

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ROZBOR A VYUŽITÍ TVAROVÝCH FRÉZOVACÍCH NÁSTROJŮ

ANALYSIS AND USAGE OF FORM CUTTERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ VAŠÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OSKAR ZEMČÍK, CSc.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Vašíček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Rozbor a využití tvarových frézovacích nástrojů.

v anglickém jazyce:

Analysis and usage of form cutters.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Rešerše literatury k danému tématu.
2. Druhy, použití, tvarových frézovacích nástrojů.
3. Používané konstrukční prvky nástrojů.
4. Porovnání základních druhu nástrojů jednotlivých renomovaných výrobců.
5. Závěr - vyhodnocení s doporučením.

Cíle bakalářské práce:

Studie tvarových fréz, základní konstrukční prvky, parametry, porovnání jednotlivých fréz od různých výrobců a doporučení použití.

Seznam odborné literatury:

1. ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
2. ZEMČÍK, O. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6
3. KÖNIG, W. Fertigungsverfahren band 1, 2, 3, 4, 5, 6. 4. Aufl. Düsseldorf: VDI – Verlag GmbH, 1999. 416 s. ISBN 3-18-401054-6
4. Firemní podklady dle dalšího zpresnění a určení (Sandvik Coromant, Gühring, Fette, Pramet, Mitsubishi, Iscar, Seco, apod.)
5. REICHARD, A. Fertigungstechnik 1, 2. 10. Aufl. Hamburg: Handwerk und technik, 1993. 420 s. ISBN 3-582-02311-7

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.
V Brně, dne 18.11.2009

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce je souhrnným popisem tvarových frézovacích nástrojů. Kromě základní definice obrábění, řezného procesu a principů frézovacího procesu, s popisem úběru materiálu a základními řeznými podmínkami je zaměřena na charakteristiku a rozdělení frézovacích nástrojů dle tvaru a konstrukce, včetně podrobnějšího popisu tvarových fréz a nejpoužívanějších upínacích systémů. Závěr práce je věnován porovnání vybraných monolitních a skládaných tvarových fréz od významných výrobců, jako společnosti ZPS-FN a.s., L.M.T. Fette GmbH, AB Seco Tools a Mitsubishi Materials Corporation.

Klíčová slova

Frézování, frézovací nástroje, tvarové frézovací nástroje, tvarové frézy

ABSTRACT

This work is a summary description of form cutters. It explains the basic definition of cutting and the principle of milling process, with a description of stock removal and basic cutting conditions. It includes characteristics and distribution of milling tools according to their shape and construction and a more detailed description of milling cutters and the most widely used clamping devices. The end of this thesis is devoted to comparing of chosen solid and form cutters with indexable inserts from major producers, like companies ZPS-FN Inc., L.M.T . Fette Ltd., AB Seco Tools and Mitsubishi Materials Corporation.

Key words

Milling, milling tools, form milling cutters, form cutters

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VAŠÍČEK, J. *Rozbor a využití tvarových frézovacích nástroj: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 44 s., příloh 2. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Rozbor a využití tvarových frézovacích nástrojů“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 19.5.2010

.....
Jiří Vašíček

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Oskaru Zemčikovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	8
1 Základní principy a metody frézování	9
1.1 Definice obráběcího procesu	9
1.2 Řezný proces	9
1.3 Definice obráběcího nástroje	10
1.4 Všeobecná definice frézování	10
1.5 Úběr materiálu při frézování	12
1.6 Kinematika úběru materiálu.....	13
1.7 Řezné podmínky při frézování	14
2 charakteristika a rozdělení frézovacích nástrojů dle tvaru a konstrukce	15
2.1 Rozdělení fréz dle vnějšího tvaru	15
2.2 Základní rozdělení fréz dle konstrukce.....	18
3 charakteristika Tvarových fréz.....	21
3.1 Technologická charakteristika.....	21
3.2 Základní rozdělení tvarových fréz	24
3.3 Základní druhy upínání fréz.....	26
4 Porovnání sortimentu domácích a světových výrobců nástrojů.....	29
4.1 Porovnání vybraných monolitních tvarových fréz z nabídky jednotlivých firem	31
4.2 Porovnání vybraných tvarových fréz s VBD z nabídky jednotlivých výrobců	34
4.2.1 Porovnání fréz na T-drážky s VBD.....	34
4.2.2 Porovnání kopírovacích fréz s kulovým čepem s VBD.....	35
4.2.3 Porovnání fréz s VBD, určených pro řezání metrických závitů	36
4.2.4 Porovnání kotoučových fréz s VBD	37
4.3 Porovnání systémů upínání VBD pro uvedené nástroje jednotlivých výrobců	39
Závěr	40
Seznam použitých zdrojů	41
Seznam použitých symbolů	43
Seznam příloh	44

ÚVOD

Výroba součástí pomocí třískového obrábění zasahuje hluboko do lidské historie, nejedná se tudíž o žádnou novou lidskou činnost. Technologie obrábění sehrála významnou roli v minulosti, nutno vzpomenout období po hospodářské krizi a druhoválečné období, kdy docházelo k prudkému vývoji v oblasti techniky, takže otázka zpracování vesměs kovových polotovarů směřovala směrem k zdokonalování obráběcích metod, kdy byly do strojírenského průmyslu investovány nemalé finance. I v dnešní době je výroba součástí různými technologiemi obrábění nepostradatelná. Vzhledem k zvyšování produktivity a nároků na tvarovou složitost obrobků, dochází k neustálému zdokonalování způsobů obrábění. Současné trendy vedou k vývoji nových, výkonných obráběcích strojů, zejména s číslicovým řízením. Dále dochází k vývoji samotných nástrojů, u kterých hraje významnou roli trvanlivost, kterou je snaha s optimálním využitím řezných materiálů stále zvyšovat, za pomoci nových, výkonnějších strojních zařízení. Výzkum a vývoj nástrojů je úzce svázán se strojem, řeznými podmínkami a prostředím. Často nově vyvinuté nástroje překračují svojí výkonností možnosti výrobních obráběcích strojních zařízení, pro které byly navrženy. Konstruktor a technolog, navrhující nové nástroje musí vzhledem k zvyšování produktivity výroby dokonale znát danou problematiku a řeší mimo samotný návrh i různé varianty upínání a možnosti seřizování vyvíjených nástrojů.

Výrobní zařízení i nástroje lze rozdělit dle použití do několika skupin. Nejrozšířenějšími nástroji jsou nože, další potom frézy, což jsou vícebřité rozměrové rotační nástroje, avšak cílem této bakalářské práce je zaměření na určitou problematiku, týkající se konkrétních nástrojů - tvarových fréz. Práce se věnuje nejen rozdělení a popisu jednotlivých frézovacích nástrojů s hlubším zaměřením na tvarové frézy, ale porovnává také nástroje jednotlivých renomovaných výrobců.

1 ZÁKLADNÍ PRICIPY A METODY FRÉZOVÁNÍ

1.1 Definice obráběcího procesu

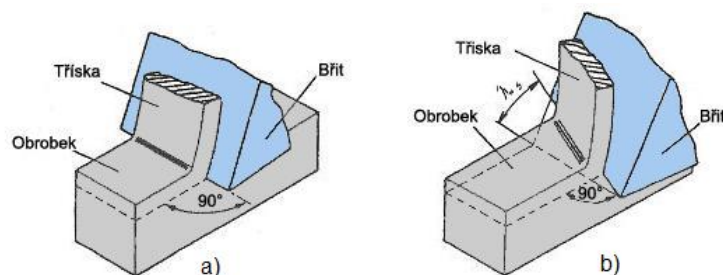
Základním druhem obrábění je soustružení obráběcím nožem. Všechny ostatní druhy obrábění, jako je vrtání, frézování aj., jsou často odvozeny ze zkušeností, vycházejících z třískového obrábění soustružnickými noži. Pro funkci nástroje, spotřebu energie, jeho životnost a trvanlivost je důležitá mechanika tvorby a úběru třísek. Způsob úběru třísek závisí na mechanice obrábění, která je především určena hlavním řezným pohybem, jeho rychlostí a vedlejším pohybem, kterým se nástroj uvádí do polohy, při níž se postupně ubírají další vrstvy materiálu. ¹

1.2 Řezný proces

Řezný proces se realizuje v obráběcím systému stroj – nástroj – obrobek, přičemž prioritním výstupem jsou parametry obrobené plochy. Z tohoto hlediska má zvláštní význam problematika, týkající se mechanismu tvorby třísky.

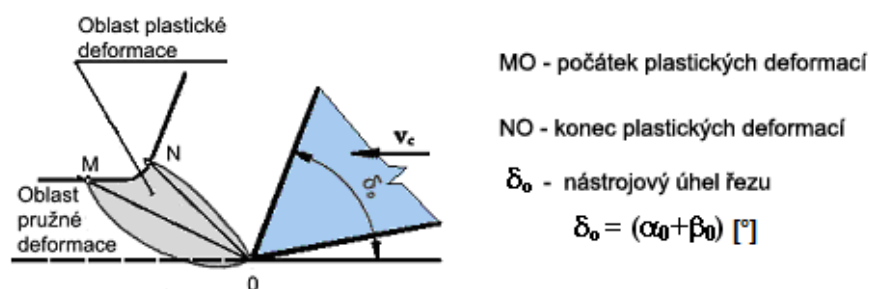
Řezný proces se může realizovat jako:

- **ortogonální řezání** (viz obr. 1.1-a): ostří je kolmé na směr řezného pohybu a daná problematika se řeší v rovině (např.: zapichování, frézování nástrojem s přímými zuby),
- **obecné řezání** (viz obr. 1.1-b): danou problematiku je třeba řešit v prostoru (např.: podélné soustružení, vrtání, frézování nástrojem ve šroubovici). ³



Obr. 1.1 Realizace řezného procesu ³

Při řezném procesu dochází v oblasti tvoření třísky k pružným a následně plastickým deformacím v odřezávané vrstvě, před břitem nástroje – primární plastické deformace a v povrchových vrstvách třísky ve styku s čelem – sekundární deformace (viz. obr. 1.2).³



Obr. 1.2 Oblast plastických deformací v odřezávané vrstvě materiálu obrobku³

1.3 Definice obráběcího nástroje

Obráběcí nástroj je část výrobního prostředku, který slouží k obrábění (odebírání třísky) pracovního předmětu (z různých druhů materiálů) k dosažení požadovaných funkčních a užitkových vlastností a to jak ručně, tak i strojně. Význam obráběcího nástroje se s vývojem výroby neustále zvyšuje a je na něj kladen stále větší důraz z hlediska jeho přesnosti, životnosti a nákladů.

Z hlediska použití nástroje rozeznáváme nástroje komunální, které jsou vyráběny dle platných norem ČSN, ISO, DIN, apod. v centrálních výrobních nářadích a speciální, které jsou speciálně vyráběny pro danou operaci a obrobek ve vlastních nářadovnách.²

1.4 Všeobecná definice frézování

Frézy patří po nožích mezi nejdůležitější obráběcí nástroje. Jsou to nástroje, jejichž řezné části (zuby) jsou rozloženy na povrchu (po obvodu) válce, kužele nebo jiné rotační plochy.

Fréza jako nástroj patří mezi rozměrové vícebřité nástroje a s porovnáním s noží je mnohem složitější a proto výrobně náročnější a nákladnější.

Při konstrukci fréz je nutno respektovat specifické otázky, které souvisí přímo s procesem frézování. Jedná se o otázku mechaniky tvorby třísky při frézování, tření třísky po čele břitu, rozbor problematiky sousměrného a protisměrného frézování, atd. Obdobně je třeba zvažovat vliv geometrie břitu, otázku vlivu úhlu čela, hřbetu a šroubovice zubů frézy na vlastní konstrukci frézovacího nástroje.

Také velkou pozornost je třeba věnovat otázce chvění, které vzniká při frézování a jeho vliv ve vztahu k obrobku (přesnost, integrita povrchu) a k nástroji (trvanlivost, životnost). S těmito otázkami přímo souvisí rozměry frézy, počet a rozteč zubů, tuhost frézy a upnutí, apod.

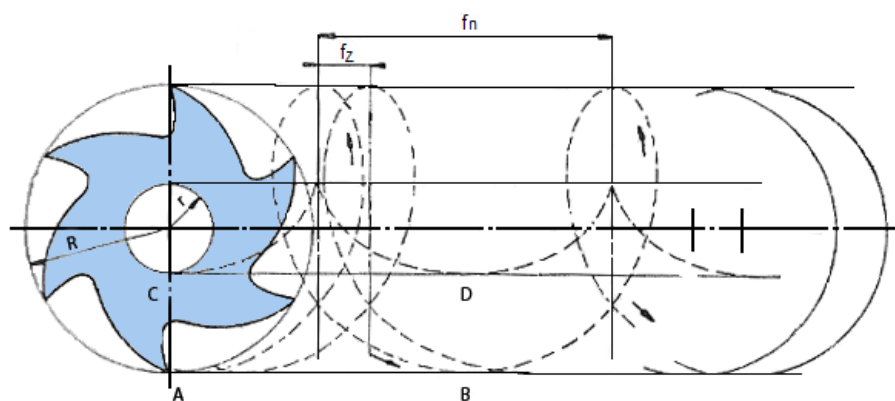
Při frézování koná fréza hlavní otáčivý pohyb (v_c), jedná se o pohyb rotační. Vedlejší pohyb (v_f) koná obrobek, a to obvykle pohyb přímočarý, kolmo k ose nástroje. V porovnání se soustružením se frézování vyznačuje tím, že současně pracuje několik zubů frézy, které přicházejí do záběru periodicky po každé otáčce frézy a ubírají třísku, jejichž tloušťka se mění od počátku do konce záběru každého zubu, kdežto například při soustružení se ubírá tříška pouze jediným břitem.

Výhodou práce s frézami je, že zub frézy je při jedné otáčce nástroje v záběru jenom v části své dráhy, takže se břit na zbývající části dráhy může ochlazovat.

Nevýhodou je, že při frézování kolísají značně tlaky, a to vlivem proměnného průřezu třísky a vlivem nárazů vznikajících při vnikání zubů fréz do materiálu. ^{2,3}

1.5 Úběr materiálu při frézování

Při frézování opisuje každý bod frézy vzhledem k obrobku dráhu, která je výslednicí pohybu otáčení frézy a posuvu obrobku, tzv. cykloidu (viz. obr. 1.3).



Obr. 1.3 Cykloidická dráha zuby frézy¹

Cykloida je křivka, kterou vytváří bod, pevně spojený s kružnicí, která se odvaluje po přímce. Podle polohy bodu vzhledem ke kružnici rozdělujeme cykloidickou křivku na:

- **prostou** – bod je na obvodě kružnice
- **prodlouženou** – bod je vně kružnice
- **zkrácenou** – bod je uvnitř kružnice

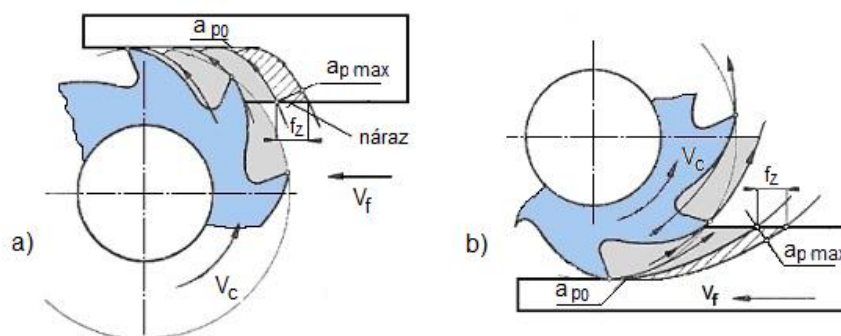
Fréza se posune vzhledem k obrobku za každou otáčku o vzdálenost f_n , při čemž každý bod na vnějším obvodě frézy (poloměr R) opíše prodlouženou cykloidu AB . Body bližší k středu frézy opisují jiné prodloužené cykloidy. Jedině bod C na kružnici poloměru r opisuje cykloidu prostou CD . Podmínkou pro cykloidu prostou je, že poloměr r je určen rovnicí $2\pi r = f_n$.

Tato podmínka znamená, že se kružnice r valí bez prokluzování po přímce, tvořenou body CD .

Vrcholky dvou sousedních zubů frézy opisují stejné prodloužené cykloidy, které jsou proti sobě posunuty o hodnotu rovnou posuvu na zub f_z .¹

1.6 Kinematika úběru materiálu

Při nejčastěji používaném nesousledném frézování (viz. obr. 1.4-b) začíná úběr materiálu nulovou tloušťkou vrstvy a_{p0} a postupuje až k maximální tloušťce a_{pmax} .¹



Obr. 1.4 Kinematika úběru materiálu při frézování - sousledné a nesousledné frézování¹

Úběr materiálu je tedy v průběhu styku zubu s obrobkem proměnný. Na počátku záběru nedochází ihned ke vzniku třísky. Dochází k prokluzování břitu, než se dosáhne některé tloušťky a_{pmin} . V rozmezí tloušťek a_{p0} a a_{pmin} břit nástroje prokluzuje, mezi a_{pmin} a a_{pmax} se tloušťka třísky zvětšuje.

Pro otěr na hřbetě zubu jsou výhodnější poměry při sousledném frézování (viz. obr.1.4-a), při kterém je dráha mezi minimálním a nulovým záběrem poměrně krátká, kdežto při nesousledném frézování zabírá v nepříznivém místě minimální tloušťky třísky.

U všech způsobů frézování záběr končí nebo začíná maximální tloušťkou vrstvy, což je spojeno s náhlou změnou tlaku, působícího na nástroj a na celý upínací mechanismus.

Pro konstrukci fréz z tohoto důvodu plynou důležité směrnice. Především je nutné dbát, aby záběr zubu byl stejnosměrný. Vliv házení zubu je příčinou nesterpné tloušťky ubíraných vrstev materiálu. Nesoustřednost obvodu fréz způsobuje nepřípustné zatěžování jednotlivých zubů, čímž dochází k výraznému zkrácení životnosti nástroje.¹

1.7 Řezné podmínky při frézování

- Posuv na zub f_z [mm] ¹:

$$f_z = \frac{f_n}{z}$$

kde z = počet zubů frézy [-] (1.1)

f_n = posuv na otáčku [mm]

Posuv na zub f_z je dráha obrobku, kterou urazí za dobu záběru jednoho zubu nástroje.

- Řezná rychlost v_c [m.min⁻¹] ³:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

kde n = otáčky [min⁻¹] (1.2)

D = průměr frézy [mm]

Řezná rychlost v_c je uvažována jako okamžitá rychlost hlavního řezného pohybu, uvažovaného na ostří vzhledem k obrobku. ³

- Posuv minutový f_{\min} [mm.min⁻¹] ³:

$$f_{\min} = f_z \cdot z \cdot n \quad (1.3)$$

- Rychlost posuvu v_f [m.min⁻¹] ³:

$$v_f = 10^{-3} \cdot f_n \cdot n \quad (1.4)$$

Posuvová rychlost v_f je určena jako okamžitá rychlost posuvového pohybu v uvažovaném bodě ostří, vzhledem k obrobku. ³

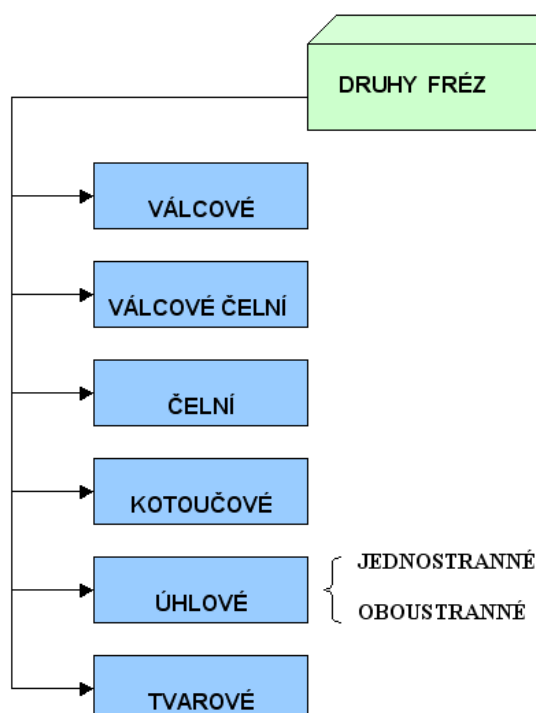
- Šířka záběru ostří a_p [mm]:

Šířka záběru ostří a_p určuje součinem s posuvem na zub f_z velikost průřezu třísky A [mm²].

2 CHARAKTERISTIKA A ROZDĚLENÍ FRÉZOVACÍCH NÁSTROJŮ DLE TVARU A KONSTRUKCE

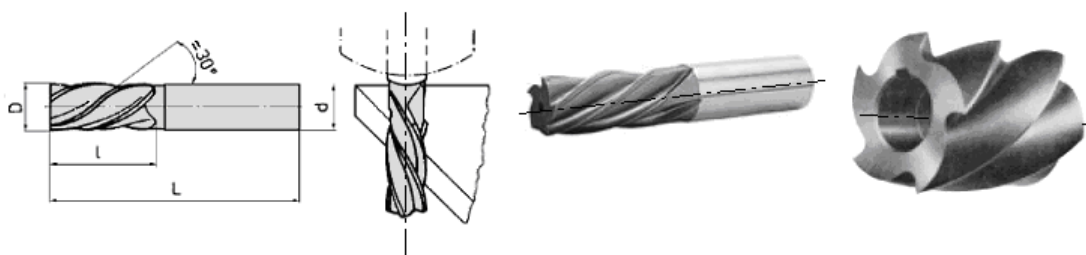
2.1 Rozdělení fréz dle vnějšího tvaru

Jak bylo v úvodu řečeno, frézy jsou **rozměrové rotační nástroje**, se zuby vytvořenými na povrchu. Jednotlivé frézy dělíme dle několika hledisek. Podle toho, na které části nástroje jsou zuby vytvořeny, rozeznáváme frézy (viz. obr. 2.1) :



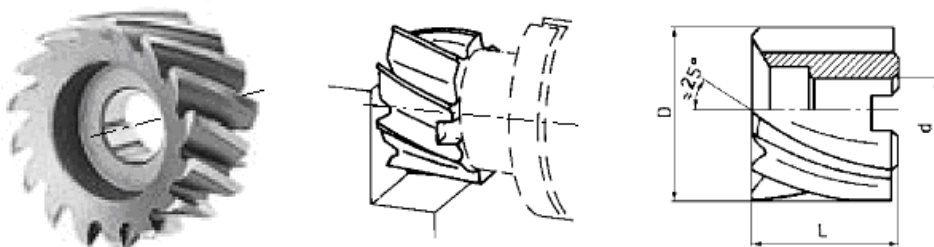
Obr. 2.1 Rozdělení frézovacích nástrojů

- **frézy válcové** (viz obr. 2.2) - zuby jsou rozloženy pouze po válcové ploše. Tyto frézy jsou určeny k frézování rovinných ploch rovnoběžných s osou frézy,



Obr. 2.2 Válcová fréza^{9,10}

- **frézy válcové čelní** (viz obr. 2.3) - zuby jsou rozloženy po ploše válcové a čelní. Používají se při současném frézování dvou rovin na sebe kolmých,



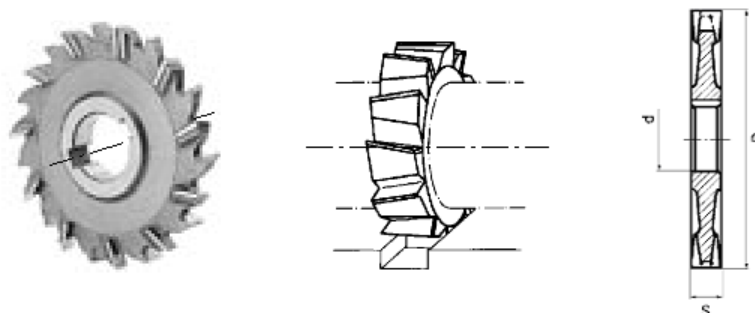
Obr. 2.3 Čelní válcová fréza⁹

- **frézy čelní** (viz obr. 2.4) - zuby jsou rozloženy na čelní rovině kolmé k ose frézy. Používají se k frézování rovinných ploch. Čelní frézy se vsazenými zuby se nazývají frézovací hlavy.



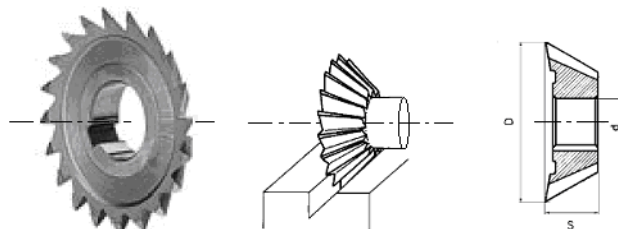
Obr. 2.4 Čelní fréza-skládaná^{6,8}

- **frézy kotoučové** (viz obr. 2.5) - zuby jsou rozloženy na válcové ploše a na obou rovinách čelních. Jsou vhodné pro frézování drážek a pro čelní frézování bočních rovin.



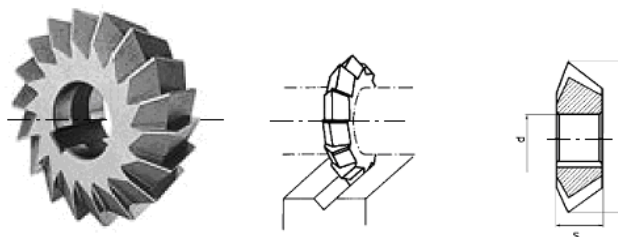
Obr. 2.5 Kotoučová fréza⁹

- **frézy úhlové jednostranné** (viz obr. 2.6) - zuby jsou rozloženy na jedné ploše kuželové.



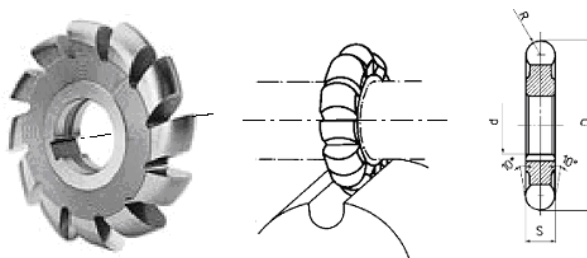
Obr. 2.6 Úhlová fréza jednostranná⁹

- **frézy úhlové oboustranné** (viz obr. 2.7) - zuby jsou rozloženy na dvou kuželových plochách. Mohou být buď souměrné nebo nesouměrné nebo celistvé nebo složené. Frézy úhlové jsou určeny k frézování nakloněných rovin, sražení hran, apod.



Obr. 2.7 Úhlová fréza oboustranná⁹

- **frézy tvarové** (viz obr. 2.8) - používají se při výrobě tvarových ploch, z jejichž tvaru jsou odvozeny. Jejich použití je značně široké a to jak při frézování kruhových tvarů, tak i obecných tvarů, drážek, závitů apod. Tvarové frézy kruhových profilů (vnějších i vnitřních) jsou normalizovány.



Obr. 2.8 Tvarová fréza⁹

Ostatní druhy tvarových fréz se řeší jako operační, jejich tvar je odvozen od tvaru součásti, pro které jsou určeny.

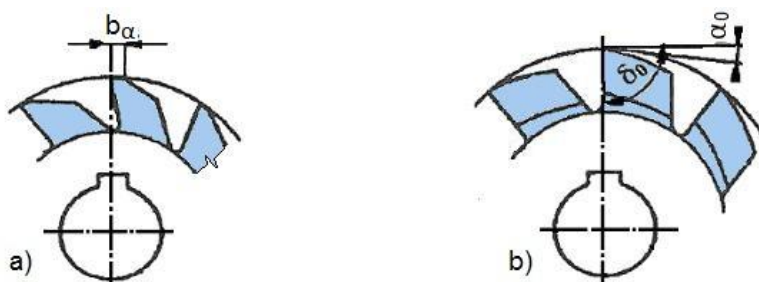
Zvláštní skupinu tvarových fréz tvoří frézy na výrobu ozubených kol a to jak způsobem dělícím, tak i odvalovacím. ²

2.2 Základní rozdělení fréz dle konstrukce

Mimo výše uvedeného hlediska podle vnějšího tvaru, se dělí také frézy podle tvaru zubu, podle průběhu ostří, podle způsobu upnutí a smyslu otáčení frézy. ²

a) **Podle tvaru zubu** rozeznáváme frézy se zuby ²:

- **frézovanými** (ostrobřité frézy):
 - s rovinnou hřbetní plochou - jemnozubé frézy (viz. obr. 2.9-a),
 - s lomenou hřbetní plochou (hrubozubé frézy),
- **podsoustruženými** (hřbet je tvořen Archimédovou spirálou) vhodné pro tvarové frézy (viz. obr. 2.9-b),
- **lité zuby** (s hřbetní plochou válcovou) pro lité frézy.



Obr. 2.9 Zuby fréz ³

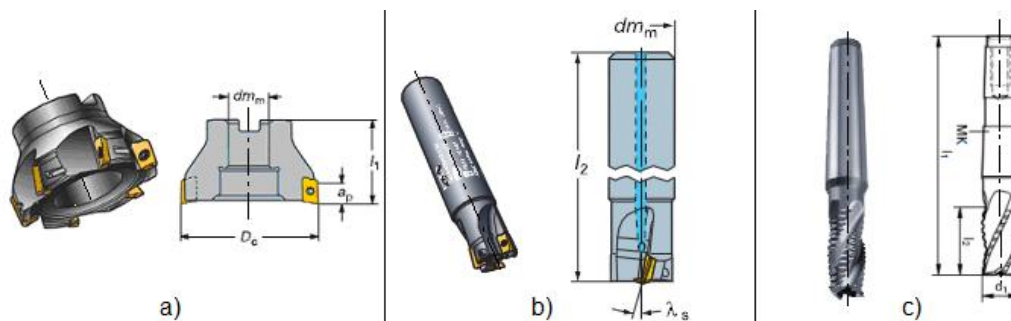
b) **Podle průběhu drážek ostří** je dělíme na frézy se zuby ²:

- **přímými** - s přímými drážkami rovnoběžnými s osou frézy,
- **šikmými** - se šikmými drážkami skloněnými pod úhlem sklonu λ_s vůči ose nástroje,
- **ve šroubovici** - s drážkami ve šroubovici, skloněnými pod úhlem $\lambda_s=10$ až 60° vůči ose nástroje.

Zuby šikmé a ve šroubovici mohou mít sklon buď **pravý** nebo **levý**, snižují rázy a zabezpečují klidný chod stroje.

c) **Podle způsobu upnutí** dělíme frézy na ²:

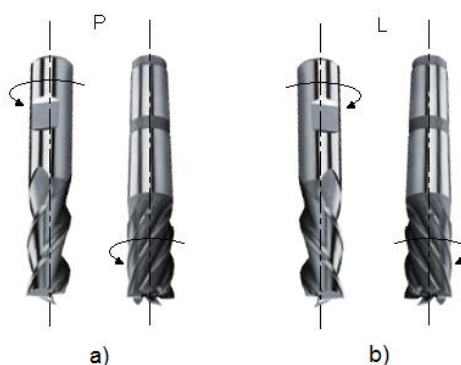
- **frézy nástrčné** - upínají se pomocí upínacích trnů (viz. obr. 2.10-a),
- **frézy s upínací stopkou**:
 - válcovou (viz. obr. 2.10-b),
 - kuželovou se strmým, metrickým nebo Morse kuželem (viz. obr. 2.10-c),



Obr. 2.10 Rozdělení fréz dle způsobu upnutí ^{5,8}

d) **Podle smyslu otáčení** dělíme frézy na ²:

- **pravořezné** (viz. obr. 2.11-a),
- **levořezné** (viz. obr. 2.11-b).



Obr. 2.11 Rozdělení fréz dle smyslu otáčení ⁵

e) **Podle konstrukčního uspořádání** rozeznáváme frézy ²:

- **celistvé** - vyrobené celé z řezného materiálu jako jeden kus - nejpoužívanějším materiálem je vysoce výkonná kobaltová ocel - 19 854, dále výkonná ocel - 19 830 s vynikajícími řeznými vlastnostmi obsahující přísady molybdenu, wolframu aj.
- **se vkládanými zuby** - kdy se do tělesa nástroje či jeho jednotlivých částí - ozubených segmentů, které se umísťují na monolitní tělo, vkládají řezné elementy (destičky nebo nože) z :
 - rychlořezné oceli,
 - slinutého karbidu,
 - cermetu,
 - řezné keramiky,
 - polykrystalického kubického nitridu boru,
 - polykrystalického diamantu.

Tyto elementy jsou upínány pájením nebo mechanicky pomocí upínek, šroubů či klínů .

f) **Podle počtu zubů** vzhledem k průměru nástroje rozeznáváme frézy ³:

- **hrubozubé,**
- **polohrubozubé,**
- **jemnozubé.**

g) **Samostatnou skupinu fréz** tvoří ²:

- Frézovací hlavy - složené z několika částí:
 - těleso hlavy,
 - nože - řezné destičky,
 - upínací mechanismus řezných elementů.
- Frézy dělené - řeznou část je možno po naostření opět nastavit na původní výchozí rozměr,
- Frézy složené - jsou složeny z několika jednoduchých fréz, dle tvaru obráběné plochy, upnutých na jednom trnu.

3 CHARAKTERISTIKA TVAROVÝCH FRÉZ

3.1 Technologická charakteristika

Z technologického hlediska se v závislosti na aplikovaném nástroji rozlišují základní frézovací práce:

- Frézování čelní - frézování čelem nástroje,
- Frézování válcové - frézování obvodem nástroje.

Na rozdíl od čelního frézování, určeného především pro rovinné obrábění, je obvodové válcové frézování vhodné jak pro rovinné, tak i pro tvarové obrábění.

Válcové frézování se uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou vytvořeny pouze po obvodu nástroje, kdy se hloubka odebírané vrstvy nastavuje kolmo na osu frézy a na směr posuvu.

Tvarové frézy jsou určeny pro výrobu tvarových ploch, složených z přímých a zaoblených částí. Jsou charakteristické tím, že hřbet s tvarem je podsoustružen (podbroušen) a ostření se provádí na čele, proto si zachovávají svůj tvar po mnohanásobném přeastření, což má nemalý vliv na životnost celého frézovacího nástroje. Úhel čela bývá u těchto fréz nejčastěji $\gamma=0$. Tvarové frézy lze také vyrábět frézováním a profilovým broušením, při kterém se vždy při každém přeastření tvar obnovuje na hřbetě zubu.

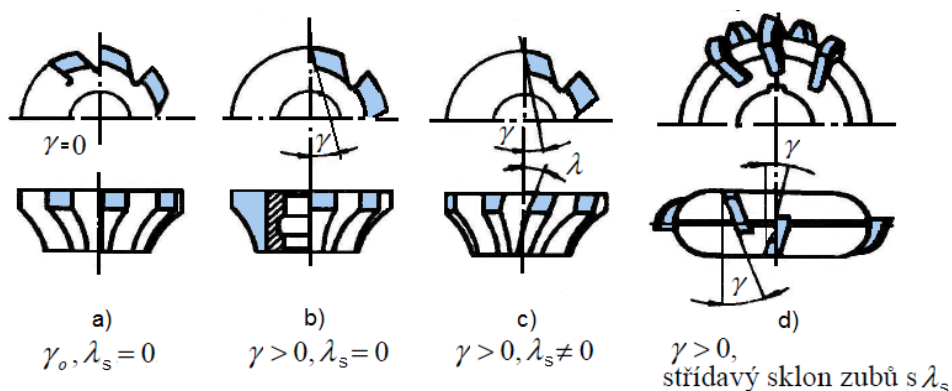
Tvarové frézy **podsoustružené** se vyznačují značnou jednoduchostí výroby a jednoduchým přeastřováním, které se provádí běžným brousícím kotoučem **pouze na čele** zubu. Při přeastřování se zeslabuje zub frézy, zubová mezera se zvětšuje. Otupená fréza se rychle opotřebovává a proto je třeba tyto frézy často přeastřovat již po malém otupení na hřbetě.²

Zuby tvarových fréz se nejčastěji podsoustružují plochým tvarovým nožem. Podsoustružovací pohyb nástroje je odvozen od jednočinné vačky, vytvořené Archimédovou spirálou, snímané palcem a přenášené na příčné saně suportu podsoustružovacího soustruhu s tvarovým nožem. Pracovní pohyb nástroje trvá tak dlouho, až je obroben celý hřbet jednoho zubu, nástroj

hřbet zubu přeběhne o nepatrnou hodnotu v zubní mezeře frézy a vrátí se rychle zpět do výchozí polohy. ¹

Při podsoustružení je základní podmínkou vytvoření stálého úhlu hřbetu α a tím vytvoření stálé výšky profilu na čele frézy při postupném odbrušování při ostření frézy. Tuto podmínku nelze u Archimédovy spirály dodržet (bylo by možno u spirály logaritmické, která je však těžko vyrobitelná), ale nepřesnost v praxi je zanedbatelná. ²

Tvarové frézy **profilově broušené**, se přeastřují tvarově na hřbetě a vyznačují se vysokou přesností. Při přeastřování se hloubka zubové mezery zmenšuje, tím se zmenšuje prostor pro třísky – údržba těchto nástrojů je nákladnější. ²



Obr. 3.1 Základní druhy tvarových fréz dle geometrie břitu ²

- Do první skupiny (viz. obr. 3.1-a), patří tvarové frézy podsoustružené s úhlem čela $\gamma=0$ a zubovou drážkou rovnoběžnou s osou frézy. Jsou výrobně jednoduché, ale vyznačují se malým řezným výkonem.
- Druhou skupinu (viz. obr. 3.1-b) tvoří tvarové frézy stejného typu, ale s kladným úhlem čela γ . Použitím kladného úhlu čela se podstatně zvýší řezný výkon těchto fréz.
- Třetí skupinu (viz. obr. 3.1-c) tvoří tvarové frézy s kladným úhlem čela γ a určitým sklonem zubové drážky λ . Sklon zubové drážky příznivě ovlivňuje odvod třísek (především u jednostranných profilů frézy).

- Čtvrtou skupinu (viz. obr. 3.1-d) tvoří tvarové frézy s kladným úhlem čela γ a s oboustranně střídavě skloněnými zuby. Jsou výhodné pro výrobu tvarových fréz oboustranných.

Hřbet tvarových fréz je tvořen tzv. **Archimédovou spirálou** (viz. obr. 3.2), která má tu vlastnost, že body na spirále se přibližují stejnoměrně ke středu vačky (křivky), čehož se využívá při opakovaném ostření čela frézy. Tato vlastnost je vyjádřena vztahem :

Rovnice Archimédovy spirály ² :

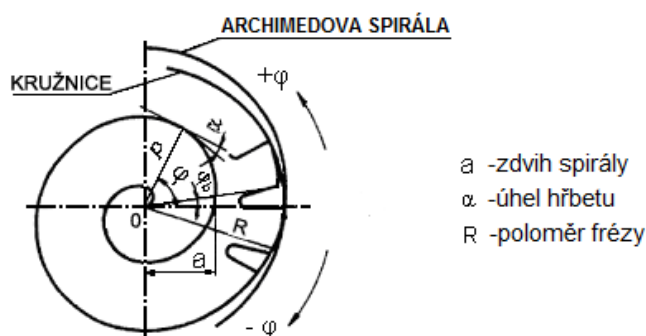
$$\rho = b \cdot \varphi$$

kde ρ = rádius vektor prošetřovaného bodu [mm]

φ = polární úhel prošetřovaného bodu [°]

b = konstanta, určující rozměr spirály [-]

(3.1)



Obr. 3.2 Archimédova spirála ²

3.2 Základní rozdělení tvarových fréz

V běžné praxi se můžeme setkat s tvarovými frézami, dělenými jako u klasických fréz dle konstrukce na:

- celistvé (monolitní),
- s vyměnitelnými břitovými destičkami (dále jen VBD).

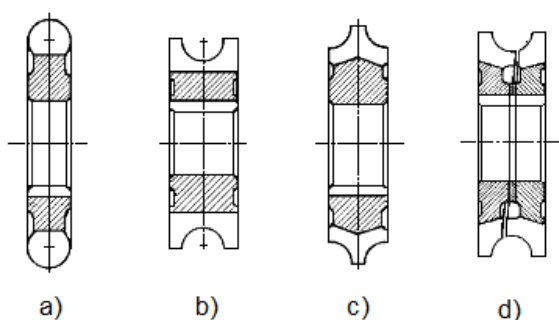
Podle způsobu upínání máme rovněž tvarové frézy:

- kotoučové,
- čepové.

Mezi nejčastější operace při použití tvarových frézovacích nástrojů patří frézování různých tvarových profilů a drážek. Lze jimi také vyrábět speciální tvarové prvky, jako např. lopatky turbin. Pro frézování drážek je nejvhodnější použít kotoučovou frézu, u které dosáhneme mnohem vyššího výkonu než při méně tuhé stopkové fréze.³

Podle tvaru rozeznáváme základní druhy tvarových fréz:

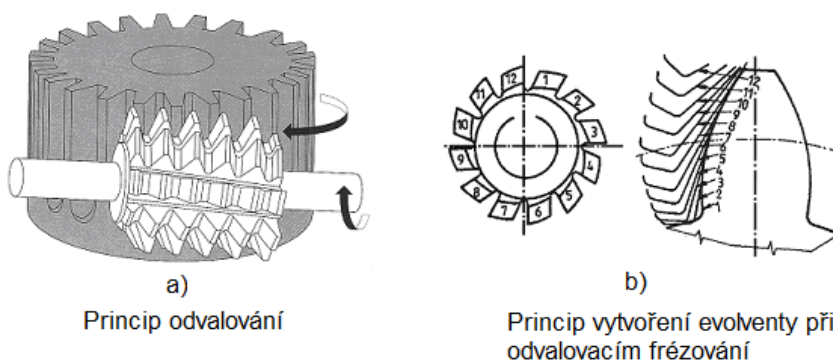
- Tvarové frézy vypouklé (viz obr. 3.3-a)
- Tvarové frézy vyduté (viz. obr. 3.3-b)



Obr. 3.3 Tvarové frézy⁹

Oba uvedené druhy se využívají v několika různých variantách, jako např. půlkruhové (viz obr. 3.3-a,b), čtvrtkruhové (viz obr. 3.3-c), složené (viz obr. 3.3-d) apod.

Mezi tvarové frézy řadíme také tzv. frézy odvalovací (viz. obr. 3.4-a). Jsou to nástroje nejčastěji používané pro výrobu evolventních ozubených kol, neboť se vyznačují vysokou produktivitou a značnou přesností. Tyto nástroje mají tvar evolventního šneku, jehož profil je tvořen základním hřebenem. Odvalovací frézování je založeno na principu záběru válcového šnekového kola s ozubeným kolem (viz. obr. 3.4-a,b). Řezný pohyb je dán otáčením frézy a obrobku, kdy při každé otáčce frézy dojde k pootočení obrobku o jednu rozteč zubů, čímž dochází k plynulému frézování všech zubů. Jediným nástrojem lze vyrobit ozubené kolo s vnějším ozubením daného modulu s libovolným počtem a sklonem zubů.³



Obr. 3.4 Frézování odvalovacím způsobem^{4,3}

Při výrobě ozubeného kola odvalovacím způsobem se vychází z podmínky³:

$$\frac{n_k}{n_f} = \frac{z_f}{z_k}$$

kde n_k = otáčky obráběného kola [min^{-1}]

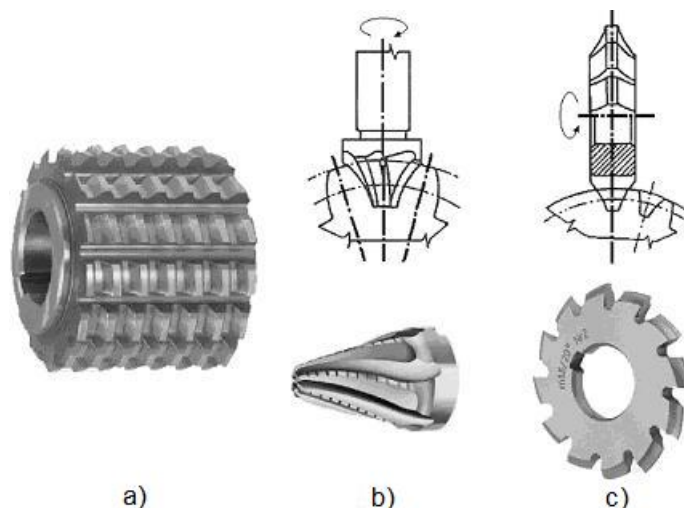
n_f = otáčky odvalovací frézy [min^{-1}]

z_k = počet zubů obráběného kola [-]

z_f = počet chodů odvalovací frézy [-]

(3.2)

Pro výrobu ozubených kol se mimo odvalovací metody (viz. obr. 3.5-a) používá také metoda frézování dělicím způsobem, kde se používají čepové (viz. obr. 3.5-b), či kotoučové modulové frézy (viz. obr. 3.5-c).

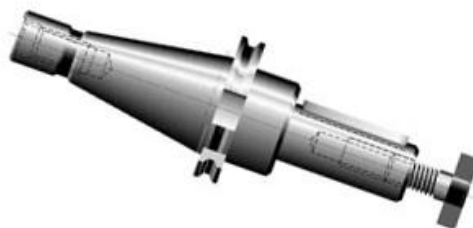
Obr. 3.5 Frézování ozubených kol ⁴

3.3 Základní druhy upínání fréz

Současným záběrem několika zubů v průběhu frézovacího procesu vznikají velké řezné síly. Fréza i obrobek musí být řádně upnuty, aby nedocházelo k vibracím, deformacím obrobku a tím k vzniku nežádoucích nepřesností.

Pro upínání frézovacích nástrojů se používají různé druhy upínacích systémů, mezi něž patří upínání pomocí frézovacích trnů. Upínací kužel frézovacích trnů a pracovního vřetena může být buď metrický s kuželovitostí 1:20, nebo Morse 1:19 – 20, či strmý 1:3,5. Metrický a Morse kužel jsou samosvorné a mohou přenést kroutící moment (dále jen MK) z vřetena na frézovací trn. Trny s těmito kužely se nesnadno vyjmají z pracovního vřetena. Strmý kužel pouze středí trn v pracovním vřetenu a MK se zde přenáší dvěma unášecími kameny. Poloha frézy na dlouhém trnu se zajišťuje volně navlečenými rozpěracími kroužky na frézovacím trnu a vodícím pouzdem. Aby bylo upnutí nástrojů na trnech co nejtuzší, upínají se frézy co nejbliže k vřetenu. ³

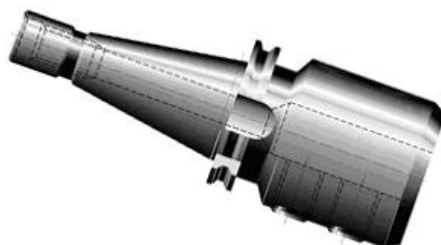
Čelní nástrčné frézy využívají pro upnutí frézovací trny (viz. obr. 3.6), upnuté do vřetena stroje. Tyto trny mohou být v dlouhém, či krátkém provedení, s metrickým nebo Morse kuželem.

Obr. 3.6 Frézovací trny ¹¹

Frézy s kuželovou stopkou se upínají redukčními pouzdry přímo do upínacího kužele vřetena stroje (viz. obr. 3.7).

Obr. 3.7 Redukční pouzdro s dutinou Morse ¹¹

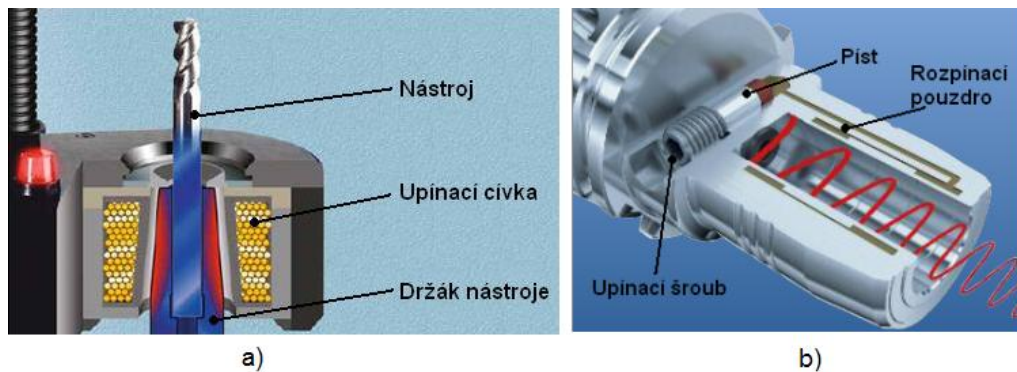
Frézy s válcovou stopkou se upínají do vřetena frézky při použití sklíčidla s upínacím trnem (viz. obr. 3.8).

Obr. 3.8 Sklíčidlo pro upínání fréz s válcovou stopkou ¹¹

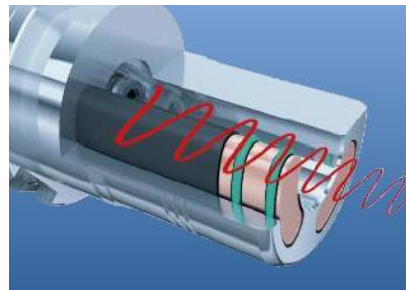
Mezi další, často používané upínací systémy s malou házivostí, patří tepelné (viz. obr. 3.9-a), tzv. hydro-upínání (viz. obr. 3.9-b) a silové deformační (viz. obr. 3.10). Princip **tepelného upnutí** spočívá v teplotní roztažnosti materiálů, kdy dojde vlivem ohřevu držáku ke zvětšení upínacího otvoru, do něhož se následně vkládá určený nástroj. Následujícím ochlazením dojde ke smrštění otvoru a tím k upnutí nástroje.

Základem **hydro-upínání** je zvyšování tlaku kapaliny stavitelným šroubem, tlačícím na pístek a tím roztahování stěny v držáku, do které je vkládán nástroj, čímž dojde k pevnému upnutí.

Silového deformační upínání je dáno elastickou deformací upínače, což umožňuje jeho opakovatelné použití, stejně jako u předchozích systémů.



Obr. 3.9 Tepelné a hydro-upínání ^{12,13}



Obr. 3.10 Silové deformační upínání ¹³

4 POROVNÁNÍ SORTIMENTU DOMÁCÍCH A SVĚTOVÝCH VÝROBCŮ NÁSTROJŮ

V současné době světový trh v zastoupení mnoha firem nabízí mnoho různých řezných nástrojů, avšak tvarových fréz už takové množství nenalzáme. Nejvýznamnější producenty těchto specifických nástrojů lze nalézt především v Evropě, méně už potom v zámoří a asijských zemích. V práci jsou porovnání někteří zástupci těchto výrobců, a to domácí firma **ZPS – FRÉZOVACÍ NÁSTROJE**, dále evropský velkovýrobce **L.M.T. FETTE**, švédský **SECO TOOLS** a asijský zástupce **MITSUBISHI MATERIALS**. Mimo tyto uvedené společnosti, nelze opomenout další, např. tuzemský PRAMET, švédský gigant Sandvik Coromant, izraelský ISCAR a mnoho dalších.

Česká firma ZPS – Frézovací Nástroje, je zaměřena na výrobu monolitních fréz. Výrobní program zahrnuje nástroje, vyrobené z rychlořezných ocelí (dále jen RO), RO litých a vyráběných práškovou metalurgií a vysoce výkonných RO s obsahem kobaltu.

Výrobce tyto nástroje nabízí nepovlakované nebo povlakované s vrstvou různých typů povlaků nitridu titanu (dále jen TiN).

Německá společnost L.M.T. Fette se specializuje na frézovací nástroje monolitní a s VBD. Dále je zaměřena na výrobu tvářecích a závitořezných nástrojů, vrtáků, upínačů apod.

Většina normalizovaných monolitních tvarových fréz je vyráběna z rychlořezné kobaltové oceli s vynikajícími řeznými vlastnostmi.

Tento výrobce nabízí taktéž nástroje nepovlakované i povlakované s vrstvou TiN, popřípadě broušený povrch s povlakem TiN.

Japonská společnost Mitsubishi Materials je producentem především frézovacích nástrojů, soustružnických nožů, vrtáků, převážně s VBD ze sliutých karbidů či cermetu. Je taktéž výrobcem některých monolitních nástrojů s možností povlakování.

Švédská firma Seco Tools je známá svým velkým sortimentem nástrojů s VBD i monolitních, určených pro frézování, soustružení a jiné oblasti obrábění. Materiály VBD jsou nejčastěji povlakované či nepovlakované slinuté karbidy.

4.1 Porovnání vybraných monolitních tvarových fréz z nabídky jednotlivých firem

Tab. 4.1 Nabídka monolitních vypouklých půlkruhových fréz od jednotlivých výrobců:

Název	Výrobce	Rozsah možných řezných průměrů	Rozsah možných počtů zubů
		[mm]	[-]
Půlkruhová vypouklá fréza	ZPS - FN	50-160	12-14
	L.M.T. Fette	50-110	12-24

Tab. 4.2 Porovnání řezných podmínek pro monolitní vypouklé půlkruhové frézy od jednotlivých výrobců:

Půlkruhová vypouklá fréza o průměru D = 63 mm			
Obráběný materiál	Výrobce	ZPS - FN	L.M.T. Fette
	Materiál nástroje	HSS	HSS E Emo 5Co5
Automatová ocel	$vc [m \cdot min^{-1}]$	30	45
	$f_z [mm]$	0,1	0,06
Litina	$vc [m \cdot min^{-1}]$	17	36
	$f_z [mm]$	0,1	0,08
Slitiny Titanu	$vc [m \cdot min^{-1}]$	-	22
	$f_z [mm]$	-	0,05

Tab. 4.3 Nabídka monolitních vydutých půlkruhových fréz od jednotlivých výrobců:

Název	Výrobce	Rozsah možných řezných průměrů	Rozsah možných počtů zubů	Rozsah možných radiusů
		[mm]	[-]	[mm]
Půlkruhová vydutá fréza	ZPS - FN	50-125	10-14	1-20
	L.M.T. Fette	50-145	10-14	1,5-25

Tab. 4.4 Porovnání řezných podmínek pro monolitní vyduté půlkruhové frézy od jednotlivých výrobců:

Půlkruhová vydutá fréza o průměru D = 80 mm			
Obráběný materiál	Výrobce	ZPS - FN	L.M.T. Fette
	Materiál nástroje	HSS	HSS E Emo 5Co5
Automatová ocel	vc [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	30	45
	f_z [mm]	0,12	0,06
Litina	vc [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	17	36
	f_z [mm]	0,12	0,08
Slitiny Titanu	vc [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	-	22
	f_z [mm]	-	0,05

Tab. 4.5 Nabídka monolitních úhlových čelních fréz od jednotlivých výrobců:

Název	Výrobce	Rozsah možných řezných průměrů	Rozsah možných počtů zubů	Rozsah možných úhlů frézy
		[mm]	[-]	[°]
Úhlová čelní fréza	ZPS - FN	40-160	14-28	45-60
	L.M.T. Fette	50-125	16-28	45-60

Tab. 4.6 Porovnání řezných podmínek pro monolitní úhlové čelní frézy od jednotlivých výrobců:

Úhlová čelní fréza o průměru D = 100 mm			
Obráběný materiál	Výrobce	ZPS - FN	L.M.T. Fette
	Materiál nástroje	HSS	HSS E Emo 5Co5
Automatová ocel	vc [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	30	45
	f_z [mm]	0,045	0,07
Litina	vc [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	25	36
	f_z [mm]	0,045	0,08
Slitiny Titanu	vc [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	-	22
	f_z [mm]	-	0,04

Tab. 4.7 Nabídka monolitních fréz na T-drážky od jednotlivých výrobců:

Název	Výrobce	Rozsah možných řezných průměrů	Rozsah možných počtů zubů	Rozsah možných rozměrů drážek
		[mm]	[-]	[mm]
Fréza pro T-drážky	ZPS - FN	11-60	6-10	4-28
	L.M.T. Fette	16-50	6-8	8-22

Tab. 4.8 Porovnání řezných podmínek pro monolitní frézy na T-drážky od jednotlivých výrobců:

Fréza na T-drážky o průměru D = 25 mm			
Obráběný materiál	Výrobce	ZPS - FN	L.M.T. Fette
	Materiál nástroje	HSS Co5	HSS E Emo 5Co5
Automatová ocel	vc [m*min ⁻¹]	37,5	35
	f _z [mm]	0,071	0,08
Litina	vc [m*min ⁻¹]	22	28
	f _z [mm]	0,071	0,1
Slitiny Titanu	vc [m*min ⁻¹]	9	22
	f _z [mm]	0,05	0,08

4.2 Porovnání vybraných tvarových fréz s VBD z nabídky jednotlivých výrobců

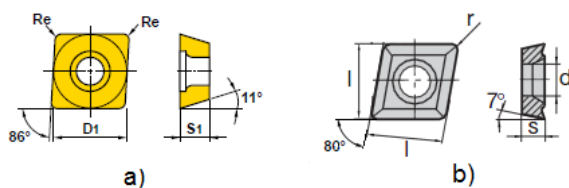
Tato část práce je zaměřena na porovnání použitých břitových destiček dle geometrického tvaru a dále systémů upínání VBD u nabízených tvarových fréz uvedených výrobců.

Pro identifikaci použitých destiček vhodných pro dané nástroje se používá tzv. ISO systém značení (viz. Příloha 1,2).

4.2.1 Porovnání fréz na T-drážky s VBD

Pro tento nástroj jsou použity dva typy VBD kosočtvercového tvaru. Společnost Mitsubishi Materials používá VBD tvaru M dle systému značení ISO, se zkosením 86° . Úhel hřbetu α je 11° (viz. obr. 4.1-a).

Společnost L.M.T. Fette doporučuje VBD tvaru C dle značení ISO, s úhlem zkosení o velikosti 80° a úhlem hřbetu α 7° (viz. obr. 4.1-b).



Obr. 4.1 Doporučené VBD pro frézy na T-drážky od uvedených výrobců ^{4.7}

Tab. 4.9 Porovnání VBD pro frézy na T-drážky od uvedených výrobců:

Název	Výrobce	Velikost rohového úhlu	Úhel hřbetu
		[°]	[°]
Fréza pro T-drážky	Mitsubishi Materials	86	11
	L.M.T. Fette	80	7

Tab. 4.10 Nabídka fréz na T-drážky s VBD od uvedených výrobců:

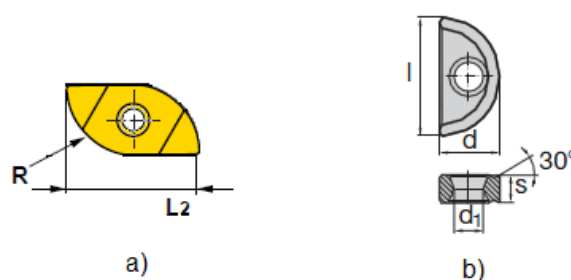
Název	Výrobce	Rozsah možných řezných průměrů [mm]	Počet břitových destiček [-]	Rozsah možných rozměrů drážek [mm]
Fréza pro T-drážky		[mm]	[-]	[mm]
	Mitsubishi Materials	25-40	2	14-22
	L.M.T. Fette	25-50	4	11-21

Tab. 4.11 Porovnání řezných podmínek pro frézy na T-drážky s VBD od uvedených výrobců:

Fréza na T-drážky			
Obráběný materiál	Výrobce	Mitsubishi Materials	L.M.T. Fette
Automatová ocel	vc [m*min ⁻¹]	130	180
	f _z [mm]	0,15	0,1-0,15
Litina	vc [m*min ⁻¹]	100	160
	f _z [mm]	0,15	0,15
Slitiny Titanu	vc [m*min ⁻¹]	-	-
	f _z [mm]	-	-

4.2.2 Porovnání kopírovacích fréz s kulovým čepem s VBD

I pro tento nástroj každá společnost použila jiné, speciální typy VBD. Rozdíl v tvaru VBD, které doporučují výrobci jsou zřejmé z následujícího obrázku: pro společnost Mitsubishi Materials (viz. obr. 4.2-a) a L.M.T. Fette (viz. obr. 4.2-b).

Obr. 4.2 Doporučené VBD pro kopírovací frézy od uvedených výrobců ^{4,7}

Tab. 4.12 Nabídka kopírovacích fréz s kulovým čepem s VBD od uvedených výrobců:

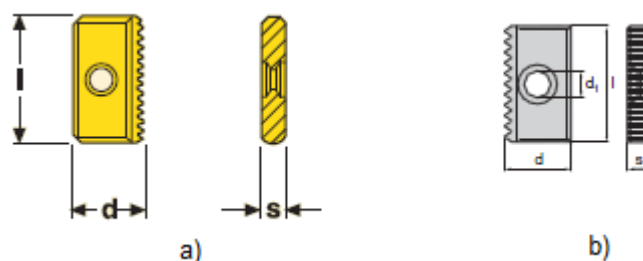
Název	Výrobce	Rozsah možných radiusů	Počet břitových destiček
Kopírovací fréza s kulovým čepem		[mm]	[-]
	Mitsubishi Materials	8-16	2
	L.M.T. Fette	8-16	2

Tab. 4.13 Porovnání řezných podmínek pro kopírovací frézy s kulovým čepem s VBD od uvedených výrobců:

Kopírovací fréza s kulovým čepem			
Obráběný materiál	Výrobce	Mitsubishi Materials	L.M.T. Fette
Automatová ocel	vc [$m \cdot min^{-1}$]	200	160-200
	f_z [mm]	0,2	0,15-0,25
Litina	vc [$m \cdot min^{-1}$]	200	200-300
	f_z [mm]	0,2	0,12-0,25
Slitiny Titanu	vc [$m \cdot min^{-1}$]	-	40-80
	f_z [mm]	-	0,12-0,2

4.2.3 Porovnání fréz s VBD, určených pro řezání metrických závitů

Oba výrobci mají v nabídce nástroj, kde VBD je tvořena obdélníkovou destičkou s ozubeným hřebenem, který při frézovacích pracích řeže profil závitů (viz. obr. 28-a,b).



Obr. 4.3 Doporučené VBD pro frézy na závitů od uvedených výrobců^{4,6}

Tab. 4.14 Nabídka fréz na závity s VBD od uvedených výrobců:

Název	Výrobce	Rozsah možných stoupání závitu	Počet břitových destiček
		[mm]	[-]
Fréza pro řezání metrických závitů	Seco Tools	1-6	1-6
	L.M.T. Fette	1,5-3	1-2

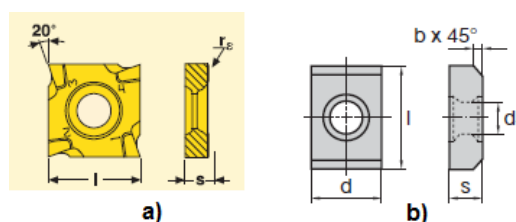
Tab. 4.15 Porovnání řezných podmínek pro frézy na závity s VBD od uvedených výrobců:

Fréza pro řezání metrických závitů			
Obráběný materiál	Výrobce	Seco Tools	L.M.T. Fette
Automatová ocel	vc [$m \cdot \min^{-1}$]	285-390	180
	f _z [mm]	0,04-0,22	0,15-0,2
Litina	vc [$m \cdot \min^{-1}$]	170-260	160
	f _z [mm]	0,04-0,22	0,15
Slitiny Titanu	vc [$m \cdot \min^{-1}$]	35-65	70
	f _z [mm]	0,04-0,09	0,1

4.2.4 Porovnání kotoučových fréz s VBD

U tohoto nástroje jsou použity odlišné typy VBD. Společnost Seco Tools používá VBD tvaru S dle značení ISO. (viz. obr. 29-a).

Společnost L.M.T. Fette doporučuje VBD tvaru C dle značení ISO. (viz. obr. 29-b).

Obr. 4.4 Doporučené VBD pro kotoučové frézy od uvedených výrobců ^{4,6}

Tab. 4.16 Nabídka kotoučových fréz s VBD od uvedených výrobců:

Název	Výrobce	Rozsah možných řezných průměrů	Počet břitových destiček
		[mm]	[-]
Kotoučová fréza	Seco	63-160	8-18
	L.M.T. Fette	80-200	8-18

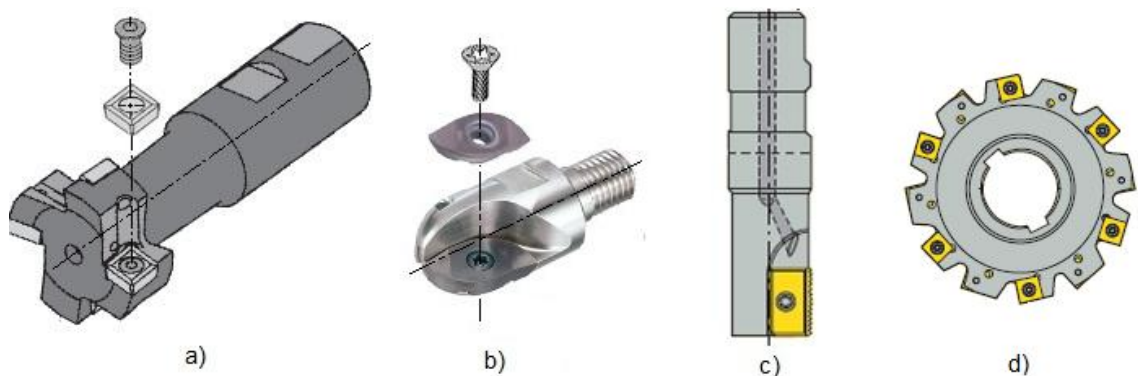
Tab. 4.17 Porovnání řezných podmínek pro kotoučové frézy s VBD od uvedených výrobců:

Fréza kotoučová			
Obráběný materiál	Výrobce	Seco Tools	L.M.T. Fette
Automatová ocel	$vc [m \cdot min^{-1}]$	225-315	200
	$f_z [mm]$	0,2-0,38	0,32-0,8
Litina	$vc [m \cdot min^{-1}]$	145-210	140
	$f_z [mm]$	0,2-0,38	0,32-0,8
Slitiny Titanu	$vc [m \cdot min^{-1}]$	25-60	80
	$f_z [mm]$	0,16-0,25	0,16-0,4

4.3 Porovnání systémů upínání VBD pro uvedené nástroje jednotlivých výrobců

Pro upínání VBD se používá množství různých způsobů, ať už je to upínání pomocí pájení nebo mechanické. Mezi mechanické se řadí upnutí s využitím speciálních upínek, upínacích šroubů, čepů, klínů apod.

Všichni porovnávaní výrobci využívají mechanické upínání pomocí upínacích šroubů, kdy se destička přišroubuje k tělu nástroje (viz. obr. 4.5-a,b,c,d). Ve všech případech je použit upínací šroub Torx.



Obr. 4.5 Systém upínání VBD pomocí upínacích šroubů u uvedených výrobců ^{4,6,7}

ZÁVĚR

V současné době nabízí světový trh v zastoupení mnoha výrobců velké množství kvalitních frézovacích nástrojů, takže lze vybírat z velké škály produktů a rozhodovat mezi jednotlivými producenty podle požadovaných parametrů.

Samotné tvarové frézy však oproti ostatním nástrojům tak velké zastoupení na trhu nemají. Jejich nabídka je menší a u většiny výrobců s rozdílnými parametry, tudíž i následná selekce a porovnání je mnohem složitější.

Ve výrobním sortimentu porovnávaných domácích a světových výrobců tvarových fréz jsou patrné drobné niance, ať už je to dáno konstrukcí nástroje, rozměrovou řadou či použitým řezným materiálem. Jednotlivé odlišnosti jsou pro vybrané nástroje zmíněných výrobců uvedeny v tabulkách v kapitole 4. Tyto hodnoty jsou však pouze relativní, jako například doporučené řezné podmínky pro jednotlivé frézy. Ty se mohou měnit dle parametrů stroje, pro které mají být použity. Je proto nutné, je při vyhledávání vyhovujícího nástroje také zahrnout do kritérií výběru, mezi které patří mimo jiné také cenová dostupnost.

Při volbě vhodné tvarové frézy z hlediska porovnání výrobních nákladů a výkonu nástroje nelze toto stanovit, neboť prodejci i výrobci odmítají poskytnout informace o ceně.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. SCHMIDT, Eduard. *Řezné nástroje*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1958. 211 s.
2. ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Skriptum. Brno :CERM, 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6
3. K.Kocman, J.Prokop. *Technologie obrábění*. 2 vyd. Brno :CERM, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0
4. L.M.T.- Fette GmbH, Německo. *Milling*. [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z: <http://fette.netdirect.cz/files/Katalog_Fraesen.pdf>
5. ZPS – FRÉZOVACÍ NÁSTROJE a.s., ČR. *Katalog fréz*. [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z: <http://www.zps-fn.cz/userfiles/file/zps-fn-katalog_frez.pdf>
6. AB Seco Tools, Švédsko. *Milling 2009*. [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z: <http://www.secotools.com/CorpWeb/Service_Support/machining_navigator/2009/GB_Milling_2009.pdf>
7. MITSUBISHI MATERIALS Corporation, Japonsko. *General catalogue 2007-2009*. [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z: <http://www.mcncz.cz/files/MMC09_EN.pdf>
8. AB Sandvik Coromant, Švédsko. *Main catalogue 2009 - frézování*. [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z: <http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/MC_2009_Klick_CZE_D.pdf>
9. M&V, spol. s r.o., ČR. *Nástroje pro frézování*. [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z: <http://www.mav.cz/data/katalog/k_frez.pdf>
10. Stim tools a.s., ČR. *Katalog – Frézy*. [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z: <http://www.stimtools.cz/kat_pdf/katalog_frezy.pdf>

11. Pilana MCT s r.o., ČR. *Katalog 2.* . [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z:
<<http://www.pilanamct.cz/com/download/mctkat2.zip>>
12. Haimer GmbH, Německo. *Power clamp.* [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z:<http://www.haimer.de/pdf/2008_Power_Clamp_Schrumpftechnik_mit_System_D_GB.pdf>
13. Schunk GmbH & Co. KG, Německo. *Tool holding systems.* [online]. [cit. 2010-4-12]. Dostupné z:
<http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/catalog_ToolholdingSystems_DE_EN.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	mm ²	Průřez třísky
D	mm	Řezný průměr nástroje
a_p	mm	Šířka záběru ostří
a_{p0}	mm	Nulová šířka záběru
$a_{p\ min}$	mm	Minimální šířka záběru
$a_{p\ max}$	mm	Maximální šířka záběru
f_n	mm	Posuv na otáčku
f_z	mm	Posuv na zub
n	min ⁻¹	Otáčky nástroje
R	mm	Poloměr nástroje
v_c	m.min ⁻¹	Řezná rychlost
v_f	mm.min ⁻¹	Rychlost posuvu
z	-	Počet zubů frézy
α_0	°	Nástrojový úhel hřbetu
β_0	°	Nástrojový úhel břitu
γ_0	°	Nástrojový úhel čela
δ_0	°	Nástrojový úhel řezu
λ_s	°	Úhel sklonu šroubovice frézy

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 ISO systém značení VBD pro frézy 1.část - katalog firmy
Mitsubishi Materials ⁷

Příloha 2 ISO systém značení VBD pro frézy 2.část - katalog firmy
Mitsubishi Materials ⁷

Příloha 1

ISO systém značení VBD pro frézy 1. část - katalog firmy Mitsubishi Materials 7

ROTATING TOOL INSERTS

IDENTIFICATION

Symbol	Insert Shape	
O	Octagonal	
S	Square	
T	Triangular	
C	Rhombic 80°	
M	Rhombic 86°	
A	Parallelogram 85°	
R	Round	
X	Special Design	—
W	Wiper	—

① Insert Shape

Symbol	Normal Clearance	
C	7°	
D	15°	
E	20°	
F	25°	
G	30°	
N	0°	
P	11°	
O	Other	
X	Other	

② Normal Clearance

S E E R

IDENTIFICATION | ROTATING INSERTS

③ Tolerance Class				
Symbol	D.I.C	D1	m	S1
C	6.35	±0.025	±0.013	±0.025
	9.525			
E	12.70	±0.025	±0.025	±0.025
	15.875			
K*	6.35	±0.05	±0.013	±0.025
	9.525	±0.05	±0.013	±0.025
	12.70	±0.08	±0.013	±0.025
	15.875	±0.08	±0.013	±0.025
M*	6.35	±0.05	±0.08	±0.13
	9.525	±0.05	±0.08	±0.13
	12.70	±0.08	±0.13	±0.13
	15.875	±0.1	±0.15	±0.13

The surface of insert with * mark is sintered.

④ Fixing and/or for Chip Breaker				
Symbol	Hole	Hole Configuration	Chip-breakers	Figure
W	With Hole	Cylindrical Hole + One Countersink (40° - 60°)	No	
T	With Hole	Cylindrical Hole + One Countersink (70° - 90°)	One sided	
B	With Hole	Cylindrical Hole + One Countersink (70° - 90°)	No	
N	Without Hole	—	No	
R	Without Hole	—	One sided	
X	—	—	—	Special Design

Příloha 2

ISO systém značení VBD pro frézy 2.část - katalog firmy Mitsubishi Materials ⁷

