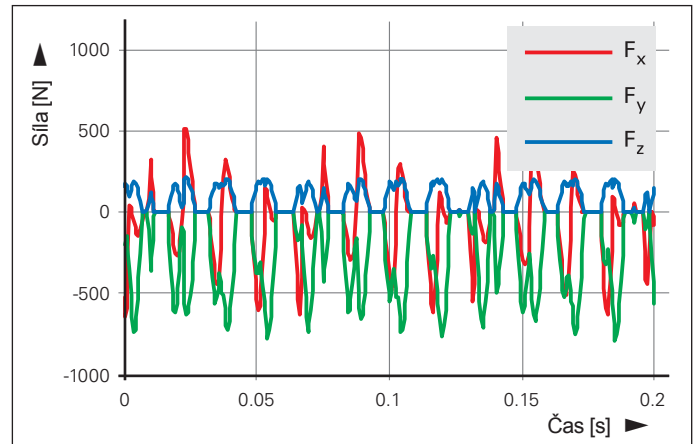
Při pokusech s frézováním velkého množství různých materiálů různými řeznými nástroji se prokázala možnost významného zvýšení úběru materiálu (až 25% a více) v případech, kdy bylo drnčení omezujícím faktorem. Prevence drnčení navíc významně snižuje síly ovlivňující stroj i nástroj. To zvyšuje provozní životnost nástroje a příznivě ovlivňuje životnost součástí stroje (hlavní vřeteno, vodící dráhy, kuličkové šrouby a ložiska).

Použití funkce ACC

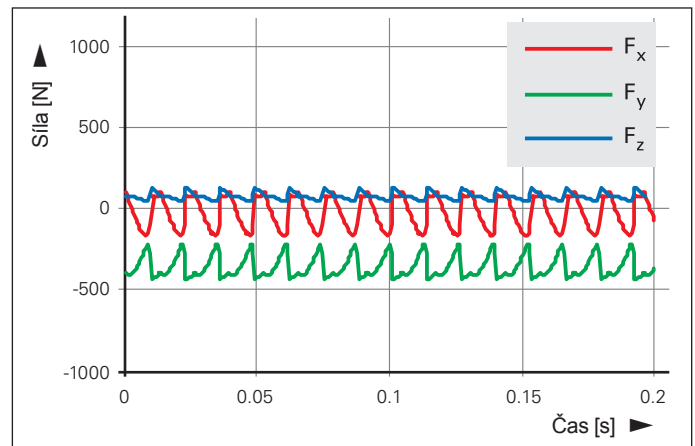
Funkce ACC pracuje v určitém frekvenčním rozsahu pod frekvenci záběru zubů nástroje. Funkci ACC zapíná uživatel prostým výběrem nástroje. Vzhledem k tomu, že geometrie příslušného nástroje má vliv na řezné síly, a proto ovlivňuje charakteristiku vibrací následného drnčení, lze pro každý nástroj konfigurovat samostatnou sadu parametrů. Při výměně nástrojů řídicí systém automaticky přepne sadu parametrů specifických pro nástroj.

Vzhledem k odlišnostem v geometrii strojů může výrobce obráběcího stroje také samostatně konfigurovat parametry ACC specificky pro jednotlivé posuvové osy. V určitých případech může toto dodatečné přiřazení parametrů zlepšit účinek algoritmu ACC.

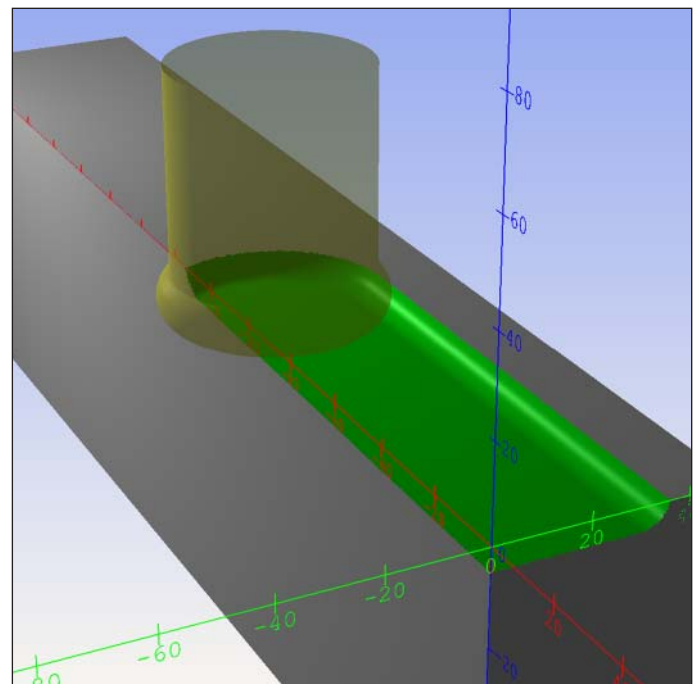
Řezné síly během drnčení



Řezné síly s ACC



Simulované obrábění



AFC

Adaptivní řízení posuvu (opce)

Rychlost posuvu během frézování se zpravidla volí v závislosti na obráběném materiálu, řezném nástroji a hloubce obrábění. Je specifikována pro příslušnou operaci frézování. Když se řezné podmínky během operace mění, například kvůli kolísání hloubky řezu, opotřebení nástroje nebo tvrdosti materiálu, nemá to žádný vliv na rychlost posuvu. Na jedné straně může například rostoucí tloušťka materiálu znamenat, že rychlost posuvu je občas nižší než je potřeba. Doba obrábění je proto delší než by měla být. Na druhé straně vysoká programovaná rychlost posuvu – zejména při rostoucím objemu třísky – může vést k přetížení vřetena a nástroje.

Výhody AFC

Adaptivní řízení posuvu (AFC) od společnosti HEIDENHAIN optimalizuje rychlost posuvu tím, že bere v úvahu výkon vřetena a další procesní data. AFC zajišťuje maximální možnou rychlost posuvu a tím zvyšuje efektivitu. To přináší celou řadu výhod.

Optimalizace doby obrábění

Kolísání rozměrů nebo materiálu (dutiny) se často vyskytuje zejména u odlitků. Odpovídajícím přizpůsobením posuvu řídicí systém udržuje dříve „naučený“ maximální výkon vřetena během celé doby obrábění. Celková doba obrábění se zkrátí zvýšením rychlosti posuvu v zónách obrábění s menším úběrem materiálu.

Monitorování nástroje

Adaptivní řízení posuvu TNC systému trvale monitoruje výkon vřetena, požadovaný pro aktuální rychlost posuvu. Když se nástroj otupí, výkon vřetena roste. Výsledkem je, že TNC sníží rychlost posuvu. Jakmile rychlost posuvu klesne pod definované minimum, TNC reaguje vypnutím a chybovým hlášením, nebo výměnou nástroje. To pomáhá zamezit dalšímu poškození po zlomení nástroje, případně jeho úplnému opotřebení.

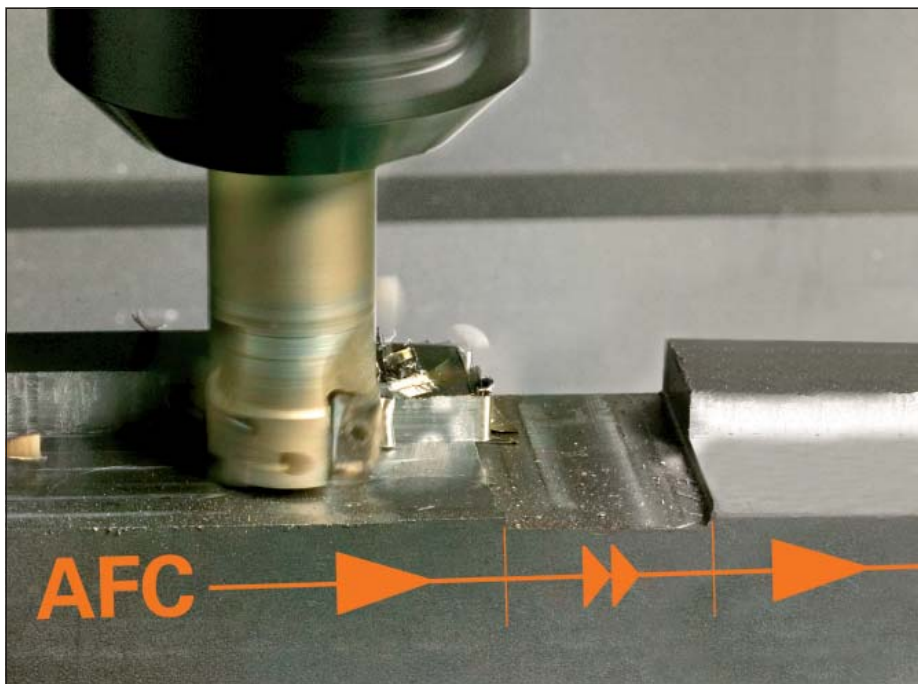
Ochrana mechaniky stroje

Snížení rychlosti posuvu na referenční hodnotu, kdykoli dojde k překročení naučeného maximálního přípustného výkonu vřetena, rovněž snižuje namáhání a opotřebení stroje. Účinně chrání vřeteno před přetížením.

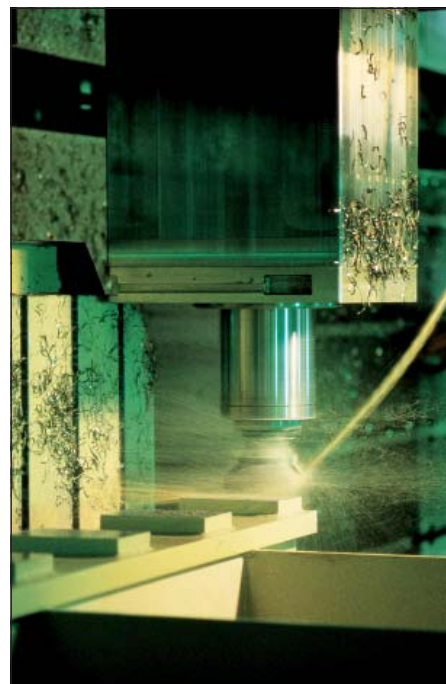
Princip funkce

Použití je jednoduché: Před zahájením obrábění lze maximální a minimální hodnoty výkonu vřetena definovat v tabulce. Hodnoty jsou určeny maximální spotřebou vřetena, kterou TNC systém zaznamenal během zkušebního (teach-in) řezu. Adaptivní řízení posuvu potom soustavně porovnává výkon vřetena s referenčním výkonem a snaží se referenční výkon udržovat přizpůsobením rychlosti posuvu během celé doby obrábění.

dynamic + efficiency



AFC přizpůsobuje rychlost posuvu různým řezným podmínkám.



Trochoidální frézování

Obrábění libovolného tvaru drážky trochoidálním frézováním

Nástroje i konstrukce stroje jsou obzvláště namáhány při frézování obtížně obrobitelných, pevnostních nebo tvrzených materiálů. Zejména při plném obrábění drážky stopkovou frézou vznikají velké síly, protože nástroj a obrobek svírají úhel záběru 180° . To může vést k ohnutí nástroje a tím k chybám geometrie drážky. Pro zachování požadované přesnosti součásti je axiální řezná hloubka často omezena na polovinu průměru nástroje. Hluboké drážky pak musí být hrubovány v několika časově náročných krocích.

Výhody trochoidálního frézování

Výhodou trochoidálního frézování je kompletní obrobení drážek všech druhů způsobem, který snižuje zatížení nástroje a stroje. Proces hrubování je kruhový pohyb, superponovaný na přímý dopředný pohyb.

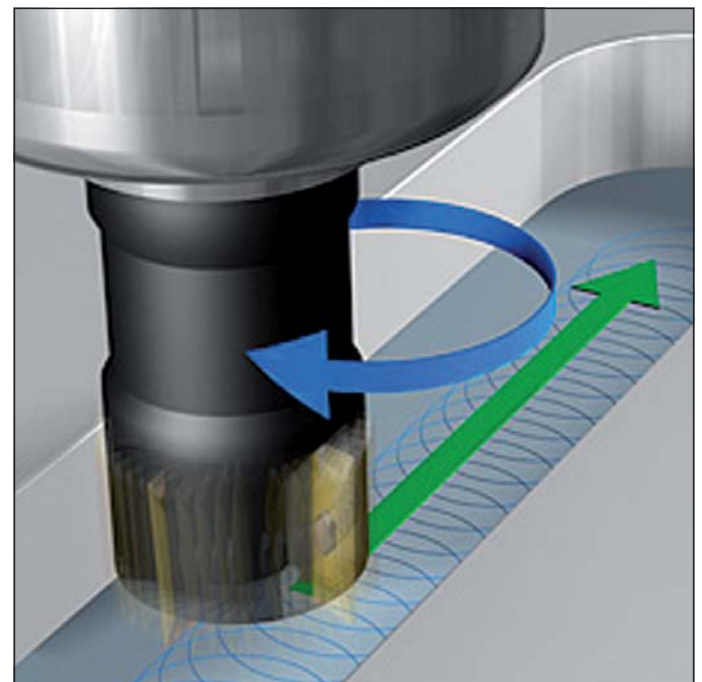
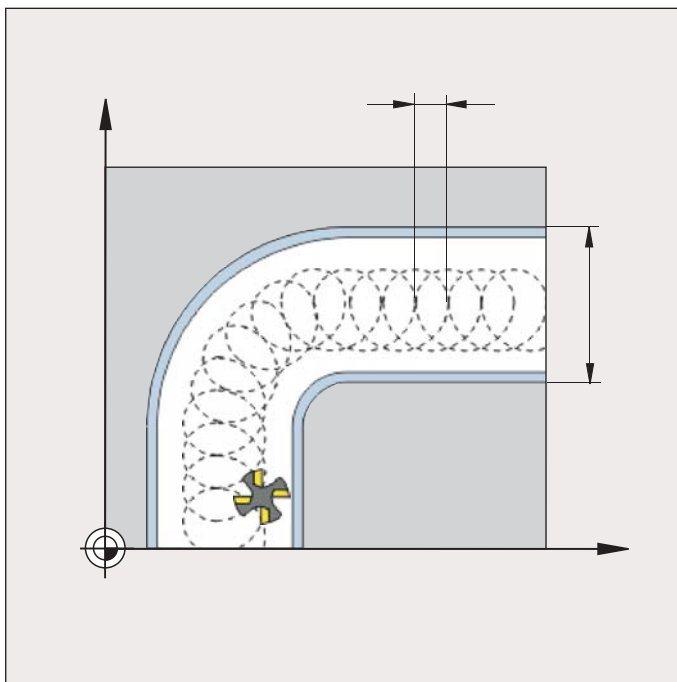
Trochoidální frézování umožňuje velké hloubky řezu, protože převládající řezné podmínky nezvyšují opotřebení nástroje. Ve většině případů to umožňuje používat celou pracovní délku řezného nástroje pro dosažení většího objemu třísek na břit. Kruhové vnoření do materiálu působí menší radiální sílu na nástroj. To snižuje mechanické zatížení stroje a zamezuje vibracím. Enormní úspory času lze dosáhnout kombinací této metody frézování s integrovaným adaptivním řízením posuvu (AFC).

Trochoidální frézování je standardní funkce

Obráběná drážka je popsána v podprogramu jako sled kontur. Rozměry drážky a řezná data jsou definovány v samostatném cyklu. Veškerý zbytkový materiál lze snadno odebrat v následném dokončování.

K výhodám patří:

- Záběr v celé délce řezného nástroje
- Vyšší úběr materiálu (v kombinaci s AFC)
- Odlehčení mechanického zatížení stroje
- Menší vibrace
- Integrované dokončování bočních stěn



Trochoidální frézování: Mimořádně efektivní obrábění všech druhů drážek

dynamic  efficiency

Řídicí systémy HEIDENHAIN

Souvislé řízení strojů pro frézování, frézování/soustružení, vrtání, vyvrtávání a pro obráběcí centra

TNC řídicí systémy společnosti HEIDENHAIN pokrývají celou škálu aplikací: Od jednoduchého kompaktního systému TNC 128 pro pravouhlé 3osé obrábění po iTNC 530 (až 18 os plus vřeteno) – TNC řídicí systémy pro téměř každou aplikaci. TNC 640 je řídicí systém pro frézky, které jsou rovněž schopné provádět soustružnické operace.

Řídicí systémy HEIDENHAIN TNC jsou všestranné:

Jsou dílensky orientované a disponují jak dílenským, tak off-line programováním, a proto jsou ideální pro automatizovanou výrobu. Například TNC 640 a iTNC 530 dokáží spolehlivě zvládat jak jednoduché frézování, tak i vysokorychlostní obrábění (zvláště řízení dráhy s potlačením jerku) nebo 5-osé obrábění s naklápěcí hlavou a otočným stolem.

Společnost HEIDENHAIN kombinuje inovativní řídicí funkce pro efektivní vysoce přesné obrábění pod souhrnnými názvy **Dynamic Efficiency** a **Dynamic Precision**.

Dynamic Efficiency (Dynamická výkonost) pomáhá zvýšit efektivitu těžkého obrábění a hrubování při současném zvýšení spolehlivosti procesu. **Dynamic Efficiency** je k dispozici pro řídicí systémy TNC 640 a iTNC 530.

Dynamic Precision (Dynamická přesnost) umožňuje výrobu přesnějších obrobků s čistými povrchy vysokorychlostním obráběním, což znamená vyšší přesnost i produktivitu. Můžete využít SW funkce **Dynamic Precision** pro řídicí systémy TNC 640, iTNC 530 a TNC 620.



TNC 640



iTNC 530



TNC 620

	TNC 640	iTNC 530	TNC 620
Dynamic Precision	x	x	x
CTC – Kompenzace polohových odchylek spřažených os	Opce	Opce	Opce
AVD – Aktivní potlačení vibrací	Opce	Opce	Opce
PAC – Polohově závislá adaptace regulačních parametrů	Opce	Opce	Opce
LAC – Adaptace regulačních parametrů podle zatížení	Opce	Opce	Opce
MAC – Pohybově závislá adaptace regulačních parametrů	Opce	Opce	Opce
Dynamic Efficiency	x	x	–
ACC – Aktivní útlum drnčení	Opce	Opce	Opce
AFC – Adaptivní řízení posuvu	Opce	Opce	–
Trochoidální frézování	•	•	•

x Možné funkce
• Standardní funkce

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

Další informace .

- Katalog: *TNC 640*
- Katalog: *iTNC 530*
- Katalog: *TNC 620*
- Technické informace *Dynamic Precision*

