



FRÉZOVÁNÍ

Úvod D 2

APLIKACE

Jak postupovat D 3

Frézování různých materiálů D 32

Frézování do rohu D 42

Čelní frézování D 54

Tvarové a rotační frézování D 66

Frézování drážek a závitů D 84

Speciální metody D 100

Problémy a jejich řešení D 128

PRODUKTY

Frézy pro frézování do rohu 90° D 134

CoroMill® 490, CoroMill® 390, CoroMill® 290, CoroMill® 690,
Dokončovací fréza s dlouhými břity Coromant, CoroMill® 790, CoroMill® Century

Frézy pro čelní a ponorné frézování s úhlem nastavení 10° – 75° D 146

CoroMill® 170, CoroMill® 345, CoroMill® 245, CoroMill® 365, AUTO, CoroMill® 360,
T-Max 45, CoroMill® 210, Fréza pro ponorné frézování Coromant

Frézy s kruhovými břitovými destičkami D 163

CoroMill® 200, CoroMill® 300

Frézy s kulovým čelem D 166

CoroMill® 216, Dokončovací fréza CoroMill® 216F s kulovým čelem

Frézy pro frézování hlubokých i mělkých drážek, kotoučové frézy a
frézy pro frézování závitů

CoroMill® 327, CoroMill® 328, CoroMill® 329, T-Max Q-Cutter, CoroMill® 331 D 168

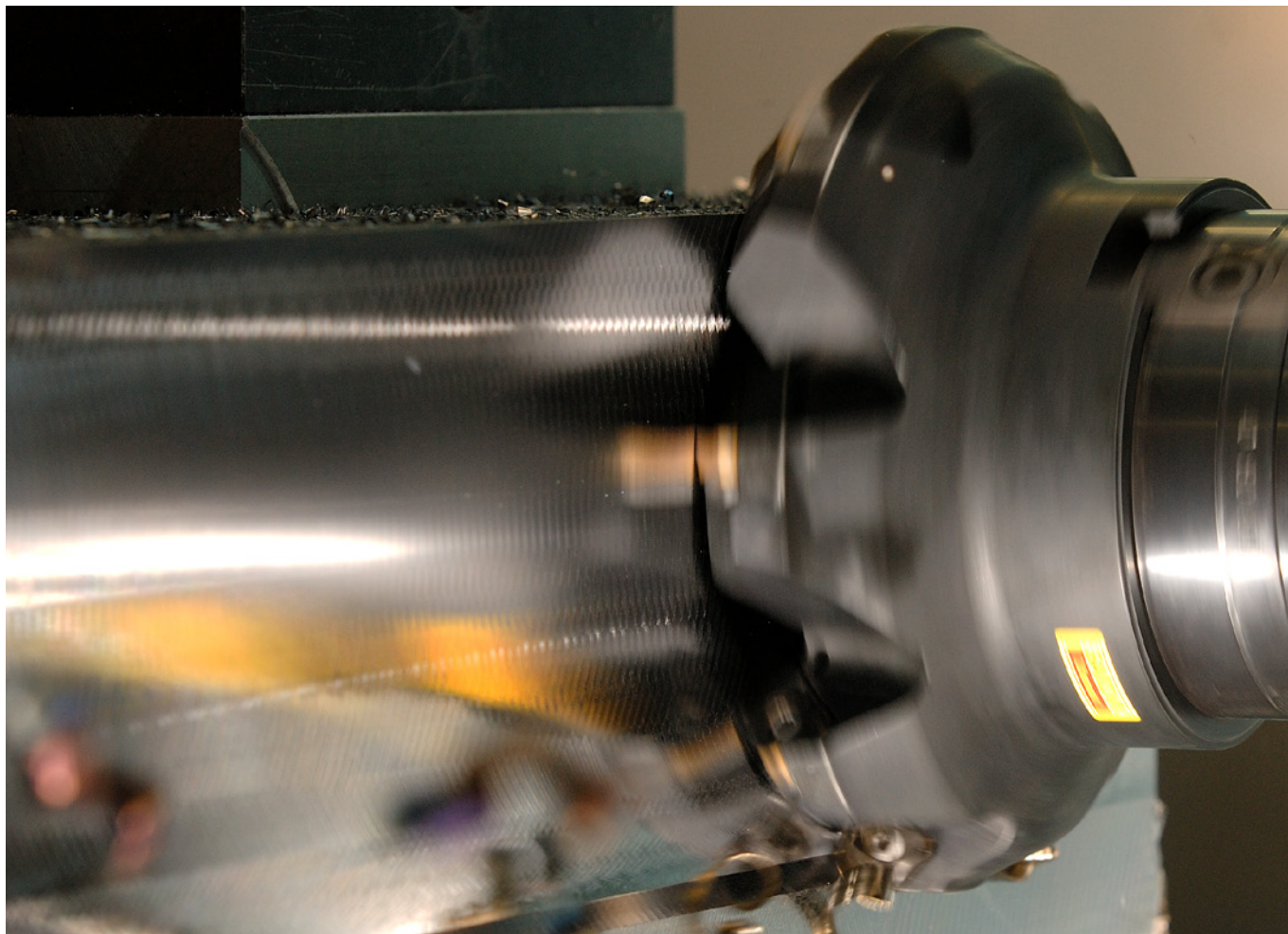
Monolitní karbidové frézy a frézy s vyměnitelnými řeznými hlavami

CoroMill® 325, CoroMill® Plura, CoroMill® 316 D 180

Rozšířená nabídka D 190

Informace o třídách D 192

Doporučení pro volbu posuvu D 196



Úvod

Když na počátku devadesátých let byly uvedeny na trh první frézy CoroMill, byl tím také na trhu nastaven nový standard pokud jde o produktivitu, přesnost a spolehlivost. Od té doby se řada CoroMill vyvíjela a rozrůstala nevídaným způsobem. Současná komplexní nabídka různých řešení pro frézování odpovídá všem požadavkům a vývojovým trendům v oblasti obrábění

Unikátní pokrokové technologie vždy tvořily základ pro všechny koncepce CoroMill a žádnou výjimkou nebyly ani nejnovější výsledky vývoje, například důmyslné konstrukce břitových destiček a jejich lůžek, které jsou nezbytným předpokladem bezkonkurenční výkonnosti fréz, jak je tomu například u CoroMill 345, CoroMill 490, CoroMill 690, atd. Nový systém upínání výměnných řezných hlav (EH - exchangeable head), který řadě stopkových fréz CoroMill 316 poskytuje jejich univerzálnost, je jen dalším příkladem inovací, vytvořených společností Sandvik Coromant.

Spolu se širokým sortimentem geometrií a tříd břitových destiček je vždy k dispozici také vhodné řešení CoroMill, bez ohledu na materiál obrobku a podmínky obrábění.

Trendy

Stroje a metody obrábění

- Vyšší flexibilita 5-ti osých obráběcích center a víceúčelových obráběcích strojů
- Menší, méně stabilní stroje - lehké a rychlé techniky frézování – menší hloubky řezu
- Menší počet strojů/strojních zařízení potřebných pro dokončení součástí
- Větší délky nástrojů

Součásti a materiály

- Pevnější a lehčí materiály s vyšší odolností proti korozi
- Tenkostěnné součásti
- Přesné odlitky a výkovky s pouze minimálními přídávky na obrábění

Jak postupovat

Metody frézování

Frézování představuje nejflexibilnější metodu obrábění, jaká je k dispozici, a umožňuje obrobení prakticky jakéhokoli tvaru. Negativní stránkou této flexibility je, že vlastní proces ovlivňuje celá řada proměnných, což relativně značně znesnadňuje jeho optimalizaci. Tato kapitola se věnuje přesnému určení těchto proměnných a nabízí východiska pro volbu nejlepší metody obrábění a nástroje v závislosti na dané aplikaci.

Část "Jak postupovat" poskytuje přehled produktů pro frézování, obráběcích strojů, definice pojmů a veličin a rovněž všeobecná doporučení, viz strana D 3 – D 31.

Doporučení pro frézování z pohledu materiálu obrobku jsou uvedena v části Frézování různých materiálů, viz strana D 32 – D 41. Poskytuje odpovědi na otázky jako například: Je třeba při frézování titanu použít řeznou kapalinu? Jaký typ frézy je nejvhodnější pro frézování hliníku? Je možné použít keramické břitové destičky pro frézování litiny? atd.

Frézování se obvykle rozděluje na čelní, do rohu, frézování drážek a tvarové frézování, ale spolu s vývojem strojů a programového vybavení se počet metod postupně zvyšuje a mezi v současnosti prováděnými operacemi se velmi často objevuje také rotační frézování, frézování závitů, postupné zahlubování kruhovou interpolací, trochoidální frézování, atd. V této kapitole je rozdělení frézování provedeno do následujících oblastí:

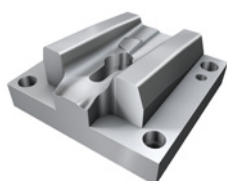
- Čelní frézování, viz strana D 54.
- Frézování do rohu, viz strana D 42.
- Tvarové a rotační frézování, viz strana D 66.
- Frézování drážek a závitů, viz strana D 84.
- Speciální metody, viz strana D 100.

Poslední část se věnuje metodám, jako jsou postupné zahlubování, ponorné nebo trochoidální (kotálcové) frézování, atd.



Výběr metody

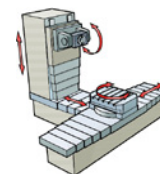
Při výběru nejvhodnější metody a nástrojového vybavení je třeba posoudit tři různá hlediska.



1. Celková vhodnost součásti pro frézování



2. Materiál součásti, tvar a počet obráběných kusů



3. Parametry stroje

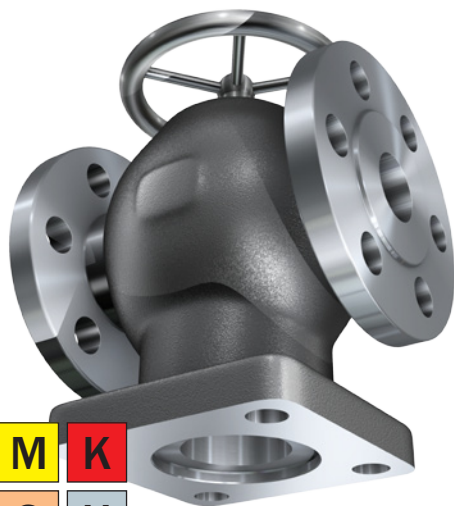
Počáteční analýza

1. Rozbor frézovacích operací a analýza frézovaných ploch

Frézování se postupně vyvíjelo a dnes se z něj stala metoda, která umožňuje provádět velmi široký okruh různých obráběcích operací.

Kromě všech konvenčních aplikací představuje frézování výkonnou alternativu také pro výrobu děr, závitů, dutin a jiných povrchů, které se běžně obrábějí soustružením, vrtáním nebo konvenčními metodami pro řezání závitů.

Je třeba provést důkladný rozbor frézovaných ploch a tvarů. Mohou být situovány hluboko v obrobku, což vyžaduje prodloužené nástrojové sestavy, obráběný povrch může obsahovat vměstky nebo může docházet k přerušovanému řezu.



2. Obráběná součást

Obrobitelnost povrchu obrobku může být velice obtížná vzhledem k přítomnosti kůry po tváření nebo lití.

V případě špatné tuhosti zapříčiněné tenkostěnnými partiemi nebo slabým upnutím, je nezbytné použití zvláštních technik obrábění a speciálního nástrojového vybavení.

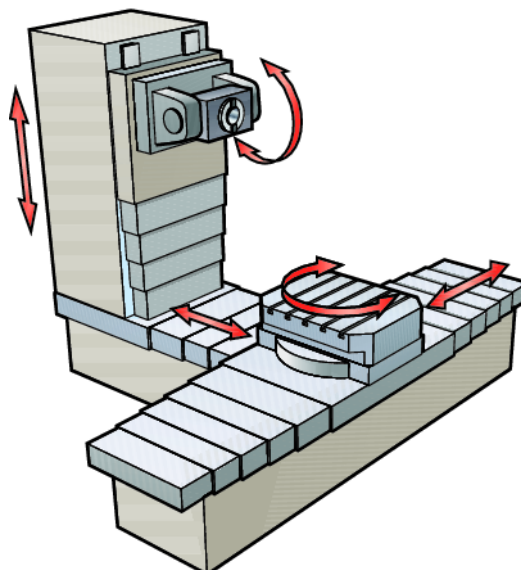
Rovněž je třeba provést rozbor vlastností obráběného materiálu a jeho obrobitelnosti, aby bylo možné stanovit optimální řezné podmínky.

3. Stroj

Velmi důležitý pro volbu metody obrábění je typ použitého obráběcího stroje. Frézování do rohu, čelní frézování nebo frézování drážek je možné provádět na 3-osých obráběcích strojích, zatímco frézování 3D tvarů vyžaduje, v závislosti na aplikaci, použití 4- nebo 5-osého stroje.

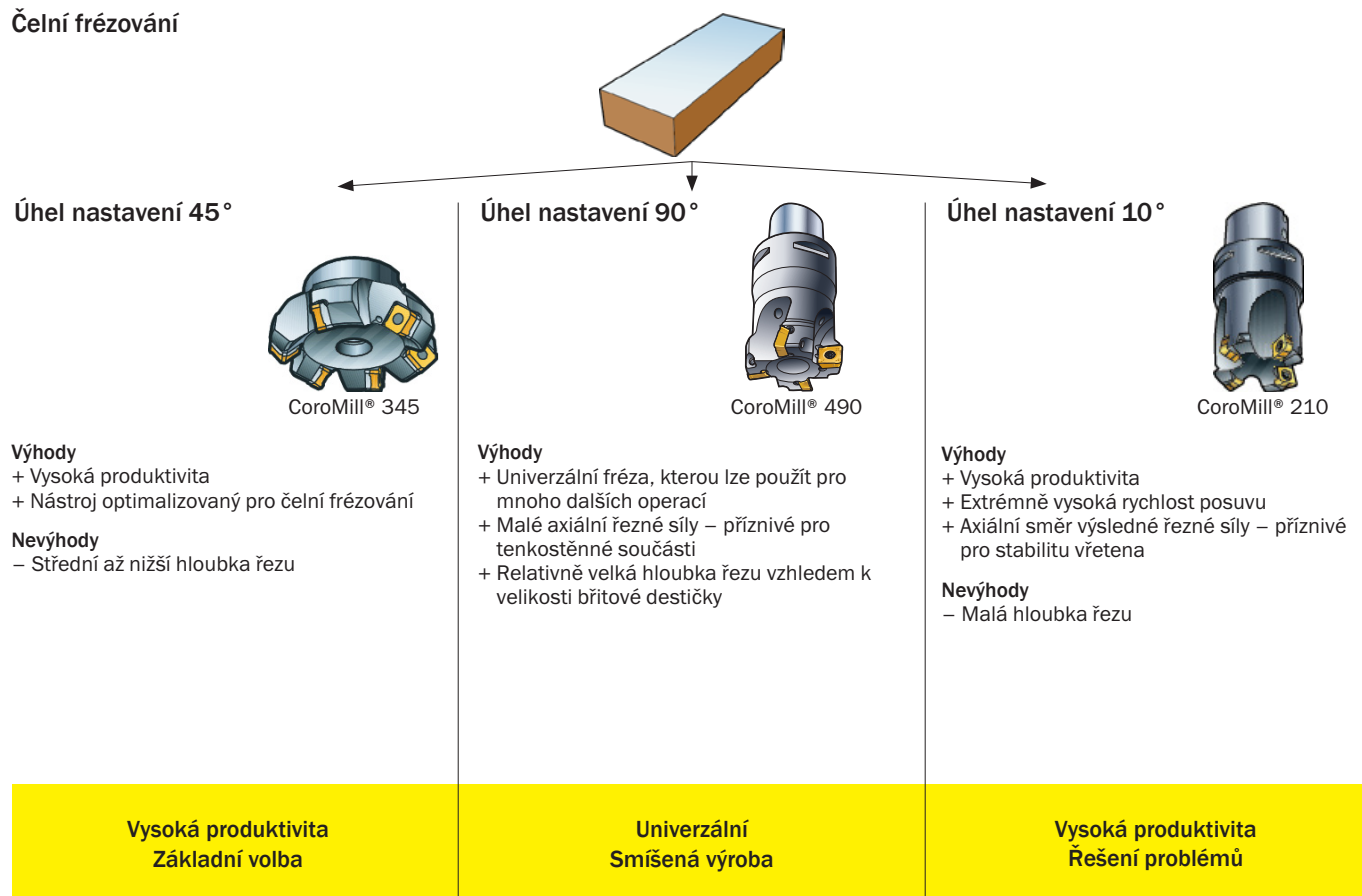
Soustružnická centra v současnosti umožňují provádění frézovacích operací za pomoci poháněných nástrojových držáků, stejně jako obráběcí centra umožňují provádění soustružnických operací. Vývoj CAM systémů se projevuje tak, že 5-osé obráběcí stroje jsou stále běžnější. Ty nabízejí vyšší flexibilitu, ale určité omezení u nich může představovat stabilita.

Podrobnější informace o obráběcích strojích pro frézování, viz strana D 10.

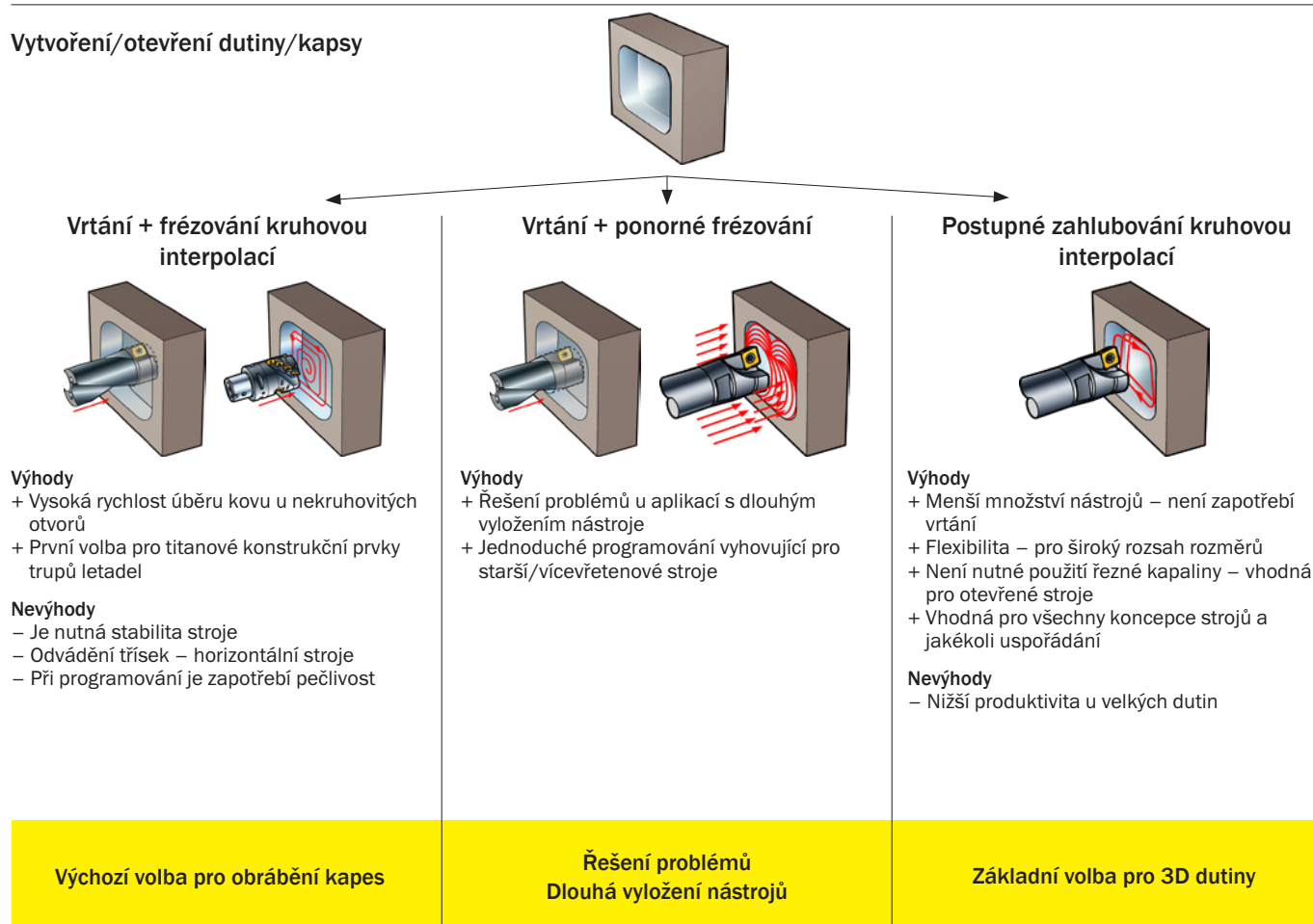


Výběr metody – Příklad

Čelní frézování

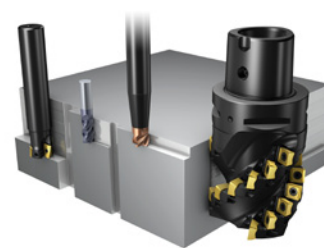
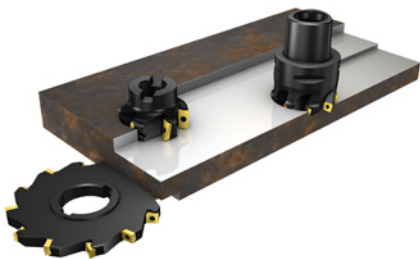


Vytvoření/otevření dutiny/kapsy



Frézování - přehled aplikací

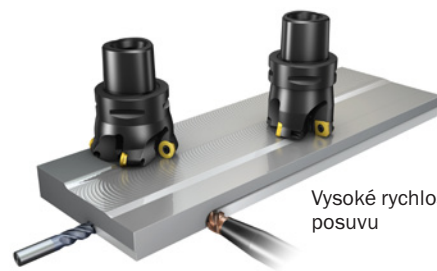
Frézování do rohu viz strana D 42



Čelní frézování viz strana D 54

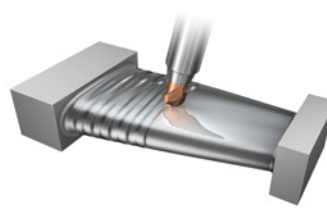
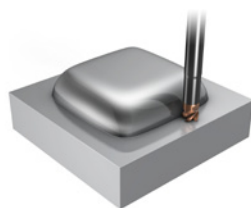
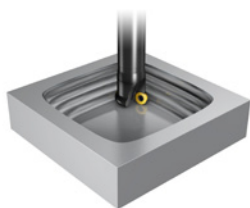


Wiper



Vysoké rychlosti posuvu

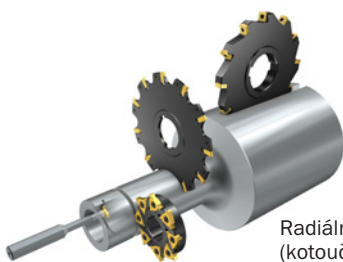
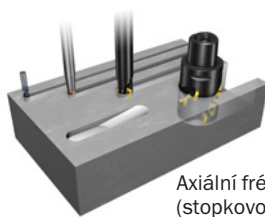
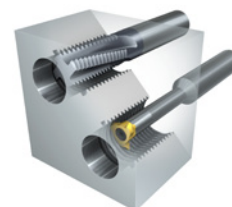
Tvarové a rotační frézování viz strana D 66



Hrubování až dokončování konkávních a konvexních ploch

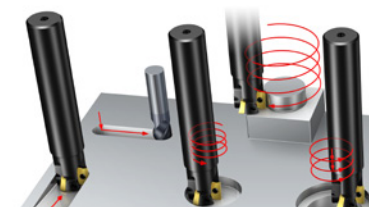
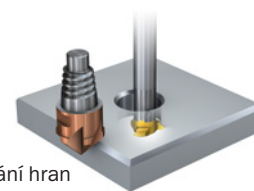
Rotační frézování

Frézování drážek a závitů viz strana D 84

Radiální frézování drážek
(kotoučovou frézou)Axiální frézování drážek
(stopkovou frézou)

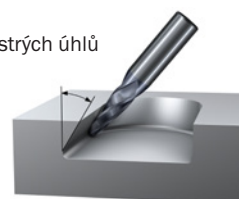
Frézování závitů

Speciální metody viz strana D 100

Postupné zahlubování - lineární
nebo šroubovicovou interpolacíFrézování
kruhovou
interpolacíPonorné
frézování

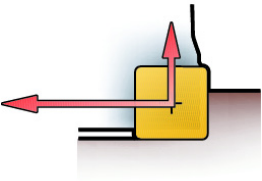
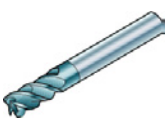


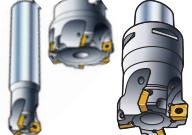
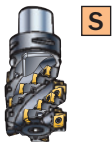


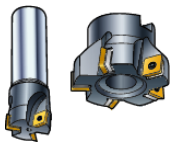
Frézování hran

Frézování ostrých úhlů

Frézování
metodou
tenkých
řezů

Frézování - přehled produktů

Frézy pro frézování do rohu 90°

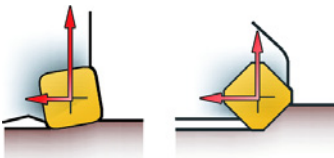
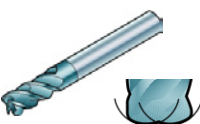





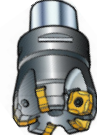
 Strana	 D 183	 D 187	 D 136	 D 134
	 D 140	 D 143	 D 144	 D 139

Frézy s úhlem nastavení 90° jsou velice univerzální, jedná se nejrozšířenější typy fréz. Válcové čelní frézy pro frézování do rohu, čelní stopkové frézy a frézy s dlouhými břity jsou plně zastoupeny v této skupině.

- Fréza CoroMill 490 představuje první volbu pro všeobecné čelní frézování do rohu.
- CoroMill 390 je koncepce válcových stopkových čelních fréz, čelních fréz do rohu a fréz s dlouhými břity s velmi dobrými předpoklady pro šikmé zahlubování. Pro různé specifické operace jsou k dispozici nástroje s tlumením vibrací a široký sortiment břitových destiček s různými poloměry rohů.

- Pásmo menších průměrů pokrývají monolitní karbidové frézy CoroMill Plura a frézy CoroMill 316 s výměnnými reznými hlavami.
- CoroMill 690 je fréza s dlouhými břity určená pro obrábění titanu.
- Fréza CoroMill 790, nejčastěji využívaná pro frézování hliníku, je fréza s vůbec nejlepšími předpoklady pro postupné šikmé zahlubování.
- Mezi ostatní frézy z této skupiny patří dokončovací fréza s dlouhými břity Coromant a čelní dokončovací fréza Sandvik Auto-FS.

Čelní frézy s úhlem nastavení 10° - 75° a frézy pro ponorné frézování

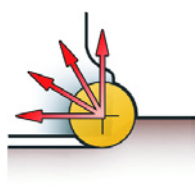
 Strana	 D 183	 D 187	 D 160	 D 150
	 D 148	 D 157	 D 152	Auto D 154 T-Max 45 D 158

Tento široký sortiment fréz se využívá převážně pro proces čelního frézování, ale do této skupiny rovněž náleží frézy s velmi malým úhlem nastavení, které jsou určeny pro ponorné frézování.

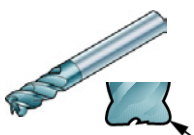
- CoroMill 345 je základní koncepce pro všeobecné čelní frézování, a koncepce CoroMill 245 pak představuje alternativní volbu.
- Koncepce CoroMill 365 se využívá pro frézování litiny.
- CoroMill 360 je fréza pro absolutně nejtěžší podmínky obrábění.
- Fréza CoroMill 210 a odpovídající verze fréz CoroMill 316 a CoroMill Plura jsou velmi dobře přizpůsobeny pro využití technik čelního frézování s vysokými rychlostmi posuvu. Tyto frézy jsou vynikající pro operace s využitím šikmého zahlubování a frézu CoroMill 210 lze použít také pro ponorné frézování.



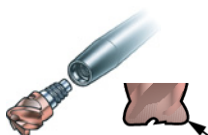
Frézy s kruhovými břitovými destičkami nebo s velkými poloměry rohů



Strana

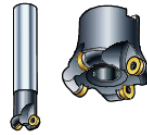
CoroMill® Plura
Velký poloměr rohu

D 182

CoroMill® 316
Velký poloměr rohu

D 186

CoroMill® 200



D 163

CoroMill® 300

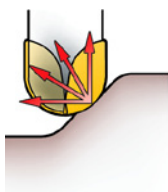


D 164

Frézy s kruhovými břitovými destičkami jsou velmi univerzální a používají se jak pro náročné čelní frézování, tak i pro tvarové obrábění. Tyto frézy mají vynikající předpoklady pro šikmé zahlubování.

- První volbou je fréza s lehkým řezem CoroMill 300. K dispozici je také v provedení jako toroidní stopková fréza, která může být alternativou k frézám s kulovým čelem.
- Fréza CoroMill 200 představuje robustní volbu pro náročnější aplikace.
- Na frézy CoroMill Plura a CoroMill 316 s velkými poloměry rohů lze pohlížet jako na frézy s kruhovými břitovými destičkami.

Frézy s kulovým čelem



Strana

CoroMill® Plura



D 182

CoroMill® 316



D 186

Fréza CoroMill®
s kulovým čelem

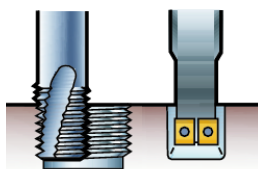
D 166

D 167

Frézy s kulovým čelem jsou přednostně využívány při tvarovém frézování 3D tvarů (plastické tvary povrchu).

- Frézy CoroMill Plura a CoroMill 316 v provedení s kulovým čelem jsou vhodné pro hrubovací až dokončovací operace.
- Fréza CoroMill 216 s vyměnitelnými břitovými destičkami je hrubovací až polodokončovací fréza, zatímco CoroMill 216F byla navržena speciálně pro dokončovací operace.

Frézy pro frézování hlubokých a mělkých drážek, kotoučové frézy a frézy pro frézování závitů



Strana

CoroMill® Plura



D 95

CoroMill® 327
CoroMill® 328

D 168

CoroMill® 329



D 170

CoroMill® 331



D 172

Tyto frézy byly původně vyvinuty pro frézování hlubokých i mělkých drážek. Pokud obrábění drážky probíhá po šroubovici, lze je použít pro vytvoření závitů.

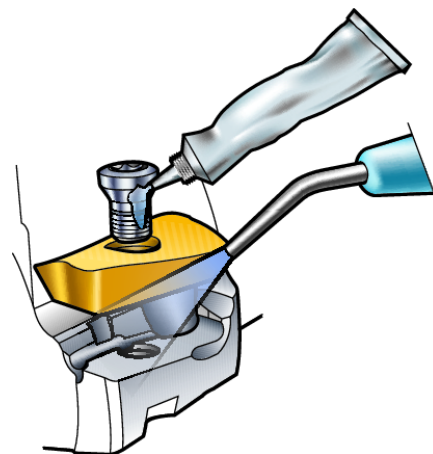
- Koncepte CoroMill 327 a 328 mají tvar břitových destiček optimalizovaný pro řezání závitů, respektive pro řezání drážek pro pojistné kroužky.
- Fréza CoroCutter je určena pro všeobecné frézování drážek a mělkých profilů. Fréza Q-cutter je alternativní volbou pro drážky, které jsou za hranici možností pro frézu CoroCutter.
- CoroMill 331 je ucelená koncepce pro všechny typy pracovních operací prováděných kotoučovými frézami, včetně frézování čelních ploch ze zadní strany.

Údržba nástrojů

Pravidelně kontrolujte, zda během obrábění nebo manipulací nedošlo k poškození lůžka břitové destičky. Ujistěte se, že v lůžku VBD nejsou nečistoty nebo zbytky kovových třísek po obrábění.

Vyměňte opotřebené nebo poškozené šrouby. Pro dotažení upínacího šroubu správným kroutícím momentem používejte momentový klíč.

Aby byla zajištěna co nejlepší funkce a výkonnost, doporučuje se demontáž sestavy a vyčištění všech vnějších i vnitřních funkčních ploch. Přinejmenším jednou ročně namažte všechny části olejem. Podle potřeby je třeba ošetřit mazivem (Molycote) závit, stejně jako spodní část hlavy šroubů.



Momentový klíč

Aby bylo možné dosáhnout co nejlepší funkce frézovacího nástroje, musí být pro jeho montáž a dotažení břitových destiček správným kroutícím momentem použit momentový klíč.

Příliš vysoký utahovací moment má negativní vliv na funkci nástroje a může vést k lomu břitové destičky, podložky nebo upínacího šroubu.

Příliš nízký utahovací moment může být příčinou pohybu břitových destiček, vibrací a zhoršovat výsledky obrábění. Správné hodnoty utahovacího momentu viz Hlavní katalog.

Bezpečnostní opatření – nebezpečné situace

- Třísky jsou velmi horké a mají ostré hrany. Nikdy nesmí být odstraňovány rukou. Mohou způsobit popáleniny kůže nebo poranit oči.
- Ujistěte se, že břitová destička i součást jsou pevně a spolehlivě upnuty v držáku, aby při práci nedošlo k jejich uvolnění. Příliš velké vyložení může způsobit vibrace a lom nástroje.
- Pro bezpečné zachycení částic, jako jsou třísky nebo části odříznutého materiálu, je třeba použít příslušné ochranné prvky nebo bezpečnostní kryty stroje.
- U hrubovacích operací, velkých hloubek řezu a velkých průměrů frézy zkontrolujte, zda stroj disponuje požadovaným kroutícím momentem a výkonem.

Pozor! Max. otáčky vřetena

Při vysokých otáčkách značně narůstá tíha břitové destičky a upínacích prvků, což má vliv na upínací systém. Je důrazně doporučeno provádět veškeré vysokorychlostní obrábění pouze na spolehlivě zabezpečených strojních zařízeních.

Před upnutím břitové destičky se ujistěte, že břitová destička a její lůžko jsou v naprosto bezvadném stavu a nejsou na nich ostré hrany, ani cizí částice, které by mohly vážně ovlivnit účinnost upínacího systému.

Správného upnutí břitové destičky je pro velikost 16 mm dosaženo dotažením šroubu utahovacím momentem 2 Nm a pro velikost 22mm utahovacím momentem 5 Nm.

Poznámka: Břitová destička o hmotnosti 19 gramů váží při 37500 otáčkách za minuu 350 kg.

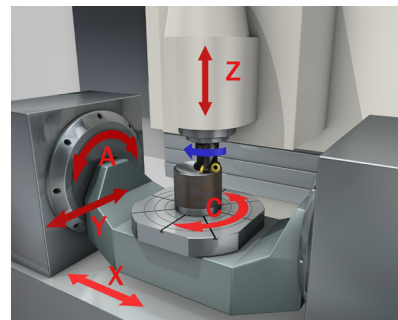
Obráběcí stroje pro frézování

Stavba obráběcích strojů – počet os

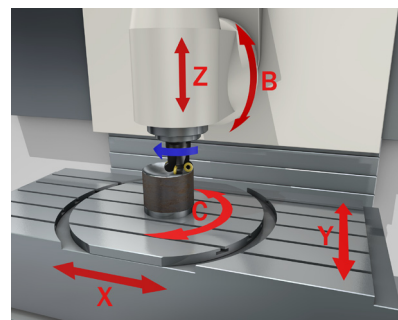
Dříve se obráběcí stroje rozdělovaly do čtyř skupin – horizontální nebo vertikální, a soustružnické nebo frézovací.

V současnosti se obráběcí stroje rozvíjejí ve všech směrech. Soustružnická centra nyní umožňují provádění frézovacích operací díky použití poháněných držáků, a frézovací centra jsou funkčně přizpůsobena pro soustružení – stroje typu turn mill nebo mill turn. Vývoj systémů CAM znamená, že pětiosé stroje jsou stále běžnější. Ve svém důsledku se tyto nové trendy projevují vznikem nových možností a požadavků na nástrojové vybavení:

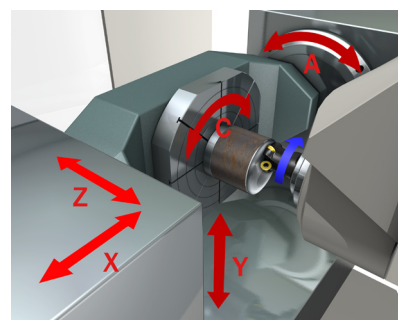
- Zvýšení flexibility
- Menší počet strojů/strojních zařízení potřebných pro dokončení součástí
- Snížení stability
- Větší délky nástrojů
- Menší hloubky řezů



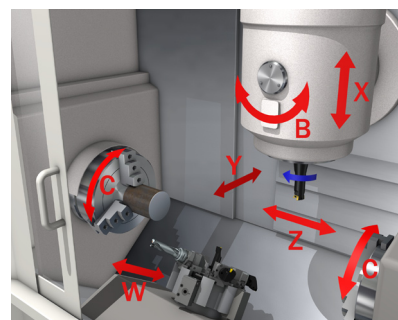
Vertikální obráběcí centrum s pátou A-osou.



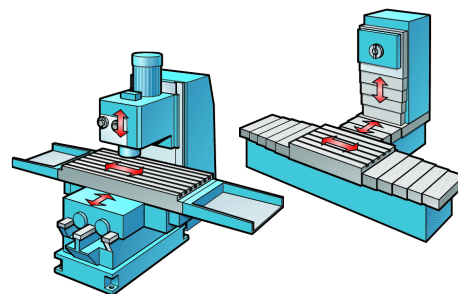
Vertikální obráběcí centrum s pátou B-osou.



Horizontální obráběcí centrum - 5-osé.



5-osé víceúčelové obráběcí stroje.



Vertikální a horizontální 3-osé obráběcí stroje.

Orientace vřetena – horizontální nebo vertikální?

Horizontální:

- Výhodná při frézování velkých součástí.
- Usnadňuje odvádění třísek při frézování dutin a je prevencí proti přetřezávání třísek.
- Menší setrvačné hmoty při akceleraci/brždění.
- Čtyřosé uspořádání velmi často umožňuje přístup ze tří stran.
- Ergonomické a ekonomické výrobní postupy s využitím palet.
- Nejčastější typy strojů, u kterých se uplatní kotoučové a čelní frézy.

Malá vertikální obráběcí centra:

- Celkové prostorové uspořádání není rozměrné, nároky na místo v dílně jsou malé.
- Velmi vhodná pro vysoké řezné rychlosti/rychlosti posuvu – malé hmoty a velké rychlosti.

Velká vertikální obráběcí centra:

- Nabízí větší stabilitu, jelikož obrobek je v klidové poloze na stole stroje.
- Vhodná pro větší a těžší obrobky.
- Pro velmi velké obrobky ve stojanovém provedení.
- Mohou pracovat s dlouhými a hmotnými nástrojovými sestavami.

Stabilita

Funkční stav a stabilita obráběcího stroje mají vliv na kvalitu obrobku. Nadměrné opotřebení ložisek vřetena nebo posuvového mechanismu může mít za následek špatnou kvalitu obrobku.

Neméně důležitá je stabilita celé nástrojové sestavy. Vždy je třeba zvážit faktory, jako jsou vyložení nástroje, použití spojky Coromant Capto, tlumených nástrojů, atd.

Výkon a krouticí moment

Výkon potřebný při frézování ve své podstatě závisí na:

- množství materiálu, které je třeba odebrat
- průměrné tloušťce třísky
- geometrii frézy
- řezné rychlosti.

Čím vyšší je rychlost úběru kovu ($Q \text{ cm}^3/\text{min}$), tím vyšší je potřebný výkon. Malé otáčky vřetena při hrubování exotických materiálů kladou velké nároky na to, aby byl k dispozici dostatečně velký výkon a krouticí moment stroje.

U strojů s nedostatečným kroutícím momentem a výkonem dochází ke kolísání tloušťky třísky, což ve svém důsledku způsobuje nestabilitu chování a výkonnosti stroje.

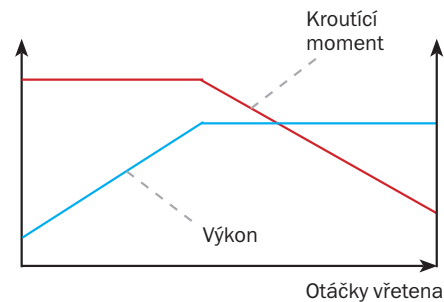
Většina moderních obráběcích center je vybavena přímým pohonem vřetena. Jakékoli zvýšení maximální velikosti a/nebo rozsahu otáček vřetena se projeví:

- Snížením kroutícího momentu při vyšších otáčkách
- Snížením výkonu při nižších otáčkách

Proto u strojů s vysokými hodnotami maximálních otáček existují omezení pro hrubování s frézami větších průměrů, pro které je nutné použití malých otáček a velký výkon.

Obráběcí postupy se tedy musí změnit. To vysvětluje trend směřující k lehčím a rychlejším způsobům obrábění – které využívají menší průměry fréz, malé hloubky řezu, a_p/a_e , a velký posuv na zub, f_z .

Stroje pro obrábění součástí s potřebným vysokým výkonem při nízkých otáčkách je možné opatřit pohonem, který umožní získat optimální výkonnost jak při hrubování, tak i při dokončování.



Všeobecné soustružení

B

Upichování a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrvtávání

G

Upínání nástrojů/ Stroje

H

Materiály

I

Informace/Rejstřík

Velikosti vřeten

vřetena o velikosti ISO 30, 40, 50 a 60 přirozeně mají své neodmyslitelné výhody, ale i nedostatky.

Těžké hrubování vyžaduje větší velikost vřetena, zatímco vysokorychlostní frézování vyžaduje menší krouticí moment, tudíž je výhodnější menší velikost vřetena.

Velikost vřetena určuje maximální průměr frézy a hloubku řezu, se kterou může stroj pracovat.

Ačkoli vzhledem k různým předpokladům obráběcích strojů existují různé výjimky, obecné pravidlo pro volbu velikosti frézy zní:

ISO 60 – "větší frézy"..

ISO 50/Coromat Capto, velikost C8 – D_c 160 mm.

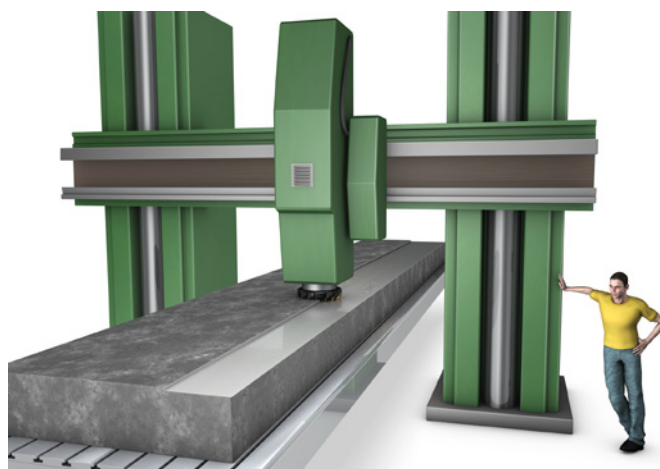
ISO 40/Coromat Capto, velikost C6 – D_c 100 mm.

ISO 30/Coromat Capto, velikost C4 – D_c 50 mm.

U součástí, které vyžadují použití fréz s dlouhými břity je nutné použití vřetena o velikosti přinejmenším ISO 50 nebo Coromant Capto o velikosti C8.

Integrace spojky/rozhraní pro upínání nástrojů přímo do vřetena přináší maximální možnou stabilitu.

Portálové frézky a další větší obráběcí stroje umožňují montáž frézy přímo na konec vřetena, což přináší extrémní stabilitu a nejmenší možné vyložení nástroje.



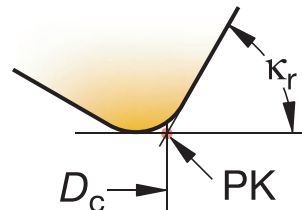
Velké portálové frézky pro těžké obrábění.

Frézování - vysvětlení pojmů

Fréza

úhel nastavení – K_r (stupně)

Úhel nastavení hlavního ostří (K_r) je rozhodujícím faktorem ovlivňujícím směr řezné síly a tloušťku třísky, viz strana D 18.



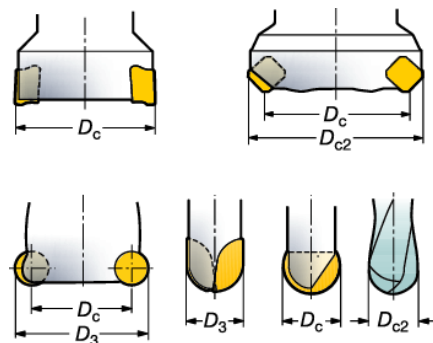
Průměr frézy – D_c (mm)

Průměr frézy (D_c) se měří vůči bodu PK, kde se hlavní ostří setkává s paralelním zábřitem.

D_c je průměr, který se v naprosté většině případů objevuje v objednacím kódu, výjimkou je fréza CoroMill 300, u které je použita hodnota D_3 .

Nejdůležitější průměr, který je potřeba vzít v úvahu, je (D_{cap}) – efektivní průměr v řezu platný pro danou hloubku řezu (a_p) – používá se pro výpočet skutečné řezné rychlosti (v_e), viz strana D 76.

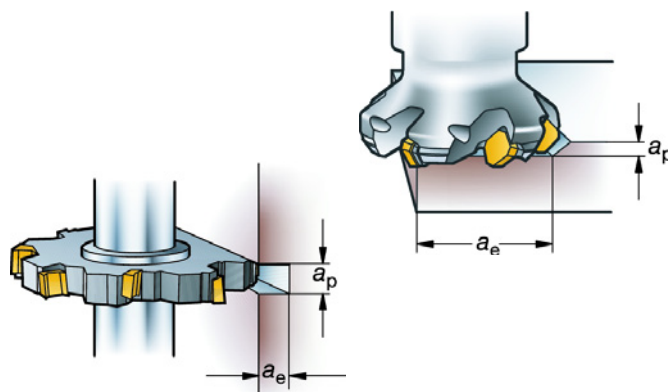
D_3 je největší průměr přes břitové destičky, u některých fréz se rovná D_c .



Hloubka řezu – a_p (mm)

Hloubka řezu (a_p) je rozdíl mezi neobrobeným a obrobeným poloměrem díry. Maximální hodnota a_p je omezena zejména velikostí břitové destičky a výkonem obráběcího stroje.

Dalším kritickým faktorem je u hrubovacích operací krouticí moment a u dokončovacích operací jsou to vibrace.



Šířka záběru – a_e (mm)

Šířka frézy v radiálním směru (a_e) zapojená do řezu. Její překročení je kritické zejména při ponorném frézování a z pohledu vibrací také při frézování rohů, kde je kritická zejména maximální hodnota a_e .

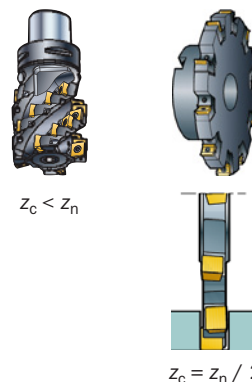
Radiální zanoření – a_e / D_c

Radiální zanoření (a_e / D_c) je poměr šířky záběru vůči průměru frézy.

Počet efektivních břitů nástroje – z_c

Používá se pro stanovení posuvu stolu (v_f) a produktivity. Často má rozhodující vliv na odvádění třísky a funkční stabilitu.

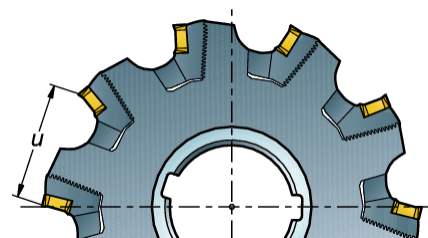
Celkový počet břitů nástroje – z_n



Rozteč – u (mm)

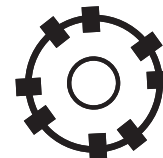
Vzdálenost mezi sousedními efektivními břity (u).

Pro určitý průměr frézy Sandvik Coromant je možné zvolit různě velké rozteče: hrubá (-L), jemná (-M), velmi jemná (-H). Přidání písmena X ke kódu značí, že se jedná o provedení frézy s roztečí poněkud jemnější, než je tomu v případě základního konstrukčního provedení.



Nerovnoměrná rozteč

Znamená, že vzdálenosti mezi jednotlivými zuby frézy nejsou stejné. Jedná se o velmi efektivní způsob, jak minimalizovat tendence k vibracím. Další podrobnosti o roztečích, viz strana D 17.



Frézovací břitové destičky

Geometrie břitové destičky

	L	M	H
L			
Parametr	Geometrie L M H		
Pevnost břitu			
Řezné síly			
Požadovaný výkon			
Max. tloušťka třísky			
Vznikající teplo			

Bližší pohled na geometrii břitu prozradí, že na břitové destičce jsou dva důležité úhly:

- úhel čela (γ)
- úhel břitu (β)

Makrogeometrie je navržena pro práci v lehkých, středních nebo těžkých podmínkách.

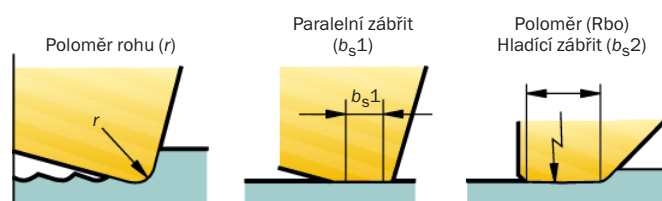
- L (Lehká) geometrie má poněkud pozitivnější, ale zeslabený břit (velký úhel γ a malý β)
- H (Těžká) geometrie má pevnější, ale také méně pozitivní břit (malý úhel γ a velký β)

Makrogeometrie ovlivňuje celou řadu parametrů obráběcího procesu. Břitová destička s pevnou řeznou hranou vydrží větší pracovní zatížení, ale vznikají také větší řezné síly, spotřebovává se větší výkon a vzniká větší množství tepla.

Geometrie optimalizované pro obrábění určitého materiálu jsou označeny příslušným písmenem v souladu s klasifikací dle ISO. Například geometrie pro obrábění litiny: KL, KM, KH.

Konstrukční provedení rohu břitové destičky

Nejdůležitější částí břitu, která rozhoduje o kvalitě obrobené plochy, je paralelní zábřít b_{s1} nebo, pokud jej lze použít, konvexní hladicí zábřít b_{s2} , nebo poloměr rohu r_s .



Frézování - obráběcí proces

Řezná rychlost – v_c (m/min)

Stanoví se jako obvodová rychlost na daném průměru a představuje základní hodnotu pro výpočet řezných podmínek.

Doporučené řezné rychlosti pro všechny typy materiálů a pro různé hodnoty h_{ex} jsou k dispozici v Hlavním katalogu.

Efektivní nebo skutečná řezná rychlost

Stanoví se jako obvodová rychlost na efektivním průměru (D_{cap}).

Tato hodnota je nutná pro stanovení správných hodnot řezných podmínek pro danou hloubku řezu (a_p). Tato hodnota je obzvlášť důležitá při použití fréz s kruhovými břitovými destičkami, stopkových fréz s kulovým čelem a všech typů fréz s většími poloměry rohů, stejně jako fréz s úhlem nastavení menším než 90 stupňů.

$$v_c = \frac{D_{cap} \times \pi \times n}{1000}$$

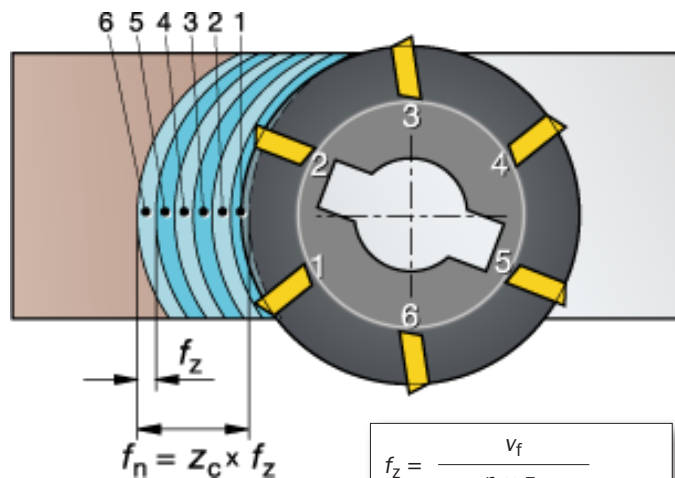
Otáčky vřetena – n (ot/min)

Počet otáček frézovacího nástroje vykonaných vřetenem za jednu minutu. Tato hodnota přísluší obráběcímu stroji a stanoví se z hodnoty doporučené řezné rychlosti pro danou operaci.

Posuv na zub – f_z (mm/zub)

Základní hodnota pro výpočet řezných podmínek, jako například posuvu stolu. Výpočet se provádí také s ohledem na maximální tloušťku třísky (h_{ex}) a úhel nastavení.

Doporučené počáteční hodnoty (f_z) pro většinu fréz CoroMill jsou uvedeny na straně D 196 a v Hlavním katalogu. Pro frézy CoroMill Plura je zohledněn také typ obráběného materiálu.



$$f_z = \frac{V_f}{n \times z_c}$$

Posuv na otáčku – f_n (mm/ot)

Pomocná hodnota, která vyjadřuje o jakou vzdálenost se nástroj posune za jednu celou otáčku.

Používá se výslovně pro výpočet posuvu a v řadě případů pro vyjádření způsobilosti frézy pro dokončování.

Posuv za minutu – v_f (mm/min)

Posuv stolu, strojní posuv nebo také rychlost posuvu v mm/min. Představuje postup nástroje vůči obrobku, závislý na posuvu na zub (f_z) a počtu zubů frézy (z_n).

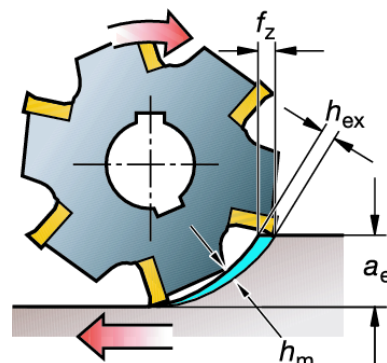
Maximální tloušťka třísky – h_{ex} (mm)

Tato hodnota je dána šířkou záběru frézy v závislosti na (f_z), (a_e) a (K_r).

Tloušťka třísky je velice důležitým faktorem pro stanovení posuvu na zub, který umožňuje kontrolovat, zda byla zvolena nejproduktivnější rychlost posuvu stolu. Viz strana D 20.

Průměrná tloušťka třísky – h_m (mm)

Užitečná hodnota potřebná pro stanovení měrné řezné síly používané pro výpočet potřebného výkonu.

**Rychlost úběru kovu – Q (cm³/min)**

Množství odebraného materiálu, udávané jako jeho obsah v mm³ za hodinu. Stanoví se na základě hodnot pro hloubku řezu, šířku záběru a posuv.

Měrná řezná síla – k_{ct} (N/mm²)

Konstanta používaná pro výpočet výkonu. Měrná řezná síla udává odpor materiálu proti obrábění pro danou tloušťku třísky. Podrobnější informace, viz Materiály, kapitola H.

Výkon P_c a účinnost η_{mt}

Tyto hodnoty přísluší obráběcímu stroji a používají se při výpočtu požadovaného výkonu prováděném za účelem ověření, zda obráběcí stroj je vhodný pro danou frézu a obráběcí operaci.

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{\eta_{mt} \times 60 \times 10^6}$$

Strojní čas – T_c (min)

Obráběná délka (l_m) děleno posuv stolu (v_f).

Další definice a výpočty, viz Informace/Rejstřík, kapitola I.

Výrazy používané v příručce

V definicích jsou použity nejrozšířenější formulace. Pokud pro popis stejné strojní operace existuje více různých vyjádření, je použita terminologie firmy Sandvik Coromant.

Vysokorychlostní obrábění (HSM)

V této příručce se označení HSM nepoužívá. HSM náleží mezi témata, kterým se věnují samostatné publikace.

Lineární postupné zahlubování

Provádí se současným přímočarým posuvem v axiálním i radiálním směru.

Frézování kruhovou interpolací

Kruhová dráha nástroje na konstantní úrovni v ose z (kruhová interpolace).

Postupné zahlubování šroubovicovou interpolací

Provádí se postupným zahlubováním po spirálové dráze (šroubovicová interpolace).

Konturovací frézování po vrstevnici

Frézování na konstantní úrovni v ose z.

Bodové frézování

Mělké radiální řezy kruhovými břitovými destičkami nebo frézami s kulovým čelem, při kterých se oblast řezu přesouvá mimo střed nástroje

Vytváření povrchového reliéfu

Případ, kdy při tvarovém obrábění vznikají charakteristické do hrotu vybíhající linie.

Definice pojmů - Produktivita frézování

Pokud je produktivita frézování definována jako rychlost úběru kovu, $Q \text{ cm}^3/\text{min}$, je její optimalizaci možné provést mnoha různými způsoby. Velmi důležitá je volba správného nástroje pro danou aplikaci, ale stejně zásadní je volba řezných parametrů.

Několik níže uvedených příkladů demonstruje, jak je možné zvýšit řezné podmínky za hranici běžných doporučení a docílit tak vyšší produktivity:



Aplikace		1	2	3	4	5	6	7
		Čelní frézování	Frézování obvodem	Tvarové frézování	Čelní frézování	Čelní frézování	Čelní frézování	Čelní frézování
		Hliník	Malý poměr a_e/D_c	Dokončování	Malý úhel nastavení	Těžké podmínky	Hladící geometrie	Litina
Parametry obrábění	v_c	Velká	Velká	Velká				
	n		Velké	Velké				
	f_z		Velký		Velký	Velký	Velký	
	z							Velká
	v_f	Velká	Velká	Velká	Velká	Velká	Velká	Velká
	a_p			Malá	Malá		Malá	
	a_e		Malá	Malá		Velká		

$Q = v_f \times a_p \times a_e / 1000 \text{ (cm}^3/\text{min)}$, kde $v_f = f_z \times n \times z_n \text{ (mm/min)}$

1. Čelní frézování – Vysoké řezné rychlosti, v_c

Při obrábění hliníku, a někdy také při obrábění litiny pomocí CBN nebo keramických břitových destiček, mohou použité řezné rychlosti přesáhnout 1000 m/min , což se projeví velmi vysokými rychlostmi posuvu stolu, v_f . Tento způsob obrábění se také nazývá Vysokorychlostní obrábění (High Speed Machining - HSM).

2. Frézování obvodem – Vysoké řezné rychlosti, v_c , a posuvy, f_z

Pokud fréza pracuje s malou radiální hloubkou řezu, a_e , čas v řezu na otáčku je krátký a v důsledku toho je teplota břitu nízká. To znamená, že je možné zvýšení řezné rychlosti přesahující běžně doporučené hodnoty. Lze také zvýšit posuv, f_z , jelikož maximální tloušťka třísky, hex, je malá. Hodnota posuvu je omezena požadavkem na kvalitu obrobené plochy. Bližší podrobnosti, viz strana D 50

3. Tvarové frézování – Vysoké otáčky vřetena, n

Tato technika frézování je často nazývána vysokorychlostní obrábění (High Speed Machining - HSM) a je typická pro dokončovací nebo superfinišovací operace při tvarovém obrábění pomocí stopkových fréz s kulovým čelem. Více informací, viz strana D 76.

4. Čelní frézování s malým úhlem nastavení a vysokým posuvem, f_z

Frézy s velmi malým úhlem nastavení umožňují značné zvýšení posuvu, f_z , díky tzv. efektu zeslabení třísky v případě, že a_p je malé. Podrobnější informace, viz strana D 20.

5. Těžké frézování – velké hloubky řezu – obtížné podmínky

Pro náročné aplikace se používají frézy velkých průměrů s velkými břitovými destičkami. Řezná rychlost je normální, ale vysoké hodnoty a_p a f_z , v kombinaci s velkou hodnotou a_e , jej činí velmi produktivním. Podrobnější informace, viz strana D 62.

6. Dokončování pomocí hladících VBD

Při dokončovacích operacích prováděných velkými čelními frézami je běžné, že velikost posuvu, f_z , musí být udržována nízká. Při osazení fréz hladícími břitovými destičkami je možné 2 až 3-násobné zvýšení rychlosti posuvu, aniž by došlo ke zhoršení kvality obrobené plochy. Podrobnější informace, viz strana D 64.

7. Čelní frézování – fréza s velmi jemnou roztečí

Při frézování materiálů tvořících krátké třísky, jako například šedá litina, je možné použít čelních fréz s velmi jemnou zubovou roztečí, což se promítne použitím velkých rychlostí posuvu stolu. Také u materiálů HRSA, kde řezná rychlost je obvykle nízká, se použití fréz s velmi jemnou zubovou roztečí projeví velkou rychlostí posuvu stolu.

"Lehké a rychlé" techniky frézování: Metody 2, 3 a 4 jsou založeny na použití malé hloubky řezu, a_e , a/nebo a_p , přičemž vznikají malé řezné síly a malé množství tepla, což umožňuje zvýšení řezné rychlosti a/nebo posuvu.

Hlavní zásady

Rozteč a počet břitů

Při volbě nejvhodnějšího počtu efektivních břitů frézy, zc, pro danou operaci, je rovněž nezbytné uvážit velikost rozteče (vzdálenost mezi břity). Všechny frézy CoroMill jsou k dispozici v provedení s rovnoměrnou zubovou roztečí.

V závislosti na velikosti a počtu břitů jsou některé frézy k dispozici také v provedení s nerovnoměrnou zubovou roztečí (nestejnoměrná vzdálenost jednotlivých zubů po obvodu frézy).

Nerovnoměrná rozteč zubů je výhodná, protože potlačuje vznik harmonického kmitání a tudíž přispívá ke zvýšení stability, což je velmi příznivé zejména při velkých hodnotách a_e a velkém vyložení nástroje.

Velikost rozteče ovlivňuje zejména:

- Produktivitu
- Stabilitu
- Potřebný výkon
- Přípustný materiál obrobku.

Zvýšení počtu břitů umožňuje zvýšení rychlosti posuvu stolu, zatímco řezná rychlost a posuv na zub mohou zůstat stejné, bez nežádoucího vzniku většího množství tepla na břitu.

Ale zvýšení počtu břitů s sebou přináší také změnu konstrukce nástroje. Menší vzdálenost mezi břity znamená, že se zmenšuje místo pro odvádění třísek a ve většině případů musí mít fréza rovnoměrnou rozteč.

Potřebný výkon je velmi často faktorem, který určuje přípustný počet břitů, které jsou současně v záběru.

Za účelem možnosti optimalizace příslušné aplikace nabízí firma Sandvik Coromant u svých fréz tři různé typy roztečí:

Hrubá –L

Jemná –M

Velmi jemná –H

Frézy s menší velikostí rozteče, -M a -H, se používají v případech dobré stability a pro aplikace s nízkou hodnotou a_e . Tím je zajištěno, že v záběru je vždy více než jeden zub.



Hrubá rozteč –L

Frézy s nerovnoměrnou zubovou roztečí a se sníženým počtem zubů.

- První volba pro nestabilní podmínky obrábění vzhledem k nejnižší úrovni řezných sil
- Omezený výkon
- Prodloužené nástroje
- Frézování drážek do plného materiálu
- Materiály ISO N tvořící dlouhou třísku (velká zubová mezera).



Jemná rozteč –M

V závislosti na koncepci nástroje jde o frézy s rovnoměrnou i nerovnoměrnou roztečí se středním počtem břitů.

- První volba pro hrubování za stabilních podmínek
- Dobrá produktivita
- Dostatečně velká zubová mezera pro hrubování materiálů ISO P, M a S.



Velmi jemná rozteč –H

Frézy s rovnoměrnou roztečí s maximálním počtem zubů.

- První volba pro vysokou produktivitu při nízkých hodnotách a_e (více než jeden břit v záběru)
- Hrubování a dokončování materiálů ISO K
- Hrubování materiálů ISO S v kombinaci s využitím kruhových destiček.



HX

Poznámka: Přidání písmena X ke kódu značí, že se jedná o provedení frézy s roztečí poněkud jemnější, než je tomu v případě základního konstrukčního provedení.

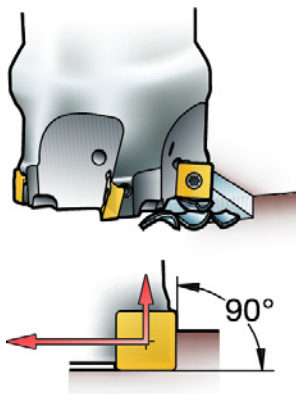
Úhel nastavení

Jde o úhel mezi hlavním ostřím břitové destičky a povrchem obrobku.

Tloušťka třísky, velikost řezných sil a životnost nástroje, všechny tyto parametry silně závisí na úhlu nastavení.

Nejčastěji používané úhly nastavení jsou 90°, 45°, 10° a takové, které vyplývají z použití kruhových břitových destiček, například frézy s kulovým čelem s oblými VBD používané pro menší hloubky řezu.

- Zmenšení úhlu nastavení, K_r , znamená v případě přímého břitu snížení tloušťky třísky, h_{ex} , při dané rychlosti posuvu, f_z . Vliv takového snížení tloušťky třísky se projeví tak, že se celkový účinek odřezávaného materiálu rozloží na větší délku břitu.
- Menší úhel nastavení zajišťuje plynulejší zahájení řezu, snižuje radiální tlak a chrání ostří.
- Axiální řezné síly, narůstající se snižující se hodnotou úhlu nastavení, způsobují zvýšení tlaku na obrobek.



Válcové frézy do rohu 90°

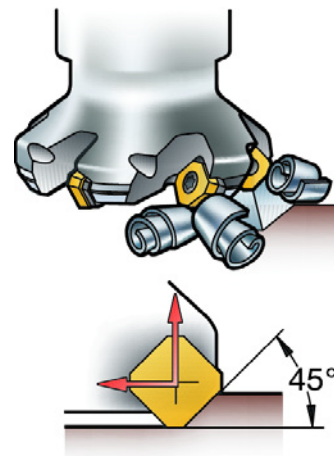
- Hlavní aplikační oblast představuje frézování do rohu.
- Vznikají převážně radiální řezné síly působící ve směru posuvu.
- Obráběný povrch není vystaven vysokému axiálnímu tlaku, což je výhodné při obrábění tenkostěnných nebo zeslabených součástí nebo v případě nestabilního upnutí.

Sortiment fréz: CoroMill 290, CoroMill 390, CoroMill 490, CoroMill 590, CoroMill 690, CoroMill 790, CoroMill Plura a Auto-FS – a pro zvláštní účely také kotoučové a drážkovací frézy: CoroMill 331, CoroMill 327/328 a T-Max Q-cutter.

Frézy s úhlem nastavení 45°

- Hlavní volba pro čelní frézování.
- Vznikající radiální a axiální řezné síly jsou dobře vyvážené.
- Plynulé zahájení řezu.
- Malé tendence k vibracím při frézování s velkým vyložení nástroje nebo při použití menších/méně tuhých nástrojových držáků nebo spojek.
- Vhodné zejména pro frézování obrobků z materiálů tvořících krátkou třísku, u kterých působením nadměrných radiálních řezných sil na postupně klesající množství materiálu v průběhu záběru snadno dochází k vydrolování povrchu obrobku.
- Tvorba tenkých třísek umožňuje v řadě aplikací zvýšení produktivity, protože dovoluje zvýšení rychlosti posuvu stolu a udržení zatížení břitu na rozumné hodnotě.

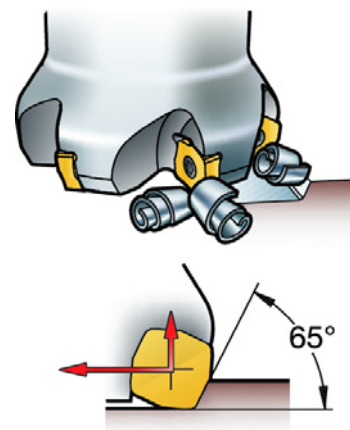
Sortiment fréz: CoroMill 245, CoroMill 345, T-Max 45 a program fréz Sandvik Auto.



Frézy s úhlem nastavení 60° až 75°

- Tyto frézy pro zvláštní účely umožňují použití větší hloubky řezu ve srovnání s běžnými čelními frézy.
- Menší axiální řezné síly ve srovnání s čelními frézy s úhlem nastavení 45°.
- Vyšší pevnost břitu ve srovnání s frézy s úhlem nastavení 90°.

Sortiment frézy: CoroMill 360, CoroMill 365, Auto AF.



Všeobecné soustružení

B

Upíchování a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrývání

G

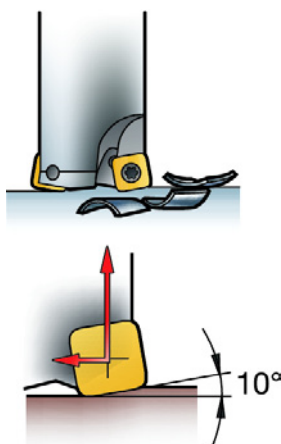
Upínání nástrojů/ Stroje

H

Materiály

I

Informace/Rejstřík

**Frézy s úhlem nastavení 10°**

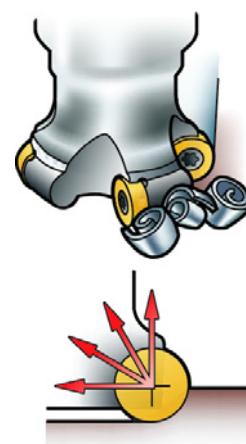
- Frézy pro velké rychlosti posuvu a pro ponorné frézování.
- Malá tloušťka vznikající třísky umožňuje při malých hloubkách řezu použití velmi vysokých hodnot posuvu na zub, f_z , a v důsledku toho i extrémních hodnot posuvu stolu, v_f .
- Převážně axiální řezná síla směřuje proti vřetenu a stabilizuje ho. To je příznivé v případě dlouhých a málo tuhých nástrojových sestav, protože dochází k potlačení sklonů k vibracím.
- Pro ponorné frézování dutin, nebo jestliže je zapotřebí prodloužená fréza.
- Efektivní pro výrobu děr s využitím tří os.

Sortiment frézy: CoroMill 210, CoroMill 316 a frézy CoroMill Plura pro vysoké rychlosti posuvu.

Frézy s kruhovými břitovými destičkami nebo s velkým poloměrem rohů

- Účinné hrubovací frézy a frézy s univerzálním použitím.
- Poloměr rohu poskytuje břitu vysokou pevnost.
- Předpoklady pro práci s velkými rychlostmi posuvu díky tomu, že tenčí třísky je oddělována dlouhou částí břitu.
- Efekt ztenčení třísky umožňuje použití těchto fréz pro obrábění titanu a žárovzdorných slitin.
- V závislosti na tom, jak se mění hloubka řezu, a_p , mění se také úhel nastavení od nuly až do 90°, směr výslednice řezné síly se posouvá podél poloměru břitu a v souvislosti s tím se mění i výsledný tlak během obráběcí operace.

Sortiment frézy: frézy CoroMill 200, CoroMill 300 a v případě malé hloubky řezu také CoroMill 390 s oblými břitovými destičkami; frézy s kulovým čelem CoroMill 216 a CoroMill 216F. V nabídce jsou také monolitní karbidové stopkové frézy CoroMill Plura a CoroMill 316 v provedení s kulovým čelem s velkým poloměrem rohu.



Maximální tloušťka třísky

Maximální tloušťka třísky je nejdůležitější parametr pro dosažení produktivního a spolehlivého obráběcího procesu při frézování.

Efektivního průběhu obrábění je možné dosáhnout pouze tehdy, když hodnota tohoto parametru přesně odpovídá použitému typu frézy.

- Tenká tříska s hodnotou h_{ex} , která je příliš nízká, představuje nejčastější příčinu nízké výkonnosti, která má za následek malou produktivitu. To může negativním způsobem ovlivňovat životnost nástroje a utváření třísek.
- Příliš vysoká hodnota vede k přetížení břitu, což může způsobit jeho lom.



Zmenšení tloušťky třísky umožňuje zvýšení posuvu

Vzhledem k efektu ztenčení třísky je možné zvýšení posuvu na zub ve třech následujících případech:

1. Při použití fréz s přímými břity s úhlem nastavení menším než 90°.
2. Při použití kruhových břitových destiček nebo destiček s velkým poloměrem rohu při malých hloubkách řezu, a_p .
3. Při frézování obvodem s malou velikostí radiálního záběru, a_e/D_e .

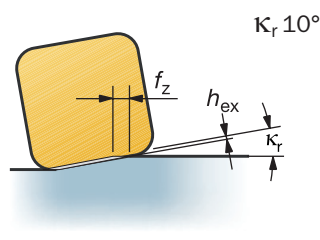
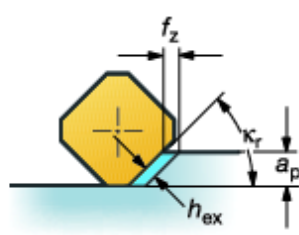
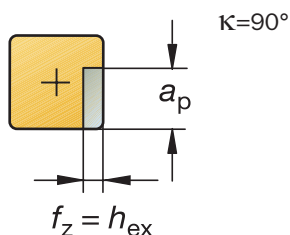
1. Břitové destičky s přímými břity

Pro břitové destičky s přímými břity platí, že tloušťka třísky, h_{ex} , se pro úhel nastavení 90 stupňů rovná f_z . Jak se úhel nastavení, K_r , snižuje, f_z je možné zvyšovat.

Příklad:

Jestliže minimální tloušťka třísky, h_{ex} , je 0.1 a úhel nastavení, K_r , je 45°, doporučená hodnota posuvu, f_z , je $1.4 \times 0.1 = 0.14$ mm/zub.

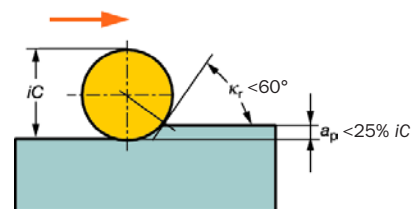
úhel nastavení K_r	Korekční součinitel	f_z (mm/zub):		
		h_{ex} (mm) min. počáteční max.	0.1	0.15 0.2
90°	1.0	0.10	0.15	0.20
75°	1.0	0.10	0.16	0.21
65°	1.1	0.11	0.17	0.22
45°	1.4	0.14	0.21	0.28
10°	5.8	0.58	0.86	1.15



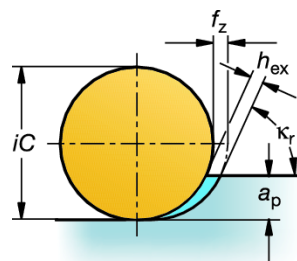
$$h_{ex} = f_z \times \sin K_r$$

2. Frézy s kruhovými nebo oblými břitovými destičkami

- Při použití frézy s kruhovými břitovými destičkami nebo frézy s kulovým čelem lze při omezené hloubce řezu dosáhnout nejvyšší výkonnosti, pokud úhel nastavení, κ_r , zůstane menší než 60° . To znamená, že hloubka řezu nesmí překročit 25% x průměr břitové destičky, iC .
- Pro větší hloubky řezu je výhodnější použít čtvercové břitové destičky s konstantním κ_r o velikosti 45° .
- U kruhových břitových destiček se tloušťka třísky, h_{ex} , mění ve vztahu k úhlu nastavení pro daný bod ostří. Při nízkém poměru a_p/iC je možné značné zvýšení posuvu za účelem zvýšení tloušťky třísky na požadovanou úroveň.
- Kruhové břitové destičky mají lepší předpoklady pro použití větší maximální tloušťky třísky, než je tomu v případě přímých břitů, jelikož díky svému tvaru mají větší odolnost a v záběru je delší část břitu.



$$\cos \kappa_r = \frac{(0.5 iC - a_p)}{0.5 iC}$$



$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC}{2 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2}}$$

Příklad: Koncepce CoroMill 300, břitové destičky s geometrií E-PL

iC	Max. tloušťka třísky, h_{ex} (mm)			Posuv na zub, f_z (mm)							
	Min.	Počáteční	Max.	a_p (mm)							
				0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
8	0.1	0.15	0.2	0.31	0.23	0.19	0.17				
10	0.1	0.2	0.25	0.46	0.33	0.28	0.25	0.23			
12	0.1	0.2	0.25	0.50	0.36	0.30	0.27	0.25	0.23		
16	0.1	0.2	0.25	0.57	0.41	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23

3. Frézování obvodem

Hodnota h_{ex} se mění v závislosti na průměru frézy a šířce pracovního záběru, tedy velikosti radiálního vniknutí frézy, a_e/D_c .

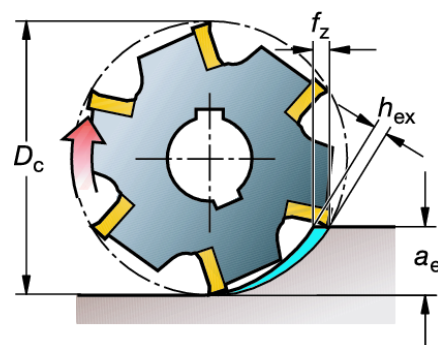
Pokud je jeho hodnota menší než 50%, maximální tloušťka třísky se snižuje úměrně k f_z .

Posuv je možné zvýšit až o velikost danou korekčním součinitelem v níže uvedené tabulce, v závislosti na poměru, a_e/D_c .

Příklad:

D_c 20 mm – $a_e = 2$ mm, $a_e/D_c = 10\%$

$h_{ex} = 0.1$ mm, $f_z = 0.17$ mm/zub.



Poměr šířky záběru k průměru frézy a_e/D_c	Korekční součinitel	f_z (mm/zub):		
		h_{ex} (mm)		
		min.	počáteční	max.
50-100%	1.0	0.1	0.15	0.20
25%	1.16	0.12	0.17	0.23
20%	1.25	0.13	0.19	0.25
15%	1.4	0.14	0.21	0.28
10%	1.66	0.17	0.25	0.33
5%	2.3	0.23	0.34	0.46

Utváření třísky v závislosti na poloze frézy vůči obrobku

Zatížení břitu

Pokaždé, když břit frézovacího nástroje vstupuje do záběru, je vystaven rázovému namáhání. Pro úspěšnost frézování je důležité správně zvolit typ kontaktu mezi břitem a obráběným materiálem na vstupu a také na výstupu z řezu.

Sousledné frézování

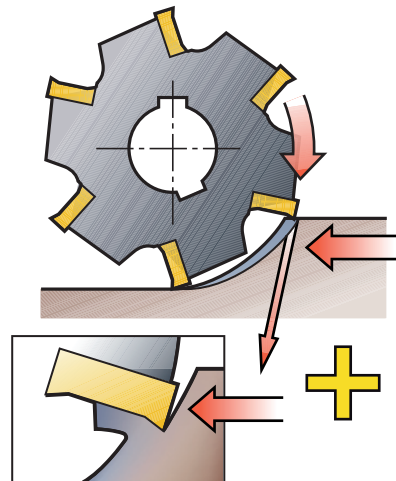
Při sousledném (sousměrném) frézování se obráběcí nástroj posouvá souhlasně se směrem otáčení.

- Sousledné frézování je třeba preferovat vždy, kdykoli to stroj, přípravek a obrobek umožňují.
- Při sousledném frézování obvodem frézy se od zahájení řezu tloušťka třísky postupně snižuje, až na konci řezu dosáhne nulové hodnoty. To chrání břit před ohlazováním a odíráním o obráběný povrch před vlastním zahájením řezu.
- Velká tloušťka třísky je příznivá a řezné síly mají tendenci přitahovat obrobek směrem k fréze a udržovat břit v řezu.

Výjimky, kdy je nutné dát přednost nesouslednému frézování, jsou:

- V případě, že fréza má sklon nechat se vtahovat do obrobku, musí stroj umožňovat kompenzaci vůle pohybového šroubu stolu dovolující eliminaci zpětných pohybů.
- Pokud je nástroj vtahován do obrobku, posuv se nežádoucím způsobem zvyšuje, což může mít za následek nepřiměřeně velkou tloušťku třísky a vést až k lomu břitu.
- Nesousledné frézování může být výhodné, pokud se značně liší velikosti přídavek u obrábění.

Poznámka: Nesousledné frézování se doporučuje při použití keramických břitových destiček pro obrábění žárovzdušných slitin, protože řezná keramika je citlivá na rázy při vstupu do řezu.



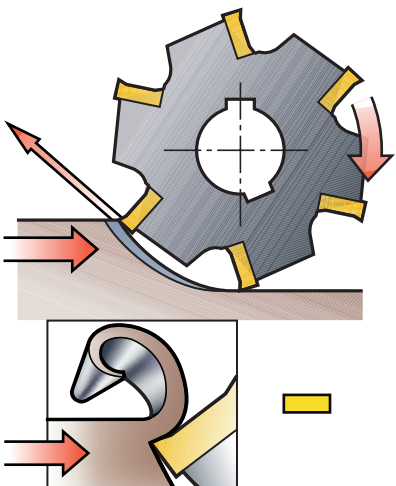
Nesousledné frézování

Při nesousledném (nesousměrném nebo také konvenčním frézování) je směr posuvu obráběcího nástroje opačný, než je směr jeho rotace.

- Tloušťka třísky začíná na nulové hodnotě a směrem ke konci řezu se postupně zvyšuje. Řezné síly mají tendenci tlačit frézu a obrobek směrem od sebe.
- Velká tahová pnutí vznikající v okamžiku, kdy břit opouští záběr, mohou často vést k rychlému poškození břitu.
- Břit musí být do záběru přitlačován a dochází k ohlazování a odírání břitu v důsledku tření, vzniku vysokých teplot a v mnoha případech také kontaktu s mechanicky zpevněným povrchem vytvořeným předchozím břitem. Všechny tyto účinky vedou ke snížení životnosti nástroje.
- Síly, zejména pak radiální, mají tendenci zvedat obrobek ze stolu.
- Velká tloušťka třísky na výstupu z řezu má za následek snížení životnosti nástroje.
- Velká tloušťka třísky a vyšší teploty na výstupu z řezu jsou někdy důvodem k ulpívání nebo navařování třísek na břit, na kterém jsou unášeny až do zahájení dalšího řezu, nebo mohou způsobovat okamžité vylamování ostří.

Přípravky pro upnutí obrobku

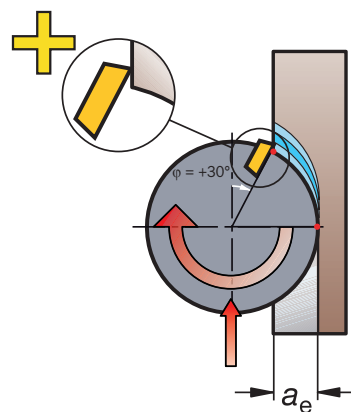
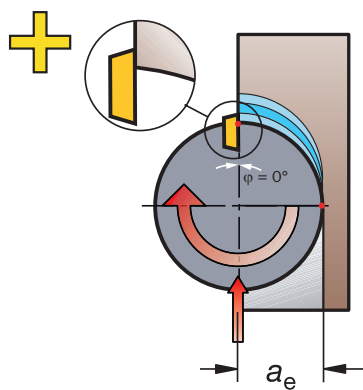
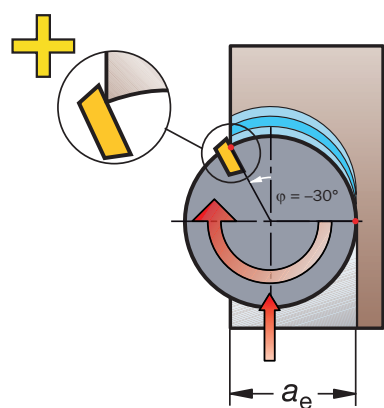
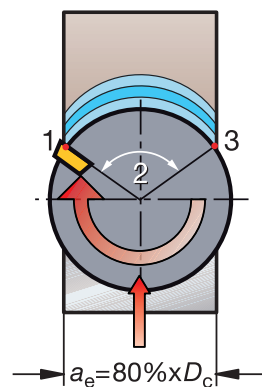
Různý směr posuvu nástroje klade rozdílné požadavky na přípravek pro upnutí obrobku. Při nesousledném frézování musí působit proti silám zvedajícím obrobek. Při sousledném frézování musí potlačovat účinek sil přitahujících obrobek.



Utváření třísky v závislosti na poloze frézy vůči obrobku

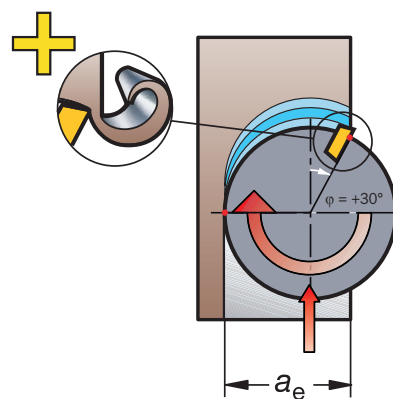
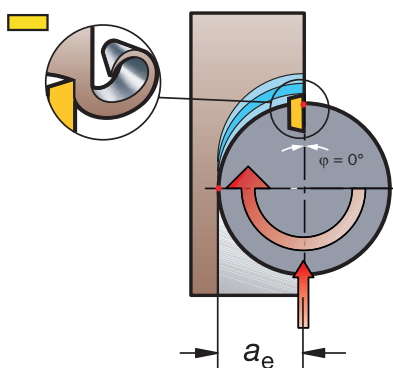
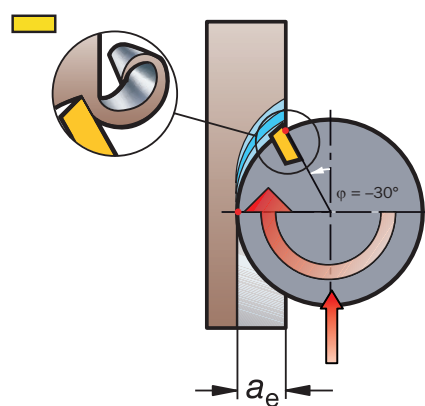
Záběr bříty do obrobku v radiálním směru má tři odlišné fáze:

1. Vstup do záběru
2. Oblouk záběru bříty
3. Výstup ze záběru



1. Vstup do záběru

- Při použití slinutých karbidů se jedná o nejméně choulostivou ze všech tří fází záběru.
- Karbidy dobře snášejí účinek sdružených napětí vznikajících v důsledku rázu při vstupu do záběru, při kterém vzniká tlustší tříska.

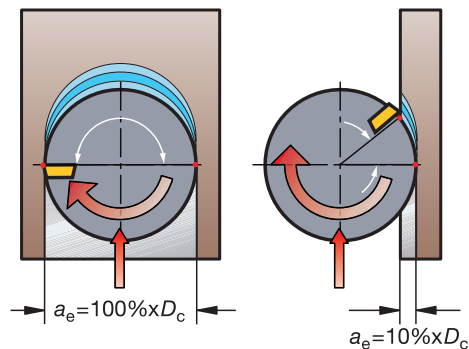


2. Výstup ze záběru

- Výstup ze záběru je nejchoulostivější ze všech tří fází záběru.
- Při použití karbidových břitových destiček velká tloušťka třísky často způsobuje prudký pokles životnosti nástroje. Na konci záběru ztrácí tříska oporu a pokouší se ohnout, což způsobuje namáhání karbidového bříty tahovými silami a může být příčinou jeho lomu.

3. Oblouk záběru bříty

- Největší možný oblouk záběru je 180° ($a_e = 100\% D_c$) při čelním frézování drážky do plného materiálu.
- Při dokončovacím frézování může být oblouk záběru velmi malý.
- Nároky na třídu VBD mohou být značně odlišné, v závislosti na procentním podílu radiálního zanoření, a_e/D_c .
- Čím delší je oblouk záběru, tím větší množství tepla může přestoupit do bříty.
- Při velkém oblouku záběru poskytují břitové destičky s CVD povlakem nejúčinnější ochranu před účinky tepla.
- Při malém oblouku záběru je obvykle tloušťka třísky menší a v takovém případě vznikají při použití tříd s PVD povlakem s ostřejšími břity menší řezné síly a menší množství tepla.



Velký (max.) oblouk záběru

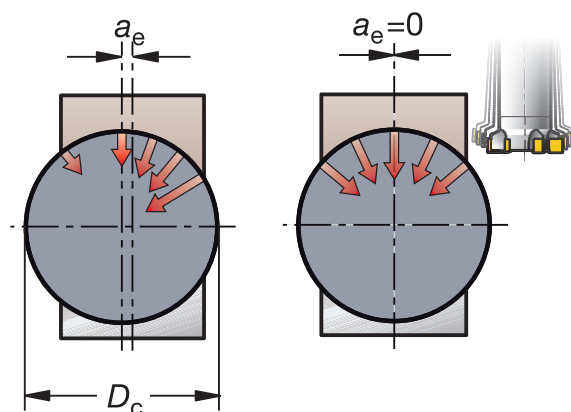
- Dlouhý čas v řezu
- Velké radiální síly
- Vzniká větší množství tepla
- Třídy s CVD povlakem

Malý oblouk záběru

- Krátký čas v řezu a menší množství vznikajícího tepla => vyšší v_c
- Tenčí tříska => vyšší f_z
- Lze použít vyšší v_c a f_z
- Ostré břity
- Třídy s PVD povlakem

Pracovní poloha frézy - krátké shrnutí

- Je třeba zabránit tomu, aby tloušťka třísky při výstupu ze záběru byla velká.
- Poloha frézy by neměla být symetrická s osou obrobku.
- Posunutím frézy mimo střed obrobku (směrem vlevo) lze dosáhnout stálejšího a příznivějšího nasměrování řezných sil a snížení sklonů k vibracím na minimum.
- Průměr frézy, D_c , by měl být o 20-50% větší než šířka záběru, a_e .
- Rovněž je nutné zkontrolovat užitečný výkon na vřetenu, jelikož také ovlivňuje volbu rozteče.



- Průměr frézy D_c by měl být o 20-50% větší než a_e
- Umístěním frézy mimo osu obrobku (směrem vlevo) se sníží tloušťka třísky na výstupu ze záběru.

- V důsledku umístění frézy do středové osy obrobku mohou vznikat vibrace.

Vstup do řezu

Pokud je nájezd do řezu naprogramován po přímé dráze, bude po dobu, než fréza zcela vnikne do obrobku, vznikat na výstupu ze záběru tlustá třísky. V důsledku toho může dojít ke značnému snížení životnosti nástroje, zejména v případě tvrdších ocelí, titanu a tepelně odolných slitin.

Také z pohledu vibrací má plynulý nájezd do záběru zásadní význam.

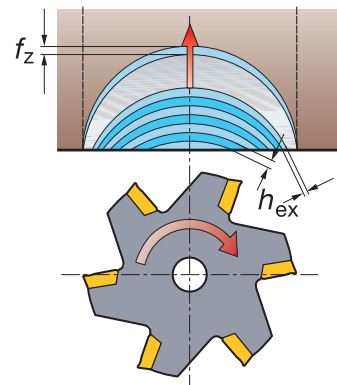
Existují dva způsoby řešení tohoto problému:

1. Snížení posuvu

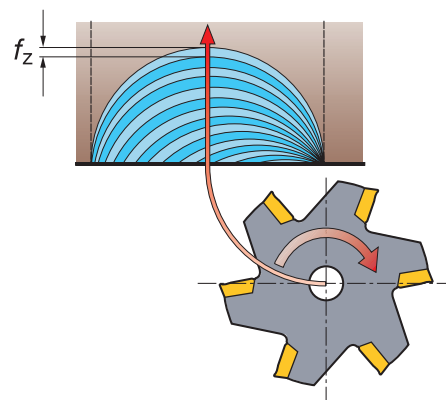
Snížení rychlosti posuvu na 50%, dokud fréza zcela nevnikne do záběru.

2. Odvalovací nájezd - narolování do řezu

Odvalovací nájezd do řezu je třeba naprogramovat po směru hodinových ručiček (naprogramování proti směru hodinových ručiček neřeší problém velké tloušťky třísky na výstupu z řezu). Odvalovací nájezd do řezu, kdy tloušťka třísky na výstupu ze záběru je vždy nulová, umožní použití vyššího posuvu a prodloužení životnosti nástroje.



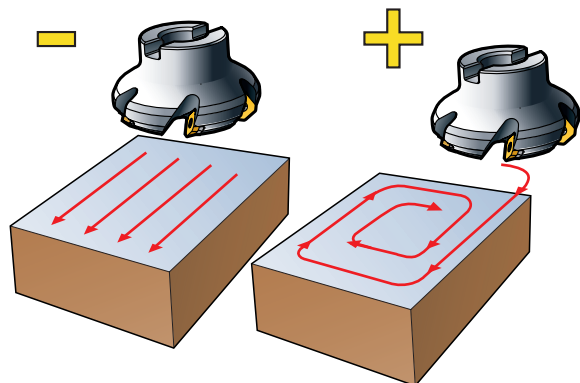
Velká tloušťka třísky na výstupu ze záběru, dokud není dosaženo plného zanoření frézy.



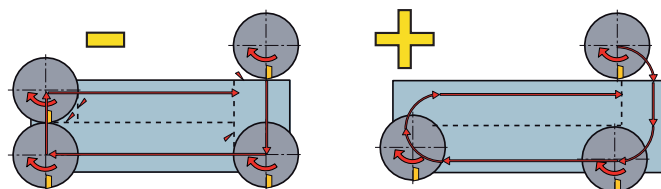
Fréza musí zůstat neustále v záběru

Prudké změny pohybu frézy způsobují stejné problémy, jaké vznikají při nájezdu do řezu po přímé dráze.

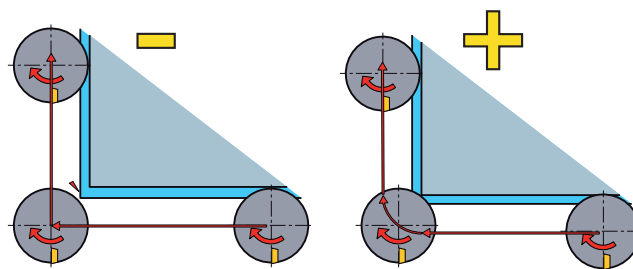
- Při průchodech kolem všech rohů je vždy nutné použít odvalovací pohyb, který je rozhodující pro dosažení stabilního optimalizovaného procesu.
- Šířka záběru, a_e , by měla činit 70% z hodnoty D_c , což umožní maximální šířku záběru v rozích.
- Fréza musí zůstat neustále v záběru.
- Pokud je to možné, naprogramujte dráhu nástroje okolo děr a jiných přerušení.



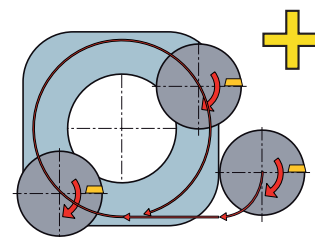
Fréza musí zůstat neustále v záběru.



Při čelním frézování přináší prudké změny směru pohybu nárůst tloušťky třísky na výstupu ze záběru.



Při frézování obvodem je třeba využít odvalovací pohyb kolem vnějších rohů.



Dráhu nástroje je třeba programovat kolem děr a jiných porušení celistvosti povrchu.

Frézování rohů

Významná hlediska

Obrábění rohů vyžaduje pečlivé zvážení přípustné velikosti úhlu záběru frézy a také přiměřené rychlosti posuvu.

- Při nájezdu frézy do vnitřního rohu se zvětšuje radiální oblouk záběru, což s sebou přináší mimořádné požadavky na břit.
- Často dochází ke ztrátě stability obráběcího procesu, vzniku vibrací a snížení bezpečnosti obrábění.
- Kolsání řezné síly často vede k odříznutí části rohu (podříznutí).
- Existuje zde také riziko vylamování břitů nebo celkového lomu nástroje.

Řešení – zmenšení velikosti oblouku záběru

S využitím naprogramování poloměru na dráze nástroje (frézování kruhovou interpolací) je možné zmenšit velikost úhlu opásání a šířky radiálního záběru a dosáhnout tak snížení tendence k vibracím, což umožní použití větších hloubek řezu a rychlostí posuvu.

- Poloměr rohu se vyfrézuje větší, než je udáno na výkrese. To může být někdy výhodné vzhledem k tomu, že je pro hrubování možné použití frézy o větším průměru a dosáhnout tak vysoké produktivity.
- Pro frézování požadovaného poloměru rohu je následně možné použít přřezu o menším průměru D_c .

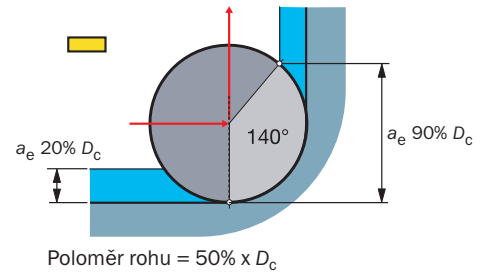
Hrubování

Jako optimální se ukazuje naprogramování poloměru dráhy nástroje v rohu o velikosti 50% D_c .

Dokončování

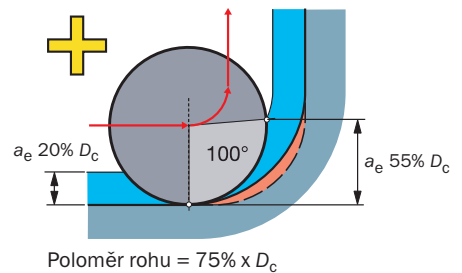
Při dokončování není vždy možné použití tak velkého poloměru dráhy nástroje; průměr frézy by ale neměl přesáhnout hodnotu 1.5 x poloměr rohu součásti (např. pro poloměr rohu 10 mm = max 15 mm).

Problém



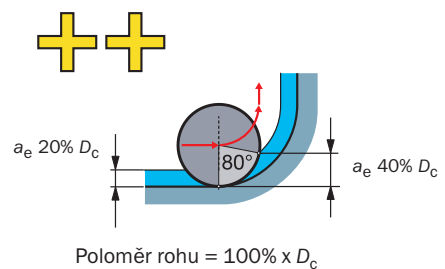
Tradiční způsob frézování rohů

Řešení č. 1



Frézování většího poloměru rohu součásti

Řešení č. 2



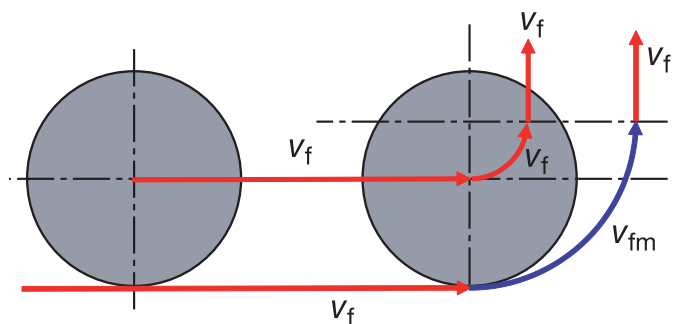
Použití frézy o menším průměru

Programování

Posuv v ose a na obvodu nástroje

Konstrukce stroje uvažuje buď posuv v ose nástroje, v_f , (bez korekce na poloměr) nebo na obvodu nástroje, v_{fm} (s korekcí na poloměr).

Jestliže stroj vyžaduje, aby byl zadán posuv v ose nástroje a namísto toho je naprogramován posuv na obvodu (u strojů bez korekce na poloměr), potom je hodnota f_z příliš velká a z toho také pramení riziko lomu břitové destičky.



Posuv v ose nástroje, v_f , nebo na obvodu, v_{fm} .

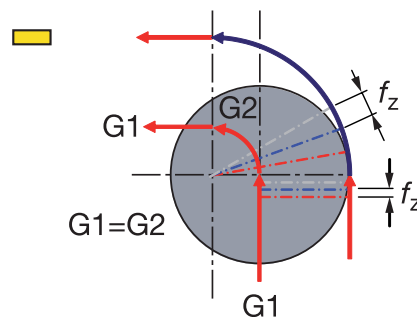
Programování posuvu středu nástroje

Programovací funkce používané u NC strojů častěji využívají programování posuvu středu nástroje, než posuvu na obvodu.

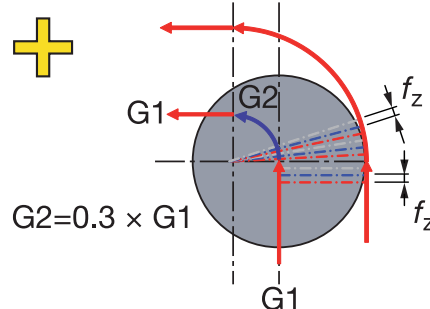
V případě pohybu obráběcího nástroje po přímočaré dráze (G1), je rychlost posuvu po stěně součásti, v_{fm} , stejná jako naprogramovaná hodnota rychlosti posuvu, v_f , zatímco rychlost posuvu na obvodu je při pohybu po poloměru (G2) vyšší, než je rychlost posuvu středu nástroje. Proto je nutné snížení rychlosti posuvu stolu, v_f , aby byla zachována hodnota posuvu na zub, f_z .

Korekční součinitel je možné stanovit z následující tabulky a závisí na:

- Poměru průměru frézy k obráběnému poloměru - D_c/rad_m
- Velikosti radiálního záběru - a_e/D_c



Bez snížení rychlosti posuvu středu nástroje se v rozích zvýší hodnota f_z .



Se snížením rychlosti posuvu středu nástroje.

Snížení rychlosti posuvu středu nástroje

Hodnota korekčního součinitele pro posuv v rozích (k)										
D_c/rad_m	a_e/D_c									
	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95
2.00	0.22	0.34	0.40	0.45	0.48	0.53	0.60	0.67	0.75	0.86
1.80	0.30	0.34	0.42	0.46	0.50	0.53	0.60	0.67	0.75	0.86
1.60	0.44	0.42	0.44	0.49	0.53	0.56	0.60	0.67	0.75	0.86
1.40	0.55	0.54	0.54	0.52	0.56	0.59	0.62	0.67	0.75	0.86
1.20	0.63	0.64	0.64	0.64	0.62	0.65	0.63	0.71	0.75	0.86
1.00	0.71	0.72	0.72	0.73	0.74	0.62	0.77	0.79	0.83	0.86
0.80	0.78	0.79	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.87	0.89	0.94
0.60	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93	0.96
0.40	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.98
0.20	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99

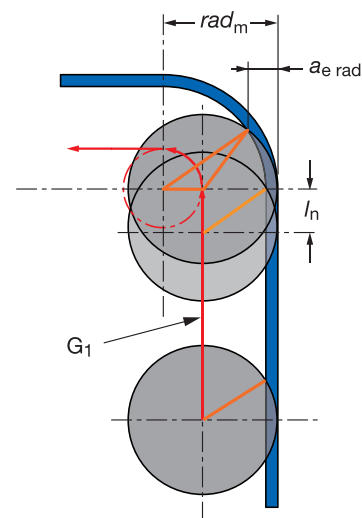
$$v_f \text{ redukovaná} = k \times v_f$$

Snížení posuvu před najetím do rohu

Snížení rychlosti posuvu před najetím do rohu je mimořádně důležité zejména při frézování vysokými rychlostmi.

Jak se fréza postupně blíží ke konci přímé dráhy G1, oblouk záběru se začíná postupně zvětšovat. Proto je třeba snížit posuv ještě předtím, než fréza najede do rohu, tedy v úseku l_n , který má délku $50\% \times D_c$.

Systém řízení stroje s pokročilou diagnostickou funkcí provádí všechny potřebné změny rychlosti posuvu automaticky.



Snížení posuvu ve vzdálenosti: $l_n = 50\% D_c$

Frézování za sucha nebo s použitím řezné kapaliny

Frézovací operace jsou neodmyslitelně spojeny s přerušovaným průběhem řezu. To způsobuje, že teploty vznikající na břitě neustále kolísají mezi určitou úrovní vysokých (~1000°C) a nízkých teplot.



Účinky řezné kapaliny

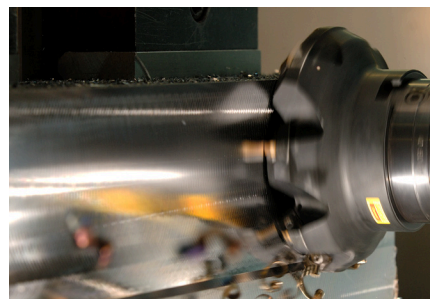
- Změny teplot se nestále opakují spolu s tím, jak břit vstupuje do záběru a zase z něj vystupuje.
- Břit je tak vystaven tepelným rázům a cyklickému namáhání, což může mít za následek vznik trhlin a v nejhorším případě může vést až předčasnému ukončení faktické životnosti nástroje.
- Čím vyšší je teplota v místě řezu, tím méně vhodné je použití řezné kapaliny. U dokončovacích operací nezpůsobuje použití řezné kapaliny tak významné zkrácení životnosti nástroje, jako je tomu v případě hrubovacích operací, jelikož při dokončování vzniká menší množství tepla.



Tepelné trhliny na břitě

Frézování za sucha prodlužuje životnost břítu

- Při frézování za sucha dochází ke kolísání teplot, ale tyto změny nepřesahují individuální možnosti karbidových tříd.
- Veškeré hrubovací frézovací operace by se měly provádět za sucha.

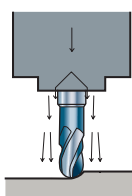


Výjimky, při kterých může být použití řezné kapaliny oprávněné

- Dokončování korozivzdorné oceli a hliníku:
 - brání ulpívání kovových částic na ploše povrchu.
- Frézování žárovzdorných slitin při nízkých řezných rychlostech:
 - mazání styčných ploch a ochlazování povrchu součásti.
- Frézování litin:
 - zachycení a odplavení prachových částic s ohledem na zdraví, životní prostředí a kvalitu součásti.
- Frézování tenkostěnných součástí:
 - prevence proti geometrickým změnám tvaru (zkroucení).
- Mikrolubrikační systém, tedy stlačený vzduch s malým množstvím speciálního oleje, lze použít pro usnadnění odvodu třísek z hlubokých dutin.

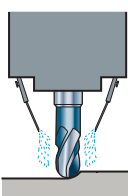
Stlačený vzduch

+++



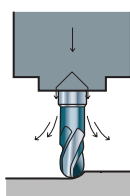
Olejová mlha

++



V případě mikrolubrikačního systému obsahuje "olejová mlha" pouze několik ml oleje za hodinu a je jí možné odsávat pomocí běžného ventilačního systému s filtrací.

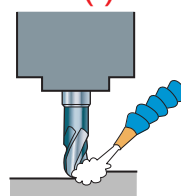
+



Vydatný vnitřní přívod

Řezná kapalina

(-)



Vnější přívod

Pokud je nutné provádět frézování za mokra, řeznou kapalinu je nutné dodávat v dostatečném množství.

Vytváření povrchu

Povrch vytvořený axiálním záběrem nástroje

Při čelním frézování vytváří povrch paralelní fazeta, b_s . V závislosti na přípustné odchylce v axiálním směru a velikosti házení frézy, vytváří výsledný povrch nejnižší položená břitová destička.

Aby bylo možné vyrobit kvalitní povrch, je důležité zajistit, že posuv na otáčku ($f_n = f_z \times z_n$) nepřesáhne 80% z hodnoty b_s .

Frézy s velmi jemnou zubovou roztečí dovolují použití vyššího posuvu na otáčku. Čím větší je průměr frézy, tím větší je f_n , a je tedy třeba i větší b_s .

S tím, jak se hodnota posuvu na otáčku blíží velikosti této fazetky, házení frézy v axiálním směru ovlivňuje výsledný profil povrchu.

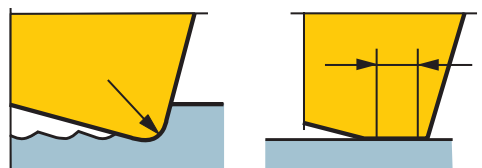
Pro dosažení nejvyšší kvality povrchu je vhodné použít:

- Hladicí břitové destičky nebo břitové destičky s hodnotou b_s nejméně o 25% větší než f_n
- Cermetové břitové destičky pro obrábění do zrcadlového lesku
- Řeznou kapalinu pro zamezení nalepování materiálu

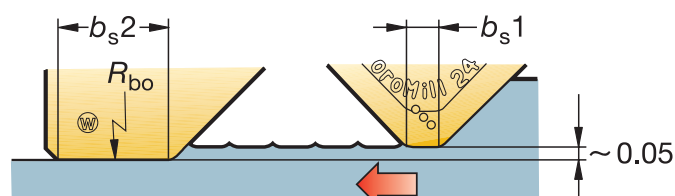
Ačkoli jsou kruhové břitové destičky a destičky s velkým poloměrem rohu extrémně produktivní, jimi obrobený povrch nedosahuje zvláště vysoké kvality. Čím větší je průměr frézy, tím horší je kvalita obrobené plochy.

Více informací o dokončovacím frézování s využitím hladicích břitových destiček, viz Čelní frézování, strana D 64.

Poloměr rohu (r) Paralelní zábřít (b_{s1})

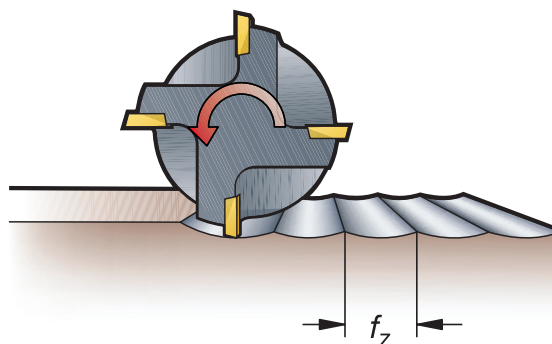


Poloměr (R_{bo})
Hladicí ploška (b_{s2}) Paralelní zábřít (b_{s1})



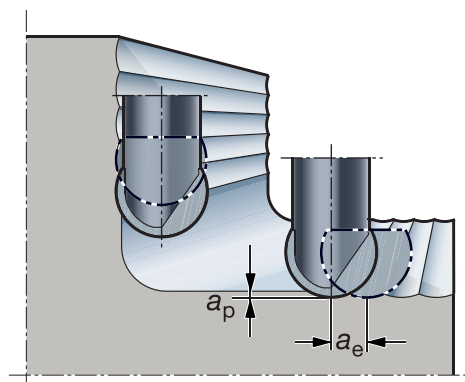
Povrch vytvořený radiálním záběrem nástroje

Při použití stopkových fréz, válcových fréz pro frézování do rohu nebo kotoučových fréz vzniká povrch nesoucí stopy po radiálním záběru nástroje. Bližší informace, viz Frézování do rohu, frézování obrysů, strana D 51.



Povrch s plastickým vzhledem

Při použití fréz s kulovým čelem vzniká povrch s plastickým vzhledem. Podrobnější informace, viz Tvarové obrábění, strana D 78.

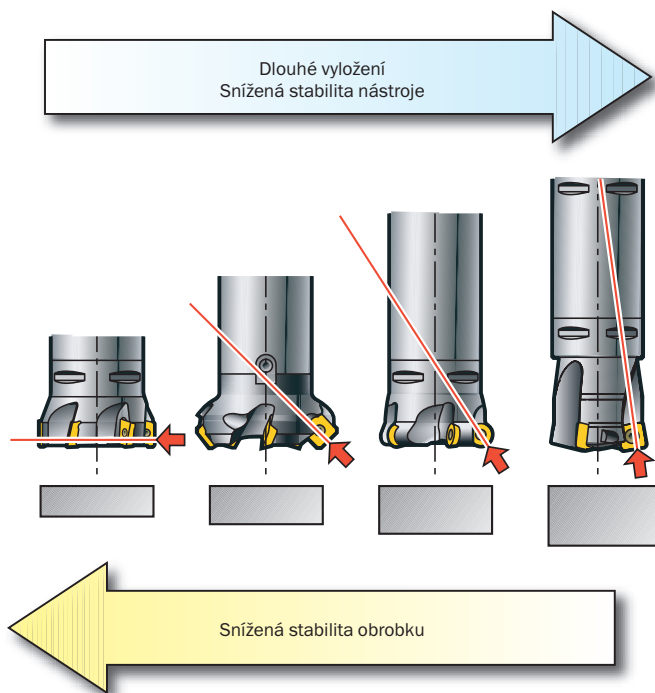


Jak předcházet vibracím

Vibrace mohou vznikat v důsledku nedostatků obráběcího nástroje, upínače nástrojů, stroje, obrobku nebo upínacího přípravku.

Obráběcí nástroj

- V případě čelního frézování je třeba posoudit směr výslednice řezných sil:
 - U fréz s κ_r 90° mají hlavní řezné síly radiální směr. To při dlouhém vyložení způsobuje průhyb frézy; nicméně malé axiální řezné síly jsou výhodné při frézování tenkostěnných/na vibrace choulostivých součástí.
 - U fréz s κ_r 45° jsou vznikající radiální a axiální řezné síly rovnoměrně rozložené.
 - U fréz s kruhovými břitovými destičkami je většina vznikajících sil nasměrována proti vřetenu, zejména při malých hloubkách řezu. Také fréza CoroMill 210 s κ_r 10° přenáší vznikající síly přímo do vřetena, což vede k omezení vzniku vibrací v důsledku velkého vyložení nástroje.
- Pro každou operaci je třeba zvolit nejmenší možný průměr frézy
- Hodnota D_c by měla být o 20-50% větší než a_e
- Je třeba zvolit hrubou a/nebo nerovnoměrnou zubovou rozteč frézy.
- Je výhodná fréza s nízkou hmotností, např. fréza CoroMill Century s hliníkovým tělem.

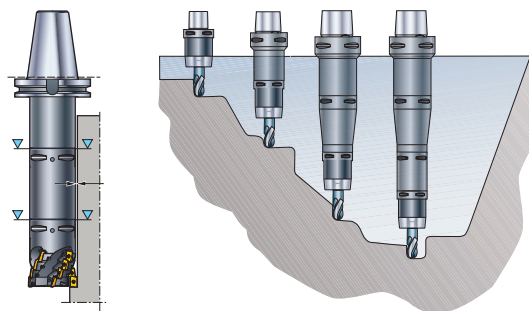


Použití malého úhlu nastavení v případě velkého vyložení nástroje = velká axiální řezná síla. Použití velkého úhlu nastavení v případě tenkostěnných nestabilních obrobků = malá axiální řezná síla.

Upínač nástroje

Modulární nástrojový systém Coromant Capto® umožňuje při zachování vysoké stability a velmi nízké úrovně házení vytvoření nástrojové sestavy potřebné délky.

- Používejte tak tuhou a krátkou nástrojovou sestavu, jak jen to je možné.
- Zvolte největší možný průměr/velikost adaptéru.
- Používejte adaptéry Coromant Capto společně s frézami s odsazenou stopkou tak, aby nebylo nutné použití redukčního adaptéru, viz obrázek.
- Pro malé velikosti fréz použijte adaptéry kuželovitého tvaru.
- Pro operace, kde je poslední průchod prováděn hluboko uvnitř součásti, provádějte výměnu za prodloužený nástroj v předem stanovených pozicích, viz obrázek. Pro každou délku nástroje proveďte zkušební řezné podmínky.
- Pro otáčky vřetena nad 20 000 ot/min používejte vyvážené obráběcí nástroje a nástrojové držáky.



Frézy s odsazenou stopkou dovolují použití největší možné velikosti spojky

Vždy používejte nejkratší možnou délku nástroje. Délku nástroje zvyšujte postupně.

Frézy Silent Tools s vnitřním tlumením

Pro vyložení větší než 4 násobek průměru nástroje, se sklony k vibracím mohou projevit mnohem zřetelněji a frézy Silent Tools s vnitřním tlumením mohou pomoci k významnému zvýšení produktivity. Další podrobnosti, viz Upínání nástrojů, kapitola G.



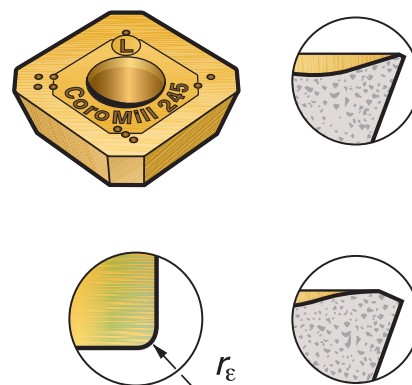
Břit nástroje

Za účelem snížení velikosti řezných sil na minimum:

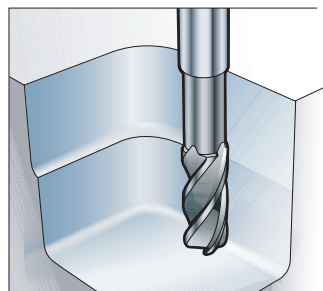
- Použijte geometrii pro lehký řez, -L, která má ostrý břit, a třídu s tenkým povlakem.
- Použitím břitových destiček s malým poloměrem rohu a malým paralelním zábřitem snížíte velikost řezných sil.

V některých případech může zařazení dalšího tlumícího prvku do systému vést ke snížení sklonů k vibracím:

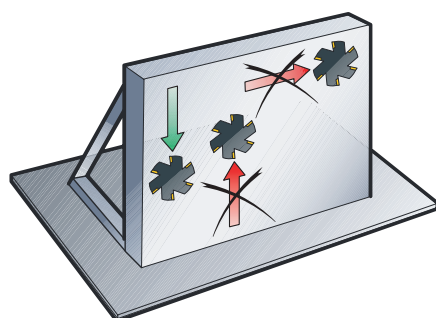
- Použijte poněkud negativnější geometrii břitu nebo mírně opotřebené břity.



Řezné podmínky a programování dráhy nástroje



- Frézu vždy umístěte excentricky ve vztahu k obráběné ploše.
- Stopkové frézy nebo frézy s dlouhými břity s $\kappa_r 90^\circ$ využívají pouze malou radiální šířku záběru – max. $a_e = 25\% D_c$ a velkou axiální hloubku řezu – max. $a_p = 100\% D_e$.
- Pro čelní frézování používejte malé hloubky řezu, a_p , a velký posuv, f_z , ve spojení s kruhovými destičkami nebo frézami pro velké rychlosti posuvu s malými úhly nastavení.
- Předcházejte vzniku vibrací naprogramováním velkého poloměru dráhy nástroje v rozích, viz frézování rohů, strana D 26.
- Pokud je tloušťka třísky příliš malá, místo toho, aby břit řezal, dochází ve značné míře k odírání břitu o povrch obrobku, což má za následek vibrace. V takovém případě je nutné zvýšení posuvu na zub.



V případě malé tuhosti upnutí by měl posuv nástroje směřovat ke stolu stroje

Obráběcí stroj

Na sklon k vibracím může mít velký vliv stav stroje. Nadměrné opotřebení ložisek vřetena nebo posuvového mechanismu má za následek špatné výsledky obrábění.

- Zvolte obráběcí postup a směr výslednice řezných sil tak, aby bylo možné plně využít výhod plynoucích ze stability stroje.

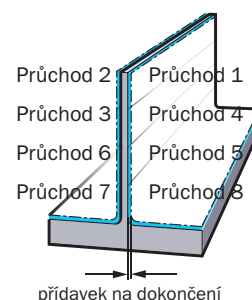
Každé vřeteno obráběcího stroje má oblasti s přirozeným sklonem k vibracím. Oblasti příznivé pro stabilitu obrábění se nazývají pásy stability a oblasti nárůstu sklonu k vibracím se označují jako otáčky buzená maxima.

- I velmi malé zvýšení o pouhých 50 ot/min může změnit obráběcí proces z nestabilního se vznikem vibrací na stabilní.

Obrobek a jeho upnutí

Frézování součástí s tenkými stěnami/základnou a/nebo pokud je málo tuhý přípravek.

- Obrobek by měl být upnut co nejbližší stolu obráběcího stroje.
- Pro dosažení co nejstabilnějších podmínek obrábění je nutná optimalizace dráhy nástroje s využitím nasměrování posuvu vůči nejtužším částem stroje/přípravku.
- Je třeba se vyhnout obrábění ve směrech, kde má obrobek nedostatečnou oporu.
- Pokud je upínací přípravek a/nebo obrobek v určitém směru málo tuhý, nesouledné frézování umožňuje potlačení sklonu k vibracím.



Mějte na paměti, že hloubka prvního průchodu má sahát do poloviny druhého, ten do poloviny třetího atd. Podrobnější informace, viz Frézování do rohu, strana D 52.

P Frézování ocelí

Obrobitelnost oceli se liší v závislosti na obsahu legujících prvků, tepelném zpracování a způsobu výroby (výkovek, odlitek, atd.)

Podrobnější informace o materiálech a jejich klasifikaci, viz Materiály, kapitola H.

Doporučené řezné podmínky, viz Hlavní katalog.

Hlavní problémy

- U měkkých nízkouhlíkových ocelí jsou hlavními problémy vznik nárůstku na břitu a tvorba otřepů na obrobku.
- U tvrdších ocelí roste význam nastavení správné polohy frézy z hlediska ochrany před vylamováním břitů.

Vhodné frézy a břitové destičky

- Většina fréz CoroMill ve spojení s komplexní nabídkou tříd a geometrií břitových destiček je velmi dobře použitelná pro obrábění ocelí.
- Za pozornost stojí skutečnost, že fréza CoroMill Century (s ocelovým tělem) a CoroMill 790, původně vyvinuté pro obrábění hliníku, fungují v kombinaci s třídami GC1010 a GC1030 velmi dobře také při dokončovací obrábění oceli.
- Jediné nástroje, které nejsou vhodné pro obrábění ocelí jsou frézy řady AUTO určené výhradně pro obrábění šedé litiny.
- Geometrie PL, PM, PH a WL, WM, WH
- Řada tříd GC4200 s MT-CVD povlakem představuje první volbu. Avšak, pro frézy malých průměrů, do D_c 32mm, a pro frézy pro frézování do rohu, $K=90^\circ$, je první volbou třída GC1030.
- Pro obrábění tvrdších ocelí použijte GC1030 nebo GC1010.



Řezná rychlost v_c
m/min

	60 – 240	241 – 330	> 330
400			
350			
300			
250	GC4220		
200	GC1030	GC4220	
150	GC4230	GC4230	GC4220
100	GC4240	GC1030	GC4230
50		GC4240	GC1030
0			

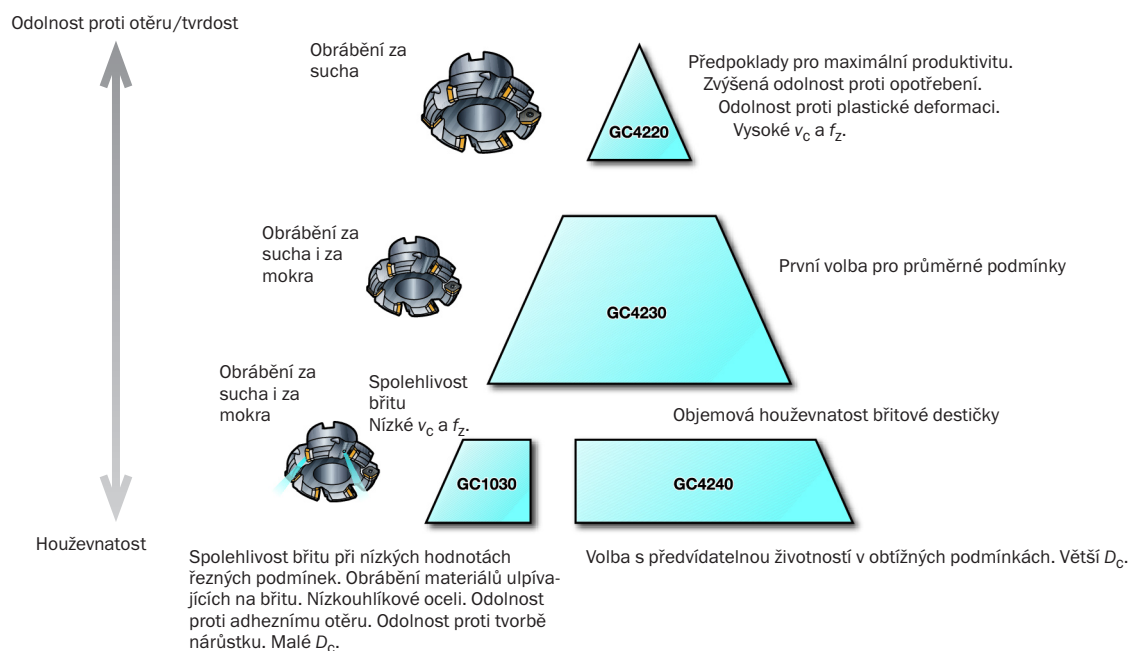
Doporučení pro volbu řezné rychlosti a třídy v závislosti na tvrdosti materiálu.

Užitečné rady

Pro frézování ocelí platí všechna doporučení uvedená na předcházejících stranách v části Jak postupovat.

Vždy je třeba zvážit, zejména pak při hrubování, veškerá doporučení týkající se například polohy frézy vůči obrobku, s cílem zabránit tvoření třísek s velkou tloušťkou na výstupu ze záběru, a obrábět zásadně za sucha, bez přívodu řezné kapaliny.

Pokyny pro volbu tříd VBD – čelní frézování



Pokyny pro volbu tříd VBD – stopkové frézy CoroMill® 490, CoroMill® 390, CoroMill® 316

Maximální produktivita v případě, že hlavními mechanismy opotřebení jsou opotřebení ve tvaru žlábků a plastická deformace.

Produktivní volba pro velkou šířku záběru a vysoké hodnoty řezných podmínek.

První volba pro dobré až střední podmínky obrábění.

První volba pro dobré až obtížné podmínky obrábění.

Odolnost proti otěru/tvrdost

Houževnatost

GC4220

GC4230

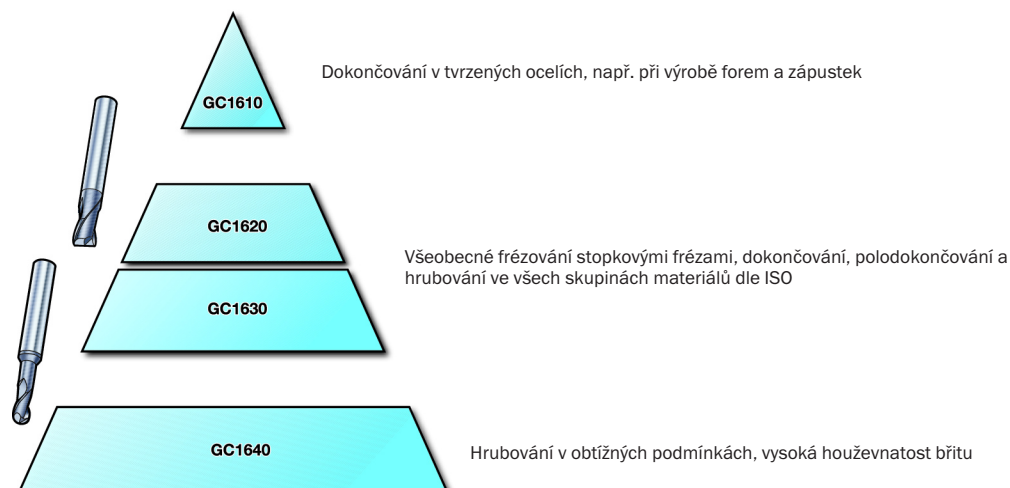
GC4240

GC1030

CoroMill® Plura

Odolnost proti otěru/tvrdost

Houževnatost



M Frézování korozivzdorných ocelí

Obrobitelnost korozivzdorných ocelí se liší v závislosti na obsahu legujících prvků, tepelném zpracování a způsobu výroby (výkovek, odlitek, atd.)

Podrobnější informace o materiálech a jejich klasifikaci, viz Materiály, kapitola H. Doporučené řezné podmínky, viz Hlavní katalog.

Feritické/martenzitické

Klasifikace materiálu: P5.x

Feritické a žíhané martenzitické korozivzdorné oceli mají obrobitelnost srovnatelnou s nízkolegovanými ocelmi, proto je možné použít všechna doporučení pro frézování ocelí.

Austenitické a duplexní korozivzdorné oceli

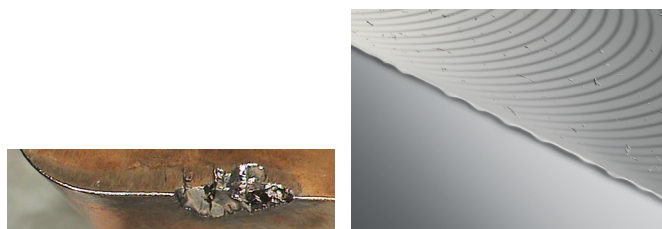
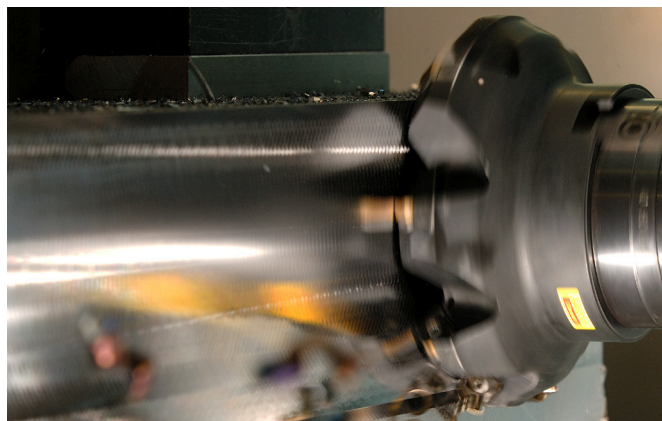
Klasifikace materiálu: M1.x, M2.x a M3.x

Hlavní problémy

- Hlavní znaky opotřebení při frézování austenitických a duplexních korozivzdorných ocelí jsou: vylamování břitů v důsledku tepelných trhlin, opotřebení ve tvaru vrubu a tvorba nárůstku/ulpívání materiálu na břitu.
- Mezi hlavní problémy patří tvorba otřepů na obrobku a kvalita obrobené plochy.

Vhodné frézy a břitové destičky

- Většinu fréz CoroMill lze v austenitických a duplexních korozivzdorných ocelích bez problémů použít, stačí pouze zvolit odpovídající geometrii a třídu.
- Pro čelní frézování jsou, vzhledem k pozitivnější konstrukci nástroje, vhodnější frézy CoroMill 245 nebo CoroMill 300, než frézy CoroMill 345 a CoroMill 200.
- Z důvodu snížení opotřebení ve tvaru vrubu používejte kruhové břitové destičky nebo malé úhly nastavení.
- Používejte pozitivní geometrie VBD (-ML, -WL).
- Třída GC2030 (PVD) je první volba.
- Třída GC2040 (MT-CVD) je alternativní volbou pro náročné podmínky a odlévané korozivzdorné oceli, kde převládá abrazivní otěr.
- Třída GC1030 (PVD) představuje univerzální volbu pro smíšenou výrobu (ISO P, M a S)
- Pokud dochází ke vzniku tepelných trhlin, je třeba použít tvrdší/proti otěru odolnější třídu, např. třídu GC2030 místo GC2040.
- Pro koncepci CoroMill Plura představuje základní volbu třída GC1630, pro podmínky obrábění náročnější z hlediska houževnatosti nebo v případě, že je požadován vnitřní přívod řezné kapaliny, představuje alternativní volbu třída GC1640.



Vylamování ostří břitové destičky

Tvorba otřepů a špatná kvalita obrobené plochy



Tepelné trhliny v důsledku použití řezné kapaliny

Řezná rychlost v_c
m/min

300		
250	GC1030	
200	GC2030	GC1030
150	GC2040	GC2030
100		GC2040
50		
0		

Austenitické Duplexní

Užitečné rady

Hrubování

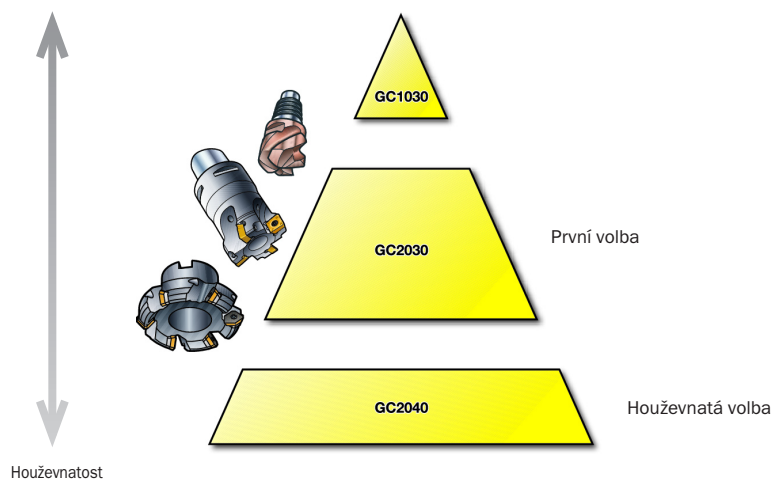
- Pro eliminaci rizika tvorby nárůstku na břítu je třeba použít vysoké řezné rychlosti ($v_c = 150-250 \text{ m/min}$).
- Z důvodu vyloučení problémů s tvorbou tepelných trhlin je při hrubování třeba vždy obrábět za sucha, bez přívodu řezné kapaliny.

Dokončování

- Pro dokončovací operace je z důvodu zlepšení kvality obráběné plochy v některých případech nutné použití řezné kapaliny, nebo raději olejové mlhy/mikrolubrikace. Problémy se vznikem tepelných trhlin při dokončovacích operacích nejsou časté, protože množství tepla vznikajícího v místě řezu není velké.
- S využitím cermetové třídy CT530 lze dosáhnout uspokojivé kvality obrobené plochy bez použití řezné kapaliny.
- Posuv, f_z , který je příliš nízký, může způsobovat větší opotřebení břitové destičky, protože řez probíhá v deformačně zpevněné oblasti pod povrchem.

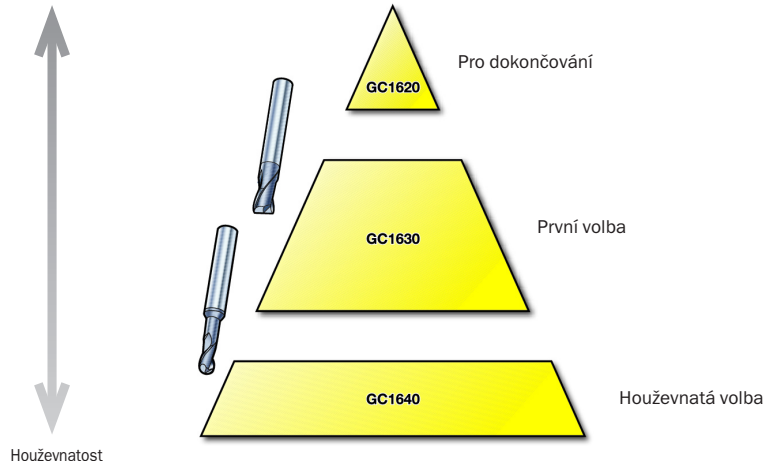
Frézy CoroMill® s vyměnitelnými břitovými destičkami

Odolnost proti otěru/tvrdost



CoroMill® Plura

Odolnost proti otěru/tvrdost



K Frézování litin

Litiny se dělí na temperované, šedé, nodulární, s červíkovitým (kompaktním) grafitem (CGI) a izotermicky kalené tvárné litiny (ADI).

Podrobnější informace o materiálech a jejich klasifikaci, viz Materiály, kapitola H. Doporučené řezné podmínky, viz Hlavní katalog.

Šedá litina

Klasifikace materiálu: K2.x

Hlavní problémy

- Hlavní znaky opotřebení při obrábění šedé litiny jsou abrazivní opotřebení hřbetu a tepelné trhliny.
- Mezi hlavní problémy patří také vydrolování povrchu součásti na straně, kde fréza vystupuje ze záběru, a kvalita obrobené plochy.

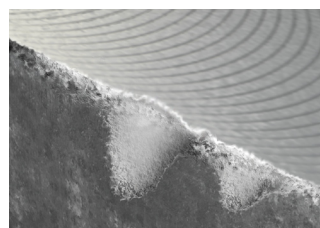
Vhodné frézy a břitové destičky

Existuje několik frézovacích koncepcí navržených přednostně pro frézování šedé litiny:

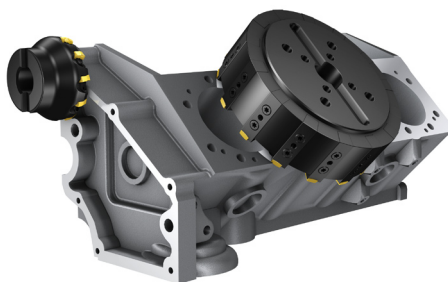
- Univerzální fréza CoroMill 365.
- Hrubovací fréza AUTO R
- Stavitelná fréza AUTO-AF pro dokončování. Pro těleso frézy AUTO-AF lze alternativně použít kazetu pro frézy CoroMill 245.
- Dokončovací fréza AUTO-FS bez možnosti nastavení.
- Pro všechny shora uvedené frézovací koncepce jsou k dispozici hladící břitové destičky, viz strana D 64.
- Většinu ostatních fréz CoroMill lze bez problémů použít pro frézování šedé litiny s využitím příslušných tříd a geometrií břitových destiček.
- Fréza CoroMill 345 představuje dobrou volbu pro smíšenou výrobu součástí z oceli a litiny.
- Použijte K-geometrie -KL, -KM, -KH a -KW (hladící).
- Doporučení pro volbu tříd u fréz s vyměnitelnými břitovými destičkami, viz níže uvedená část Užitečné rady.
- Základní volbu pro monolitní stopkové frézy CoroMill Plura představuje třída GC1620 a pro frézy CoroMill 316 třída GC1030.



Typické způsoby opotřebení
břitové destičky



Vydrolování povrchu součásti



Užitečné rady

Hrubování

- Z důvodu omezení problémů se vznikem tepelných trhlin je třeba preferovat obrábění za sucha, bez přívodu řezné kapaliny. Vhodné je použití karbidových břitových destiček s tlustým povlakem. První volbu představuje třída GC3040, pro optimalizaci v případě obrábění vysokými řeznými rychlostmi je možné použít třídu GC3220.
- V případě problémů s vydrolováním povrchu obrobku
 - zkontrolujte opotřebení hřbetu
 - snižte posuv, f_z , aby se zmenšila tloušťka třísky.
 - použijte pozitivnější geometrii, -KL





- Pokud je nutné použití řezné kapaliny z důvodu omezení prašnosti atd., je třeba zvolit třídy pro obrábění za mokra. Základní volbu představuje třída K20W, alternativní volbu pak třídy K15W a GC3040.
- První volbou jsou vždy povlakované karbidové třídy, ale je rovněž možné použití keramické třídy (CC6190). Mějte na paměti, že řezná rychlost, v_c , by měla být velmi vysoká, nad 800 m/min. Tvorba otřepů na obrobku omezuje řeznou rychlost. Řezná kapalina se nepoužívá.

Dokončování

- Použijte karbidovou břitovou destičku s tenkým povlakem nebo, jako další alternativu, nepovlakovanou karbidovou VBD, např. GC3220 pro obrábění za sucha a K15 W pro obrábění za mokra.
- Pro dokončovací obrábění šedé litiny vysokými řeznými rychlostmi je možné použít kubický nitrid bóru (CB50). Řezná kapalina se nepoužívá.

Nodulární litina

Klasifikace materiálu: K3.x

Feritická a feriticko-perlitická nodulární litina

Obrobitelnost feritické litiny je velmi podobná jako u nízkolegovaných ocelí. Proto je vhodné dodržovat veškerá doporučení pro volbu nástrojů, geometrií a tříd břitových destiček platná pro frézování materiálů ISO P. První volbou je třída GC1020.

Perlitická nodulární litina

Je abrazivnější, proto jsou doporučeny třídy pro obrábění materiálů ISO K.

Litina s červíkovitým grafitem (CGI)

Klasifikace materiálu: K4.x

Podíl perlitu menší než 90%

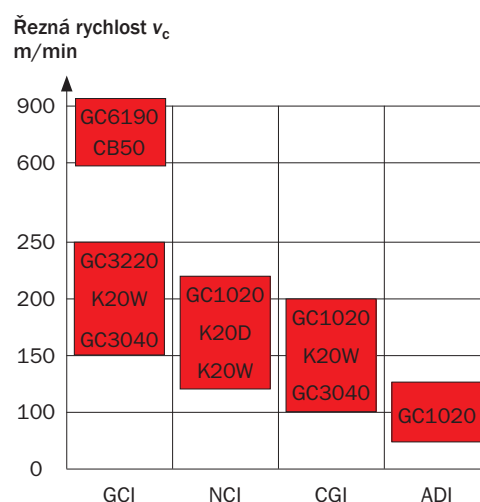
Tento typ CGI, který obvykle obsahuje přibližně 80% perlitické struktury, bývá frézován nejčastěji. Typické součásti jsou bloky motorů, hlavy válců a výfuková potrubí.

Doporučení pro volbu frézy jsou stejná jako v případě šedé litiny, ale z důvodu omezení tvorby otřepů na součásti je třeba volit poněkud pozitivnější a ostřejší geometrie, například -KX a -KL pro frézy AUTO-R.

První volba je třída GC1020.

Třída GC1020 představuje základní volbu pro oba způsoby frézování, za sucha i za mokra. Alternativu pro frézování za sucha představuje třída K20D a pro práci za mokra K20W.

Frézování pomocí kruhové interpolace představuje velmi dobrou alternativní metodu ke konvenčnímu vyvrtávání válců z CGI.



Izotermicky kalená tvárná litina (ADI)

Klasifikace materiálu: K5.x

Hrubování se obvykle provádí v nezušlechtěném stavu a lze jej přirovnat k frézování vysokolegovaných ocelí.

Naproti tomu dokončovací operace se provádí ve zušlechtěném materiálu, který je velice abrazivní. Tento případ lze srovnat s frézováním tvrzených ocelí ISO H. Je třeba preferovat třídy s vysokou odolností proti abrazivnímu otěru. Třída GC1020 představuje první volbu pro obrábění za sucha i za mokra, alternativní volbu pro tvrdší druhy ADI materiálů je GC1010.

Ve srovnání s NCI se životnost nástroje při obrábění ADI zkracuje přibližně na 40% a řezné síly jsou přibližně o 40% vyšší.

N Frézování hliníku

Obrobitelnost hliníku se liší především v závislosti na obsahu Si. Nejběžnější typ hliníkových slitin představují podeutektické s obsahem Si pod 13%.

Skupina materiálů ISO N zahrnuje nejenom slitiny hliníku, ale také slitiny hořčíku, mědi a zinku. Podrobnější informace o materiálech a jejich klasifikaci, viz Materiály, kapitola H. Doporučené rezné podmínky, viz Hlavní katalog.

Hliník s obsahem Si do 13%

Klasifikace materiálu: N1.1-3

Hlavní problémy

- Hlavní znaky opotřebení jsou tvorba nárůstku/ulpívání materiálu na břit, což vede k tvorbě otřepů nebo problémům s kvalitou obrobené plochy.
- U hliníkových odlitků mohou v některých případech způsobovat problémy vměstky písku.
- Dobré utváření a odvod třísky mají zásadní význam z hlediska ochrany obrobené plochy před jejím poškrábáním.

Vhodné koncepce fréz

Frézy, původně vyvinuté pro obrábění hliníku, jsou:

- CoroMill Century
- CoroMill 790
- CoroMill Plura R216.32, R216.33 a R216.42

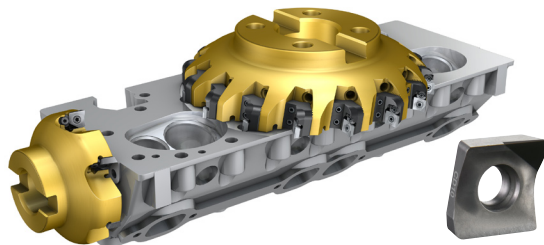
Také většinu ostatních fréz CoroMill je, v kombinaci s vhodnou třídou a geometrií, bez problémů možné použít pro obrábění hliníku.

Je nezbytné volit pozitivní geometrie břitových destiček s ostrými břity

- Pokud je obsah Si nižší než cca 8%, je vhodné použití nepovlakovaných karbidových tříd (H13A, H10).
- Pokud je obsah Si vyšší než cca 8%, lze obvykle dosáhnout



Fréza CoroMill 790 určená pro obrábění hliníku.



Koncepce CoroMill Century pro čelní frézování hliníku.

Břítové destičky CoroMill Century s ostřím z PCD.

zvýšení efektivity nákladů na obrábění při použití břitových destiček z PCD (CD10).

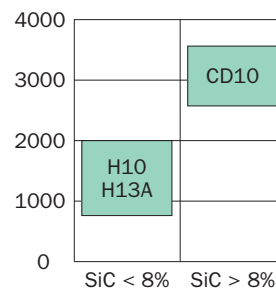
Užitečné rady

- Aby se předešlo ulpívání částic obráběného materiálu na břit a zvýšila se kvalita obrobené plochy, je při obrábění hliníku, na rozdíl od většiny ostatních frézovacích operací, vždy nutné použití rezné kapaliny.
- Vyšší rezné rychlosti obvykle přispívají ke zvýšení výkonnosti bez negativního vlivu na životnost nástroje.
- Doporučuje se hodnota h_{ex} v rozmezí 0.10-0.20 mm. Příliš nízké hodnoty mohou mít za následek tvorbu otřepů.

Upozornění: Zkontrolujte, zda není překročen maximální počet otáček, přípustný pro danou frézu!

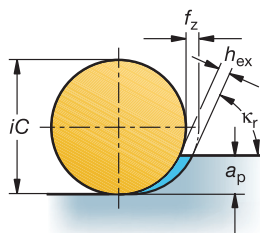
- Vzhledem k vysokým rychlostem posuvu, je z důvodu vyloučení rozměrových nepřesností nanejvýš vhodné použití strojů s pokročilou diagnostickou funkcí pro řízení dráhy nástroje.
- Pro životnost nástroje jsou vždy určující tvorba otřepů na obráběné součásti nebo kvalita obrobené plochy. Využití opotřebení břitu jako kritéria pro hodnocení životnosti nástroje je velmi obtížné.

Řezná rychlost v_c m/min



S Frézování žárovzdorných slitin a titanu

Žárovzdorné slitiny (HRSA) je možné rozdělit do tří materiálových skupin - slitiny na bázi niklu, kobaltu a železa. Titan je buď čistý, nebo se jedná o jeho slitiny. Obrábělnost HRSA i titanu je špatná, zejména ve vystárnutém stavu, což na obráběcí nástroje klade specifické požadavky. Podrobnější informace, viz Materiály, kapitola H a aplikační příručka "Žárovzdorné slitiny", objednáč č. C-2920:24, nebo "Obrábění titanu", objednáč č. C-2920:22.



Z důvodu omezení opotřebení ve tvaru vrubu použijte kruhové břitové destičky

Všeobecná doporučení

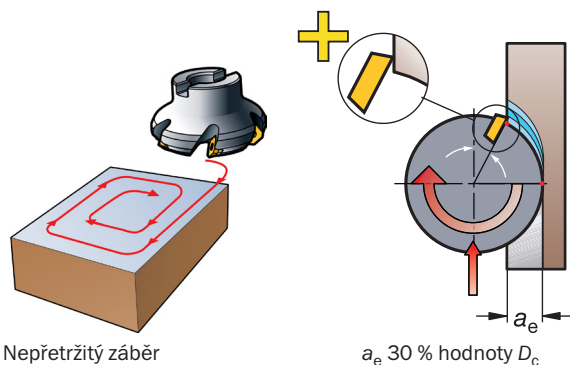
platná jak pro obrábění žárovzdorných slitin, tak pro obrábění titanu

Hlavní problémy

- Frézování HRSA a titanu velmi často vyžaduje stroje s vysokou tuhostí a vysokým výkonem a kroutícím momentem při nízkých otáčkách.
- Nejběžnější typy opotřebení jsou opotřebení ve tvaru vrubu a vyламování ostří.
- Vznik velkého množství tepla představuje omezení pro řeznou rychlost.

Vhodné koncepce fréz a břitové destičky

- Kdykoli je možné využít efektu ztenčení třísky, použijte frézy s kruhovými břitovými destičkami (CoroMill 300, CoroMill 200).
- Fréza CoroMill 690 s dlouhými břity je optimalizovaná pro obrábění titanu. Pro hloubky řezu do 5 mm by měl být úhel nastavení menší než 45°. Obvykle se doporučuje použití kruhových břitových destiček s pozitivní geometrií čela.
- Přesnost frézy v radiálním i axiálním směru má zásadní význam pro dosažení rovnoměrného zatížení zubů a hladký průběh záběru, přičemž funguje jako přirozená ochrana jednotlivých zubů frézy před náhlým poškozením.
- Geometrie břitu by vždy měla být pozitivní, s optimalizovaným zaoblením řezné hrany (ER-úpravou), které brání ulpívání třísek v situaci, kdy břit vystupuje ze záběru.
- Počet zubů, které jsou v průběhu frézovacího cyklu současně v záběru, by měl být co nejvyšší. Bude tak zajištěna dobrá produktivita za předpokladu, že operace má také potřebnou stabilitu. Používejte frézy s velmi jemnou zubovou roztečí.



Nepřetržitý záběr

a_e 30 % hodnoty D_c



= Životnost nástroje

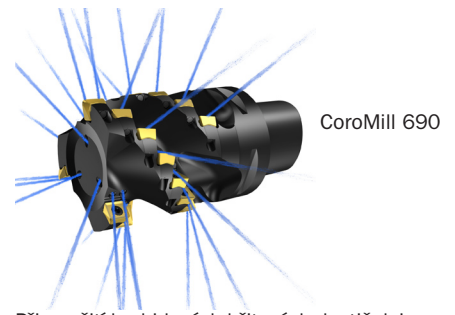
= Snížení životnosti nástroje v důsledku zvýšení řezných parametrů

Změny parametrů mají různý vliv na životnost nástroje; největší vliv má řezná rychlost, v_c , následovaná a_e , atd.

Řezná kapalina

Na rozdíl od frézování většiny ostatních materiálů se doporučuje používat řeznou kapalinu vždy. Její použití napomáhá odvádění třísek, kontrole teploty bříty a funguje také jako prevence proti přeřezávání třísek. Vždy je třeba preferovat vysokotlaký přívod řezné kapaliny (70 barů) přes vřeteno/nástroj před vnějším přívodem nebo přívodem s nízkým tlakem kapaliny.

Výjimka: Řezná kapalina se nesmí používat při frézování keramickými břitovými destičkami, protože by docházelo k tepelným rázům.

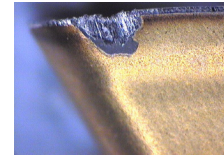


Při použití karbidových břitových destiček je výhodné použití přívodu řezné kapaliny frézovacím nástrojem

Opotřebení břitové destičky/nástroje

Dvě nejčastější příčiny poškození nástroje a špatné kvality obrobené plochy jsou:

- Nadměrné opotřebení hřbetu a vylamování bříty.
- Opotřebení ve tvaru vrubu.
- Pro zajištění spolehlivosti procesu je nejlepším řešením otáčení břitových destiček v pravidelných intervalech.
- U fréz s úhlem nastavení 90 stupňů, jako například CoroMill 490, by velikost opotřebení hřbetu břitových destiček neměla přesáhnout 0.2 mm, u kruhových destiček je maximální velikost opotřebení 0.3.

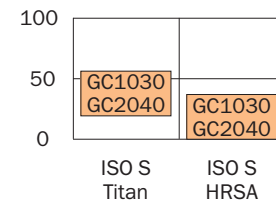


Typický způsob opotřebení břitových destiček

Doporučení pro volbu tříd a geometrií břitových destiček

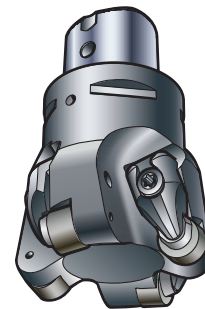
- GC2040 pro hrubování a obtížné podmínky
- GC1030 pro lehké hrubování a dokončování
- Používejte pozitivní geometrie, například -ML a -PL
- GC1620 představuje základní volbu pro monolitní karbidové stopkové frézy CoroMill Plura

Řezná rychlost v_c
m/min



Frézy s keramickými břitovými destičkami pro hrubování HRSA

- Frézování keramickými břitovými destičkami běžně probíhá při 20 až 30 krát vyšších řezných rychlostech, než v případě karbidových destiček. Přestože rychlosti posuvu jsou nižší (~0.1 mm/zub), výsledný nárůst produktivity je značný. Vzhledem k přerušovaným řezům se jedná o operace s mnohem nižší teplotou v řezu, než je tomu u soustružení. Z tohoto důvodu, pokud jsou pro frézování použity řezné rychlosti 700-1000 m/min, odpovídá to zhruba rychlostem 200-300 m/min při soustružení.
- Řezná keramika má velký sklon k opotřebení ve tvaru vrubu a to je důvodem, proč se s ohledem na zajištění malých hodnot úhlu nastavení přednostně používají kruhové břitové destičky.
- Nikdy nepoužívejte řeznou kapalinu.
- Použití řezné keramiky má negativní vliv na integritu a reliéf povrchu a z tohoto důvodu se keramika nepoužívá pro obrábění v případech, kdy se tvar obrobku blíží konečnému tvaru součásti.
- Mezi hlavní způsoby aplikací třídy CC6060 (sialon) patří frézování odlévaných částí leteckých motorů ze slitiny Inconel 718, nebo frézování dílů vrtacích zařízení pro těžbu ropy. V obou případech hlavně díky velkým rychlostem úběru kovu.
- Maximální velikost opotřebení hřbetu při použití keramických břitových destiček pro obrábění HRSA je 0.6 mm.
- Sortiment fréz – pro objednání prosíme kontaktuje místní obchodní zastoupení firmy Sandvik Coromant.



Frézy s keramickými břitovými destičkami pro obrábění HRSA.

Poznámka:

- Použití keramických břitových destiček pro obrábění titanu NENÍ doporučeno
- Řezná kapalina se při obrábění keramickými břitovými destičkami NEPOUŽÍVÁ.

H Frézování tvrzených ocelí

Do této skupiny patří kalené a popuštěné oceli o tvrdosti $>45 - 65$ HRC. Podrobnější informace o materiálech a jejich klasifikaci, viz Materiály, kapitola H. Doporučené řezné podmínky, viz Hlavní katalog.

Typické frézované součásti jsou:

- Pracovní části lisovadel
- Formy pro vstřikování plastů
- Kovací zápustky
- Licí formy
- Podávací palivová čerpadla

Hlavní problémy

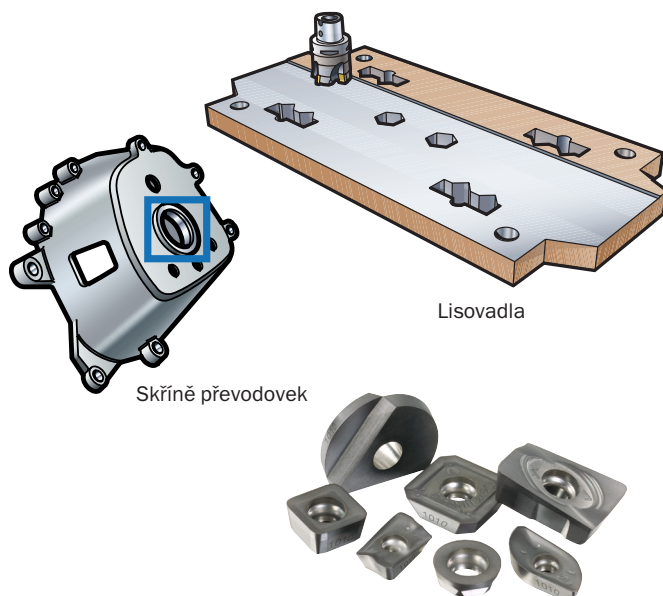
- Abrazivní opotřebení hřbetu břitové destičky.
- Vydrolování povrchu obrobku.



Vhodné koncepce fréz

- Pro obrábění tvrzených ocelí je bez problémů možné použít většinu fréz CoroMill v kombinaci s příslušnou třídou a geometrií břitových destiček.
- Používejte pozitivní geometrie břitových destiček s ostrými břity. Dosáhnete tak snížení velikosti řezných sil a plynulejšího záběru nástroje.
- Třída GC1010 je optimalizovaná pro obrábění tvrzených ocelí.
- GC1030 is a complementary choice for unstable conditions, i.e. roughing in welded-on materials.
- Pro dokončovací operace s frézami CoroMill Plura použijte třídu GC1610.

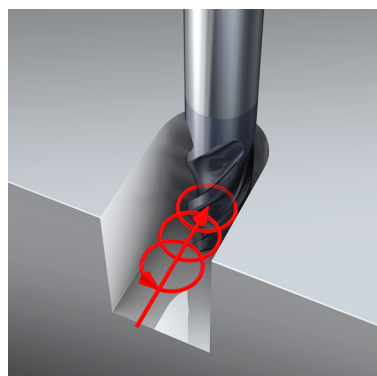
Pro dokončovací operace je možné použití CBN třídy CB50.



Třída GC1010 je optimalizovaná pro obrábění tvrzených ocelí

Užitečné rady

- Obrábějte za sucha, bez přívodu řezné kapaliny.
- Trochoidální (kotálnicové) frézování (viz strana D 121) je účelná metoda, která umožňuje použití vysokých rychlostí posuvu stolu, přičemž vznikající řezné síly jsou malé, vytváří se malé množství tepla a teploty břitu i obrobku zůstávají nízké, což je prospěšné z hlediska produktivity, životnosti nástroje i přesnosti obrobku.
- Strategie obrábění s "lehkým ale rychlým" pracovním záběrem lze využít také pro čelní frézování, konkrétně tedy malé hloubky řezu, jak a_e , tak i a_p . Používejte frézy s velmi jemnou zubovou roztečí a relativně vysoké řezné rychlosti.



Trochoidální frézování

Frézování do rohu

Přehled aplikací

Frézování do rohu/čelní frézování

Volba nástrojů D 44

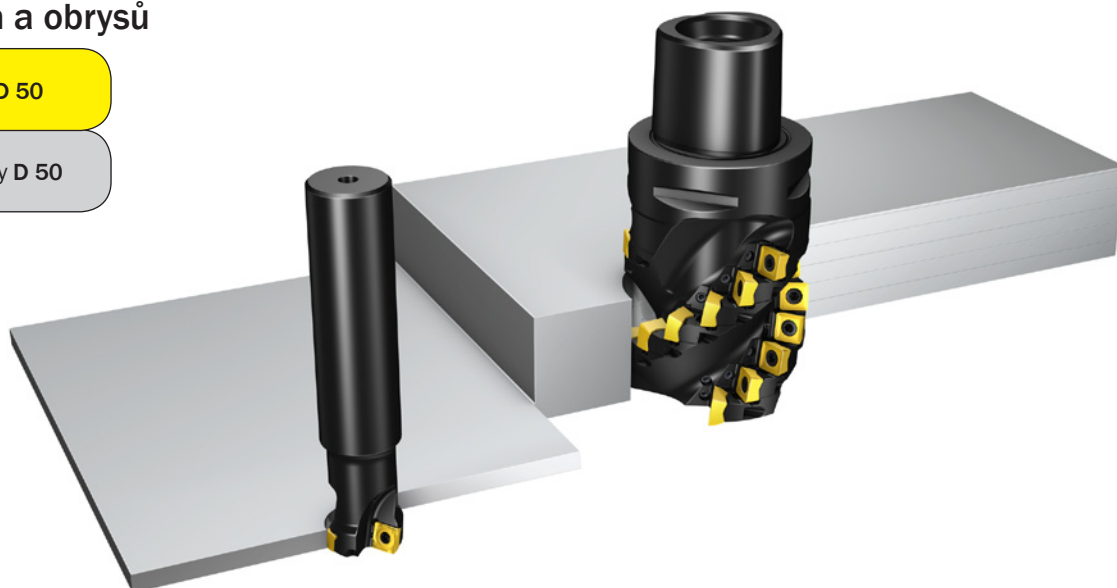
Metodické pokyny D 46



Frézování hran a obrysů

Volba nástrojů D 50

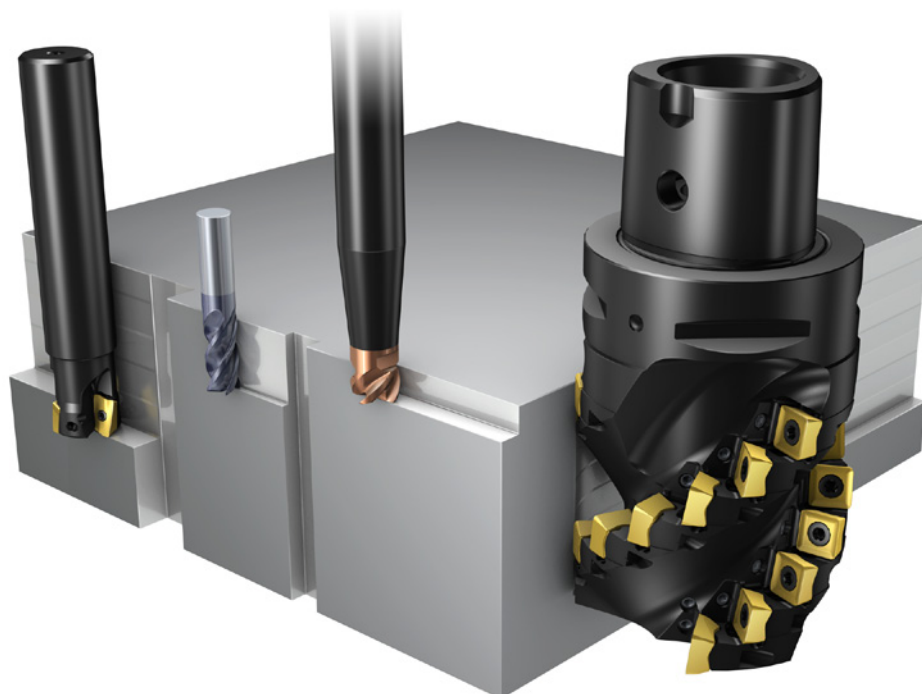
Metodické pokyny D 50



Frézování do rohu

Volba nástrojů **D 45**

Metodické pokyny **D 48**



Hluboko umístěné plochy

Frézování

Problémy a jejich řešení **D 128**

Čelní frézování do rohu

Při frézování do rohu vznikají současně dvě plochy, tudíž je zapotřebí frézování obvodem v kombinaci s čelním frézováním.











Dosažení skutečně přesného úhlu devadesát stupňů je jednou z nejdůležitějších podmínek.

Frézování do rohu lze provádět pomocí obvyklých pravoúhlých fréz do rohu a také pomocí stopkových fréz, fréz s dlouhými břity a kotoučových fréz. Vzhledem k velkému množství alternativ je velice důležité pečlivě zhodnotit všechny požadavky na danou operaci, aby bylo možné provést optimální volbu.



Volba nástrojů

Čelní frézování do rohu

	CoroMill® 490	CoroMill® 390	CoroMill® 290	CoroMill® Century	CoroMill® 331
					
Průměr frézy (D_c), mm	20 – 80	40 – 200	40 – 250	40 – 200	80 – 315
Max. hloubka řezu (a_p), mm	5.5	15.7	10.7	10	10.6
Osazení s přesným úhlem 90°	+++	++	+	+	++
Materiál					













Frézy pro frézování do rohu

Čelní frézy pro frézování do rohu s konvenční konstrukcí mají velice často dobré předpoklady pro frézování "přesných" 90 stupňových mělkých osazení.

- První volbou je přesná fréza s lehkým řezem CoroMill 490. Tato fréza umožňuje přesné frézování hlubších osazení pomocí opakovaných průchodů s velmi malým přesazením mezi jednotlivými řezy.
- Pro sortiment fréz CoroMill 390 existuje skutečně široká nabídka břitových destiček, zejména pak ucelená řada zaoblených břitových destiček s různými poloměry rohů, která má podíl na úspěšnosti této koncepce, jakožto skutečně univerzální frézy. Tato fréza je rovněž první volbou pro náročné frézování mělkých osazení.

- Fréza CoroMill Century je první volbou pro vysokorychlostní dokončovací frézování hliníku, ale je jí také možné použít pro frézování ostatních materiálů.
- Velký počet fréz pro frézování do rohu jsou univerzální frézy, které lze s výhodou použít pro výrobu děr. Představují dobrou alternativu k čelním frézám v případě frézování axiálně prohnutých ploch nebo pro frézování v blízkosti vertikálních stěn.
- Kotoučová fréza CoroMill 331 je fréza určená pro frézování drážek, kterou lze s výhodou použít pro frézování širokých, mělkých osazení. Je jí možné upotřebit také pro provádění některých specializovaných frézovacích operací, jako například zpětné čelní frézování.

Frézování do rohu – stopkové frézy

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 490	CoroMill® 390	CoroMill® 390 S tlumením vibrací	CoroMill® 790
						
Průměr frézy (D_c), mm	10 – 20	10 – 25	20 – 80	12 – 40	20 – 40	25 – 100
Max. hloubka řezu (a_p), mm	38	11	5.5	15.7	10	12 / 18
Osazení s přesným úhlem 90°	+++	+++	+++	++	++	++
Materiál						







Stopkové frézy

Stopkové frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami a monolitní karbidové stopkové frézy představují dobré řešení pro frézování osazení s požadavkem na přístup do řezu.

- První volbu pro všeobecné frézování představuje fréza CoroMill 390. Provedení s tlumením vibrací umožňuje efektivní obrábění hluboko umístěných ploch.

- Fréza CoroMill 790 je první volbou pro frézování neželezných materiálů.
- Sortiment monolitních karbidových stopkových fréz CoroMill Plura obsahuje velké množství rozličných provedení pro naprostou většinu různých podmínek obrábění.

Frézování do rohu – frézy s dlouhými břity

	Fréza s dlouhými břity CoroMill® 390	Fréza s dlouhými břity CoroMill® 690	Dokončovací fréza s dlouhými břity Coromant
			
Průměr frézy (D_c), mm	32 – 200	50 – 100	50 – 80
Max. hloubka řezu (a_p), mm	85	112	150
Osazení s přesným úhlem 90°			+++
Materiál			

Frézy s dlouhými břity

Frézy s dlouhými břity se obvykle používají především pro frézování hlubších osazení.

- První volbu pro všeobecné hrubování představuje fréza CoroMill 390; za stabilních podmínek je schopná značného úběru kovu.
- Fréza CoroMill 690 je první volbou pro frézování titanu.

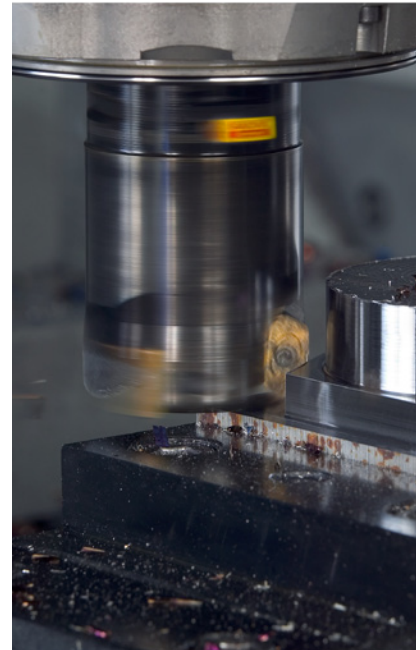
- Nejlepší kalitu obrobené plochy mezi frézami tohoto typu poskytuje dokončovací fréza s dlouhými břity Sandvik Coromant.

Poznámka: Všechny výše uvedené frézy umožňují frézování obrysů a frézování osazení na hranách.

Metodické pokyny

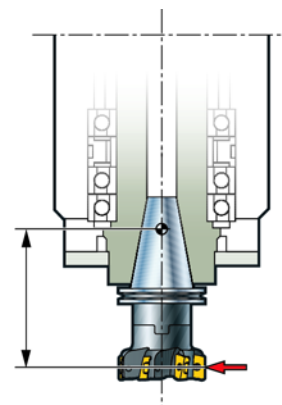
Posouzení aplikace a užitečné rady

- Sousedné frézování vždy představuje první volbu a vzhledem k úhlu nastavení 90° je jeho použití zvláště důležité při frézování do rohu.
- Obrábění je třeba provádět takovým způsobem, aby účinek řezných sil směřoval proti opěrným plochám přípravku v takové míře, nakolik je to jen možné. V některých případech proto může představovat příznivou alternativu nesousedné frézování.
- Výběr zubové rozteče frézy závisí na stabilitě celého systému, tedy: obráběcího stroje, obrobku a jeho upnutí, stejně jako na materiálu obrobku.
- Pro stroje s rozhraním ISO 40 a menší se vzhledem k jejich omezené stabilitě doporučují frézy s hrubou zubovou roztečí.
- Použití fréz s hrubou roztečí je rovněž doporučeno pro obrábění součástí upnutých vysoko nad plochou upínacího stolu. Podrobnější informace o tuhosti obrobku a stabilitě upnutí, viz Jak postupovat, strana D 31.
- Poloha frézy vůči obrobku je velice důležitá a je jí třeba věnovat mimořádnou pozornost.
- Pokud $D_c/a_e > 10$, je třeba stanovit hodnotu posuvu, f_z , v souladu s hodnotou h_{ex} tak, aby bylo možné dosáhnout dobrých výsledků a současně omezit riziko lomu břitů.
- Pokud je hloubka osazení menší než 75% délky řezné hrany, kvalita vertikálních ploch je obvykle dostatečná, bez nutnosti zvláštní dokončovací operace.
- Je třeba zvolit houževnatější třídu karbidových břitových destiček, než pro čelní frézování.
- Při použití fréz CoroMill s dlouhými břity jsou podmínky obrábění skutečně náročné, proto může být nutné použití ještě houževnatější třídy.
- Čím větší je hloubka řezu, tím důležitější je snížení řezné rychlosti s ohledem na omezení sklonů k vibracím.
- Pokud dochází ke vzniku vibrací, snižte v_c a zvýšte f_z , proveďte porovnání s doporučenou hodnotou h_{ex} !
- Ujistěte se, že pro zvolené řezné podmínky je k dispozici dostatečný výkon stroje. Podrobnější informace o způsobu výpočtu, viz kapitola I.



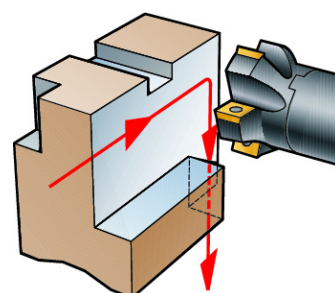
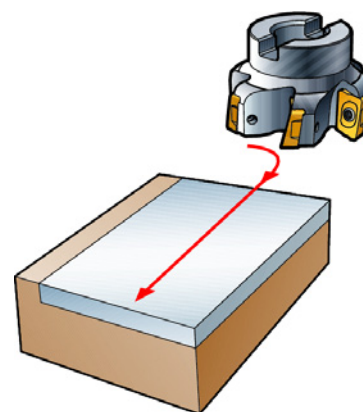
Upínání nástrojů

- U velkých hloubek řezu, zejména pak u fréz s dlouhými břity, je třeba věnovat zvláštní pozornost požadovanému výkonu stroje.
- Největší vliv na výsledek frézování má u fréz o průměru menším než 50 mm upnutí nástroje.
- Čím větší je hloubka řezu, tím větší důležitost má velikost a stabilita spojky - radiální řezné síly jsou totiž při použití čelních fréz do rohu značně velké, zejména pak u fréz s dlouhými břity.
- Spojka Coromant Capto poskytuje všem typům fréz optimální stabilitu s nejmenším možným průhybem nástroje – to je důležité zejména u dlouhých nástrojů nebo nástrojových sestav s prodlužovacími nástavci.
- Více informací o prodlužovacích adaptérech Silent Tools s tlumením vibrací, viz Jak postupovat, strana D 30 a Tvarové obrábění, strana D 71.



Odvalovací nájezd do záběru - narolování do řezu

- Plynulý vstup do řezu má zásadní význam pro potlačení vibrací a prodloužení životnosti nástroje, zejména pak při frézování do rohu.
- Naprogramujte dráhu frézy s využitím odvalovacího způsobu nájezdu do záběru; tloušťka vznikající třísky bude na výstupu z řezu vždy nulová; kromě toho zajistíte jak vyšší rychlost posuvu, tak i delší životnost nástroje.
- Tato metoda je nejvhodnější pro aplikace, při kterých frézování probíhá kolem vnějších rohů, jelikož brání prudkým změnám směru obrábění. Více informací o odvalovacím nájezdu do řezu, viz Jak postupovat, strana D 25.
- Fréza musí být nepřetržitě v záběru.



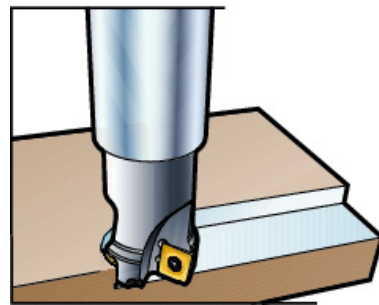
Metodické pokyny

Frézování mělkých osazení

Tato často používaná operace se obvykle provádí pomocí čelních válcových fréz pro frézování do rohu a stopkových fréz. Malé hloubky řezu umožňují použití větší radiální šířky záběru.

Tyto typy fréz mohou nahradit čelní frézy především v případech, kdy omezení představuje axiální tlak na součást nebo v případě požadavků na přístupnost do blízkosti vertikálních ploch nebo prvků upínacího přípravku.

- Frézy pro frézování do rohu s odsazenou stopkou umožňují optimální přístupnost při frézování hluboko umístěných mělkých osazení.
- Mimořádně robustní provedení frézy CoroMill 390 pro frézování do rohu umožňuje za stabilních podmínek velmi vysoké rychlosti úběru kovu. Spolehlivě funguje také v obtížných podmínkách, jako je například provádění přerušovaných řezů.

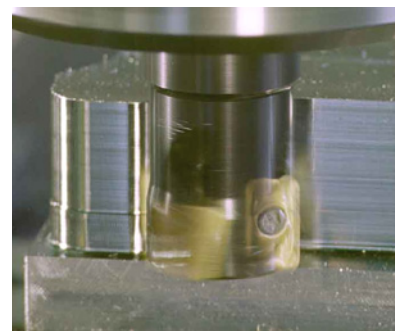


Frézování hlubokých osazení

Pomocí opakovaných průchodů nástroje s využitím čelních válcových fréz pro frézování do rohu a stopkových fréz

Pro minimalizaci povrchových vad, jako jsou stupně a přechodové hrany mezi jednotlivými průchody, je naprosto nezbytné použití vysoce přesné frézy, která umožňuje výrobu osazení s přesným úhlem 90°.

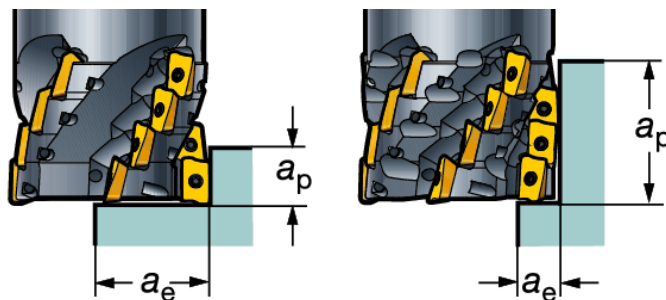
Pokud je hloubka osazení menší než 75% délky řezné hrany, kvalita vertikálních ploch je obvykle dostatečná, bez nutnosti zvláštní dokončovací operace.



S využitím jediného průchodu frézy s dlouhými břity

Použití frézy s dlouhými břity představuje dobré řešení pro aplikace s větší hloubkou, velikostí a obvykle i obtížností:

- Výkonnostní předpoklady pro velký úběr kovu.
- Obvykle se používá pro hrubovací frézování, jelikož výsledná struktura povrchu má povahu podobnou, jako při použití vysokých rychlostí posuvu při frézování obvodem.



Tyto frézy jsou náročné na:

- Stabilitu
- Stav vřetena
- Odvádění třísek
- Upínání nástrojů
- Výkon.

Velikost radiálních sil je značná, což znamená, že se jedná o náročnou aplikaci frézování obvodem.

Kratší frézy s dlouhými břity jsou vhodné pro:

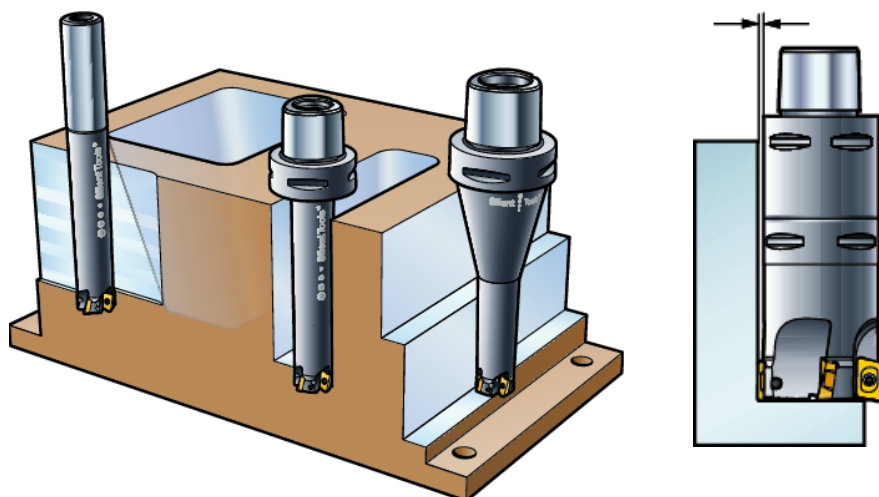
- Radiálně velká ale mělká osazení.
- Frézování drážek do plného materiálu s hloubkou rovnající se průměru frézy, což může pomoci vyrovnat různá omezení ze strany stroje.

Delší provedení je určeno pro:

- Frézování osazení se střední až nižší radiální šířkou záběru.
- Frézování obrysů na výkonných, stabilních strojích.

Frézování hluboko umístěných osazení

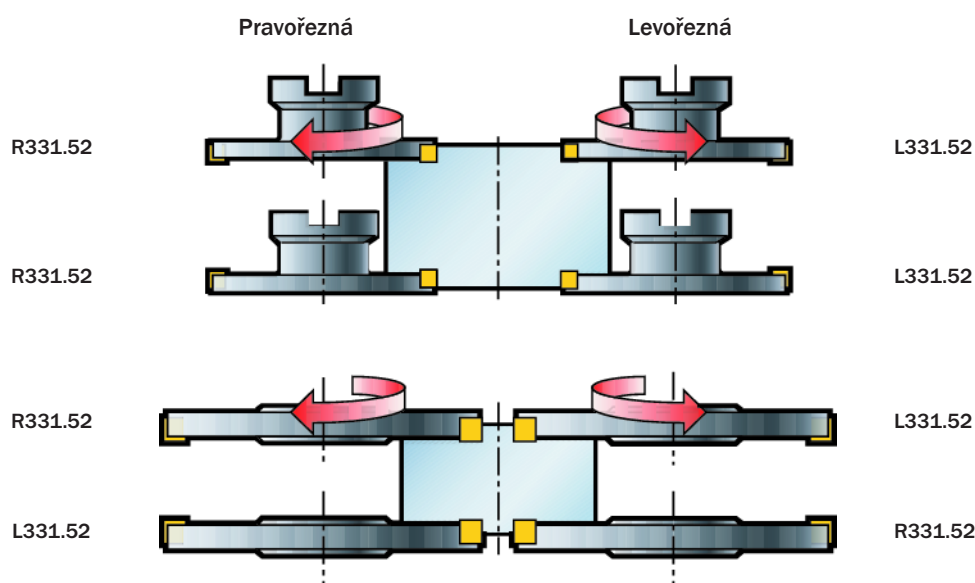
- Frézy pro frézování do rohu v provedení s odsazenou stopkou umožňují optimální přístupnost pro frézování mělkých, hluboko umístěných osazení. Pro osazení, umístěná v ještě větších hloubkách, je možné použít prodlužovací adaptéry se spojkou Coromant Capto.
- Také frézy s dlouhými břity jsou k dispozici v provedení s odsazenou stopkou, aby je bylo možné používat pro obrábění hlubších osazení umístěných ve velkých hloubkách. Na druhou stranu, radiální hloubka řezu musí být v takovém případě menší.



Frézování osazení s využitím kotoučových fréz

Pro frézování osazení lze také využít kotoučové frézy, zejména pokud je tvar osazení úzký s velkou radiální šířkou.

Tyto frézy jsou často jediným možným řešením pro zpětné frézování skrytých osazení a ploch.



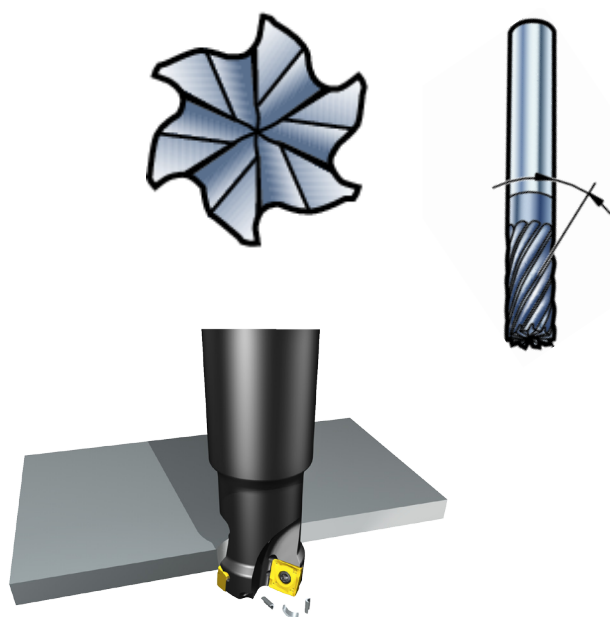
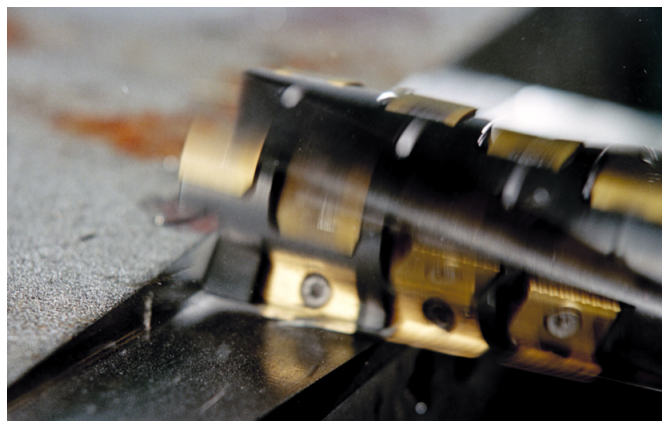
Správná volba frézy CoroMill 331 pro frézování čelních ploch zředu i zpětné, s využitím pravotočivého i levotočivého směru otáčení vřetena.

Frézování hran a obrysů - frézování obvodem

Obrábění hran a obrysů je ve skutečnosti stranové frézování použité pro tvarové obrábění s dráhou nástroje jdoucí po vrstevnici. Stranové frézování a frézování obrysů jsou alternativy frézování obvodem.

Volba nástrojů

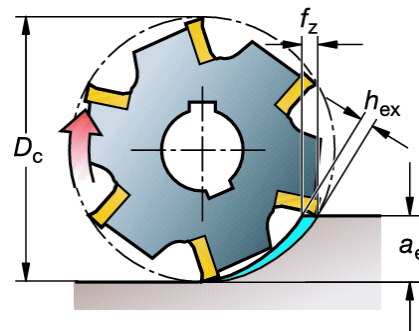
- Pro obrábění tenkých hran jsou běžně používány stopkové čelní frézy, zatímco rozměrnější nebo tlustší hrany je možné pomocí stopkových čelních fréz obrábět s využitím "frézování do rohu" a opakovaných průchodů, nebo pomocí fréz s dlouhými břity na jeden průchod.
- Osazení s hloubkou rovnou dvojnásobku průměru je možné efektivně obrábět pomocí fréz s dlouhými břity nebo monolitních karbidových fréz CoroMill Plura. Pro takto hluboká osazení nebo pro součásti s velkou tloušťkou hrany je doporučena radiální šířka záběru o velikosti 0.5 krát průměr frézy.
- Pro frézování obrysů a frézování obvodem je možné použít také kotoučové frézy.
- V případě frézování obrysů s malou radiální hloubkou řezu je díky velkému úhlu stoupání šroubovice zajištěn dostatečný počet zubů v záběru a plynulost řezu.
- Obzvlášť vhodné pro frézování obrysů jsou frézy s jemnou nebo velmi jemnou zubovou roztečí. To platí také v případě frézování hran menších tlouštěk nebo hran s mělkým osazením pomocí fréz s úhlem nastavení 90°.



Metodické pokyny

Posouzení aplikace a užitečné rady

- Kritickým hlediskem při frézování obvodem je dosažení přiměřeného posuvu na zub, f_z .
- Hodnotu posuvu, f_z , je třeba korigovat vzhledem k velikosti šířky záběru frézy, což má vliv na tloušťku třísky, viz Jak postupovat, strana D 20.
- Posuv na zub, f_z , je třeba vynásobit korekčním součinitelem.
- Tak lze dospět k vyšším hodnotám posuvu při menším oblouku záběru a zároveň zajistit přiměřenou velikost tloušťky třísky.
- Přesto nemusí být použití korekčního součinitele vždy zcela možné - struktura povrchu a tendence ke vtahování nástroje do záběru mohou představovat omezení pro rychlost posuvu.



Struktura povrchu – vytvořená radiálním záběrem

Jak již bylo uvedeno, struktura povrchu a tendence ke vtahování do obrobku mohou být omezením pro rychlost posuvu, zejména pokud radiální hloubka řezu je malá.

Při použití obvodu čelní stopkové frézy pro frézování tvarů, vzniká na obráběném povrchu sled hrbolků. Výška hrbolku, h , je určena:

- Průměrem frézy, D_c
- Posuvem na zub, f_z
- Výslednou celkovou hodnotou radiálního házení, TIR.

Frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami mají vždy větší hodnotu TIR, než monolitní karbidové frézy. Rovněž platí, čím větší je průměr frézy a čím větší je počet zubů, tím se snižuje vzdálenost mezi nejnižším a nejvyšším bodem nerovností.

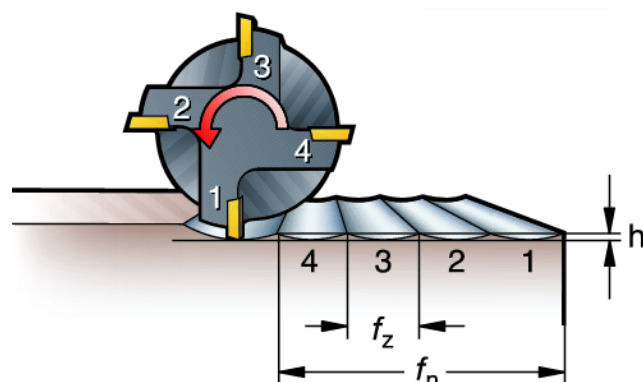
Pro dosažení nejlepší kvality povrchu:

- Použijte monolitní karbidové frézy CoroMill Plura nebo CoroMill 316.
- Použijte vysoce přesná hydromechanická sklíčidla (CoroGrip nebo HydroGrip) se spojkou Coromant Capto.
- Použijte nejkratší možné vyložení.

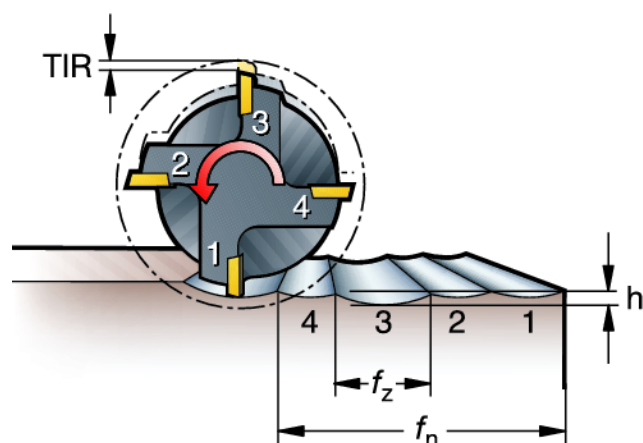
Doporučené posuvy (bez přihlédnutí k h_{ex}):

- Frézy s břitovými destičkami - počáteční hodnota $f_z = 0.15$ mm/zub
- Monolitní karbidové frézy - počáteční hodnota $f_z = 0.10$ mm/zub

Poznámka: Nejhorší kvality povrchu je dosaženo v případě, že v důsledku velkého házení frézy vytváří povrch pouze jeden břit.

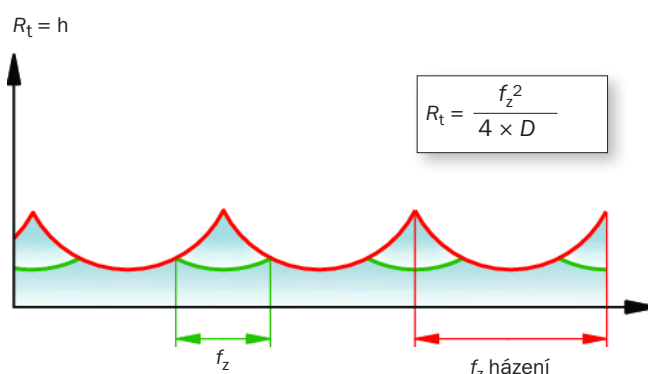


Za předpokladu, že fréza nevykazuje žádné házení, výška nerovností, h , bude stejně velká a lze ji vypočítat ze vztahu:



Pokud fréza vykazuje házení určité velikosti, posuv na zub, f_z , a tedy i výška nerovností, h , se bude lišit v závislosti na TIR.

Hloubka profilu/výška nerovností



Podrobnější informace o velikosti fréz, šířce záběru a poloze frézy vůči obrobku, utváření třísek a odvalovacím způsobu nájezdu do záběru, viz Jak postupovat, strana D 22.

Informace o axiálním způsobu frézování obrysů s využitím čelních fréz, viz Čelní frézování, strana D 59.

Povrch vytvořený nástrojem s házením a bez házení.

Frézování do rohu v případě tenkých a poddajných stěn

- Metody obrábění tenkostěnných partií se liší v závislosti na výšce a tloušťce stěny.
- Počet průchodů je ve všech případech určen rozměry stěny a axiální hloubkou řezu.
- Zhodnoťte stabilitu jak frézy, tak i stěny.
- Použijte techniky vysokorychlostního obrábění, t.j. malé a_p/a_e a vysoké v_c , usnadňující frézování tenkých stěn tím, že zkracují dobu záběru nástroje a v důsledku toho také snižují rázy a průhyb.
- Je třeba použít sousledné frézování.
- Stejně metody se používají jak pro frézování hliníku, tak i titanu.



Malý poměr výšky k tloušťce <15:1:

- Obrobte jednu stranu stěny na několik vzájemně se nepřekrývajících průchodů.
- Opakujte na protější straně.
- Na obou stranách ponechte přídavek pro následné dokončování.

Střední poměr výšky k tloušťce <30:1

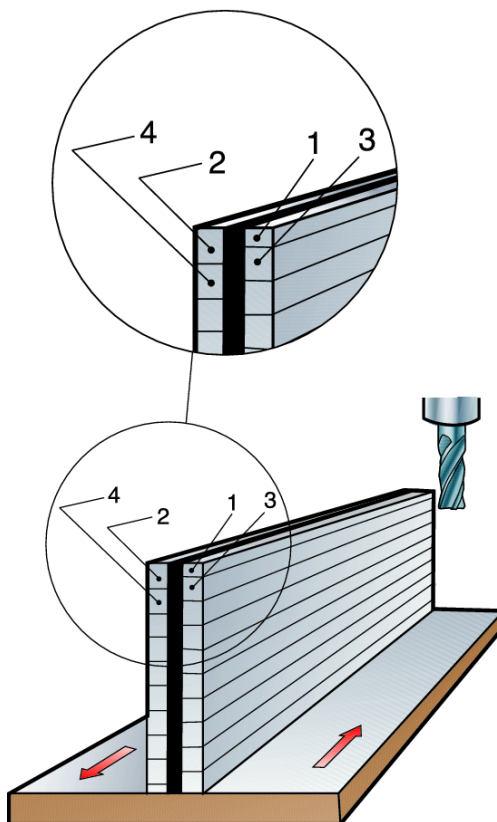
Nepřekrývané frézování - "po vrstevnici":

- Střídání stran, obrábění do určité hloubky, průchody se nepřekrývají.

Alternativně

Překrývané frézování - s opěrnými stupni:

- Podobné pojetí, ale se vzájemným přesahem mezi jednotlivými průchody na protějších stranách stěny - dosáhne se tak větší opory v místě řezu. První průchod se provádí se sníženou hloubkou řezu, $a_p/2$.
- Na obou stranách vždy ponechte přídavek 0.2 – 1.0 mm pro následné dokončování.

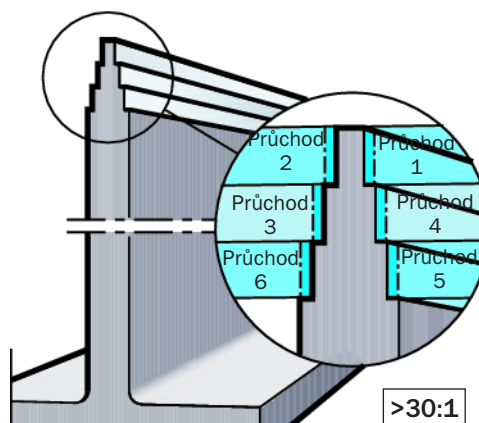


Průchody je třeba provádět s "cikcak" dráhou nástroje.

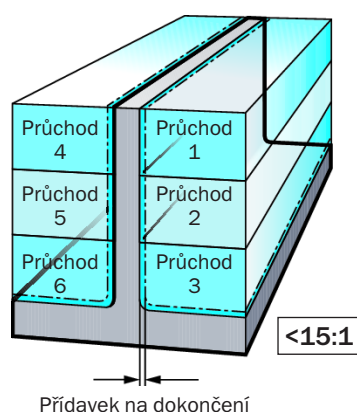
Velmi vysoký poměr výšky k tloušťce >30:1

Vedle střídání stran během obrábění stěny se pro přiblížení na požadovanou tloušťku stěny využívá stupňů, tzv. princip "vánočního stromku".

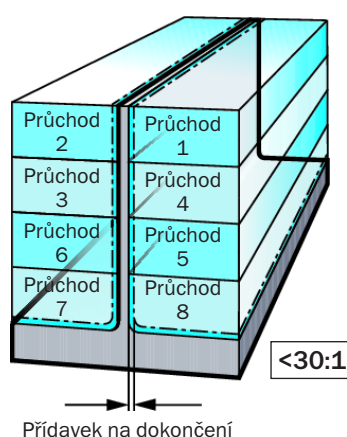
- Tenčí partie je vždy podpírána tlustší částí pod ní tak, jak jsou postupně obráběny.
- Postupujte stěnou uvedeným krokovým způsobem.



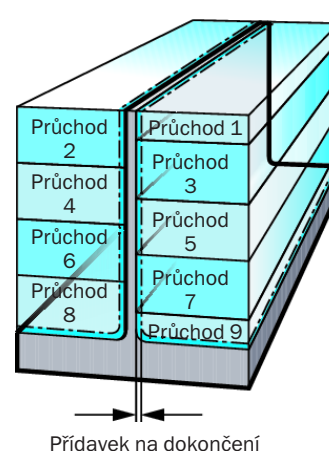
Tenké stěny



Nepřekrývané frézování



Překrývané frézování



Frézování do rohu s malou tloušťkou dna

Obrábění tenkostěnného dna:

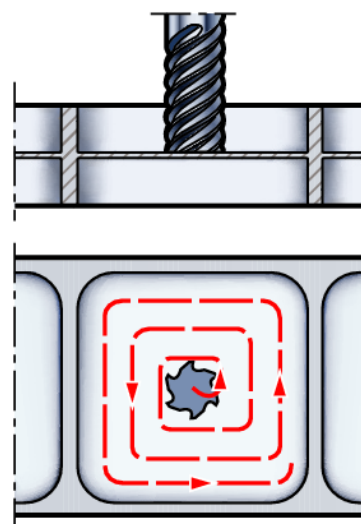
- Použijte postupné zahlubování kruhovou interpolací pro dosažení požadované hloubky ve středu plochy obráběného dna.
- Z tohoto místa frézujte směrem ven s využitím okružní dráhy pro postupné zahlubování.

V případě frézování povrchu, jehož protilehlá strana již byla obrobena:

- Použijte nástroj s minimálním počtem zubů.
- Snažte se docílit, aby tlak na tuto stěnu byl co nejmenší.

Pokud má součást otvor ve středu dna:

- Při obrábění první strany ponechte vhodnou pomocnou přičku.
- Následuje obrábění druhé strany.
- Po dokončení obrábění z obou stran odstraňte pomocnou přičku.



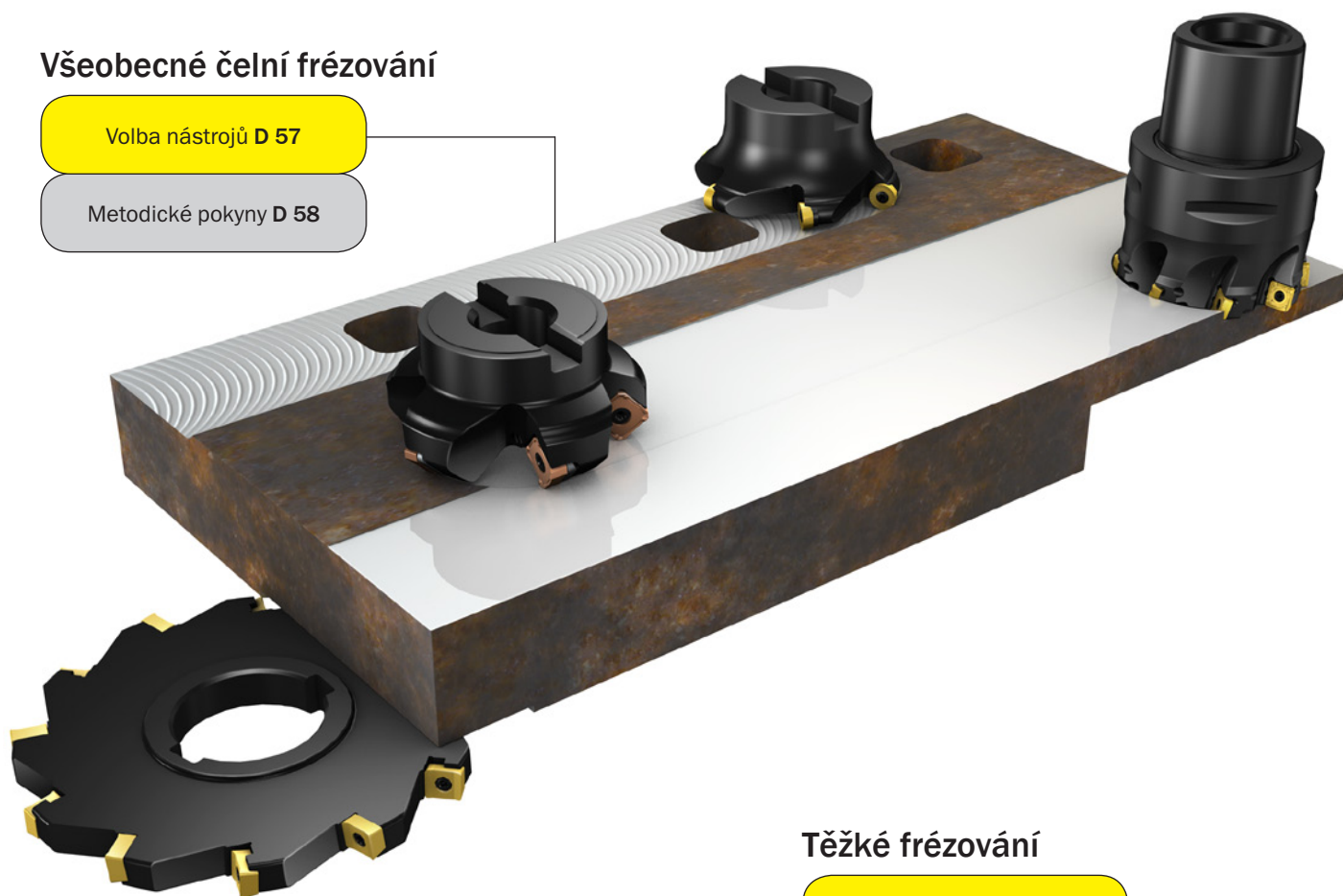
Čelní frézování

Přehled aplikací

Všeobecné čelní frézování

Volba nástrojů D 57

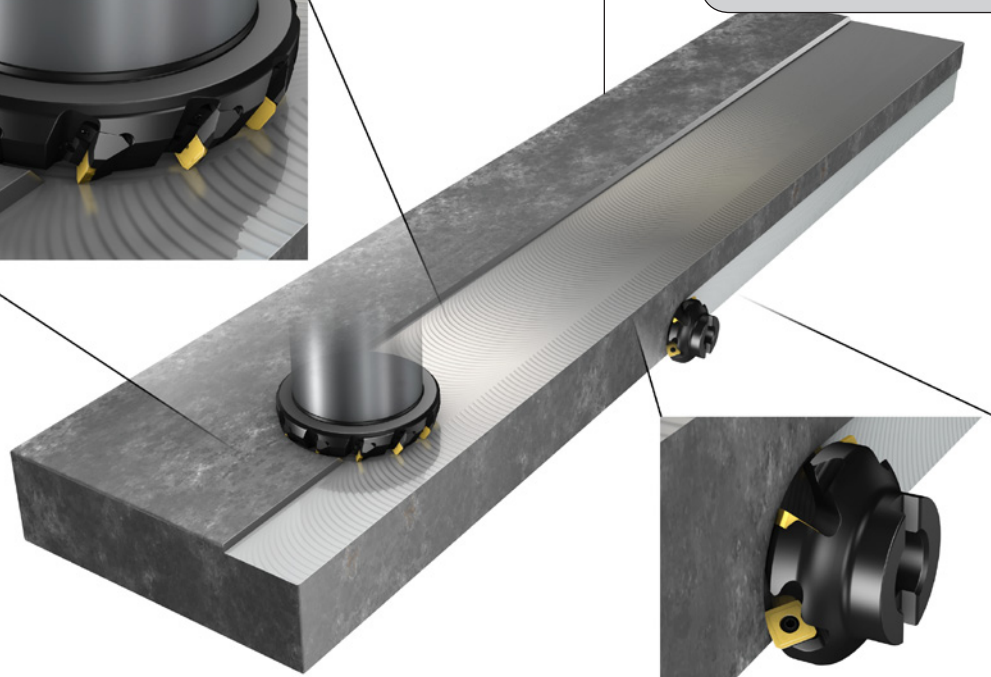
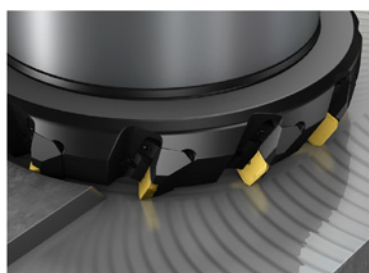
Metodické pokyny D 58

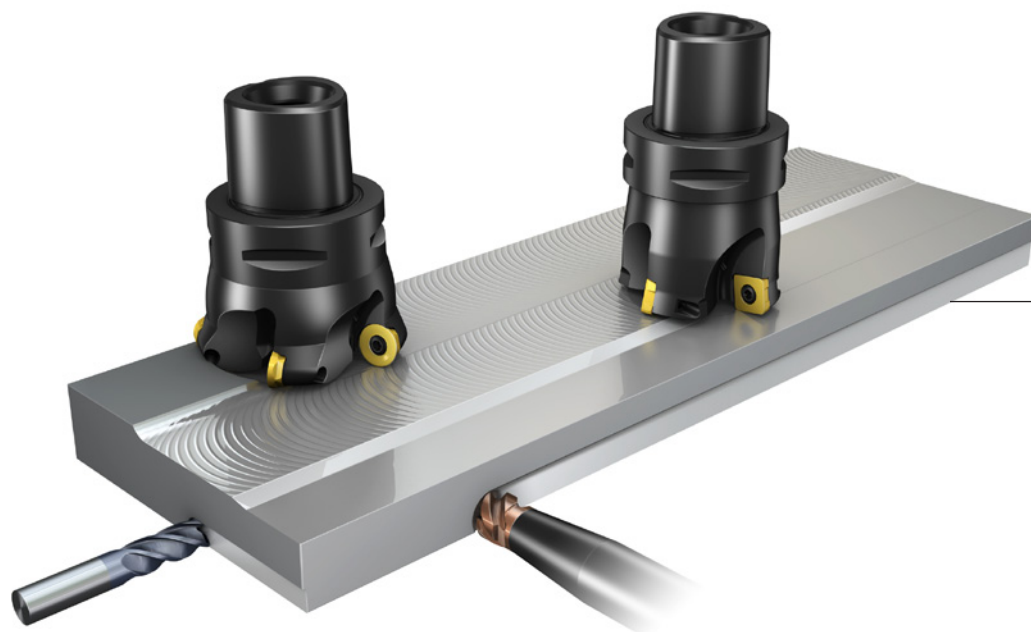


Těžké frézování

Volba nástrojů D 62

Metodické pokyny D 63





Frézování s velkými rychlostmi posuvu

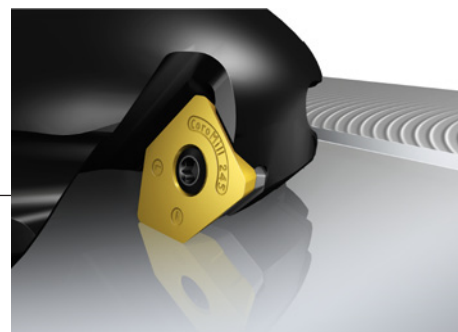
Volba nástrojů D 60

Metodické pokyny D 61

Dokončování s využitím hladicích břitových destiček

Volba nástrojů D 64

Metodické pokyny D 65



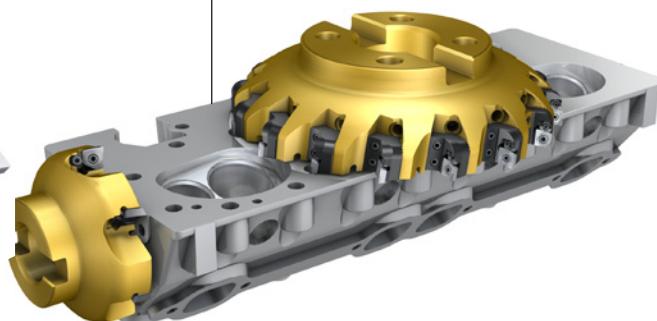
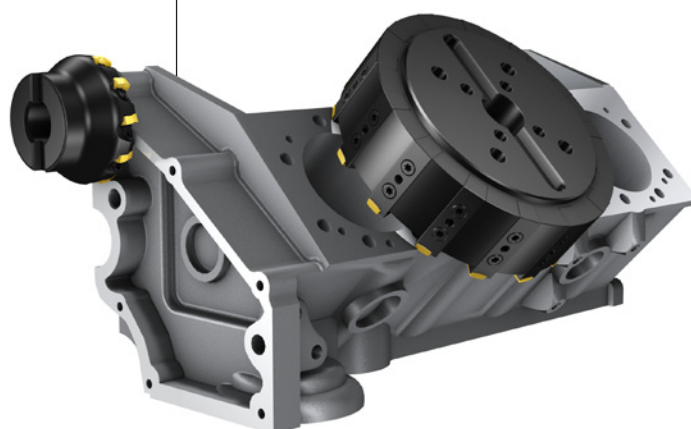
Frézy optimalizované pro obrábění určitého materiálu

K

Viz strana D 36.

N

Viz strana D 38.

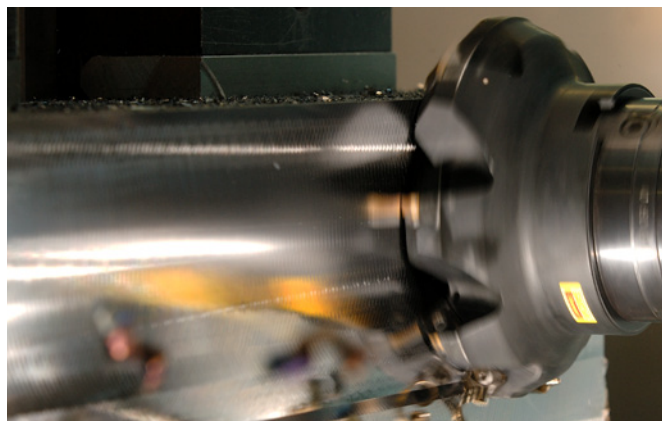


Frézování

Problémy a jejich řešení D 128

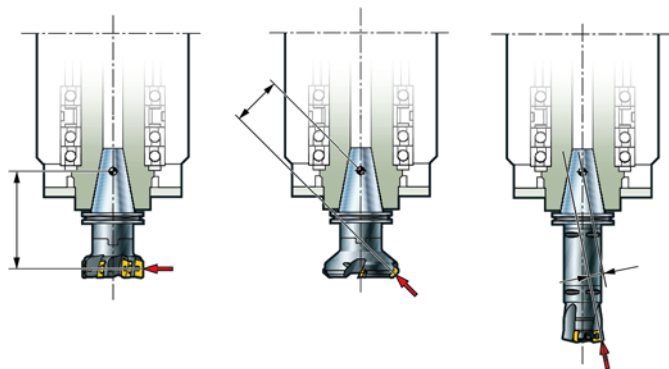
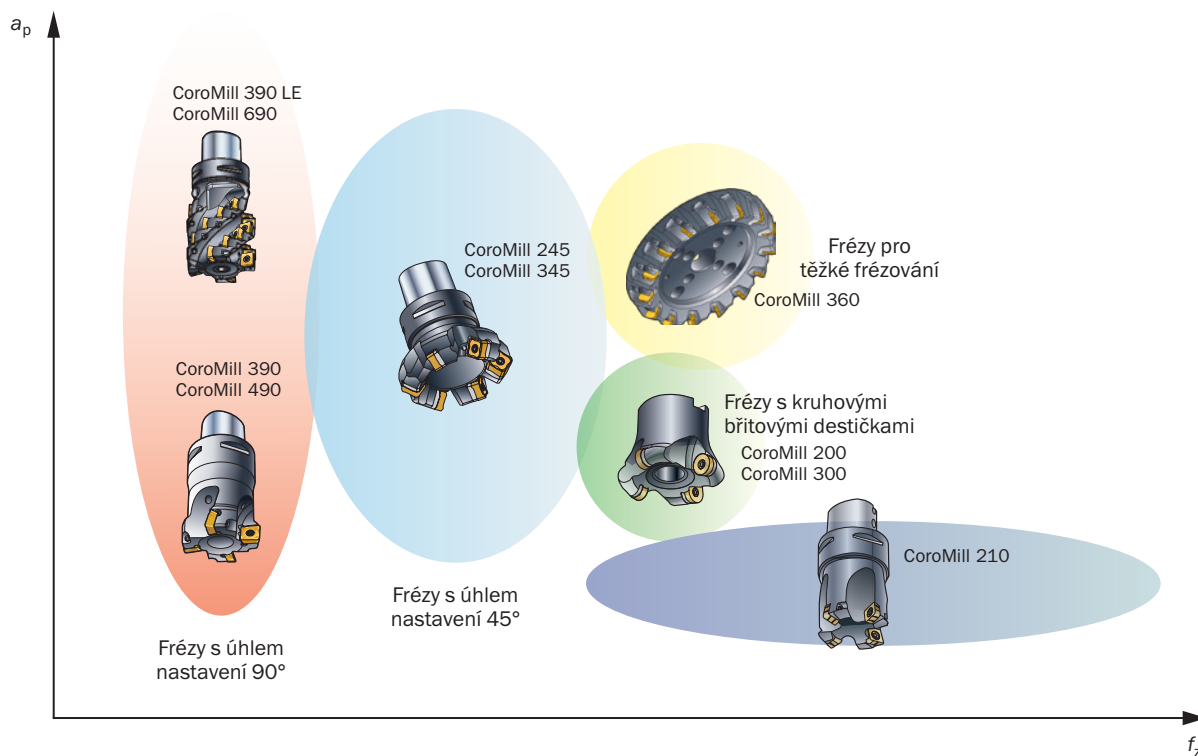
Čelní frézování

Čelní frézování je nejrozšířenější frézovací operace a lze ji provádět s využitím velkého množství různých nástrojů. Nejčastěji se používají frézy s úhlem nastavení 45°, ale za určitých podmínek se také používají frézy s kruhovými břitovými destičkami, frézy pro frézování do rohu nebo kotoučové frézy.



Celkový přehled fréz pro čelní frézování

Níže uvedený obrázek ukazuje hlavní aplikační oblasti jednotlivých frézovacích koncepcí v závislosti na hloubce řezu, a_p , a posuvu na zub, f_z .



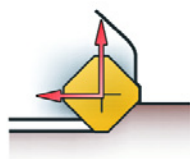
Směr řezných sil vznikajících při různém úhlu nastavení.

Všeobecné čelní frézování

Volba nástrojů

Frézy s úhlem nastavení 45°

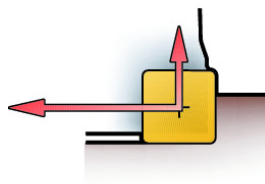
- První volba pro všeobecné použití
- Snížení sklonů k vibracím při dlouhém vyložení nástroje
- Efekt ztenčení třísky umožňuje zvýšení produktivity



	CoroMill® 245	CoroMill® 345	Sandvik AUTO
Max. hloubka řezu (a_p), mm	6/10	6	6
Průměr frézy (D_c), mm	32 – 250	40 – 250	80 – 500
Materiál			

Frézy s úhlem nastavení 90°

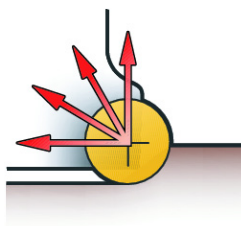
- Tenkostěnné součásti
- Slabě upnuté součásti
- Tam, kde je požadován tvar 90°



	CoroMill® 490	CoroMill® 290	CoroMill® 390
Max. hloubka řezu (a_p), mm	5.5	10.7	10/15.7
Průměr frézy (D_c), mm	20 – 80	40 – 250	12 – 42/ 400 – 200
Materiál			

Frézy s kruhovými břitovými destičkami

- Frézy pro všeobecné použití
- Nejvyšší pevnost břitů
- Velký počet řezných hran na břitovou destičku
- Obzvlášť vhodné pro obrábění žárovzdorných slitin ISO S.
- Plynulý záběr břitu



	CoroMill® 200	CoroMill® 300
Max. hloubka řezu (a_p), mm	10	7/8
Průměr frézy (D_c), mm	25 – 160	10 – 42/ 25 – 125
Materiál		

Frézy s úhlem nastavení 60° – 65°

Viz strana D 152.

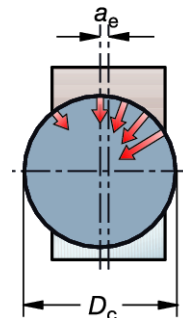
Frézy s úhlem nastavení 10°

Viz strana D 60.

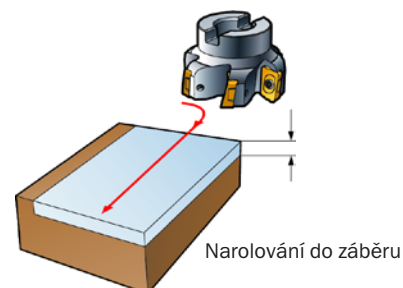
Metodické pokyny

Posouzení aplikace a užitečné rady

- Zhodnoťte stabilitu obráběcího stroje, velikost vřetena a jeho typ (vertikální nebo horizontální) a užitečný výkon.
- Používejte frézy o průměru, který je o 20 až 50% větší, než šířka obráběné plochy.
- Při určení polohy frézy vůči obrobku vezměte z hlediska dosažení optimálního posuvu v úvahu maximální tloušťku třísky.
- Frézu umístěte mimo střed obráběné plochy s ohledem na dosažení nejmenší možné tloušťky třísky na výstupu ze záběru.

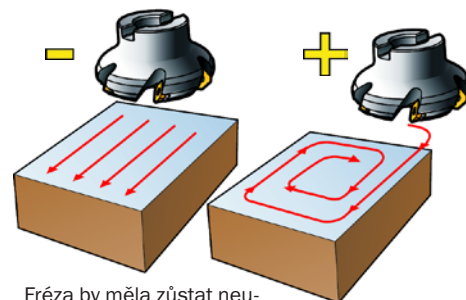


- Pro zajištění plynulého vstupu do řezu naprogramujte dráhu nástroje s odvalovacím nájezdem do záběru nebo snižte posuv.



- Pro zajištění vhodného utváření třísky používejte sousledné frézování, tedy od největší tloušťky třísky k nejmenší.

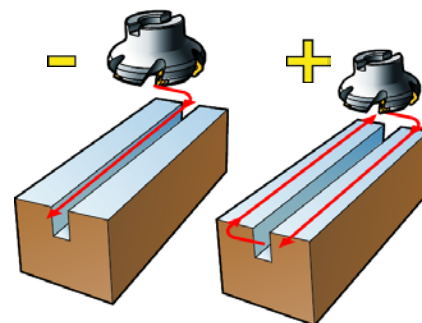
- Naprogramováním dráhy nástroje zabraňte výjezdům a opětovným nájezdům do záběru.



Fréza by měla zůstat neustále v záběru.

Čelní frézování nesouvislých ploch s přerušovaným řezem

- Pokud je to možné, vyhněte se frézování přes místa porušující celistvost obráběné plochy (díry nebo drážky). Přerušované řezy jsou pro břit velmi náročné, protože se tím značně zvyšuje počet vstupů a výstupů z řezu.
- Alternativně je v místech s porušením celistvosti obráběné plochy vhodné snížit rychlost posuvu o 50%.

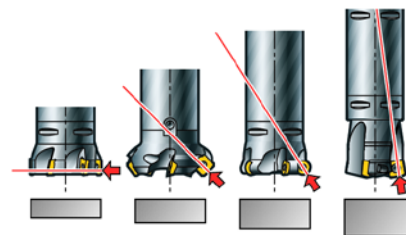


Vyhněte se frézování ploch s porušenou celistvostí.



Čelní frézování tenkostěnných a poddajných partií

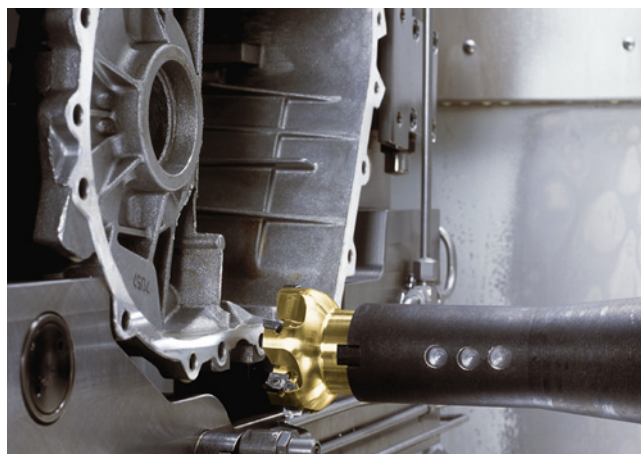
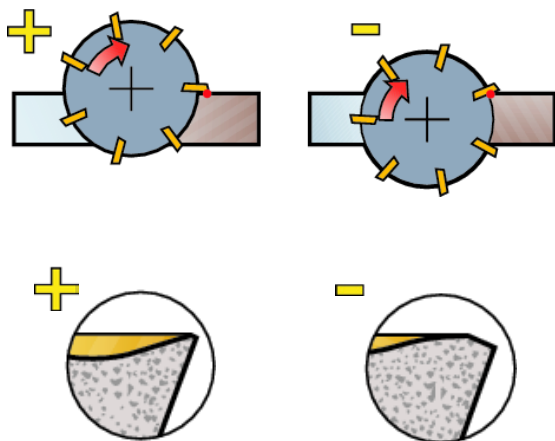
- Proveďte rozbor směru hlavních řezných sil s ohledem na stabilitu obrobku a upínacího přípravku.
- Při frézování součástí s omezenou tuhostí v axiálním směru použijte frézy do rohu s úhlem nastavení 90°, u kterých je hlavní část řezných sil orientována v radiálním směru.
- Alternativně je možné použít čelní frézy s lehkým řezem.
- Z důvodu omezení velikosti axiálních řezných sil se vyvarujte použití axiální hloubky řezu menší než 0,5–2 mm.
- Používejte frézy s hrubou zubovou roztečí, čímž dosáhnete snížení počtu zubů v záběru na minimum.
- Z důvodu snížení velikosti řezných sil používejte ostré, pozitivní geometrie břitů (-L).



Výše shrnutá doporučení jsou podrobněji rozebrána v části Jak postupovat, viz strana D 20–D 31.

Frézování obrysů tenkostěnných partií pomocí čelních fréz

- Při frézování obrysů tenkostěnných partií pomocí čelního frézování je třeba umístit frézu mimo střed obráběné plochy. Průběh záběru je potom plynulejší a řezné síly jsou orientovány poněkud víc souběžně s obráběnou stěnou, což napomáhá ke snížení rizika vibrací.
- Pro tyto operace zvolte takové zubové rozteče fréz, které zajistí, že za všech okolností bude v záběru více než jeden břit.
- Používejte geometrie břitových destiček s co nejlehčím řezem (pro lehké obrábění místo pro střední, pro střední místo pro těžké).
- S ohledem na snížení rizika vzniku vibrací používejte pro obrábění tenkostěnných součástí menší poloměry rohu břitové destičky a kratší délky paralelního záběru.
- Používejte nízké hodnoty řezných podmínek, malé hloubky řezu, a_p , a nízké hodnoty pro posuv/zub, f_z .

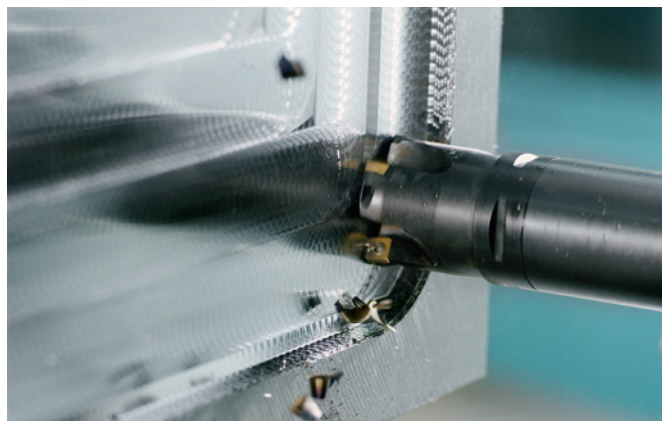


Podrobnější informace o velikosti fréz, šířce záběru a poloze frézy vůči obrobku, stejně jako o utváření třísek, viz Jak postupovat, strana D 22–D 25.




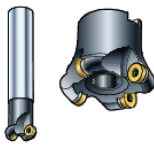
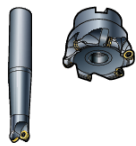





Frézování s vysokou rychlostí posuvu

Čelní frézování s velkou rychlostí posuvu na zub (až 4 mm/zub) je možné v případě použití fréz s malým úhlem nastavení nebo fréz s kruhovými břitovými destičkami vzhledem k efektu ztenčení třísky. Ačkoliv hloubka řezu je omezená na méně než 2 mm, extrémní rychlosti posuvu činí tuto frézovací metodu vysoce produktivní.

Speciální koncepce frézovacích nástrojů jsou přednostně určeny pro frézování s extrémně vysokými rychlostmi posuvu při malých axiálních hloubkách řezu. Malý úhel nastavení je podmínkou, která je nutná pro použití vysokých rychlostí posuvu pro obrábění velkými rychlostmi a s lehkým řezem.



Volba nástrojů

	CoroMill® 210	CoroMill® 316	CoroMill® Plura	CoroMill® 200	CoroMill® 300
					
	Frézy pro velké rychlosti posuvu			Frézy s kruhovými břitovými destičkami	
Max. hloubka řezu (a_p), mm	1.2 – 2	1.3	1.3	10	7/8
Průměr frézy (D_c), mm	25 – 160	10 – 25	4 – 20	25 – 160	10 – 42/ 25 – 125
Materiál					

CoroMill® 210

- Nejproduktivnější fréza pro čelní frézování s vysokými rychlostmi posuvu má úhel nastavení 10°, umožňující obrábění s velmi vysokými hodnotami posuvu na zub, f_z .

CoroMill® Plura a CoroMill® 316

- Při malých hloubkách řezu, a_p , více než dvojnásobné rychlosti posuvu ve srovnání s konvenčními stopkovými frézami.
- Vysoce přesné nástroje optimalizované pro vysokorychlostní obrábění tvrzených ocelí.
- Hrubování až polodokončování obrysových linií a asymetrických tvarů s extrémně vysokými rychlostmi posuvu.

Poznámka: Nepřekračujte maximální hodnoty a_p doporučené pro CoroMill 210, CoroMill Plura a CoroMill 316. Aby bylo možné frézovat s vysokými rychlostmi posuvu musí být pro kruhové břitové destičky a frézy s velkým poloměrem rohu použita hodnota a_p hluboko pod maximální doporučenou hodnotou.

CoroMill® 200 a CoroMill® 300

- Frézy s kruhovými břitovými destičkami.
- Prohloubení efektu ztenčení třísky při malých axiálních hloubkách řezu.
- Hladký průběh záběru.
- Univerzální frézy pro obtížné i lehké podmínky.

Metodické pokyny

Frézy s malým úhlem nastavení

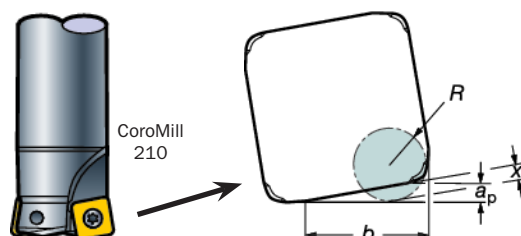
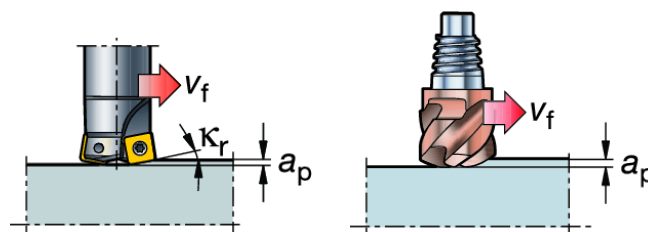
Maximální tloušťka třísky se při malých úhlech nastavení výrazně snižuje. To umožňuje použití extrémně vysokých rychlostí posuvu bez nebezpečí přetížení břitové destičky.

Pro frézy CoroMill 210 platí:

- Je skutečně výkonná bez ohledu na omezenou hloubku řezu danou úhlem nastavení 10°; maximálně 2.0 mm se 14 mm břitovou destičkou a 1.2 mm s 9 mm břitovou destičkou.
- Za velmi příznivých podmínek lze použít posuv na zub, f_z , až 4 mm/zub, přičemž lze dosáhnout rychlosti úběru kovu (Q) až 1400 cm³/min.

Poznámka: za všech okolností se vyhýbejte obrábění proti osazení 90° protože dochází ke ztrátě účinku malého úhlu nastavení, to znamená, že hloubka řezu se prudce zvyšuje.

Jako vždy je nutné snížení rychlosti posuvu a její úprava v závislosti na konkrétních podmínkách tak, aby nedocházelo k vibracím, které by mohly způsobit poškození břitové destičky.



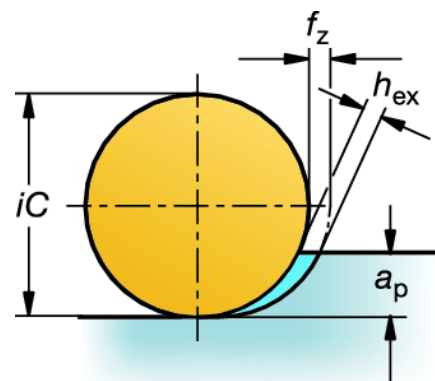
iC	Rozměry, mm			Neodřiznutý materiál
iC	R	b	a _p	x
9	2.5	7.05	1.2	0.79
14	3.5	12.0	2.0	1.48

Při použití frézy CoroMill 210 pro aplikace s vysokou rychlostí posuvu mohou být naprogramovány stejné hodnoty řezných podmínek, které by byly použity pro frézu s kruhovými břitovými destičkami s poloměrem R, viz tabulka.

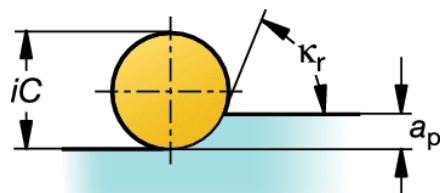
Frézy s kruhovými břitovými destičkami

Při použití fréz s kruhovými břitovými destičkami, např. CoroMill 200 nebo CoroMill 300 pro techniky frézování s vysokými rychlostmi posuvu je třeba dodržet nízké hodnoty pro hloubky řezu (max. 10% průměru břitové destičky, iC, jinak dochází ke snížení efektu ztenčení třísky a rychlost posuvu musí být snížena, viz obrázek.

Poznámka: Při použití fréz s kruhovými břitovými destičkami je velmi důležité snížit rychlost posuvu v blízkosti stěny/osazení, protože hloubka řezu velmi rychle narůstá.



Tloušťka třísky, h_{ex} , se při použití kruhových břitových destiček mění a závisí na hloubce řezu, a_p .



Odolné břitové destičky pro hrubování

- Nejvyšší výkonnosti se dosahuje v případě, že hloubka řezu je menší než 25% x průměr VBD, iC.

U kruhových břitových destiček se rozložení zatížení břitu a úhel nastavení mění spolu s hloubkou řezu.

Těžké čelní frézování

Tyto aplikace zahrnují hrubovací frézování těžkých výkovků nebo za tepla válcovaných hutních polotovárů, odlitků a svařovaných konstrukcí na velkých portálových frézách, výkonných frézovacích strojích nebo na obráběcích centrech.

Je třeba odebrat velké množství materiálu, přičemž vznikají vysoké teploty a řezné síly, což klade specifické požadavky na frézovací břitové destičky:











- Velké zatížení hlavního břitu po celé délce odpovídající hloubce řezu.
- Opatřebení rohu abrazivní kůrou v okamžiku, kdy je hloubka řezu blízká nule.

U fréz pro těžké frézování je optimální hodnota úhlu nastavení 60°. Tato konstrukce zajišťuje dobré předpoklady pro použití větší hloubky řezu, relativně rovnoměrné řezné síly a efekt zeslabení třísky, který umožňuje použití větších rychlostí posuvu.

- Dobré předpoklady pro práci s větší hloubkou řezu, relativně rovnoměrné řezné síly a efekt ztenčení třísky, který umožňuje použití velkých rychlostí posuvu.
- Axiální vůle daná konstrukcí nástroje umožňuje, aby břitová destička měla velký paralelní zábřít, který vytváří velmi dobrou strukturu povrchu.

Volba nástrojů



	CoroMill® 360	CoroMill® 245-18	T-Max 45	CoroMill® 390-18	CoroMill® 300-20
					
Úhel nastavení (K_r), mm	60°	45°	45°	90°	Kruhové břitové destičky
Max. hloubka řezu (a_p), mm	13 / 18	10	12	15.7	10
Průměr frézy (D_c), mm	160 – 500	32 – 250	100 – 400	40 – 200	66 – 200
Materiál					

CoroMill® 360

- Navržena pro efektivní manipulaci s nástrojem, která umožňuje zkrácení prostoje a rychlé bezpečné výměny VBD na stroji.
- Má předpoklady pro hloubky řezu až 18 mm, značná rychlost úběru kovu, možnost obrábění nerovných vlnitých povrchů.
- Vysoká produktivita – rychlost posuvu 0.4 – 0.7 mm na zub.
- Velký paralelní zábřít pro uspokojivé výsledky polodokončovacích operací.
- Pevný roh břitové destičky odolávající abrazivní povrchové kůře při malých hloubkách řezu.
- Pevné tělo frézy pro zvýšení bezpečnosti při velmi těžkých řezech.

CoroMill® 245, velikost VBD 18

- Fréza pro středně těžké čelní frézování, která umožňuje nejlehčí průběh řezu
- Vhodná pro hloubky řezu 6 - 8 mm při rozsahu posuvů 0.2 – 0.6 mm.
- Čelní fréza, která je první volbou pro náročné podmínky na velkých obráběcích centrech.
- Spolu s hladíci břitovými destičkami ji lze použít pro frézování ploch s dobrou kvalitou obrobeného povrchu.

CoroMill® 390-18

První volba pro střední těžké čelní frézování a frézování do rohu.

CoroMill® 300, velikost VBD 20

Fréza s ostrými břity pro střední těžké frézování, vhodná pro práci v obtížných podmínkách, jako například frézování povrchové kůry nebo přerušované řezy. Kruhová geometrie břitových destiček umožňuje plynulý záběr.

Jejích 8 břitů může být plně využito za příznivých podmínek obrábění. Maximální hloubka řezu je 10 mm. Maximální doporučená tloušťka třísky se mění v širokém rozsahu až do 0.55 mm na zub v závislosti na geometrii břitové destičky a hloubce řezu.

Detailní informace, viz strana D164.

T-Max 45

Vysoce výkonná čelní fréza s úhlem nastavení 45° navržená především pro práci v těžkých podmínkách a operace vyžadující dlouhé vyložení vřetena, kde posuv na břit je limitován sklony k vibracím.

- Je přizpůsobená pro hloubku řezu až 12 mm s posuvem v rozsahu až do 0.5 mm, proto umožňuje velmi účinný úběr kovu.
- Břitové destičky s velkou tloušťkou a s 2 mm dlouhým paralelním nebo hladicím zábřitem, které lze seřizovat v axiálním směru, činí z této frézy velice spolehlivý nástroj pro hrubování. Přesto je tuto frézu možné použít také pro dokončovací operace.
- Mechanismus pro upínání břitové destičky ovládaný pružinou usnadňuje manipulaci a urychluje výměnu břitové destičky.

Jak postupovat

Posouzení aplikace a užitečné rady

Vstup do záběru

Vstup do záběru často představuje kritickou otázku vzhledem k náročným podmínkám obvyklým při těžkém frézování. Proto je vhodnější, aby probíhal postupně.

- Pokud je to možné, naprogramujte dráhu nástroje s odvalovacím způsobem nájezdu do záběru.
- Pokud ne, snižte rychlost posuvu dokud fréza není plně v záběru.

Poloha a velikost frézy

Při těžkém frézování, kde je často zapotřebí vykonat velké množství průchodů při frézování velkých ploch, je velmi důležité dodržovat veškerá doporučení týkající se:

- Polohy frézy a šířky záběru
- Velikosti frézy ve vztahu k výkonnosti obráběcího stroje
- Dráhy nástroje, umožňující předcházet nepříznivým podmínkám při výstupu ze záběru

Doporučení, viz Jak postupovat, strana D22.



Dbejte potřebné opatrnosti s ohledem na vznik vysokých teplot

Při náročném těžkém frézování vznikají vysoké teploty. Pokud jsou pro upnutí součásti využívány magnetické stoly, velké množství vznikajících třísek zůstává často v blízkosti frézy. Mezi důsledky patří přerušované nebo částečné odvádění třísek nebo přehřívání třísek, což představuje značné riziko z hlediska životnosti nástroje. Abyste se vyvarovali těmto problémům, udržujte pracovní oblast bez nahromaděných třísek.

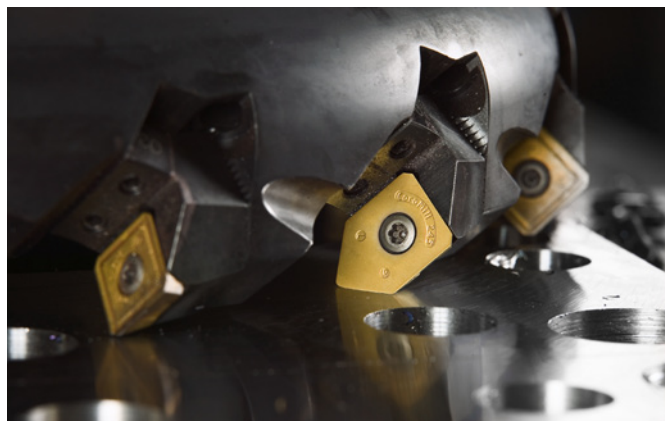
Chraňte choulostivé rohy břitové destičky před odíráním o abrazivní kůru nebo okuje zvýšením hloubky řezu tak, aby došlo k přesunutí kontaktního bodu s povrchem do pevnější části hlavního ostří břitové destičky.

Poznámka: Při výměně břitových destiček frézy používejte ochranné rukavice, abyste předešli zranění nebo jiným problémům v důsledku velkého žáru.


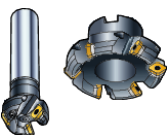










Dokončování s použitím hladicích břitových destiček

Vynikající drsnosti povrchu lze dosáhnout při použití standardních břitových destiček v kombinaci s jednou nebo více hladicími VBD. Účinnost hladicích břitových destiček se zvyšuje při vysokých rychlostech posuvu na otáčku, f_n , ve spojení s frézami větších průměrů s velmi jemnou zubovou roztečí a seřizovacím mechanismem.

Posuv na otáčku je možné zvýšit přibližně čtyřikrát, při zachování přijatelné kvality obrobené plochy. Hladicí břitové destičky je možné použít při frézování většiny materiálů a dosáhnout dobré struktury povrchu dokonce i za nepříznivých podmínek obrábění.



Volba nástrojů

	CoroMill® 345	CoroMill® 245	CoroMill® 365	CoroMill® Century	AUTO-AF	AUTO-FS
						
Úhel nastavení (K_r), mm	45°	45°	65°	90°	75°	90°
Max. hloubka řezu (a_p), mm	6	10	6	10	1	8.1
Průměr frézy (D_c), mm	40 – 250	32 – 250	40 – 250	40 – 200	80 – 500	125 – 500
Drsnost povrchu (R_a)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Materiál						

CoroMill® 245

Sortiment obsahuje širokou nabídku hladicích břitových destiček pro dokončování ve většině materiálů. Frézy velkých průměrů v konstrukčním provedení s kazetami mají seřizovací mechanismus pro nastavení v axiálním směru.

CoroMill® 345

K dispozici jsou hladicí VBD se dvěma hladicími břity o délce 5 mm pro pravotočivé nástroje a se dvěma pro levotočivé nástroje.

CoroMill® 365

V nabídce jsou 2 typy hladicích VBD

- Jedna se dvěma hladicími břity pro pravotočivé nástroje a se dvěma pro levotočivé.
- Jedna s extra dlouhými hladicími břity, jedním pro pravotočivé a jedním pro levotočivé nástroje.

Frézy velkých průměrů v nástrčném provedení lze seřizovat v axiálním směru s využitím podložek.

CoroMill® Century

Vysoce přesný stavěcí mechanismus umožňuje u fréz větších průměrů použití hladicích břitových destiček ve více než jednom lůžku a u fréz menších průměrů pro všechna lůžka břitových destiček. Tak lze dosáhnout mimořádně velké produktivity při zachování vysoké kvality obrobeného povrchu. Sortiment nabízí třídy hladicích břitových destiček umožňující dokončovací obrábění většiny materiálů.

AUTO-AF

Všechny velikosti fréz mají stavitelné kazety s lůžky vhodnými pro použití hladicích břitových destiček typu L i typu F s prodlouženým hladicím břitem. Frézy větších průměrů mají nástrčnou konstrukci.

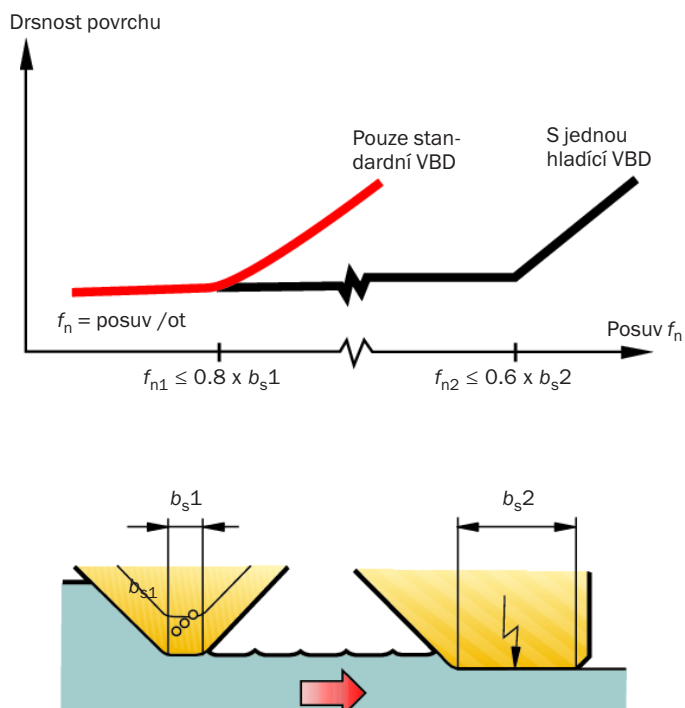
AUTO-FS

Frézy větších průměrů mají nástrčnou konstrukci a pomocí podložek jsou nastavitelné v axiálním směru. K dispozici jsou hladicí břitové destičky se čtyřmi řeznými hranami.

Metodické pokyny

Zrcadlový lesk při vysokých rychlostech posuvu

- Pokud u standardní břitové destičky dosáhne f_n 80% z délky paralelního zábřitu, b_s , dosáhnete zlepšení kvality obrobene plochy pomocí hladicí břitové destičky.
- Jak se u fréz o velkém průměru zvyšuje s rostoucím počtem zubů posuv na otáčku, f_n , stává se z hlediska dosažení kvalitního povrchu potřeba použití hladicí břitové destičky naprosto nevyhnutelnou.
- Velikost axiálního házení frézy, která závisí na sklonu vřetena, velikosti frézy, jejím upnutí a přesnosti jejího nastavení, ovlivňuje vlnitost obrobene plochy. Výškově přesunutá ploška hladicí břitové destičky vyrovnává tyto účinky a vytváří rovný povrch. To je zaručeno za předpokladu použití posuvu na otáčku maximálně 60% z délky hladicího břitu.
- Pokud je hladicí břitová destička upnutá v pevném lůžku, vyčnívá hladicí břit před ostatními frézovacími VBD o přibližně 0.05 mm. U fréz CoroMill v provedení s kazetami je možné nastavit polohu hladicího břitu s velkou přesností. Předsunutí hladicí VBD ji vystavuje většímu namáhání než ostatní konvenční VBD, což může mít za následek vibrace. Z tohoto důvodu by hladicí břitové destičky měly být používány pro lehké obrábění při středních hloubkách řezu a v omezeném počtu.
- Hloubka řezu by měla být malá, aby i axiální síly zůstaly malé a snížilo se riziko vibrací. Pro dokončování se doporučuje axiální hloubka řezu 0.8 až 1.0 mm.
- Při upínání hladicí břitové destičky je třeba věnovat zvláštní pozornost nastavení jejího dlouhého břitu do správné polohy.



Příklad:

- Šířka paralelního zábřitu, b_s , na břitové destičce je 1.5 mm.
 - Fréza má 10 břitových destiček a posuv na zub, f_z , je 0.3 mm. Posuv na otáčku, f_n , je 3 mm, tedy dvojnásobek délky paralelního zábřitu.
 - Aby bylo možné dosáhnout dobré kvality obrobene plochy, posuv na otáčku by měl být maximálně 80% z 1.5 mm = 1.2 mm.
 - Odpovídající hladicí břitová destička má paralelní zábřit o délce cca 8 mm.
 - Výsledek: posuv na otáčku lze zvýšit z 1.2 mm na 60% z 8 mm = 4.8 mm.
- Poznámka:** V úvahu je třeba vzít i další omezení, například výkon stroje.

Další užitečné rady jak docílit "zrcadlového lesku"

- Pro dosažení lesklého povrchu použijte vysoké řezné rychlosti a/nebo cermetové břitové destičky.
- Pro materiály ulpívající na břitu, ISO M a ISO S, používejte řeznou kapalinu nebo olejovou mlhu.
- Nejlepší kvality obrobene plochy dosáhnete s břitovými destičkami s PVD povlakem s ostrými břitmi a při hodnotách a_p v rozmezí 0.5 – 0.8 mm.

Tvarové frézování

Přehled aplikací

Tvarové frézování

Volba nástrojů D 68

Metodické pokyny D 70



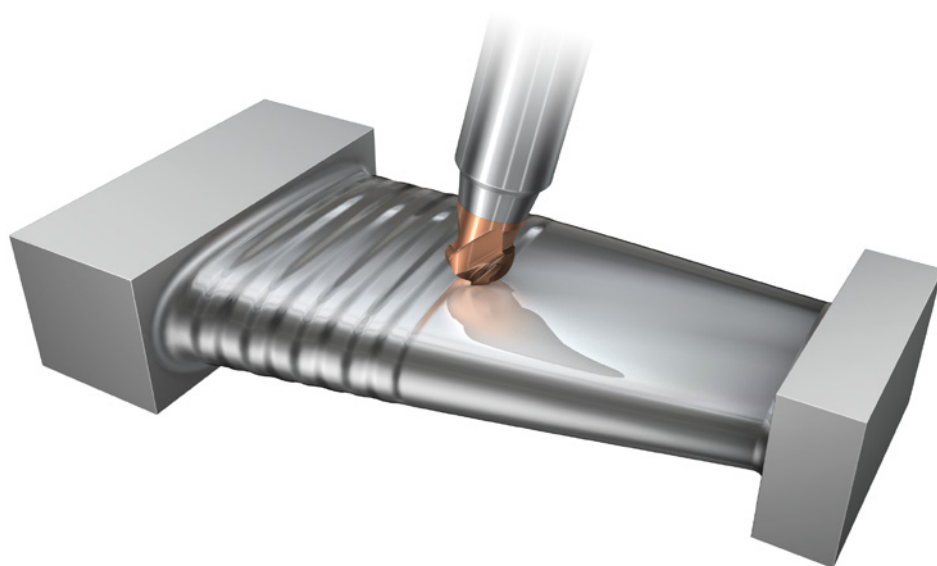
Okružní frézování

Volba nástrojů **D 81**

Metodické pokyny **D 82**



Frézování lopatek: Tvarové a okružní frézování



Frézování

Problémy a jejich řešení **D 128**

Tvarové frézování

Tvarové frézování zahrnuje víceosé frézování konvexních nebo konkávních tvarů ve dvou nebo třech dimenzích.

Čím větší je součást a čím komplikovanější je obráběný tvar, tím důležitější se stává přípravný proces.

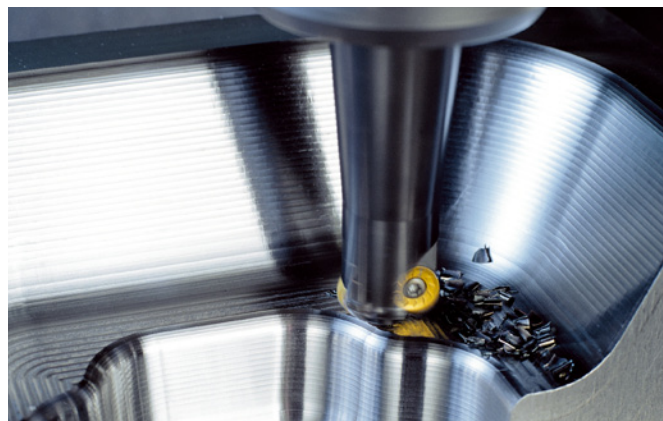
Celý obráběcí proces by měl být rozdělen nejméně na 3 typy operací:

- Hrubování/lehké hrubování
- Polodokončování
- Dokončování.

Někdy je nutné použít také superfinišování, které se často provádí s využitím technik vysokorychlostního obrábění. Frézování zbývajících přídavků, tzv. odfrézování zbytkové vrstvy, se skládá z polodokončovacích a dokončovacích operací.









Z důvodu dosažení nejvyšší přesnosti a produktivity je doporučeno provádět hrubování a dokončování na samostatných strojích a používat specializované obráběcí nástroje pro každou operaci.

Dokončovací operace je třeba provádět na 4/5-ti osých obráběcích strojích s moderním softwarem a technikami programování. To může významně snížit, nebo dokonce zcela eliminovat čas potřebný pro ruční dokončování výrobku. V konečném důsledku bude mít výrobek lepší geometrickou přesnost a vyšší kvalitu struktury povrchu.




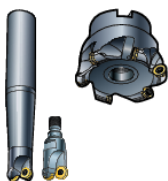






Volba nástrojů

Frézy pro hrubování a lehké hrubování

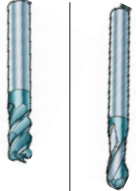
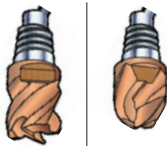






	CoroMill® Plura		CoroMill® 316		CoroMill® 216
					
Provedení	VFD se zaoblenými rohy	BNE	Poloměr rohu	BNE	BNE
Průměr frézy (D_c), mm	4 – 20	1 – 20	10 – 25		10 – 50
Max. hloubka řezu (a_p), mm	38		13		44.6
Materiál					

VFD = proměnná hloubka drážky pro odvod třísek
BNE = stopková fréza s kulovým čelem

Frézy pro hrubování a lehké hrubování

	CoroMill® 390		CoroMill® 300		CoroMill® 200	CoroMill® 790	
							
Provedení	S oblými VBD		Toroidní	S kruhovými VBD	S kruhovými VBD	S oblými VBD	
Průměr frézy (D_c), mm	12 – 200		10 – 42	25 – 125	25 – 160	25 – 54	40 – 100
Max. hloubka řezu (a_p), mm	12 – 42	40 – 200	7/8		10	12/18	
Materiál							

Frézy pro dokončování a superfinišování

	CoroMill® Plura		CoroMill® 316		CoroMill® 216F	CoroMill® 790	
							
Provedení	VFD se zaoblenými rohy	BNE	Se zaoblenými rohy	BNE	BNE	S oblými VBD	
Průměr frézy (D_c), mm	4 – 20	1 – 20	10 – 25		8 – 32	25 – 54	40 – 100
Max. hloubka řezu (a_p), mm	38		13		4.8	12/18	
Materiál							

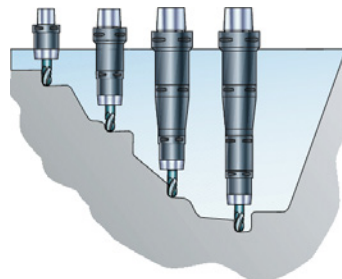
BNE = Stopková fréza s kulovým čelem

Metodické pokyny

Posouzení aplikace a užitečné rady

Je třeba důkladně prostudovat tvar součásti, aby bylo možné zvolit správné nástroje a stanovit nejvhodnější metodu obrábění.

- Určete minimální poloměr rohů a maximální hloubku dutin.
- Vypočítejte množství materiálu, které je třeba odebrat.
- Zkontrolujte nástrojovou sestavu a upnutí obrobku z hlediska ochrany proti vzniku vibrací, viz strana D 30.
- Veškeré obrábění je třeba provádět na vhodných obráběcích strojích tak, aby bylo možné dosáhnout odpovídající geometrické přesnosti daného tvaru.
- Použitím samostatného přesného obráběcího stroje pro dokončovací a superfinišovací operace se sníží, a v některých případech i dokonce vyloučí, potřeba časově náročného ručního leštění.
- Některé pokročilé metody programování mohou přinést značné úspory.
- Pro obrábění součástí s velmi malými přídavky na obrábění a pro dosažení co nejvyšší kvality obrobené plochy, použijte stopkové frézy CoroMill Plura společně s technikami vysokorychlostního obrábění, viz strana D 75.
- Pro hrubování a polodokončování velkých součástí je zpravidla nejproduktivnější použití konvenčních metod obrábění i nástrojového vybavení. Výjimkou je frézování hliníku, pro které se vysoké řezné rychlosti používají také při hrubování.



Vibrace – metody jejich snížení

Vibrace představují překážku při frézování hlubokých tvarových ploch s použitím velkého vyložení nástrojů. Běžným způsobem, jak překonat tyto problémy je snížení hloubky řezu, řezné rychlosti nebo posuvu.

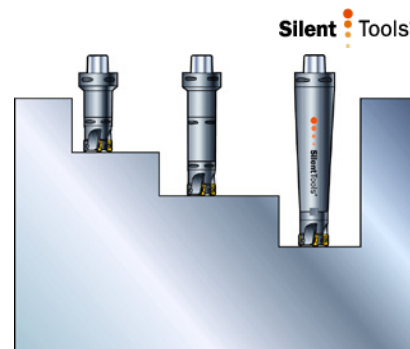
- Použijte tuhé modulární nástroje s odpovídající přesností z hlediska obvodového házení.
- Modulární nástroje mají vyšší flexibilitu a nabízejí větší počet vhodných kombinací.
- Pokud celková délka nástroje, od referenčního (měřicího) bodu až k nejvzdálenějšímu bodu na ostří, přesáhne 4 až 5-ti násobek průměru v úrovni referenčního bodu, použijte nástroje nebo prodlužovací nástavce s vnitřním tlumením.
- Jestliže je nutné radikálně zvýšit ohybovou tuhost, použijte prodlužovací adaptéry ze slinutých karbidů.
- Pro otáčky vřetena nad 20.000 ot/min používejte vyvážené obráběcí nástroje a nástrojové držáky.
- Použijte největší možný průměr prodlužovacího nástavce nebo adaptéru vzhledem k průměru frézy.
- Dostačující je rozdíl mezi rozměrem nástroje a nástrojového držáku v radiálním směru o velikosti 1 mm.
- Ponorné frézování představuje alternativní metodu frézování s velmi dlouhými nástroji, viz Speciální metody, strana D 116.



Zvyšujte délku nástroje postupně

Pro dosažení vysoké produktivity hrubovacích operací, kdy se poslední průchod provádí hluboko uvnitř obráběné součásti, je velmi důležité používat společně s frézou sadu prodlužovacích adaptérů.

- Vždy začínejte s nejkratším prodlužovacím adaptérem, jelikož použití delšího adaptéru vždy omezuje produktivitu a zvyšuje nebezpečí vzniku vibrací.
- V předem stanoveném stadiu programovacího cyklu proveďte výměnu za delší nástroj. Okamžik výměny je určen geometrií dutiny.
- Pro jednotlivé délky nástrojů přizpůsobte řezné podmínky s ohledem na dosažení maximální produktivity.



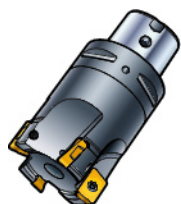
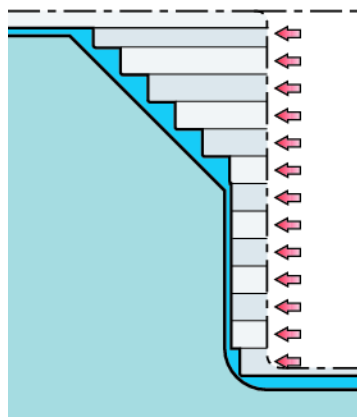
Vytváření dutiny v celistvém povrchu obrobku

- Při vytváření (otevírání) dutiny je nesmírně důležité zvolit metodu, která umožňuje minimalizovat a_p , a také ponechat stejnoměrné přídavky na obrábění pro následující operace tvarového frézování.
- Válcové čelní frézy do rohu/stopkové frézy nebo frézy s dlouhými břity zanechávají na obrobené ploše stupně, které bude nezbytné následně obrobít. Při tom však značně kolísá velikost vznikajících řezných sil a dochází k průhybu nástroje. Výsledkem je nerovnoměrná velikost přídavků na dokončování, což má vliv na geometrickou přesnost a konečný tvar.
- Při použití fréz s kruhovými břitovými destičkami (CoroMill 300 nebo CoroMill 200) zůstávají mezi jednotlivými průchody mírnější přechody a pro následující tvarové obrábění stačí ponechat menší přídavky, které navíc budou mít mnohem rovnoměrnější rozdělení, což se projeví zvýšením kvality součástí.
- Třetí alternativou pro vytvoření dutiny je použití fréz s vysokými rychlostmi posuvu (CoroMill 210). Díky malým hloubkám řezu tak bude možné dosáhnout malé velikosti přídavků s rovnoměrným rozložením, tedy menších stupňů mezi jednotlivými průchody.

Více informací, viz strana D 102. Metody vytváření a zvětšování otvorů.

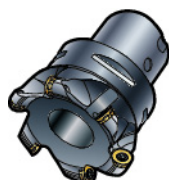
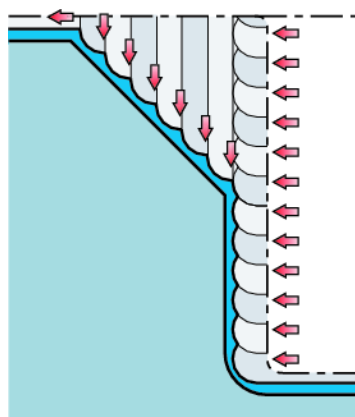
Fréza do rohu

- Větší množství neodebraného materiálu s nerovnoměrným rozložením



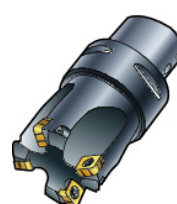
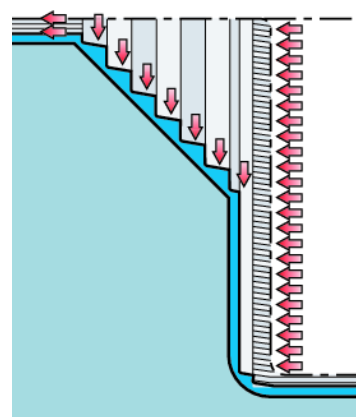
Fréza s kruhovými břitovými destičkami

- + Menší množství neodebraného materiálu



Fréza pro vysoké rychlosti posuvu

- + Menší množství neodebraného materiálu



Konturování nebo kopírovací frézování?

Tradiční a také nejjednodušší metoda programování dráhy nástroje při frézování dutin je založena na využití obvyklých technik kopírovacího frézování s velkým počtem nájezdů a výjezdů ze záběru. Ačkoli vyžaduje výkonný software, stroje i nástroje jsou využívány pouze velmi omezeným způsobem.

Pro volbu metod, drah nástrojů, fréz a nástrojových držáků je podstatný nezaujatý způsob uvažování.

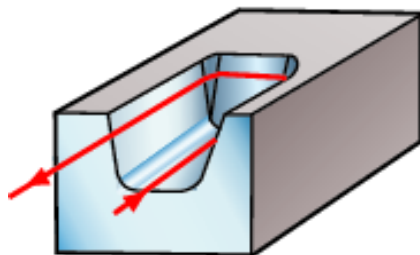
Namísto použití technik programování, které se omezují na "odebírání vrstev" materiálu s konstantní hodnotou v ose Z, je mnohem výhodnější použití tvarové dráhy nástroje v kombinaci se sousledným frézováním. Z toho vyplývá:

- Výrazně kratší doba obrábění.
- Lepší využití stroje a nástrojů.
- Zvýšení geometrické jakosti obráběných tvarů.
- Menší množství časově náročného dokončování a ručního leštění.

Počáteční zpracování programů je náročnější a trvá poněkud déle, na druhou stranu je velmi rychle vykompenzováno, jelikož hodinová sazba stroje je běžně 3x vyšší, než cena kancelářské práce.

Konturovací frézování

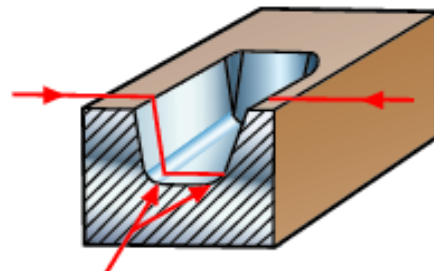
Výhodné



- + Kontrola řezné rychlosti - v_c
- + Umožňuje HSM
- + Velké rychlosti posuvu
- + Produktivita
- + Dlouhá životnost VBD
- + Spolehlivost

Kopírovací frézování

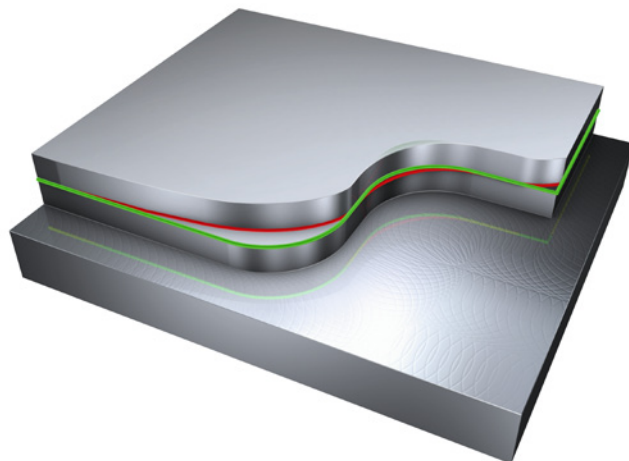
Obvyklé



- Velké zatížení břitové destičky v ose nástroje
- Snížení rychlostí posuvu
- Snížení životnosti nástroje
- Mechanické rázy
- Chybné tvary
- Delší programy a doby obrábění

Diagnostická funkce "look ahead"

Jak pro konturovací tak pro kopírovací frézování je vhodné přednostně používat obráběcí stroje se softwarovým vybavením s funkcí "look ahead", které brání vychýlení z dráhy nástroje.



Konturování

- Použijte konturovací typ dráhy nástroje, například “Frézování po vrstevnici”, jelikož se jedná o nejvhodnější metodu umožňující použití sousledného frézování.
- Konturování prováděné obvodem frézy často přináší vyšší produktivitu, protože na větším průměru nástroje je v efektivním záběru větší počet zubů.
- Při omezených otáčkách obráběcího stroje pomáhá konturování k dosažení kontroly řezné rychlosti.
- Při konturování také dochází k menšímu počtu náhlých změn provozního zatížení a směru pohybu. To je obzvláště důležité při frézování s vysokými řeznými rychlostmi nebo rychlostmi posuvu, a při frézování tvrdých materiálů, kdy břit i obráběcí proces jsou daleko citlivější na jakékoli změny, které mohou vyvolat změny průhybu nebo způsobit vibrace.
- Pro dosažení uspokojivé životnosti nástroje je důležité zajistit, aby nástroj zůstal nepřetržitě v záběru tak dlouho, jak jen je to možné.

Pozor! V záběru je vždy střed nástroje, kde je řezná rychlost rovna 0.



Všeobecné soustružení

B

Uplichování a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrývání

G

Upínání nástrojů/ Stroje

H

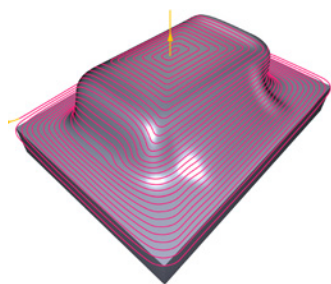
Materiály

I

Informace/Rejstřík

Strategie stanovení dráhy nástroje

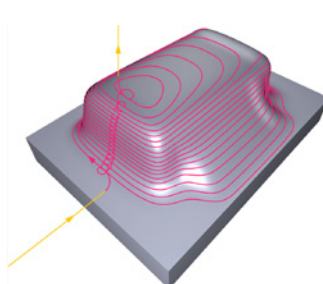
Konturování s konstantní hodnotou v ose Z, dvouosé
Hrubování až dokončování



Konturovací frézování po vrstevnici s konstantní hodnotou v ose Z

- Běžné, pokud je dostupná CAM funkce pro kontrolu maximální výšky nerovnosti povrchu.
- Plynulý vstup a výstup z řezu
- Jednoduché programování
- Široký sortiment nástrojů

Konturování pomocí šroubovicové interpolace, tří až 5ti osé.
Dokončování



Konturování se současným postupným zahlubováním

- Plynulé změny směru pohybu
- Dobrá tvarová přesnost a kvalita obrobeného povrchu
- Kontrolovaná výška nerovností povrchu
- Konstantní šířka záběru
- Krátké programy
- Krátké nástroje

Kopírovací frézování

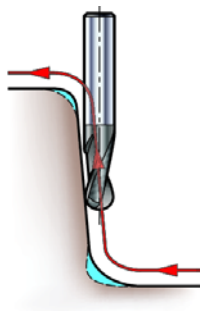
Dráha nástroje při kopírovacím frézování často představuje kombinaci vzestupného a sestupného frézování a vyžaduje řadu nežádoucích nájezdů a výjezdů ze záběru.

Každý nájezd a výjezd ze záběru způsobuje průhyb nástroje a zanechává výškové stopy na obrobeném povrchu.

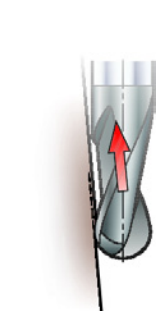
Řezné síly a průhyb nástroje se v důsledku toho snižují, na výstupu ze záběru naopak dochází k mírnému podřezávání obrobeného povrchu materiálu.

Závěry:

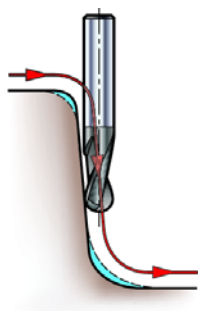
- Kopírovací frézování podél příkrých stěn je třeba vyloučit, nakolik je to jenom možné. Při ponorném frézování je tloušťka třísky velká a řezná rychlost by měla být nízká.
- Je zde riziko vylamování břitu v ose nástroje, zejména když se fréza přibližuje do oblasti dna.
- Pro kontrolu rychlosti posuvu používejte diagnostickou funkci stroje. Jinak se může stát, že snížení rychlosti posuvu neproběhne dostatečně rychle vzhledem k tomu, aby nedošlo k poškození břitu v ose nástroje.
- V okamžiku, kdy se fréza přiblíží ke stěně, vzniká kontakt na velké styčné délce a narůstá riziko průhybu nástroje, vibrací a poškození nástroje.
- Při použití stopkových fréz s kulovým čelem je nejkritičtější místem osa nástroje, jelikož řezná rychlost je zde nulová. Zabraňte používání oblasti kolem středu nástroje a ke zlepšení podmínek využijte frézování špičkou nástroje s využitím naklopení vřetena nebo obrobku.
- Pro průběh obrábění je poněkud příznivější použití vzestupného kopírování podél strmých stěn, jelikož tloušťka třísky dosahuje maxima za poněkud příznivějších řezných rychlostí.



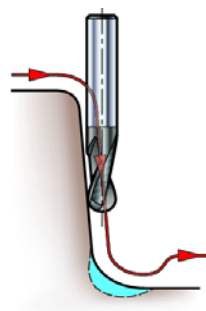
Riziko vyhloubení drážek



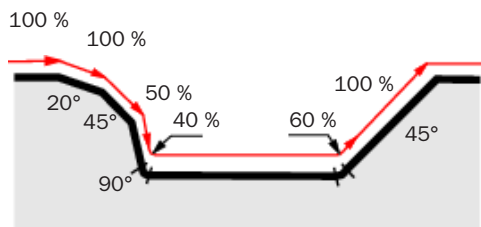
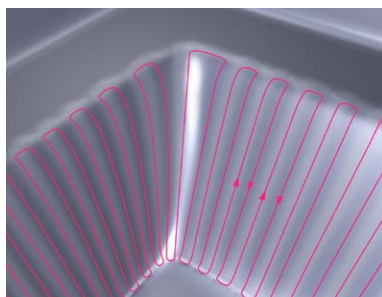
Vzestupné kopírování:
Maximální tloušťka třísky při doporučené v_c .



Na dně dutiny:
Riziko vylamování břitu v ose nástroje. Poměrně časté jsou chyby tvaru, zejména při použití technik rychlostního obrábění.

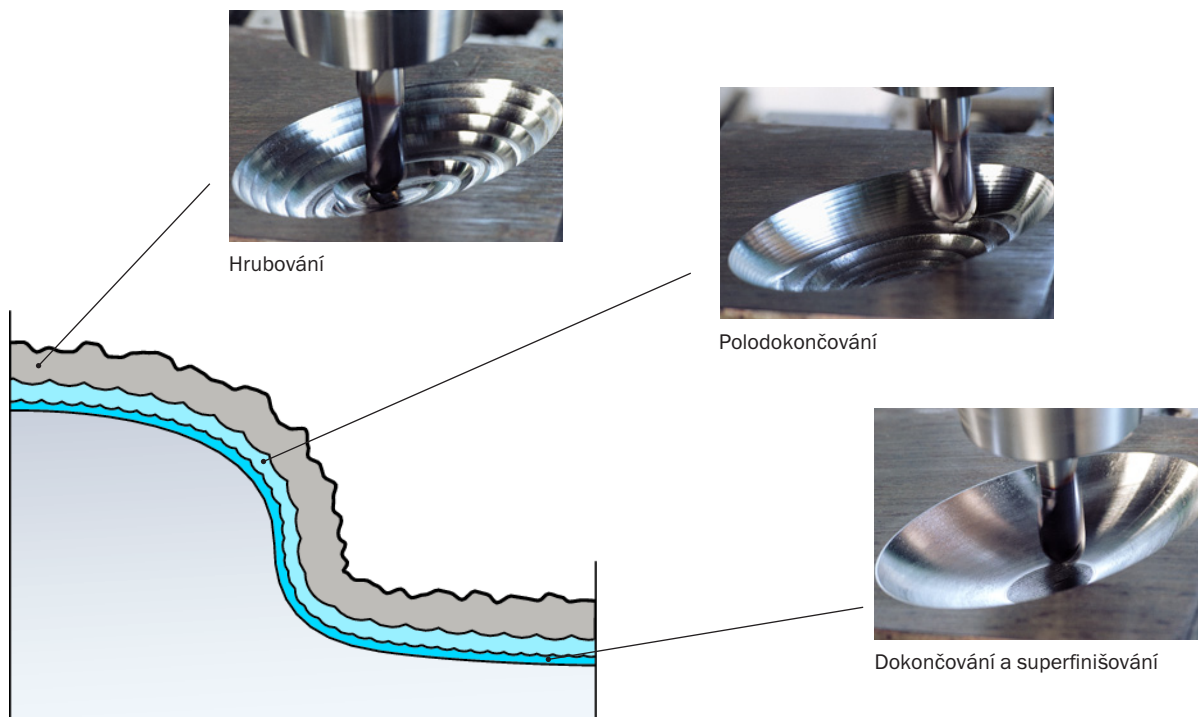


Sestupné kopírování:
Velká tloušťka třísky při velmi malých v_c .



Snížení rychlosti posuvu brání zkrácení životnosti nástroje

Přechody mezi sestupným a vzestupným frézováním vystavují frézovací nástroje střídání průhybu a velikosti řezných sil. Snížení rychlosti posuvu v kritických úsecích dráhy nástroje pomáhá omezit riziko vylamování břitu, zvýšit tak bezpečnost obráběcího procesu a prodloužit životnost nástroje.



Konstantní velikost přídavku umožňuje velmi přesné opracování na čisto pomocí technik pro frézování ploch blížících se požadovanému konečnému tvaru.

Konstantní tloušťka neodebrané vrstvy je jedním ze skutečně základních kritérií pro dosažení vysoké a trvalé produktivity tvarového obrábění, zejména při použití vysokých řezných rychlostí a posuvů.

- Pro dosažení maximální produktivity těchto operací, dobře známých z oblasti výroby forem a zápustek, je důležité přizpůsobit velikost frézy dané operaci.
- Prvořadým cílem je vytvořit rovnoměrně rozložený přídavek na obrábění nebo vrstvu neodebraného materiálu tak, aby u každého použitého nástroje docházelo pouze k nepříliš častým změnám pracovního zatížení nebo směru pohybu.

Často je mnohem příznivější použití různých fréz se snižující se velikostí, od velkých k malým, místo použití pouze jednoho průměru frézy pro každou operaci, zejména pak při lehkém hrubování a polodokončování.

- Nejlepších výsledků je při dokončovacích operacích možné dosáhnout, pokud po předchozí operaci zůstane co nejmenší množství neodebraného materiálu, s co nejrovnoměrnějším rozložením.
- Cílem vždy je, přiblížit se co nejvíce požadavkům, stanoveným pro konečný tvar.
- Bezpečný obráběcí postup.

Výhody vyplývající z konstantní tloušťky neodebrané vrstvy

- Některé polodokončovací a prakticky všechny dokončovací operace je možné provádět s částečným dohledem a v některých případech dokonce zcela bezobslužně.
- Dopady na pohybové prvky obráběcího stroje, kuličkový šroub a ložiska vřetena, tak budou méně negativní.

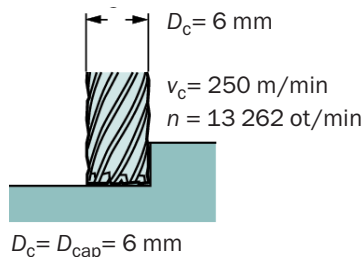
Skutečná řezná rychlost

Pokud se pro výpočet řezné rychlosti uvažuje nominální průměr nástroje, bude v případě fréz s kulovým čelem nebo kruhovými břitovými destičkami skutečná řezná rychlost, v_c , mnohem menší, pokud hloubka řezu, a_p , bude nízká. Rychlost posuvu stolu a produktivita bude drasticky omezena.

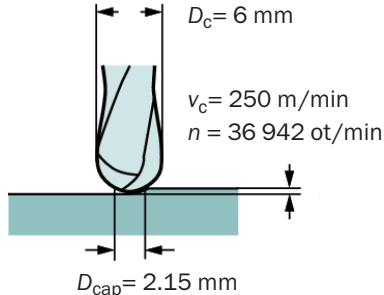
Výpočet řezné rychlosti musí být založen na hodnotě skutečného, nebo také efektivního, průměru v řezu D_{cap} .

$$v_c = \frac{\pi \times n \times D_{cap}}{1000} \text{ m/min}$$

Stopková fréza do rohu

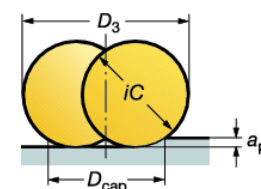


Fréza s kulovým čelem



$$D_{cap} = 2 \times \sqrt{a_p \times (D_c - a_p)}$$

Fréza s kruhovými břitovými destičkami

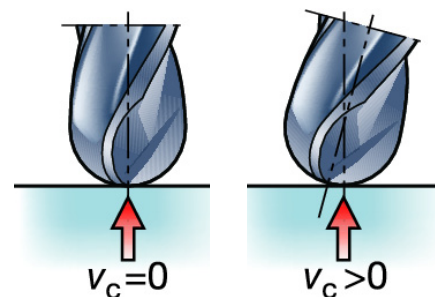


$$D_{cap} = D_3 - iC + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$$

Frézování špičkou nástroje – skloněná fréza

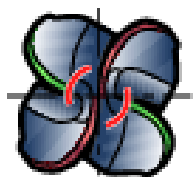
- Při použití stopkových fréz s kulovým čelem se nejkritičtější místo břitu nalézá v ose nástroje, kde se řezná rychlost blíží nule, což je pro obráběcí proces krajně nepříznivé. Odvádění třísek v blízkosti osy nástroje představuje mezní stav, jelikož prostor kolem příčného břitu je velmi úzký.
- Z tohoto důvodu je doporučeno naklonění vřetena nebo obrobku o 10 až 15 stupňů, čímž se docílí posunutí oblasti řezu směrem od osy nástroje.

- Minimální hodnota řezné rychlosti bude vyšší.
- Zlepšení životnosti nástroje a utváření třísky.
- Lepší kvalita obrobené plochy

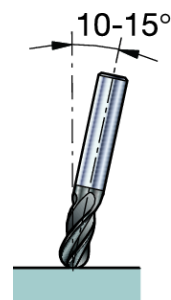


CoroMill® Plura a CoroMill® 316 - se středovými břitů

Středová část, $z = 2$



Obvodová část, $z = 4$



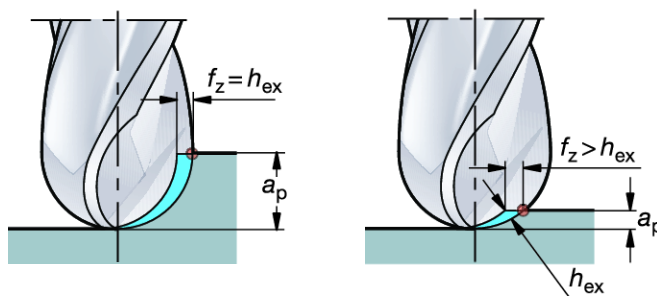
Aby bylo zaručeno využití čtyř efektivních břitů, je nutné naklonění frézy o cca 10-15 stupňů.

Mělký řez

Umožňuje použití vyšších řezných rychlostí, v_c , a posuvu na zub, f_z

Při použití kruhových břitových destiček nebo fréz s kulovým čelem při menších hloubkách řezu je možné řeznou rychlost, v_c , zvýšit vzhledem ke krátké době záběru bříty. Čas nutný pro přestup tepla v oblasti řezu je kratší, to znamená, že teploty bříty i obrobku zůstávají nízké.

Lze zvýšit také posuv/zub, f_z , vzhledem k efektu ztenčení třísky, viz Jak postupovat, strana D 20.



Mělký řez

Příklad mělkého řezu:

Nenakloněná versus nakloněná fréza

Tento příklad ukazuje možnosti zvýšení řezné rychlosti v případě, že poměr a_e/a_p je malý a také výhody vyplývající z použití nakloněné frézy.

Fréza CoroMill Plura s kulovým čelem

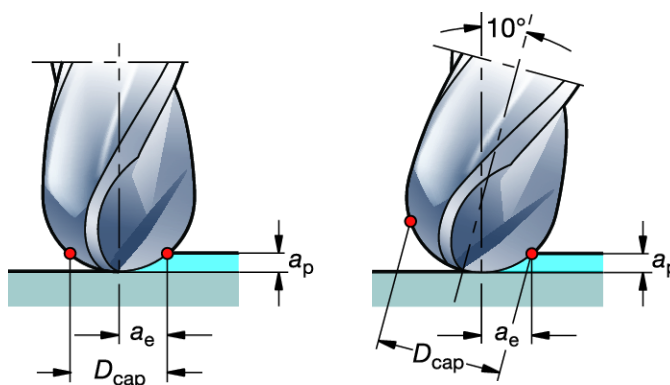
$D_c = 10$ mm, třída GC 1610.

Materiál: Ocel, 400HB

Doporučené řezné podmínky pro hloubku řezu $a_p - D_c/2$:

$v_c = 170$ m/min

$f_z = 0.08$ mm/ot = h_{ex}



Operace	Bez naklonění frézy	Skloněná fréza (10°)
<ul style="list-style-type: none"> • Polodokončování $a_p = 2$ mm <p>Řeznou rychlost je možné dále zvýšit o cca 75% vzhledem k malé hloubce řezu a krátké době záběru:</p> <p>$v_c = 300$ m/min</p> <p>Posuv na zub, f_z, je stejný jak pro nakloněnou tak i pro nenakloněnou frézu, ale efektivní počet břitů, z_c, bude v blízkosti osy nástroje odlišný, jak již bylo vysvětleno na předchozí stránce.</p>	<p>$D_c = 10$ mm $D_{cap} = 8$ mm</p> <p>$v_c = 300$ m/min $n = 11\,940$ ot/min</p> <p>$h_{ex} = 0.08$ mm $f_z = 0.12$ mm/zub $z_c = 2$ $f_n = 0.24$ mm/ot</p> <p>$v_f = 2\,860$ mm/min</p>	<p>$D_c = 10$ mm $D_{cap} = 8.9$ mm</p> <p>$v_c = 300$ m/min $n = 10\,700$ ot/min</p> <p>$h_{ex} = 0.08$ mm $f_z = 0.12$ mm/zub $z_c = 4$ $f_n = 0.48$ mm/ot</p> <p>$v_f = 5\,100$ mm/min</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Superfinišování $a_e = 0.1$ mm <p>Řeznou rychlost je možné zvýšit 3 až 5 krát vzhledem k extrémně krátkým časům kontaktu:</p> <p>$v_c = 5 \times 170 = 850$ m/min</p> <p>Poznámka: Pro superfinišování je třeba použít frézu se dvěma zuby $z_n = 2$, z důvodu snížení házení na minimum. S tak extrémně malou hodnotou a_p, bude velikost f_z omezena požadavkem na kvalitu obrobečné plochy. Proto h_{ex} musí být zanedbána. Osvědčeným pravidlem pro superfinišování je použití cca stejné hodnoty f_z jako a_e.</p> <p>$f_z = 0.12$ mm/ot</p>	<p>Použití fréz bez naklonění není v případě superfinišování doporučeno</p>	<p>$D_c = 10$ mm $D_{cap} = 4.4$ mm</p> <p>$v_c = 850$ m/min $n = 61\,100$ ot/min</p> <p>$h_{ex} = 0.02$ mm $f_z = 0.12$ mm/zub $z_c = 2$ $f_n = 0.24$ mm/ot</p> <p>$v_f = 14\,600$ mm/min</p>

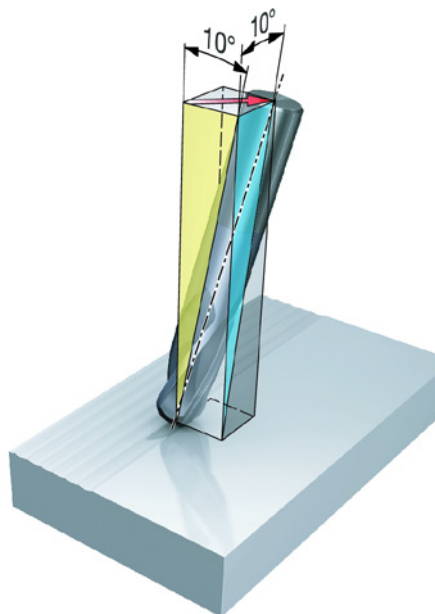
Vznik povrchu s reliéfem

Frézy s kulovým čelem nebo s oblými břity vytvářejí povrch s určitou nerovností, h , v závislosti na:

- Šířce řezu, a_e ,
- Posuvu na zub, f_z .

Další důležité faktory jsou hloubka řezu, a_p , která ovlivňuje velikost řezných sil a velikost celkového házení frézy - TIR. Pro dosažení nejlepších výsledků:

- Použijte vysoce přesná sklíčidla HydroGrip se spojkou Coromant Capto.
- Snižte vyložení nástroje na minimum.



Sousledné frézování s frézou nakloněnou o cca 10° ve dvou směrech zajistí dobrou kvalitu obrobené plochy a spolehlivou funkci.

Hrubování a lehké hrubování

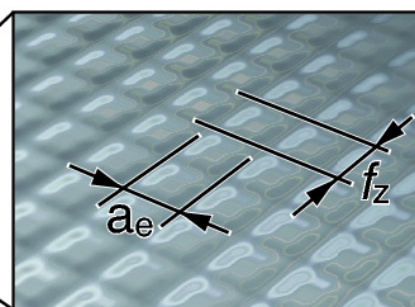
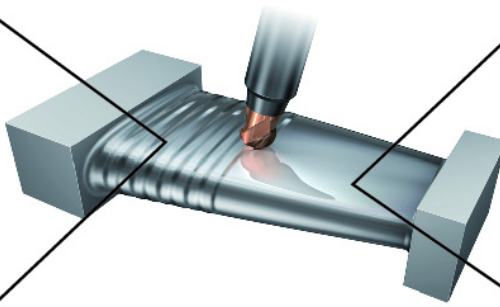
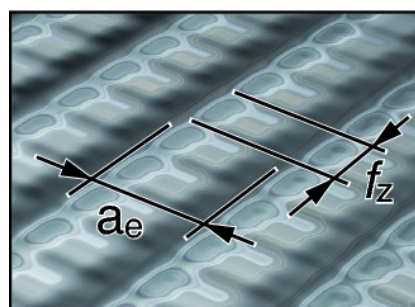
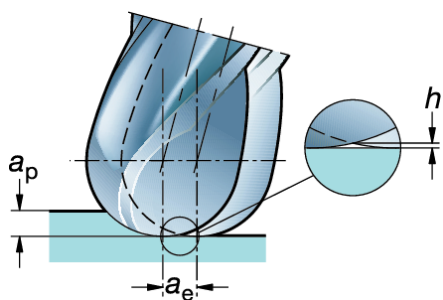
Pokud je posuv na zub mnohem menší než šířka a hloubka řezu, vytvořený povrch bude mít mnohem menší výšku nerovností ve směru posuvu.

Dokončování a superfinišování

Přínosem je získání hladké a symetrické struktury povrchu ve všech směrech. Takový povrch lze později snadno leštit, bez ohledu na zvolenou metodu leštění.

Toho lze dosáhnout, pokud $f_z \approx a_e$.

Pro dosažení co nejlepší struktury povrchu, vždy používejte pro superfinišování nakloněnou frézu se dvěma zuby.



Polodokončování s hodnotou f_z mnohem menší než a_e .

Superfinišování s nakloněnou frézou a hodnotou f_z rovnající se a_e .



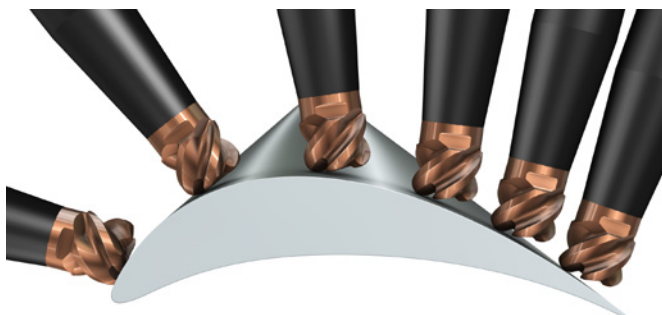
CoroMill® Plura



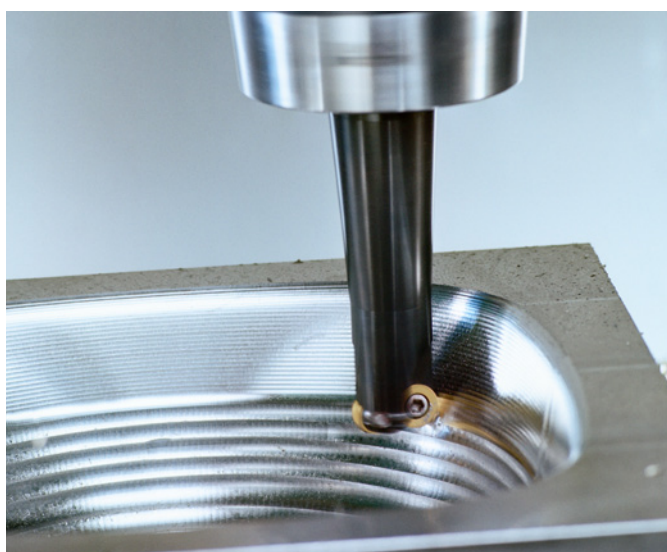
CoroMill® 390



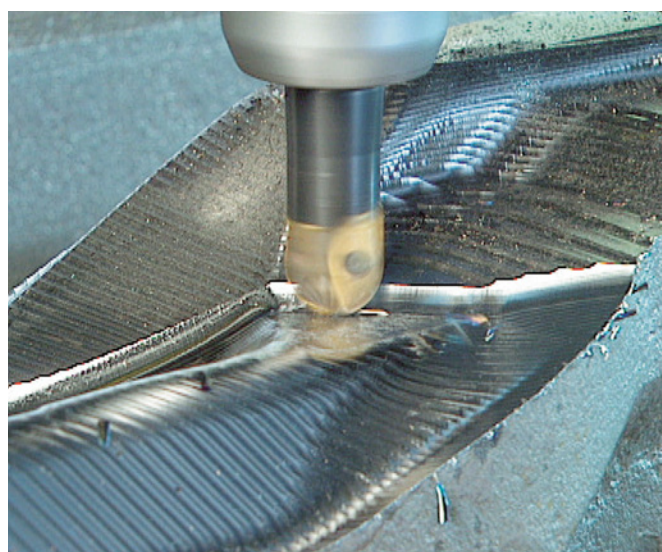
CoroMill® 300



CoroMill® 316



CoroMill® 300 - toroidní



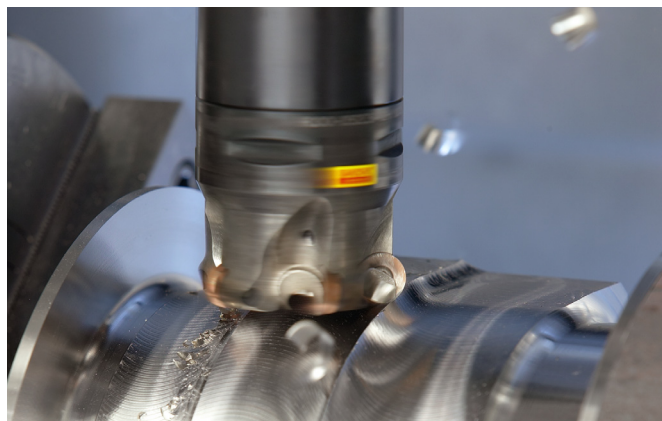
CoroMill® 216

Rotační frézování

Rotační frézování je definováno jako frézování zakřivených povrchů, zatímco obrobek se otáčí kolem své osy.

Rotační frézování je možné použít také pro obrábění excentrických tvarů a profilů, které se značně liší od těch, které lze vytvářet pomocí konvenčních metod frézování a soustružení. Metoda umožňuje velké rychlosti úběru kovu a skvělou kontrolu utváření třísky.

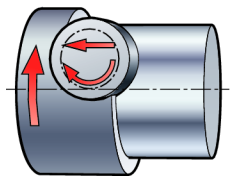
- Válcovou plochu je možné vytvořit pouze tak, že fréza se během rotace obrobku posouvá v radiálním směru.
- Současným pohybem frézy ve dvou směrech je možné vytvořit excentrické povrchy, například vačky nebo zalomené hřídele.
- Pohyb ve více než 2 osách vyžaduje nástroj s předpoklady pro postupné zahlubování.
- Pro obrobení kuželového tvaru je zapotřebí 5-osý stroj.
- Rotační frézování složitých tvarů, např. lopatek turbín, vyžaduje současný pohyb v 5 (nebo 4) osách, 2 nebo 3 u obrobku a 1 nebo 2 u nástroje.
- Je možné vyrábět součásti, jako např. lopatky turbín, posouváním frézy ve více než 2 osách při současném otáčení obrobku.



Volba metody

Čelní rotační frézování – 4/5-osé

Hlavní metoda pro vnější obrábění.

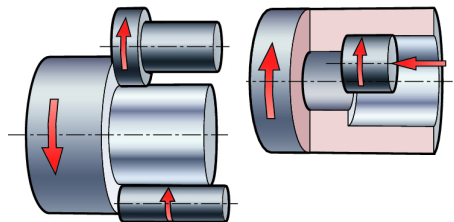


- + Malé vyložení nástroje
- + Menší průměry nástrojů/menší kroutící moment
- + Vnější plochy/štíhlé součásti
- + Tvarové obrábění
- Obrobená plocha není přirozeně válcová
- Neumožňuje obrábění vnitřních ploch

Rotační frézování obvodem frézy – 3/4-osé

Stejný princip jako u frézování pomocí kruhové/šroubovicové interpolace, ale při současné rotaci obrobku.






Používá se pro obrábění vnitřních ploch.



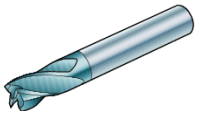



- + Obrábění vnitřních ploch
- + Válcové plochy
- + Úzké drážky
- + Frézování závitů
- + Kruhovitost
- Tvarové obrábění
- Větší průměry nástrojů/větší kroutící moment
- Dlouhá vyložení nástrojů.

Volba nástrojů

Hrubovací frézy pro rotační frézování

	Stopkové frézy CoroMill® 390 s úhlem nastavení 90°	Frézy CoroMill® 390LE s dlouhými břity	Čelní frézy CoroMill® 245 s úhlem nastavení 45°	Fréza CoroMill® 210 pro vysoké rychlosti posuvu	Fréza CoroMill® 300 s kruhovými VBD
					
Hloubka řezu – (a_p)	++	+++	++	–	+
Šířka záběru – (a_e)	++	++	++	–	+++
Posuv stolu – (v_f)	++	+	++	+++	+++
Rychlost úběru kovu – Q ($\text{cm}^3/\text{min.}$)	+	+++	++	+	+++
Obrábění dna	+	–	–	–	+++
Výkon/stabilita	++	–	++	+	+++
Kvalita obrobené plochy	+++	+	+++	–	++
Těžko obrobitelné materiály	+	+	++	++	+++
Hrubování až dokončování	+++	+	+++	–	++

Dokončovací frézy pro rotační frézování

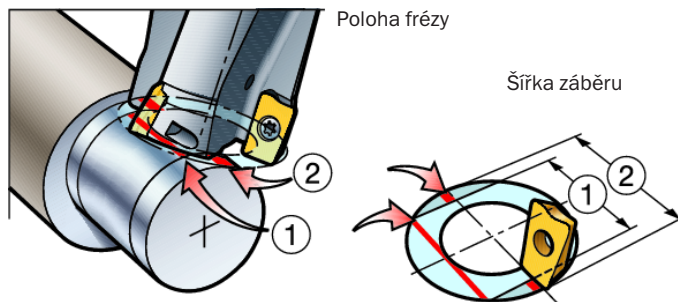
	Monolitní stopkové frézy CoroMill® Plura s úhlem nastavení 90°	Stopková fréza s VBD CoroMill® 390 s úhlem nastavení 90°	Stopková fréza s VBD CoroMill® Century s úhlem nastavení 90°	Fréza CoroMill® 300 s kruhovými VBD
				
Rovinnost povrchu	+++	+++	+++	+
Počet hladicích břitů	4	1	1 až všechna lůžka	0
Posuv na zub	–	+	+(+++)	++
Rychlost úběru kovu – Q ($\text{cm}^2/\text{min.}$)	–	+	+(+++)	++
Obrábění ke stěně	+++	+++	+++	–
Obtížně obrobitelné materiály	+	+	+	+++
Úzké tvary	+++	+	+	–

* Pouze v případě axiálního způsobu frézování a při plném osazení hladicími břitovými destičkami.

Metodické pokyny

Poloha frézy při použití zaoblených břitových destiček

Při čelním rotačním frézování se pro vytvoření přímočarého styku mezi frézou a obráběným povrchem, který umožňuje vytvoření válcové části obráběné součásti, používá jedné hladící břitové destičky. Protože frézovaný povrch je konvexní, hladící ploška musí být rovná namísto vystouplá. Aby bylo možné využít celou šířku frézy, nástroj musí být ustaven do pracovní pozice pomocí minimálně dvou kompenzačních přesunů, prvního E_{w1} během první otáčky obrobku a potom musí být posunut do vzdálenosti E_{w2} pro další řez.



1 = První řez
2 = Další řez

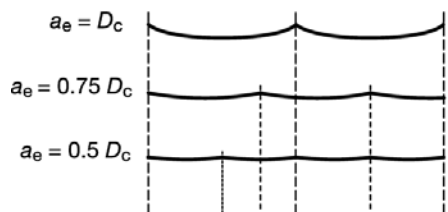
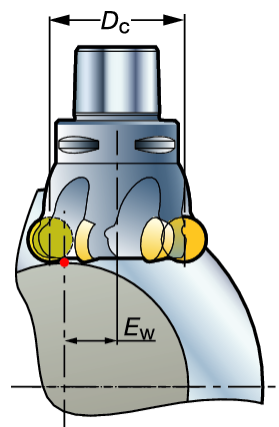
Poloha frézy - kruhové břitové destičky/bez hladícího břitu

Pro dosažení co možná nejmenších nerovností povrchu je optimální použít frézu o malém průměru a hloubku řezu, a_e , menší než 40% efektivního průměru frézy, D_c .

Naproti tomu, hodnotu a_e je třeba zvýšit s ohledem na dosažení maximální možné produktivity. Toho lze dosáhnout zvýšením:

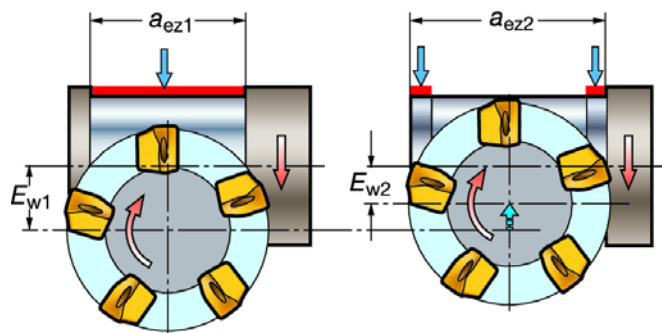
- Průměru frézy
- Poměrné šířky radiálního záběru – a_e/D_c .

Pro dosažení přijatelné výšky nerovností je třeba přesadit frézu o určitou vzdálenost mimo osu obrobku. Velikost přesazení závisí na a_e , přičemž je možné ji určit z diagramu pro příslušný poměr a_e/D_c .

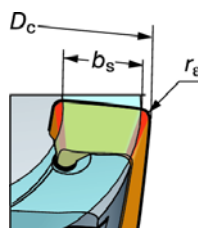


Kompenzační přesun a šířka záběru

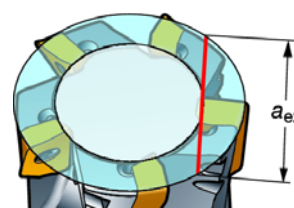
Při frézování povrchu, který je širší, než je průměr frézy, je nezbytné setrvat ve výchozí pozici a potom posouvat frézu v axiálním směru až do požadované vzdálenosti, přičemž ale posuv není větší, než 80% vzdálenosti a_{ez1} za otáčku. Pokud je požadováno osazení s úhlem rohu 90° , je třeba posunout frézu do další pozice, E_{w2} .



Šířka hladící VBD

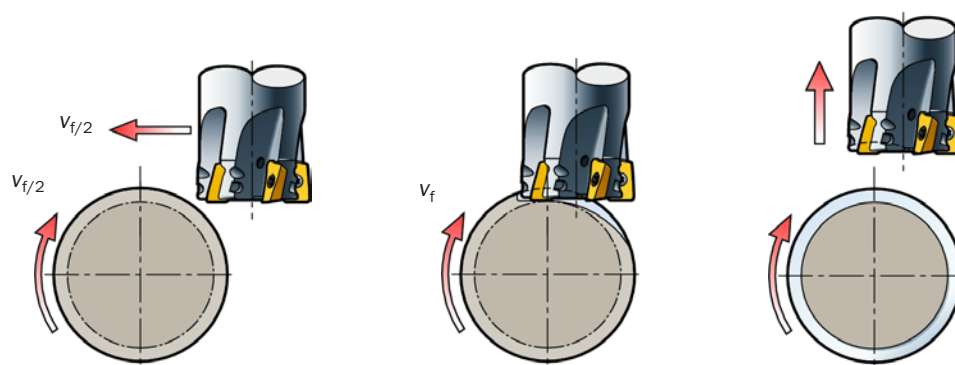


Šířka záběru



Pravidla pro přísuv do řezu

Frézovací nástroj by měl být přisouván do řezu v radiálním směru. Rychlost otáčení obrobku musí odpovídat doporučené hodnotě posuvu na zub pro danou VBD. Z řezu by fréza měla vystupovat v axiálním směru.



Způsob programování

Detailní popis způsobů programování při rotačním frézování je uveden v Aplikační příručce pro rotační frézování, C-2920:26. Více informací získáte u místního obchodního zastoupení Sandvik Coromant.

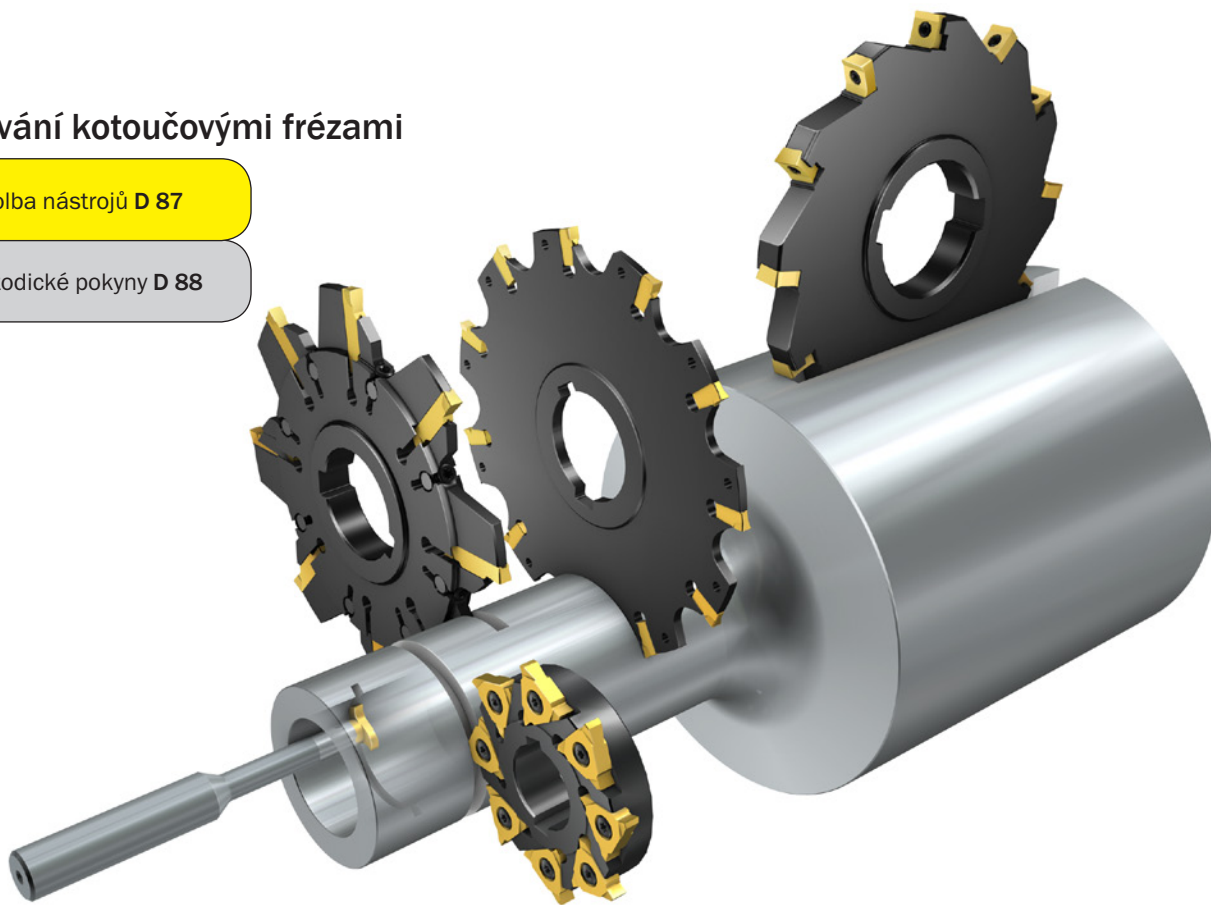
Frézování drážek a závitů

Přehled aplikací

Frézování kotoučovými frézami

Volba nástrojů D 87

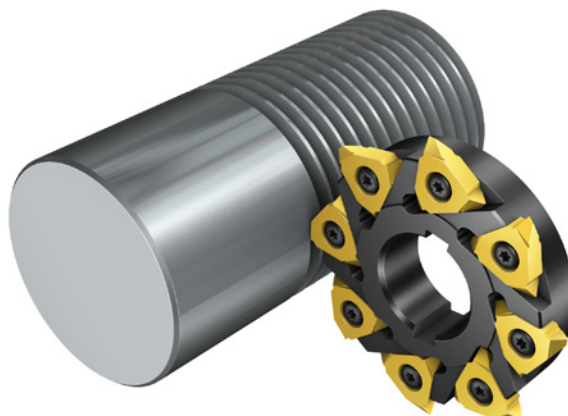
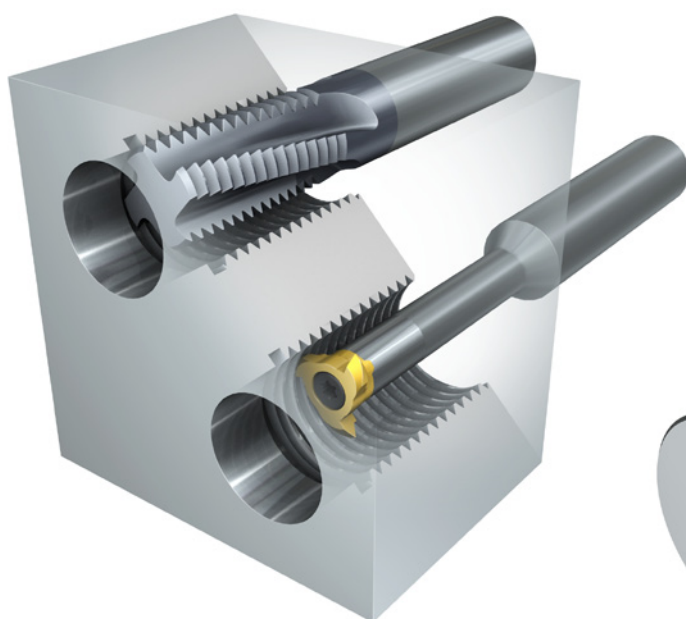
Metodické pokyny D 88



Frézování závitů

Volba nástrojů D 95

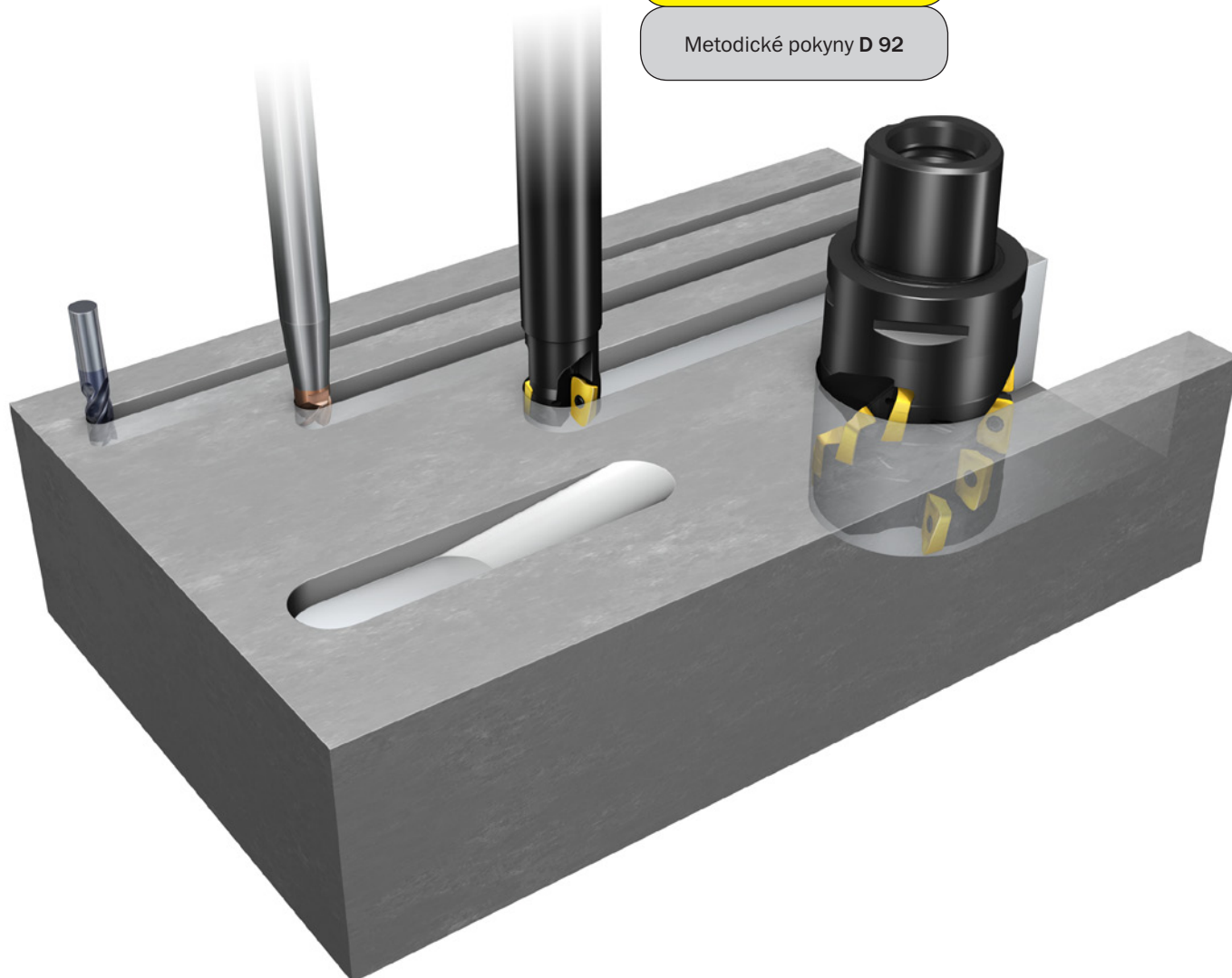
Metodické pokyny D 97



Frézování drážek stopkovými frézami

Volba nástrojů **D 91**

Metodické pokyny **D 92**



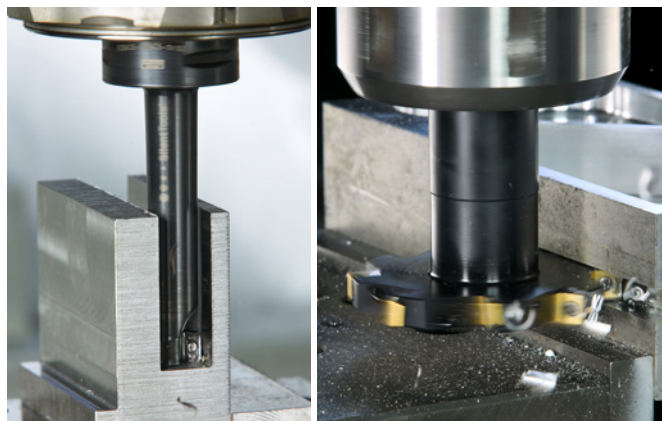
Frézování

Problémy a jejich řešení **D 128**

Frézování drážek

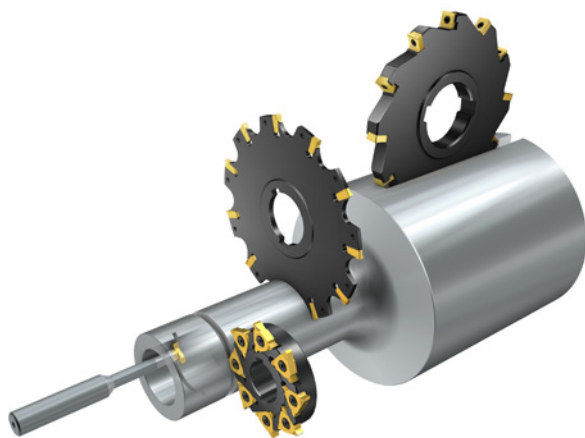
Frézování drážek je operace, pro kterou je často upřednostňováno frézování kotoučovými frézami před frézováním stopkovými frézami.

- Výřezy a drážky mohou být krátké nebo dlouhé, uzavřené nebo otevřené, přímé nebo nepřímé, hluboké i mělké, široké i úzké.
- Výběr nástroje je obvykle určen šířkou a hloubkou drážky a do určité míry také její délkou.
- Typ stroje, který je k dispozici, a četnost prováděné operace určují, zda je vhodné použít stopkovou frézu, frézu s dlouhými břity nebo kotoučovou frézu.
- Použití kotoučových fréz představuje nejúčinnější způsob frézování velkého množství dlouhých, hlubokých drážek, zejména pak v případě použití horizontálních frézek. Avšak stoupající počet vertikálních frézek a obráběcích center znamená, že také stopkové frézy a frézy s dlouhými břity se používají stále častěji pro řadu různých operací při frézování drážek.



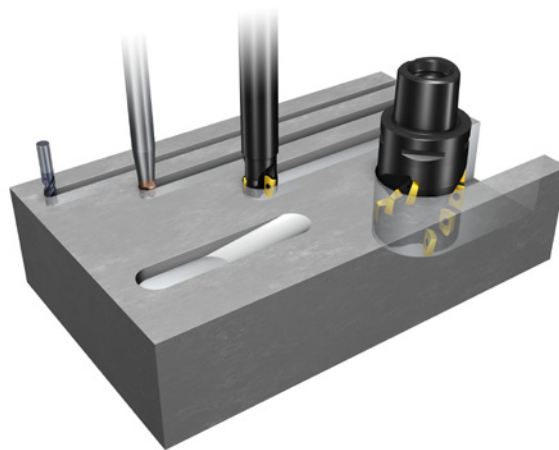
Srovnání frézovacích koncepcí

Frézování kotoučovými frézami



- + Vytvoření (otevření) drážek
- + Hluboké drážky
- + Nastavitelná šířka drážky/tolerance
- + Frézování složeným nástrojem (skupinová montáž)
- + Dělení materiálu
- + Široký sortiment pro různé šířky/hloubky drážek
- Uzavřené drážky
- Pouze lineární drážky
- Odvádění třísek

Frézování stopkovými frézami



- + Uzavřené drážky
- + Mělké drážky
- + Nelineární drážky
- + Univerzálnost – zvláštní metody:
 - Trochoidální frézování drážek v obtížně obrobitelných materiálech (tvrzené oceli, HRSA, atd.)
 - Ponorné frézování pro řešení problémů s dlouhým vyložení nástroje
 - Snadněji lze zařadit zvláštní polodokončovací/dokončovací operace
 - Stopkové frézy je možné využívat i pro jiné operace, než pro frézování drážek
- Hluboké drážky
- Vysoké řezné síly
- V případě průhybu zvýšená citlivost k vibracím





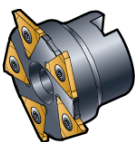





Frézování kotoučovými frézami

Kotoučové frézy dovolují opracování dlouhých, hlubokých, otevřených drážek tím nejefektivnějším způsobem a pro tento typ frézovacích operací nabízejí nejvyšší stabilitu a produktivitu. Umožňují také vytvoření složených nástrojů (skupinovou montáž) pro obrábění více než jedné roviny na stejné ploše ve stejnou dobu.



Volba nástrojů

Kotoučové frézy pro frézování obvodem

	CoroMill® 331	CoroMill® 329	T-Max Q-cutter	CoroMill® 327	CoroMill® 328
					
Max. šířka záběru (a_p), mm	10/26.5	2.5 – 4	6.1	5.15	5.15
Max. hloubka řezu (a_r), mm	34.0/114.5	18	119	6.5	5.0
Průměr frézy (D_ϕ), mm	40 – 125/ 80 – 315	125 – 160	80 – 315	9.7 – 27.7	39 – 80
Materiál					

CoroMill® 331

Univerzální fréza s předpoklady pro vysokou přesnost obrábění. nejproduktivnější fréza pro výrobu drážek a pro dělení materiálu. Široké drážky je možné obrábět pomocí několika fréz CoroMill složených ve skupině.

CoroMill® 329

Univerzální nástroj pro výrobu přesných drážek, drážek s rovným dnem a pro dělení materiálu.

T-Max® Q-cutter

Doplňkový typ frézy pro výrobu úzkých drážek a drážek s rovným dnem. Výchozí volba pro dělení materiálu.

CoroMill® 327

Řezání vnitřních drážek a srážení hran v otvorech o průměru větším než 10 mm. Drážky pro pojistné kroužky, srážení hran, drážky s plným poloměrem pro standardní těsnicí kroužky.

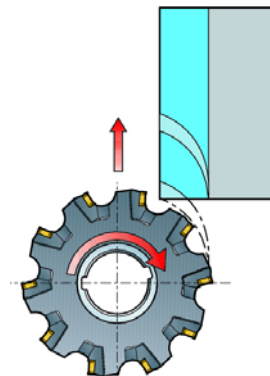
CoroMill® 328

Všeobecné frézování drážek, frézování drážek pro pojistné kroužky a srážení hran v otvorech s průměrem nad 39 mm. Všeobecné frézování vnějších i vnitřních drážek.

Metodické pokyny

Posouzení aplikace a užitečné rady

- Zvolte průměr frézy, rozteč a polohu nástroje tak, aby byl neustále v záběru alespoň jeden břit.
- Zkontrolujte tloušťku třísky s ohledem na dosažení optimální velikosti posuvu na zub.
- Při nájezdu do záběru snižte rychlost posuvu s ohledem na velkou tloušťku třísky na výstupu břitu z řezu.
- V případě obtížných podmínek frézování zkontrolujte velikost potřebného výkonu a krouticího momentu.
- V aplikacích, kde upínací trn má volný konec, je velice důležitá tuhost a vyložení trnu. Upnutí a ložisko trnu musí být velice tuhé, aby odolalo vysokým řezným silám vznikajícím při nesousledném frézování.



Sousledné frézování

- První volba pro tento způsob obrábění.
- Ve směru působení tangenciálních řezných sil používejte tuhý doraz, abyste předešli odtlačení obrobku směrem dolů ke stolu stroje. Směr posuvu je totožný se směrem působení řezných sil, což znamená, že je důležitá také tuhost stroje a eliminace zpětného pohybu, protože fréza má tendenci ke "šplhání" - přitahování obrobku pod sebe.

Nesousledné frézování:

- Alternativa pro aplikace v případech, kdy se vyskytnou problémy v důsledku nedostatečné tuhosti nebo při opracování neobvyklých materiálů.
- Řeší problémy vznikající v důsledku malé tuhosti nástrojové sestavy a hromadění třísek v hlubších drážkách.

Setrvačník:

- Dobrá alternativa pro málo tuhé nástrojové sestavy a v případě, že užitečný výkon stroje a krouticí moment je malý.
- Umístěte setrvačník co nejbližší k obráběcímu nástroji.
- Dobrý počin vždy představuje zesílení uchycení obrobku.

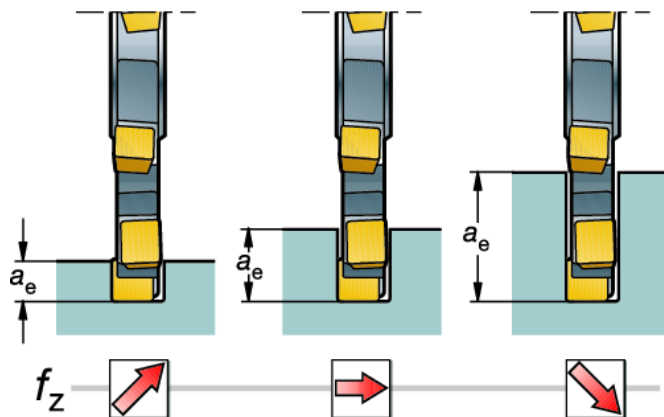
Frézování otevřených drážek s využitím kotoučových fréz

Výpočet posuvu na zub

Při frézování obvodem pomocí kotoučových fréz, jako např. CoroMill 331, představuje kritický problém dosažení přijatelné hodnoty posuvu na zub, f_z . Nedostatečně velké hodnoty způsobují vážné ztráty, proto je vždy třeba věnovat zvláštní pozornost jejich výpočtu.

Posuv na zub, f_z , by v případě hlubších drážek měl být snížen a naopak v případě mělkých drážek zvýšen tak, aby byla dodržena doporučená hodnota maximální tloušťky třísky.

Informace o možnostech optimalizace posuvu, viz Jak postupovat, Maximální tloušťka třísky, frézování obvodem, strana D 20.



**Příklad:**

Při obrábění drážky do plného materiálu pomocí frézy CoroMill 331 s VBD o velikosti 05 a geometrií PL by maximální tloušťka třísky měla být 0.10 mm, čemuž odpovídá:

Poznámka: Protože při oboustranném frézování drážky jsou její stěny vytvářeny vždy dvěma břitovými destičkami, hodnota posuvu je určena pro poloviční počet zubů frézy z_n .

a_e/D_c (%)	f_z (mm/zub)
25	0.12
10	0.17
5	0.23

Hloubka řezu

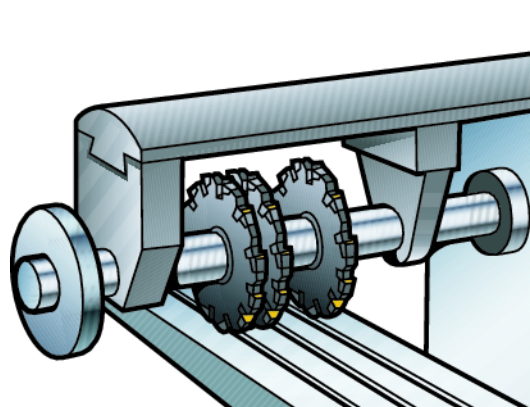
Obecně vzato fréza CoroMill 331 umožňuje obrábění drážek o hloubce a_e , která je rovna 4 x šířka a_p . Pro hlubší drážky je možné objednat speciální frézy, viz strana D190. Při obrábění hlubších drážek je třeba snížit posuv na zub. Pokud je drážka mělká, posuv zvýšte.

Poznámka: Hloubka drážky může být omezena průměrem náboje frézy, deformační tuhostí unášecích kamenů a objemem zubových mezer.

Setrvačník - horizontální typ stroje.

Při frézování kotoučovými frézami je současně v záběru jen několik zubů, což může způsobovat velké torzní kmitání v důsledku přerušovaných řezů. To má nežádoucí vliv na výsledky obrábění a produktivitu.

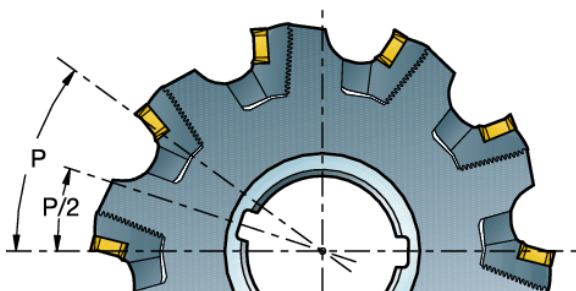
- Použití setrvačníku je často vhodným řešením pro omezení vibrací.
- Problémy způsobované nedostatečným výkonem, krouticím momentem a stabilitou stroje mohou být často vyřešeny správným použitím setrvačníku.
- Potřeba použití setrvačníku je větší u malých strojů s nízkým výkonem nebo u strojů, kde dochází k většímu opotřebení, než u větších stabilnějších a výkonnějších strojů.
- Umístění setrvačníku co možná nejbliže k nástroji.
- Použití setrvačníku vede k větší plynulosti obrábění, což má za následek snížení hlučnosti a vibrací, a také delší životnost nástroje.
- V případě použití nesousledného frézování je vhodné opatřit trn, na kterém je fréza upnuta, navíc také setrvačníkem.
- S ohledem na další zvýšení stability při frézování kotoučovými frézami používejte největší možnou velikost setrvačníku, kterou daná aplikace dovoluje.
- Složení většího počtu kotoučů z uhlíkové oceli, každý se středovým otvorem a drážkou pro pero odpovídající použitému trnu, zůstává nejlepší metodou pro vytvoření setrvačníku.
- Váhový efekt setrvačníku se zvyšuje spolu s tím, jak roste průměr setrvačníku. To znamená, že pokud okolnosti dovolí použití velkého průměru, hmotnost setrvačníku lze snížit.
- Hmotnost setrvačníku, pokud je to nutné, lze rozdělit na několik setrvačnicků umístěných tam, kde je pro ně potřebný prostor.
- Při vyšších otáčkách vřetena a větších hloubkách řezu se potřeba použití setrvačníku snižuje.
- Použijte nejmenší možný průměr frézy - pro danou řeznou rychlost tak lze dosáhnout zvýšení počtu otáček vřetena.



Pro frézování složenými nástroji se používají frézy upnuté se střídavým uspořádáním.

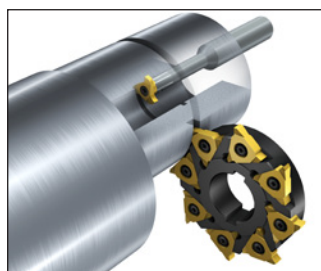
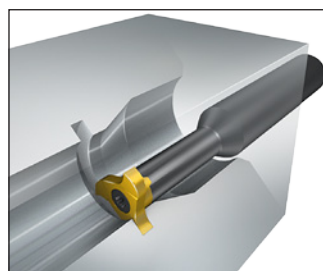
CoroMill 331, CoroMill 329, T-Max Q-cutter a CoroMill 328 v provedení s dírou s drážkou pro pero umožňují upnutí se střídavým uspořádáním potřebné při obrábění více drážek v jednom okamžiku.

Vzájemným pootočením fréz o polovinu zubové rozteče lze dosáhnout potlačení sklonu k vibracím. Také se tím sníží potřeba použití setrvačníku.



Jedna z drážek pro pero je posunuta mimo středovou osu o jednu polovinu zubové rozteče.

Frézování úzkých a mělkých drážek a výřezů

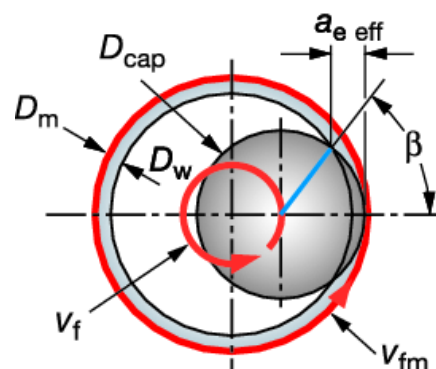


Frézy CoroMill 327/328 využívají vícebřité VBD, které jsou k dispozici v mnoha tvarových provedeních odpovídajících většině typů malých drážek.

Mezi nejčastější aplikace patří obrábění vnitřních drážek pro pojistné a těsnící kroužky nebo malých přímých nebo kruhových vnějších drážek, zejména na součástech, které nemohou rotovat.

Řezání vnitřních drážek

- Při frézování pomocí kruhové interpolace je třeba naprogramovat plynulý nájezd do záběru.
- Zkontrolujte poměr mezi průměrem frézy a průměrem díry, D_c/D_w . Čím menší je hodnota tohoto poměru, tím větší je šířka záběru.



Doporučené řezné rychlosti a tloušťky třísky pro CoroMill® 327

v_c , m/min:

P	200	(150-400)
M	100	(80-160)
K	250	(200-400)

h_{ex} , mm:

0.04 (0.01 – 0.07)

Vhodné řezné podmínky pro CoroMill 328 jsou uvedeny v části Informace/Rejstřík, kapitola I.

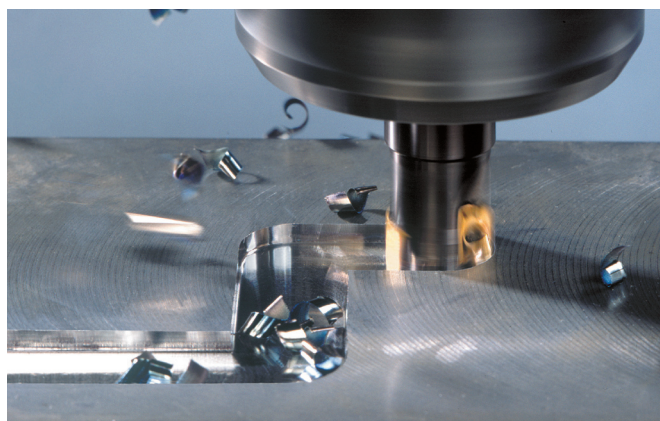
Frézování drážek stopkovými frézami

Frézování stopkovými frézami je vhodné pro kratší, mělčí drážky, zejména pak pro uzavřené drážky a dutiny a pro frézování drážek pro pero.

Stopkové frézy jsou jediné nástroje, které umožňují obrábění uzavřených drážek, které jsou:











- Přímé, zakřivené nebo úhlové
- Širší než průměr nástroje, nazývané dutiny.

Pro náročnější operace při frézování drážek se často využívají frézy s dlouhými břity.



Volba nástrojů

Stopkové frézy a frézy s dlouhými břity

	CoroMill® 690	CoroMill® 390	CoroMill® 490	CoroMill® 316	CoroMill® Plura
					
Max. hloubka řezu (a_p), mm	112	15.7/85	5.5	11	38
Průměr frézy (D_c), mm	50 – 84	12 – 42/32 – 200	20 – 80	10 – 25	2 – 20
Postupné zahlubování*	Ne	Ano	Ne	Ano	Ano
Materiál					

*Postupné zahlubování je metoda vhodná pro obrábění uzavřených drážek, viz Speciální metody, strana D 104.

Metodické pokyny

Posouzení aplikace a užitečné rady

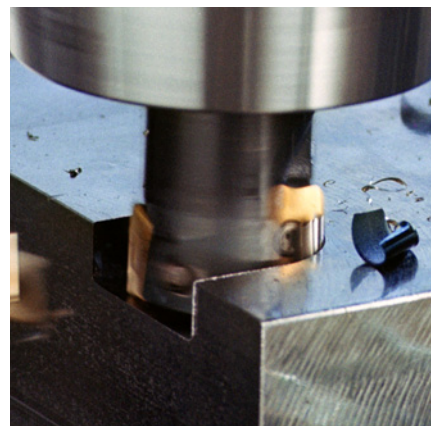
- Používejte stopkové frézy s lehkým řezem s dlouhou předvídatelnou životností nástroje upnuté ve vysoce účinných sklíčidlech.
- Z důvodu dosažení co nejkratšího vyložení nástroje zkrátte vzdálenost mezi nástrojovým sklíčidlem a břitem.
- Při dlouhém vyložení nástroje provádějte mělké řezy s většími rychlostmi posuvu.
- Zhodnoťte velikost posuvu na zub s ohledem na dosažení vyhovující tloušťky třísky. Abyste zabránili tvorbě příliš tenké třísky, tvorbě otřepů a vzniku nekvalitní obrobené plochy, použijte frézy s hrubou roztečí.
- Pro dosažení, z hlediska stability nejvhodnějšího, poměru průměr/délka nástroje, použijte největší možnou velikost frézy.
- Pro dosažení nejlepších podmínek obrábění, použijte sousledné frézování kdykoli to je možné.
- Ustěte se, že třísky jsou odváděny ven z drážky. Abyste předešli jejich hromadění, použijte stlačený vzduch.
- Pro dosažení nejlepší stability a opory směrem k vřetenu použijte spojku Coromant Capto.

Podrobnější informace o metodách dokončení vyfrézované drážky nebo kapsy do požadovaného tvaru a s požadovanou kvalitou, viz Speciální metody, strana D 120.

Frézování drážek pomocí stopkových fréz

Obrábění drážek a výřezů, často také nazývané obrábění drážek do plna, se týká tří na sebe navazujících obráběných ploch:

- Drážky uzavřené z obou stran se nazývají dutiny a vyžadují použití fréz, které umožňují práci v axiálním směru. Podrobnější informace o frézování dutin, viz strana D 115.
- Frézování drážek do plného materiálu pomocí stopkových fréz je náročná operace. Axiální hloubku řezu je obecně třeba snížit na přibližně 70% délky břitu. Pro určení nejvhodnější metody pro danou operaci je třeba také posoudit tuhost stroje a odvádění třísek.
- Stopkové frézy jsou citlivé k účinkům řezných sil. Průhyb a vibrace mohou představovat omezující faktory, zvláště při velkých rychlostech obrábění a při velkém vyložení nástroje.



Frézování drážek pro pero

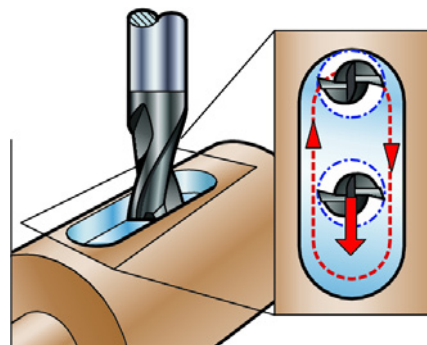
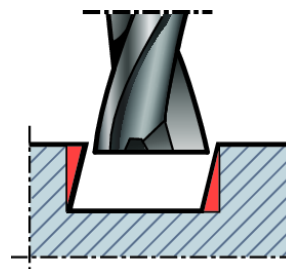
Tato operace, vedle splnění všeobecných doporučení pro frézování rovinných povrchů a drážek, vyžaduje splnění i některých dalších specifických požadavků.

Vzhledem ke směru řezných sil a tendenci nástroje k průhybu, nemá drážka frézovaná pouze v jednom kroku dokonale pravoúhlý tvar rohů.

Nejvyšší přesnosti a produktivity lze dosáhnout, pokud je operace prováděna stopkovou frézou o menším průměru, než je šířka drážky a je rozdělena do dvou fází:

1. Frézování drážky pro pero – hrubování drážky v plném materiálu.
2. Frézování obvodem – dokončování obvodu drážky s využitím nesousledného frézování pro dosažení přesných pravoúhlých rohů.

Při dokončovací operaci je třeba udržovat nízkou hodnotu radiální hloubky řezu, aby nedocházelo k průhybu frézy, který je hlavní příčinou špatné kvality obrobenej plochy a/nebo úchytky od přesného tvaru rohu s úhlem 90°.

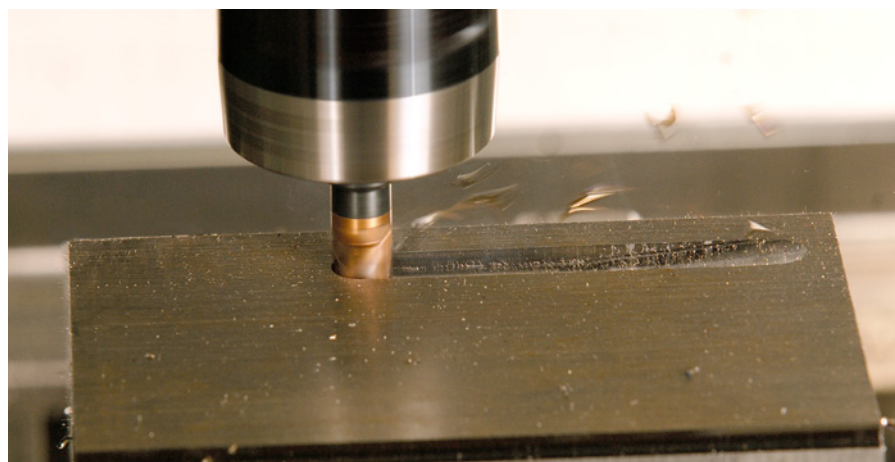


Frézování drážky pro pero ve dvou krocích.

Metody vytvoření uzavřené drážky nebo dutiny v celistvém polotovaru

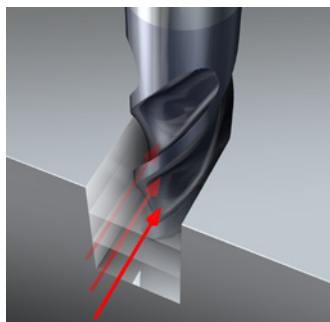
Při přípravě na frézování dlouhé a úzké drážky do plného materiálu, je vedle vrtání nejběžnější metodou pro otevření dutiny lineární postupné zahlubování.

Pro mělké drážky může být alternativou také zavrtávací frézování. Pro frézování širších drážek a dutin se využívá také postupné zahlubování po šroubovici. Podrobnější informace, viz Speciální metody, strana D 102.



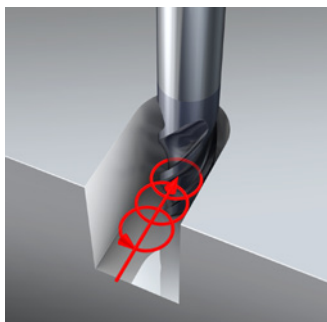
Srovnání tří různých metod

Konvenční frézování drážek



- + Lze použít konvenční 3-osé stroje
- + Vysoká rychlost úběru kovu za stabilních podmínek
- + Jednoduché programování
- + Široký sortiment nástrojů
- Vznikají velké radiální řezné síly
- Citlivost na vibrace – u hlubokých drážek je zapotřebí opakovaných průchodů

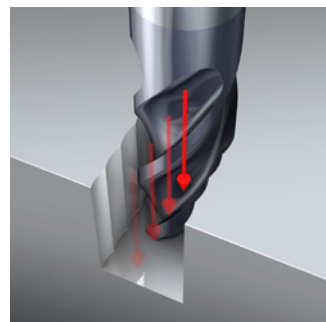
Trochoidální frézování



- + Vznikají malé radiální řezné síly - menší citlivost na vibrace
- + Minimální průhyb při frézování hlubokých drážek
- + Produktivní metoda pro:
 - obrábění tvrdých ocelí a HRSA (ISO H a S)
 - aplikace citlivé na vibrace
- + Průměr frézy by měl být maximálně 70% šířky drážky, D_c
- + Dobré odvádění třísek
- + Vzniká malé množství tepla
- Je třeba náročnější programování

Podrobnější informace, viz Speciální metody, strana D 121.

Ponorné frézování

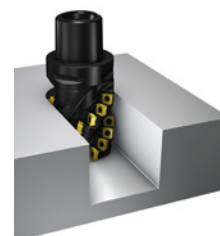


- + Řešení problémů v aplikacích citlivých na vibrace:
 - s dlouhým vyložení nástroje
 - při frézování hlubokých drážek
 - s malou tuhostí stroje nebo nástrojové sestavy
- Nízká produktivita za stabilních podmínek
- Je nutné začíšťování/dokončování
- Při frézování čelem nástroje mohou vznikat potíže s odváděním třísek
- Omezený sortiment nástrojů

Podrobnější informace, viz Speciální metody, strana D 116.

Hrubovací frézování drážek pomocí fréz s dlouhými břity

- Obvykle se pro hrubování používají frézy s předpoklady pro velké rychlosti úběru kovu.
- Na stabilních a výkonných frézách umožňuje kratší provedení frézy vyrobit drážky se stejnou maximální hloubkou, jako je průměr frézy.
- Používejte stroje s vřetenem ISO 50, jelikož tyto frézy se daleko snáze přizpůsobují působení značných radiálních sil.
- Zkontrolujte požadavky na výkon a krouticí moment stroje, jelikož velmi často představují limitující prvek s ohledem na optimální výsledky.
- Pro každý typ operace zvažte optimální velikost roztče.



Rozteč:

L



M



H



Frézování do rohu:

Velké a_p/a_e

Střední a_p/a_e

Nižší a_p/a_e

Frézování drážek:

Nižší a_p

S omezením

–

v_c m/min:



Delší provedení nástrojů jsou přednostně určena pro frézování obrysů, viz Frézování do rohu, strana D 50.



Frézování závitů

Frézování závitů na nerotačních součástech představuje dobrou alternativu k výrobě závitů pomocí závitníků a může dokonce být alternativou i k soustružení závitů.



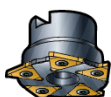



Pomocí závitorezných fréz CoroMill je možné vytvořit závity velmi blízko stěny osazení nebo dna díry.

Přerušovaný řez při frézovacích operacích zajišťuje dobrou kontrolu utváření třísky v materiálech tvořících dlouhou třísku.



Volba nástrojů

Stopkové frézy CoroMill Plura, stejně jako CoroMill 327 a CoroMill 328 jsou k dispozici s geometriemi optimalizovanými pro frézování závitů.

	CoroMill® Plura	CoroMill® 327	CoroMill® 328
			
Rozteč, mm	0.7 – 3	1 – 4.5	1.5 – 6
Průměr frézy (D_c), mm	3.2 – 19	11.7 – 21.7	39 – 80
Materiál			

Všeobecné informace

- Vyberte nástroj s nejkratší možnou délkou.
- Objednací kód udává nejmenší velikost vnitřního závitu, kterou lze s daným nástrojem vyrobit. Stejnou závitoreznou frézou je možné použít také pro výrobu jakékoli větší velikosti závitu se stejným stoupáním. Více informací viz Hlavní katalog.

Informace o zásadách při řezání závitů a srovnání soustružení závitů s jejich frézováním, viz Řezání závitů, kapitola C. Doporučení pro velikosti předvrtaných děr, viz Informace/Rejstřík, kapitola I, Řezání závitů - celkový souhrn.

Použití závitorezných fréz CoroMill®

Výhody

- Stejný nástroj pro výrobu pravých i levých závitů.
- Stejný nástroj pro široké rozmezí průměrů závitu bez horní hranice pro průměr otvoru.
- Úplný profil závitu i v blízkosti dna slepé díry.
- Je možné přizpůsobení pro danou toleranci.
- Přednostní řešení při požadavku na dlouhý dosah nebo eliminaci vibrací.
- Dobrá kontrola utváření třísky.
- Dobré odvádění třísek zaručuje spolehlivou funkci.
- Umožňuje dosažení uspokojivých výsledků v tvrzených materiálech a v případě špatné obrobitelnosti a utváření třísky.
- Vnitřní přívod řezné kapaliny usnadňuje frézování závitů v obtížně obrobitelných materiálech.
- V případě lomu nástroje lze jednoduše frézu odstranit bez poškození obrobku.

Nevýhody

- Závitorezné frézy vždy zanechávají stopy po posuvu nástroje. V závislosti na rozteči, velikosti díry a radiálním zanoření nástroje se výsledný závit liší od ideálního profilu.
- Relativně vysoké řezné síly vznikající při obrábění pomocí fréz CoroMill Plura mohou způsobovat průhyb nástroje a mírnou deformaci/kuželovitost závitu.
- Každá fréza CoroMill Plura má specifickou rozteč.

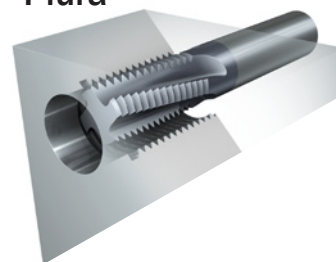
Frézování závitů jednohrotým břitem pomocí fréz CoroMill® 327 a CoroMill® 328

- Stejně břitové destičky pro různé rozteče.
- Nízké hodnoty řezných sil činí z těchto fréz dobrou alternativní volbu pro vnitřní frézování středních až velkých závitů, ale také v případě zhoršené stability – například pro frézování závitů vyžadujících dlouhé vyložení nástroje a/nebo u tenkostěnných součástí.
- Nízké nároky na výkon stroje.
- První volba pro výrobu větších vnějších závitů na asymetrických součástech.
- Pro výrobu malých sérií a smíšenou výrobu.



Frézování závitů břitem s mnoha hroty pomocí fréz CoroMill® Plura

- Dokončení závitu na jediný průchod o 360°.
- Výběr nástrojů, řezných podmínek, a způsobu programování, viz příručka CoroMill Plura Guide.



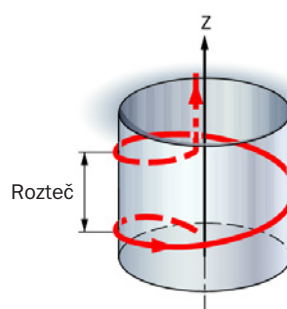
Metodické pokyny

Všeobecná pravidla

- U fréz CoroMill Plura, CoroMill 327 a CoroMill 328 vždy zajistěte, aby nájezd a výjezd nástroje ze záběru byl po plynulé dráze.
- Výhodnější je použití sousledného frézování.
- Frézování závitů v tvrzených ocelích nebo jiných obtížně obrobitelných materiálech může vyžadovat rozdělení celé operace do několika průchodů snížením a_e nebo f_z .

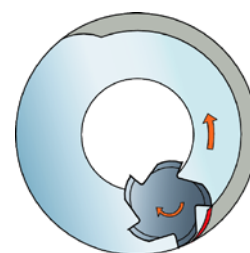
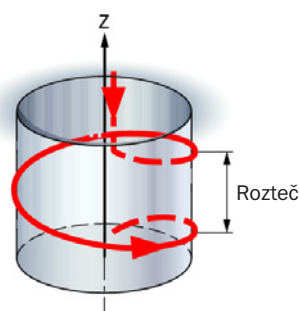
Pravé závit

Na začátku je fréza vždy umístěna co nejbližší ke dnu díry a potom je posouvána proti směru hodinových ručiček a vzhůru.



Levé závit

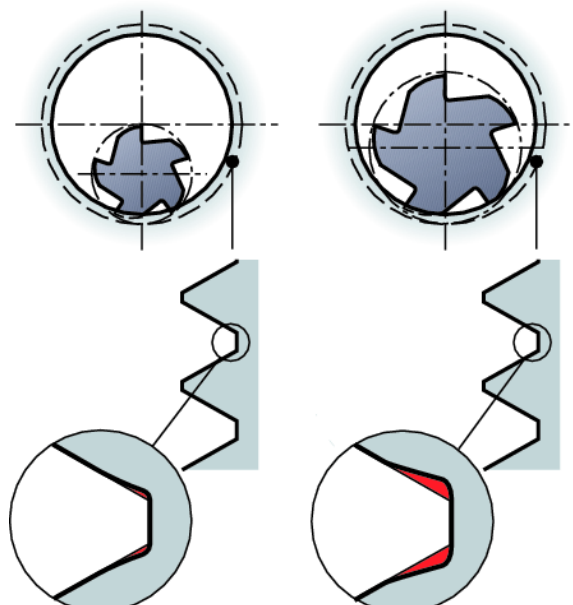
Frézování levého závitu probíhá v opačném směru, shora dolů, avšak rovněž proti směru hodinových ručiček.



Doporučuje se použití sousledného frézování.

Odchylka profilu závitu

- Při frézování závitů dochází k malé, nevýznamné chybě tvaru profilu závitu.
- To závisí na poměru mezi průměrem závitu a průměrem v řezu, ale také na rozteči.
- Osvědčeným pravidlem je, aby poměr mezi průměrem závitu a průměrem v řezu nebyl menší než 1.5.



Frézování vnějších závitů – CoroMill® 327 a CoroMill® 328

Všechny břitové destičky pro frézování závitů se používají především pro výrobu vnitřních závitů. Nicméně všechny břitové destičky s částečným profilem (V-profil) je možné použít také pro frézování vnějších závitů.

Poznámka: Nezapomínejte na hloubku profilu závitu.

Příklad:

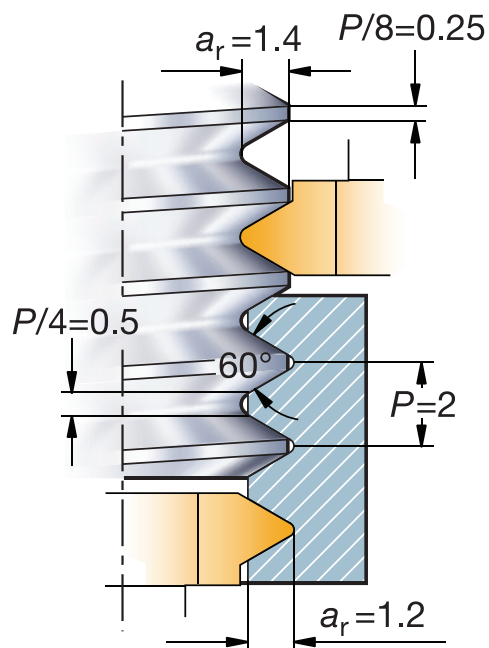
Fréza CoroMill 327 s objednacím kódem 327R12-22 100VM-TH.

Doporučení:

- Rozteč 1 až 2 mm (minimálně 1, maximálně 2)
- a_r maximálně 1.2 mm

Závěr:

- Pro frézování vnitřních závitů je rozteč 2 mm dostatečná, jelikož a_r je 1.2 mm (a_r maximálně 1.2 mm).
- Pro frézování vnějších závitů rozteč 2 mm nestačí, jelikož a_r je 1.4 mm (a_r maximálně 1.2 mm).
- Pro výrobu závitu použijte rozteč 2.5 až 3.5.



Požadavky na stroj

- Frézování závitů vyžaduje, aby obráběcí stroj umožňoval současný pohyb v osách X, Y a Z.
- Pohyb v osách X a Y určuje průměr závitu, zatímco pohybem v ose Z je určena rozteč.
- Frézování závitů se provádí nejlépe za sucha.
- Zlepšení odvádění třísek lze dosáhnout s pomocí různých mikrolubrikačních systémů, které využívají stlačeného vzduchu spolu s malým množstvím speciálních typů olejů.

Způsob programování

Všeobecná pravidla

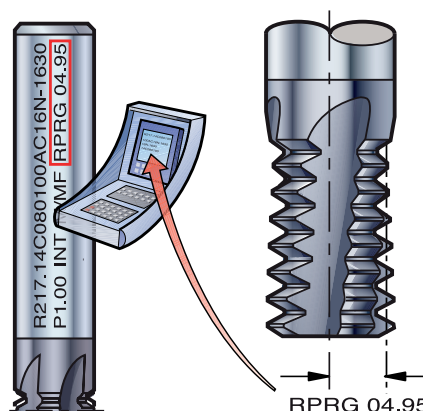
Při programování dané operace je pro každý nástroj třeba pečlivě uvážit hodnotu průměru v řezu.

- Programování s korekcí na poloměr umožňuje jednoduchým způsobem upravit tolerance závitu.
- V případě, že vyrobený závit má tolerance příliš úzké, kompenzaci je třeba provést pomocí malé úpravy (snížení) hodnoty pro korekci poloměru.

CoroMill® Plura

Frézy CoroMill Plura mají příslušné programovací hodnoty poloměru (RPRG) uvedeny na stopce nástroje.

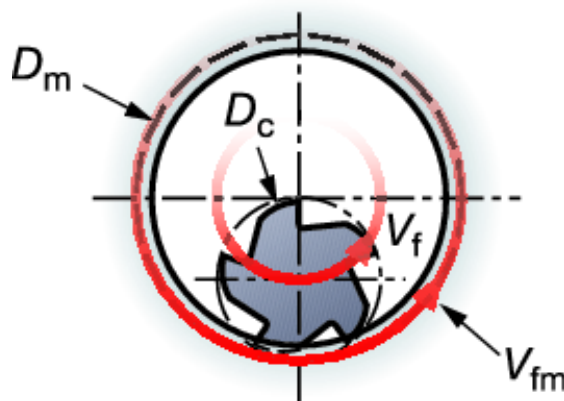
- Hodnota RPRG udává pro každou frézu přesný roztečný průměr a hodnotu korekce poloměru nutnou pro dosažení optimální kvality závitů.
- Hodnota RPRG se obvykle zadává do paměti nástrojových korekcí.
- Za předpokladu, že podmínky pro danou operaci jsou jinak dobré, brání použití hodnoty RPRG tomu, aby první závit byl příliš velký.



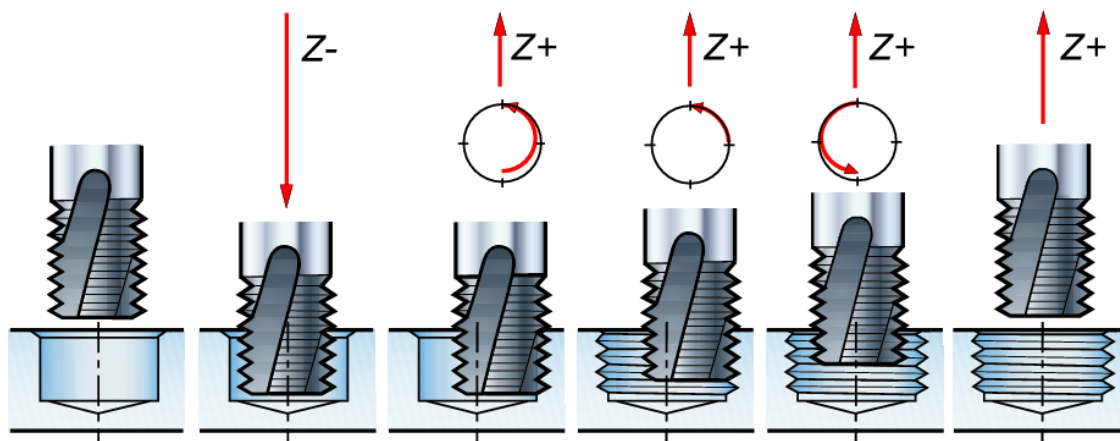
Programovací hodnota poloměru nástroje.

Doporučené řezné podmínky

- U vnitřních aplikací dochází k tomu, že obvod nástroje se pohybuje rychleji než jeho střed.
- Programování rychlosti posuvu (mm/min) je na většině frézek odvozeno od středové osy vřetena. Tuto skutečnost je při výpočtu parametrů pro frézování závitů třeba zohlednit, aby nedošlo ke zkrácení životnosti nástroje, vzniku vibrací nebo celkovému lomu.
- Závitořezné frézy CoroMill Plura mají větší kontaktní styčnou plochu, než stopkové frézy ekvivalentní délky, a často také méně příznivý poměr délky a průměru frézy.
- Pro závitořezné frézy je možné použít stejné řezné rychlosti, jaké se používají pro konvenční stopkové frézy.
- Aby bylo možné dosáhnout dobré kvality obrobeneho závitů, pro mělké řezy by rychlost posuvu neměla překročit hodnotu 0.15.

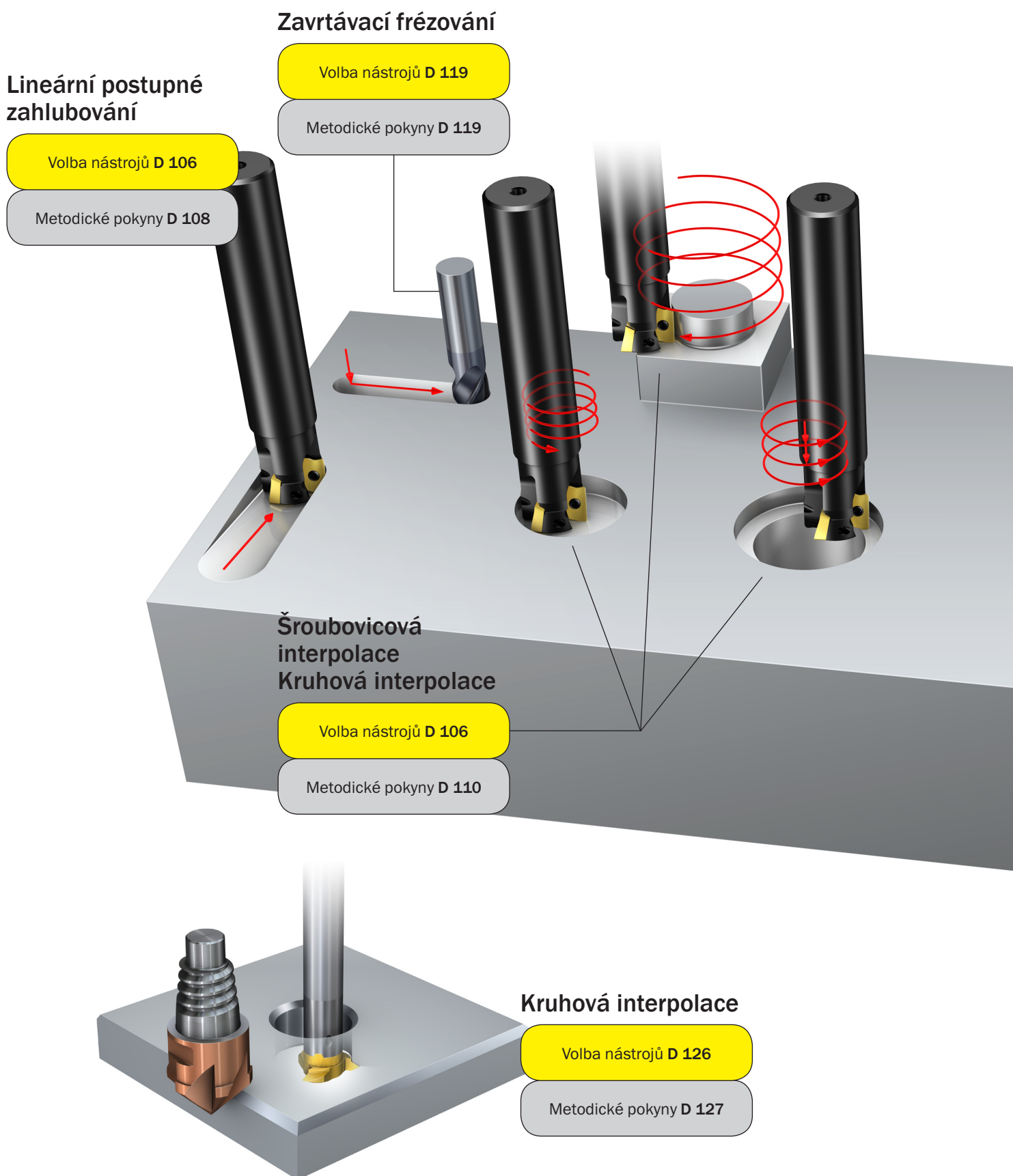


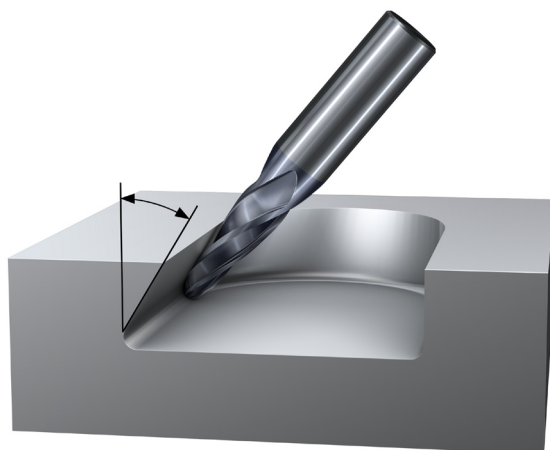
$$v_f = \frac{v_{fm} \times (D_m - D_{cap})}{D_m}$$



Speciální metody

Přehled aplikací





Uzavřené dutiny

Volba nástrojů **D 125**

Metodické pokyny **D 125**

Frézování dutin

Metodické pokyny **D 115**

Ponorné frézování

Volba nástrojů **D 116**

Metodické pokyny **D 117**

Metody odřezávání tenkých vrstev

Volba nástrojů **D 120**

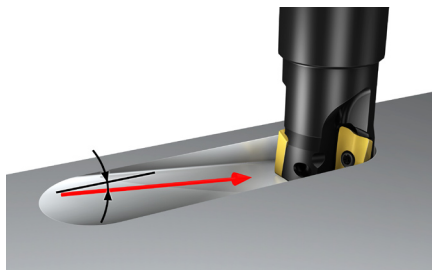
Metodické pokyny **D 121**

Frézování

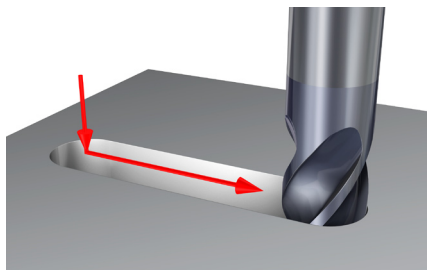
Problémy a jejich řešení **D 128**

Stručný přehled - díry a dutiny

Vytvoření otvoru v celistvém obrobku



Lineární postupné zahlubování

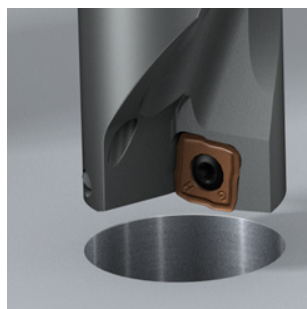


Zavrtávací frézování

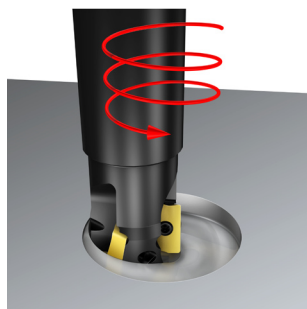
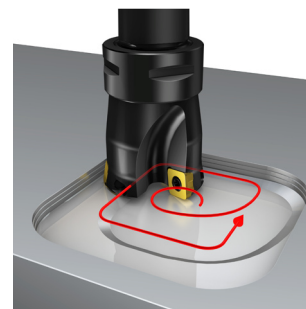
Vytvoření drážky

Vždy je třeba upřednostnit lineární postupné zahlubování (současně ve 2 osách) před zavrtávacím frézováním.

Zavrtávací frézování je alternativní metoda, při které ale často dochází k tvorbě dlouhých třísek a vzniku nežádoucích řezných sil působících na nástroj.



Vrtání

Postupné zahlubování pomocí
šroubovicové interpolace

Postupné zahlubování při výrobě dutiny

Vytvoření dutiny nebo kapsy

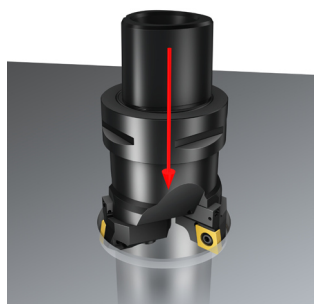
Vrtání je tradiční a nejrychlejší metoda výroby díry, ale v některých materiálech mohou vznikat problémy s dělením třísek. Kromě toho schází flexibilita umožňující výrobu různých průměrů a nekruhových tvarů děr.

Postupné zahlubování pomocí šroubovicové interpolace (současně ve třech osách) je ve srovnání s vrtáním méně produktivní metodou, ale může být dobrou alternativou v případech:

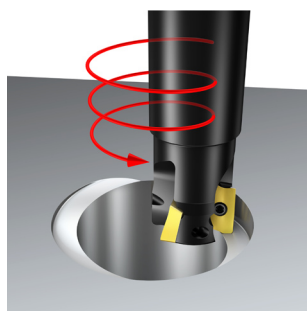
- Výroby velkých děr, pokud je výkon stroje omezen.
- Výroby malých sérií. Osvědčené pravidlo pro průměry děr nad 25 mm říká: frézování je z hlediska nákladů výhodnější pro série do cca. 500 děr.

- Když je třeba obrábět několik různých průměrů děr.
- Omezené kapacity zásobníku nástrojů, kdy není možné uložení velkého počtu různých průměrů vrtáků.
- Výroby slepých děr, u kterých je požadováno ploché dno.
- Tenkostěnných součástí s nedostatečnou tuhostí.
- Přerušovaných řezů.
- Materiálů, u kterých je vrtání obtížné s ohledem na dělení a odvádění třísky.
- Když nelze použít řeznou kapalinu.
- Dutin/kapes ("nekruhové díry").

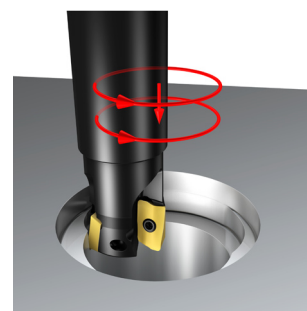
Zvětšování otvoru nebo dutiny



Vyvrtávání



Postupné zahlubování pomocí šroubovicové interpolace



Frézování pomocí kruhové interpolace

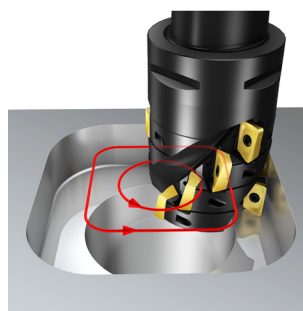
Zvětšování otvoru

Ze stejného důvodu jako vrtání, je i vyvrtávání obvykle nejrychlejší metodou, ale frézování může v některých případech být vhodnou alternativou, viz předchozí strana. Je možné použití dvou alternativních metod: postupného zahlubování pomocí šroubovicové interpolace (3-osé) nebo frézování pomocí kruhové interpolace (2-osé). Postupné zahlubování pomocí šroubovicové interpolace je třeba upřednostnit, pokud hloubka díry je větší než a_p max, nebo v případě aplikací citlivých na vibrace. Ale v případě postupného zahlubování se také zlepšuje kruhovitost/souosost díry, zejména v případě velkého vyložení nástroje. V obou případech, tedy jak u kruhové, tak i u šroubovicové interpolace, se kruhovitost zlepšuje, pokud rotuje obrobek, namísto toho, aby se fréza pohybovala po kruhové dráze.

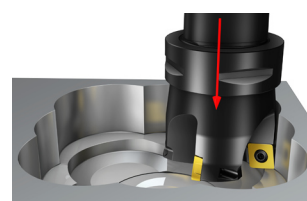
Zvětšování dutiny

Před vnitřním frézováním do rohu nebo ponorným frézováním je nutné zhotovení počátečního otvoru. U těchto metod by vždy mělo být provedeno srovnání s výrobou dutiny postupným zahlubováním přímo do celistvého kusu materiálu, viz předcházející strana.

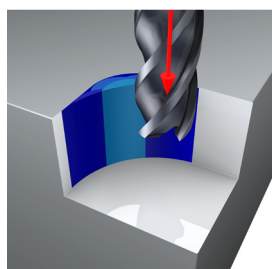
- Postupné zahlubování (3-osé) má svou přednost v tom, že je při něm zapotřebí pouze jeden nástroj, s kterým je možné vytvořit 3D-tvary, proto je vhodné pro tvarové frézování. Při jeho uplatnění společně s technikami využívajícími velkých rychlostí posuvů (rychlé a s lehkým řezem), budou řezné síly orientovány velmi příznivým způsobem, který minimalizuje problémy se vznikem vibrací.
- Ponorné frézování často umožňuje řešení problémů s dlouhým vyložení nástroje a/nebo obráběním hlubokých dutin
- Vnitřní frézování do rohu je náročnější na programování než ponorné frézování, ale je rychlejší.



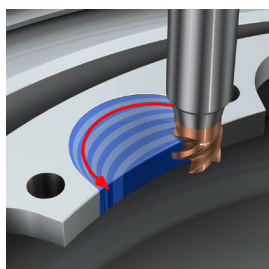
Vnitřní frézování do rohu



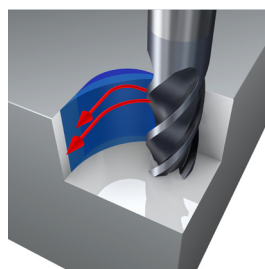
Ponorné frézování



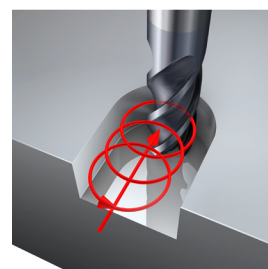
Ponorné frézování v rozích



Metoda tenkých řezů – lehká a rychlá



Odebírání tenkých vrstev v rozích



Trochoidální frézování

Odfrézování zbytkové vrstvy (odstranění neodebrané vrstvy materiálu)

Po ukončení hrubování dutiny často zůstává na povrchu vrstva neodebraného materiálu, zejména pak v rozích. Ponorné frézování frézou o malém průměru je jednou z metod, jak se více přiblížit konečnému tvaru. Další velmi častou metodou pro frézování rohů je technika tenkých řezů (s lehkým řezem a rychlým). Trochoidální frézování pak je jedním ze způsobů využití techniky tenkých řezů, který se také používá pro frézování drážek, dutin atd.

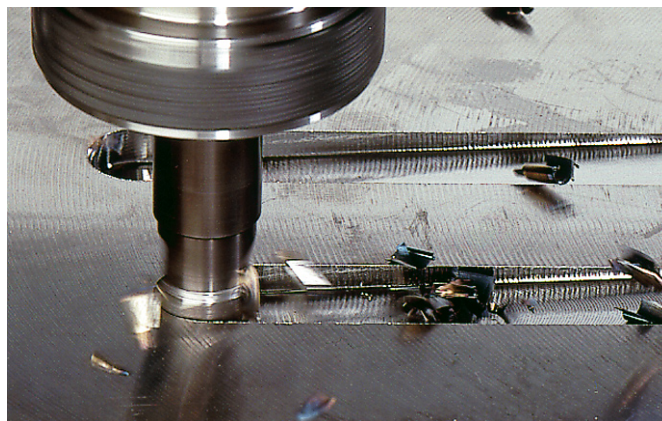
Lineární zahlubování (2-osé)

Lineární zahlubování se obvykle využívá jako účinný způsob pro vstup do obrobku při obrábění uzavřených drážek/dutin/kapes. Eliminuje potřebu použití vrtáků.

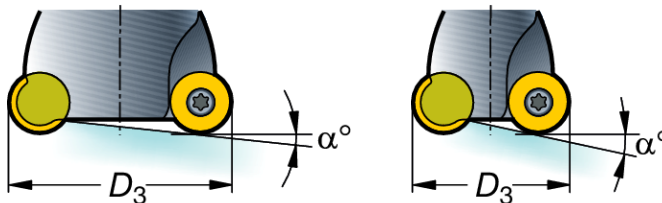
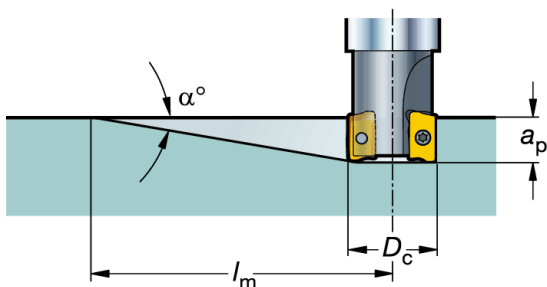
Lineární zahlubování je definováno jako současný posuv nástroje v axiálním směru (Z) a v jednom z radiálních směrů (X nebo Y), tzv. 2-osé postupné lineární zahlubování.

Zahlubování pomocí šroubovicové interpolace je třeba vždy preferovat před přímým zahlubováním (frézováním drážky do plného materiálu), jelikož velikost radiálního záběru je významně omezena a tím je umožněno čistě sousledné frézování a lepší odvádění třísek.

Sousledného frézování se dosáhne stanovením dráhy nástroje proti směru hodinových ručiček.

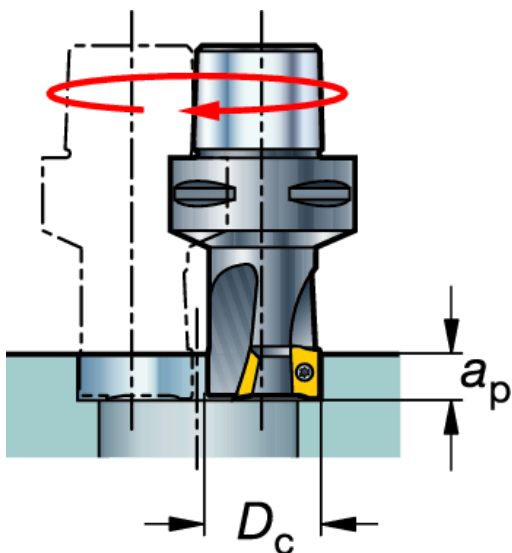


Použití lineárního zahlubování pro vytvoření uzavřené drážky.



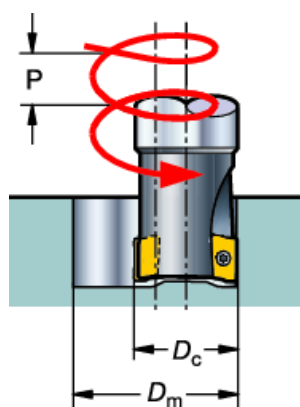
Frézování kruhovou interpolací (2-osé)

Frézování pomocí kruhové interpolace je alternativní metoda k tradičně používaným vyvrtávacím nástrojům. Frézování kruhovou interpolací se většinou provádí pomocí fréz s úhlem nastavení 90 stupňů pohybem nástroje po kruhové dráze.

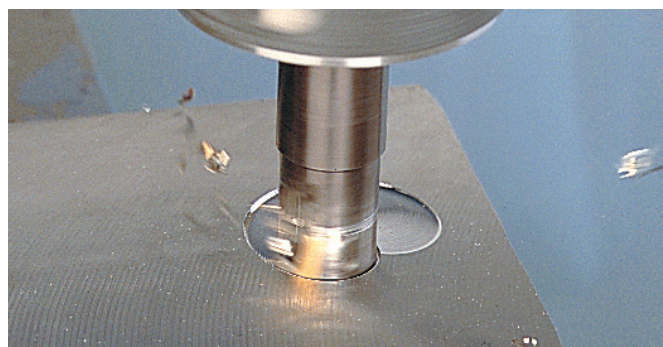


Zahlubování šroubovicovou interpolací (3-osé)

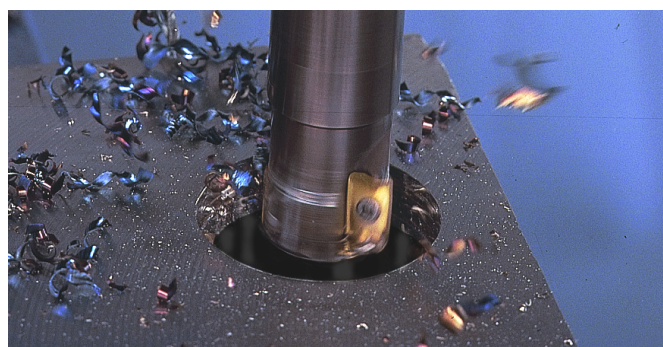
Posuv frézy po kruhové sestupné dráze, který probíhá současně ve směru os X, Y i Z, se velmi často používá pro vytvoření dutiny/kapsy. Jde tedy o další alternativní metodu pro výrobu děr, umožňující nahradit vrtání a vyvrtávání, viz srovnání na straně D 102.



P = rozteč (mm/ot)



Zahlubování šroubovicovou interpolací v celistvém obrobku.



Použití zahlubování šroubovicovou interpolací pro zvětšení díry.

Zahlubování šroubovicovou interpolací - frézy pro první volbu

Průměr díry

		20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60			
P	Rovné dno	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390			CoroMill® 210														
	Průchozí díra	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390							CoroMill® 210															
M	Rovné dno	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390						CoroMill® 300											
	Průchozí díra	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390							CoroMill® 300															
K	Rovné dno	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390			CoroMill® 210														
	Průchozí díra	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390							CoroMill® 210															
N	Rovné dno	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390												CoroMill® 790					
	Průchozí díra	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390					CoroMill® 790																	
S	Rovné dno	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390						CoroMill® 300											
	Průchozí díra	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390							CoroMill® 210															

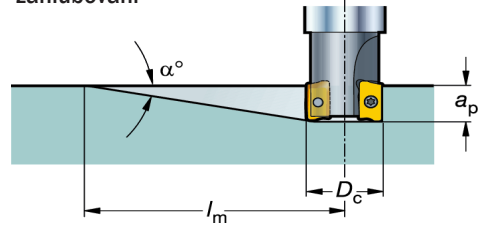
Volba nástrojů

Frézy, které jsou vhodné pro lineární zahlubování, umožňují také zahlubování pomocí šroubovicové interpolace.

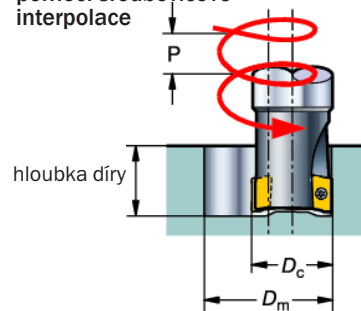
Poznámka: Jestliže je při obrábění slepé díry vyžadován rovný profil dna, bude minimální D_m větší. Příslušnou hodnotu lze určit výpočtem ze vztahu uvedeného na straně D 111.

	CoroMill® Plura				CoroMill® 316			
	VFD, úhel šroubovice 50°				Stopková fréza se zaoblenými rohy			
	Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární	
	$a_p < a_p$				$a_p < 0.55 \times D_c$		Max.	
Max. hloubka díry								
Kvalita díry	H7				H7			
D_c ev. D_3 (mm)	Průchozí díra		$a_p = 0.9 \times D_c$		Průchozí díra		$a_p = 0.55 \times D_c$	
	D_m min	P mm/ot	α°	l_m	D_m min	P mm/ot	α°	l_m
4	4.8	0.26	6.7	30.6				
6	7.2	0.43	6.7	46.0				
8	9.6	0.53	6.7	61.3				
10	12	0.66	6.7	76.6	12	0.78	10	31.2
12	14.4	1.39	10	61.2	14.4	0.89	10	37.4
16	19.2	1.77	10	81.7	19.2	1.1	10	49.9
20	24	2.21	10	102.1	24	1.37	10	62.4
25					30	1.65	10	78.0

Lineární postupné zahlubování



Postupné zahlubování pomocí šroubovicové interpolace



P = rozteč

	CoroMill® 390								CoroMill® 790							
	Velikost VBD 11 a 18*, $r_e=0.8$ mm				Velikost VBD 17 s $r_e=0.8$ mm				Velikost VBD 16 s $r_e=0.8$ mm				Velikost VBD 22 s $r_e=0.8$ mm			
	Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární	
	$a_p < l_3^{**}$				$a_p < l_3^{**}$				$a_p < l_3^{**}$				$a_p < l_3^{**}$			
Max. hloubka díry																
Kvalita díry	H9		Max.		H9		Max.		H7		Max.		H7		Max.	
D_c ev. D_3 (mm)	Průchozí díra		$a_p = 10/15$ mm		Průchozí díra		$a_p = 15$ mm		Průchozí díra		$a_p = 12$ mm		Průchozí díra		$a_p = 18$ mm	
	D_m min	P mm/ot	α°	l_m	D_m min	P mm/ot	α°	l_m	D_m min	P mm/ot	α°	l_m	D_m min	P mm/ot	α°	l_m
12	14	0.4	6.0	99												
16	20	2.0	10.5	54												
20	24	2.0	5.5	104												
25	39	3.0	5.0	114	33	6.0	15.5	59	28.8	4.3	19	45.7				
32	53	3.3	3.6	159	47	4.5	6.7	135	42.8	8.1	13	66				
36	61	2.7	2.6	220					50.8	9.3	11	78				
40	78*	7.0*	6.8*	132*	63	4.0	3.9	231	58.8	10.2	9	89	51	11.5	18	74
44	86*	6.5*	6.0*	149*					60.8	10.8	8	101	59	13.7	16	84
50	98*	6.0*	5.5*	163*	83	1.0	2.8	323	78.8	11.6	7	118	71	15.7	13	100
54	106*	4.5*	5.0*	179*					86.8	11.9	6	130	79	11.7	12	111
63	124*	4.0*	4.0*	225*	109	1.6	2.1	430					97	18	9	134
66	130*	3.5*	3.7*	243*									103	18	9	141
80	158*	3.0*	3.1*	290*	143	1.6	1.6	565					131	18	7	176

* VBD velikosti 18 mají speciální geometrii -xMR, určenou pro postupné zahlubování

	CoroMill® 210								CoroMill® 300							
	Velikost VBD 09				Velikost VBD 14				Velikost VBD 08				Velikost VBD 10			
	Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární	
	< I ₃ **		Max.		< I ₃ **		Max.		< I ₃ **		Max.		< I ₃ **		Max.	
H13		H13			H13				H13							
Max. hloubka díry	< I ₃ **		Max.		< I ₃ **		Max.		< I ₃ **		Max.		< I ₃ **		Max.	
Kvalita díry	H13				H13				H13				H13			
D _c ev. D ₃ (mm)	Průchozí díra		a _p = 1.2 mm		Průchozí díra		a _p = 2.0 mm		Průchozí díra		a _p = 4 mm		Průchozí díra		a _p = 5 mm	
	D _m min	P mm/ot	α°	l _m	D _m min	P mm/ot	α°	l _m	D _m min	P mm/ot	α°	l _m	D _m min	P mm/ot	α°	l _m
25	32	1.2	14.5	4.6					36.4	2	8.0	28.5	32.4	2.5	13.5	20.8
32	46	1.2	8	8.5					50.4	2	5.0	45.7	46.4	2.5	7.5	38.0
35	52	1.2	7	9.7					56.4	2	4.0	57.2				
36	54	1.2	7	9.7												
40									66.4	2	3.5	65.4	52.4	2.5	6.5	43.9
42	66	1.2	5	13.7					70.4	2	3.0	76.3	62.4	2.5	5.0	57.2
50	82	1.2	3.5	19.6					86.4	2	2.5	91.6	66.4	2.5	4.5	63.5
52	86	1.2	3.3	20.8	76	2	5.8	19.6	90.4	2	2.0	114.5				
63	108	1.2	2.6	26.4	98	2	3.8	30.1	112.4	2	1.5	152.8				
66	114	1.2	2.4	28.6	104	2	3.2	35.7	118.4	2	1.5	152.8				
80					132	2	2.4	47.7	146.4	2	1.0	229.2				

	CoroMill® 300											
	Velikost VBD 12				Velikost VBD 16				Velikost VBD 20			
	Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární	
	< I ₃ **				< I ₃ **				< I ₃ **			
H13		H13			H13							
Max. hloubka řezu	< I ₃ **		Max.		< I ₃ **		Max.		< I ₃ **		Max.	
Kvalita díry	H13				H13				H13			
D _c ev. D ₃ (mm)	Průchozí díra		a _p = 6 mm		Průchozí díra		a _p = 8 mm		Průchozí díra		a _p = 10 mm	
	D _m min	P mm/ot	α°	l _m	D _m min	P mm/ot	α°	l _m	D _m min	P mm/ot	α°	l _m
32	42.6	3	12.0	28.2								
34	46.6	3	11.5	29.5								
35	48.6	3	10.5	32.4								
40	58.6	3	8.0	42.7								
42	62.6	3	7.5	45.6								
50	78.6	3	5.5	62.3								
52	82.6	3	5.0	68.6	75.6	4	7.0	65.2				
63	104.6	3	3.5	98.1	97.6	4	5.0	91.4				
66	110.6	3	3.5	98.1	103.6	4	4.5	101.6	96	5	9.4	60.5
80	138.6	3	2.5	137.4	131.6	4	3.5	130.8	124	5	6.7	85.2
100					171.6	4	2.5	183.2	164	5	4.8	119.2
125					221.6	4	1.5	305.5	124	5	3.5	163.5

	CoroMill® 200															
	Velikost VBD 10				Velikost VBD 12				Velikost VBD 16				Velikost VBD 20			
	Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární		Šroubovicová		Lineární	
	< I ₃ **				< I ₃ **				< I ₃ **							
H13		H13			H13											
Max. hloubka řezu			Max.				Max.				Max.				Max.	
Kvalita díry	H13				H13				H13				H13			
D _c ev. D ₃ (mm)	Průchozí díra		a _p = 5 mm		Průchozí díra		a _p = 6 mm		Průchozí díra		a _p = 8 mm		Průchozí díra		a _p = 10 mm	
	D _m min	P mm/ot	α°	l _m	D _m min	P mm/ot	α°	l _m	D _m min	P mm/ot	α°	l _m	D _m min	P mm/ot	α°	l _m
25	32	2.5	13	22												
32					42	3	13	26								
40					58	3	9.5	32	50	4	13	35				
50					78	3	6.5	49	70	4	11	35	62	5	13	43
63					104	3	4.5	68	96	4	7	48	88	5	11	45
80					138	3	3.5	98	130	4	5	70	122	5	7	67
100					178	3	2.5	137	170	4	3.5	102	162	5	5	95
125									220	4	2.5	131	212	5	3.5	127
160													282	5	2.5	191

Metodické pokyny

Dvouosé postupné zahlubování – lineární

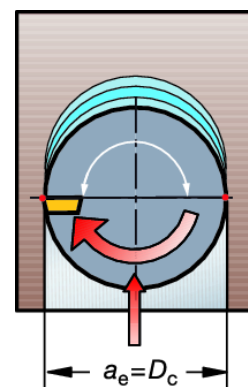
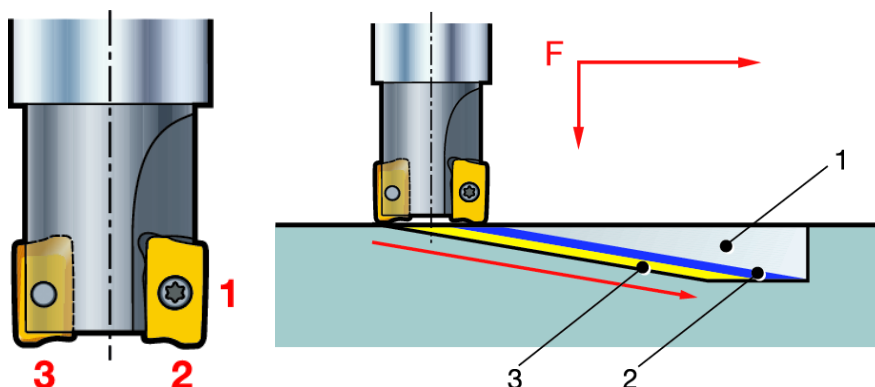
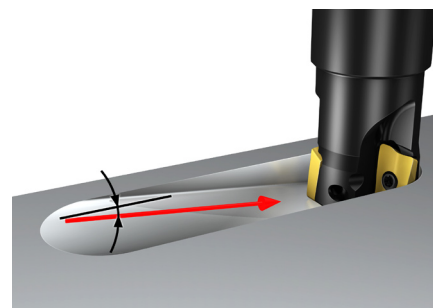
Náročný obráběcí postup

Během šikmého zahlubování se současně uplatňují tři různé způsoby řezu:

- 1) Řezání obvodem nástroje - přední VBD.
- 2) Řezání čelem nástroje - přední VBD.
- 3) Řezání čelem nástroje - zadní VBD.

Řezné síly jsou jak radiální, tak i axiální.

Na nástroj navíc ještě působí další namáhání v důsledku oboustranného obrábění drážky, což znamená, že při $a_e = D_c$, vznikají velké radiální řezné síly a dlouhé třísky.



Doporučené podmínky obrábění

- Snižte posuv na 75% běžné hodnoty.
- Pokud okamžitě po šikmém zahlubování následuje frézování drážky, je na dráze rovnající se průměru frézy velmi důležité pokračovat při nízkých hodnotách posuvu, dokud zadní břitová destička nevystoupí z řezu.
- Používejte řeznou kapalinu pro usnadnění odvodu třísek.
- Snižte poloměr nástroje z důvodu zmenšení oblasti kontaktu nástroje s obrobkem.
- Použití přímého zahlubování je třeba omezit pouze na úzké drážky o šířce menší než 30 mm, kde je přístup pro šroubovicové zahlubování omezen.

Všeobecné soustružení

B

Uplichování a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrvtávání

G

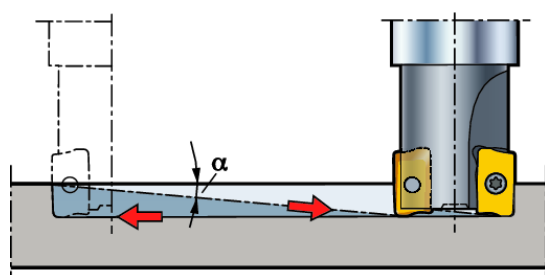
Upínání nástrojů/ Stroje

H

Materiály

I

Informace/Rejstřík

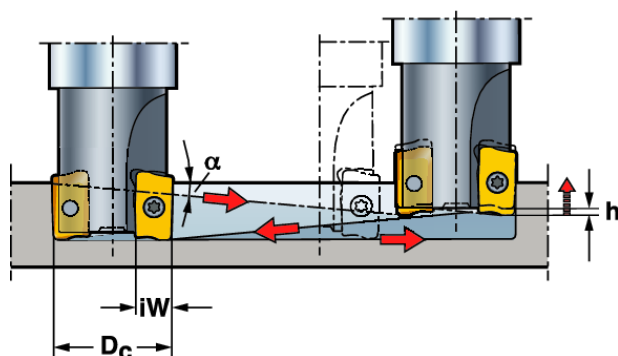


Jednoduché postupné zahlubování (jeden průchod).

Progresivní šikmé zahlubování

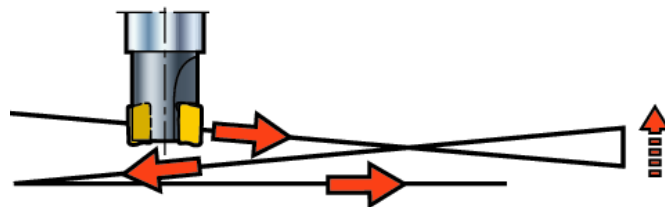
Při obrábění hlubokých drážek pomocí šikmého zahlubování lze snadno zvýšit produktivitu díky zahlubování v obou směrech (progresivní šikmé zahlubování) namísto zahlubování pouze v jednom směru (jednoduché šikmé zahlubování).

Poznámka: Pokud fréza sestupuje s maximálním možným úhlem šikmého zahlubování, musí být před jakoukoli změnou směru zvednuta nahoru o vzdálenost h . Středová část těla frézy je tak chráněna před poškozením.



Korekce dráhy nástroje :

$$h = \text{Tang } \alpha (D_c - (2 \times iW))$$



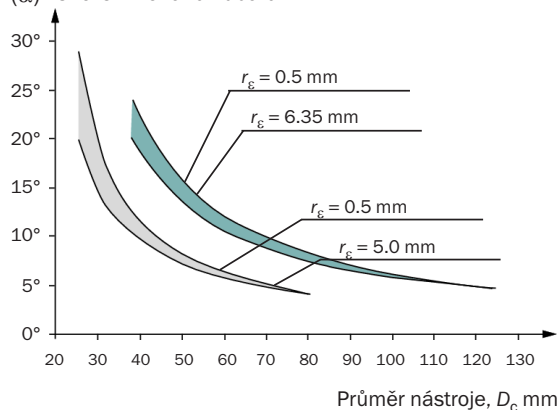
Progresivní šikmé zahlubování při maximálním úhlu sestupu.

Poloměr břitové destičky má vliv na maximální úhel šikmého zahlubování

Příklad - CoroMill® 790

Křivky v diagramu znázorňují průběh platný pro minimální a maximální poloměr. Pro mezilehlé poloměry je třeba použít interpolaci.

(α) Úhel šikmého zahlubování



■ = Velikost VBD 22
■ = Velikost VBD 16

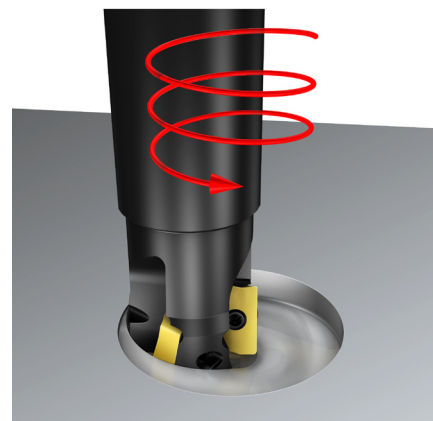
Zahlubování pomocí šroubovicové interpolace – výroba děr

Zahlubování pomocí šroubovicové interpolace (také nazývané šroubovicová interpolace, spirálová interpolace, orbitální vrtání, atd.) představuje alternativu k vrtání.

Jedná se o současný pohyb po kruhové dráze (X a Y) spolu s axiálním posuvem (Z) o stanovenou hodnotu stoupání.

Ve srovnání s lineárním postupným zahlubováním (frézování drážky do plného materiálu), představuje šroubovicová interpolace proces s mnohem klidnějším průběhem, protože velikost radiálního záběru je menší, umožňuje čistě sousledné frézování a umožňuje i lepší odvádění třísek.

Sousledného frézování se dosáhne stanovením dráhy nástroje proti směru hodi-
nových ručiček.

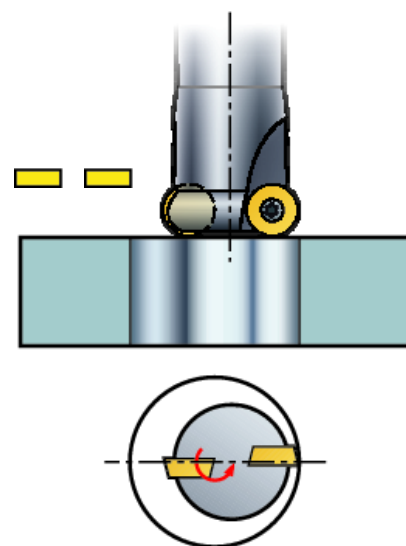
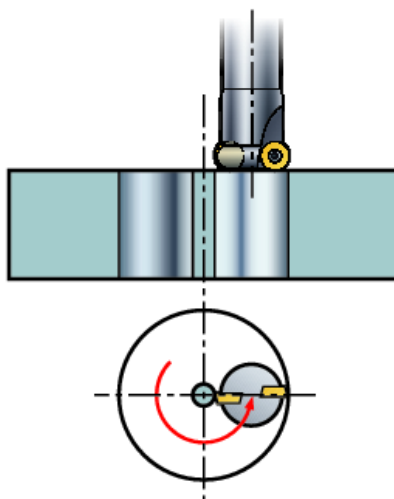
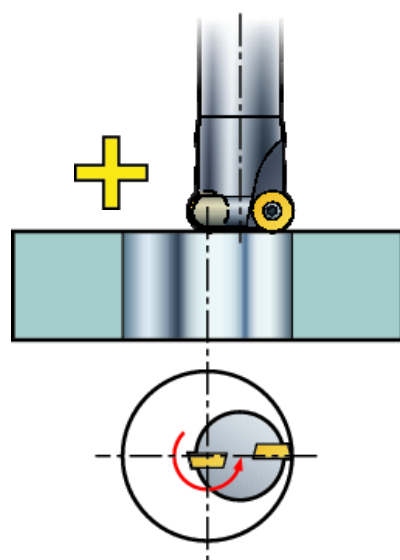


Posouzení obráběcího procesu

Při zahlubování pomocí šroubovicové interpolace je třeba uvážit tři hlavní faktory - nesprávný výběr způsobí problémy.

1. Vhodná velikost frézy pro daný průměr díry
2. Stoupání na otáčku
3. Rychlost posuvu

1. Volba průměru frézy pro danou velikost díry



Vhodná velikost (průměr) frézy je velmi důležitá v případě použití fréz, které nemají středové břity.

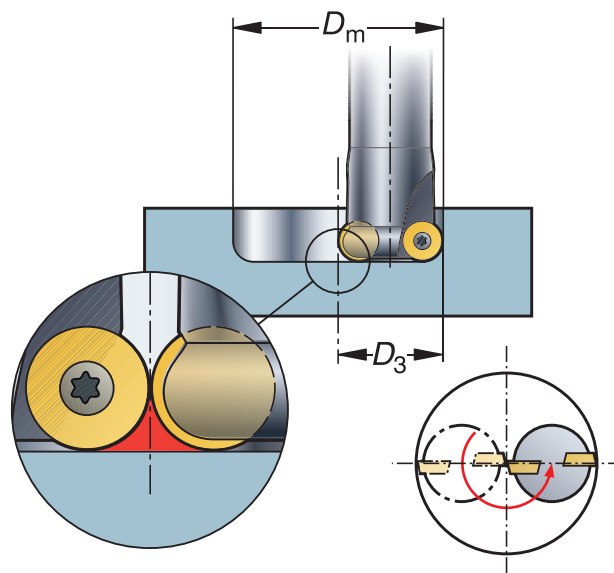
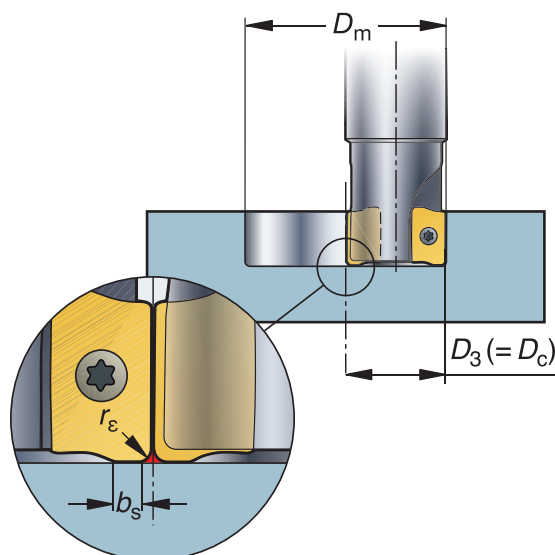
Průměr frézy rozhoduje o tom, zda břitové destičky řezou přes středovou osu díry.

Průměr frézy je příliš malý a v ose díry zůstává jádro - podobně jako při vrtání jádrovým vrtákem. To je přípustné pouze u značně velkých otvorů ('samčí díry'), ale jádro je nutné podepřít, jelikož se naklání.

Pokud je průměr frézy příliš velký, dráha břitové destičky neprochází osou díry a bude se tvořit výčnělek, který se střetne s čelem nástroje.

Maximální průměr díry

- Maximální průměr díry, D_m , který je možné vytvořit za jednu spojitou otáčku po spirále je $2 \times D_3$.
- Jde v podstatě o oboustranné frézování drážky, přičemž uprostřed slepé díry vzniká na dně výčnělek.
- Odstranění výčnělku a získání rovného dna se docílí posuvem nástroje přes střed dna.



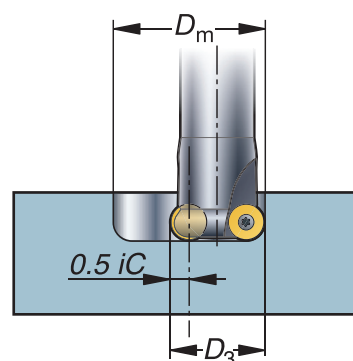
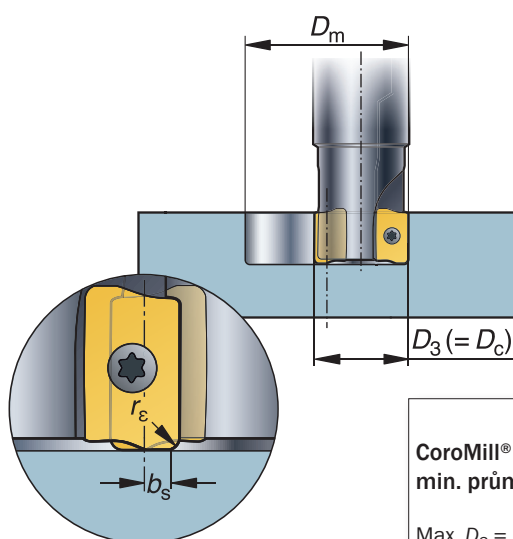
Max. průměr díry D_m

$$\text{Max. } D_m = D_3 \times 2$$

$$\text{Min. } D_3 = \frac{D_m}{2}$$

Minimální průměr rovného dna

- Pro zabezpečení toho, aby na dně slepé díry nezůstával výčnělek, je nutné posoudit velikost poloměru břitové destičky.
- Pokud je průměr frézy příliš velký, výčnělek není možné odstranit přejezdem frézy přes střed dna.
- U fréz CoroMill 390 je třeba k velikosti poloměru přičíst také délku hladícího břitu, b_s .



CoroMill® 390 –
min. průměr díry D_m

$$\text{Max. } D_3 = \frac{D_m}{2} + (r_e + b_s)$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - (r_e + b_s)) \times 2$$

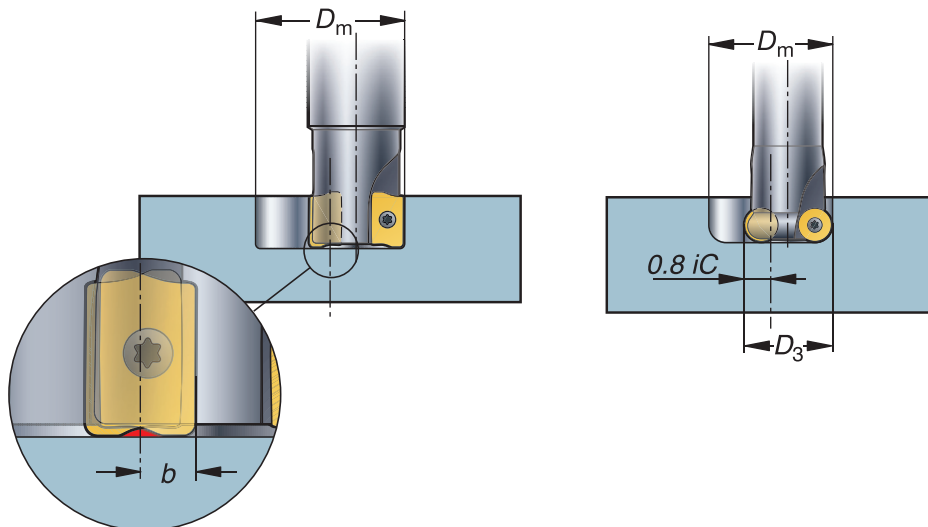
CoroMill® 300 –
min. průměr díry D_m

$$\text{Max. } D_3 = \frac{D_m}{2} + 0.5 \text{ iC}$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - 0.5 \text{ iC}) \times 2$$

Minimální průměr průchozí díry

- Minimální průměr, který ještě zaručuje, že nedojde ke kolizi tělesa frézy se dnem v důsledku toho, že záběr frézy neprochází přes střed díry.
- Hodnota b určuje maximální velikost přísuvu do záběru při ponorném frézování a je stejně velká je i v případě maximálního překrytí.
- Pro kruhové břitové destičky se, b vypočítá ze vztahu $b = 0.8 \times iC$.
- Výčnělek nelze odstranit.



CoroMill® 390 –
min. průměr díry D_m

$$\text{Max. } D_3 = \frac{D_m}{2} + b$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - b) \times 2$$

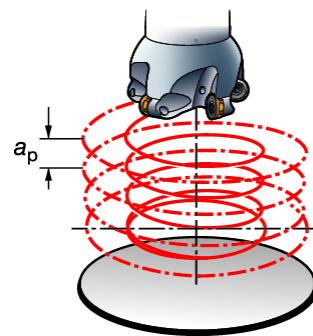
CoroMill® 300 –
min. průměr díry D_m

$$\text{Max. } D_3 = \frac{D_m}{2} + 0.8 \times iC$$

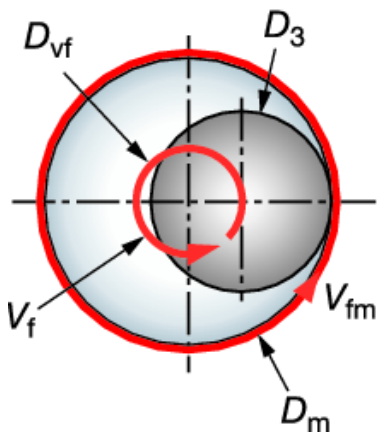
$$\text{Min. } D_m = (D_3 - 0.8 \times iC) \times 2$$

2. Stoupání

Stoupání nesmí být nikdy větší než je maximální hodnota a_p pro danou koncepci frézy a závisí na průměru díry, průměru frézy a na úhlu sestupu.



3. Rychlost posuvu



Velikost posuvu vždy závisí na hodnotě h_{ex} , která vzájemně koresponduje s obvodovou rychlostí posuvu, v_{fm} . Nicméně mnoho strojů vyžaduje zadání posuvu středu nástroje, v_f , který je třeba vypočítat ze vztahu:

$$f_z = h_{ex}$$

$$v_{fm} = n \times f_z \times Z_c$$

$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

D_{vf} = naprogramovaná dráha nástroje

Naprogramovaná rychlost posuvu:

v_{fm} = při použití korekce na poloměr

v_f = při použití posuvu středu nástroje

Zvětšení stávající díry

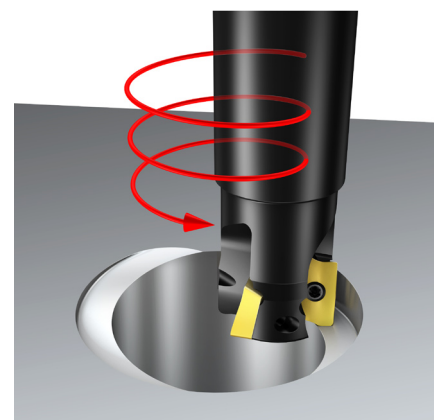
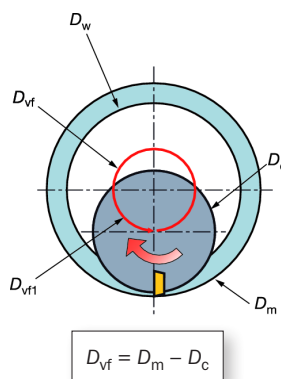
Zvětšení stávající díry je možné provést jak zahlubováním pomocí šroubovicové interpolace, tak i frézováním pomocí kruhové interpolace.

Postupné zahlubování kruhovou interpolací – 3-osé

- Konstantní úhel sestupu
- Žádné nájezdy ani výjezdy.
- Fréza je nepřetržitě v záběru.
- Postupné zahlubování – záběr čelem nástroje.

První volba:

- Hloubka díry je větší, než maximální hodnota a_p pro daný nástroj.
- Nejlepší kruhovitost a souosost díry.
- Aplikace citlivé na vibrace.

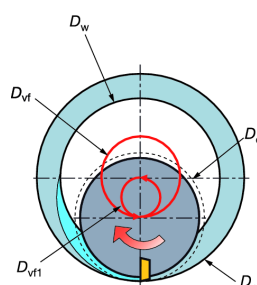


Frézování pomocí kruhové interpolace – 2-osé

- Konstantní Z.
- Nájezd a výjezd ze záběru na každé výškové úrovni.
- Je třeba naprogramovat odvalovací nájezd do záběru.
- Přesnost díry není tak dobrá jako v případě šroubovicové interpolace.
- Stupňovité stopy po každém průchodu

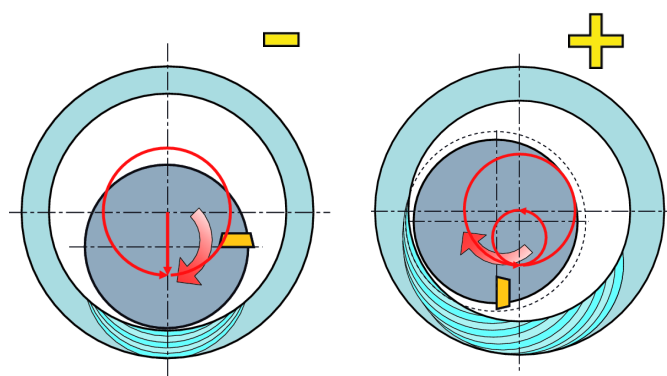
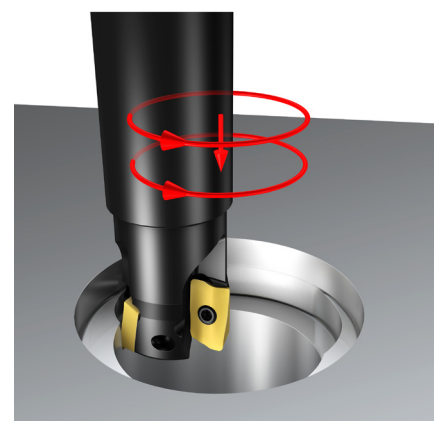
První volba:

- Naprogramujte dráhu nástroje delší, než odpovídá úhlu 360 stupňů, abyste zabránili vzniku stupňovitých stop.
- Je nutný pouze jediný průchod.
 - Fréza s předpoklady pro vysoké hodnoty a_p (CoroMill Plura, CoroMill 390 s dlouhými břity).
 - Mělká díra.
- V případě, že předpoklady pro postupné zahlubování jsou malé nebo žádné – dlouhý břit bez potřebné axiální opory.



$$D_{vf} = D_m - D_c$$

$$D_{vf1} = \frac{D_{vf}}{2}$$



Vstup do řezu – narolování do záběru zaručuje malou tloušťku třísky na výstupu z řezu. Malý úhel záběru přispívá k omezení vibrací a zaručuje vysokou produktivitu.

Výpočet posuvu

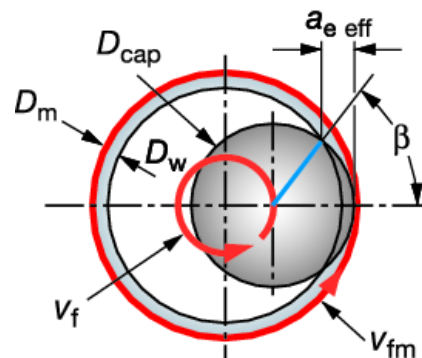
Rychlost posuvu je nutné snížit s ohledem na:

- Zvýšenou hodnotu a_e ve srovnání s obráběním s přímkou dráhou nástroje, což se projeví potlačením efektu ztenčení třísky.
- Posuv na obvodu nástroje je větší než posuv středu nástroje.
- Posuv je stanoven na základě D_{vf} .

$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin \beta}$$

$$v_{fm} = n \times f_z \times z_c$$

$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

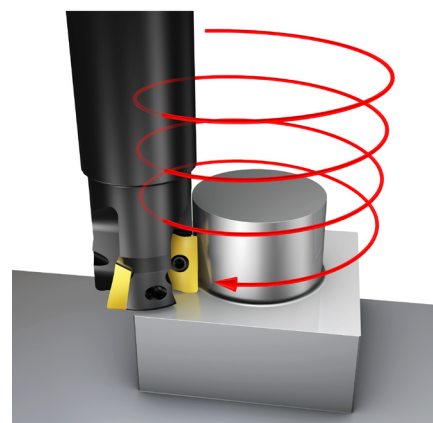


Vnější frézování/zahlubování s využitím kruhové/šroubovicové interpolace

Ve srovnání s vnitřním frézováním/zahlubováním s využitím kruhové/šroubovicové interpolace:

- Posuv středu nástroje, v_f , je třeba zvýšit namísto snížit.
- Radiální hloubka řezu, a_e , je při vnějším frézování významně nižší, proto je možné použít vyšší řezné rychlosti.
- h_{ex} se určuje stejným způsobem jako při frézování obrysů.
- Technika programování ale jinak zůstává velmi podobná, jako při vnitřním frézování děr.

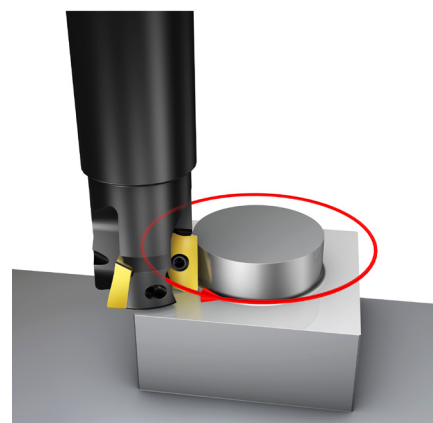
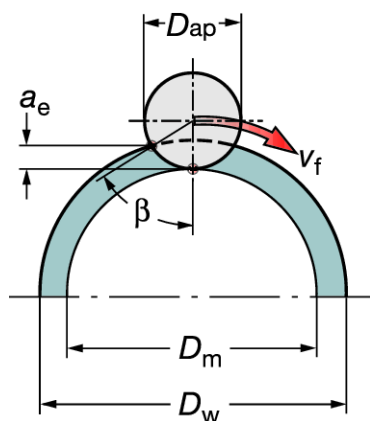
Detailní informace, způsoby výpočtů a výpočtové vztahy, viz Informace/Rejstřík, kapitola I.



Vnější postupné zahlubování pomocí šroubovicové interpolace (3-osé).

$$v_f = \frac{v_{fm} \times (D_m + D_{cap})}{D_m}$$

$$a_{e \text{ eff}} = \frac{D_w - D_m}{2}$$



Vnější frézování pomocí kruhové interpolace (2-osé).

Vytvoření/zvětšení dutiny nebo kapsy

Existují dvě hlavní strategie:

1. Postupné zahlubování pomocí šroubovicové interpolace (3-osé) – malá hodnota a_p

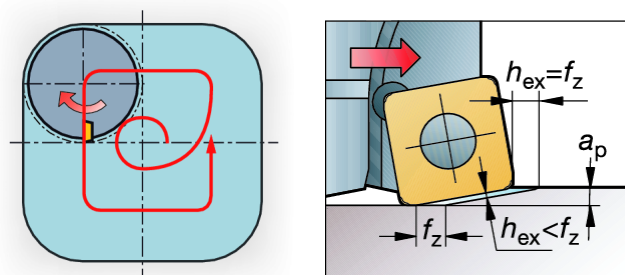
Používejte frézy s malým úhlem nastavení, CoroMill 210 nebo odpovídající frézy CoroMill 316 nebo CoroMill Plura pro vysoké rychlosti posuvu. Další alternativou jsou frézy s kruhovými břitovými destičkami. Více informací, viz Frézování s vysokými rychlostmi posuvu, strana D 60.

Tyto techniky, s "lehkým řezem a rychlým", umožňují dosahovat vynikajících rychlostí úběru kovu a jsou první volbou pro méně stabilní stroje (týká se ISO 40) a pokud dutina má členitý tvar, např. výroba forem a zápustek.

Poznámka: Za všech okolností se vyhýbejte obrábění proti stěnám osazení s úhlem 90° , protože pak dochází ke ztrátě efektu malého úhlu nastavení, čili hloubka řezu se prudce mění.

Řezné parametry:

- Maximální průměr frézy = $1.5 \times$ poloměr rohu součásti
- Postupné zahlubování pomocí šroubovicové interpolace – postup proti směru hodinových ručiček
- Odvalování do dalšího záběru
- Radiální záběr – max. $a_e = 70\% D_c$
- Axiální záběr u fréz s kruhovými břitovými destičkami $25\% iC$
- Poloměr dráhy nástroje v rozích = D_c
- V rozích snižte posuv, viz strana D 26.



Postupné zahlubování s dráhou nástroje jdoucí proti směru hodinových ručiček.

2. Frézování pomocí kruhové interpolace (2-osé) – velká hodnota a_p

Vyvrtejte díru a pak proveďte výměnu za stopkovou frézu pro frézování do rohu nebo frézu s dlouhými břity. Typickou oblastí použití je například obrábění titanu při výrobě součástí draků letadel.

Užitečné rady

Zajistěte dobré odvádění třísek, aby nedocházelo k přezávání/hromadění třísek:

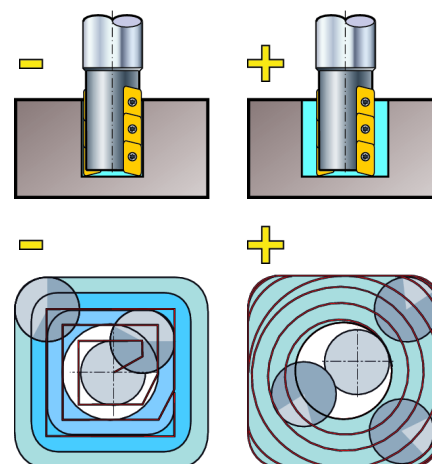
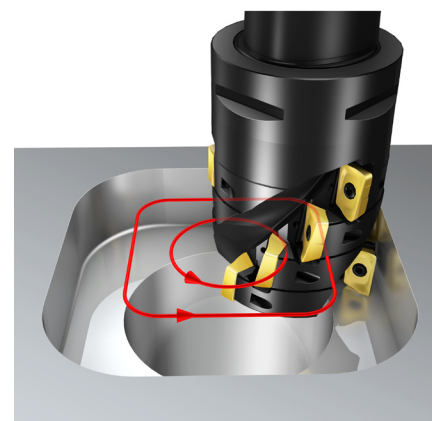
- Výhodnější je horizontální poloha vřetena (ISO 50).
- Používejte vysokotlaký přívod řezné kapaliny nebo přívod stlačeného vzduchu středem nástroje.
- D_c nemá být větší než 75% průměru díry. Používejte velké axiální hloubky řezu – maximální $a_p = 2 \times D_c$.

Zahájení řezu v předvrtané díře by mělo probíhat po kruhové dráze:

- Zkontrolujte velikost radiální šířky záběru, maximální hodnota a_e je 30% z hodnoty D_c .

Zkontrolujte velikost radiální šířky záběru z důvodu snížení vibrací při obrábění rohu na minimální úroveň a zvýšení produktivity na maximum:

- Používejte co největší možný poloměr dráhy nástroje v rozích - programování se spirálovým tvarem dráhy nástroje.
- Používejte největší možnou velikost D_c a provádějte odfrézování neodebrané vrstvy materiálu samostatně tak, aby výsledný tvar neměl poloměr větší, než $1.5 \times$ konečný poloměr rohu.



Malý poloměr rohu.

Pogramování se spirálovou dráhou nástroje.

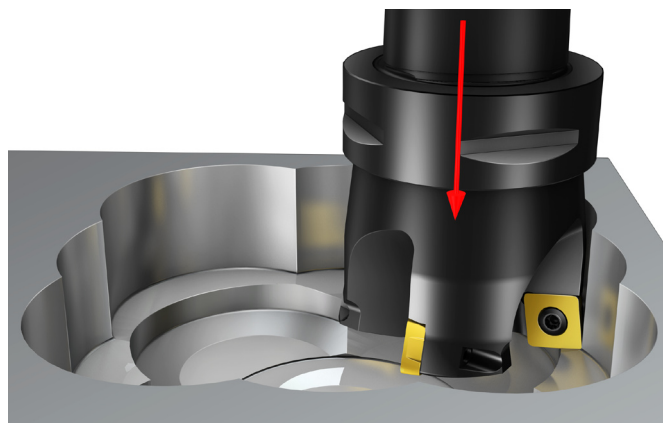
Ponorné frézování

Při ponorném frézování probíhá řez na čele nástroje namísto na obvodu, což je výhodné vzhledem ke změně charakteru řezných sil z převážně radiálních na axiální. Všeobecně lze říci, že ponorné frézování je alternativní metoda vhodná v případě, že frézování obvodem není možné použít vzhledem ke vzniku vibrací. Například:

- Pokud vyložení nástrojů přesahuje $4 \times D_c$
- V případě špatné stability
- Pro polodokončovací operace v rozích
- Pro obrábění obtížně obrobitelných materiálů, např. titanu.

Může představovat vhodnou alternativu v případě, že existují omezení z hlediska výkonu stroje nebo kroutícího momentu.

Poznámka: V případě příznivých podmínek se ponorné frézování nehodí jako první volba, vzhledem k nízkým rychlostem úběru kovu.










Volba nástrojů

Volba frézy vychází v první řadě z průměru. Fréza CoroMill 210 a fréza Coromant R215 pro ponorné frézování jsou nástroje určené speciálně pro ponorné frézování.

Ponorné vrtání

Až do průměru cca $D_c = 35$ mm může být efektivnější použití ponorného vrtání, viz Vrtání, kapitola E.

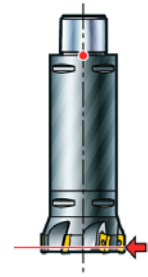
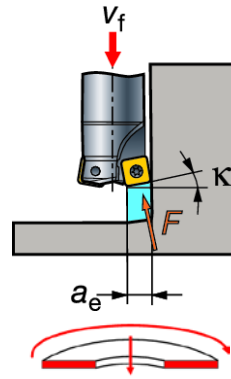
Koncepce	Oblast použití	Velikost VBD (mm)	Posuv na zub (mm) f_z	Max. hloubka záběru b	Rozsah průměrů fréz (mm) D_c
 CoroMill® 210	První volba pro hrubování s dlouhým vyložení nástroje	09 14	0.1 0.15	8 13	25 – 66 52 – 160
 Ponorná fréza Coromant R215	Náročné podmínky – velké průměry s velkým vyložení nástroje	25	0.15	22	80 – 160
 CoroMill® Plura	Malé hluboké rohové poloměry	–	0.05	100% D_c	1 – 25
 CoroMill® 316	Malé hluboké rohové poloměry	–	0.05	100% D_c	10 – 25
 CoroMill® 390		11 17	0.15	5.5 8.5	12 – 80 25 – 125
 CoroMill® 490		08	0.15	2 mm	20 – 125
 CoroMill® 300	Výroba drážek v obtížně obrobitelných materiálech	5 ~ 20	0.15	80% i_c	10 – 200

Metodické pokyny

Obráběcí proces

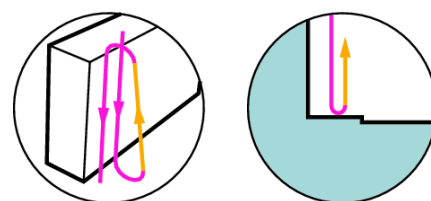
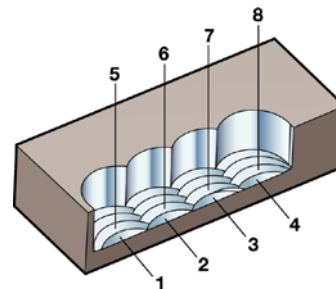
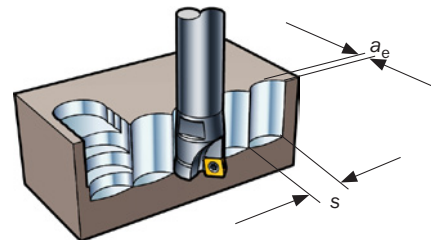
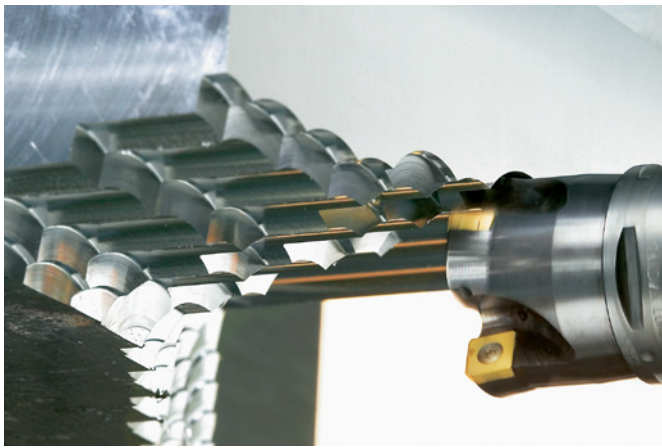
Ponorné frézování se významně odlišuje od tradičních metod frézování. Pro řez využívá čelo nástroje namísto jeho obvodu, což příznivým způsobem mění směr působení řezných sil z převážně radiálních na axiální. Lze jej přirovnat k vyvrtávací operaci s přerušovaným řezem.

Hlučnost i nároky na výkon stroje jsou nízké.



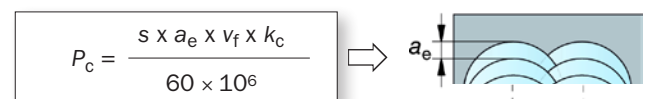
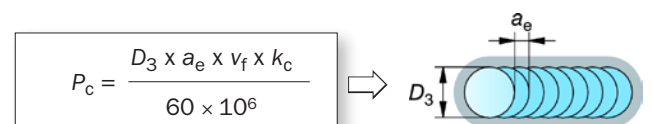
Ponorné frézování = vyvrtávání s přerušovaným řezem. Axiální řezné síly.

Tradiční způsoby frézování. Převážně radiální řezné síly.



— = programování posuvu stolu
— = přejezd rychloposuvem

Vyhýbejte se přejezdům po obrobené ploše a postupně snižujte velikost axiální hloubky řezu.



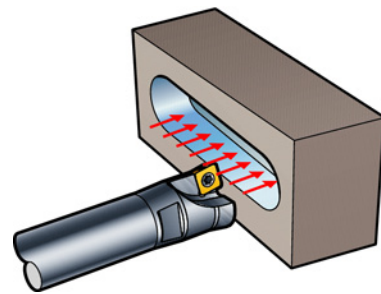
Výpočet potřebného výkonu.

Obecné rady

- Použití stroje s horizontální orientací vřetena napomáhá odvádění třísek.
 - Frézovat začněte v dolní části a postupujte směrem nahoru.
 - Použití řezné kapaliny nebo stlačeného vzduchu napomáhá lepšímu odvádění třísek.
 - V porovnání s tradičními metodami vyžaduje ponorné frézování použití menších velikostí posuvu na zub.
 - Zajistěte, aby v záběru byl vždy více než jeden zub.
 - Používejte frézy s velmi jemnou zubovou roztečí.
 - Používejte maximální možnou velikost a_e – v závislosti na velikosti VBD.
 - Pro přechod do další polohy (do strany) používejte hodnotu $s = 0.75 \times D_c$.
 - Abyste zamezili vibracím, postupně snižujte velikost hloubky ponoru nástroje.
 - Abyste při výjezdu nástroje ze záběru zabránili přejezdům po obrobené ploše, vždy použijte "programovací smyčky". Na konci záběru stáhněte nástroj o 1 mm směrem od stěny.
- Poznámka:** Vrtací cyklus se nedoporučuje vzhledem k přejezdům po obrobené ploše, které mohou způsobovat vibrace v průběhu stahování nástroje ze záběru.
- Vždy usilujte o to, aby přídavek pro následující dokončovací operaci byl co nejrovnoměrnější.

Drážky

- Ponorné frézování je efektivní technika pro obrábění hlubokých a úzkých drážek.
- Zásadní význam má dobré odvádění třísek. Horizontální uspořádání a použití řezné kapaliny nebo stlačeného vzduchu tomuto procesu napomáhá.
- Pro hluboké a úzké drážky je doporučeno použití vrtáku, jelikož lze dosáhnout nejlepšího možného utváření třísek a největší rychlosti postupu, viz kapitola E.



Dutiny/kapsy

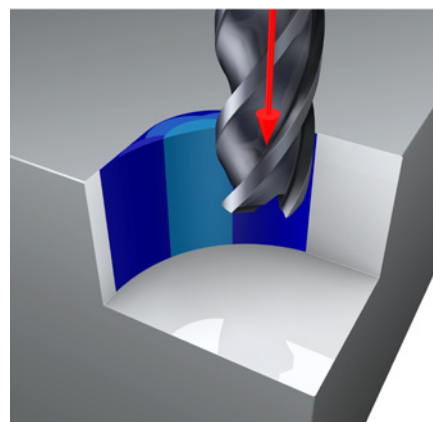
- Odvádění třísek představuje, stejně jako při frézování uzavřených drážek, kritický problém.
- Používejte horizontální uspořádání a řeznou kapalinu nebo stlačený vzduch.
- Odvádění třísek je možné dále zlepšit vyvrtáním co možná největší počáteční díry. Doporučuje se $1.5 \times D_c$.
- Při prvních dvou ponorech snižte rychlost posuvu.
- Postupujte do stran a snažte se vyhnout oboustrannému frézování drážek.



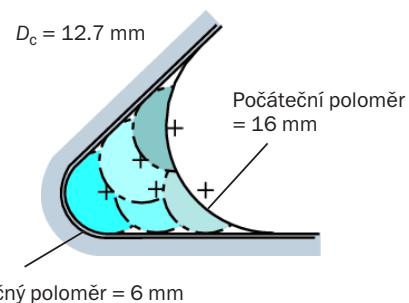
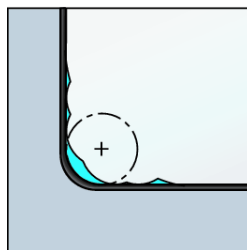
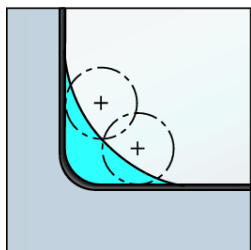
Rohy

Ponorné frézování neodebraného materiálu (odfrézování zbytkové vrstvy) následující po hrubovacích operacích v hlubokých 90° rozích může být velmi prospěšné.

Frézy CoroMill Plura, stopkové frézy CoroMill 390 nebo ponorné vrtáky Coromant U (viz Vrtání, kapitola E) jsou plně vyhovující. Vrták umožňuje vzdálenost jednotlivých řezů až 75% průměru nástroje, což může být výhodné v úzkých rozích.



Obrábění rohů

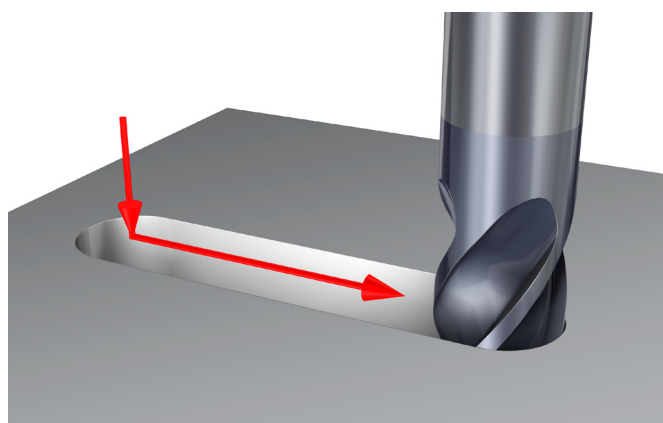


Zavrtávací frézování









Zavrtávací frézování představuje, pokud jde o vytvoření dutiny v celistvém materiálu, alternativu k postupnému zahlubování.

Bohužel je zapotřebí nepoměrně velký výkon, tvoří se dlouhé třísky a vznikají nežádoucí řezné síly působící na nástroj. Z tohoto důvodu je použití této metody vhodné pouze v případě, že:

- Stroj neumožňuje použití metody postupného zahlubování
- Obráběná drážka je uzavřená a velmi úzká.



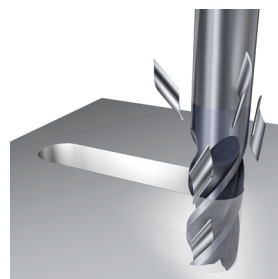
Volba nástrojů

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 390	CoroMill® 790
				
Max. hloubka vrtání	$0.9 \times D_c$	$0.55 \times D_c$	11: 1.0 mm 17: 1.5 mm	16: 1.1 mm 22: 1.2 mm
Průměr frézy (D_c), mm	2 – 25	10 – 25	12 – 40	25 – 100
Se středovými břity (vrtací)	Ano	Ano	Ne	Ne
Materiál				

Metodické pokyny

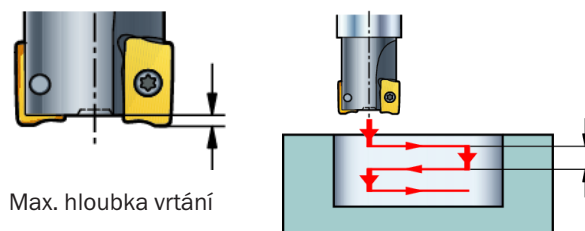
Frézy se středovými břity - vrtací frézy (stopkové vrtací frézy)

Vrtaná hloubka je u stopkových fréz se středovými břity omezena délkou drážek pro odvod třísek a také schopností odvádět třísky. Pro hlubší drážky používejte cyklus zavrtávání a rozšíření drážky. Při zavrtávání používejte nízké rychlosti posuvu: cca. 50% z hodnoty posuvu doporučeného pro frézování.



Frézování stopkovými frézami bez středových břitů

Frézy CoroMill 390 a 790 jsou stopkové frézy bez středových břitů, které je možné použít pro cyklus zavrtávacího frézování. Mějte na paměti, že hloubka zavrtání je velice omezená. Používejte frézy s hrubou roztečí s maximální velikostí zubové mezery.



Metody odřezávání tenkých vrstev

Tyto metody frézování byly původně vyvinuty pro hrubování a polodokončování obtížně obrobitelných materiálů, například tvrdých ocelí, ISO H, materiálů HRSA nebo ISO S, ale jejich použití je možné také pro ostatní materiály, zejména v aplikacích citlivých na vibrace.

Technika frézování je založena na využití malé radiální hloubky řezu, a_e , což má za následek, že:

- Vznikající radiální řezné síly jsou malé, kladou menší nároky na stabilitu a umožňují použití velkých hloubek řezu, a_p .
- To znamená, že v záběru je vždy jen jeden zub, což má vliv na snížení sklonů k vibracím.
- Díky zkrácení doby kontaktu dochází ke snížení množství tepla vznikajícího v místě řezu, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí.
- Tříska má velmi malou tloušťku, h_{ex} , ale vzniká při vysokých rychlostech posuvu, f_z .













Lze je rozdělit na:

- trochoidální frézování – používané přednostně pro frézování drážek.
- frézování metodou tenkých řezů – obvykle využívané pro polodokončování rohů.

Obě tyto metody odřezávání tenkých vrstev se osvědčily jako velice bezpečné a produktivní obráběcí postupy.



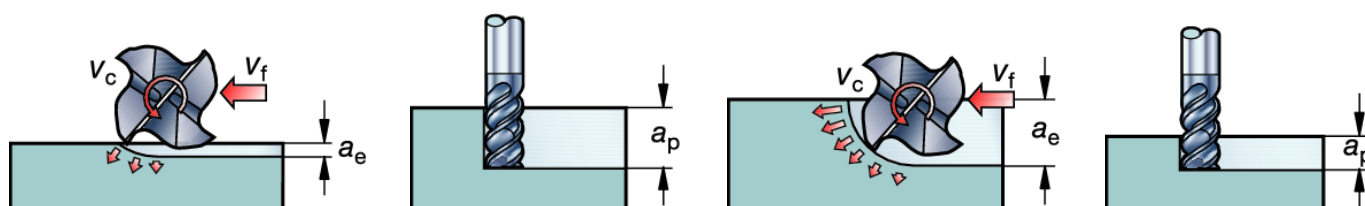
Volba nástrojů

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 490	CoroMill® 390	Fréza CoroMill® 390 s dlouhými břity	Fréza CoroMill® 690 s dlouhými břity
						
Max. hloubka řezu (a_p), mm	7.0 – 54.0	5.5 – 13.0	5.5	15.7	71.0	112.0
Průměr frézy (D_c), mm	2 – 25	10 – 25	20 – 66	12 – 40	32 – 200	50 – 100
Materiál						

Poznámka:

- Nejčastěji používanými nástroji pro operace s využitím techniky odřezávání tenkých vrstev jsou frézy CoroMill Plura.
- Pokud je hloubka řezu menší, alternativu představují frézy CoroMill 316, CoroMill 490 nebo CoroMill 390.
- Techniku odřezávání tenkých vrstev lze také použít společně s frézami s dlouhými břity, kde se kombinuje malá hodnota a_e s velkou a_p .

Metodické pokyny



Metody odřezávání tenkých vrstev využívají vyšších řezných rychlostí, v_c , a axiální hloubky řezu, a_p , ale pouze malé radiální šířky záběru, a_e , a hodnoty posuvu na zub, f_z . To je možné vzhledem k:

Parametr	Vliv	Výhoda
• Malá tloušťka třísky	• Nižší řezné síly/průhyb	• Větší axiální hloubky řezu
• Malý oblouk záběru	• Snížení teploty v místě řezu	• Vyšší řezné rychlosti

Trochoidální frézování

Oblast použití

Vynikající metoda pro frézování drážek v případě problémů s vibracemi; je ale vhodná také pro hrubovací frézování úzkých, uzavřených dutin, kapes a drážek.

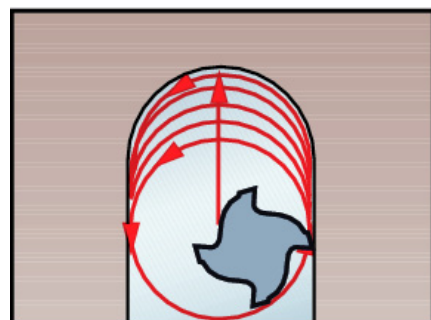
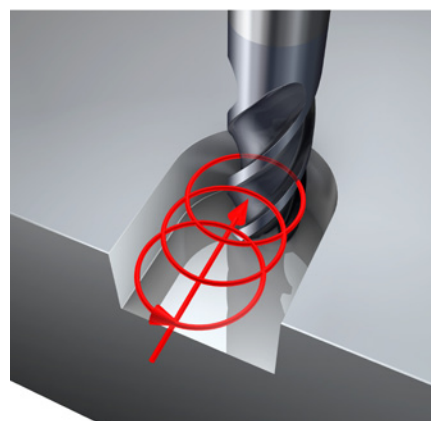
Definice

Trochoidální frézování je možné definovat jako frézování pomocí kruhové interpolace se současným posouváním vpřed. Fréza opakovaně odebírá "tenké plátky" materiálu, přičemž v radiálním směru neustále postupuje po spirálové dráze.

Je nutné použití speciálních technik programování a strojů splňujících potřebné předpoklady.

Dráha nástroje je naprogramována s odvalovacím nájezdem a výjezdem ze záběru, přičemž radiální rozteč, w , je udržována na nízké hodnotě, což přináší:

- Malé řezné síly v důsledku kontrolované délky oblouku záběru, což umožňuje použití velkých axiálních hloubek řezu.
- Je využívána celá délka ostří, což zajišťuje, že teplo a opotřebení mají rovnoměrně rozdělení a v důsledku toho je životnost nástroje delší, než v případě tradičních metod frézování drážek.
- Vzhledem k malé délce oblouku záběru se používají mnohobřité nástroje, tudíž je možné použití vysokých rychlostí posuvu stolu při spolehlivé životnosti nástroje.
- Maximální radiální hloubka řezu, a_e , by neměla přesáhnout 20% průměru frézy.



$$a_p \leq 2 \times D_c$$

a_e = malá

v_f = velká

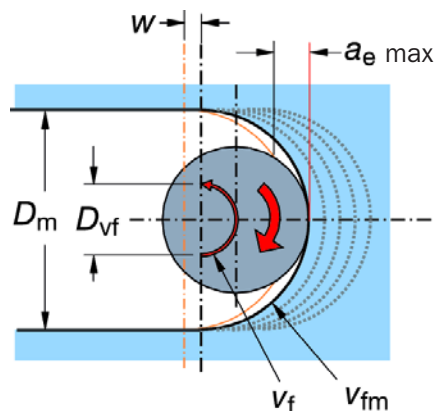
v_c = až 10-ti násobná ve srovnání s konvenčními metodami

Pro šířku drážky menší než $2 \times D_c$

Dráha nástroje je naprogramována s plynulou spirálovitou trajektorií, přičemž nástroj se posouvá v radiálním směru a vytváří drážku nebo profil. Posuv je konstantní, s plynule se měnící radiální hloubkou řezu. 50% času je nástroj mimo záběr.

Důležitá kritéria

- 1) Radiální hloubka řezu se konstantně mění a největší hloubka záběru je větší, než naprogramovaná velikost posuvu do řezu, w .
- 2) Je třeba zachovat poměr průměru frézy vůči šířce drážky menší, než 70% a velikost radiální rozteče, w , menší, než 10% z hodnoty D_c .
- 3) Rychlost posuvu je konstantní, ačkoli se rychlost posuvu středu nástroje, v_f , liší od rychlosti posuvu na obvodu, v_{fm} . Pokud je dráha nástroje naprogramována vzhledem k pohybu jeho středu, potom je třeba vypočítat velikost posuvu na obvodu.



Parametry obrábění

- Max. průměr frézy $D_c = 70\%$ šířky drážky
- Posuv do řezu $w = \max. 10\% D_c$
- Max. radiální hloubka řezu. $a_e = 20\% D_c$
- Axiální hloubka řezu $a_p = \text{až } 2 \times D_c$
- Počáteční rychlost posuvu na zub $f_z = 0.1 \text{ mm}$

$$v_{fm} = n \times f_z \times z_n$$

$$D_{vf} = D_m - D_c$$

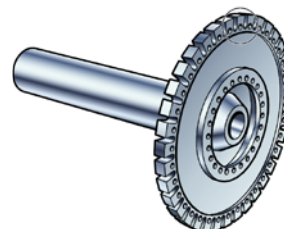
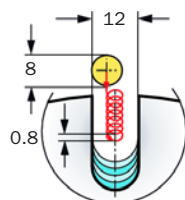
$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

Vypočítejte programovaný posuv v_f

Příklady obrábění s využitím trochoidálního frézování

1 – Úzká drážka – Inconel 718 (44HRC)

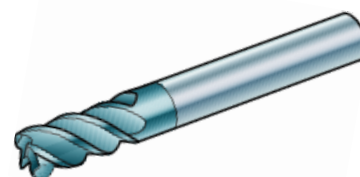
Počet drážek/součást	24
Šířka	12 mm
Délka	25 mm
Hloubka	16 mm
Životnost nástroje	10 drážek
Čas/drážka	1'35"



Nástroj – R216.24-08050-EAK 19P 1620

Hloubka řezu	a_p	16 mm	Průměr dráhy středu nástroje	D_{vf}	4 mm
Průměr frézy	D_c	8 mm	Posuv do záběru	w	0.67 mm
Počet zubů	z_n	4	Posuv na zub	f_z	0.09 mm
Řezná rychlost	v_c	75 m/min	Posuv na obvodu	v_{fm}	1047 mm/min
Otáčky vřetena	n	2984 ot/min	Posuv středu nástroje	v_f	349 mm/min

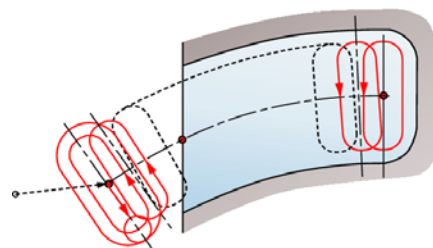
Trochoidální frézování umožňuje mnohem větší spolehlivost obráběcího procesu, než tradiční metody frézování drážek nebo ponorné frézování. Životnost nástrojů je vyšší a náklady na nástroje naopak nižší, jelikož např. frézu o průměru 8 mm je možné nahradit frézou o průměru 12 mm.



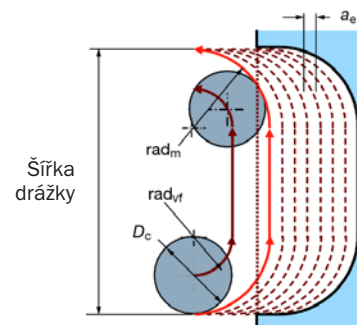
Pro šířku drážky větší než $2 \times D_c$

Spojitou spirálovou dráhu, například takovou, jaká je programována v případě úzkých drážek, kde 50% času není nástroj v záběru, je možné optimalizovat spolu s tím, jak se šířka drážky zvyšuje:

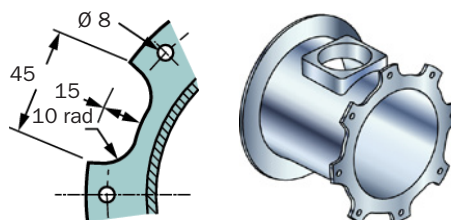
1. Odvalovací nájezd do záběru – programovaný poloměr (rad_m) = 50% z hodnoty D_c .
2. Úsek G1 s hodnotou $a_e = 0.1 \times D_c$.
3. Odvalovací výstup ze záběru – programovaný poloměr (rad_m) = 50% z hodnoty D_c .
4. Rychlý přesun do další výchozí pozice.
5. Opakovaný cyklus.

**Parametry obrábění**

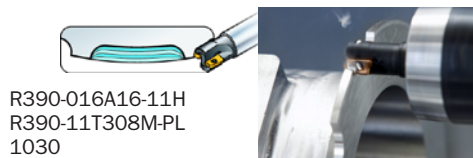
- Radiální hloubka řezu
 - CoroMill Plura $a_e = 10\% D_c$
 - CoroMill 390/490 $a_e = 20\% D_c$
- Axiální hloubka řezu $a_p = až 2 \times D_c$
- Počáteční hodnota posuvu na zub $f_z = 0.1 \text{ mm}$
- Posuv po radiální části dráhy $rad_{fv} = 0.5 \times G1$

**2 – Široká drážka – Vytváření reliéfu**

Počet drážek na součást	8
Šířka	45 mm
Hloubka	16 mm
Tloušťka	4 mm



Nástroj 1 – CoroMill 390 – Ø 16 mm



R390-016A16-11H
R390-11T308M-PL
1030

Nástroj 2 – CoroMill Plura – Ø 12 mm



R216.24-12050AK26P
1620

a) Korozivzdorná ocel 316

Nástroj	Poloměr, D_c mm	z_n	v_c m/min	n ot/min	f_z mm	v_f mm/min	a_p mm	a_e mm	Q cm ³ /min	Čas min+sec
CoroMill 390	16	2	200	3978	0.15	1194	5	2	11.9	0'25"
CoroMill Plura	12	4	170	4509	0.06	1082	5	1	5.4	1'00"

**b) HRSA – Inconel 718 (44 HRC)**

Nástroj	Poloměr, D_c mm	z_n	v_c m/min	n ot/min	f_z mm	v_f mm/min	a_p mm	a_e mm	Q cm ³ /min	Čas min+sec
CoroMill 390	16	2	30	597	0.10	119	5	2	1.2	2'45"
CoroMill Plura	12	4	75	1989	0.08	637	5	1	3.2	1'15"

**CoroMill® 390 vs CoroMill® Plura**

- Korozivzdorná ocel – CoroMill 390 umožňuje nejrychlejší čas – o 140% rychlejší než CoroMill Plura. V korozivzdorné oceli fréza CoroMill 390 pracovala bez "nalepování" nebo hromadění materiálu v drážkách pro odvod třísek, tak bylo možné připustit větší radiální záběr nástroje, a_e , a vyšší rychlost posuvu na zub, f_z , než u frézy CoroMill Plura.
- HRSA – fréza CoroMill Plura byla o 120% rychlejší než CoroMill 390. V tvrdší žárovzdorné slitině HRSA umožňuje vyšší počet zubů a velký úhel stoupání šroubovice frézy CoroMill dosáhnout mnohem větší plynulosti celé operace.

Metody odřezávání tenkých vrstev – frézování rohů

Aplikační oblast

Frézování metodou tenkých řezů je polodokončovací technika obrábění, která se uplatňuje při frézování rohů, kam větší nástroj použitý pro předchozí operaci nemohl dosáhnout.

Definice

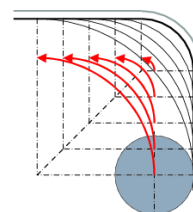
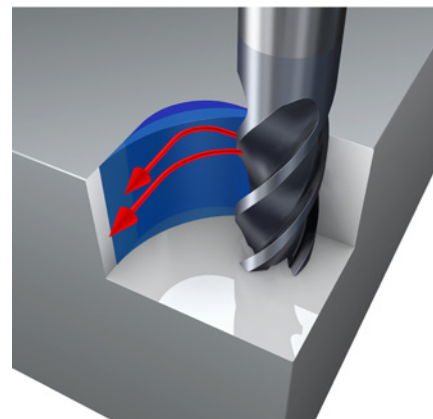
Na rozdíl od trochoidálního frézování není nutný odvalovací nájezd nebo výjezd z řezu, jelikož radiální hloubka řezu narůstá od nuly do maxima uprostřed a potom opět klesá zpátky k nule.

Vícenásobné průchody umožňují postupné odebírání materiálu, je zajištěna trvale nízká hodnota radiálního zanoření/úhlu záběru a nízké řezné síly.

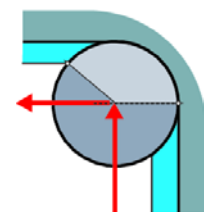
Důležitá kritéria:

Snížení rychlosti posuvu v rozích:

- Jako při každém konturování poloměru rohu, kdy se používá rychlost posuvu středu nástroje, v_f , rychlost posuvu je třeba snížit v závislosti na rychlosti posuvu na obvodu nástroje, v_{fm} , aby byla zachována konstantní velikost posuvu na zub.
- V závislosti na poměru průměru frézy k poloměru rohu se ve srovnání s frézováním po přímé dráze může stát, že hloubka řezu dosáhne příliš vysoké hodnoty, která již neumožňuje použití stejné velké hodnoty posuvu.
- Nicméně, poměr mezi programovaným poloměrem dráhy nástroje, D_{vf} , a poloměrem díry, D_m , konstantně narůstá směrem ke konečnému poloměru rohu; to znamená, že rychlost posuvu je třeba pro každý průchod postupně snižovat.
- Obráběcí proces se stává nestabilním a objevují se vibrace.
- s ohledem na úspěšnost frézování vnitřních rohů má zásadní důležitost použití obráběcích strojů s dobrou dynamickou stabilitou a kontrolovaným snížením rychlosti posuvu středu nástroje.



Frézování metodou tenkých řezů

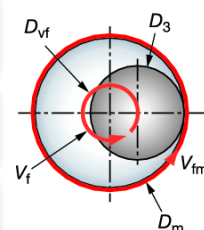


Konvenční

$$v_{fm} = n \times f_z \times z_n$$

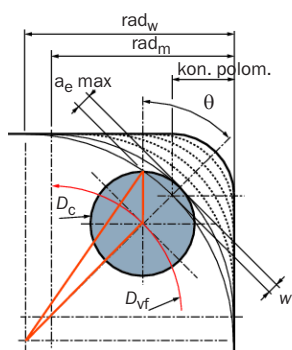
$$D_{vf} = D_m - D_c$$

$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

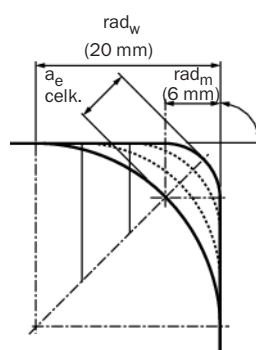
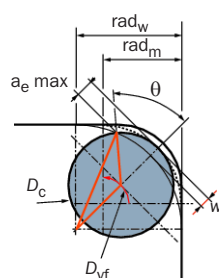


D_{vf} a v_f se pro jednotlivé průchody musí postupně snižovat

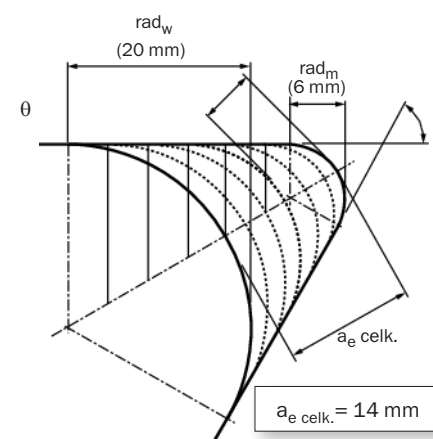
Úhel rohu



w = radiální posuv do záběru
 rad_m = konečný poloměr na součásti
 rad_w = počáteční poloměr na součásti



$a_e \text{ celk.} = 5.8 \text{ mm}$



$a_e \text{ celk.} = 14 \text{ mm}$

Parametry obrábění

Charakteristické hodnoty pro CoroMill Plura R216.24-xxx50-xxK xxP

- Maximální průměr frézy $D_c = 1.75 \times rad_m$
- Radiální posuv do záběru $w = 10\% D_c$
- Velká axiální hloubka řezu $a_p = a_z 2 \times D_c$
- Počáteční hodnota posuvu na zub $f_z = 0.1 \text{ mm}$
- Řezná rychlost – přibližně 3-6 krát vyšší než je běžně doporučovaná hodnota.

Počet průchodů se při stejných hodnotách počátečního a konečného poloměru rohu značně liší v závislosti na úhlu rohu. Pro úhly rohů menší než 60° může představovat dobré řešení použití ponorného frézování pomocí frézy CoroMill 390 nebo ponorného vrtáku, viz strana D 118.

Uzavřené dutiny/rohy

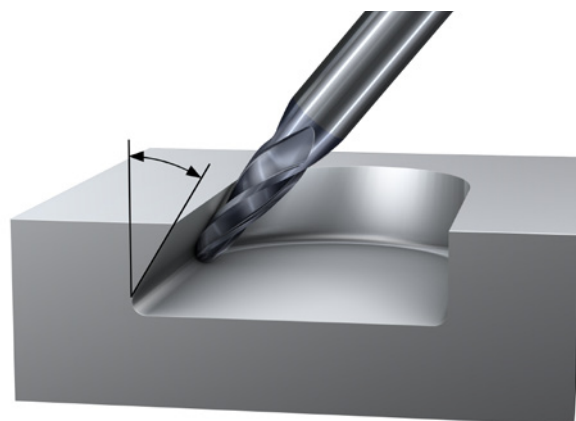
Uzavřené rohy s úhlem menším než 90 stupňů jsou při obrábění dutin a kapes častým prvkem obráběných součástí. Pro obrábění uzavřených rohů je nutné použití 4- nebo 5-osých obráběcích strojů.

4-osé:



Jestliže uzavřený úhel má pouze jedna strana dutiny a profil dna je rovný.

5-osé:

Pokud se jedná o roh s uzavřeným úhlem na obou stranách. Pokud součástí profilu dna je poloměr.



Volba nástrojů

	CoroMill® Plura
	
Max. hloubka řezu (a_p), mm	10.0 – 45.0
Průměr frézy (D_c), mm	3.8 – 15.18
Materiál	



Jedním z příkladů frézování uzavřených rohů jsou oběžná kola turbín.

Metodické pokyny

Doporučené způsoby obrábění

- Obrábění poloměru rohu předchází frézování bočních stěn, ke kterému je z hlediska dosažení nejvyšší stability žádoucí použít stopkové frézy pro frézování do rohu.
- Poloměr rohu se obrábí pomocí stopkových fréz s kulovým čelem.



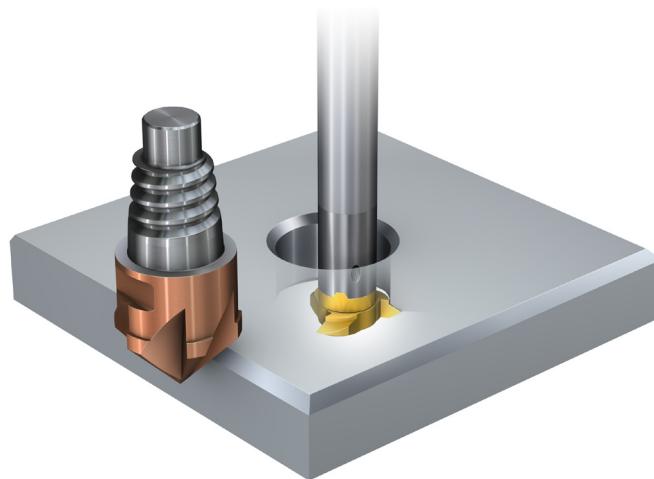
S ohledem na dosažení co nejvyšší stability, používejte při obrábění bočních stěn stopkové frézy pro frézování do rohu.



Dokončovací obrábění poloměru rohu je možné provádět pomocí kuželových stopkových fréz s kulovým čelem.




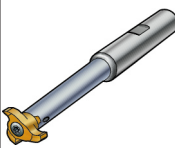
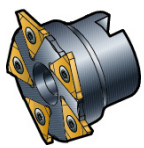







Srážení hran

Mezi nejčastější operace patří srážení hran, frézování V-drážek, frézování odlehčení, příprava ploch pro svařování a odstraňování otřepů na hranách obrobků. V závislosti na typu obráběcího stroje a jeho uspořádání je tyto operace možné provádět celou řadou způsobů. Je možné použít malé čelní frézy, frézy s dlouhými břity, stopkové frézy nebo speciální frézy pro srážení hran.



Volba nástrojů

Speciální frézy pro srážení hran

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroTurn® XS	CoroMill® 327	CoroMill® 328	U-Max
						
Úhel nastavení (stupňů)	30, 45, 60	15, 30, 45, 60	30	45, 60	60	45, 60
Max. velikost srážené hrany	7.4	6.5	0.6	1.7	1.8	7.9
Min. průměr díry při zpětném srážení hran (mm)	–	–	6	12	40	27
Materiál						

Alternativní frézy pro srážení hran

Na 4- a 5-osých obráběcích strojích, kde je možné naklonění vřetena nebo obrobku, lze pro srážení hran a odstraňování otřepů použít velké množství různých nástrojů, jako například:

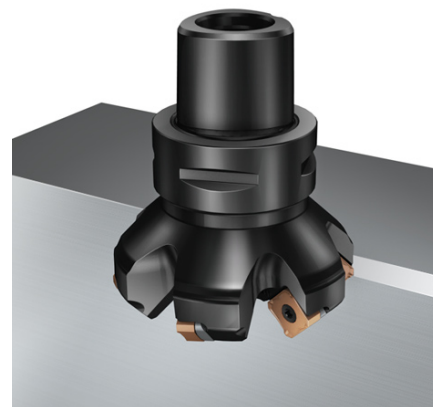
- Stopkové frézy s úhlem nastavení 90 stupňů, jako například CoroMill Plura, CoroMill 316, CoroMill 390, CoroMill 490, CoroMill 790
- Čelní frézy s úhlem nastavení 45 stupňů, jako například CoroMill 245 nebo CoroMill 345
- Pro velké šířky zkosených hran je možné použít frézy s dlouhými břity.



Metodické pokyny

Řezné podmínky

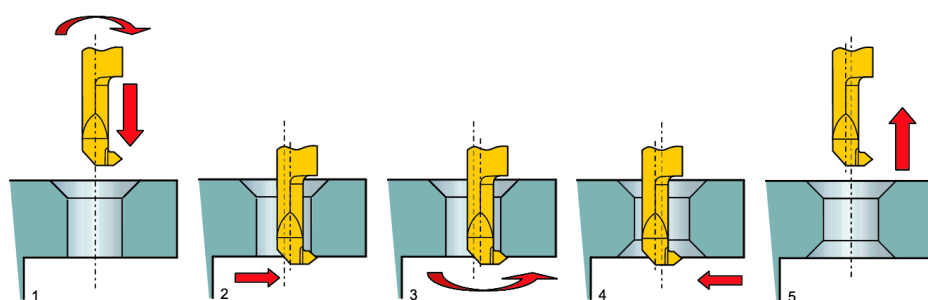
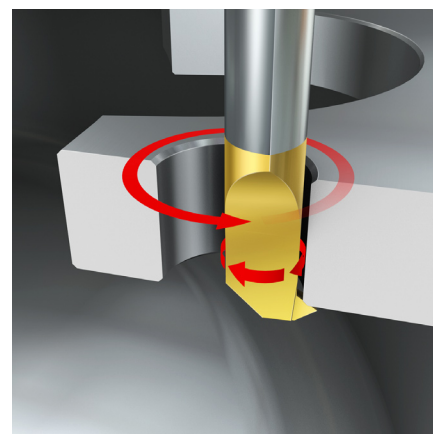
Hloubka řezu, a_p , a šířka záběru, a_e , jsou obvykle malé ve srovnání průměrem frézy. To znamená, že pro malou hloubku záběru je možné použití větších řezných rychlostí. Rovněž posuv na zub, f_z , je možné významným způsobem zvýšit, viz strana D 21. Požadavky na strukturu obrobeneho povrchu představují omezení pro f_z .



Srážení hran u otvorů

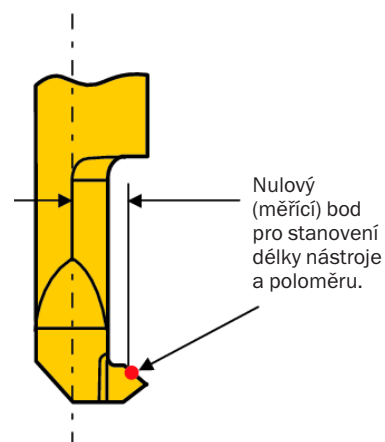
Srážení hran otvorů po dokončení závitorezné operace je v případě fréz CoroMill 327, CoroMill 328 a nástrojů CoroTurn XS, možné provádět s využitím stejného nástroje a břitové destičky.

Provádí se s využitím kruhové dráhy nástroje, viz níže uvedený programovací cyklus.



1. Nastavte nástroj do středové osy předvrtané díry, přičemž nástroj musí rotovat, a potom jej posuňte v axiálním směru do úrovně čelní plochy (Z = tloušťka příruby – velikost srážené hrany).
2. Posouvejte nástroj do záběru s příslušnou korekcí na poloměr (Y = poloměr díry).

3. Provedte interpolaci o 360°
4. Posuňte nástroj zpět do osy díry
5. Stáhněte nástroj zpět

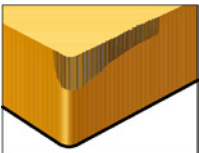
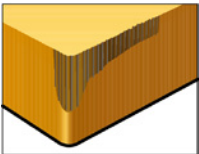
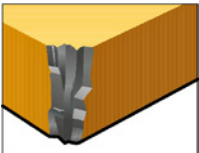
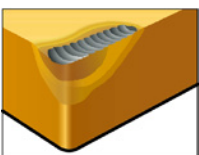
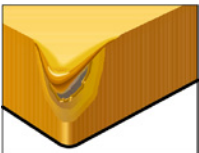


Poznámka: Nastavení velikosti srážené hrany provádějte změnou polohy v ose Z (neprovádějte nastavení průměru, jelikož může docházet k drhnutí nástroje o povrch díry).

Řešení problémů

Opotřebení nástroje

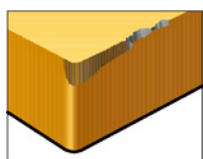
Zkontrolujte břit, proveďte rozbor opotřebení a na základě zjištěných výsledků optimalizaci řezných podmínek.

Příčina	Řešení
Opotřebení hřbetu  <p>Rychlé opotřebení, které způsobuje špatnou kvalitu obrobené plochy nebo nedodržení tolerancí.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Řezná rychlost je příliš vysoká • Nedostatečná odolnost proti otěru • Posuv, f_z, je příliš vysoký 	<ul style="list-style-type: none"> • Snížení řezné rychlosti, v_c • Zvolte třídu odolnější proti otěru • Zvýšení posuvu, f_z
 <p>Nadměrné opotřebení otěrem způsobující krátkou životnost nástroje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vibrace • Přerézávání třísek • Tvorba otřepů na součásti • Špatná kvalita obrobené plochy • Vývin tepla • Nadměrná hlučnost 	<ul style="list-style-type: none"> • Zvýšení posuvu, f_z • Sousedné frézování • Efektivní odvádění třísek pomocí stlačeného vzduchu • Zkontrolujte doporučené řezné podmínky
 <p>Nerovnoměrné opotřebení způsobující poškození rohů.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Házení nástroje • Vibrace • Krátká životnost nástroje • Špatná kvalita obrobené plochy • Vysoká hlučnost • Příliš vysoké radiální řezné síly 	<ul style="list-style-type: none"> • Snižte velikost házení pod 0.02 mm • Zkontrolujte sklíčidlo a kleštinu • Snižte vyložení nástroje • Menší počet zubů v záběru • Větší průměr nástroje • U fréz CoroMill Plura a CoroMill 316 zvolte geometrii s větším úhlem stoupání šroubovice. ($g_p > 45^\circ$) • Rozdělte axiální hloubku řezu, a_p, do více průchodů • Snižte posuvu, f_z • Snižte řezné rychlosti v_c • Vysokorychlostní obrábění s využitím malých hloubek řezu • Zlepšete kvalitu upnutí nástroje a obrobku
Opotřebení ve tvaru žlábků  <p>Nadměrné opotřebení způsobující zeslabení břitu. Poškození vedlejšího břitu je příčinou špatné kvality obrobené plochy.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opotřebení difuzním otěrem v důsledku příliš vysokých teplot působících na čele nástroje 	<ul style="list-style-type: none"> • Zvolte třídu s povlakem z Al_2O_3 • Zvolte pozitivní geometrii břitové destičky. • Nejprve snižte řeznou rychlost z důvodu snížení teploty v místě řezu, potom teprve snižte posuv
Plastická deformace  <p>Plastická deformace, stlačení břitu nebo vtlačení hřbetu má za následek špatnou kontrolu utváření třísky, špatnou kvalitu obrobené plochy nebo lom VBD.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teplota a tlak v místě řezu jsou příliš vysoké 	<ul style="list-style-type: none"> • Zvolte třídu odolnější proti otěru (tvrdší) • Snižte řeznou rychlost, v_c • Snižte posuv, f_z

Příčina

Řešení

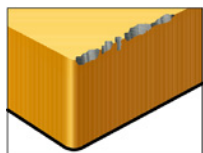
Vylamování břitu



Část ostří, která není v záběru je poškozována zasékáním třísek. Poškozena může být jak čelní strana, tak i dosedací plocha břitové destičky, což má za následek nevyhovující strukturu obrobeneho povrchu a nadměrné opotřebení hřbetu.

- Třísky se stáčí proti ostří VBD

- Zvolte houževnatější třídu
- Zvolte VBD s odolnějším břitem
- Zvyšte řeznou rychlost, v_c
- Zvolte pozitivní geometrii
- Na začátku řezu snižte posuv
- Zlepšete stabilitu

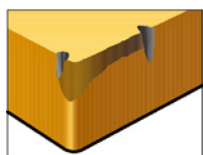


Malé trhliny v ostří VBD (vylamování břitu) způsobují špatnou kvalitu obrobene plochy a nadměrné opotřebení hřbetu.

- Příliš křehká třída
- Geometrie břitové destičky je příliš slabá
- Tvorba nárůstku na břitu

- Zvolte houževnatější třídu
- Zvolte VBD s odolnější geometrií
- Zvyšte řeznou rychlost, v_c , nebo zvolte pozitivní geometrii
- Na začátku řezu snižte rychlost posuvu

Opotřebení ve tvaru vrubu

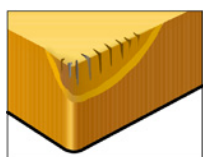


Opotřebení ve tvaru vrubu s sebou přináší špatnou kvalitu obrobene plochy a nebezpečí poškození břitu.

- Deformačně zpevňující materiály
- Kůra a okuje

- Snižte řeznou rychlost, v_c
- Zvolte houževnatější třídu
- Zvyšte řeznou rychlost, v_c

Tepelné trhliny



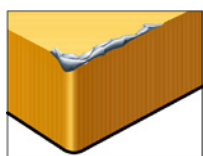
Malé trhliny kolmé na ostří způsobují vylamování břitu a špatnou kvalitu obrobene plochy.

Tepelné trhliny způsobené kolísáním teploty, ke kterému dochází v důsledku:

- Obrábění s přerušovaným řezem
- Kolísání přívodu řezné kapaliny

- Zvolte houževnatější třídu s vyšší odolností proti tepelným rázům
- Řeznou kapalinu je třeba přivádět v dostatečném množství nebo raději vůbec, podrobnější informace viz Jak postupovat, strana D 28.

Tvorba nárůstku na břitu (B.U.E)



Tvorba nárůstku na břitu způsobuje špatnou kvalitu obrobeneho povrchu a vylamování břitu v okamžiku, kdy dochází k oddělení nárůstku.

- Teplota v místě řezu je příliš nízká.
- Materiály velice snadno ulpívající na břitu, například nízkouhlikové oceli, korozivzdorné oceli nebo hliník.

- Zvyšte řeznou rychlost
- Použijte vhodnější geometrii VBD

K navařování materiálu obrobku na břit dochází v důsledku:

- Nízké řezné rychlosti, v_c
- Nízkého posuvu, f_z
- Negativní geometrie břitu
- Špatné kvality obrobeneho povrchu

- Zvyšte řeznou rychlost, v_c
- Zvyšte posuv, f_z
- Zvolte pozitivní geometrii
- Použijte olejovou mlhu nebo řeznou kapalinu

Příčina

Řešení

Vibrace

(viz také Jak postupovat, strana D 30)



- Nedostatečná tuhost upínacího přípravku

- Špatná tuhost obrobku v axiálním směru

- Příliš velké vyložení nástroje

- Frézování pravoúhlého osazení při malé tuhosti vřetena

- Nerovnoměrný posuv stolu

- Řezné podmínky

- Špatná stabilita

- Vibrace v rozích

- Posuďte směr řezných sil a zajistěte potřebnou oporu nebo vhodným způsobem upravte upínací přípravek
- Snižte řezné síly zmenšením velikosti hloubky řezu, a_p
- Použijte frézu s hrubou zubovou roztečí a nerovnoměrným rozdělením zubů a s pozitivnějším záběrem bříty
- Použijte geometrii -L, malý poloměr rohu a malý paralelní zábřít.
- Zvolte jemnozrnnou nepovlakovanou třídu, nebo VBD s tenčím povlakem
- Vyhýbejte se obrábění s nedostatečnou oporou obrobku proti působení řezných sil

- Zhodnoťte možnosti použití fréz pro frézování do rohu (úhel nastavení 90°) s pozitivní geometrií
- Použijte VBD s geometrií -L
- Snižte velikost axiálních řezných sil – použijte menší hloubku řezu, menší poloměr rohu a menší paralelní zábřít
- Zvolte frézu s hrubou zubovou roztečí s nerovnoměrným rozdělením zubů
- Zkontrolujte opotřebení nástroje
- Zkontrolujte házení nástrojového držáku
- Zajistěte lepší upnutí nástroje

- Snižte vyložení nástroje na minimum
- Použijte frézy s hrubou roztečí s nerovnoměrným rozdělením zubů
- Udržujte v rovnováze rozdělení radiálních a axiálních řezných sil – úhel nastavení 45 stupňů, velký poloměr rohů nebo kruhové břitové destičky
- Zvyšte posuv na zub
- Použijte geometrii VBD s lehkým řezem – L/M
- Snižte axiální hloubku řezu, a_p
- Pro dokončování použijte nesousledné frézování
- Používejte frézy s odsazenou stopkou a adaptéry se spojkou Coromant Capto
- U fréz CoroMill Plura a CoroMill 316 zkuste použít nástroj s menším počtem zubů a/nebo s větším úhlem stoupání šroubovice

- Zvolte co nejmenší průměr frézy
- Použijte pozitivní koncepci frézy a pozitivní břitové destičky s lehkým řezem
- Zkuste použít nesousledné frézování
- Zkontrolujte průhyb vřetena a posuďte, zda je pro daný typ stroje vyhovující

- Zkuste použít nesousledné frézování
- Odstraňte vůle posuvového mechanismu stroje: na CNC strojích seřídte posuvový šroub. Na konvenčních strojích seřídte aretační šroub nebo vyměňte kuličkový šroub.

- Snižte řeznou rychlost, v_c
- Zvyšte posuv, f_z
- Změňte hloubku řezu, a_p

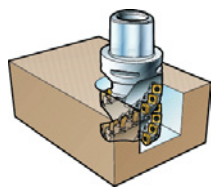
- Snížení vyložení nástroje
- Lepší stabilita

- Naprogramujte dráhu nástroje s větším poloměrem rohu a sníženou rychlostí posuvu

Příčina

Řešení

Hromadění třísek

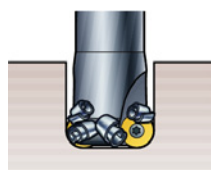


Častý problém při frézování drážek do plného materiálu – zejména v případě materiálů tvořících dlouhou třísku

- Poškození rohů břitové destičky
- Vylamování břitu a celkový lom
- Přezávání třísek

- Usonadněte odvádění třísek použitím dostatečného množství řezné kapaliny nebo stlačeného vzduchu a jejich správným nasměrováním
- Snižte posuv, f_z
- Rozdělte hloubku řezu do několika průchoďů
- Pro hluboké drážky zkuste použít nesousledné frézování
- Použijte frézy s hrubou zubovou roztečí
- Použijte frézy CoroMill Plura nebo CoroMill 316 s maximálně dvěma nebo třemi břitmi a/nebo s větším úhlem stoupání šroubovice

Přezávání třísek

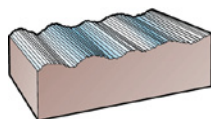


Vyskytuje se při frézování drážek do plného materiálu a obrábění dutin – zvláště při obrábění titanu. Časté také při frézování hlubokých dutin a kapes na strojích s vertikálním uspořádáním

- Lom břitu
- Velice škodlivé pro životnost nástroje a pro spolehlivost procesu
- Hromadění třísek

- Zajistěte efektivní odvádění třísek pomocí stlačeného vzduchu nebo podáváním dostatečného množství řezné kapaliny – přednostně přiváděné středem nástroje
- Změňte polohu frézy a strategii programování
- Snižte posuv, f_z
- Velké hloubky řezu rozdělte do několika posuvů

Neuspokojivá kvalita obrobeného povrchu



- Příliš vysoká hodnota posuvu na otáčku

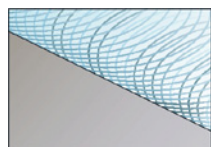
- Seřídte frézu v axiálním směru nebo provádějte třídění VBD. Výškové nastavení kontrolujte úchylkoměrem
- Zkontrolujte házení vřetena a upínací plochy frézy
- Snižte posuv na otáčku na max. 70% šířky paralelního zábřitu
- Jestliže to je možné, použijte hladké břitové destičky (dokončovací operace)

- Vibrace

- Viz část "Vibrace"

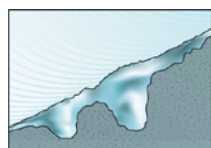
- Tvorba nárůstku na břitu

- Zvyšte řeznou rychlost, v_c , abyste dosáhli zvýšení teploty v řezu
- Vypněte přívod řezné kapaliny
- Používejte VBD s ostrými břitmi s hladkou plochou čela
- Používejte pozitivní geometrii břitových destiček
- Vyzkoušejte použití cermetové třídy při vyšších hodnotách řezných podmínek



- Záběr vedlejšího ostří (podřezávání)

- Zkontrolujte sklon vřetena (Sklon vřetena má být přibližně 0.10 mm/1000 mm)
- Při dokončování nesmí axiální házení vřetena překročit 7 mikrometrů
- Snižte velikost radiální složky řezné síly (zmenšete hloubku řezu, a_p)
- Zvolte frézu o menším průměru
- Zkontrolujte rovnoběžnost paralelních zábřítů a hladicích břitů na používaných břitových destičkách (destička nesmí stát na špičce nebo zadní části)
- Ujistěte se, že fréza je pevně upnuta (neviklá se) – upravte montážní plochy



- Vydrolování povrchu obrobku

- Snižte posuv, f_z
- Použijte frézu s velmi jemnou zubovou roztečí
- Změňte polohu frézy vůči obrobku za účelem dosažení menší tloušťky třísky na výstupu z řezu
- Zvolte vhodnější úhel nastavení (45-stupňů) a geometrii nástroje s lehčím řezem
- Zvolte ostrou VBD
- Pravidelně kontrolujte opotřebení hřbetu, tak abyste předešli nadměrnému opotřebení

Příčina

Řešení

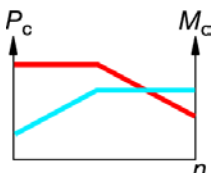
Tvorba otřepů



- Specifické vlastnosti materiálu – HRSA/korozivodorná ocel
- Opatření ve tvaru vrubu na hlavním břitu

- Používejte velký poloměr rohu, který zabezpečí malý úhel nastavení břitové destičky
- Udržujte hloubku řezu menší než poloměr rohu
- CoroMill 300 – maximální $a_p = 0.25 \times iC$
- CoroMill 390 - oblé VBD – max. $a_p = 0.5 \times \text{poloměr}$

Výkon stroje



Berte v úvahu výkonnostní křivku stroje, jelikož při nízkých otáčkách může stroj ztratit schopnost výkonu.

Požadovaný výkon se u frézování mění v závislosti na:

- Množství odebíraného materiálu
- Průměrné tloušťce třísky
- Geometrii frézy
- Řezné rychlosti

Další podrobnosti o výkonu a kroutícím momentu, viz Jak postupovat, strana D 11.

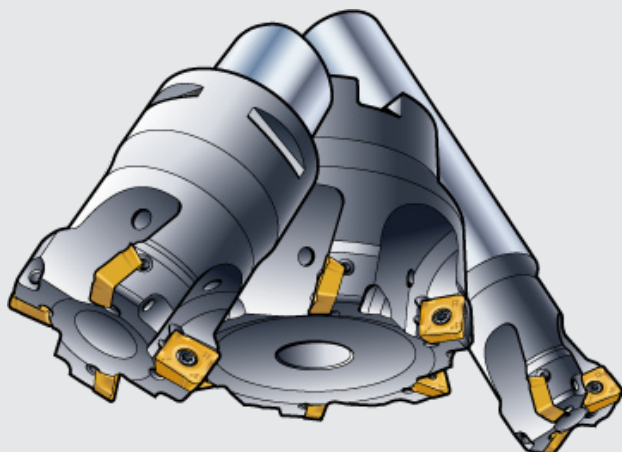
- Použijte hrubou zubovou rozteč frézy místo střední (jemné), tzn. méně zubů
- Pozitivní fréza lépe využívá výkon stroje než negativní
- Nejprve snižte řeznou rychlost potom teprve posuv stolu
- Použijte menší frézu a několik průchodů nástroje
- Snižte hloubku řezu, a_p

Produkty - frézování



CoroMill® 490

První volba pro frézování do rohu s lehkým řezem



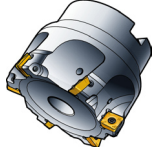





– Mělké frézování do rohu a opakované průchody s vysokou přesností







– Čelní frézování s malou hloubkou řezu s nízkým axiálním tlakem

– Frézování tvarů s malým přídavkem na obrábění

– Z hlediska nákladů efektivní alternativa ke koncepci CoroMill 390, pokud není vyžadována možnost postupného zahlubování nebo zaoblené rohy

	Válcová stopka/Weldon	Spojka Coromant Capto®/HSK	Upínací trn
			
Velikost VBD 08 mm			
Průměr frézy (D_c), mm	20 – 40	20 – 84 / 20 – 80	40 – 125
Max. hloubka řezu (a_p), mm	5.5 (opakované průchody ≤ 4)		
Materiál			

Geometrie břitových destiček

ISO	L	M	H
 P	M-PL	M-PM	M-PH
 M	E-ML	E-MM	
 K	M-KL	M-KM	M-KH
 N			
 S			
 H	M-PL	M-PM	

Aplikace



Opakované frézování do rohu
D 48



Frézování hran/obrysů
D 50



Čelní frézování
D 54



Tenkostěnné součásti
D 52



Frézování drážek
D 84

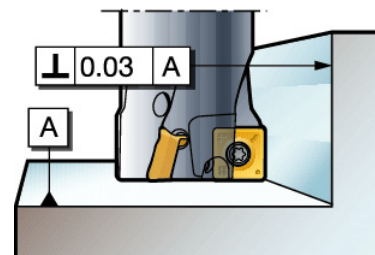


Frézování pomocí kruhové interpolace
D 113

Technologie Wiper (s hladícími břity) pro vyšší přesnost frézování obvodem.

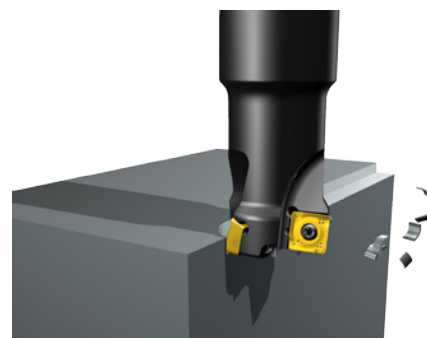
Fréza CoroMill 490 je navržena s mírně vyčnívajícími břitovými destičkami z důvodu kompenzace drobných výrobních nepřesností nástroje nebo průhybu, který může vzniknout během operace.

Díky tomuto tvaru je úhlová deformace během frézování obrysů nebo frézování do rohu potlačena na minimum a tím je potlačen také vznik viditelných stupňů mezi jednotlivými průchody. Aby toho bylo možné dosáhnout, nesmí maximální a_p přesáhnout hodnotu 3-4 mm.



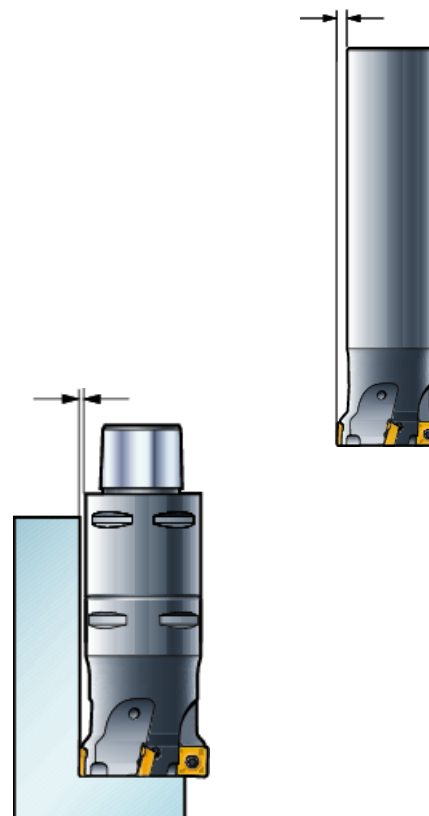
Funkční předpoklady pro vyšší produktivitu na malých obráběcích strojích

Funkční předpoklady pro lehký řez umožňují optimální využití slabších obráběcích strojů. Tato vlastnost také napomáhá využití těchto fréz v dlouhých nástrojových sestavách.



Frézy s menšími velikostmi stopky pro použití v menších nástrojových držácích

U fréz větších průměrů využívajících břitové destičky o velikosti 8 mm umožňují menší velikosti stopky jejich použití také pro menší nástrojové držáky.

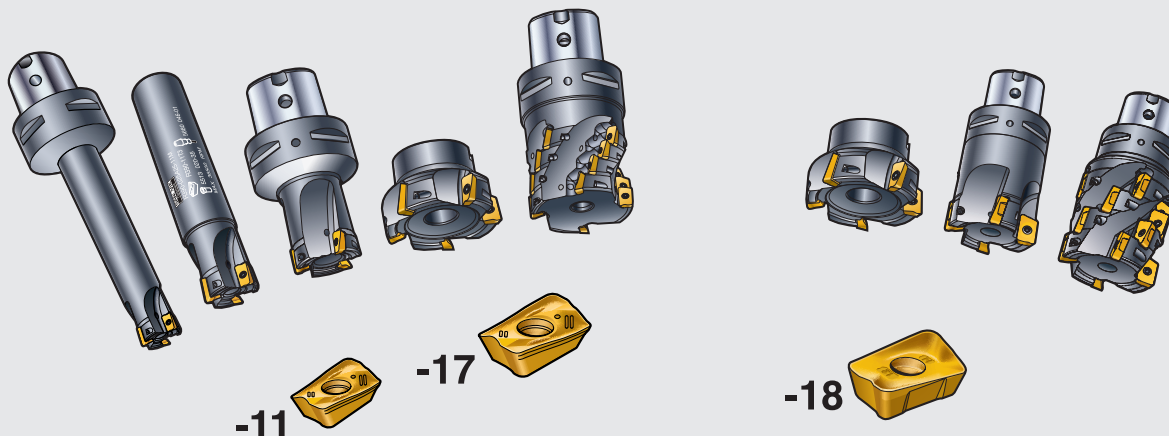


Frézy s odsazenou stopkou pro zajištění přístupnosti

V provedení s odsazenou stopkou získává fréza CoroMill 490 vyšší přístupnost a poskytuje potřebnou vůli v těsné blízkosti přípravku.

CoroMill® 390

Univerzální fréza pro frézování do rohu a frézování drážek –
hluboké i mělké, s lehkým řezem nebo v náročných podmínkách

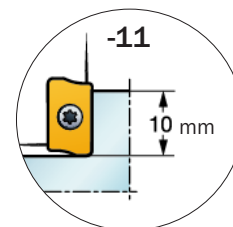


Lehké řezy a tvarové obrábění

- Lehké řezy a tvarové obrábění.
- Polodokončovací a dokončovací operace.
- Široký sortiment konvenčních i zaoblených VBD s lehkým řezem.
- Břitové destičky velikosti -11 a -17 s břitů umožňujícími nejlehčí řez.
- Hladící břitové destičky velikosti -11 pro dokončovací rotační frézování.
- Nástroje Silent Tools s tlumením vibrací.
- Nejeftivnější na obráběcích centrech a víceúčelových obráběcích strojích s velikostí vřetena ISO 40.

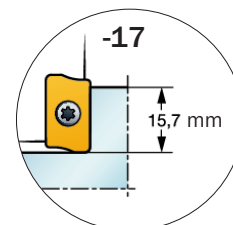
Velikost VBD 11 mm

- Obecně první volba pro frézy o průměru až do 80 mm a a_p do 5-6 mm. Umožňují použití fréz s jemnou zubovou roztěčí při vysokých rychlostech posuvu stolu.



Velikost VBD 17 mm

- První volba pro a_p větší než 5-6 mm a pokud je vyžadováno poněkud lehčí chování v řezu.

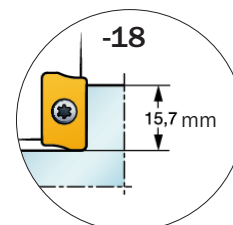


Široké a náročné řezy



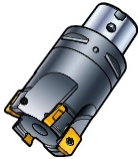
- Hrubovací až polodokončovací operace.
- Široký sortiment zaoblených VBD.
- Břitová destička velikosti -18 má odolnější břit umožňující její použití pro vyšší rychlosti posuvů a v náročnějších aplikacích.
- Hladící břitové destičky velikosti -18 pro hrubovací rotační frézování.
- Břitové destičky určené speciálně pro postupné zahlubování.
- Nejvyšší efektivita na strojích s velkou tuhostí vřetena, ISO 50 nebo podobných.

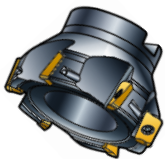

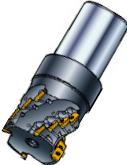
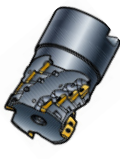
Velikost VBD 18 mm

- Řešení s odolnými břitů pro aplikace vyžadující vynikající pevnost a vysokou spolehlivost, zejména v případě vysokých rychlostí posuvu. Nejvhodnější pro frézy pro frézování do rohu a frézy s dlouhými břitů s upínáním na trn.



Stopkové frézy a válcové čelní frézy pro frézování do rohu

	Válcová stopka		S tlumením vibrací	Spojka Coromant Capto®	
					
Průměr frézy (D_C), mm	Válcová stopka/Weldon 12 – 40 Závitová spojka 16 – 42		Válcová stopka 20 – 32 Spojka Coromant Capto 20 – 40	16 – 80	40 – 84
Velikost VBD, mm	-11	-17	-11	-11	-18
Max. hloubka řezu (a_p), mm	10	15.7	10	10	15.4/15.7

	Čelní frézy pro frézování do rohu			Frézy s dlouhými břity				
	Upínací trn			Spojka Coromant Capto®		Válcová stopka	Upínací trn	
								
Průměr frézy (D_C), mm	40 – 80	40 – 125	50 – 200	32 – 66	44 – 100	32 – 40	40 – 54	44 – 200
Velikost VBD, mm	-11	-17	-18	-11	-18	-11	-11	-18
Max. hloubka řezu (a_p), mm	10	15.7	15.4/15.7	36 – 45	43 – 71	36 – 45	36 – 54	43 – 71

Geometrie břitových destiček

Frézy CoroMill® 390-11 a CoroMill® 390-17

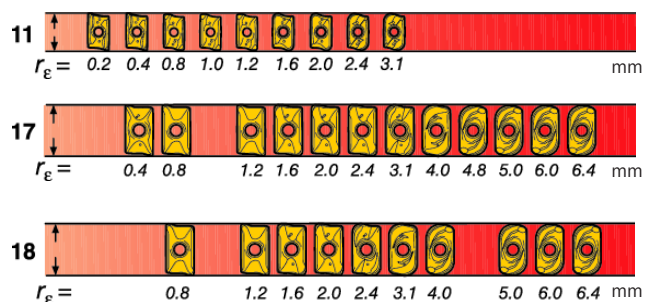
ISO	L	M	H	TW *)	PCD břitové destičky
P	M/E-PL	M-PM	M-PH	E-PLW	
M	E-ML	M/E-MM	M-MH		
K	M-KL	M-KM	M-KH		
N	E-NL	E-KM		E-PLW	E-P4-NL, E-P6-NL
S	E-ML	E-MM		E-PLW	
H	M/E-PL	M-PM		E-PLW	

CoroMill® 390-18

ISO	L	M	TW *)	Postupné zahlu- bování
P	H-PL	-PM	H-PTW	-PMR
M	H-ML	-MM	H-PTW	-MMR
K	H-KL	-KM	H-KTW	-KMR
N	H-PL		H-PTW	
S	H-ML	M-MM	H-PTW	
H	H-PL	M-PM	H-PTW	

*) TW = Hladící VBD pro rotační frézování

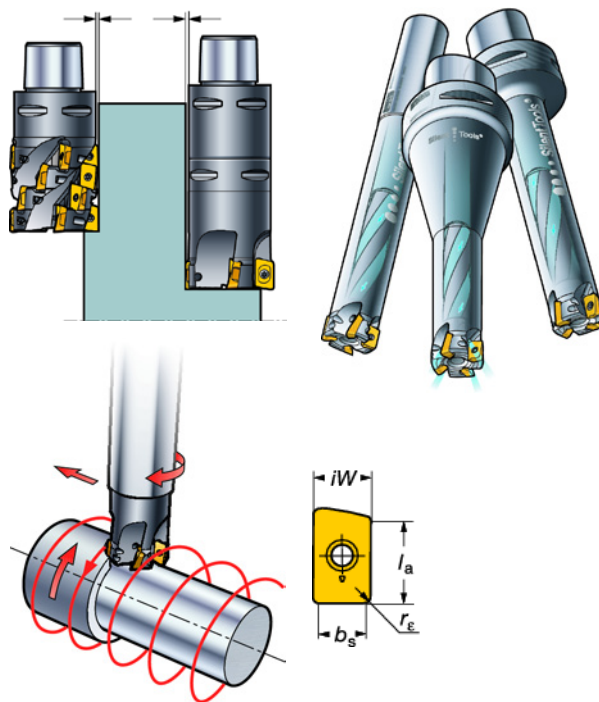
Standardně nabízené volby pro poloměr rohu VBD

*Tailor Made*

Pro velikosti VBD -11 a -17 jsou ostatní poloměry rohů VBD z příslušného intervalu k dispozici v provedení na míru (Tailor Made) v krocích po 0.1 mm.

Frézy CoroMill® 390 pro speciální aplikace

- Frézy s odsazenou stopkou pro vytvoření potřebné vůle a zajištění přístupnosti do blízkosti osazení nebo stěn přípravku.
- Adaptéry a frézy s integrovanou spojkou Coromant Capto umožňují dosažení optimální tuhosti při montáži v dlouhých nástrojových sestavách.
- Systém tlumení vibrací Silent Tools pro zvýšení rychlosti úběru kovu a zlepšení jakosti obrobenej plochy při použití štíhlých nástrojů.
- Pro rotační frézování, hrubovací i dokončovací, se používá jedna nebo více speciálních hladicích VBD, které jsou k dispozici pro velikosti 11 a 18 s velikostí poloměru rohu 0.8 a 1.6.



Maximální hloubka řezu pro různé operace

Velikost VBD	VBD -11						VBD -17					VBD -18
Průměr frézy (D_c), mm	12	16	20	25	32	40–80	25	32	40	50	63–125	40–200
Frézování do rohu, max. (a_p), mm	9.0	9.5	9.4	9.3	9.2	5.9	15.2	15.1	15.0	14.9	9.6	15.7
Ponorné frézování, max. (a_e), mm	5.5						8.5					1.1
Zavrtávací frézování, max. (a_p), mm	1.0						1.5					Není doporučeno

Aplikace

Stopkové frézy a válcové frézy pro frézování do rohu

Hlavní oblasti použití:



Opakované frézování do rohu
D 48



Všeobecné frézování do rohu
D 44



Postupné zahlubování
D 104



Rotační frézování
D 80

Alternativní oblasti použití:



Všeobecné čelní frézování
D 57



Zavrtávací frézování
D 119



Ponorné frézování
D 116



Frézování drážek
D 86

Fréza s dlouhými břity

Hlavní oblasti použití:



Frézování do rohu
D 48



Frézování hran a obrysů
D 50

Alternativní oblasti použití:



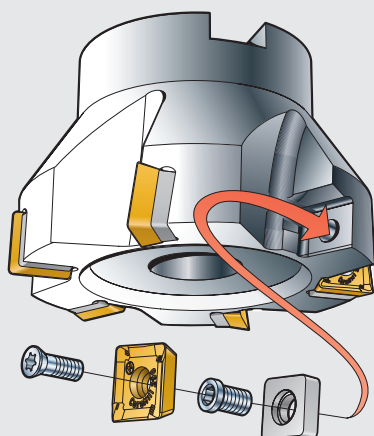
Frézování drážek
D 86



Zahlubování pomocí šroubovicové interpolace
D 105

CoroMill® 290



Univerzální fréza/fréza pro frézování do rohu



- Přednostní volba pro aplikace ISO K
- Hospodárnost díky čtyřem břitům

Vysoká spolehlivost

- Podložky chránící lůžka VBD
- Odolné břity

		
Průměr frézy (D_c), mm	40 – 80	50 – 250
Max. hloubka řezu (a_p), mm	10.7	10.7
Materiál	P K *)	P K *)

*) Nabídka tříd rovněž zahrnuje CBN a keramické břitové destičky

Geometrie břitových destiček

ISO	L	M	H	Keramické břitové destičky	Břitové destičky s CBN
P	M-PL	M-PM	M-PH		
M					
K	M-KL	M-KM	M-KH	20E	08E
N					
S					
H					

Aplikace

Hlavní oblasti použití:



Frézování do rohu
D 44



Čelní frézování
D 54



Čelní frézování tenkých stěn
D 52

Alternativní oblasti použití:



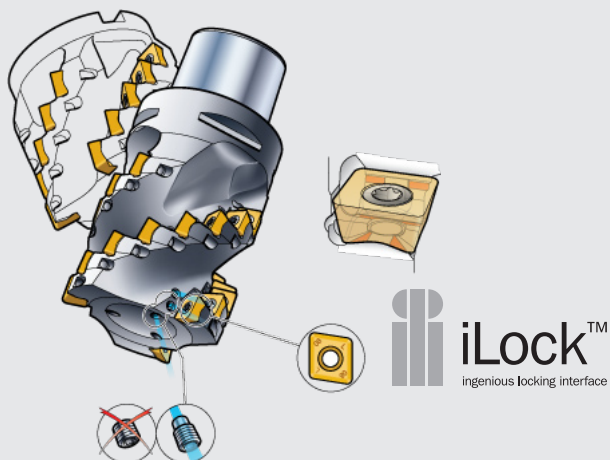
Frézování drážek
D 86




Zahlubování pomocí šroubovicové
interpolace
D 105

CoroMill® 690

Fréza pro vysoce produktivní tvarové obrábění titanu

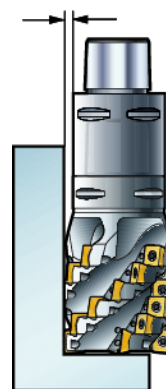
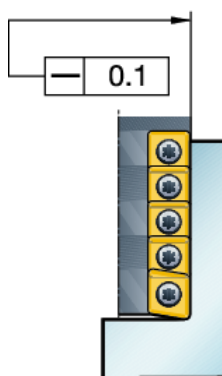


- Samostatný přívod řezné kapaliny ke každému lůžku břitové destičky
- Plná kontrola průtoku a tlaku díky výstupním otvorům se závitů - umožňují instalovat buď trysku nebo šroubovou zátku
- Vysoký tlak řezné kapaliny usnadňuje plynulé odvádění třísek a pomáhá snižovat teplo v oblasti řezu
- Dostatečné množství řezné kapaliny chrání před přehříváním třísek a zajišťuje delší životnost těla frézy, zejména pokud jde o oblast lůžek VBD na čele nástroje
- Dobré funkční předpoklady pro ponorné frézování a postupné zahlubování
- Tvarová dosedací plocha břitové destičky zaručuje tuhost upnutí, zohledněna je také plynulost odvádění třísek
- Zubové rozteče fréz –L, –M a –H, více informací viz Jak postupovat, strana D 17.

	Spojka Coromant Capto®/HSK		Upínací trn
			
Průměr frézy (D_c), mm	40 – 66	63 – 84	100
Velikost VBD (iC), mm	10	14	14
Max. hloubka řezu (a_p), mm	53 – 105	61 – 84	61
Materiál	S		S

Geometrie břitových destiček

ISO	L
P	
M	
K	
N	
S	-SL
H	



Aplikace



Frézování do rohu
D 42

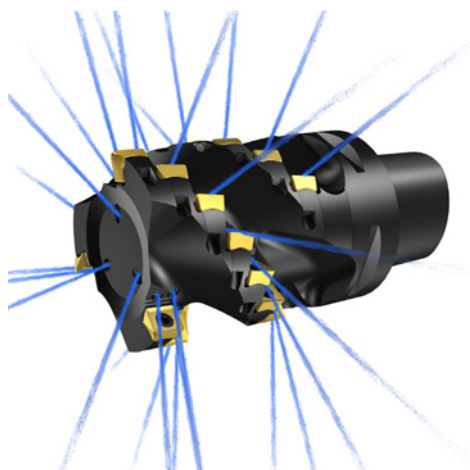


Frézování hran/obrysů
D 50



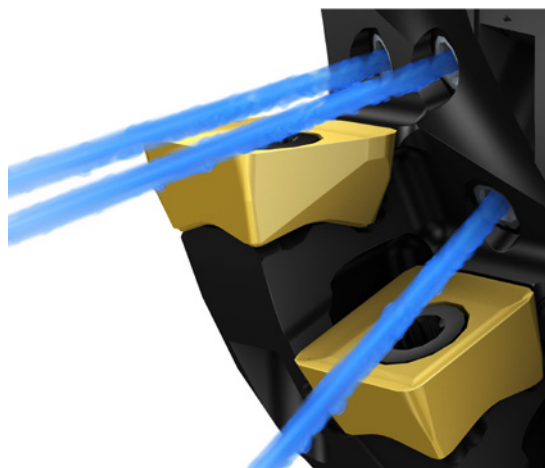
Frézování drážek
D 86

Fréza CoroMill® 690 – určena pro frézování titanu



Žárovzdornost titanu způsobuje, že během obrábění má zásadní význam účinné chlazení nástroje pomocí přiváděné řezné kapaliny tak, aby nedocházelo k přehřátí břitu a čela nástroje.

Během obrábění mají třísky tendenci k ulpívání na břitu a často dochází k jejich přerežávání, což způsobuje vylamování břitu a zkracování životnosti nástroje.



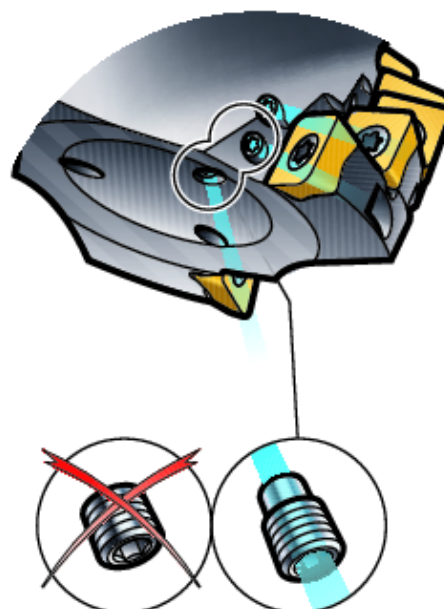
Fréza CoroMill 690 byla navržena s vnitřním přívodem řezné kapaliny ke každému lůžku břitové destičky, a to jak na obvodu, tak i na čele nástroje, což přispívá k eliminaci možných problémů.

Avšak přivádění řezné kapaliny ke všem lůžkům břitové destičky vyžaduje u fréz s dlouhými břity velký průtok a tlak podávacího čerpadla.

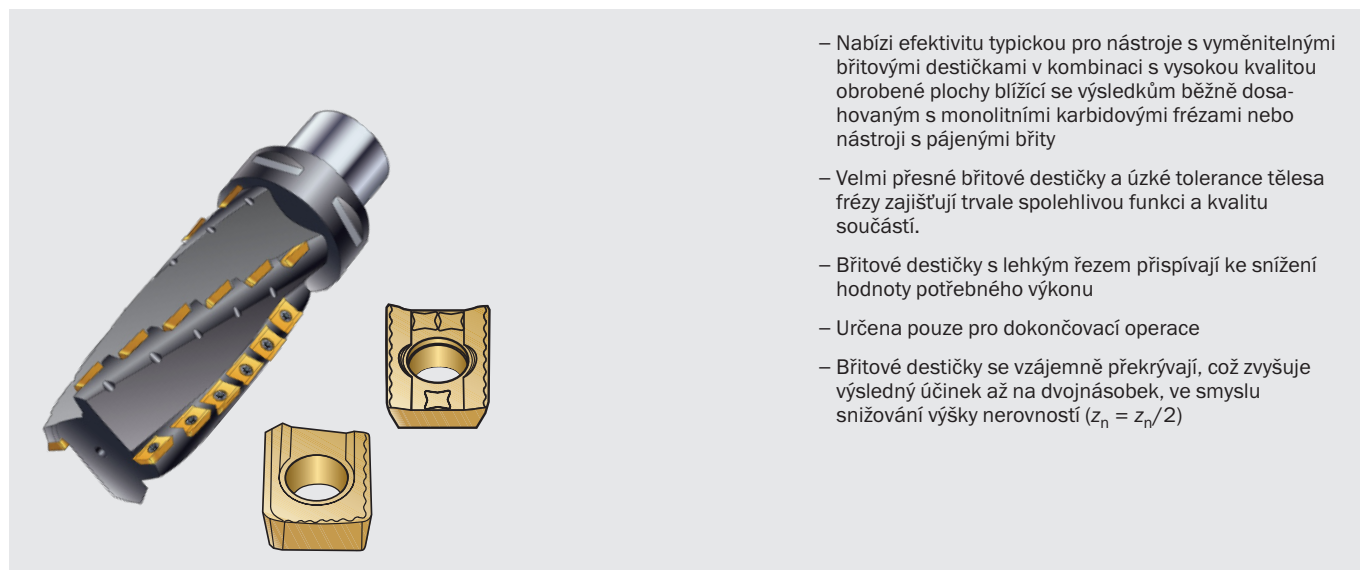
Jako alternativu nabízí konstrukce frézy CoroMill 690 možnost zaslepení otvorů v jednotlivých lůžkách břitových destiček pomocí šroubových zátek v případě, že přívod řezné kapaliny pro dané lůžko v daném okamžiku není nutný. Tím je omezen počet děr, kterými je přiváděna řezná kapalina, což umožňuje přivádět maximální množství řezné kapaliny tam, kde je to třeba.

Alternativně lze namontovat trysky, které zmenší velikost díry. Zvýšení tlaku v každé trysce znamená, že se sníží potřebný objem řezné kapaliny podávané čerpadlem, což mimo jiné přináší i vyšší předvídatelnost celého výrobního procesu a delší životnost nástroje.

Jestliže stroj umožňuje vysokotlaký přívod řezné kapaliny (HPC, 70-100 barů), je výhodné jeho použití společně s tryskami. Zlepšené chlazení břitu poskytuje jistotu potřebnou pro další zvyšování řezné rychlosti.



Dokončovací fréza Coromant s dlouhými břity

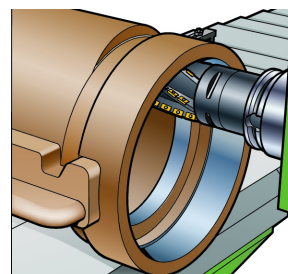
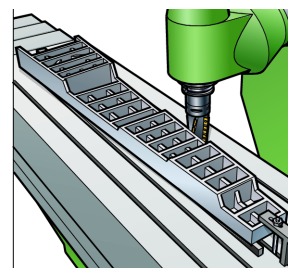


- Nabízí efektivitu typickou pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami v kombinaci s vysokou kvalitou obrobené plochy blížící se výsledkům běžně dosahovaným s monolitními karbidovými frézami nebo nástroji s pájenými břity
- Velmi přesné břitové destičky a úzké tolerance tělesa frézy zajišťují trvale spolehlivou funkci a kvalitu součástí.
- Břitové destičky s lehkým řezem přispívají ke snížení hodnoty potřebného výkonu
- Určena pouze pro dokončovací operace
- Břitové destičky se vzájemně překrývají, což zvyšuje výsledný účinek až na dvojnásobek, ve smyslu snižování výšky nerovností ($z_n = z_n/2$)

Průměr frézy (D_C), mm	50/80
Max. hloubka řezu (a_p), mm	100/150
Max. (a_e), mm	1.5 – 2.0
Doporučená hodnota (a_e)	0.2 – 0.5
Rozsah posuvů, (f_z), mm/zub	0.13 – 0.15
Drsnost povrchu, (R_a)	0.6 – 1.2
Materiál	

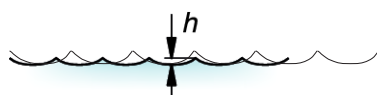
Geometrie VBD

ISO	L	
	18 obvod	19 na čele
P	-PL	-PL2
M	-ML	-ML2
K	-PL	-PL2
N	-AL	-2
S	-ML	-ML2
H	-ML	-ML2



Struktura povrchu při použití fréz s vyměnitelnými břitovými destičkami s dlouhými břity

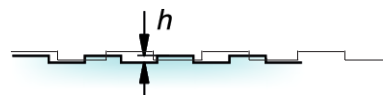
Fréza Sandvik Coromant pro dokončování



Pokud není překročena doporučená hodnota posuvu a maximální přípustná velikost a_e , nevznikají při opakovaných průchodech nástroje žádné ostré přechody nebo viditelné nerovnosti.

Maximální výška nerovností: 0.03-0.04 mm.

Konvenční fréza



Aplikace



Frézování hran/obrysů
D 50



Frézování hlubokých osazení
D 48









Zahluďování pomocí šroubovicové interpolace
D 105

CoroMill® 790

Fréza přednostně určená pro frézování do rohu v neželezných materiálech



- Při opakovaných průchodech umožňuje vytvořit rovné stěny osazení s minimálním množstvím nesprávných napojení a velmi malou výškou nerovností
- Vysoce efektivní při hrubovacím a polodokončovacím frézování s postupným zahlubováním
- “Energeticky efektivní” nástroj umožňující velké rychlosti úběru kovu na kW
- Spolehlivě chráněna proti účinkům velkých radiálních řezných sil vznikajících při extrémně vysokých řezných rychlostech
- Přesné a spolehlivé usazení břitů eliminuje vliv tolerance břitové destičky a výsledného házení nástroje
- Umístění břitové destičky v otevřené zubové mezeře umožňuje plynulé odvádění třísek při náročných řezech
- Vysoká způsobilost pro postupné zahlubování

	Spojka Coromant Capto®		HSK typ A/C		Válcová stopka	Upínací trn		
								
								
Průměr frézy (D_C), mm	25 – 54	40 – 100	25 – 50	50	25 – 40	50		
Velikost VBD	-16	-22	-16	-22	-16	-16		
Max. hloubka řezu (a_p), mm								
• Hrubování	12/15	18	12/15	18	12/15	12/15		
• Dokončování (2/3 hodnoty pro hrubování)	8	12	8	12	8	8		
Max. posuv (f_z), mm/zub								
• Hrubování	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2		
• Dokončování	0.15	0.15	0.15	0.15	—	—		
Struktura povrchu v radiálním směru (R_a)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Materiál	Geometrie VBD		P	M	K	N	S	H
• Hrubování	 L					-NL		
	M					-NM		
• Dokončování	L		-PL	-PL	-PL	-NL	-PL	-PL

Doporučení pro volbu břitových destiček

- Břitové destičky o velikosti 22 mm pro extrémní rychlosti úběru kovu a břitové destičky o velikosti 16 mm pro menší stroje.
- Třída břitových destiček H13A pro obrábění hliníku a GC1010/GC1030 pro dokončovací frézování všech ostatních materiálů.

Aplikace



Frézování do rohu
D 44



Frézování drážek
D 86



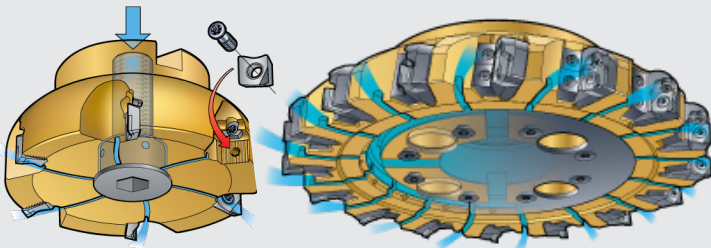
Frézování pomocí kruhové interpolace
D 113



Lineární postupné zahlubování
D 104

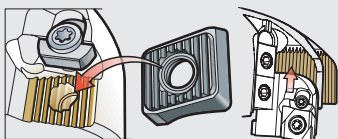
CoroMill® Century

Čelní fréza s lehkým řezem pro vysokorychlostní dokončování



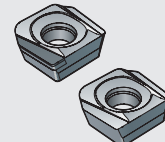
- Hliníkové nebo ocelové tělo nástroje
- Snadné hrubé i jemné seřízení umožňující dosažení vysoké kvality obrobene plochy
- Intenzivnější odvádění třísek v důsledku urychlení proudu řezné kapaliny

Vroubkované styčné plochy břitové destičky a lůžka/kazety

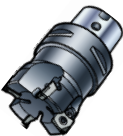


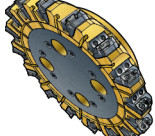







- Spolehlivá funkce
- Potlačení házení a vlivu tolerance VBD







Možnosti volby hladicích břitových destiček:



- Čelní frézování
- Rotační frézování

	Spojka Coromant Capto® Ocelové tělo		HSK Ocelové tělo	Upínací trn Hliníkové tělo	Provedení s kazetami, Upínací trn	
						
Průměr frézy (D_c), mm	40 – 125	40 – 80		50 – 200	160 – 500	
Max. hloubka řezu (a_p), mm						
• Karbid	2 / 10			2 / 10	2 / 10	
• PCD	2 / 5			2 / 5	2 / 5	
• CBN	1.2			1.2	1.2	
Materiál						
• První volba						
• Alternativní						
Přesnost nastavení, mm						
• Jemné	0.1			0.1	0.1	
• Hrubé	–			–	1.0	
Drsnost povrchu (R_a)	< 1			< 1	< 1	

Geometrie VBD

ISO	L	W *)	TW *)
	-PL	-PW	-PTW
	-PL		
	-KL	-KW	-KTW
	-NL	-NW	
	-PL		
	-KL (CBN)	-KW (CBN)	

Aplikace



Všeobecné čelní frézování
D 57

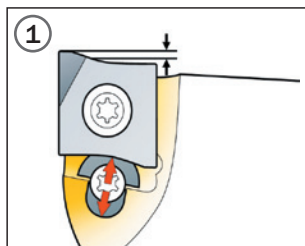


Frézování do rohu
D 44

*) W = Hladicí VBD

TW = Hladicí VBD pro rotační frézování

Upínání a seřizování břitvých destiček

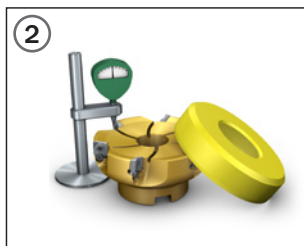


Všechny frézy: rozsah jemného nastavení 0.1 mm.

Provedení s kazetami: rozsah hrubého nastavení 1.0 mm.

U obou typů fréz je možné velmi přesné jemné seřízení axiální polohy břitvých destiček.

U fréz v provedení s kazetami je možné provést rovněž hrubé nastavení polohy.

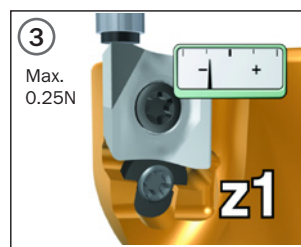


Měřicí zařízení.

Poznámka: Veškeré měřicí postupy, při kterých je ostří břitové destičky vystaveno přímému kontaktu s hrotem číselníkového úchytkoměru s sebou přinášející značné riziko poškození břitu.

Je doporučeno seřízení pomocí projekce břitů na optickém projektoru.

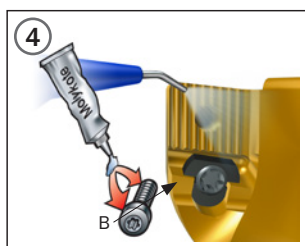
Poznámka: Pokud nejsou používány, je frézy CoroMill Century s namontovanými břitovými destičkami vždy třeba chránit krytem (C).



Bud'te opatrní

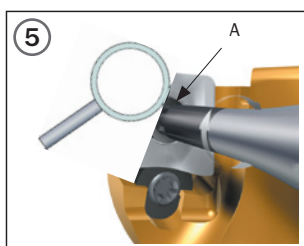
Břitové destičky pro obrábění hliníku jsou velmi ostré a křehké. Břity z polykrystalického diamantu (PCD) jsou velice choulostivé na jakékoli neobdobné a nešetrné zacházení.

Maximální dovolený styčný tlak mezi kontaktním prvkem a ostřím nesmí přesáhnout 0.25 Nm. Hodnota se určí příslušným lineárním měřidlem.



Namažte šroub VBD (A) pastou Molykote.

Zkontrolujte, zda vroubkované styčné plochy břitvých destiček a lůžek jsou bez nečistot a nejsou poškozené. Vroubkované styčné plochy musí zůstat suché.

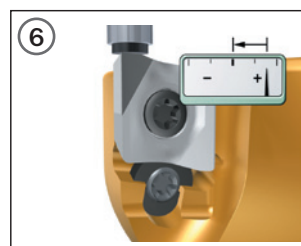


Upněte břitové destičky.

Ujistěte se, že břitová destička byla správně usazena v lůžku (správným rohem). Dotáhněte upínací šrouby doporučeným kroutícím momentem, viz Hlavní katalog.

Pro zkontrolování polohy paralelních zábřítů jednotlivých břitových destiček použijte vhodné měřicí zařízení.

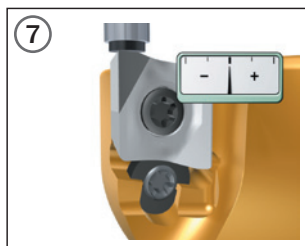
Poznámka: Při výměně PCD břitové destičky vždy použijte nový upínací šroub.



Určete nejvýše položenou břitovou destičku.

Zvyšte polohu této břitové destičky o přibližně pět mikrometrů opatrným otáčením seřizovacího šroubu (B) po směru hodinových ručiček.

Paralelní zábřít hladící břitové destičky je třeba nastavit na úroveň 0.03 - 0.05 mm pod nulovou polohou konvenčních břitových destiček.



Pro tuto úroveň nastavte na úchytkoměru nulu.

Na tuto nulovou úroveň seřídte polohu všech ostatních VBD stejným způsobem, jak bylo uvedeno výše.

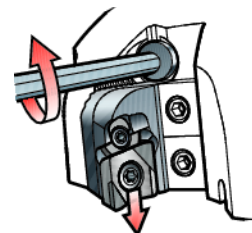
Poznámka: Pokud dojde k překročení nulové polohy, vraťte se zpět alespoň pět mikrometrů pod úroveň nulové polohy a seřízení zopakujte.

Čelní fréza CoroMill® Century v provedení s kazetami

Hrubé nastavení polohy kazet se obvykle provádí současně s jemným seřízením polohy břitových destiček. To se obvykle řídí výše uvedeným postupem.

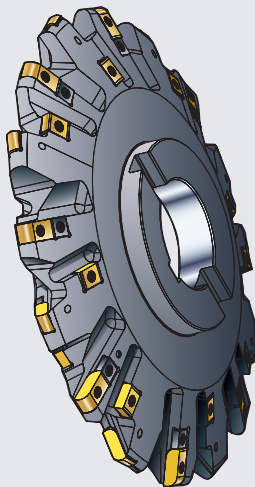


Uvolněte upínací šroub klínu a seřídte výšku kazety.



CoroMill® 170

Přesné hrubovací frézování ozubení



- Vysoce výkonná fréza pro hrubování ozubení
- Přesnost a spolehlivost při hrubování vnitřních i vnějších ozubení
- Produktivita vysoce výkonných tříd břitových destiček
- Vyhrubovaný profil se téměř blíží konečnému tvaru ozubeného kola
- Čistý řez v oblasti paty zubu, nedochází k odchýlkám

Sortiment

Standardní sortiment zahrnuje:

Břitové destičky

- Třída GC1030 a GC4240
- Dvě geometrie břitových destiček
- 6 hrotových VBD
- 1 boční VBD
- 1 podložka

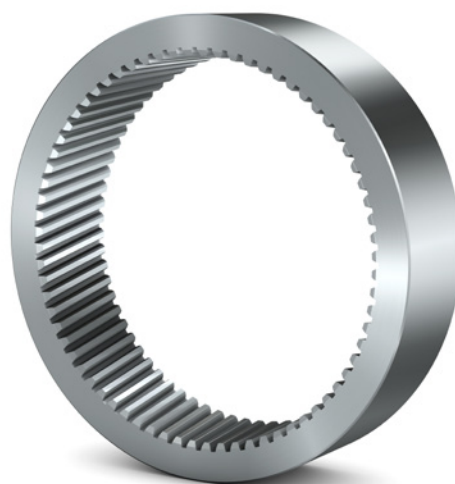


Frézy

- Sortiment pro rozsah modulů 12-22

Součástí nabídky jsou také konstrukčně přizpůsobená řešení pro další:

- Průměry
- Velikosti a třídy břitových destiček
- Tvary zubů
- Moduly

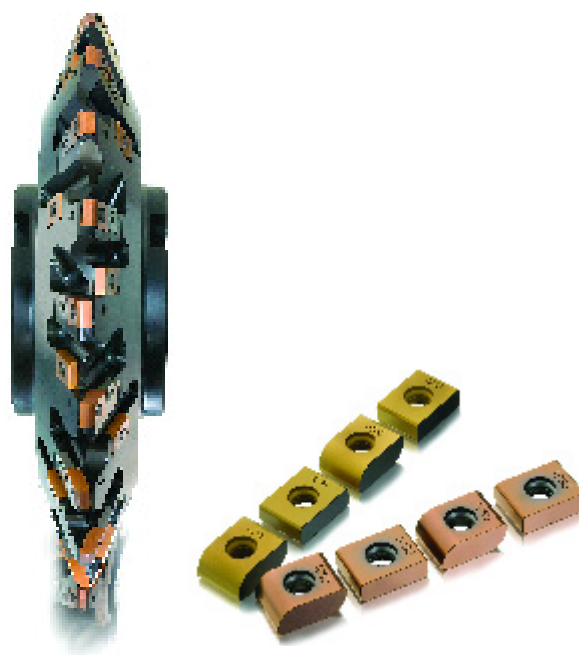


Použití

- Rozsah modulů 12 – 22
- Hrubování vnitřních a vnějších ozubení
- Ozubené věnce
- Planetová kola

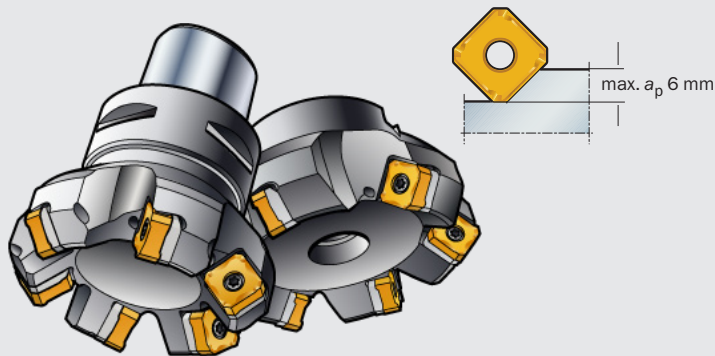
Technická charakteristika

- Pro výrobu ozubených kol s profilem dle DIN 867 a dovolenou odchylkou dle DIN 3972-4
- Spolehlivé upnutí břitových destiček
- Vysoce přesné provedení tělesa frézy a lůžek břitových destiček
- Sortiment vysoce výkonných tříd břitových destiček
- Tvar frézy navržený s ohledem na dosažení maximální možné kvality vyhrubovaného profilu ozubení s velmi malým a rovnoměrným přídavkem na obrábění.

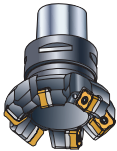







CoroMill® 345







Z hlediska nákladů velmi efektivní vysoce výkonná čelní fréza pro malé až střední hloubky řezu v materiálech ISO P, M, a K.



- Oboustranné cenově výhodné břitové destičky s osmi pozitivními řeznými hranami
- Hladicí VBD se dvěma hladicími břitmi o délce 5 mm pro pravořezné nástroje a se dvěma pro levořezné nástroje
- Pokroková geometrie břitu zajišťuje lehký a plynulý záběr nástroje při malých hloubkách řezu a odolnost v náročných podmínkách při větších hloubkách řezu
- Frézy menších velikostí s vnitřním přívodem řezné kapaliny ke každému lůžku břitové destičky
- Čtyři různé zubové rozteče fréz ve standardní nabídce
- Optimálně se hodí pro použití na malých frézkách s nízkým výkonem, stejně jako malých i velkých obráběcích centrech a víceúčelových obráběcích strojích

	Spojka Coromant capto®	Upínací trn	Válcová stopka
			
Průměr frézy (D_c), mm	40 – 100	40 – 250	40 – 50
Max. hloubka řezu (a_p), mm	6	6	6
Materiál			

Geometrie VBD

ISO	L	M	H	Hladicí VBD
	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH	-W
	E-PL			
	M-KL	M-KM	M-KH	-W
				
	E-PL			
	E-PL, M-PL	M-PM		

Aplikace



Všeobecné čelní frézování
D 57



Srážení hran
D 126



Frézování s velkým vyložením
nástroje
D 30

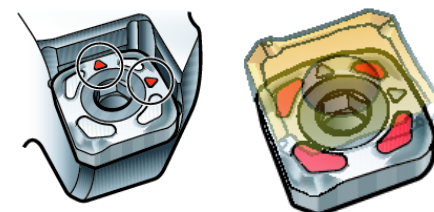
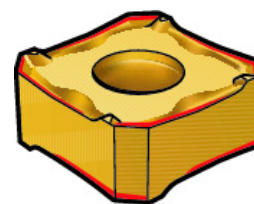


Frézování s přerušovaným řezem
D 58

Vysoce spolehlivé břitové destičky a podložky umožňující předvídatelné čelní frézování

Tvar břitové destičky navržený pro lepší ochranu všech osmi řezných hran.

- Při velkých hloubkách řezu dochází k zasekávání třísek, které často způsobuje poškození břitu následujícího za břitem upnutým v pracovní poloze. Břitovou destičku CoroMill 345 proti tomuto jevu chrání její tvar, který přispívá k tomu, že je možné plně využít většího počtu břitů.



Podložka navržená pro lepší ochranu lůžka a poskytnutí maximální opory břitové destičce

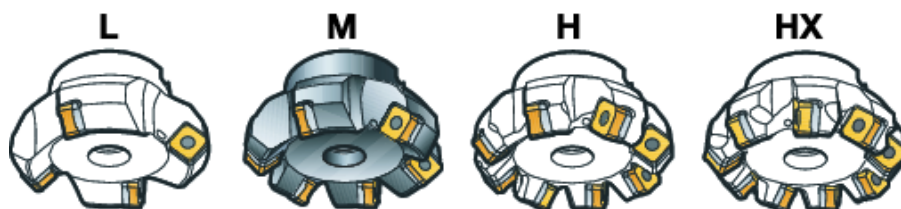
- Zajišťuje delší životnost tělesa nástroje.
- Bezpečné použití pozitivních břitových destiček s moderní geometrií.

Pokyny pro upínání břitových destiček:

Podložku je třeba upnout tak, aby obě kontrolní šipky směřovaly proti oběma bočním stranám lůžka břitové destičky.

Zubové rozteče frézy

Široká nabídka zubových roztečí frézy umožňuje lepší využití stroje a zvýšení produktivity.



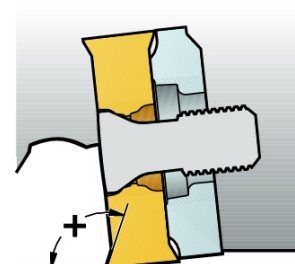
Nerovnoměrná zubová rozteč.

Všechny frézy se zubovou roztečí H jsou k dispozici s rovnoměrným rozdělením zubů. Frézy o průměru větším než 160 mm jsou k dispozici také v provedení s nerovnoměrným rozdělením zubů

Rovnoměrná zubová rozteč.

Příznivý průběh záběru frézy

Jelikož fréza CoroMill 345 využívá při malých hloubkách řezu pozitivnější axiální úhel sklonu, umožňuje plynulejší průběh řezu s nízkým axiálním tlakem na součást. Jak se hloubka řezu zvyšuje, stále více se kolmá část břitu dostává do záběru a poskytuje břitové destičce mnohem pevnější oporu v záběru, potřebnou pro vyšší spolehlivost, zejména pak v náročných řezech.

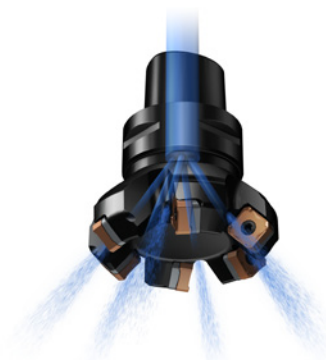


Vnitřní přívod řezné kapaliny

Vnitřní přívod řezné kapaliny ke každé břitové destičce, který umožňuje nejvyšší výkonnost při opracování obtížně obrobitelných materiálů obrobků, zajišťuje:

- Dobré odvádění třísek
- Spolehlivý průběh frézování
- Předvídatelnou výkonnost
- Dobrou kvalitu obrobenej plochy

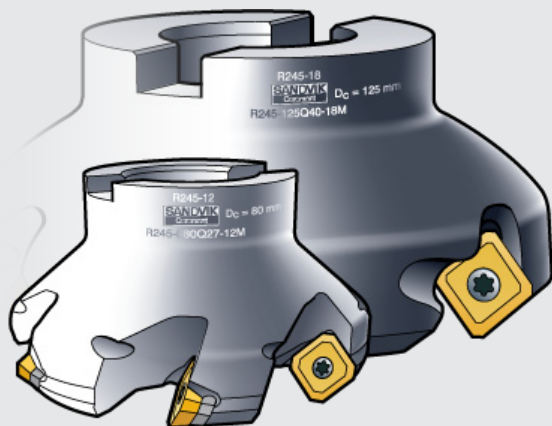
Poznámka: Upínací šrouby umožňující vnitřní přívod řezné kapaliny je třeba objednat samostatně.



CoroMill® 245

Čelní fréza s lehkým řezem pro těžké hrubování i dokončování do zrcadlového lesku

– Hrubování, polodokončování a dokončování



	Upínací trn	Válcová stopka
Velikost VBD (iC), mm	Průměr frézy (D _c), mm	
12	50 – 250	32 – 80
18	80 – 250	
Max. hloubka řezu (a _p), mm	6 / 10	6
Materiál		

*) Sortiment tříd zahrnuje také keramické a CBN břitové destičky.

Geometrie VBD

ISO	L	M	H	Hladící VBD	Keramické břitové destičky	CBN břitové destičky	PCD břitové destičky
P	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH	E-W			
M	E-ML	K-MM, M-MM		E-W			
K	E-KL, M-KL	M-KM	M-KH	E-W	-E	-E	
N	E-AL			E-W			-E
S	E-ML, E-PL, M-PL	M-PM, K-MM, M-KM		E-W			
H	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH, M-KH	E-W	-E	-E	

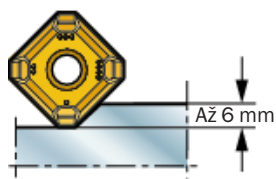
CoroMill® 245-12

První volba pro materiály ISO N v případě, že se jedná o čelní frézy s úhlem nastavení 45°.

Alternativní volba pro materiály ISO P, M a K

První volba pro čelní frézování v případě použití keramických břitových destiček.

První volba v případě použití koncepce s úhlem nastavení 45° v kombinaci s použitím pokročilých rezných materiálů (PCD a CBN).

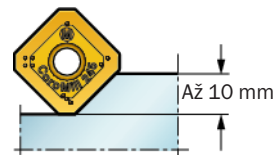


CoroMill® 245-18

První volba z nabídky čelních fréz s úhlem nastavení 45° pro všechny aplikační oblasti dle ISO při větších hloubkách řezu (> 6 mm).

Vhodná pro větší stroje.

K dispozici také v provedení s kazetami.



Hladicí břitové destičky pro všechny verze CoroMill® 245

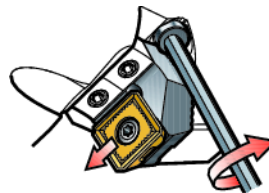
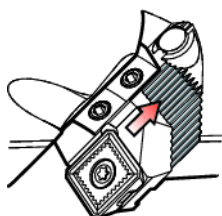
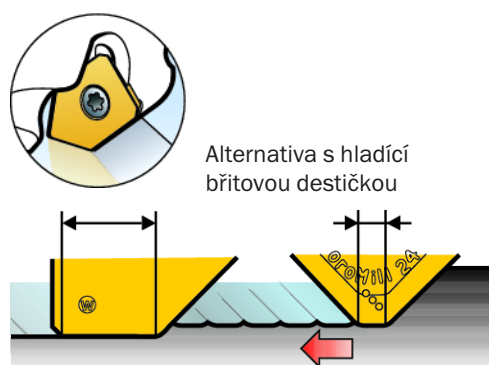
Čelní frézy s pevnými lůžky:

Volitelné hladicí břitové destičky o velikosti 12 a 18 mm je možné kombinovat s přesně broušenými frézovacími destičkami pro dosažení zrcadlového lesku obrobené plochy při čelním a rotačním frézování.

Stavitelné čelní frézy s výměnnými kazetami:

Možnost seřízení v rozsahu 1.0 mm dovoluje použití hladicích břitových destiček o velikosti 18 mm společně s přímo lisovanými cenově výhodnými břitovými destičkami.

Při nastavení postupujte stejně jako v případě čelních fréz CoroMill Century, viz strana D 145.



Seřízení v rozsahu 1.0 mm

CoroMill® 245 - Čelní fréza s výměnnými kazetami

- Průměr frézy 160-500 mm s velikostí VBD – 18.
- Maximální a_p 10 mm.

Aplikace



Všeobecné čelní frézování
D 57



Srážení hran
D 126



Obrábění s dlouhým vyložením nástroje
D 30



Čelní frézování do zrcadlového lesku
D 65



Obrábění s obtížnými přerušovanými řezy.
D 58

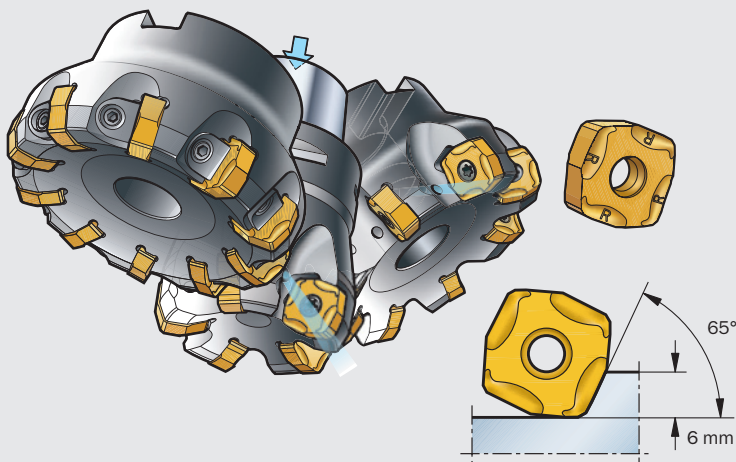


Rotační frézování
D 80

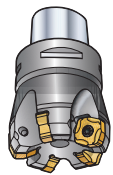
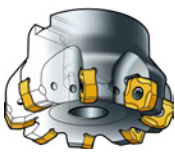

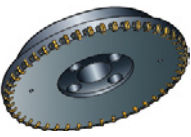












Užitečné rady pro aplikace při čelním frézování, viz strana D 58.

CoroMill® 365

Cenově efektivní frézování litiny a oceli



- Mnohobřitá VBD zaručuje cenovou efektivitu výroby
- Spolehlivý a předvídatelný obráběcí proces využívající odolné VBD s velkou tloušťkou, avšak s lehkým řezem.
- Možnost volby hladicích břitových destiček optimalizovaných pro menší nebo větší průměry fréz
- Upínání břitových destiček šroubem nebo klínem
- Pro hrubování až polodokončování ve velkosériové výrobě nebo pro aplikace, kde je rozhodujícím požadavkem velká rychlost úběru kovu




	Spojka Coromant Capto®	Upínací trn	Upínací trn	Upínací trn
				
Průměr frézy (D_c), mm	40 – 60	50 – 160	80 – 250	250 - 500 *)
Max. hloubka řezu (a_p), mm	6	6	6	6
Způsob upínání	Šroub	Šroub/Klín	Šroub/Klín	Klín
Materiál	  	  	  	  

*)

Upínací trn 315 - 500
Nástrčná konstrukce
250 - 500
Upínací trn CIS
160 - 500

Poznámka: CoroMill 365 představuje první volbu pro frézování litiny v automobilovém průmyslu.

Geometrie VBD

ISO	L	M	W *)
	-PL	-PM	-PW4, -PW8
	-KL	-KM	-KW4, -KW8
	-PL	-PM	

*) W = Hladicí VBD

Aplikace



Čelní frézování
D 57

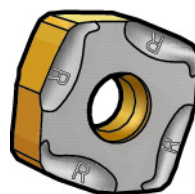


Obrábění s obtížnými přerušovanými
řezy
D 58

Břítové destičky pro frézování

Cenově výhodné břítové destičky s osmi reálnými řeznými hranami.

K dispozici v pravo- nebo levořezném konstrukčním provedení.

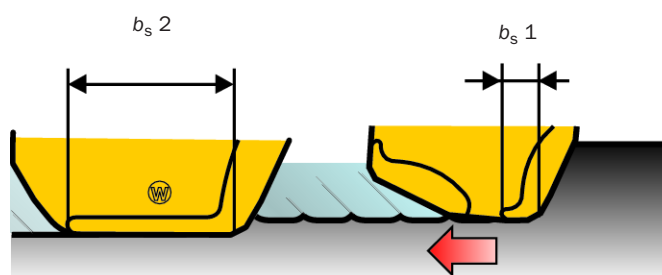


Technologie Wiper pro zvýšení kvality obrobene plochy

Pro dokončování jsou v nabídce dvě volitelná provedení hladicích břítových destiček neutrálního typu.

- Břítové destičky s délkou hladicího břitu 4 mm mají dva pravo- a dva levořezné břity.
- Břítové destičky s délkou hladicího břitu 8 mm mají jeden pravo- a jeden levořezný břit.

Pro vytvoření kvalitního povrchu je velice důležité zajistit, aby posuv na otáčku ($f_n = f_z \times z_n$) byl menší než 80% délky hladicího břitu ($b_s 2$). Samozřejmě, že čím větší je průměr frézy, tím větší je hodnota f_n , které si naopak žádá větší b_s .



Dvě volitelné alternativy pro stejnou čelní frézu zaručují optimální funkční vlastnosti pro frézování litiny nebo oceli

Upínání břítových destiček klínem

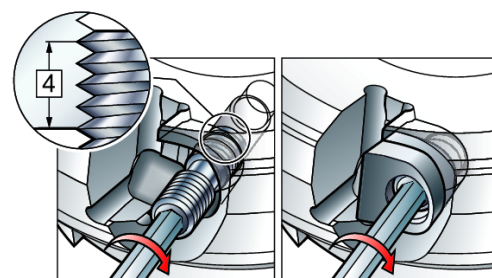
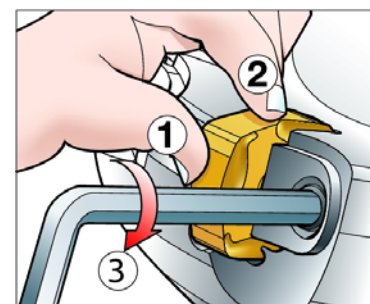
- Frézy větších průměrů s jemnější zubovou roztečí, kde umožňuje dosažení velké hustoty břítových destiček.
- V provedení s nástrčnou konstrukcí v průměrech 250-500 mm tvoří součást zvláštní nabídky.
- Pro frézování materiálů tvořících krátké třísky s menšími nároky na velikost zubové mezery.
- Extrémně tuhé upínání břítových destiček.

Upínání břítových destiček šroubem

- Frézy menších průměrů.
- Přednostně pro obrábění materiálů ISO P.

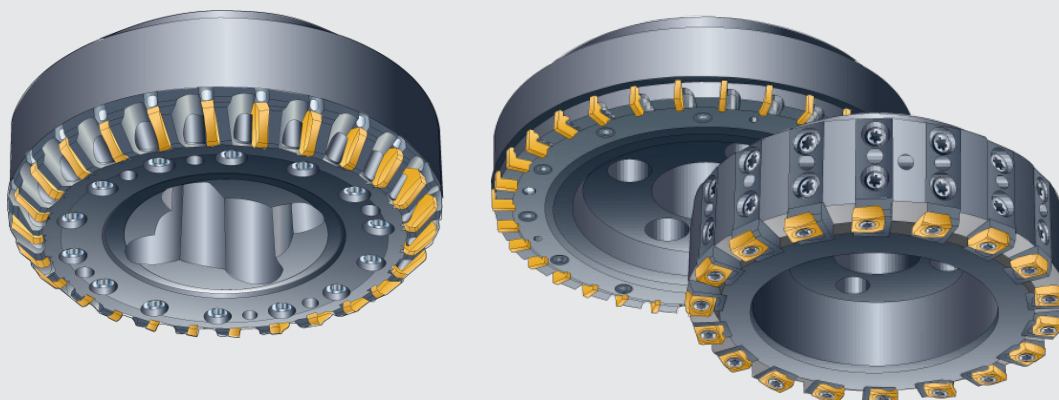
Upínání břítových destiček







- Nejprve důkladně vyčistěte celé lůžko VBD.
- Pomocí šestihranného klíče zašroubujte šroub (4) do těla frézy o čtyři otáčky.
- Nasadte klín na šroub a zašroubujte šroub tak, aby klín splýnul s tělem frézy.
- Palcem (1) a ukazováčkem (2) uchopte břítovou destičku a přitlačte ji do lůžka.
- Zkontrolujte správné dosednutí na třech opěrných plochách v lůžku VBD.
- Dotáhněte šroub (3) kroutícím momentem 6 Nm.
- V principu stejný postup se používá pro montáž břítových destiček upínaných pomocí šroubu.



Sandvik AUTO

Frézy pro hrubovací a dokončovací frézování



	Hrubovací fréza Auto	Auto-AF	Auto-FS
			
Úhel nastavení (K_r), mm	45°	75°	90°
Úhel čela	Negativní	Pozitivní	Negativní
Průměr frézy (D_c), mm	125 – 500	80 – 500	125 – 500
Max. hloubka řezu (a_p), mm	6.0	1.0	8.1
Materiál			

Hrubovací fréza Auto

- Čelní fréza s velmi jemnou zubovou roztečí určená přednostně pro hrubování a polodokončování součástí z litiny.

Auto-AF

- Stavitelná čelní fréza pro dokončování součástí z litiny s vysokými nároky na kvalitu obrobene plochy.
- Velmi jemné nastavení se snadným ovládáním s přesností větší než ± 0.002 mm.

Auto-FS

- Čelní fréza s pevnými lůžky určená pro frézování do rohu vhodná pro aplikace v litině vyžadující dosažení vynikající struktury obrobeneho povrchu při vysokých rychlostech posuvu.

Aplikace

Hrubovací fréza Auto



Hrubovací čelní frézování
D 57



Obrábění s přerušovaným řezem
D 58

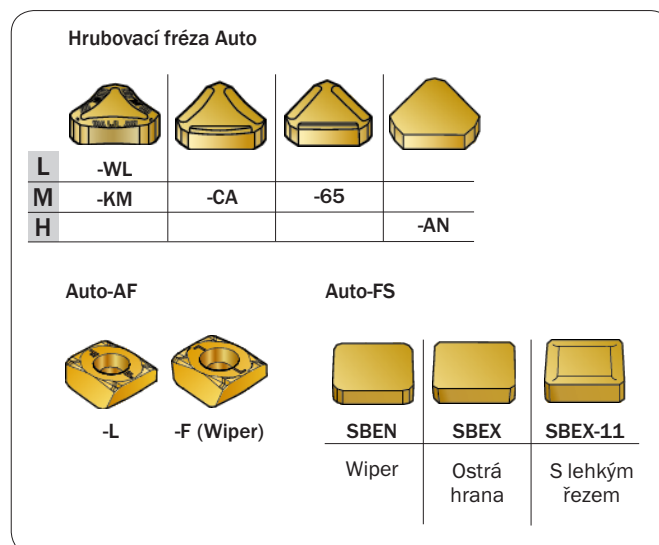
Auto-AF/-FS



Dokončovací čelní frézování
D 64

Břítové destičky pro frézy Auto - všeobecné informace

- Velký počet břítových destiček umožňuje použití velkých rychlostí posuvu stolu, přičemž je dosaženo velmi dobré efektivity obrábění z hlediska nákladů.
- Trojúhelníkové břítové destičky pro hrubovací frézu Auto jsou k dispozici v několika různých geometriích optimalizovaných pro různé typy operací.
- Všechny břítové destičky jsou oboustranné a mají šest pravořezných a šest levořezných břitů umožňujících znamenitou kvalitu obrábění s vynikající cenovou efektivitou.
- Podrobné informace o břítových destičkách pro frézy Auto naleznete v hlavním katalogu.



Vymezovací vložky pro nastavení sklonu vřetena

Paralelní zábřit břítové destičky je možné nastavit podle sklonu vřetena.

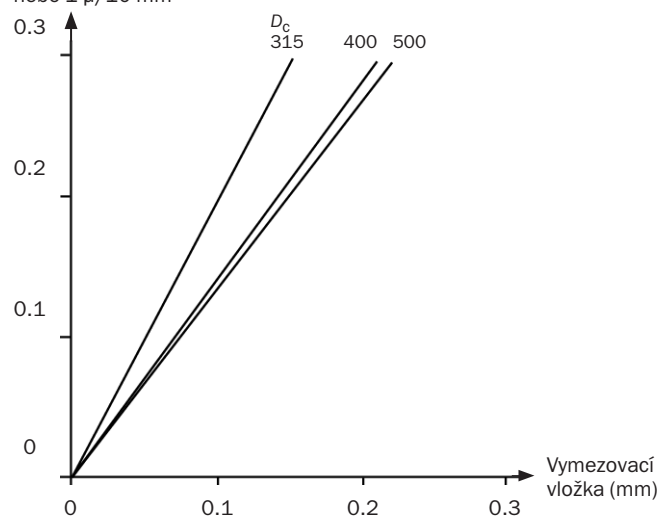
Níže uvedený obrázek ukazuje montáž distanční vložky v unášecím tělese v případě sklonu vřetena 0.1:1000:

Průměr frézy (D_c)	Vymezovací vložka (mm)
250	0.02
315	0.05
355	0.05
400	0.02 a 0.05
500	0.02 a 0.05

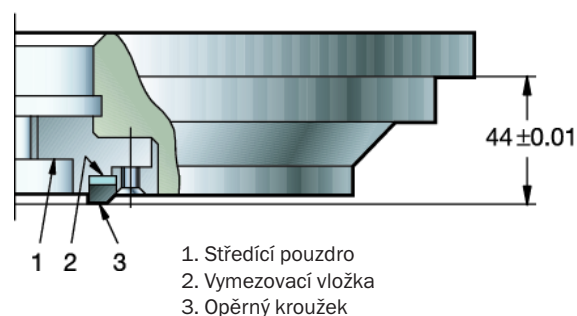
Poznámka: V případě jiného sklonu vřetena, kontaktujte prosím místní zastoupení společnosti Sandvik Coromant.

Skon vřetena/tloušťka vymezovací vložky

Skon vřetena
0.1:1000 mm
nebo 1 μ /10 mm



Poznámka: Jestliže je nutné vyměnit středící pouzdro nebo opěrný kroužek, nebo pokud je nutné přebrousit dosedací plochu, pomocí distančních vložek nastavte hodnotu 44 ± 0.01 mm.



Upínání a nastavení

Požadavky:

Měřicí deska

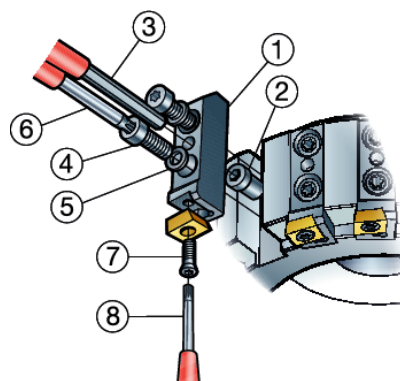
Úchylkoměr

Klíč 265.2-821

Klíč 5680 048-07 (30IP)

Momentový šroubovák

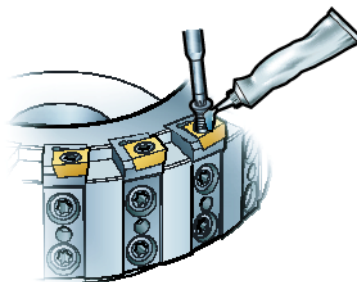
Dotáhněte upínací šrouby kazet momentem
cca. 2 Nm.



1. Kazeta
2. Excentrický čep
3. Klíč (pro seřízení excentru)
4. Šroub pro upnutí kazety
5. Podložka kazety
6. Klíč pro upnutí kazety
7. Šroub pro upnutí VBD
8. Klíč pro upnutí VBD

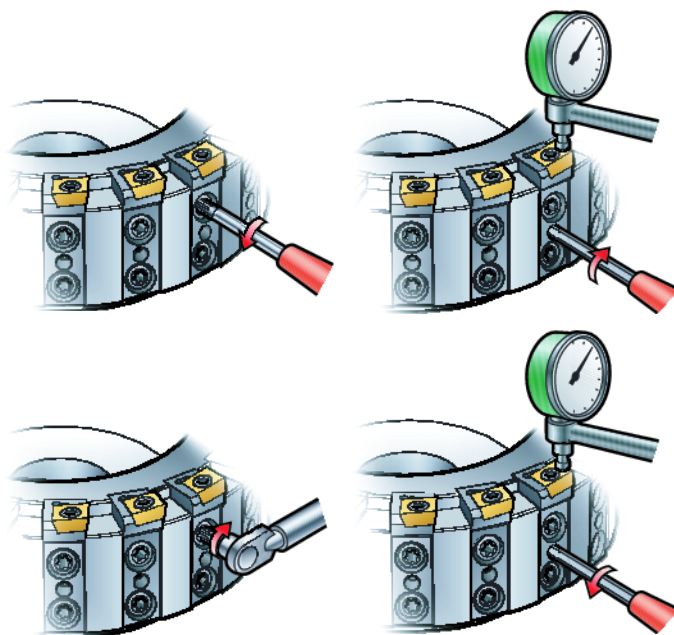
Upínání

1. Na závit a spodní stranu hlavy šroubu naneste pastu Molykote.
2. Nejprve důkladně vyčistěte celé lůžko břitové destičky.
3. Zajistěte, aby VBD byla správně usazena na všech třech dosedacích plochách v lůžku břitové destičky.
4. Dotáhněte šroub břitové destičky doporučeným kroutícím momentem, viz Hlavní katalog.



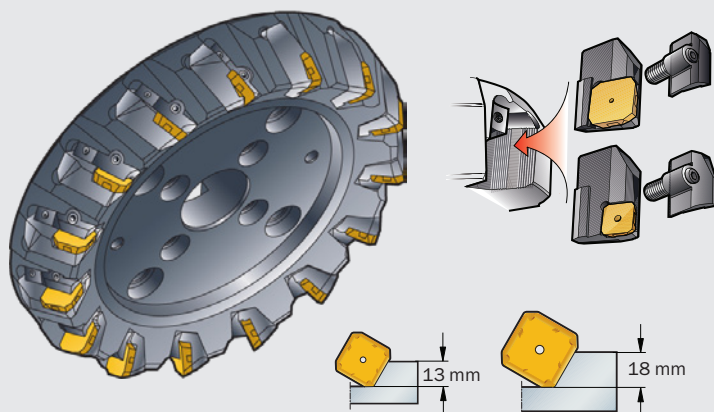
Seřízení nástroje

1. Položte frézu na měřicí desku.
2. Pomocí úchylkoměru najděte nejvyšší bod s přímým kontaktem ostří břitové destičky.
3. Otáčejte excentrickým čepem a nastavte kazetu s břitovou destičkou na nulovou hodnotu odečítanou na úchylkoměru.
4. Dotáhněte šrouby pro upínání kazet doporučeným kroutícím momentem, viz Hlavní katalog.
5. Povolením excentrického čepu se zajistí trvale nastavení výšky břitové destičky a předejde se riziku axiálního házení.



CoroMill® 360

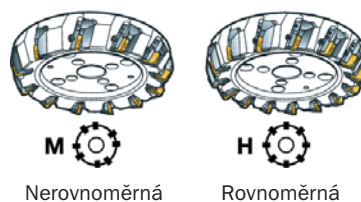
Velmi výkonná fréza pro vysokou produktivitu ve velmi obtížných podmínkách.



- Velká rychlost úběru kovu
- Rozsah posuvů 0.4-0.7 mm na zub
- Na jeden průchod lze frézovat dlouhé nerovné plochy s abrazivní povrchovou kůrou nebo s přerušovaným řezem
- Samostatné kazety pro každou velikost VBD je možné použít pro stejné tělo frézy, což umožňuje redukovat nástrojový inventář
- Výměnné kazety břitových destiček s vroubkovanou styčnou plochou umožňují spolehlivé a přesné seřízení a snadnou manipulaci
- Otočení VBD a výměna kazet přímo na stroji přispívá ke snížení prostojů.

Průměr frézy (D_c), mm	160 – 500
Velikost VBD (iC), mm	Max. hloubka řezu (a_p), mm
19	13
28	18
Materiál	P M K S

Zubové rozteče fréz



Geometrie VBD

ISO	H
P	-PH
M	-MH
K	-KH
N	
S	-MH
H	



Aplikace



Čelní frézování
D 57



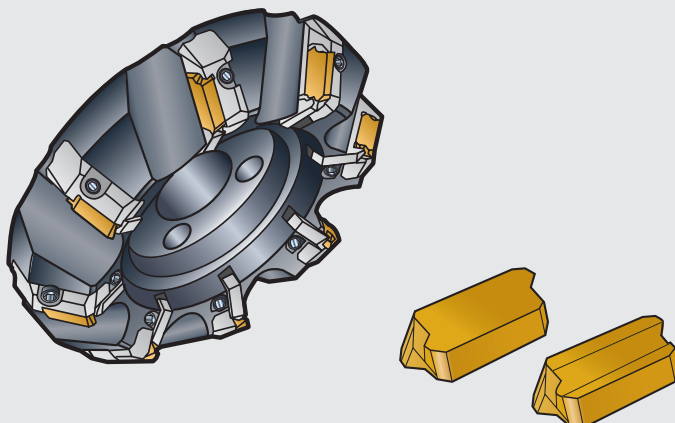
Obrábění s obtížnými přerušovanými
řezy
D 58



Čelní frézování v náročných pod-
mínkách
D 62

T-Max® 45

Velká rychlost úběru kovu na výkonných frézách



– Úhel nastavení 45° a odolné břitové destičky umožňují obrábění za nepříznivých podmínek nebo s dlouhým vyložením nástroje.

– 2 mm dlouhé paralelní zábřity a sekundární břity představují efektivní prostředek pro žádoucí hladicí řez vedlejším ostřím

– Axiálně stavitelná s přesností na 5 µm

– Hladicí břitové destičky pro dokončovací obrábění

Geometrie VBD

ISO	M	H	W *)
P	-31, -32	-11	-1W
M	-31, -32	-11	-1W
K	-31, -32	-11	-1W
N		-11	
S	-32	-11	
H	-31, -32	-11	-1W

*) W = Hladicí VBD

Upínání a nastavení

Pro usnadnění práce by mělo být k dispozici níže uvedené vybavení.

Vybavení, které je třeba objednat samostatně u firmy Sandvik Coromant:

1. Klíč pro vyjmutí bajonetové podložky (260.7-857)
2. Klíč pro uvolnění podložky (260.7-855)
3. Šestihranný klíč (174-815)
4. Upínací páka (260.7-856M)

Vybavení, které je třeba objednat u firmy Sandvik Coromant:

1. Úchylkoměr s měřicí deskou
2. Měřicí hrot (měřidlo)
3. Momentový klíč
4. Molycote
5. Čistící prostředek

Příslušenství dodávané společně s frézou T-Max 45:

1. T-klíč (265.2-821)
2. Upínací páka

Axiální seřízení

Frézu je možné axiálně seřídit s přesností na 5 µm. Axiální seřízení se provádí pomocí dvou šroubů působících na nos na zadní straně podložky. V případě poškození je možné podložku normálně vyměnit bez toho, že by došlo k ovlivnění axiálního seřízení.

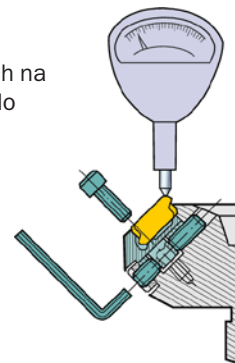
Aplikace



Všeobecné čelní frézování
D 57

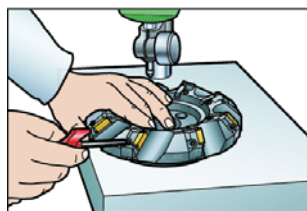
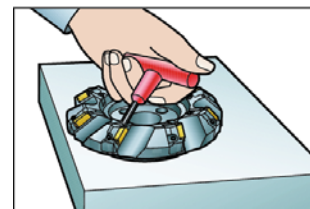
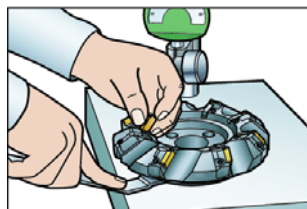


Obrábění s přerušovaným řezem
D 58



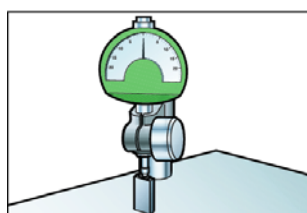
Demontáž

1. Pro demontáž břitových destiček použijte upínací páku.
2. Povolte seřizovací šroub o dvě otáčky, použijte T-klíč.
3. Vyjměte pojistný šroub, použijte T-klíč.
4. Otočte frézu a povolte pojistné matice.
5. Povolte přitlačný šroub o dvě otáčky, použijte klíč pro uvolnění podložky.
6. Otočte frézu, stlačte upínací mechanismus a vyjměte podložku.



Seřízení

1. Nastavte úchylkoměr (pomocí kontrolního systému nebo spárových měrek) na hodnotu 62.98 mm.
2. Stlačte upínací mechanismus a namontujte podložku do příslušného lůžka.
3. Dotáhněte přitlačný šroub upínacím momentem přibližně 9 Nm, použijte T-klíč. Zkontrolujte, zda podložka je správně usazena ve svém lůžku.
4. Upněte měřicí břitovou destičku.
5. Pomocí šroubu přednastavte podložku a měřicí břitovou destičku na 10 µm.
6. Uvolněte upnutí břitové destičky a pevně ji zatlačte do správné polohy. Pokračujte v přednastavení na +20 µm.
7. Nakonec pomocí šroubu nastavte břitovou destičku na ±2.5 µm, použijte momentový klíč pro hodnotu 9 Nm.
Poznámka: Jestliže není dodržena tolerance $0 \pm 2.5 \mu\text{m}$, počáteční hodnotu je třeba zvýšit z +20 µm na 25-30 µm. Potom zopakujte jemné seřízení.
8. Otočte frézu a dotáhněte pojistnou matici.
Poznámka: Pro seřízení je vždy nutné použít stejnou řeznou hranu měřicí břitové destičky, protože paralelní zábřity mohou mít různé výrobní odchylky.



Náhradní díly a příslušenství, viz Hlavní katalog.

Tolerance

Břitová destička: $\pm 13 \mu\text{m}$

Podložka: $\pm 10 \mu\text{m}$

Základní nastavení: $\pm 5 \mu\text{m}$

Nové frézy T-Max 45, dodané ze skladu, mají maximální přípustnou odchylku $5+26 = 31 \mu\text{m}$.

U fréz, kde byla provedena výměna jedné nebo více podložek bez provedení nového základního nastavení má maximální odchylka hodnotu $5+26+20=51 \mu\text{m}$.

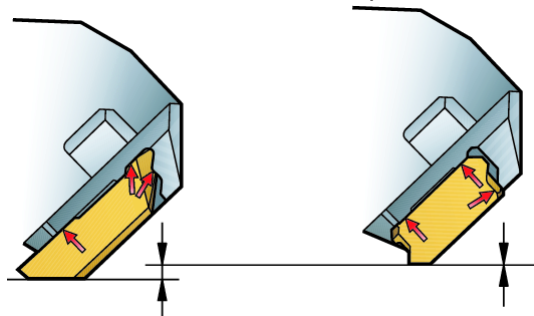
Upnutí břitové destičky

Břitové destičky jsou určeny pro použití ve stanoveném typu lůžka.

Poznámka: Neupínejte břitové destičky LNCX do lůžka pro hladící VBD.

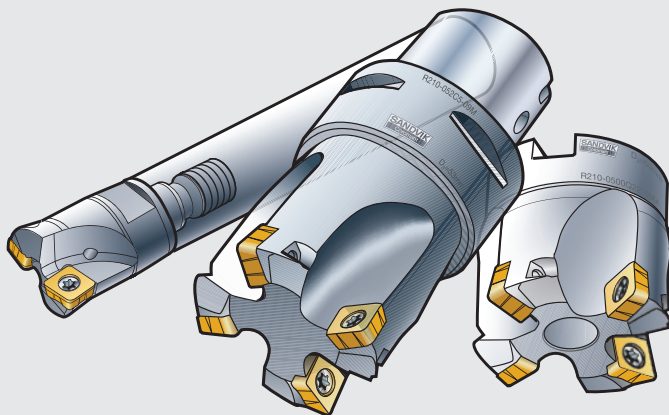
Hladící VBD ve správném lůžku

Břitová destička LNCX ve správném lůžku











CoroMill® 210







Hrubovací fréza vhodná pro frézování s vysokými rychlostmi posuvu



- Řezné síly směřují hlavně proti vřetenu, což umožňuje stabilitu obráběcího procesu, který zůstává prakticky bez vibrací nebo působení bočních sil způsobujících průhyb nástroje
- Umožňuje řešení problémů v případě operací, které vyžadují použití dlouhých nástrojových sestav
- Fréza pro vysoké rychlosti posuvu, pro čelní i ponorné frézování
- Při úhlu nastavení 10° vznikají tenké třísky, což při práci v tangenciálním směru dovoluje použití posuvu na zub o velikosti až 4 mm.
- Ve srovnání s oblémi břitovými destičkami má při ponorném frézování konstantní velikost maximální tloušťky třísky pozitivní vliv na snížení rizika vibrací.

	Spojka Coromant Capto®		Upínací trn		Válcová stopka	MSSC
						
Průměr frézy (D_3), mm	36 – 66	52 – 86	50 – 63	63 – 160	25 – 42	25 – 42
Velikost VBD, mm	9	14	5	14	9	9
a_e / a_p (mm)	8/1.2	13/2	8/1.2	13/2	8/1.2	8/1.2
Materiál						

Geometrie VBD

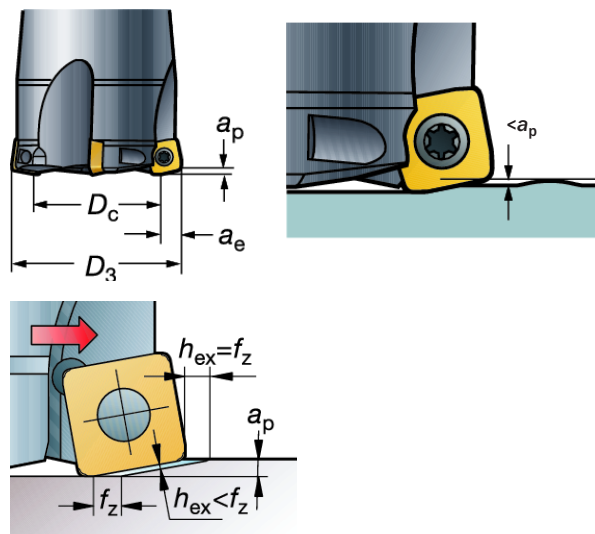
ISO	M
 P	M-PM, E-PM
 M	M-MM, E-MM
 K	M-KM, E-KM
 N	
 S	E-MM, M-MM, E-KM
 H	M-PM, E-PM

Doporučení pro volbu obráběcího stroje

- Stroje s kuzelem ISO 50 nebo s rozhraním odpovídající velikosti nebo větším.
- Stroje s kuzelem ISO 40 při nízkých otáčkách vřetena (ot/min), bez keramických ložisek.

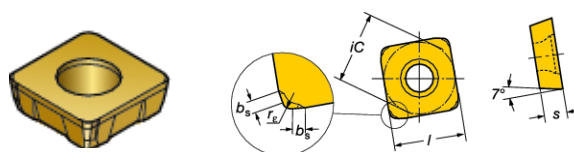
Metody bránící vzniku výčnělků a vrstev neodebraného materiálu při čelním frézování.

- Jestliže hodnota a_e přesáhne velikost D_c , na obrobce ploše vznikají výstupky.
- Maximální hodnota a_p je potom při frézování přes tyto výčnělky snadno překročena a tomu je třeba předcházet.
- Maximální hodnota a_p nesmí být překročena.
- Při frézování přes výčnělky je třeba, pokud je to možné, snížit rychlost posuvu na 50%.
- Rovného povrchu obrobce lze dosáhnout pouze tehdy, když hodnota a_e je menší nebo rovna D_c .



Frézování rovinných ploch pomocí navazujících opakovaných průchodů

Průměr frézy (D_3), mm	Průměr v řezu, (D_c), při frézování rovinných ploch	
	iC 09 (D_c), mm	iC 14 (D_c), mm
25	10.9	-
32	17.9	-
36	21.9	-
42	27.9	-
50	35.9	-
52	37.9	28
63	48.9	39
66	51.9	42
80	65.9	56
82	67.9	58
100	-	76



Rozměry, mm

$l = iC$	s	r_e	a_p	a_e	b_s
9.4	4.0	1.2	1.2	8	1.0
14.5	4.76	1.2	2.0	13	1.0

Aplikace



Frézování s velkými rychlostmi
posuvu
D 60



Ponorné frézování
D 116



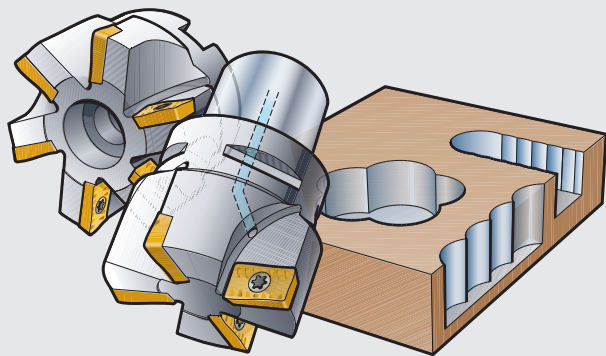
Zahlubování pomocí šroubovicové
interpolace
D 105







Postupné zahlubování
D 104

Fréza pro ponorné frézování Coromant

Velice výkonné frézování s velkými rychlostmi úběru kovu



- Alternativa k fríze CoroMill 210 pro větší radiální hloubky řezu
- Velmi pevné břitové destičky navrženy se spirálovitě stočeným ostřím umožňují zvýšení rychlosti úběru kovu a plynulý záběr nástroje.
- Řezné síly směřují v axiálním směru proti vřetenu stroje a vystavují jej tak menšímu únavovému a mechanickému namáhání. Rovněž je tím usnadněna práce při použití dlouhých nástrojových sestav.
- Robustní konstrukce
- Optimální výkonnosti se dosáhne na obráběcích strojích s rozhraním ISO 50 nebo jemu podobným

	Spojka Coromant Capto®	Upínací trn
		
Průměr frézy (D_C), mm	80 – 85	100 – 160
Maximální (a_e), mm	22	22
Materiál		

Geometrie VBD

ISO	M
P	-PM
M	-PM
K	-PM
N	-PM
S	-PM
H	-PM

Vysoká produktivita

- Vysoká pevnost břitové destičky, navržené se spirálovitě stočeným ostřím, umožňuje zvýšení rychlosti úběru kovu a plynulý záběr nástroje.
- Velké břitové destičky umožňují zkrácení času cyklu a snížení počtu průchodů.

Vynikající odvádění třísek

- Konstruktivní provedení břitové destičky a velké zubové mezery zaručují znamenité odvádění třísek.

Malý požadovaný příkon a nízká hlučnost

- Robustní tělo frézy a spirálovitě stočené břity se projevují velmi klidným a plynulým záběrem nástroje.
- Je možné odebrat větší objemové množství materiálu bez nutnosti zvýšení výkonu stroje.

Malé namáhání vřetena stroje

- Řezné síly jsou nasměřovány axiálně proti vřetenu stroje a vystavují jej tak menšímu únavovému a mechanickému namáhání.

Maximální stabilita

- Pro dosažení co nejlepších výsledků, je třeba použít co nejkratší možnou délku, l_1 , a co největší možný průměr, D_C .
- Pro zajištění optimální stability použijte upínací systém Coromant Capto.

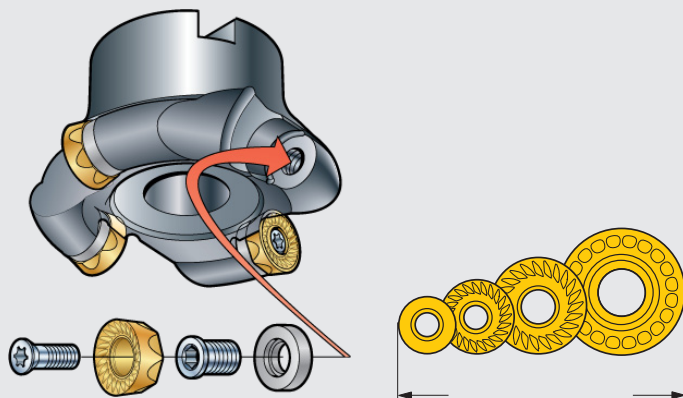
Aplikace



Ponorné frézování
D 116

CoroMill® 200

Robustní víceúčelová fréza pro hrubování a práci v náročných podmínkách

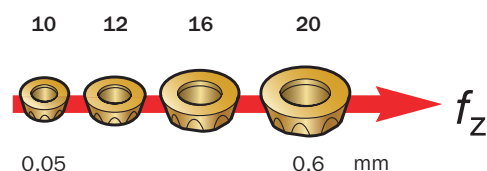


- Pevné břity odolávají náročným podmínkám s přerušovanými řezy (díry, spáry atd.) a/nebo abrazivní povrchovou vrstvou (kůrou)
- Geometrie VBD pro velké rychlosti úběru kovu – velké hodnoty a_p a f_z
- Pro větší stroje s dobrou stabilitou a dostatečným výkonem
- Nejlepší využití na strojích s velikostí vřetena ISO 50 (ISO 40)
- Vyžaduje tuhost nástrojové sestavy a upnutí obrobku

	Válcová stopka	Upínací trn
Průměr frézy (D_3), mm	25 – 50	50 – 160
Velikost VBD (iC), mm	Max. hloubka řezu (a_p), mm	
10	5	5
12	6	6
16	8	8
20	10	10
Materiál		

Geometrie VBD

ISO	L	M	H
P	-PL	-PM	-PH
M	-ML	-MM	-MM
K	-KL	-KM	-KH
N	-PM	-PM	
S	-ML	-MM	
H	-PL		



Aplikace – CoroMill® 200 a CoroMill® 300



Čelní frézování
D 57



Tvarové frézování
D 68



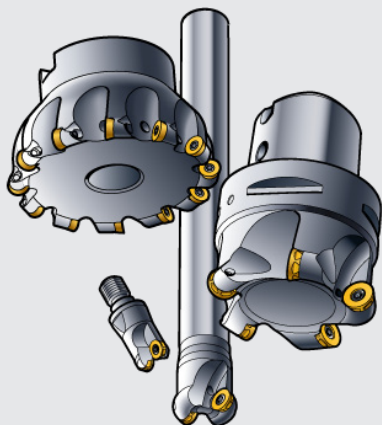
Lineární postupné zahlubování
D 104



Zahlubování pomocí šroubovicové interpolace
D 105

CoroMill® 300

CoroMill® 300, univerzální stopkové a čelní frézy s lehkým řezem



Komplexní výrobní sortiment fréz pro hrubování až polodokončování s vysokými rychlostmi posuvu

- Malé nároky na výkon stroje umožňují zvýšení efektivity obrábění jak na stabilních, tak i výkonově slabých strojích
- Lehký řez přispívá k hladkému vstupu a výstupu ze záběru a umožňuje použití dlouhých nástrojových sestav bez vzniku vibrací
- Přesně broušené břitové destičky umožňují vysokou přesnost obrábění
- Stopkové a čelní frézy v neutrálním a pozitivním konstrukčním provedení a toroidní verze frézy v neutrálním provedení
- Velké břitové destičky, iC 20 mm, představují alternativu pro těžké hrubování, která je z hlediska hospodárnosti srovnatelná s možností osminásobné výměny řezné hrany břitové destičky



Velikost VBD (i_c), mm

05 07 07 08 10 12 16 20

Neutrální konstrukční provedení/toroidní stopkové frézy

Průměr (D_3), mm

10 – 32

Max. hloubka řezu (a_p), mm

0.7 1.0 1.5 1.2 2.0 5.0 8.0

Pozitivní konstrukční provedení

*) Průměr (D_3), mm

10 – 200

Max. hloubka řezu (a_p), mm

4.0 5.0 6.0 8.0 10.0

*) Průměr (D_3), mm

Stopkové frézy
Čelní frézy
-Spojka Coromant Capto
-Upínací trn

Neutrální stopkové frézy
se závitovou spojkou

25 – 40

35 – 100
40 – 200

10 – 42

Pozitivní konstrukční provedení vhodné pro čelní a stopkové frézy

- Stopkové frézy s vynikající přístupností a chováním v záběru při libovolném směru posuvu v průběhu víceosého obrábění komplikovaných tvarů.
- Lehký řez rovněž umožňuje použití čelních fréz v pozitivním provedení s malou velikostí břitových destiček a s velmi malou zubovou roztečí pro dosažení vysoké produktivity při vysokých řezných rychlostech v kombinaci s vysokými rychlostmi posuvu stolu.

Aplikace

Stejně jako u fréz CoroMill 200, viz strana 163.

Geometrie VBD

ISO	L	M	H
P	-PL	-PM	-PH
M	-ML	-MM	-MH
K	-KL	-KW	-KH
N	-PL	-PM	
S	-ML	-MM	-MH
H	-PL	-PM	

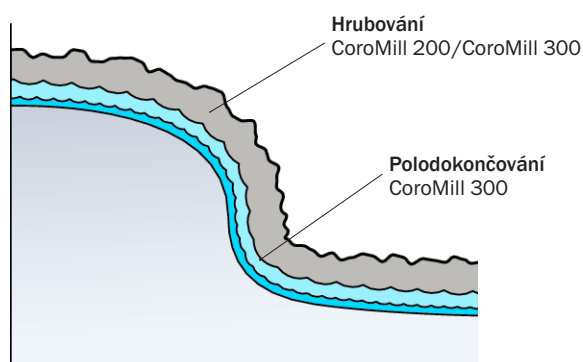
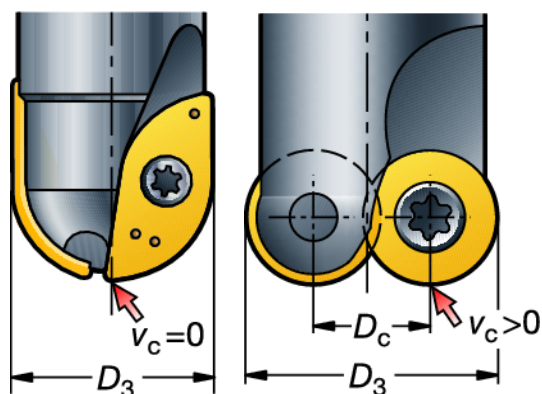
Toroidní frézy v neutrálním konstrukčním provedení

Toroidní frézy využívají dvě kruhové břitové destičky umístěné tak, že každá břitová destička přesahuje nebo téměř přesahuje středovou osu frézy.

Tato konstrukce eliminuje nepříznivý průběh záběru, ke kterému dochází u stopkových fréz s kulovým čelem v ose nástroje, kde se řezná rychlost blíží nule.

Funkční část toroidního břitu není v žádné své části vystavena účinkům nulové řezné rychlosti.

Vždy vypočítejte skutečnou řeznou rychlost, v_c . Podrobnější informace viz Tvarové frézování, strana D 76.



Bezpečný průběh řezu a přístupnost pro frézování v úzkých dutinách.

- Stopkové frézy malých průměrů se stopkami všech typů.
- Toroidní frézy umožňují významné zvýšení produktivity a jejich použití je velice vhodné pro lehké hrubování, odfrézování zbývajících neodebraných vrstev materiálu a pro polodokončovací operace.
- Dobré funkční předpoklady pro ponorné frézování a postupné zahlubování.
- Vynikající pro tvarové frézování v případech, kdy konstantní velikost přídavku na obrábění představuje základní požadavek pro použití technik pro obrábění tvarů blížících se požadovanému konečnému tvaru součásti.
- Omezení rizika vzniku vibrací při použití štíhlých a dlouhých nástrojových sestav.

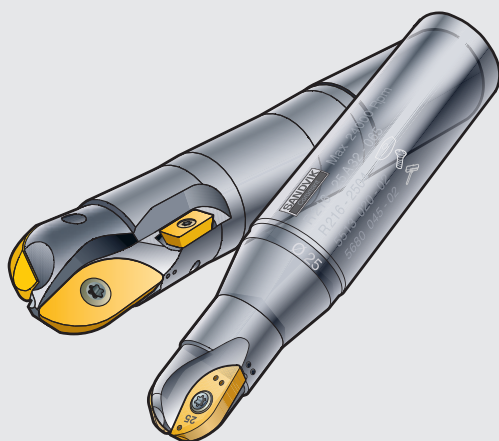
Toroidní frézy mohou v mnoha operacích nahradit stopkové frézy s kulovým čelem za předpokladu, že jsou zajištěny ideální podmínky pro vysoce produktivní a spolehlivý obráběcí proces.

- Produktivnější řešení pro kopírovací frézování 3D-profilů.
- Funkční předpoklady pro práci s větší hloubkou řezu umožňující snížení počtu potřebných průchodů.
- Možnost až šesti výměn břitu na jednu břitovou destičku znamená vyšší hospodárnost nástroje z hlediska nákladů.
- Vyšší rychlosti posuvu na zub při malých hloubkách řezu – u toroidního tvaru břitu probíhá řez na obvodu nástroje.
- Velmi dobrá kvalita obrobené plochy.

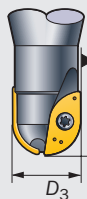


Stopková fréza s kulovým čelem CoroMill® 216

Pro hrubovací a polodokončovací tvarové frézování



M	D_3	+0.07 -0.23
E	D_3	+0.0 -0.20



- Fréza se dvěma břity pro efektivní všeobecné kopírovací a tvarové frézování
- Hloubky řezu až 44 mm
- Posuv na zub až 0.6 mm

Možnosti pro volbu břitových destiček

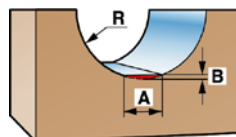
M - tolerance břitových destiček pro vysokou spolehlivost a náročnější řezy

E - tolerance břitových destiček s ostrými řeznými hranami pro vyšší přesnost obrábění, které jsou vhodné pro polodokončování

Geometrie břitových destiček

ISO	M
P	-M
M	-M
K	-M
N	-M
S	-M
H	-M

	Válcová stopka	Weldon	Závitová spojka
Průměr frézy (D_3), mm	10 – 32	12 – 50	10 – 32
Max. hloubka řezu (a_p), mm	8.6 – 28.6	10.8 – 44.6	8.6 – 28.6
Materiál			



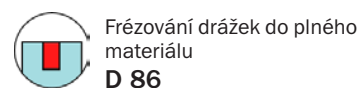
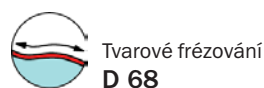
Omezení

Při obrábění drážky do plného materiálu nemá vznikající dno dokonalý poloměr. Tato chyba tvaru se objevuje v oblasti záběru v blízkosti osy nástroje a lze ji minimalizovat použitím břitových destiček s tolerancí E.

Tolerance břitu

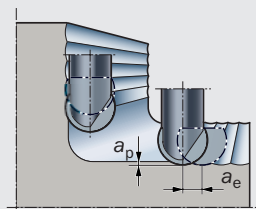
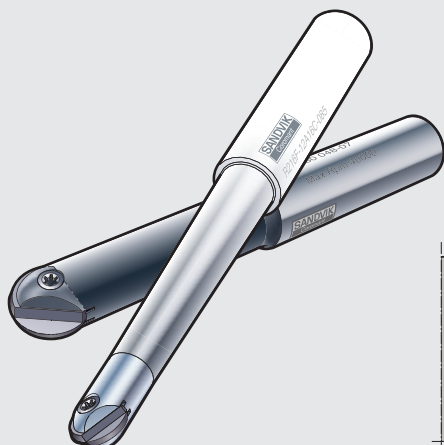
-M			-E		
R	A	B	R	A	B
5	–	–	5	0.15	<0.01
6	1.4	0.07	6	0.15	<0.01
8	1.7	0.09	8	0.15	<0.01
10	2.2	0.12	10	0.15	<0.01
12.5	3.0	0.1	12.5	0.15	<0.01
15	3.9	0.20	15	0.15	<0.01
16	3.5	0.22	16	0.15	<0.01
20	3.6	0.24	20	0.15	<0.01
25	3.8	0.26	25	0.15	<0.01

Aplikace



Dokončovací fréza CoroMill® 216F s kulovým čelem

Dokončovací fréza umožňující dosažení vynikající kvality obrobené plochy a přesnosti



- Funkční vlastnosti srovnatelné s monolitními karbidovými stopkovými frézami
- Provedení s ocelovou stopkou pro všeobecné tvarové obrábění
- Tuhá karbidová stopka v případě požadavku na vysokou přesnost
- Fréza pro frézování tvarů s malými přídávky na obrábění
- Břítová destička pro frézování obrysů v tvrdých ocelích

Válcová stopka



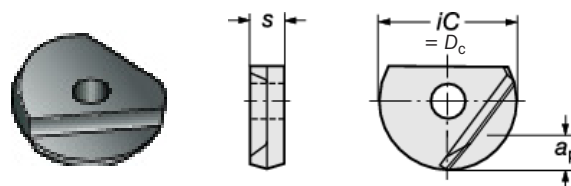
Průměr frézy (D_c), mm	8 – 32							
Velikost VBD (iC), mm	8	10	12	16	20	25	30	32
Tolerance (iC), mm	+ 0/- 0.016							
Max. hloubka řezu (a_p), mm	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.7	4.5	4.5
Materiál	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; padding: 0;"> <div style="margin-right: 2px;">P</div> <div style="margin-right: 2px;">M</div> <div style="margin-right: 2px;">K</div> <div style="margin-right: 2px;">N</div> <div style="margin-right: 2px;">S</div> <div style="margin-right: 2px;">H</div> </div>							

Geometrie břítových destiček

ISO	L
P	-L
M	-L
K	-L
N	-L
S	-L
H	-L

Volitelné břítové destičky

R216F-xxx E-L - geometrie břítových destiček pro dokončovací tvarové frézování v oceli, korozivzdorné oceli, šedé nebo nodulární litině, hliníku, Kirksite a grafitu



Poznámka:

S využitím přesných technik programování může dokončovací fréza v řadě operací nahradit konvenční stopkové frézy s kulovým čelem, přičemž se významně zvýší kvalita obrobené plochy, často při mnohem vyšších rychlostech posuvu.

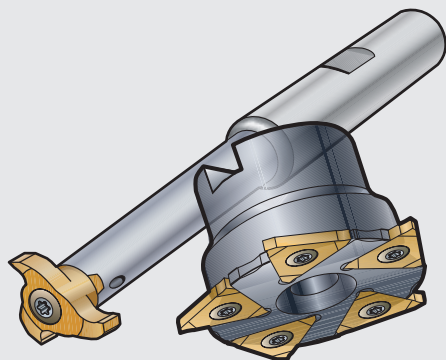
Aplikace



Tvarové frézování
D 68

CoroMill® 327 a CoroMill® 328

Univerzální nástroje s různými průměry a zubovými roztečemi pro obrábění nerotačních součástí














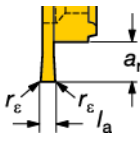
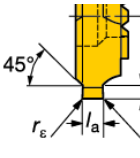
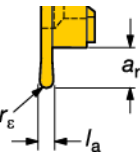
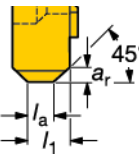
CoroMill® 327

- Frézování vnitřních drážek, výřezů a závitů v otvorech od průměru 10 mm
- Břitové destičky s čelním upínáním jsou usazené v drážkách zvyšujících bezpečnost a stabilitu upnutí
- Vnitřní přívod řezné kapaliny pro zlepšení odvádění třísek

CoroMill® 328

- Frézování vnějších drážek, výřezů a závitů
- Frézování vnitřních drážek, výřezů a závitů v otvorech od průměru 39 mm
- Vyměnitelné břitové destičky pro vysoce produktivní a cenově efektivní obrábění
- Břitové destičky uložené v samostatných lůžkách umožňují bezpečné a stabilní upnutí

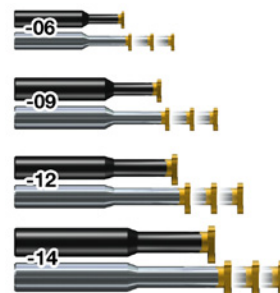
CoroMill® 327

	Frézování drážek nebo drážek pro pojistné kroužky *	Frézování drážek pro pojistné kroužky se sražením hrany *	Frézování drážek Plný poloměr	Sražení hran	Řezání závitů
					
Průměr frézy (D_c)	9.7 – 27.7	21.7	11.7 – 21.7	11.7 / 21.7	11.7 – 21.7
Max. hloubka řezu (a_r), mm	6.5	2.0	4.5	1.7	2.5
Max. hloubka řezu (l_a), mm	0.7 – 5.15	1.1 – 4.15	1.0 – 4.0	1.2 / 2.0	
Poloměr rohu (r_e)	0, 0.1, 0.2	0.1, 0.2	0.5 – 2.0	Nemá	
Počet zubů (z_n)	3, 6	3	3	3	3, 6
Materiál					
Tvar					Rozteč 1 – 4.5 V-profil 60° (částečný profil) Metrický závit 60° (plný profil) Whitworthův závit 55° (plný profil)

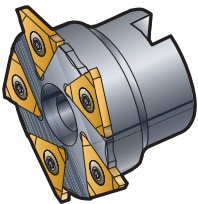


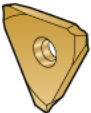



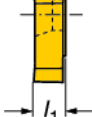
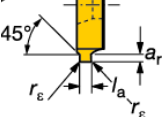
Ocelové nebo karbidové stopky

Fréza CoroMill 327 má ocelovou nebo karbidovou stopku a k dispozici je ve 4 průměrech s vyloženíem od 74 do 160 mm. Používejte:

- Ocelové stopky pro všeobecné obrábění v případě, že podmínky pro frézování jsou dobré.
- Stopky ze slinutého karbidu pro zajištění menšího průhybu nástroje a umožnění většího vyložení nebo vyšší tuhosti nástrojové sestavy pro snížení vibrací na minimum.



CoroMill® 328

	Frézování drážek pro pojistné kroužky *	Frézování drážek pro po- jistné kroužky se sražením hrany *	Řezání závitů
			
Průměr frézy (D_c)	39 – 80	39 – 80	39 – 80
Max. hloubka řezu (a_r), mm	3.0 – 5.0	3.0	3.2
Max. hloubka řezu (l_d), mm	1.3 – 5.15	1.1 – 5.15	
Poloměr rohu (r_e)	0.1, 0.15	0.1, 0.15	Nemá
Počet zubů (z_n)	2, 3, 5, 8	2, 3, 5, 8	2, 3, 5, 8
Material			
Tvar			Rozteč 1.5 – 6 V-profil 60°

*) Frézy CoroMill 327 a CoroMill 328 - šířky a tolerance dle DIN 471/472.

Korekce na poloměr

Při programování posuvu středu nástroje může dosáhnout posuv na obvodu značně vysokých hodnot.

Ujistěte se, že program pracuje s korekcí na poloměr, aby byla zajištěna správná hodnota posuvu.

Podrobnější informace o způsobu programování při řezání závitů, viz Frézování drážek, strana D98.

Údržba nástrojů - CoroMill® 327

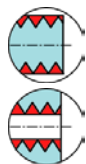
Vyčištění lůžek břitových destiček před každým použitím pomáhá k zajištění maximální opory břitové destičky.

U nových nástrojových držáků dosáhnete správného předeptnutí šroubu pro upínání VBD 5x opakovanou montáží a demontáží břitové destičky před jejich prvním použitím pro obrábění.

Aplikace



Frézování mělkých drážek a výřezů
D 86



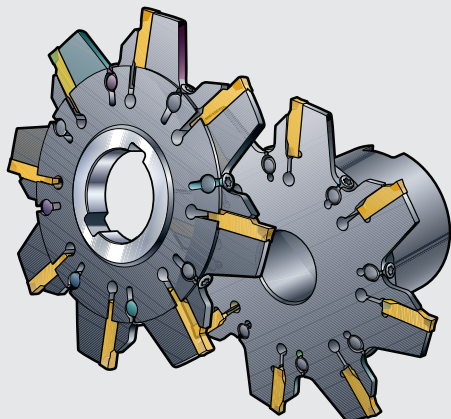
Řezání závitů
D 95



Srážení hran
D 126

CoroMill® 329

Drážkovací fréza



– První volba pro hloubky řezu ≤ 18 mm

– Univerzální nástroje pro výrobu přesných drážek, výřezů s rovným dnem a pro dělení materiálu

– Břítové destičky umístěné v jedné linii umožňují vynikající odvádění třísky a dovolují použití vysoké rychlosti posuvu stolu

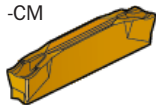


Průměr frézy (D_c), mm	125 – 160
Max. šířka řezu (a_p), mm	2.5 – 4.0
Max. hloubka řezu (a_r), mm	18
Materiál	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 2px;"></div> <div style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; margin-right: 2px;"></div> <div style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 2px;"></div> <div style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 2px;"></div> <div style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: orange; margin-right: 2px;"></div> <div style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black;"></div> </div>

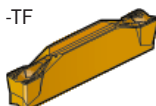
Doporučení pro volbu břítové destičky

Fréza CoroMill 329 se používá společně s břítovými destičkami CoroCut 2 v provedení s upínací plochou s V profilem.

-CM Pro všechny materiály představuje první volbu geometrie - CM.



-TF Dobrá kontrola utváření třísky a kvalita obrobeného povrchu díky konstrukčnímu provedení s hladícím břitem.



Fréza CoroMill 329 má integrovaný šroubový upínací mechanismus pro stabilní a spolehlivé upnutí břítové destičky. Palcem zatlačte břítovou destičku do jejího lůžka. Pro upnutí (uvolnění) břítové destičky použijte šroubovák (Torx Plus).

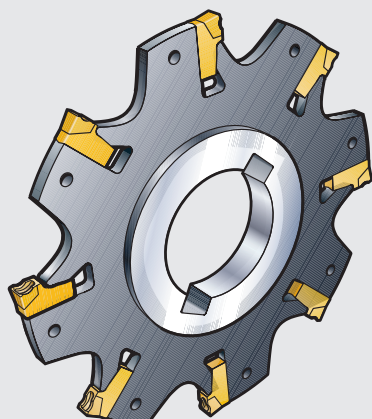
Aplikace



Frézování mělkých drážek a výřezů
D 90

T-Max® Q-Cutter

Frézy pro frézování drážek a dělení materiálu



– Alternativní fréza pro výrobu úzkých drážek, výřezů s rovným dnem a pro dělení materiálu

– Břítové destičky umístěné v jedné linii umožňují vynikající odvádění třísky a dovolují použití vysoké rychlosti posuvu stolu

– Alternativní nástroj pro hlubší řezy

Tailor Made

- Nabídka zahrnuje také úpravy na přání zákazníka.

Všeobecné soustružení

B

Upichování a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vyrvtávání

G

Upínání nástrojů/ Stroje

H

Materiály

I

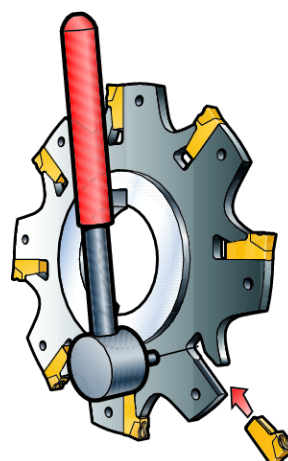
Informace/Rejstřík

Průměr frézy (D_c), mm	80 – 315
Max. šířka řezu (a_p), mm	6.0
Max. hloubka řezu (a_r), mm	119
Materiál	

Doporučení pro volbu břítových destiček

Fréza T-Max Q-Cutter se používá společně s břítovými destičkami Q-Cut.

- AA První volbou je 330.20 AA, břítová destička s úzkými tolerancemi a geometrií a nabídkou karbidových tříd přizpůsobenou pro frézovací operace.
- 4E Pro materiály s nízkým obsahem uhlíku použijte destičky typu N151.2-4E.
- 5E Pro měď a hliník použijte destičky typu N151.2-5E.



Pro rychlé a snadné upínání používejte speciální klíč.

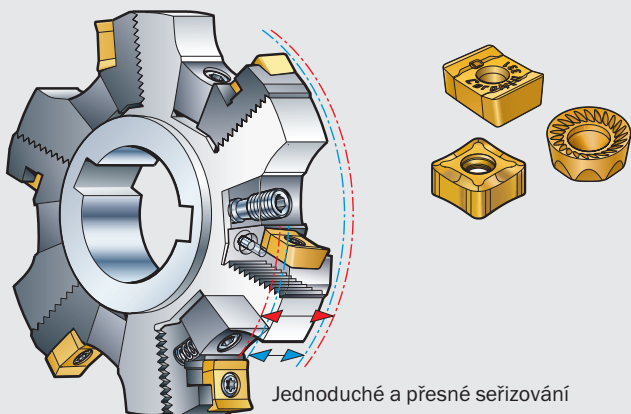
Aplikace



Frézování drážek
D 86

CoroMill® 331

Víceúčelová kotoučová fréza s vysokou přesností



- Pružinou přitlačované kazety umožňují snadné seřízení na požadovanou šířku

– Dodávané frézy mají šířku seřízenou s přesností na 0.01 mm. Pro zajištění nejužších tolerancí použijte břitové destičky s tolerancí H

- Alternativy s kruhovými destičkami a rozsáhlá nabídka poloměrů rohů






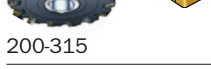
– Břitové destičky s 8 řeznými hranami pro frézování čelních ploch. Úhel nastavení 88°.

- Jemná rozteč, provedení s pevnými lůžky VBD

– Otevřené zubové mezery usnadňují odvádění třísek

Výklad ke kódovému značení, viz strana D 179.

Aplikace

Typ frézy a VBD Průměr frézy (D_c) mm	Max. šířka řezu (a_p) mm	Frézování drážek/ dělení materiálu	Oboustranné frézování bočních stěn drážky	Frézování do rohu	Frézování čelních ploch	Frézování složenou frézou	Zpětné frézování čelních ploch	Postupné zahlubování pomocí šroubovicové interpolace
N331.35-...S... 	10	●		●	●	●	●	●
40 – 125								
N331.32-...S... 	26.5	●		●	●	●	●	●
80 – 315								
N331.32-...Q... 	26.5	●		●	●		●	●
80-315								
N331.32-...A... 	10	●		●	●		●	●
40-100								
N331.52-...S... 	33.8		●		●		●	
200-315								
N331.32-...Q... N331.32-...S... 	10.1				●		●	
60-315								

Geometrie a třídy VBD

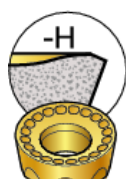
Mimořádně pozitivní



Lehké

Lehké obrábění
Nízké řezné síly
Nízké rychlosti posuvu
Úzké tolerance

Zesílený břit

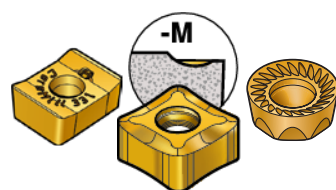


Těžké

Těžké obrábění
Nejvyšší spolehlivost břitu
Vysoké rychlosti posuvu

Geometrie VBD

ISO	L	M	H
P	-PL	-PM	-PH
M	-ML	-MM	
K	-KL	-KM	-KH
N	-NL		
S	-ML	-MM	
H	-PL	-PM	-PH



Střední obrábění

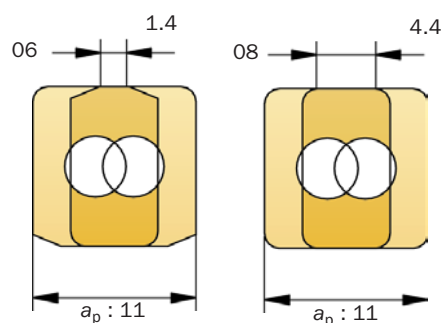
Obecné použití ve většině materiálů

Zkrácená délka břitu u břitových destiček na zakázku (Tailor Made)

Při řezání drážek používejte nejmenší možnou šířku frézy. Z hlediska optimalizace je potom vzájemné překrytí nejkritičtější faktorem.

Zkrácení délky břitu znamená snížení vzájemného překrytí, což ve svém důsledku přináší snížení opotřebení v oblasti překrytí, zlepšení kontroly utváření třísky a snížení požadavků na příkon až o 10%.

Na vyžádání jsou k dispozici volitelné břitové destičky (Tailor Made) se zkrácenou délkou břitu.

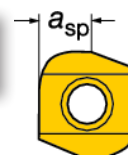


Břitová destička
v provedení na zakázku
se zkrácenou délkou
břitu (Tailor Made)



























Standardní
Velikost VBD 08

Výpočet délky břitu:

$$a_{sp} = \frac{a_p}{2} + 0.2$$



Podrobnější informace o způsobu použití fréz CoroMill 331 viz: obecné řezání drážek a použití setrvačníku, strana D89
Zpětné frézování čelních ploch, strana D49.

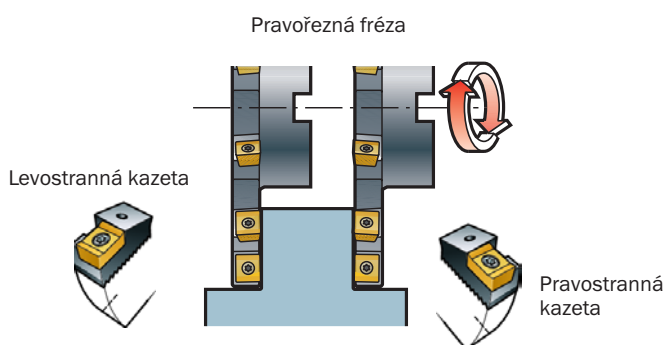
Velikost VBD	2 břity Poloměr rohu VBD, r_e							Velikost VBD	8 břitů Poloměr rohu VBD, r_e	
	0.5	0.8	1.52	2.29	3.05	4.83	6.35		0.8	2.0
04								13		
05										
08										
11										
14										

Provedení břitové destičky

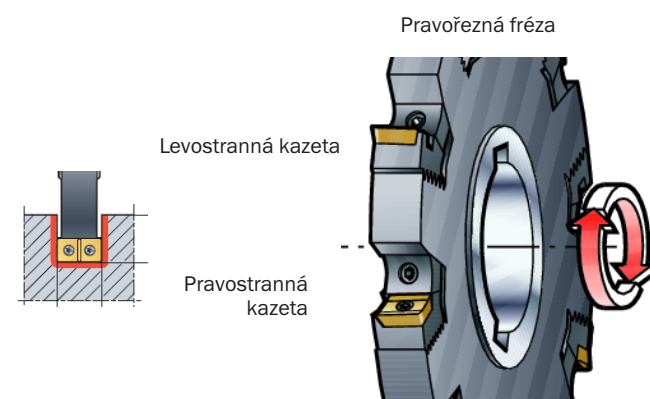
Většina typů břitových destiček má neutrální provedení (N). Břitové destičky se zaoblenými rohy jsou také v neutrálním provedení, ale varianty s větším poloměrem rohů jsou k dispozici také v levostranném (L) nebo pravostranném (R) provedení.

Tělesa fréz, kazety a břitové destičky je možné kombinovat pro všechny typy aplikací.

Jednostranné kotoučové frézy



Oboustranné kotoučové frézy



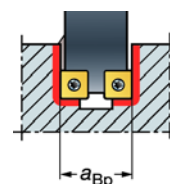
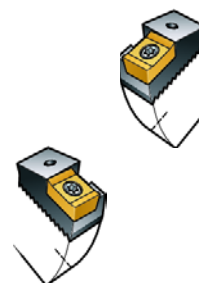
Podrobnější informace o způsobu volby frézy viz strana D49.

Kazety pro břitové destičky s poloměrem rohu menším než 1.55 mm

Šířka	Velikost VBD	Pravostranná kazeta	Levostranná kazeta
CM, 6-8	04	5321 240-15	5321 240-16
DM, 8-10	05	5321 240-13	5321 240-14
EM, 10-12	08	5321 240-01	5321 240-02
FM, 12-15	08	5321 240-03	5321 240-04
KM, 15-17.5	11	5321 240-07	5321 240-08
LM, 17.5-20.5	11	5321 240-07	5321 240-08
QM, 20.5-23.5	14	5321 240-09	5321 240-10
RM, 23.5-26.5	14	5321 240-09	5321 240-10
QM, RM se čtvercovými VBD	13	5321 260-01	5321 260-02

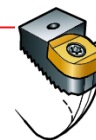
Kazety pro dvojité jednostranné kotoučové frézy

	Šířka (a_{Bp}), mm	Velikost VBD	Pravostranná kazeta	Levostranná kazeta
MM, MMR/L a_{Bp}	27.2-30.2	11	5321 240-05	5321 240-06
NM, NMR/L a_{Bp}	30.8-33.8	11	5321 240-07	5321 240-08



Kazety pro břitové destičky s poloměrem rohu 1.55 - 6.50 mm

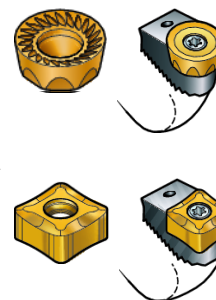
* Pravostranné kazety = RC
Levostranné kazety = LC



X			A		B		D		E	
Tělo frézy	Poloměr rohu břitové destičky		1.55 - 2.60		2.61 - 3.50		4.51 - 5.50		5.51 - 6.50	
	Šířka (a_p), mm	Velikost VBD	* RC	* LC	* RC	* LC	* RC	* LC	* RC	* LC
CMx	6.0-8.0	04	5321 240-15.11	5321 240-16.11	-	-	-	-	-	-
DMx	8.0-10.0	05	5321 240-13.11	5321 240-14.11	5321 240-13.22	5321 240-14.22	-	-	-	-
EMx	10.0-12.0	08	5321 240-01.11	5321 240-02.11	5321 240-01.22	5321 240-02.22	-	-	-	-
FMx	12.0-15.0	08	5321 240-03.11	5321 240-04.11	5321 240-03.22	5321 240-04.22	-	-	-	-
KMx	15.0-17.5	11	5321 240-07.11	5321 240-08.11	5321 240-07.22	5321 240-08.22	5321 240-07.44	5321 240-08.44	5321 240-07.55	5321 240-08.55
LMx	17.5-20.5	11	5321 240-07.11	5321 240-08.11	5321 240-07.22	5321 240-08.22	5321 240-07.44	5321 240-08.44	-	-
QMx	20.5-23.5	14	5321 240-09.11	5321 240-10.11	5321 240-09.22	5321 240-10.22	5321 240-09.44	5321 240-10.44	5321 240-09.55	5321 240-10.55
RMx	23.5-26.5	14	5321 240-09.11	5321 240-10.11	5321 240-09.22	5321 240-10.22	5321 240-09.44	5321 240-10.44	-	-
Úprava těla frézy při změně poloměru rohu			-		2.0		4.0		5.0	

Kazety pro kruhové a čtvercové VBD

Tělo frézy	Šířka (a_p), mm	Velikost VBD	Neutrální kazeta	Úprava těla frézy při změně poloměru rohu
Kruhové VBD				
EMQ	10.0-12.0	10	5321 250-02	4
FMQ	12.0-15.0	12	5321 250-03	5
KMQ	15.0-17.5	16	5321 250-05	6
Čtvercové VBD				
QM, RM		13	Pravostranná kazeta 5321 260-01	Levostranná kazeta 5321 260-02



Example

Objednání oboustranné frézy pro šířku drážky 14 mm a poloměr rohu 3 mm:

Požadovaný průměr frézy je 125 mm, s dírou s drážkou pro pero

1. Zvolte frézu

Kódové označení: N331.21-125S40FM 14.00

Tato fréza má 10 zubů a 10 odpovídajících kazet

2. Zvolte kazetu

Ve sloupce "Kazety pro břitové destičky s poloměrem rohu od 1.55-6.50 mm" v tabulce zjistíte, že je třeba k objednávacímu kódu připojit písmeno "B":

N331.21-125S40FMB 14.00

Fréza objednaná pomocí tohoto kódu bude dodána s 5 ks pravostranných kazet, typ 5321240-03.22, a 5 ks levostranných kazet, typ 5321240-04.22. Pro tyto kazety lze používat břitové destičky s poloměrem rohu od 2.61-3.50 mm. Fréza bude nastavena na šířku 14 mm +/- 0.01.

Poznámka: Jestliže pro těleso frézy, původně objednané pro malé poloměry rohu břitových destiček, mají být použity větší poloměry rohu břitových destiček/kazet (od r_e 2.61 mm, nebo kruhové VBD), těleso frézy je nutné upravit. Příslušnou hodnotu je možné najít v tabulce -

"Úprava těla frézy při změně poloměru rohu".

Stejnou úpravu je třeba provést na kazetách původně objednaných pro malé poloměry rohu břitových destiček. Informace o velikostech poloměrů rohů lze najít v hlavním katalogu, v části věnované náhradním dílům.

3. Zvolte břitové destičky

Fréza je osazena 10ti břitovými destičkami velikosti 08. 5 ks z těchto destiček bude obrábět levou stranu drážky a 5 ks pravou. V uvedeném případě mají břitové destičky velký poloměr rohu, a tudíž pravostranné a levostranné provedení:

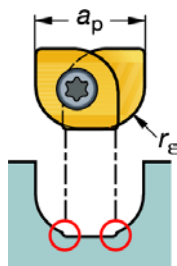
L331.1A-08 45 30 H-WL

R331.1A-08 45 30 H-WL

Omezení při použití břitových destiček s velkým poloměrem rohu

Oboustranné frézování drážek

Velikost VBD	Vypočtená hodnota - a_p
04	$a_p = r_e + 4.6$
05	$a_p = r_e + 6$
08	$a_p = r_e + 8$
11	$a_p = r_e + 11$



Tvarové nepřesnosti na dně drážky.

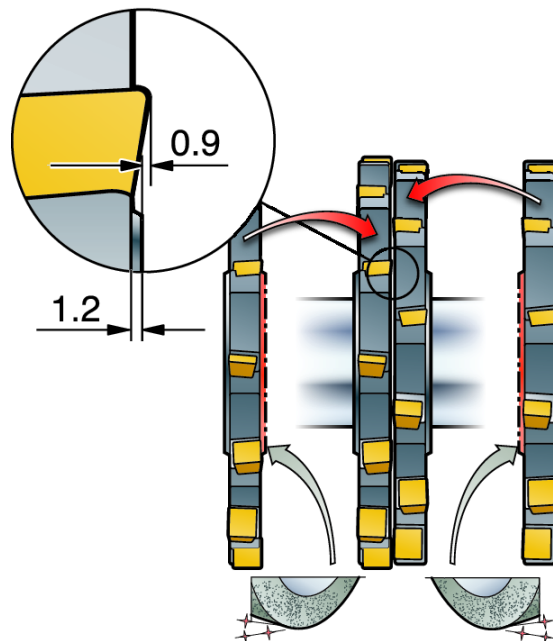
Při seřizení frézy s velkým poloměrem rohů VBD na rozměr při dolním okraji rozsahu nastavení může docházet k tomu, že na profilu drážky budou v přechodové oblasti mezi dnem a poloměrem vznikat malé zářezy.

Složené frézy pro frézování širších drážek

Frézy upínané pomocí díry s drážkou pro pero lze upravit tak, aby je bylo možné upínat společně a frézovat s nimi širší drážky. Přednostně je třeba použít frézy se dvěma drážkami pro pero, které umožňují upnutí se střídavým rozestavením zubů. Podrobnější informace, viz Frézování drážek, strana D 90.

Pro společnou montáž dvou standardních fréz je třeba:

- Na jedné straně každé frézy upravit náboj broušením tak, jak ukazuje obrázek.
- Náboj frézy č. 1 je třeba zbrousit na její pravé straně. Fréza č. 2 je jejím zrcadlovým obrazem a je třeba zbrousit náboj na její levé straně. Frézy se upínají zbroušenými čely náboje vůči sobě.
- Náboje je třeba zbrousit tak, aby zůstala zachována jejich výška 1.2 mm. Pro správné vzájemné překrytí je třeba nastavit polohu břitových destiček 0.9 mm od zbroušeného čela náboje.



Axiální šířka řezu, a_p :

Velká šířka řezu zvyšuje stabilitu frézy, ale spolu s tím také roste potřeba usnadnění odvádění třísek.

Radiální hloubka řezu, a_e :

Obecně platí, že frézy CoroMill 331 umožňují frézování drážek s hloubkou o velikosti až čtyřnásobku jejich šířky.

S většími hloubkami řezu souvisí potřeba odvádění většího množství třísek, proto je nutné použití na zakázku zhotovených fréz Tailor Made nebo konstrukčně přizpůsobených speciálních nástrojů s velkými zubovými mezerami.

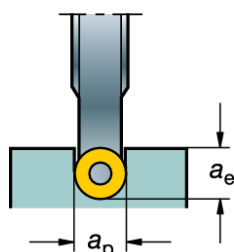
Hloubku řezu limituje průměr náboje pro upnutí na trn, ale také riziko přetížení unášecích kamenů.

Materiál obrobku má značný vliv na celou řadu faktorů.

Usnadnění odvádění třísek

Frézování drážek do plného materiálu pomocí fréz s kruhovými břitovými destičkami

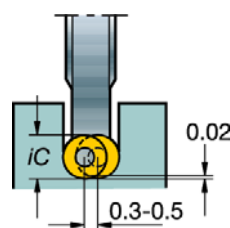
$a_e \max. iC/2$



Max. axiální hloubka řezu a_p , = Velikost VBD ($iC/2$)
Max. radiální hloubka řezu a_e , = a_p

Poznámka: Celková délka ostří v záběru je dána úhlem 180°.

a_e více než $iC/2$



$$z_{eff} = \frac{z_n}{2}$$

Pro hloubku drážky větší, než $iC/2$, je doporučeno přestavení každé kazety o hodnotu 0.5 mm. Tím se drážka rozšíří o 0.5 mm a u každé destičky se omezí celková délka ostří v záběru na úhel 90°, což umožňuje daleko příznivější utváření a odvádění třísek, snižuje se sklon k vibracím a potřebný příkon.

Efektivní počet zubů, z_c :

Oboustranná kotoučová fréza: $z_c = z_n/2$

Jednostranná kotoučová fréza: $z_c = z_n$

Tailor Made

Nabídka speciálních nebo na zakázku (Tailor Made) zhotovených produktů pro větší šířky drážek

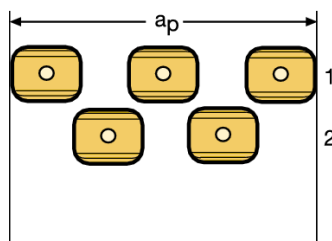
Standardní frézy CoroMill 331 jsou v provedení s maximálně dvěma řadami VBD na efektivní zub.

Ve speciálním nebo Tailor Made provedení může mít fréza až 14 břitových destiček velikosti 8 mm (08) na jeden efektivní břit, s maximální šířkou až 105 mm.

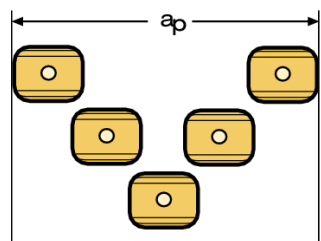
Je vhodné použít dělené uspořádání zubů tak, aby bylo možné vytvořit šířku drážky pomocí více než dvou břitových destiček. Tento způsob lze běžně použít pro speciální a Tailor Made provedení.

Frézu je možné optimalizovat snížením efektivního počtu zubů, čímž se dosáhne snížení velikosti řezných sil a rovněž snížení rychlosti posuvu stolu, přičemž ale zůstane zachována stejná velikost posuvu na zub. To je výhodné zejména v případě uspořádání s malou tuhostí, nedostatečně tuhých součástí a/ nebo přípravků nebo při velkém vyložení.

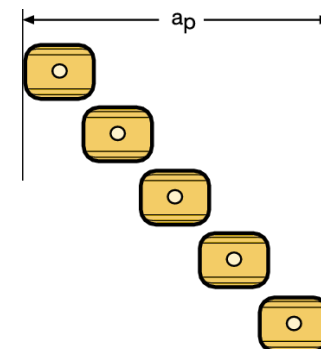
Frézy ve speciálním a Tailor Made provedení



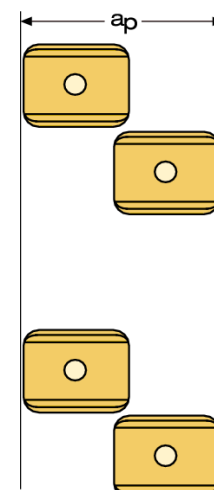
C



B



Standardní fréza



Podrobnější informace o konstrukčně přizpůsobených speciálních produktech, viz D 186.

Upínání a nastavení

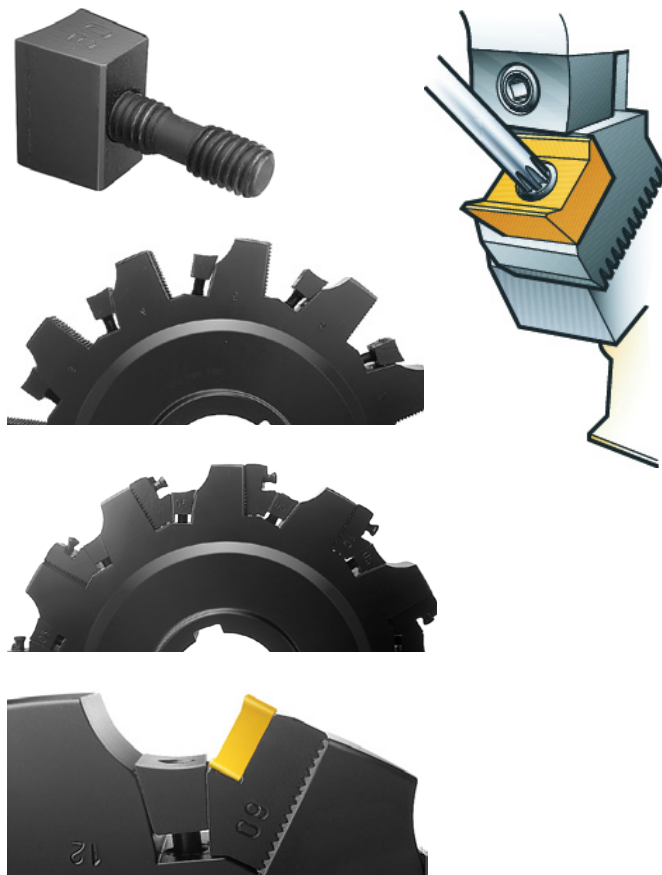
Požadavky:

- Úchylkoměr
- Projektor

Upínání

Poznámka: Tento návod pro montáž použijte v případě, že fréza byla zcela rozebrána z důvodu vyčištění a údržby nebo opravy.

1. Šrouby pro upínání klínu namažte z obou stran přípravkem Molykote.
2. Z dolní strany klínu nasadte šroub a utáhněte jej o jednu otáčku.
3. Upevněte do tělesa frézy všechny klíny, ale nedotahujte je.
4. Namažte šrouby pro upínání VBD přípravkem Molykote.
5. Všechny šrouby břitových destiček upevněte v kazetách otočením o 3-5 otáček.
6. Namontujte všechny kazety.
7. Zkontrolujte, zda jsou kazety usazeny co nejdále ve svých lůžkách.
8. Zkontrolujte, zda jsou všechny kazety pravidelně rozmístěny a upnuty pomocí klínů s přesností v axiálním směru ± 0.1 mm.
9. Dotáhněte šrouby pro upínání klínu správným momentem = 6 Nm.
(U fréz o průměru menším než 110 mm = 5 Nm).
10. Zkontrolujte, že žádný šroub nevyčnívá ven z klínu.
11. U fréz s průměrem 127 mm nebo menším zkontrolujte, zda žádný ze šroubů nevyčnívá z otvoru.
12. Povolte všechny šrouby pro upínání klínů.
13. Dotáhněte všechny šrouby pro upínání klínu správným momentem = 4 Nm.
(Frézy o průměru menším než 110 mm = 3 Nm).



Seřízení nástroje – základní pokyny

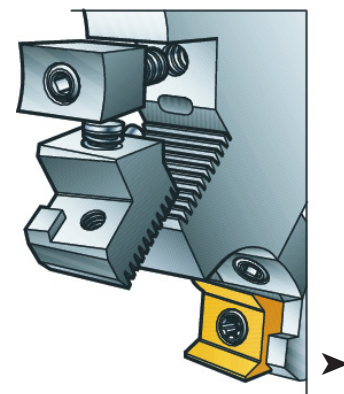
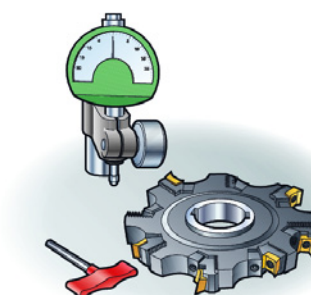
1. Před zahájením nejprve důkladně vyčistěte každé lůžko VBD.
2. Na spodní straně zajistěte dosednutí na celou čelní plochu.
3. Před opětovným použitím namažte šroub pro upínání klínu přípravkem Molykote.
4. Dotáhněte šroub pro upínání klínu.
5. Přednastavení frézy CoroMill 331 je velmi jednoduché. Přesnost přednastavení závisí pouze na dostupném vybavení.
6. Doporučuje se použití úchylkoměru nebo přednastavení frézy CoroMill 331 na projektoru. Při nastavení pomocí úchylkoměru použijte pro výpočet výšky a určení potřebné kombinace spárových měrek následující vzorec.

Nastavení nulové polohy
úchylkoměru:

$$\frac{E + a_p}{2}$$

E = Celková šířka frézy měřená přes náboj

a_p = Šířka řezu



► Seřízení frézy - postup

Přednastavení

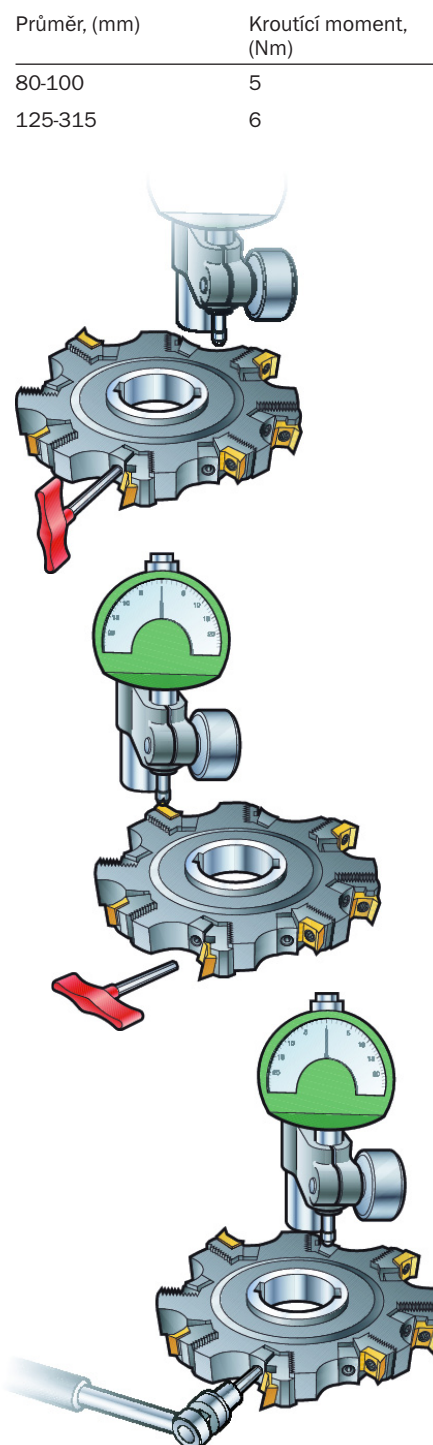
1. Povolte šroub pro upínání klínu o polovinu otáčky.
2. Kazetu rukou vytlačte ven, až bude vyčnívat nad úroveň těla frézy.
3. Položte frézu na měřicí desku. Nastavte paralelní zábřit na ostří VBD do kontaktu s rovnou dotykovou ploškou úchylkoměru.
4. Opatrně pohybujte kazetou tak, aby se na úchylkoměru nastavila nulová hodnota.
5. Utáhněte šroub pro upínání klínu.
6. Opakujte tento postup, provádějte kompenzaci proti posunutí. Dotáhněte šroub pro upínání klínu správným momentem pro daný průměr frézy (viz tabulka vpravo).

Poznámka: Pro vyloučení deformace frézy o průměru 80 mm je třeba montážní postup provést postupně ve třech krocích:

- a: Základní dotažení všech šroubů.
- b: Druhé dotažení momentem 4 Nm.
- c: Konečné dotažení momentem 5 Nm.

Vlastní seřízení šířky nástroje

7. Povolte šroub pro upínání klínu o jednu polovinu otáčky.
8. Rozdělte přesah VBD rovnoměrně na obě strany frézy.
9. Axiální házení na čelní straně frézy vyloučíte posunutím kazety na nulovou hodnotu.
10. Utáhněte šroub pro upínání klínu.
11. Nastavte druhou stranu frézy na požadovanou šířku nástroje



Výklad ke kódovému značení

32. = Oboustranná kotoučová fréza, provedení s kazetami
35. = Oboustranná kotoučová fréza, provedení s pevnými lůžky
52. = Jednostranná kotoučová fréza, provedení s kazetami

Průměr

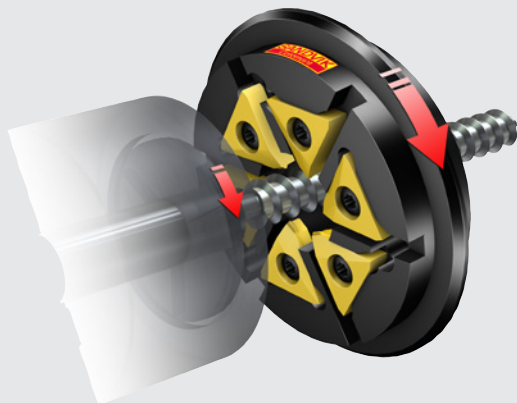
N 331 .32 - 200 Q40 CM Šířka drážky

R = Pravořezná
N = Neutrální
L = Levořezná

Způsob upínání a velikost
A = Válcová stopka
S = Díra s drážkou pro pero
Q = Upínací trn

CoroMill® 325

Okružovací frézování závitů na dlouhých, štíhlých součástech.



- Prstence a břitové destičky pro okružovací frézování závitů
- Kompatibilita s většinou strojů s posuvnou hlavou a vřeten
- Zvýšená produktivita výroby závitů
- Zkrácení časů na seřízení
- Hlubší profily závitů
- Delší životnost nástroje

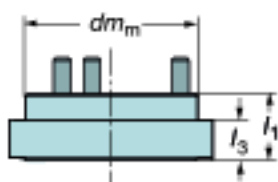
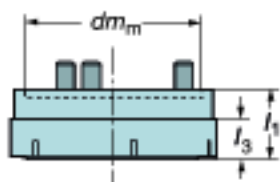
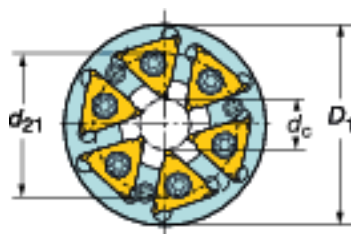
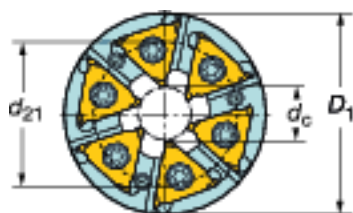
Slučitelnost se značným množstvím strojů s posuvnou hlavou a typů vřeten

Výrobce stroje	Výrobce vřetena
Citizen	PCM
Citizen	Jarvis
Star	Star
Tsugami	Tsugami
Tornos	Tornos

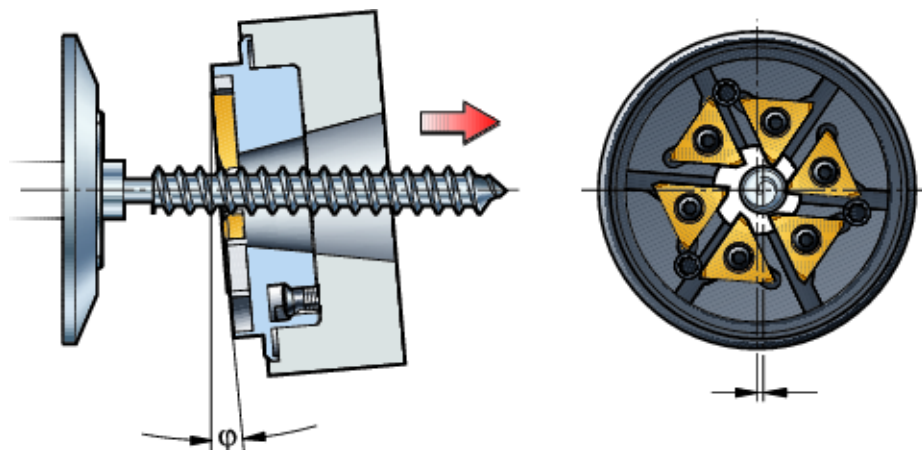
Typické řezné podmínky pro obrábění materiálů ISO S

v_c , m/min (ft/min)	40 - 60 (131 - 197)
h_{ex} , mm (inch)	0.02 - 0.10 (0.0008 - 0.0039)
Max f_z , mm (inch)	0.05 (0.0020)

M S



Postup okružovacího frézování závitů



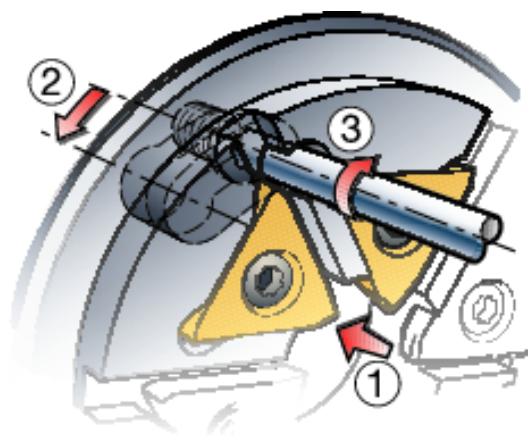
Závitořezný prstenec s břitovými destičkami na vnitřní straně rotuje kolem válcové součásti a vytváří závit. Díky klidnému průběhu tangenciálních řezů se velikost řezných sil snižuje na minimum, což umožňuje zvýšení rychlosti úběru kovu.

- Upněte okružovací prstenec do vřetena stroje
- Skloňte vřeteno v požadovaném úhlu stoupání šroubovice závitů šroubu
- Ve vztahu k průměru závitů naprogramujte vyosení prstence
- Roztočte součást na nízké otáčky odpovídající jejímu průměru a stoupání závitů
- S ohledem na dosažení nejvyšší kvality obrobené plochy a produktivity sladte pohyb závitořezného prstence s rotačním pohybem součásti (tloušťka třísky je určena rychlostí posuvu závitořezného prstence)

Jednoduché seřízení nástrojů šetří čas

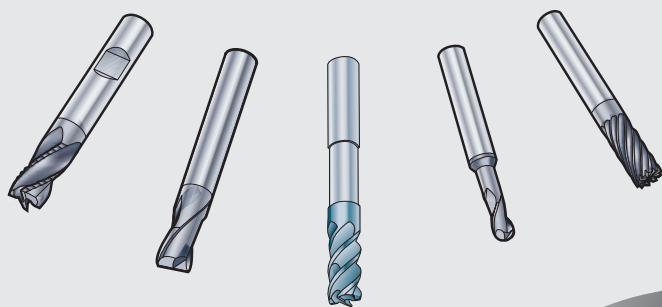
Břítové destičky pro okružování závitů lze rychle vyměnit mimo prostor obráběcího stroje - v čistém prostředí.

1. Nasadte prstenec do závitů vřetena
2. Otáčejte prstencem proti směru hodinových ručiček, dokud není usazen i ve spodní části
3. Dotáhněte šroub prstence



CoroMill® Plura

Monolitní karbidové stopkové frézy pro dosažení maximální produktivity ve všech typech materiálů a aplikací

























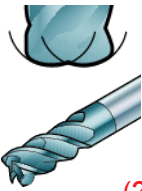
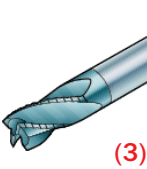
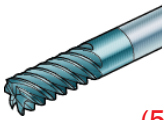
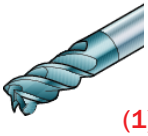






Tailor Made


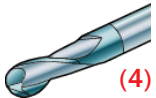
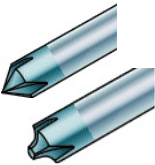
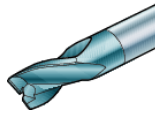








- Optimalizované geometrie pro hrubování, dokončování tvarové obrábění, srážení hran a řezání závitů
- Proměnná hloubka drážky pro odvod třísek (VFD) zajišťuje optimální tuhost jádra a velikost zubové mezery
- Navržena s cílem zajistit optimální tuhost pro vysokou výkonnost v dokončovacích až superfinišovacích operacích
- Vysoká výkonnost ve všech typech materiálů a aplikací
- Na zvláštní objednávku se dodávají konstrukčně přizpůsobené speciální frézy nebo frézy podle specifických požadavků zákazníka v provedení na zakázku (Tailor Made).

Aplikace

V závislosti na požadované operaci použijte tuto tabulku pro určení vhodné stopkové frézy CoroMill Plura.

Metoda	Typ frézy pro první volbu	
(1) Všeobecné frézování, hrubování, polodokončování  Frézování do rohu D 42  Axiální/ponorné frézování D 116  Frézování drážek D 85  Frézování dutin D 100  Čelní frézování D 55  Postupné zahlubování D 100	 Provedení s proměnnou hloubkou drážky pro odvod třísek (VFD). Úhel stoupání šroubovice -50°.	
(2) Hrubování, vysoká rychlost posuvu  Čelní frézování D 55  Postupné zahlubování D 100	 Provedení umožňující použití vysokých rychlostí posuvu (HFC). Úhel stoupání šroubovice -50°.	
(3) Hrubování  Frézování drážek D 85  Frézování dutin D 100  Postupné zahlubování D 100	 Provedení s geometrií Kordell. Úhel stoupání šroubovice -40°.	
(4) Tvarové frézování Hrubování  Frézování dutin D 100 Polodokončování a dokončování  Tvarové frézování D 66	 Fréza s velkými poloměry rohů, VFD. Úhel stoupání šroubovice -50°.	
(5) Dokončování  Frézování do rohu D 42  Čelní frézování D 55  Zahlubování šroubovicovou interpolací D 100	 Stopková fréza s kulovým čelem (BNE). Úhel stoupání šroubovice -30°.	
	 Mnohobřitá stopková fréza. Úhel stoupání šroubovice -50°.	

	První volba	Alternativní volba			
			(1)	(2)	(3) K B (5)
Konstrukční provedení	úhel 50°, proměnná hloubka drážky	Konvenční	Pro vysoké rychlosti posuvu	Geometrie Kordell	Mnohobřitá
Aplikace	Univerzální	Univerzální	Hrubování	Hrubování	Dokončování
Geometrie	P, H	A, P, N	P, H	B, K, U	H, L
Úhel stoupání šroubovice (stupňů)	50°	25°, 30°, 45°	50°	30°, 40°, 45°	30°, 50°, 60°
Průměr frézy (D_c)	2 – 25	1 – 25	4 – 20	6 – 25	3 – 20
Max. hloubka řezu (a_p), mm	7.0 – 54.0	3.0 – 90.0	0.2 – 1.3	7.0 – 45.0	8.0 – 38.0
Poloměr rohu (r_e), mm	0.2 – 4	Nemá	0.5 – 2	Nemá	0.5 – 2
Počet zubů (z_n)	3, 4, 5	2, 3, 4, 5, 6	4	3, 4, 5, 6, 8	2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16
Materiál					
Doplňkové informace	Se středovými břitzy Nerovnoměrná rozteč S/bez vnitřního přívodu řezné kapaliny, zaoblení rohů	Se středovými břitzy	Bez středových břitů	S/bez středových břitů S/bez vnitřního přívodu řezné kapaliny	Bez středových břitů

						
		(4)				
Konstrukční provedení	Poloměr rohu	S kulovým čelem	Srážení hran 45°, 60°	Frézování drážek	Ploché čelo	Rozteč 0.5 – 3
Aplikace	Frézování tvrdé oceli	Tvarové frézování	Srážení hran	Frézování drážek pro pero	Rotační frézování*)	Řezání závitů*)
Geometrie	G	A, G, P, N	G	P	N	N, H
Úhel stoupání šroubovice (stupňů)	30°	30°, 40°	0°	30°	30°	
Průměr frézy (D_c)	2 – 16	0.4 – 20	4 – 8	2 – 20	6 – 12	3.2 (M4) – 19 (M24)
Max. hloubka řezu (a_p), mm	2.0 – 16.0	0.4 – 45	0.5 – 7.4	3.0 – 20.0	10.0 – 16.0	8.4 – 50.0
Poloměr rohu (r_e), mm	0.2 – 3	0.1 – 10	0.5 – 6	Nemá	0.5 – 1	
Počet zubů (z_n)	2, 4	2, 3, 4	3, 4, 5, 6	2, 3	4	3, 4, 5, 6
Materiál						
Doplňkové informace	Se středovými břitzy	Se středovými břitzy		Se středovými břitzy	Se středovými břitzy	Metrický závit 60° S/bez přívodu řezné kapaliny

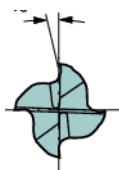
*) Podrobnější informace o rotačním frézování, viz strana D 80, a o frézování závitů viz strana D 95.

Doporučení pro volbu geometrie břitové destičky

Geometrie P a N

- První volba pro všeobecné frézování oceli <48 HRC, korozivzdorné oceli, titanu, žárovzdorných slitin, litiny a hliníku
- Přímé břity
- Průměr jádra 50% (P) nebo 60% (N)
- Pozitivní úhel čela 9° až 12° zaručuje menší řezné síly.

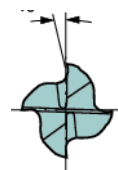
$$\gamma_0 = 9^\circ \text{ až } 12^\circ$$



Geometrie K

- První volba pro hrubování materiálů <28 HRC
- Vlnité obvodové břity zajišťují zmenšení velikosti třísky (Kordell)
- Průměr jádra 60% nabízí dobrou kombinaci pevnosti a prostoru pro odvádění třísek
- Pozitivní úhel čela 9° až 12° zaručuje menší řezné síly.

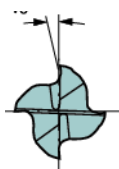
$$\gamma_0 = 9^\circ \text{ až } 12^\circ$$



Geometrie L

- První volba pro dokončování v oceli <48 HRC, korozivzdorné oceli, titanu, žárovzdorných slitinách, litině a hliníku
- Přímé břity
- Průměr jádra 70% poskytuje zvýšenou ohybovou tuhost
- Pozitivní úhel čela 4° až 6° zaručuje menší řezné síly.

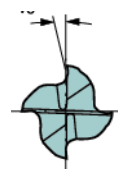
$$\gamma_0 = 4^\circ \text{ až } 6^\circ$$



Geometrie B

- Alternativní volba pro hrubování titanu
- Vlnité obvodové břity se zvlněným ostřím zajišťují snížení velikosti třísek (dělení)
- Průměr jádra 60% nabízí dobrou kombinaci pevnosti a prostoru pro odvádění třísek
- Pozitivní úhel čela 4° až 7° zaručuje menší řezné síly.

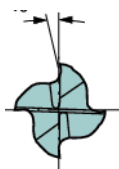
$$\gamma_0 = 4^\circ \text{ až } 7^\circ$$



Geometrie G

- První volba pro hrubování až superfinišování v oceli o tvrdosti 35 až 58 HRC
- Přímé břity
- Průměr jádra 70% poskytuje zvýšenou ohybovou tuhost
- Úhel čela -3° až 3° poskytuje břitů vysokou pevnost a umožňuje klidný záběr nástroje

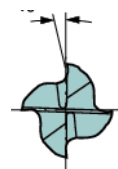
$$\gamma_0 = -3^\circ \text{ až } 3^\circ$$



Geometrie U

- První volba pro obrábění hliníku
- Vlnité obvodové břity zajišťují zmenšení velikosti třísky (Kordell)
- Pozitivní úhel čela 9° až 12° zaručuje menší řezné síly.

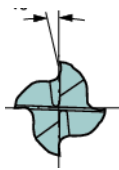
$$\gamma_0 = 9^\circ \text{ až } 12^\circ$$



Geometrie H

- Hrubování až superfinišování v oceli 48 až 63 HRC
- Přímé břity
- Průměr jádra >75% poskytuje zvýšenou ohybovou tuhost
- Úhel čela -11° až -21° pro zajištění maximální pevnosti břitu.

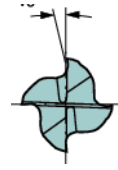
$$\gamma_0 = <-11^\circ$$



Geometrie A

- Alternativní volba pro obrábění hliníku
- Přímé břity
- Pozitivní úhel čela 12° až 15° zaručuje menší řezné síly.

$$\gamma_0 = 12^\circ \text{ až } 15^\circ$$



Kódové značení

R 21 6 . 2 4 - 100 50 D C K 22 P

Výklad kódového značení nástrojů CoroMill Plura:

21 = Stopková fréza

6 = Vrtací funkce

2 = Pravoúhlý tvar se zaoblením rohů

4 = Počet zubů (z_n), 1-9, A pro 10-32

100 = Průměr frézy v 1/10 mm (D_c)

50 = Úhel stoupání šroubovice ve stupních (γ_p)

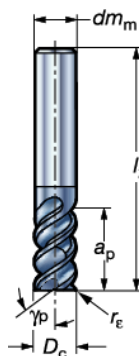
D = Poloměr rohu (r_e)

C = Typ stopky

K = Délka stopky v mm (l_2)

22 = Max. hloubka řezu v mm (a_p)

P = Geometrie



Pro volbu nástrojů, stanovení správných řezných podmínek a technik programování používejte příručku PluraGuide, C-2948:063.



Doporučení pro volbu počtu zubů

- Pro zajištění maximální produktivity použijte 4 zuby
- Pro zajištění maximální stability použijte 3 zuby

Doporučení pro volbu materiálové třídy nástroje


ISO **P M K**

GC1620, GC1630, GC1640	Za sucha	Za mokra
Dokončování	CG1620	CG1620
Polodokončování	GC1630	GC1630
Hrubování	GC1640	GC1640


ISO **N**

H10F	Za sucha	Za mokra
Dokončování	H10F	CG1620
Polodokončování	H10F	GC1630
Hrubování	H10F	GC1640

ISO **S**

GC1620, GC1630, GC1640	Za sucha	Za mokra
Dokončování		CG1620
Polodokončování		GC1630
Hrubování		GC1640

ISO **H**

GC1610, GC1620	Za sucha	Za mokra
Dokončování	GC1610	
Polodokončování		
Hrubování	GC1620	

Přeostřování nástrojů CoroMill® Plura

Přeostření monolitních karbidových stopkových fréz se doporučuje v případě, že došlo k vylomení malých kousků ostří nebo v případě opotřebení do té míry, že dochází ke vzniku otřepů a jakost obrobku se stává nepřijatelnou.

Doporučené maximální opotřebení před přeostřením nástrojů udává následující tabulka.

Průměr nástroje (D_c), mm	4 – 6	7 – 9	10 – 14	15 – 20	25
Max. opotřebení na průměru, mm	0.05	0.07	0.09	0.14	0.20
Max. opotřebení poloměru rohu, mm	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70

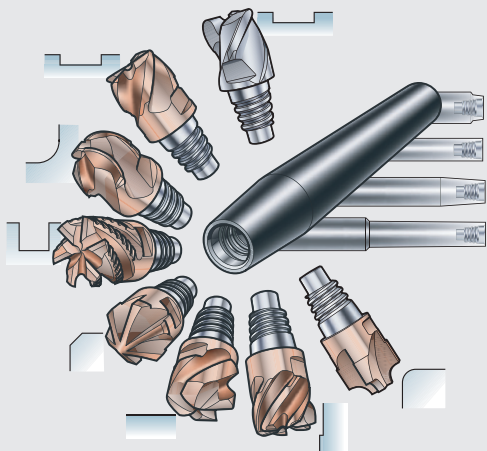
Poznámka: Pokud opotřebení přesáhne tyto doporučené hodnoty, může být při přeostření nutné odříznutí konce nástroje a zkrácení jeho délky. Pokud je opotřebení značně velké, přeostření nástrojů nemusí být možné vůbec.

Další podrobnosti o službách poskytovaných v souvislosti s přeostřováním nástrojů vám poskytne obchodní zastoupení firmy Sandvik Coromant.



CoroMill® 316

























Systém s výměnnými řeznými hlavami

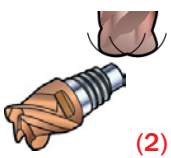
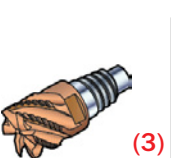
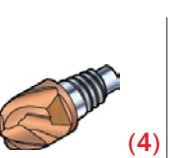
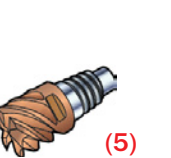



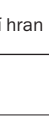




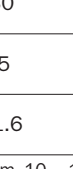


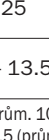


- Optimalizované geometrie pro hrubování, dokončování, tvarové obrábění a srážení hran
- Systém s výměnnými řeznými hlavami umožňující zkrácení času výměny za účelem zvýšení výkonnosti a produktivity
- Plný kontakt na čelní a kuželové dosedací ploše spojky, zajišťuje nejvyšší stabilitu
- Konstrukce spojky zaručuje minimální průhyb nástroje
- Různé typy výměnných hlav jsou vhodné pro stejnou stopku, což znamená skutečnou univerzálnost a umožňuje omezení inventáře nástrojů
- Široká nabídka provedení stopky zaručuje nejlepší kombinaci přístupnosti a stability

Aplikace

V závislosti na požadovaném způsobu aplikace, použijte následující tabulku pro určení nejvhodnější stopkové frézy CoroMill 316.

Metoda			Typ frézy pro první volbu
(1) Obecné frézování, hrubování, polodokončování			 Stopková fréza se zaoblenými rohy
 Frézování do rohu D 42	 Frézování drážek D 85	 Čelní frézování D 55	
 Axiální/ponorné frézování D 116	 Frézování dutin D 100	 Postupné zahlubování D 100	
(2) Hrubování, vysoké rychlosti posuvu			  Stopková fréza pro vysoké rychlosti posuvu
 Čelní frézování D 55	 Postupné zahlubování D 100		
(3) Hrubování			 Stopková fréza s geometrií Kordell
 Frézování drážek D 85	 Frézování dutin D 100	 Postupné zahlubování D 100	
(4) Tvarové frézování			  Stopková fréza pro frézování do rohu velký poloměr rohu
Hrubování			
 Frézování dutin D 100			
Polodokončování a dokončování			 Stopková fréza s kulovým čelem
 Tvarové frézování D 66			
(5) Dokončování			 Mnohobřitá stopková fréza
 Frézování do rohu D 42	 Čelní frézování D 55	 Zahlubování pomocí šroubovicové interpolace D 100	

	První volba	Doplňková volba				
Konstrukční provedení	Se zaoblením rohů	Se zaoblením rohů	Pro vysoké rychlosti posuvu	Geometrie Kordell	S kulovým čelem	Mnohobřítá
Aplikace	Univerzální	Univerzální	Hrubování	Hrubování	Tvarové frézování	Dokončování
Geometrie	P	P	P	K	G	L
Úhel stoupání šroubovice (stupňů)	50°	10°	40°, 50°	40°, 45°	10°, 40°	50°
Třída	GC1030	GC1030, H10F	GC1030	GC1030	GC1030, H10F	GC1030
Průměr frézy (D_c)	10 – 25	10 – 16	10 – 25	10 – 25	10 – 25	10 – 25
Max. hloubka řezu (a_p), mm	5.5 – 13	8 – 13	0.7 – 1.6	5.5 – 13.5	5.5 – 13	5.5 – 13.5
Poloměr rohu (r_ϵ), (prům. mm)	0.5 – 3 (prům. 10) 0.5 – 4 (prům. 12 – 20)	0 – 2.5 (prům. 10) 0 – 3 (prům. 12) 0 – 4 (prům. 16)	1.5 (prům. 10 – 12) 2 (prům. 16 – 20) 3 (prům. 25)	0.4 (všechny prům.)	5 (prům. 10) 6 (prům. 12) 8 (prům. 16) 10 (prům. 20) 12.5 (prům. 25)	0, 1 (prům. 10-12) 0, 1, 1.5 (prům. 16 – 25)
Počet zubů (z_n)	3, 4	2	4	4, 5, 6	2, 4	6, 8
Materiál						
Doplňkové informace	Se středovými břitý	Se středovými břitý Hrubá rozteč Pro řešení problémů	Bez středových břitů	Se středovými břitý	Se středovými břitý	Bez středových břitů s/bez zaoblení rohu

			
Konstrukční provedení	Sražení hrany 15°, 30°, 45°, 60°	Zaoblení hrany	Se zaoblením rohu
Aplikace	Srážení hran	Srážení hran	Frézování hliníku
Geometrie	G	G	U
Úhel stoupání šroubovice (stupňů)	0°, 10°	0°	45°
Třída	GC1030	GC1030	H10F
Průměr frézy (D_c)	10 – 16	10 – 25	10 – 25
Max. hloubka řezu (a_p), mm	1.2 – 7.5	1.5 – 8	5.5 – 13
Poloměr rohu (r_ϵ), (prům. mm)	Nemá	1.5 – 3 (prům. 10) 3 – 4 (prům. 12) 4 – 6 (prům. 16) 6 (prům. 20) 8 (prům. 25)	0 – 2.5 (prům. 10) 0 – 4 (prům. 12-25)
Počet zubů (z_n)	2, 4, 6, 8	4	3
Materiál			
Doplňkové informace			Se středovými břitý s/bez zaoblení rohů

Doporučení pro volbu geometrie břitové destičky

Podrobné informace o geometriích viz CoroMill Plura, strana D 184.

Kódové značení

316 - 12 S M 3 50 - 120 05 P

Kódové značení výměnných hlav pro frézování:

12 = Velikost spojky EH

S = Přímá, 90 stupňů

M = Delka hlavy (střední)

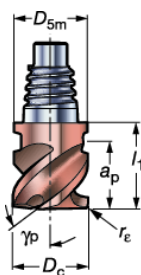
3 = Počet zubů ($z_n = 3$)

50 = Úhel stoupání šroubovice ve stupních (γ_p)

120 = Průměr frézy v mm (D_c)

05 = Poloměr rohu ($r_e = 0.5$)

P = Geometrie



E12 - A 20 - S S - 120

Kódové značení nástrojových držáků

E12 = Velikost spojky EH

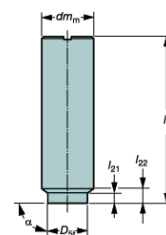
A = Držák s válcovou stopkou

20 = Průměr držáku v mm ($d_{mm} = 20$)

S = Typ držáku (přímý)

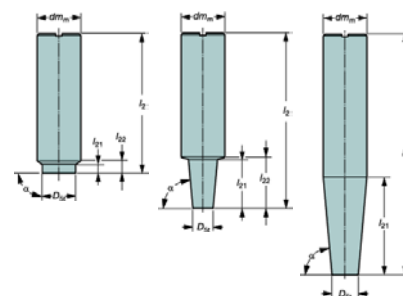
S = Materiál držáku (ocel)

120 = Délka držáku v mm (l_2)



Doporučení pro různé délky nástroje

Délka nástroje	$< 3 \times D_c$	$4 \times D_c$	$10 \times D_c$	$> 12 \times D_c$
	Stabilní podmínky Srovnatelná s nástrojem ze slinutého karbidu	Poměrně stabilní Není tak sta- bilní jako nástroj ze slinutého karbidu	Nízká stabilita	Velmi nízká stabilita
Možnosti použití ocelové stopky	Všechny typy břitových destiček a aplikací	Velká rychlost posuvu Tvarové frézování Srážení hran Frézování do rohu Omezeně pro frézování drážek	Velká rychlost posuvu Tvarové frézování Srážení hran Omezeně pro frézování drážek	Velká rychlost posuvu Tvarové frézování Srážení hran Nevhodná pro frézování do rohu
Možnosti použití stopky ze slinutého karbidu	Všechny typy břitových destiček a aplikací	Všechny typy břitových destiček a aplikací	Velká rychlost posuvu Tvarové frézování Srážení hran Frézování do rohu Omezeně pro frézování drážek	Velká rychlost posuvu Tvarové frézování Srážení hran Omezeně pro frézování do rohu



Materiál: Ocel, 43.5 HRC
Průměr stopky: 10 – 32 mm
Provedení: Přímá 90°, Kónická 80°, 85° a 89°
Délka: 65 – 250 mm

Materiál: Slinutý karbid
Průměr stopky: 10 – 25 mm
Provedení: Přímá 90°, Kónická 89°
Délka: 100 – 200 mm

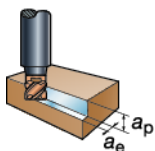
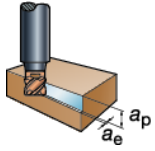
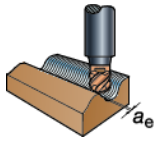
Velikost spojky	Klíč
E10	5060 093-01
E12	5060 093-02
E16	5060 093-03
E20	5060 093-04
E25	5060 093-05



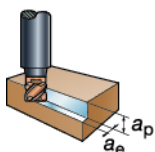
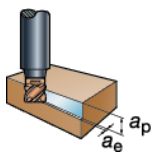
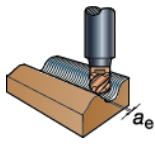
Doporučení pro volbu počtu zubů

- Pro zajištění maximální produktivity používejte 4 zuby
- Pro zajištění maximální stability používejte 3 zuby

Doporučení pro volbu řezné rychlosti

					
CoroMill® 316 GC1030			$a_e \leq 1.0 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.3 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.005 \times D_c$
ISO	CMC	HB	v_c m/min	v_c m/min	v_c m/min
P	01.1	125	190	280	630
	01.2	150	170	255	580
	01.4	210	150	225	510
	02.1	175	165	245	555
	02.2	300	100	150	340
	03.11	200	170	250	570
	03.22	380	80	120	280
M	05.11	200	70	110	240
	05.21	200	55	85	190
	05.51	230	45	70	155
K	07.1	130	120	180	395
	08.1	180	130	190	420
	08.2	245	110	160	380
	09.1	250	105	155	350
N	30.22	90	1000	1100	1300
S	20.22	350	25	35	80
	23.22	350	40	80	150

Doporučení pro volbu posuvu

				
CoroMill® 316 GC1030		$a_e \leq 1.0 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.3 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.005 \times D_c$
D_c mm	f_z mm/zub	f_z mm/zub	f_z mm/zub	f_z mm/zub
10	0.045	0.070	0.120	
12	0.055	0.085	0.140	
16	0.065	0.110	0.160	
20	0.080	0.130	0.180	
25	0.100	0.160	0.200	



Pro volbu nástroje, správných podmínek a způsobu programování používejte příručku PluraGuide, C-2948:063.

Rozšířená nabídka

Produkty v provedení na zakázku - Tailor Made

Program Tailor Made zahrnuje řadu úprav standardních produktů CoroMill, např. velikost VBD, počet zubů frézy, zubová rozteč, způsob upínání, délka nástroje, atd.

V případě požadavku na ještě více propracované a důmyslné řešení je možné nabídnout speciální konstrukčně přizpůsobené produkty.

Speciální konstrukčně přizpůsobené produkty

Speciální nástroje pro frézování mohou představovat cenově efektivní řešení pro hromadnou výrobu v případech, kdy jeden nástroj může nahradit několik standardních nástrojů, nebo když složitý tvar součásti vyžaduje použití specifické frézy nebo geometrie břitové destičky.



Vedle standardní nabídky je k dispozici také nepřeberné množství variant monolitních karbidových stopkových fréz CoroMill Plura v provedení Tailor Made.

Frézy CoroMill® s kazetami

Provedení fréz CoroMill s kazetami – určené pro čelní frézy středních a velkých průměrů – dovoluje snadnou manipulaci a snížení nákladů.

Tím je umožněna nezávislá volba parametrů (např. velikosti, výšky, zubové rozteče nebo úhlu nastavení, ale také velikosti nebo typu VBD), které lze volně individuálně přizpůsobit konkrétním podmínkám.

Výměnné kazety:

- Zjednodušená údržba a snížení nákladů, protože v případě poruchy se výměna týká pouze malé součásti nástroje.
- Umožňuje jednoduché seřízení pro dosažení optimální kvality obrobené plochy nebo pro vytvoření všestranně funkční struktury povrchu.
- Spolehlivé upnutí kazet pomocí klínů – jednoduchá výměna.
- Možnost přesného hrubého nastavení pomocí zařízení se snadnou obsluhou.
- Alternativa s jemným seřízením.
- S osvědčeným vroubkovaným provedením dosedacích ploch kazet zajišťujícím nízké obvodové házení a spolehlivou funkci, které umožňuje použití vysokých obvodových rychlostí.
- Vroubkované styčné plochy jsou také zárukou dosažení vysoké přesnosti při seřizování polohy břitové destičky.
- Umožňují využití široké nabídky břitových destiček zahrnující: standardní VBD, hladicí VBD, na zakázku zhotovené VBD (Tailor Made).



Standardní kazety použité pro speciální konstrukčně přizpůsobené tělo nástroje nebo speciální kazety použité pro standardní tělo frézy umožňují dosažení vysokého stupně flexibility.

Kotoučové frézy

Na základě koncepce CoroMill 331 je možné připravit širokou nabídku řešení speciálních konstrukčně přizpůsobených fréz, využívajících kazety a standardní nebo na zakázku zhotovené (Tailor Made) břitové destičky.



Obrábění ozubených kol

Obrábění ozubených kol je jednou z mnoha oblastí, pro kterou firma Sandvik Coromant nabízí optimalizovaná řešení pro frézování:

- Výkonné frézy pro hrubování i dokončování ozubených kol.
- Frézy pro obrábění vnějších nebo vnitřních ploch s vysoce přesnými břitovými destičkami.



Frézy pro hrubování a pro dokončování (zleva doprava)

Šnekový hřídel kompresoru

Obrábění šnekových hřídelů kompresoru je další oblastí, se kterou má firma Sandvik Coromant nepřeberné množství zkušeností pramenících z řady aplikací po celém světě.

Pro výkonné hrubovací a polodokončovací frézování šnekových hřídelů dmychadel a kompresorů chladicího okruhu v jediné operaci byly vyvinuty speciální tvarové frézy. Tyto nástroje byly navrženy a vytvořeny tak, aby odpovídaly specifickým požadavkům daného výrobního procesu.

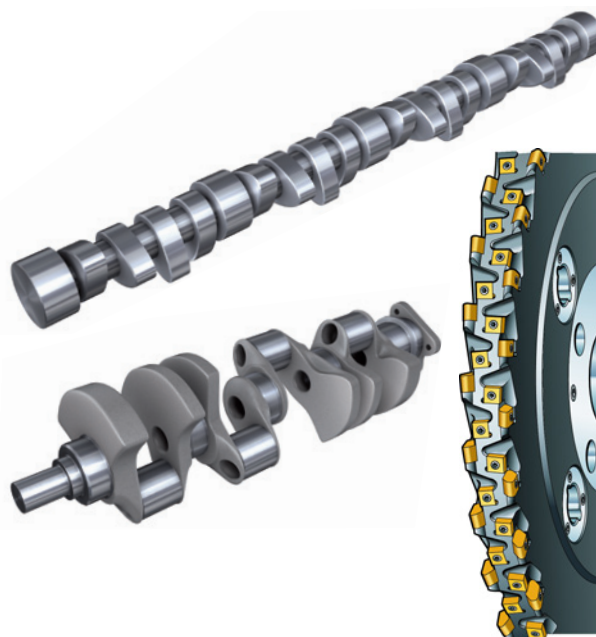


Obrábění vačkových a klikových hřídelů

Extrémně krátké časy na obrábění, požadovaná vysoká kvalita obráběných součástí a vysoká spolehlivost obráběcího procesu při výrobě vačkových a klikových hřídelů kladou velmi vysoké nároky na použité nástrojové vybavení. Společnost Sandvik Coromant nabízí pro všechny v hromadné výrobě běžně používané metody osvědčené nástrojové vybavení.

Nabídka obsahuje frézy pro vnější i vnitřní aplikace s jednoduchou konstrukcí těla nástroje a stabilním systémem s vyměnitelnými segmenty, stejně jako frézy s pevnými lůžky pro vnitřní operace, vše v kombinaci s břitovými destičkami zhotovenými z nejvýkonnějších tříd, což přispívá k vysoké spolehlivosti a cenové efektivitě nástrojových řešení.

Kazety a kotouče těla nástroje pro rotačně-rotační protahování jsou navrženy tak, aby umožňovaly samostatnou montáž pro každou nástrojovou pozici a také maximálně efektivní osazení několika sesterských nástrojů. Vlastní kazety jsou velice stabilní, snadno vyměnitelné a jejich údržba je velmi jednoduchá.



Informace o třídách

Nástrojové materiály se obecně rozdělují na základní a doplňkové třídy a označují se podle tabulky ISO/ANSI, kde jsou uspořádány v závislosti na odolnosti proti opotřebení (otěru) a houževnatosti.

- Základní třídy pokrývají širokou řadu aplikací a měly by představovat první volbu.
- Doplňkové třídy tuto nabídku rozšiřují a doplňují o další alternativy.



Poloha a tvar symbolů tříd ukazují vhodné oblasti aplikace.



= Základní třídy



= Doplňkové třídy

Střed aplikační oblasti



Doporučená aplikační oblast

↑ Odolnost proti opotřebení

↓ Houževnatost

Ocel

	Základní třídy		Doplňkové třídy	
	ISO	ANSI		
P	01	C8		
	10			
	20	C7		
	30	C6	GC 1030, GC 4230, GC 4220	GC 1010, CT 530
	40		GC 4240	GC 2030, GC 1025, GC 3040
	50	C5	SM 30, GC 2040	

GC4230 (HC) – P30 (P10 – P40)

- Univerzální třída pro moderní obrábění s velmi dobrou rovnováhou mezi spolehlivostí bříty a produktivitou. Povlakovaná karbidová třída pro lehké až těžké frézování (za mokra i za sucha) v nelegovaných a nízkolegovaných ocelích. První volba pro čelní frézování a volba pro optimalizaci za účelem zvýšení produktivity při frézování do rohu.

GC4220 (HC) – P20 (P10 – P25)

- Povlakovaná karbidová třída optimalizovaná pro nejvyšší produktivitu frézování oceli. Třída pro obrábění za sucha s velkou rychlostí úběru kovu.

GC4240 (HC) – P40 (P35 – P50)

- Povlakovaná karbidová třída vhodná pro frézovací operace v oceli vyžadující houževnatost. Pro koncepcie určené pro frézování do rohu a pro stopkové frézy je třída GC4240 vhodná v případě použití za relativně stabilních podmínek (kratší vyložení nástroje, čelní frézování, mělké frézování do rohu apod.). Pro ostatní koncepcie je třída GC4240 první nebo záložní alternativou pro operace náročné na houževnatost. Je vhodná zejména pro svou spolehlivost. Vhodná pro výrobu malých sérií při obrábění různorodých materiálů. Funguje dobře při použití řezné kapaliny i bez ní.

GC1030 (HC) – P30 (P15 – P35)

- Karbidová třída s PVD povlakem. Třída GC1030 je první volbou pro nestabilní podmínky (dlouhé bříty, hromadění třísek, frézování stopkovou frézou nebo hluboké frézování do rohu, velké vyložení nástroje, rotační frézování apod.). Lze ji také použít jako záložní alternativu v případě aplikací náročných na houževnatost. V kombinaci s obvodově broušenými bříty se jedná o první volbu pro materiály snadno ulpívající na bříty, například pro nízkouhlíkové oceli.

CT530 (HT) – P15 (P10 – P15)

- Cermetová třída pro lehké frézovací operace, zejména bez přívodu řezné kapaliny. Vysoká odolnost vůči plastické deformaci, ulpívání materiálu a tvorbě nárůstka na bříty, z ní činí třídu vhodnou pro široký rozsah řezných rychlostí. Ideální třída pro hladicí VBD.

GC1025 (HC) – P30 (P15 – P30)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro lehké až střední frézování oceli. V kombinaci s obvodově broušenými bříty se jedná o první volbu pro materiály snadno ulpívající na bříty, např. pro nízkouhlíkové oceli.

GC1010 (HC) – P10 (P05 – P15)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro frézování v aplikační oblasti typické u předvrtaných ocelí a ocelí pro výrobu forem na lisování plastů s tvrdostí 36 HRC a vyšší.

GC2030 (HC) – P35 (P25 – P40)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro frézování nízkouhlíkových ocelí s tendencí k tvorbě nárůstku na břítech. Velmi vhodná také pro frézování do rohu s úhlem 90 stupňů v různorodých materiálech.

GC2040 (HC) – P45 (P30 – P50)

- Povlakovaná karbidová třída pro frézování ocelí v případech, kdy je při nízkých řezných rychlostech nutný ostrý břit a houževnatost. Velmi efektivní pro malé série z různorodých materiálů.

GC3040 (HC) – P20 (P10 – P40)

- Povlakovaná karbidová třída s velmi dobrou odolností proti abrazivnímu opotřebení, vhodná pro hrubovací frézování ocelí při středních až vysokých řezných rychlostech.

SM30 (HW) – P35 (P30 – P40)

- Nepovlakovaná karbidová třída pro střední až hrubovací frézování při nízkých až středních řezných rychlostech. Dobrá spolehlivost břitů při obrábění tvrdých materiálů a při nestabilních pracovních podmínkách.

Symbole označující druhy tvrdých řezných materiálů:**Slinuté karbidy:**

- HW Nepovlakovaný slinutý karbid, obsahuje převážně karbid wolframu (WC).
- HT Nepovlakovaný slinutý karbid, zvaný také cermet, obsahuje převážně karbidy titanu (TiC), nebo nitridy titanu (TiN) nebo obojí.
- HC Slinuté karbidy stejné, jako výše uvedené, ale s povlakem.

Řezná keramika:

- CA Oxidová keramika obsahující převážně oxid hlinitý (Al_2O_3).
- CM Smíšená keramika především z oxidu hlinitého (Al_2O_3). Obsahuje ovšem i jiné složky než oxidy.
- CN Nitridová keramika obsahuje převážně nitrid křemíku (Si_3N_4).
- CC Keramika stejná, jako výše uvedená, ale s povlakem.

Diamant:

- DP Polykrystalický diamant ¹⁾

Nitrid bóru:

- BN Polykrystalický kubický nitrid bóru ¹⁾

¹⁾ Polykrystalický diamant a polykrystalický kubický nitrid se také nazývají supertvrdé řezné materiály.

P ISO P = Ocel

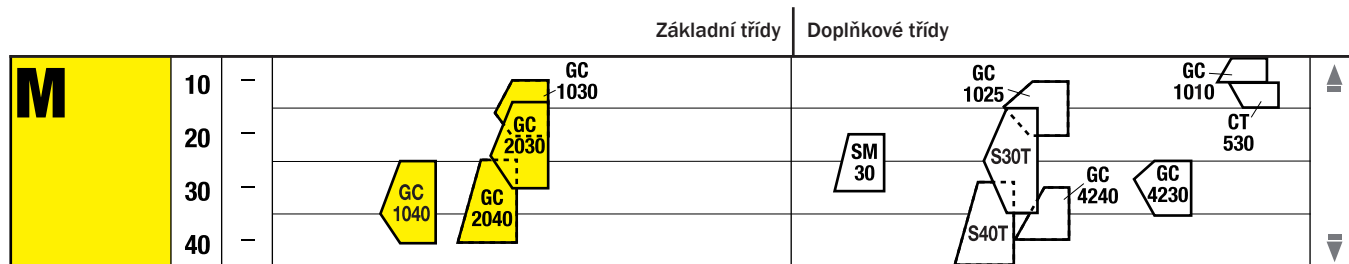
M ISO M = Korozivzdorná ocel

K ISO K = Litina

N ISO N = Neželezné materiály

S ISO S = Žárovzdorné slitiny (HRSA)

H ISO H = Tvrzené materiály

Austenitické/feritické/martenzitické korozivzdorné oceli**GC1030 (HC) – M15 (M10 – M25)**

- Karbidová třída s PVD povlakem pro lehké frézování korozivzdorné oceli. V kombinaci s obvodově broušenými břity se jedná o první volbu pro snadno ulpívající a mechanicky zpevňující materiály.

GC 1040 (HC) – M35 (M25 – M40)

- Karbidová třída s PVD povlakem, která je první volbou pro austenitické a duplexní korozivzdorné oceli. Spolehlivá funkce a výkonnost, vyznačuje se schopností zachovat si ostrost břitů a udržet nízkou úroveň řezných sil.

GC2030 (HC) – M25 (M15 – M30)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro frézování korozivzdorných ocelí (zejména austenitických) při středních až vysokých řezných rychlostech. Ve spojení s pozitivní geometrií vhodná také pro žárovzdorné materiály a titan.

GC2040 (HC) – M40 (M25 – M40)

- Povlakovaná karbidová třída vhodná pro frézování korozivzdorných ocelí s abrazivními sklony, např. odlitků, feriticko-martenzitických a precipitačně vytvrzených korozivzdorných ocelí, při středních řezných rychlostech. Vhodná také pro malé série z různorodých materiálů.

GC4240 (HC) – M40 (M30 – M40)

- Povlakovaná karbidová třída pro střední až těžké operace v odlitcích z korozivzdorné oceli. Velmi vhodná pro malosériovou výrobu z různorodých materiálů.

CT530 (HT) – M10 (M10 – M15)

- Cermetová třída pro lehké frézování austenitických/duplexních korozivzdorných ocelí. Vysoká odolnost vůči plastické deformaci/ulpívání materiálu/vytváření nárůstu na břitu. Je velice vhodná pro použití v širokém rozmezí řezných rychlostí bez přívodu řezné kapaliny.

SM30 (HW) – M30 (M20 – M30)

- Nepovlakovaná karbidová třída pro střední až hrubovací frézování při nízkých až středních řezných rychlostech. Dobrá spolehlivost břitů při nestabilních pracovních podmínkách.

GC4230 (HC) – M30 (M25 – M35)

- Povlakovaná karbidová třída pro lehké až těžké frézování martenzitických korozivzdorných ocelí.

GC1025 (HC) – M15 (M10 – M20)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro lehké frézování korozivzdorných ocelí. V kombinaci s obvodově broušenými břity se jedná o první volbu pro snadno ulpívající a mechanicky zpevňující materiály.

GC1010 (HC) – M10 (M05 – M10)

- Třída s PVD povlakem určená pro velmi stabilní podmínky.

S30T (HC) – M25 (M15 – M35)

- Karbidová třída s PVD povlakem určená pro frézování za stabilních podmínek s využitím středních až vysokých řezných rychlostí. Vhodná pro aplikace s vysokými nároky na bezpečnost a spolehlivost břitů, např. obrábění austenitických nebo duplexních korozivzdorných ocelí. První volbou je obrábění za sucha, ale její použití je možné i pro obrábění za mokra.

S40T (HC) – M45 (M30 – M45)

- Houževnatá karbidová třída s MT-CVD povlakem určená pro frézovací operace v korozivzdorných ocelích s mimořádně vysokými nároky na houževnatost, vhodná rovněž pro operace vyznačující se sklony k abrazi, např. obrábění odlévaných součástí, feritických/martenzitických korozivzdorných ocelí a precipitačně vytvrzených ocelí při středních řezných rychlostech. Vhodná také pro malosériovou výrobu s častými změnami obráběných materiálů.

Litina

			Základní třídy	Doplňkové třídy	
K	01	C4			▲ ▼
	10	C3			
	20	C2	GC 1020 K20W GC 3220	H13A K15W K20D GC 4220	
	30	C1	GC 3040	GC 4230 GC 4240	
	40				

GC3040 (HC) – K30 (K20 – K40)

- Houževnatá povlakovaná karbidová třída pro náročné frézování litiny, např. tvárné litiny za mokra nebo litin s vysokou pevností v tahu. Dlouhá a předvídatelná trvanlivost břitu nástroje při nízkých až středních řezných rychlostech.

GC3220 (HC) – K15 (K10 – K25)

- Karbidová třída s CVD povlakem pro střední obrábění až hrubování šedé a nodulární litiny za sucha. Dlouhá předvídatelná životnost nástroje při středních až vysokých řezných rychlostech.

GC1020 (HC) – K20 (K10 – K25)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro střední obrábění až hrubování šedé a nodulární litiny za mokra. Vhodná pro použití při středních až vysokých řezných rychlostech s předvídatelnou životností nástroje.

CB50 (BN) – K10 (K01 – K20)

- CB50 je třída osazená kubickým nitridem bóru, který zajišťuje vysokou houževnatost břitu v kombinaci s dobrou odolností proti opotřebení. Třída CB50 je vhodná pro obrábění litiny za příznivých podmínek.

K20W (HC) – K20 (K15 – K30)

- Povlakovaná karbidová třída pro střední až hrubovací frézování šedé litiny za mokra. Její použití je vhodné pro nízké až střední řezné rychlosti.

CC6190 (CN) – K05 (K01 – K15)

- Keramická třída na bázi nitridu křemíku určená pro hrubování až polodokončování šedé litiny při vysokých řezných rychlostech.

K15W (HC) – K15 (K10 – K25)

- Povlakovaná karbidová třída pro frézování šedé litiny za mokra. Její použití je vhodné při středních řezných rychlostech.

K20D (HC) – K15 (K10 – K20)

- Karbidová třída s MTCVD povlakem pro střední až hrubovací frézování litiny. Obvykle se používá bez přívodu řezné kapaliny. Dlouhá životnost, předpoklady pro použití vysokých řezných rychlostí.

H13A (HW) – K20 (K10 – K25)

- Nepovlakovaná karbidová třída s dobrou odolností proti opotřebení a s dobrou houževnatostí. Pro lehké až střední frézování při středních řezných rychlostech. Ideální volba pro frézování feritické nodulární litiny.

GC1010 (HC) – K05 (K01 – K10)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro dokončovací frézování šedé a nodulární litiny. Dlouhá a předvídatelná životnost nástroje s trvale konzistentní kvalitou obrobeneho povrchu.

GC4220 (HC) – K25 (K20 – K30)

- Povlakovaná karbidová třída pro lehké až těžké frézování litiny při středních řezných rychlostech. Z hlediska funkčních vlastností doplňková třída ke třídám GC3000.

GC4230 (HC) – K30 (K20 – K35)

- Povlakovaná karbidová třída pro lehké až těžké frézování nodulární litiny.

GC4240 (HC) – K40 (K30 – K40)

- Povlakovaná karbidová třída pro střední až těžké frézovací operace při nízkých řezných rychlostech kladoucích vysoké nároky na houževnatost.

Neželezné kovy, plasty, dřevo

			Základní třídy	Doplňkové třídy	
N	01	C4			▲ ▼
	10	C3			
	20	C2	H13A H10	H10F CT 530 GC 1025 1030	
	30	C1			

CD10 (DP) – N05 (N01 – N10)

- Třída osazená polykrystalickým diamantem vhodná pro obrábění neželezných a nekovových materiálů. Nabízí dlouhou trvanlivost břitu, čistý řez a dobrou kvalitu obrobeneho povrchu.

CT530 (HT) – N15 (N10 – N20)

- Cermetová třída doporučená zejména pro frézování hliníku při vysokých otáčkách, vzhledem k omezenému sklonu k tvorbě nárůstku na břitu a nízké hmotnosti VBD.

H10F (HW) – N15 (N10 – N25)

- Nepovlakovaná karbidová třída. Ve spojení s "ostrými břitzy" je vhodná pro frézování hliníkových slitin.

H10 (HW) – N10 (N05 – N15)

- Nepovlakovaná karbidová třída s jemnozrnným substrátem, která vyniká skvělou ostrostí břitu potřebnou při frézování hliníku.

GC1025 (HC) – N15 (N10 – N25)

- Karbidová třída s PVD povlakem. V kombinaci s broušenými břitzy vhodná pro hrubovací frézování hliníkových slitin.

GC1030 (HC) – N15 (N10 – N25)

- Karbidová třída s PVD povlakem. V kombinaci s broušenými břitzy vhodná pro hrubovací frézování hliníkových slitin.

H13A (HW) – N15 (N10 – N25)

- Nepovlakovaná karbidová třída. Ve spojení s "ostrými břitzy" je vhodná pro frézování hliníkových slitin.

Žárovzdorné slitiny/Slitiny titanu

			Základní třídy	Doplňkové třídy
S	10	–		GC 1010
	20	–	H10F, S30T, GC 2030, GC 1030	H13A, GC 1025
	30	–	S40T, GC 2040	GC 1040
	40	–		

H10F (HW) – S25 (S20 – S30)

- Nepovlakovaná třída s velmi malou velikostí zrna. Vysoká odolnost vůči vzniku opotřebení ve tvaru vrubu. Z tohoto důvodu je vhodná pro obrábění materiálů v leteckém průmyslu, např. titanu.

S30T (HC) – S25 (S15 – S30)

- Mikrojemnozrnná karbidová třída s PVD povlakem určená pro frézování titanu. Nabízí kombinaci vysoké pevnosti bříty a odolnosti proti únavovému poškození a vylamování mikročástic z ostří. Vhodná pro bříty vystavené dlouho trvajícím řezům s vyššími hodnotami řezných podmínek.

GC2030 (HC) – S20 (S15 – S25)

- Karbidová třída s PVD povlakem vhodná pro polodokončovací až lehké hrubovací operace v žárovzdorných slitinách při nízkých řezných rychlostech.

GC1030 (HC) – S15 (S10 – S20)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro frézování žárovzdorných slitin při středních řezných rychlostech. Dobrá odolnost proti vytváření nárůstu na bříty a plastické deformaci.

S40T (HC) – S35 (S25 – S45)

- Třída s CVD povlakem určená pro frézování titanu v obtížných podmínkách. S dlouhou výdrží v řezu, odolává vibracím a dalším náročným podmínkám, vyznačuje se předvídatelným průběhem opotřebení.

GC1010 (HC) – S10 (S05 – S10)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro frézování titanu za velmi příznivých podmínek. Díky skvělé odolnosti proti otěru při vysokých řezných rychlostech se velmi dobře hodí pro optimalizaci obráběcího procesu. Citlivost na nestabilitu a vibrace.

GC2040 (HC) – S30 (S25 – S40)

- Povlakovaná karbidová třída pro frézování odlitků z žárovzdorných slitin.

H13A (HW) – S20 (S15 – S25)

- Nepovlakovaná karbidová třída s dobrou odolností proti otěru a s dobrou houževnatostí. Vhodná pro frézování žárovzdorných slitin při středních řezných rychlostech a při středních hodnotách posuvu.

GC1025 (HC) – S20 (S10 – S20)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro frézování žárovzdorných slitin při středních řezných rychlostech. Dobrá odolnost proti vytváření nárůstu na bříty a plastické deformaci.

GC1040 (HC) – S30 (S20 – S35)

- Houževnatá karbidová třída s PVD povlakem určená pro frézování v obtížných podmínkách s využitím nízkých až středních řezných rychlostí a/nebo rychlostí posuvu. Vhodná pro aplikace s vysokými nároky na spolehlivost a ostrost bříty, především pro obrábění austenitických a duplexních korozivzdorných ocelí snadno ulpívajících na bříty.

Tvrzená ocel

			Základní třídy	Doplňkové třídy
H	01	C4		CB50
	10	C3	GC 1030, GC 1010	H1P, GC 1025
	20	C2	GC 4220, CC 6190	GC 3040, CT 530
	30	C1		

CB50 (BN) – H05 (H01 – H10)

- CB50 je třída osazená kubickým nitridem bóru, který zajišťuje vysokou houževnatost bříty v kombinaci s dobrou odolností proti opotřebení. Třída CB50 je vhodná pro obrábění tvrzené oceli za příznivých podmínek.

CC6190 (HC) – H10 (H05 – H15)

- Keramická třída na bázi nitridu křemíku pro polodokončování tvrzené litiny při středních až vysokých řezných rychlostech.

GC1010 (HC) – H10 (H05 – H15)

- Karbidová třída s PVD povlakem vhodná pro obrábění tvrzené oceli. Je použitelná pro široké spektrum obráběcích aplikací, od hrubování až po dokončování. Díky její výjimečné odolnosti proti plastické deformaci, vysoké tepelné odolnosti a dobré odolnosti proti otěru, je možné tuto třídu použít i pro dlouhé doby v řezu. Vhodná pro obrábění tvrzených ocelí s tvrdostí 36 HRC a vyšší.

GC1030 (HC) – H10 (H10 – H20)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro frézování tvrzených součástí při nízkých rychlostech posuvu a středních řezných rychlostech.

GC4220 (HC) – H25 (H15 – H30)

- Povlakovaná karbidová třída pro lehké hrubování tvrzených ocelí (až do 60 HRC) za příznivých podmínek. Odolává vysokým teplotám v místě řezu.

CT530 (HT) – H25 (H10 – H25)

- Cermetová třída pro dokončování součástí z tvrzené oceli při nízkých až středních řezných rychlostech.

GC3040 (HC) – H25 (H20 – H30)

- Povlakovaná karbidová třída pro hrubovací frézování tvrzených ocelí za příznivých podmínek a při nízkých až středních řezných rychlostech.

GC1025 (HC) – H15 (H10 – H20)

- Karbidová třída s PVD povlakem pro frézování tvrzených součástí při nízkých posuvech a středních řezných rychlostech.

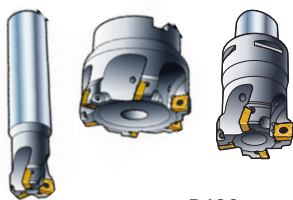
H1P (HW) – H10 (H05 – H15)

- Nepovlakovaná karbidová třída pro dokončovací frézování tvrzené litiny při středních řezných rychlostech.

Frézování do rohu

 $K_r = 90^\circ$

CoroMill® 490



R490

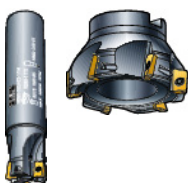
Geometrie VBD

Velikost
VBDPosuv na zub, f_z (mm/zub)Max. tloušťka třísky, h_{ex} (mm)M-PL
M-PM
M-PH

08

0.10
0.17
0.22(0.05 – 0.15)
(0.10 – 0.20)
(0.15 – 0.25)0.10
0.17
0.22(0.05 – 0.15)
(0.10 – 0.20)
(0.15 – 0.25)E-ML
E-MM
M-MM0.15
0.17
0.17(0.12 – 0.18)
(0.15 – 0.20)
(0.15 – 0.20)0.15
0.17
0.17(0.12 – 0.18)
(0.15 – 0.20)
(0.15 – 0.20)M-KL
M-KM
M-KH0.10
0.17
0.25(0.05 – 0.15)
(0.10 – 0.20)
(0.15 – 0.30)0.10
0.17
0.25(0.05 – 0.15)
(0.10 – 0.20)
(0.15 – 0.30)

CoroMill® 390



R390

E-PL
E-ML
E-KL
E-NL

Lehké

11

0.08
0.10
0.08
0.20(0.05 – 0.12)
(0.05 – 0.15)
(0.05 – 0.12)
(0.10 – 0.30)0.08
0.10
0.08
0.20(0.05 – 0.12)
(0.05 – 0.15)
(0.05 – 0.12)
(0.10 – 0.30)M-PL
M-KL

Lehké

11

0.08
0.10(0.05 – 0.15)
(0.08 – 0.15)0.08
0.10(0.05 – 0.15)
(0.08 – 0.15)E-PL
E-ML
E-KL
E-NL

Lehké

17

0.08
0.10
0.08
0.20(0.05 – 0.12)
(0.05 – 0.15)
(0.05 – 0.12)
(0.10 – 0.30)0.08
0.10
0.08
0.20(0.05 – 0.12)
(0.05 – 0.15)
(0.05 – 0.12)
(0.10 – 0.30)M-PL
M-KL

Lehké

17

0.08
0.10(0.05 – 0.15)
(0.08 – 0.15)0.08
0.10(0.05 – 0.15)
(0.08 – 0.15)E-PM
E-MM
E-KM

Střední obrábění

11

0.10
0.13
0.12(0.08 – 0.15)
(0.08 – 0.20)
(0.12 – 0.20)0.10
0.13
0.12(0.08 – 0.15)
(0.08 – 0.20)
(0.12 – 0.20)M-PM
M-MM
M-KM

Střední obrábění

11

0.10
0.13
0.12(0.08 – 0.15)
(0.08 – 0.20)
(0.12 – 0.20)0.10
0.13
0.12(0.08 – 0.15)
(0.08 – 0.20)
(0.12 – 0.20)E-PM
E-MM
E-KM

Střední obrábění

17

0.10
0.15
0.15(0.08 – 0.15)
(0.08 – 0.20)
(0.12 – 0.20)0.10
0.15
0.15(0.08 – 0.15)
(0.08 – 0.20)
(0.12 – 0.20)M-PM
M-MM
M-KM

Střední obrábění

17

0.10
0.15
0.15(0.08 – 0.15)
(0.08 – 0.20)
(0.12 – 0.20)0.10
0.15
0.15(0.08 – 0.15)
(0.08 – 0.20)
(0.12 – 0.20)M-PH
M-MH
M-KH

Těžké

11

0.12
0.16
0.15(0.08 – 0.20)
(0.08 – 0.22)
(0.12 – 0.22)0.12
0.16
0.15(0.08 – 0.20)
(0.08 – 0.22)
(0.12 – 0.22)M-PH
M-KH

Těžké

17

0.20
0.20(0.15 – 0.35)
(0.15 – 0.35)0.20
0.20(0.15 – 0.35)
(0.15 – 0.35)H-PL
H-ML
H-KL

Lehké

18

0.10
0.10
0.10(0.05 – 0.19)
(0.05 – 0.19)
(0.05 – 0.19)0.10
0.10
0.10(0.05 – 0.19)
(0.05 – 0.19)
(0.05 – 0.19)M-PM
M-MM
M-KM

Střední obrábění

18

0.20
0.20
0.20(0.08 – 0.30)
(0.08 – 0.30)
(0.08 – 0.30)0.20
0.20
0.20(0.08 – 0.30)
(0.08 – 0.30)
(0.08 – 0.30)

E

PCD

11

0.15

(0.10 – 0.25)

0.15

(0.10 – 0.25)

E

PCD

17

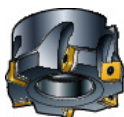
0.15

(0.10 – 0.25)

0.15

(0.10 – 0.25)

CoroMill® 290

R290
 $r_\epsilon = 0.8$ M-PL
M-KL

Lehké

0.08
0.10(0.05 – 0.15)
(0.08 – 0.15)0.08
0.10(0.05 – 0.15)
(0.08 – 0.15)E-PL
E-KL
E-ML

Lehké

12

0.06
0.08
0.10(0.05 – 0.09)
(0.07 – 0.12)
(0.08 – 0.15)0.06
0.08
0.10(0.05 – 0.09)
(0.07 – 0.12)
(0.08 – 0.15)M-PM
M-KM
M-KM

Střední obrábění

12

0.17

(0.10 – 0.20)

0.17

(0.10 – 0.20)

M-PL
M-ML
M-KL
M-WL

Lehké

12

0.17

(0.10 – 0.20)

0.17

(0.10 – 0.20)

M-PM
M-MM
M-KM
M-WM

Střední obrábění

12

0.12

(0.08 – 0.15)

0.12

(0.08 – 0.15)

M-PH
M-KH
M-WH

Těžké

12

0.25

(0.10 – 0.30)

0.25

(0.10 – 0.30)

E

Keramika

0.10

(0.05 – 0.15)

0.10

(0.05 – 0.15)

E

CBN

0.10

(0.05 – 0.18)

0.10

(0.05 – 0.18)

Frézování do rohu

$K_r = 90^\circ$			Posuv na zub, f_z (mm/zub)		Max. tloušťka třísky, h_{ex} (mm)	
	Geometrie VBD	Velikost VBD	Počáteční hodnota	(min.- max.)	Počáteční hodnota	(min.- max.)
CoroMill® 690 	M-P-SL M-E-SL	10	0.10	(0.05 – 0.2)	0.10	(0.05 – 0.15)
	M-P-SL M-E-SL	14	0.12	(0.05 – 0.2)	0.12	(0.05 – 0.15)
Dokončovací fréza Coromant s dlouhými břity  * koncové VBD - velikost 18	-PL2 -PL -ML2 -ML -2 -AL	18*/19	0.15	(0.05 – 0.2)	0.12	(0.02 – 0.08)
CoroMill® 790  R790	H-NL	16	0.2	(0.1 – 0.3)	0.2	(0.1 – 0.3)
	H-NM	16	0.3	(0.1 – 0.4)	0.3	(0.1 – 0.4)
	H-PL	16	0.15	(0.10 – 0.20)	0.05	(0.02 – 0.08)
	H-NL	22	0.3	(0.10 – 0.40)	0.3	(0.10 – 0.40)
	H-NM	22	0.6	(0.20 – 0.60)	0.6	(0.20 – 0.60)
	H-PL	22	0.15	(0.10 – 0.20)	0.05	(0.02 – 0.08)
CoroMill® Century  R590	-NL CD10		0.15	(0.05 – 0.30)	0.15	(0.05 – 0.30)
	-NL H10		0.20	(0.10 – 0.40)	0.20	(0.10 – 0.40)
AUTO-FS  R/L262.4 R/L262.42	SBEN SBEX SBEX-11	Dokončování	0.17	(0.1 – 0.3)	0.17	(0.1 – 0.3)
T-Line  R260.90	CDE	Hrubování	0.17	(0.1 – 0.3)	0.17	(0.1 – 0.3)

Čelní frézování

 $K_r = 75^\circ - 10^\circ$

CoroMill® 345



Geometrie VBD

Velikost
VBDPosuv na zub, f_z (mm/zub)Max. tloušťka třísky, h_{ex} (mm)

Lehké

13

Počáteční
hodnota

(min.- max.)

Počáteční
hodnota

(min.- max.)

E-PL
E-ML
E-KL
M-PL
M-KL
M-PM
M-MM
M-KM

Střední obrábění

M-PH
M-KH

Těžké

0.15

(0.07 – 0.20)

0.10

(0.07 – 0.14)

0.30

(0.15 – 0.45)

0.21

(0.10 – 0.32)

0.45

(0.35 – 0.55)

0.32

(0.25 – 0.39)

0.40

(0.30 – 0.50)

0.28

(0.21 – 0.35)

CoroMill® 245



R245

E-PL
E-ML
E-KL

Lehké

0.14

(0.08–0.21)

0.10

(0.06 – 0.15)

0.11

(0.07–0.17) CT530, H13A, H10

0.08

(0.06 – 0.12)

M-PL
M-KL

Lehké

0.17

(0.08 – 0.21)

0.12

(0.06 – 0.15)

M-PM, M-KM
M-PM, M-KMStřední
obrábění

0.24

(0.10 – 0.28)

0.17

(0.07 – 0.20)

0.12

(0.08 – 0.18) CT530, H13A

0.09

(0.06 – 0.13)

K-MM

0.23

(0.10 – 0.28)

0.16

(0.07 – 0.20)

M-PH
M-KH

Těžké

0.35

(0.10 – 0.42)

0.25

(0.07 – 0.30)

E-AL

0.24

(0.10 – 0.28)

0.17

(0.07 – 0.20)

E

Keramika

0.21

(0.10 – 0.30) CC6190

0.15

0.07 – 0.20

E

CBN

0.14

(0.07 – 0.21) CB50

0.10

(0.06 – 0.15)

E

PCD

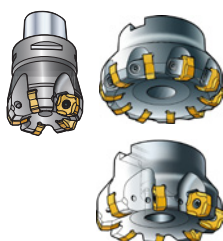
0.14

(0.07 – 0.21) CD10

0.10

(0.06 – 0.15)

CoroMill® 365

-PL
-PM
-KL
-KM

15

0.20

(0.12 – 0.28)

0.18

(0.11 – 0.25)

0.22

(0.15 – 0.28)

0.20

(0.14 – 0.25)

0.22

(0.12 – 0.35)

0.20

(0.11 – 0.32)

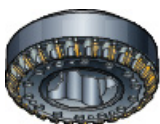
0.25

(0.15 – 0.35)

0.23

(0.14 – 0.32)

Sandvik AUTO



R/L260.3

TNHF-WL
TNEF-WL
TNHF-CA
TNEF-CA
TNHF-65
TNEF-65
TNJN
TNEN
TNCN

0.17

(0.08 – 0.21)

0.12

(0.06 – 0.15)

0.24

(0.1 – 0.42)

0.17

(0.07 – 0.30)

0.24

(0.1 – 0.28)

0.17

(0.07 – 0.20)

0.35

(0.1 – 0.70)

0.25

(0.07 – 0.50)

0.24

(0.1 – 0.28)

0.17

(0.07 – 0.20)

AUTO-AF

R/L260.8
R/L260.82N260.8-F
N260.8-L


0.16

(0.08 – 0.21)

0.15

(0.08 – 0.20)

Čelní a ponorné frézování

$K_r = 75^\circ - 10^\circ$	Geometrie VBD		Velikost VBD	Posuv na zub, f_z (mm/zub)		Max. tloušťka třísky, h_{ex} (mm)	
				Počáteční hodnota	(min.- max.)	Počáteční hodnota	(min.- max.)
CoroMill® 360 	PM MM KH	Těžké	19 28	0.45	(0.3 – 0.7)	0.40	(0.25 – 0.60)
T-MAX® 45 R260.7 	LNCX -11 -31 -32	Střední obrábění		0.35 0.35 0.35	(0.10 – 1.0) (0.10 – 0.70) (0.10 – 0.70)	0.25 0.25 0.25	(0.07 – 0.70) (0.07 – 0.50) (0.07 – 0.50)
CoroMill® 210  R210	M-PM M-KM M-MM E-PM E-MM E-KM		09 14 09 14	Čelní frézování 1.0 1.5 Ponorné frézování 0.15 0.20	(0.4 – 2.0) (0.5 – 3.0) (0.01 – 0.2) (0.10 – 0.25)	0.17 0.26 0.17 0.26	(0.07 – 0.35) (0.08 – 0.52) (0.07 – 0.35) (0.08 – 0.52)
Ponorná fréza Coromant 	LPMH-PM LPMH-MM		25	0.20	(0.10 – 0.30)		

Všeobecné soustružení

B

Upínání a zapichování

C

Řezání závitů

D

Frézování

E

Vrtání

F

Vývrtávání

G

Upínání nástrojů/
Stroje


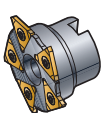



H

Materiály

I

Informace/Rejstřík

Frézování drážek

Frézování drážek			Posuv na zub, f_z (mm/zub)		Max. tloušťka třísky, h_{ex} (mm)	
Kotoučové frézy	Geometrie VBD	Velikost VBD	Počáteční hodnota	(min. - max.)	Počáteční hodnota	(min. - max.)
<div></div> <div>CoroMill® 327</div>	-GM -GMM -GC -CH -TH -THM -RM	06, 09, 12, 14	0.15	(0.07 – 0.25)	0.06	(0.02 – 0.1)
<div></div> <div>CoroMill® 328</div>	-GM -GC -TH	13	0.15	(0.1 – 0.2)	0.1	(0.05 – 0.15)
<div></div> <div>CoroMill® 329</div>	Veliosť lůžka -D, -E -F, -G -H, -J, -K		0.1	(0.07 – 0.17)	0.07	(0.05 – 0.12)
<div></div> <div>CoroMill® 331</div> <div>N/R331.32 R331.35 R/L331.52</div>	-PL, ML, -KL, -WL, -NL	04, 05	0.15	(0.05 – 0.22)	0.10	(0.05 – 0.15)
		08, 11, 13, 14	0.18	(0.07 – 0.22)	0.12	(0.08 – 0.15)
	-PM, -MM, -KM, -WM	04, 05	0.19	(0.08 – 0.29)	0.13	(0.08 – 0.20)
		08, 11, 13, 14	0.25	(0.1 – 0.29)	0.17	(0.10 – 0.20)
	RCHT/RCKT					
	-PL, ML, -KL		0.11	(0.07 – 0.17)	0.08	(0.07 – 0.17)
	-WM, -PM, -MM -KM		0.24	(0.10 – 0.28)	0.17	(0.10 – 0.28)
	-WH, -KH, -PH		0.35	(0.10 – 0.42)	0.25	(0.10 – 0.30)
<div></div> <div>T-MAX® Q-Cutter</div> <div>Pro řezání drážek</div> <div>330.20</div>	330.20 -AA -AA -XE	2 – 4 5 – 6	0.09 0.09 0.09	(0.02 – 0.12) (0.02 – 0.12) (0.02 – 0.12)	0.06 0.08 0.08	(0.02 – 0.06) (0.02 – 0.13) (0.02 – 0.13)