

# TROCHOIDNÍ METODA FRÉZOVÁNÍ

Martin Horváth | Iscar  
Obrábění

**Před několika desítkami let byly představeny obráběcí stroje s výrazně zrychlenou kinematikou a díky svým novým vlastnostem úspěšně rozšířily možnosti efektivních metod vysokorychlostního obrábění (HSM).**

[www.mmspektrum.com/220609](http://www.mmspektrum.com/220609)

Jednou z těchto metod byl tzv. „peeling“ (peel milling), někdy označovaný také jako frézování „loupáním“. Hlavním principem peelingu je velká hloubka řezu (obvykle nepřesahuje hodnotu  $5 \times D$ ) ve spojení s malou šířkou řezu (typicky do  $0,2 \times D$ ). Tato kombinace se vyznačuje značnými výhodami.

## Snížení tepelného zatížení

Zmenšení šířky řezu má za následek snížení tepelného zatížení řezné hrany a umožňuje zvýšit řeznou rychlost. Při peelingu může být řezná rychlost vyšší než u tradičních metod frézování. Malá šířka řezu výrazně snižuje radiální složku řezné síly, tedy složku, která způsobuje ohýbání frézy a vibrace. Díky tomu je zajištěna vysoká provozní stabilita a je možné zvýšit hloubku řezu.

## Vyšší posuvy

Radiální zúžení třísky umožňuje vyšší posuvy, aby bylo možné zachovat požadovanou přesnou tloušťku třísky. Proto je frézování s malým radiálním záběrem a velkou hloubkou řezu při vysokých řezných rychlostech a velkých posuvech dobrým způsobem, jak zvýšit produktivitu obrábění. Navíc je při použití této metody opotřebením řezné hrany postupné a stejnoměrně rozložené, čímž se prodlužuje životnost nástroje.

## Produktivita při frézování osazení

Metoda peelingu se osvědčila svou produktivitou při frézování vysokých osazení a širokých hran. Technika „loupání“ je úspěšně používána i při ostatních frézovacích aplikacích – jedná se o způsob obrábění, kdy nástroj malého průměru obrábí různá obtížně přístupná místa, jako jsou např. rohy dutin.

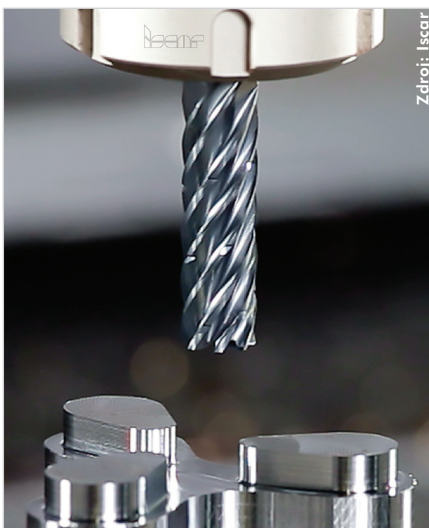
## Trochoidní frézování složitých drah

Pokrok v systémech počítačového číslicového řízení (CNC) a počítačová podpora výroby (CAM) přinesly další zlepšení: trochoidní frézování se složitou dráhou nástroje namísto lineárního pohybu, které je vhodné pro techniku „loupání“. V matematice je trochoida křivka, která vzniká pohybem bodu na kružnici, jež se odvaluje po pevné přímce. Při trochoidním frézování se řezný nástroj pohybuje po této křivce a řeže tenké vrstvy materiálu. Obvykle je tato



Zdroj: Iscar

**Vícebřitě monolitní karbidové stopkové frézy Chatterfree se vyrábí v několika řadách s různou délkou pracovní části.**



Zdroj: Iscar

**Dělená řezná hrana výrazně zlepšuje odchod třísek a poskytuje uspokojivou kvalitu povrchu.**

křivka kruhový oblouk (půlkruh) a nástroj se vrací do počátečního bodu po těživě oblouku a poté opakuje dráhu s malým bočním krokem. V takovém případě vypadá dráha nástroje jako písmeno „D“. Frézování po křivočaré trajektorii umožňuje konstantní zatížení řezné hrany a eliminuje nárazové zvýšení zatížení při pronikání do materiálu.

## Minimalizace časových ztrát

Kromě dráhy ve tvaru písmene „D“, která je dnes považována za „klasickou“, umožňují dnešní pokročilé stroje se špičkovými řídicími systémy mnohem složitější a komplexnější kinematiku pohybu. Trochoidní dráha minimalizuje časy, kdy nástroj neobrábí, a optimalizuje pohyb obráběcího stroje.

## Frézování tvrdých materiálů

Trochoidní frézování je známé jako velmi účinná metoda při obrábění hlubokých drážek, kapes a dutin a je také velmi slibnou metodou pro frézování tvrdých a těžko obrobitelných materiálů, především titanu a vysokoteplotních superlitin (HTSA). Kromě toho je trochoidní frézování extrémně užitečné pro zlepšení výkonu při obrábění za nestabilních podmínek: při obrábění tenkostěnných součástí, nestabilně upnutých obrobků apod. A navíc díky rovnoměrnému a značně sníženému zatížení nástroje je trochoidní frézování efektivní i při obrábění miniaturních součástí.

## Výzva při programování

Hlavní výzvou při trochoidním frézování je ovládnutí obráběcího stroje a inteligentní programování dráhy nástroje. Při řešení těchto výzev však bývá často přehlížen další důležitý faktor – samotný řezný nástroj. Bez správného nástroje mohou všechny snahy o návrh trajektorie a o udržení rovnoměrného zatížení řezné hrany vyjít naprázdno. Výrobci nástrojů jsou proto motivováni k výrobě optimálního nástroje, který by požadavky na trochoidní frézování splňoval.

## Vlastnosti výkonné frézy pro trochoidní frézování

Trochoidní fréza musí být vhodná pro obrábění vysokou řeznou rychlostí. Důležitá je její přesnost, vyváženost a bezpečnost při používání při vysokých otáčkách. Pro zajištění stability obrábění je zásadní dynamické chování frézy, zejména v případech s velkou hloubkou řezu. Při frézování s malou šířkou řezu je v záběru vždy jen jeden zub frézy. Optimalizace kontaktní plochy zubu s materiálem je důležitým faktorem pro stabilní frézování. Fréza s nejpříznivější geometrií řezné hrany je hlavním krokem pro nalezení nejlepšího řešení. Pro účinný odvod tenkých třísek, které se tvoří při trochoidním frézování, nejsou zapotřebí velké zubové mezery.

## Celokarbidové frézy na prvním místě

Výše zmíněným požadavkům nejlépe odpovídají vícebřitě monolitní karbidové stopkové frézy nebo výměnné karbidové frézovací



Zdroj: Iscar

### Výmenná hlavice Iscar Multi-Master pro trochoidní frézování těžko obrábitelných titanových slitin.

hlavice. Celokarbidové frézy dnes skutečně představují většinu nástrojů používaných pro trochoidní frézování. Tyto stopkové frézy mají pochopitelně své vlastní konstrukční prvky, které můžeme vidět v poslední inovované řadě nástrojů Iscar. Jsou charakterizovány několika vlastnostmi:

- proměnlivé stoupání šroubovice a nepravidelná zubová rozteč poskytují odolnost proti vibracím a zlepšují stabilitu při vysokorychlostním obrábění s velkým vyložení;
- speciálně tvarované zubové mezery, jejichž výsledkem je zvětšený průměr jádra, aby se zlepšila dynamická pevnost;
- dostatek prostoru pro zubovou mezeru, která zajišťuje plynulý odchod třísek.

### Vysoká přesnost

Tyto produkty zachovávají vysokou přesnost a poskytují maximální hodnoty odběru materiálu při obrábění všech hlavních typů stroj-

renských materiálů. Rozsah průměrů monolitních karbidových stopkových fréz Iscar pro trochoidní frézování je 2–25 mm.

### Karbidové stopkové frézy

Karbidové stopkové frézy Chatterfree EC-E7/H7-CF mají 7 zubů a různý rádius rohů. Jsou dostupné v několika řadách s délkou pracovní části 2, 3, 4 a 6 × D. Stopkové frézy se vyrábí z ultrajemného karbidu IC902 s PVD povlakem.

### Sedmizubé frézy

Charakteristickou vlastností 7zubých fréz ECP-H7-CF je dělená řezná hrana. Představení této geometrie řezné hrany přineslo zvýšení výkonu při aplikacích s velkým vyložení a významné zlepšení odvodu třísek při obrábění hlubokých kapes a dutin. Je důležité poznamenat, že dělené řezné hrany poskytují uspokojivou kvalitu povrchu pro většinu provozních požadavků.

### Speciálně pro titanové slitiny

Ti-Turbo jsou 7- a 9břité celokarbidové stopkové frézy ECK-H7/9-CFR, které jsou konstruované speciálně pro vysokorychlostní obrábění titanových slitin a mají délku pracovní části zhruba 2 × D. Díky pozoruhodnému tlumení vibrací a optimalizované geometrii řezné hrany dosahují tyto celokarbidové stopkové frézy dobrých výsledků při trochoidním frézování různých součástí v leteckém průmyslu, včetně obrábění titanových lopatek rotorů (blisků).

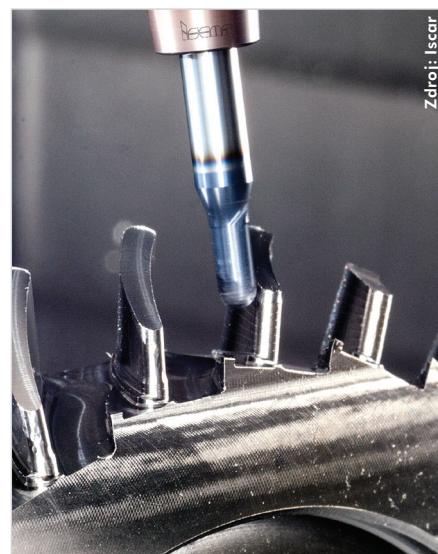
### Pro mělké drážky a rohy

Pokud je trochoidní frézování použito na mělké drážky nebo rohy titanových součástí, může být vhodnějším řešením použití 6břitých vý-

měnných hlavice Multi-Master, které byly představeny nedávno. Konstrukce hlavice využívá zkušeností firmy Iscar v této oblasti a díky tomu vznikl robustní nástroj pro efektivní obrábění těžko obrábitelných titanových slitin, jako jsou Ti-10V-2Fe-3Al a Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr.

### Nejvhodnější upínače

Tento přehled by byl nekompletní bez několika poznámek o upínačích, které jsou pro úspěch trochoidního frézování nepostradatelné. Praxe v obrábění ukazuje, že nejlepších výsledků se dosahuje, když jsou frézy upnuté do hydraulických nebo tepelných upínačů. ■



Zdroj: Iscar

Trochoidní hrubovací frézování lopatky blisku pomocí vícebřité monolitní karbidové stopkové frézy, která je upnutá v tepelném upínači.

## STROJAŘI NA HRAD PROSTĚ PATŘÍ!

Strojírnoství je páteří průmyslu. Dokazuje to i skutečnost, že na podzim loňského roku si ve Španělském sále Pražského hradu významné strojařské firmy převzaly ocenění v rámci vyhlášení 26. ročníku Českých 100 nejlepších.

Českých 100 nejlepších je soutěž, kterou pořádá panevropská společnost pro kulturu, vzdělávání a vědecko-technickou spolupráci Comenius. Jejím cílem je nalézat a oceňovat ty české firmy, které dosahují mimořádných výsledků. Důležitým měřítkem však není obrat či jiné výkonové parametry, ale je jím zejména přínos v oboru. Nominované firmy jsou posuzovány ve spolupráci s Hospodářskou komorou, Ministerstvem průmyslu, a hlavně s řadou odborných garantů z oboru. Obor strojírenství měl své místo v rámci Českých 100 NEJ vloni poprvé a strojaři se ihned umístili i mezi celkovou stovkou nejlepších českých firem. Příprava na letošní ročník je již v plném



Zdroj: Comenius

Ocenění zástupci firem ze strojírenské kategorie, včetně odborného garanta Pavla Diviše z TGS (vpravo).

proudu a vzhledem k tomu, že v české ekonomice se role strojírenství bude v budoucnu ještě zvyšovat, není pochyb o tom, že poroste i počet nominovaných firem. Nemá ta vaše

být jednou z nich? Více informací a ohlednutí za minulými ročníky najdete na internetových stránkách [www.comenius.cz](http://www.comenius.cz).

[WWW.MMSPEKTRUM.COM/220647](http://WWW.MMSPEKTRUM.COM/220647)