

Konstrukce speciální frézy pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů

Construction of a special milling tool for cutting of difficult-to-machine materials

Bc. Marek Urban, ZČU v Plzni, FST, KTO, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, marekurban@seznam.cz

Ing. Miroslav Zetek Ph.D., ZČU v Plzni, FST, KTO, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, mzetek@kto.zcu.cz

Ing. Ivana Česáková, ZČU v Plzni, FST, KTO, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, cesakova@kto.zcu.cz

Ing. Josef Sklenička, ZČU v Plzni, FST, KTO, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, sklenick@kto.zcu.cz

ANONTACE

Filling and the goal of these work is engineering design and experimental testing of special cassette milling cutter tool with inserts for High Speed Cutting in face milling. Cassette milling cutter is mostly apply for milling cutter with bigger diameter, as are cutter head, or circular milling cutter. Is that by virtue of that on smaller milling cutter isn't for cassette place. But it exist exception, as in the case of these work, where is construction of cassette milling cutter select, although is diameter milling cutter „cool“ 52 mm. This design will be solving comprehensively, that is why we will made and analyses engineering design including laboratory testing. There is no literature that would be deal with construction of clamp - size, shape etc. Therefore in this constructional solve perform analyses of acceptable clamp. Is that for reasons of toughest clamping inserts from Cermets, which is demonstrate at tested milling cutter and durability of inserts. The main positive and the goal of this tool would have had be bigger scholastic elasticity (quickly exchange geometry of tool) at studying cutting of difficult-to-machine materials with cermets on the Institute of Machining Technology.

➔ Klíčová slova: Kazeta, Fréza, HSC, Upínka, Cermet

1 ÚVOD

Náplní a cílem této práce je konstrukční návrh a experimentální odzkoušení speciálního kazetového frézovacího nástroje s VBD pro HSC čelní frézování. Kazetové konstrukce se většinou používají pro frézy s většími průměry, jako jsou frézovací hlavy, nebo kotoučové frézy. Je to dáno tím, že na menších frézách není pro kazetu místo. Existují ale výjimky, jako v případě této práce, kde je právě konstrukce kazetové frézy zvolena, ačkoliv je průměr frézy „pouhých“ 52 mm. Tento návrh bude řešen komplexně, a proto bude provedena i analýza vlastního konstrukčního řešení včetně experimentálního odzkoušení.

Neexistuje žádná literatura, která by se zabývala konstrukcí upínky - její velikostí, tvarem atd. Proto se v tomto konstrukčním řešení provede i analýza vhodné volby upínky. Je to z důvodu co nejtěžšího upnutí břitové destičky z Cermetu, které se projevilo i u testování samotné frézy a trvanlivosti břitové destičky.

V současné chvíli (leden 2011) jsou k dispozici dva návrhy, které se konstrukčně liší – bude záležet na převažujících pozitivěch zjištěných testováním, která konstrukce bude nakonec nejvhodnější. Realizovaný je jeden návrh a úvodní testy ukázaly jeho nedostatky, které se v nejbližší době odstraní. Z tohoto důvodu je článek převážně o konstrukčním návrhu č. 1 a jediná zmínka o kontrakčním návrhu č. 2 je v kapitole 2.7.

2 KONSTRUKCE NÁSTROJE

Kazetová fréza je koncipována jako dokončovací a bude používat břitová destičky z cermetu – proto je nutnost použít upínací systém pomocí upínek.

Konstrukci nástroje můžeme rozdělit na 5 velmi důležitých prvků - tělo frézy, kazetu, upínku, lůžko břitové destičky a materiál použitý pro výrobu této frézy. Tyto prvky spolu souvisí a navzájem se doplňují. Dohromady tvoří komplexní nástroj pro moderní obrábění.

Stanovené požadavky pro speciální kazetovou frézu:

- Pro kruhové VBD $D_{VBD} = 12,025$ mm
- Průměr frézy $D_{FRÉZ} = 52$ mm
- Upínání pomocí upínky
- Vysoká tuhost
- Snadné vyvážení
- Široké spektrum geometrií ($\gamma_A = -9^\circ \div -20^\circ$; $\gamma_R = -7^\circ \div -18^\circ$)
- Snadná výměna kazet
- Výměna kazety i s upnutou VBD
- Shodná upínka pro všechny geometrie
- Vysoká tuhost upnutí kazety a VBD
- Jedinečné ustavení upínky
-

Tyto požadavky konstrukční návrh č. 1 splňuje na výbornou až na požadavek vysoké tuhosti upnutí VBD. Proto byly realizovány jistá opatření, která jsou vysvětleny v kapitole 2.6 Zlepšující prvky.

2.1 Konstrukce těla frézy

Konstrukce těla musí splňovat jednu velice důležitou vlastnost – tuhost. Proto je prototyp nástroje z jednoho kusu a upíná se rovnou do vřetena frézky – žádný upínací adaptér. Vršek těla – tj. kužel a vyfrézované drážky jsou pro vřeteno typu SK 40.



Obrázek 1 – Tělo nástroje

Dalším důležitým prvkem na těle frézy jsou technologické a konstrukční odlehčení. Tyto prvky jsou vidět zejména na vybrání pro kazetu – kde je tak definována jasná poloha kazety a hlavně přesné usazení kazety.

Konstrukční odlehčení je vidět na čele nástroje, kde toto odlehčení umožňuje frézovat až do hloubky řezu a_p 1,5 mm, což je zcela vyhovující z podstaty dokončovací frézy.

Je zde i upínací prvek ve formě díry pro šroub, který upíná kazetu k tělu frézy. Tato díra je pod přesně definovaným úhlem tak, aby byla kazeta stoprocentně upnutá.

Neméně důležitý prvek na těle jsou také čtyři díry po 90° pro přesné vyvážení pomocí šroubků. Vyvážení je velice důležité z důvodu malého průměru a tudíž i nutnosti použití vysokých otáček pro obrábění v oblasti HSC.

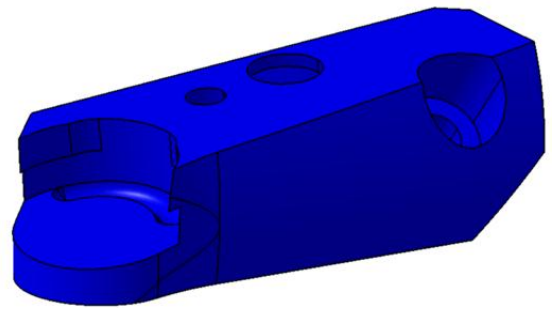
2.2 Konstrukce kazety

Kazeta je klíčový prvek v této konstrukci, a proto jsou na ni kladeny vysoké nároky a musí splňovat veškeré konstrukčně-technologické požadavky.

Kazeta se skládá z několika prvků – odlehčující prvky, upínací prvky a lůžka pro vyměnitelnou břitovou destičku.

Odlehčující prvky jsou zde vidět ve formě tvarově složité plochy a zkosení mezi třemi plochami, které jsou ve styčném spojení s tělem frézy. Tyto odlehčení vymezují nepřesnosti při výrobě kazety a těla frézy. Na základě toho odlehčení pak kazeta bez problémů zaujme svoji polohu.

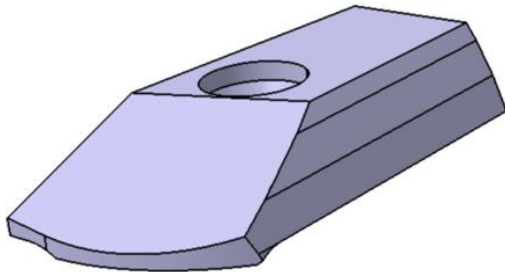
Upínací prvky se podílí na upínání břitové destičky a samotné kazety. U upínání břitové destičky jsou to válcové díry. První díra je se závitem pro šroub upínky a druhá pro hříbek upínky tak, aby upínka byla správně předepnutá.



Obrázek 2 - Kazeta

2.3 Konstrukce upínky

Upínka je jedna z klíčových součástí pro trvanlivost břitové destičky. Proto je to určitá alchymie zkonstruovat vyhovující a ideální upínku pro nástroj.



Obrázek 3 - Upínka

Na upínce můžeme najít 3 důležité prvky, které definují upínku a jsou klíčovými charakteristickými prvky upínky.

Hříbek upínky (válcový výstupek) je důležitý pro správné předepnutí upínky a tím k dosažení patřičné tuhosti upnutí břitové destičky.

Dalším důležitým prvkem je styčná plocha mezi upínkou a břitovou destičkou. Je tenká. To je z důvodu, aby se tato styčná plocha dotýkala pouze břitové destička a NIKDY ne kazety.

Poslední konstrukční prvek je upínací – tj. díra pro šroub upínky. Tato díra je kolmá na horní i spodní plochu upínky.

Upínka prošla v lednu 2011 značnými úpravami, a proto pro příští testování bude mít rozdílnou podobu. Tuto původní modifikaci upínky jsem zde uvedl proto, že byla na modelu frézy, který se testoval. Změněné prvky upínky (hříbek a styčná plocha) jsou uvedeny v kapitole 2.6 Zlepšující prvky.

2.4 Materiál frézy

Materiály používané pro výrobu kazet jsou většinou totožné s materiálem použitým pro tělo frézy. Existují ale výjimky, kdy pro materiál těla nástroje je použit jiný materiál s lehkých slitin (např. hliníkových). Takovouto kazetovou frézou z lehkých hliníkových slitin pro vysokorychlostní obrábění vyrábí například firma *Coromant Sandvik - CoroMill® Century*. Tato fréza je vhodná pro obrábění neželezných materiálů, ale i litiny a tvrzené oceli. Lehké slitiny se používají z důvodu menší hmotnosti a podobných mechanických vlastností jako má zušlechtěná ocel. Menší hmotnost ve výsledku znamená vyšší řeznou rychlost při stejném výkonu stroje → vyšší produktivita obrábění. V těchto případech se výměnná kazeta nechává ze zušlechtěné oceli.



Obrázek 4 - Polotovár

Fréza byla vyrobena z polotovaru od firmy *KFM – Herman*. Materiál použitý pro naši kazetovou frézu je legovaná kalená ocel s mezí pevnosti 800 MPa. Kužel a věnec byly cementovány a kaleny na min 630 HV (min. 56 HRC) a následně broušeny (dle katalogu *KFH - Hermann*). Válec je netvrzený pro další výrobu. [2]

2.5 Zlepšující prvky

Jak už bylo naznačeno v předchozích kapitolách po úvodních testech frézy, byly navrženy některé konstrukční úpravy. Ty se týkají upínky, jelikož vzniká podezření, že břitová destička je upnuta nedostatečně a může docházet k vibracím, které snižují trvanlivost břitové destičky.

Zlepšující návrhy existují ve dvou variantách:

1. *Kulový „hříbek“ na upínce:* Tím, že hříbek bude kulový, se docílí bodového styku mezi kazetou a upínkou a tím stabilnějšího upnutí, které nebude trpět nepřesností při výrobě hříbku a kazety.



Obrázek 5 - Kulový hříbek

Jelikož neexistuje žádná literatura, která by se zabývala konstrukcí upínky - její velikostí, tvarem atd., tak se tím pádem musí provést experimentální metoda pro určení nejvhodnějšího představitele upínky.

Tato varianta provede ve třech velikostních modifikacích:

- stejná velikost upínky oproti původní upínce
- menší velikost upínky oproti původní upínce
- větší velikost upínky oproti původní upínce

2. *Upínka dotýkající se na třech bodech:* Tato varianta si klade za cíl maximálně vykompenzovat výrobní nepřesnosti při výrobě břitové destičky a kazety.

Vychází ze základní poučky, že rovina je definována třemi body a proto chceme experimentálně otestovat, zda tento návrh bude mít pozitivní dopad na tuhost upnutí a zredukování chvění při obrábění.

2.6 Konstrukční návrh č. 2

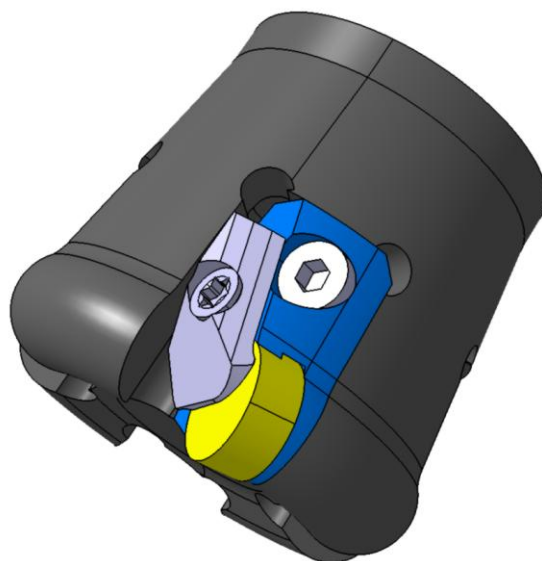
Jak již bylo zmíněno v úvodu tohoto článku, existuje i druhý konstrukční návrh. Tento návrh má oproti návrhu č. 1 některá pozitiva, ale i negativa.

Negativa:

- Nelze vyměnit kazetu i s upnutou VBD
- Shodná upínka pro všechny geometrie

Pozitiva:

- Vysoká tuhost upnutí kazety a VBD
→ *IDEA*
- Jedinečné ustavení upínky
- Možnost většího počtu zubů oproti předešlému konstrukčnímu návrhu



Obrázek 6 - Konstrukční návrh č. 2

Jako největší negativum lze říct, že upínka je pro každou geometrii jiná. Tohle negativum ale vychází z podstaty konstrukce této frézy – upínka má zde tvar klínu, který je zatlačován mezi tělo frézy a kazetu. Od toho se odvíjí i jiný úhel osy díry v upínce – tak aby zatlačování upínky bylo co největší. To má za následek, že upínka je ve styku se třemi součástmi frézy – s tělem, kazetou a břitovou destičkou a to v takovém poměru, aby se dosáhlo největší možné tuhosti upnutí.

Upnutí kazety a lůžko břitové destičky zůstalo nezměněno.

Tento návrh je zatím pouze na papíře a nebyl ještě realizován, aby se ověřily jeho pozitiva. Záleží proto pouze na tom, jak dopadnou testy zlepšeného návrhu č. 1.

3 EXPERIMENTÁLNÍ TESTOVÁNÍ KONSTRUKČNÍHO NÁVRHU Č. 1

Pro testování kazetové frézy, jakožto nástroje pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů, byla vybrána nástrojová ocel ČSN 19436 (EN ISO X210Cr12) o tvrdosti 51HRC. Tato vysoce legovaná ledeburitická chromová ocel je těžkoobrobitelným materiálem především díky vysokému obsahu uhlíku \Rightarrow tvorba tvrdých karbidických částic (především karbid chromu), které způsobují rychlejší opotřebení nástroje [1]

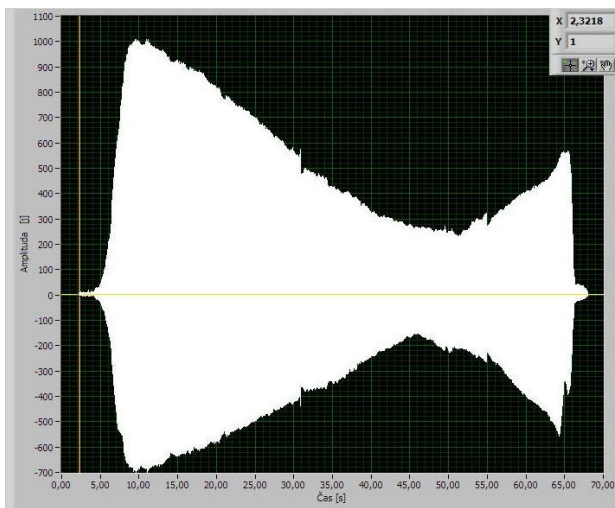
Testování proběhlo na vertikálním obráběcím centru MCV 750 A. Dále byl použit optický mikroskop Multicheck PC500 pro měření opotřebení, tříložkový dynamometr a tříkanálový zesilovač (obojí KISTLER) a software LabVIEW 8.0.

Řezné a testovací podmínky:

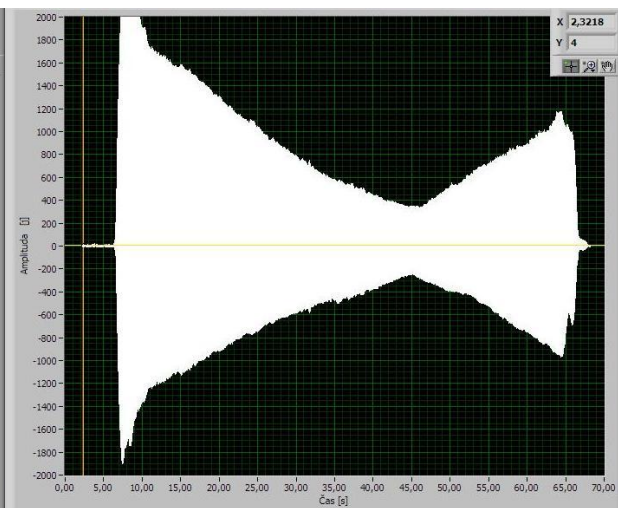
- Řezná rychlost $v_c = 450$ m/min
- Posuv $f_{min} = 269$ (mm/min)
- $\gamma_A = -13^\circ$
- $\gamma_R = -16^\circ$
- $a_p = 1$ mm
- $a_e = 1$ mm
- $V_{BKrit} = 0,2$ mm ; $V_{MAX} = 0,4$ mm
- Bez chlazení

Přejezd	V_c (m/min)	f_{min} (mm/min)	Chlazení	Opotřebení (μ m)	Čas (min)
1. Přejezd	450	269	NE	82	0,97
2. Přejezd	450	269	NE		
3. Přejezd	450	269	NE	140	2,91
4. Přejezd	450	269	NE		
5. Přejezd	450	269	NE	177_381	4,85
6. Přejezd	450	269	NE		
7. Přejezd	450	269	NE	203_420	6,79

Tabulka 1 - Tabulka opotřebení v konfrontaci s časem obrábění



Obrázek 8 - Fx při prvním přejezdu



Obrázek 7 - Fx při posledním přejezdu

Řezné podmínky byly odlazovány několika pokusy, kdy se na základě zkušeností při obrábění materiálu 19436 cermety volili různé řezné rychlosti a posuvy. Výše uvedené řezné podmínky vyšly jako nejhodnější – břitová destička zde vykazovala největší trvanlivost.



Obrázek 9 - Kazetová fréza

Během experimentu obráběla vždy jen jedna VBD, druhá byla ubroušena a ponechána ve frézovací hlavě z důvodu správného vyvážení nástroje. Geometrie lůžka měla axiální úhel čela $\gamma_A = -13^\circ$, radiální úhel čela $\gamma_R = -16^\circ$. Tato geometrie byla opět převzata z předchozích zkušeností. Úhel čela i hřbetu samotné VBD byl roven nule.

Obrábění cermetovými řeznými nástroji se obecně provádí výhradně bez použití procesních kapalin z důvodu zamezení vzniku tepelných šoků na břitu nástroje. Kromě pozitivního účinku na trvanlivost, snižuje absence řezných kapalin v řezném procesu náklady na jejich ekologickou likvidaci. [1]

Důsledek opotřebení je možné vidět i na obr. č. 9 a 10, kde síla při posledním sedmém přejezdu byla dvojnásobná (2100 N) než při prvním (1000N).

Z tabulky č. 1 je zřejmé, že při opotřebení 203 μm (vrubové 403 μm) vykazovala destička trvanlivost necelých 7 min. To je v porovnání s klasickou čelní dokončovací frézou, která je používána pro obrábění tohoto materiálu o tři minuty méně. Je to hlavně z důvodu nižší tuhosti upnutí destičky, proto byly provedeny nápravné kroky (viz. kapitola 2.6).

4 ZÁVĚR

Tento článek si kladl za cíl seznámit odbornou veřejnost s prototypem kazetového frézovacího nástroje pro obrábění těžkoobrobitelného materiálu konstruovaného na katedře technologie obrábění. Dále ověřit možnost frézování zápuskové oceli 19436 pomocí cermetové VBD a porovnání s klasickou čelní frézou.

Kazetovou konstrukcí fréz se na katedře budeme zabývat i dále a budeme její možnosti



Obrázek 10 - Kazetová fréza

rozšiřovat – jak z hlediska materiálového, tak konstrukčního.

Hlavním pozitivem a cílem tohoto nástroje by měla být větší badatelská pružnost (rychlá výměna geometrie nástroje) při studování obrábění těžkoobrobitelných materiálů cermety na katedře technologie obrábění (KTO).

Tento příspěvek vznikl na základě řešení grantu SGS-2010-083.

POUŽITÁ LITERATURA:

[1] Zetek M, Česáková I, Sklenička J. *Vliv předepozičních úprav mikrogeometrie bříty*, článek pro konferenci Plzeň 2009

[2] Katalog KFH – Hermann 2008

