

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

FRÉZOVACÍ NÁSTROJE PRO CNC OBRÁBĚCÍ STROJE

MILLING CUTTERS FOR CNC MACHINE TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN JANOŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ANTON HUMÁR, CSc.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Janošek

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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:

Frézovací nástroje pro CNC obráběcí stroje

v anglickém jazyce:

Milling cutters for CNC machine tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce je zaměřena na frézovací nástroje pro CNC frézky a frézovací centra z hlediska jejich rozdělení, označování, materiálu, užití a současných trendů vývoje a výroby u renomovaných špičkových producentů nástrojů, v konstrukční i materiálové oblasti.

Cíle bakalářské práce:

1. Základní charakteristiky CNC frézek a obráběcích center
2. Charakteristika frézovacích nástrojů z hlediska konstrukce, nástrojového materiálu, způsobu označování a užití
3. Frézovací nástroje pro CNC frézky a frézovací centra v sortimentu výroby nejvýznamnějších domácích a světových producentů nástrojů

Seznam odborné literatury:

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. MM publishing s. r.o., Praha. 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Technologie frézování. MM Průmyslové spektrum - Speciální vydání. Září 2004. ISSN 1212-2572., s. 26-50.
4. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Upínání rotačních nástrojů. MM Průmyslové spektrum - Speciální vydání. Září 2004. ISSN 1212-2572., s. 70-83.
5. HUMÁR, A. Technologie I - Technologie obrábění - 1. část. Studijní opory. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2003. [online]. Dostupné na www: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf.
6. HUMÁR, A. Technologie I - Základní metody obrábění - 1. část. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2004. [online]. Dostupné na www: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf.
7. Technické materiály a prospekty firem Ceratizit, Iscar, Kennametal, Korloy, Mitsubishi, Pramet Tools, Sandvik Coromant, Seco, Walter, Widia.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Anton Humár, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010. V Brně, dne 20.11.2009

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na frézovací nástroje pro CNC frézovací centra. Zpočátku se práce zabývá teorií frézování. Jsou v ní rozděleny frézovací nástroje či frézovací stroje. Dále je jedna kapitola věnována možnostmi upnutí nástroje. Praktická část práce se zabývá sortimentem výroby fréz, určených pro frézování rovinných ploch, od třech výrobců těchto nástrojů. Jedná se o firmy Sandvik Coromant, Pramet Tools a Walter. Na závěr jsou tyto firmy zhodnoceny podle různých hledisek.

Klíčová slova

Frézování, frézka, upínač, fréza, rovinná fréza.

ABSTRACT

My bachelor thesis is about milling cutters for CNC machine tools. First the thesis deals with milling theory. There are fission tools or fission machines. Next chapter is about holding tools. The practical part deals with an assortment of production of milling tools for milling flat surfaces made by three milling tools producers. These are Sandvik Coromant, Pramet Tools and Walter companies. In the end of my work these companies are evaluated from different points of view.

Key words

Milling, milling machine, tools holder, milling cutter, face cutter.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JANOŠEK, M. *Frézovací nástroje pro CNC obráběcí stroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 32 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Anton Humár, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Frézovací nástroje pro CNC obráběcí stroje vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....

Jméno a příjmení bakaláře

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto doc. Ing. Antonu Humárovi, CSc. Za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

	Str.
1. Úvod	8
2. Frézování	8
2.1. Rozdělení způsobů frézování	8
3. Základní charakteristiky CNC frézek a obráběcích center	10
3.1. Frézovací stroje bez číslicového řízení	10
3.1.1 Konzolové frézky	10
3.1.2. Rovinné frézky	11
3.1.3. Stolové frézky	11
3.1.4. Speciální frézky	11
3.2. CNC obráběcí centra a stroje	11
4. Charakteristika frézovacích nástrojů	12
4.1. Upínání nástrojů	12
4.1.1. Upnutí fréz pomocí kužele	13
4.1.2. Polygonální upínací systém TRIBOS	13
4.1.3. Hydraulické upínače CoroGrip	14
4.1.4. Hydraulický upínač TENDO	15
4.1.5. Tepelné upínače	16
4.1.6. Upínač ColdSet	16
4.2. Rozdělení frézovacích nástrojů	16
4.3. Označování frézovacích nástrojů	18
5. Frézovací nástroje v sortimentu výroby vybraných výrobců	19
5.1. Sandvik Coromant	19
5.2. Ptamet Tools	23
5.3. Walter	26
6. Závěr	30
7. Použitá literatura	31
8. Seznam příloh	32

1. ÚVOD

Frézování je výrobní technologie, kterou se obrábí výhradně nerotační, skříňové polotovary. V současné době se ale díky CNC obráběcím centrům a strojům dají vyrábět výrobky obsahující nejen rovinné ale také tvarové či rotační plochy. Tímto se rapidně zkracují výrobní časy, jelikož polotovary již není třeba přemísťovat na jiné výrobní stroje.

Nástroj, kterým se realizuje odebrání třísky, se nazývá fréza. Jedná se o vícebřítý obráběcí nástroj, který při frézování koná vždy hlavní řezný pohyb a to pohyb rotační. Na nástroj jsou kladeny vysoké nároky na univerzálnost. A to hlavně proto, že výrobky vyráběné na CNC frézovacích centrech a strojích mají mnohdy speciální tvary, které fréza musí obrábět s větším vysazením nástroje ale kvalita a přesnost obráběné plochy musí zůstat zachována na požadované úrovni. Proto jsou nástroje opatřeny prvky, které umožňují nástroj kvalitně upnout, popřípadě umožňují zvětšit či naopak redukovat jejich vysazení vůči upínací hlavě.

Frézování se využívá pro výrobu produktů v mnoha odvětvích strojírenského průmyslu. Ať už je to finální úprava ploch odlitků nebo výkovků, či výroba lisovacích forem nebo kovacích zápustek. Díky CNC řízení a robotům lze frézování lehce automatizovat a dá se vytvořit automatizovaná linka, která rapidně urychluje výrobní proces.

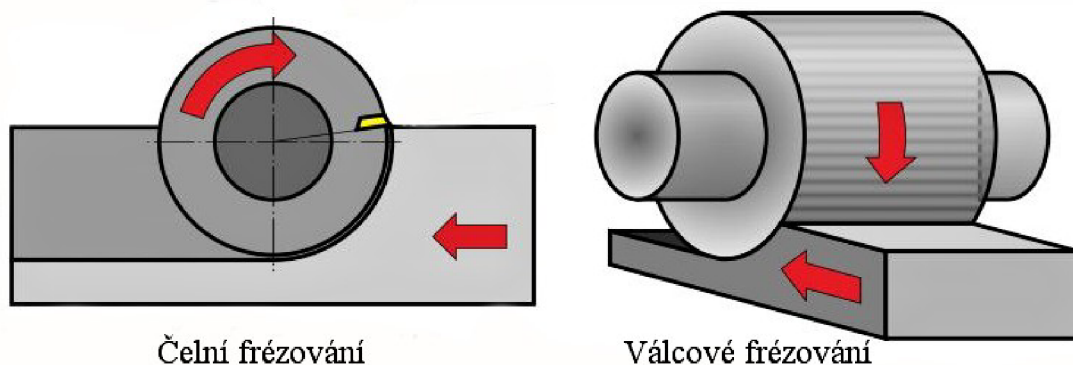
2. FRÉZOVÁNÍ

Frézování je výrobní operace, při které se odebrá z obrobku materiál ve formě třísek obvykle vícebřítým nástrojem. Frézováním se nejčastěji obrábí rovinné nebo tvarové vnitřní a vnější plochy. Hlavní řezný pohyb (rotační) koná vždy nástroj, vedlejší pohyb je většinou přímočarý a koná jej obrobek. Z hlediska chvění je výhodné, je-li v záběru s obrobkem více břitů současně.

2.1. Rozdělení způsobů frézování

Z hlediska polohy osy nástroje k obráběné ploše lze frézování rozdělit na dva základní způsoby:

- Frézování válcové (obvodem nástroje) (Obr. 1.): Tímto způsobem se pracuje s válcovými a tvarovými frézami. Zuby jsou rozmístěny po obvodu nástroje. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení nástroje.
- Frézování čelní (čelem nástroje) (Obr. 1.): Tímto způsobem se pracuje s čelními frézami. Zuby jsou rozmístěny na čele i po obvodě nástroje nebo jen na čele nástroje. Obrobená plocha je kolmá na osu nástroje.
- Okružní



Čelní frézování

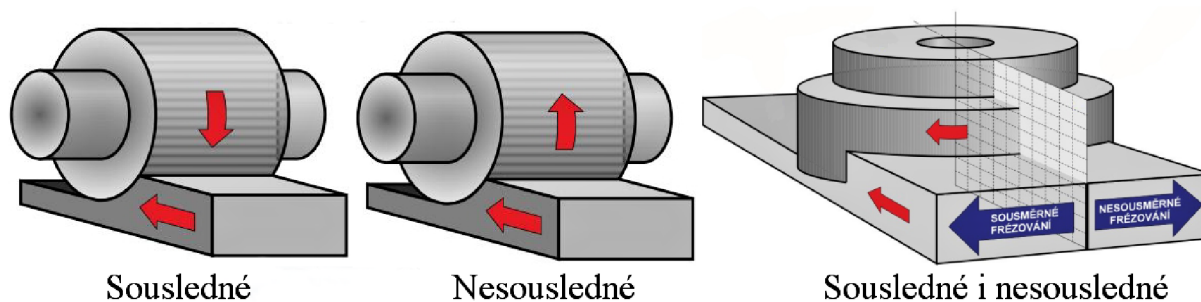
Válcové frézování

 Obr. 1 Frézování čelní x válcové ⁴

Z hlediska smyslu otáčení frézy vůči směru pohybu obrobku lze dělit frézování na:

- Frézování sousledné (sousměrné) (Obr. 2.): Nástroj rotuje ve směru posuvu obrobku. Zub vniká do materiálu v místě, kde je tříska maximální tloušťky, opouští materiál v místě tloušťky minimální (nulové) a vytváří obrobený povrch. Řezné síly působí směrem dolů a přitlačují obrobek ke stolu, takže lze použít jednodušších upínacích přípravků. Sousledné frézování může probíhat pouze na stroji s vymezenou vůlí a předpětím mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. Výhodou je vyšší trvanlivost nástroje, menší řezný výkon, menší drsnost obrobené plochy, menší sklon ke kmitání a tvoření nárůstků.
- Frézování nesousledné (nesousměrné) (Obr. 2.): Nástroj rotuje proti směru posuvu obrobku. Zub vniká do materiálu v místě nejmenší (nulové) tloušťky třísky a vytváří tím obrobený povrch, opouští materiál v místě maximální tloušťky třísky. Když zub vstupuje do záběru při nulové tloušťce třísky, pak zaoblení ostří způsobí pěchování materiálu. Zub začne řezat až po dosažení určité mezní tloušťky třísky. Tímto se zvyšuje opotřebení nástroje a zhoršuje se kvalita obrobené plochy. Řezné síly působí směrem nahoru a mají tendenci vytrhávat obrobek z upnutí.

Sousledné i nesousledné frézování může nastat zároveň a to když fréza obrábí celou plochu na jedno přejetí. Jedna polovina nástroje obrábí sousledně, druhá nesousledně. (obr. 2.)



Sousledné

Nesousledné

Sousledné i nesousledné

 Obr. 2 Frézování sousledné x nesousledné ⁴

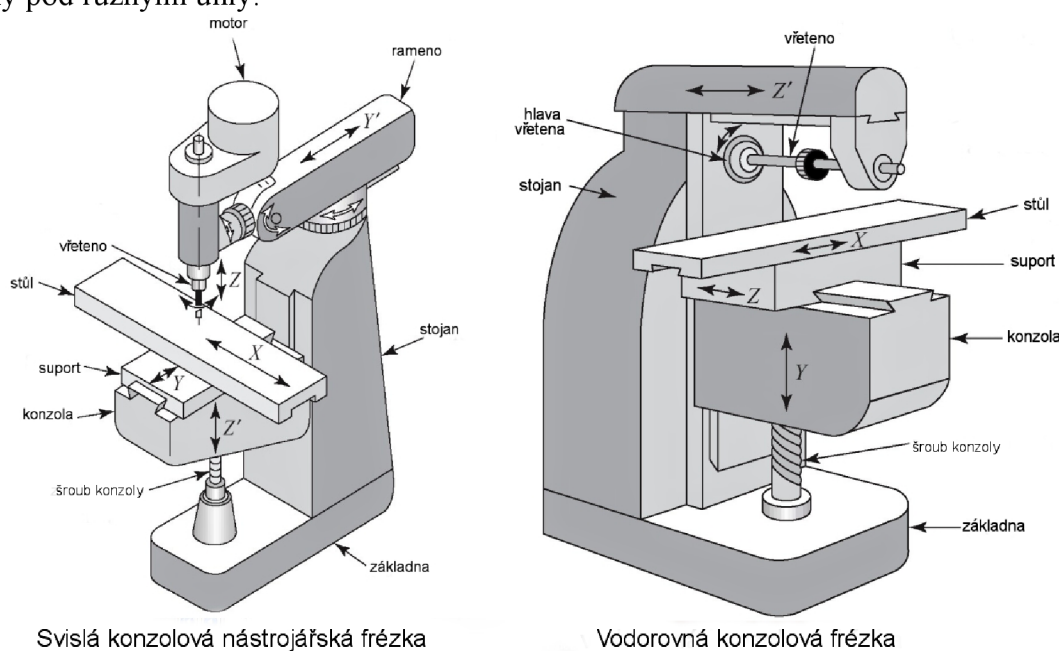
3. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY CNC FRÉZEK A OBRÁBĚCÍCH CENTER

3.1. Frézovací stroje bez číslicového řízení

V současné době je na trhu velké množství modelů frézek o různých parametrech, velikostech a účelu s velkým množstvím příslušenství. Všechny tyto frézky se však dají rozdělit do čtyř základních skupin. A to na frézky konzolové (obr. 3.), rovinné, stolové a speciální. Dále se dají frézky rozdělit podle toho, jak jsou řízeny na ručně ovládané a řízené programem. Základním rozměrovým parametrem každé frézky je velikost upínací plochy (udává, jak velký předmět můžeme obrábět) a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje (udává, jak velkým nástrojem můžeme obrábět). Další důležité technické parametry jsou rozsah posuvu, výkon, rozsah otáček, maximální délky pohybu stolu nebo vřetene a kvalitativní parametry dosahované u obrobených ploch.

3.1.1. Konzolové frézky

(Obr. 3.) Jsou charakteristické výškově nastavitelnou konzolou, na které je umístěn pracovní stůl pro upínání obrobku. Stůl má příčný a podélný posuv. Konzolové frézky se dělí na vodorovné, svislé, nebo univerzální. Vodorovné konzolové frézky mají vřeteno uloženo horizontálně, rovnoběžně s rovinou pracovního stolu. Využívají se zejména na obrábění drážek nebo rovinných ploch. Svislé konzolové frézky mají vertikální vřeteno s osou kolmou na plochu pracovního stolu. Vřeteno je uloženo ve svislé hlavě, kterou obvykle lze natočit kolem vodorovné osy až o 45° . Univerzální konzolové frézky jsou obdobné konstrukce jako frézky vodorovné. Mají však otočný pracovní stůl, který umožňuje frézování šroubovic pomocí děličního přístroje. Mezi konzolové frézky také patří frézky nástrojařské, které umožňují frézovat plochy pod různými úhly.



Obr. 3 Konzolové frézky ²

3.1.2. Rovinné frézky

Od konzolových se liší tím, že se pracovní stůl pohybuje pouze v podélném směru. Po svislém stojanu frézky se pohybuje vřeteník. Rovinné frézky mohou být vybaveny jedním nebo dvěma stojany s vřeteníkem. Na těchto strojích se obrábí zejména rovinné plochy větších součástí. Pro hodně velké a těžké obrobky lze užít tzv. rovinnou portálovou frézku, která má dva stojany spojené příčnicí. Na něm jsou pak další dva vřeteníky.

3.1.3. Stolové frézky

Od rovinných se liší tím, že se jejich stůl pohybuje jak v podélném tak i v příčném směru. Výškové nastavení vřeteníku je pak zajištěno posuvem po vedení stojanu. Vyrábí se ve vodorovném i svislém provedení.

3.1.4. Speciální frézky

Speciální frézky tvoří rozsáhlou řadu typů, určených pro různé speciální frézovací operace. Patří sem například frézky odvalovací (výroba ozubení), frézky na drážky, frézky na vačky, pantografické frézky (písmena, čísla, tvarové plochy) a také frézovací obráběcí NC a CNC centra.

3.2. CNC obráběcí centra a stroje

CNC (Computer Numerical Control) obráběcí centra jsou stroje, které jsou ovládány pomocí počítače číslicovým řízením. Stroj je vybaven čtecím a řídicím zařízením. Čtecí zařízení čte informace z nositele informací a přeměňuje je na elektrické impulsy. Tyto impulsy předává řídicímu zařízení, které pomocí kódového převaděče a rozvaděče rozděljuje dekódované informace do příslušných částí stroje. Tyto části pak vykonávají naprogramované funkce. Pohyb suportu nebo pracovního stolu je ovládán servopohony. Další nezbytnou částí každého CNC obráběcího centra je odměřovací zařízení, které vyjadřuje pomocí vhodné veličiny polohu nástroje vůči obrobku. Dále je také zapotřebí porovnávací zařízení, které neustále porovnává okamžitou polohu nástroje s polohou naprogramovanou. Jakmile jsou tyto dvě hodnoty rozdílné, porovnávací zařízení vyšle impuls k zastavení stroje nebo k přerušení pohybu. CNC frézovací centra jsou také vybaveny množstvím přídatných zařízení, jako jsou například zásobníky na nástroje, chladičí zařízení, atd.

Frézovací obráběcí centra se dělí na centra s horizontální a vertikální osou vřetení (Obr. 4.). Tyto se pak dále dělí na tří až 5tiosá centra. Základem u všech těchto center jsou osy x, y, z, v kterých se pohybuje vřetení. Pokud obráběcí centrum má pouze tyto osy, jedná se o tříosé obráběcí centrum. 5tiosé obráběcí centrum je dále rozšířeno o další dvě rotační osy, kolem kterých se může otáčet stůl s upnutým obrobkem.

Hlavními přednostmi CNC obráběcích center je, že dokáže dělat více operací na jedno upnutí obrobku. Také je CNC obráběcí centrum vybaveno zásobníky na nástroje a dokáže samostatně vybrat a vyměnit nástroj, se kterým se má obrábět. CNC obráběcí centra dovedou plynule regulovat rezné a posuvové rychlosti pomocí změny otáček, posuvu. Mimo jiné jsou také schopny nastavit vzájemnou polohu obrobku a nástroje. Rozdíl mezi CNC obráběcím strojem a centrem je v tom, že CNC obráběcí stroj není vybaven zásobníkem na nástroje.



horizontální obráběcí centrum H50

5tiosé vertikální CNC obráběcí centrum Okuma MU-400VA

Obr. 4 Horizontální a vertikální obráběcí centrum^{14, 15}

Jak již bylo zmíněno, každé CNC obráběcí centrum je vybaveno zásobníkem na nástroje. Do tohoto zásobníku vkládá nástroje, se kterými dopracoval a vybírá nástroje, se kterými pracovat bude. Tuto výměnu zajišťuje speciální manipulační zařízení. Toto zařízení dokáže vyjmout a upnout nástroj do vřetena nebo zásobníku. Každý nástroj má své specifické označení, podle kterého je ze zásobníku vybírán nebo vkládán na své místo. Zásobníky se dodávají o různé kapacitě. Nejčastěji můžeme do zásobníku dát 15-60 nástrojů ale najdou se i takové zásobníky, jejichž kapacita se pohybuje mezi 100 až 150 nástroji. Dle konstrukce lze zásobníky dělit na zásobníky revolverové, bubnové, řetězové, regálové, deskové, voštinové, atd. zásobníky mohou být umístěny přímo na stoju nebo i mimo něj. Když jsou umístěny na stroji tak mohou být přímo na vřeteníku, na stojanu nebo na stole stroje.

4. CHARAKTERISTIKA FRÉZOVACÍCH NÁSTROJŮ

Nástroje pro CNC obráběcí centra mají speciální stavebnicovou konstrukci, která může obsahovat základní držák, upínací členy, redukční a prodlužovací členy a řeznou část nástroje nebo nástroj. Tyto nástroje se skládají a seřizují mimo stroj na speciálním zařízení, které vhodnou kombinací prvků zařídí, že celková délka nástroje bude totožná s nastavenou délkou nástroje v CNC programu. Ukázka možností kombinování různých členů je uvedena v příloze 1.

4.1. Upínání nástrojů

Výhodou využití CNC obráběcích center ve výrobě je především jejich vysoká rychlost a přesnost. Toto ovšem klade vysoké požadavky nejen na stroj a nástroj, ale také na upnutí nástroje ve stroji. Stroj většinou pracuje s vysokými hodnotami řezných a posuvových rychlostí. To znamená, že stroj musí pracovat s vysokými otáčkami a zároveň je nástroj namáhán na ohyb. Toto klade vysoké nároky na to, jak je nástroj ve vřetenu upnut. Upínač musí splňovat tyto základní nároky:

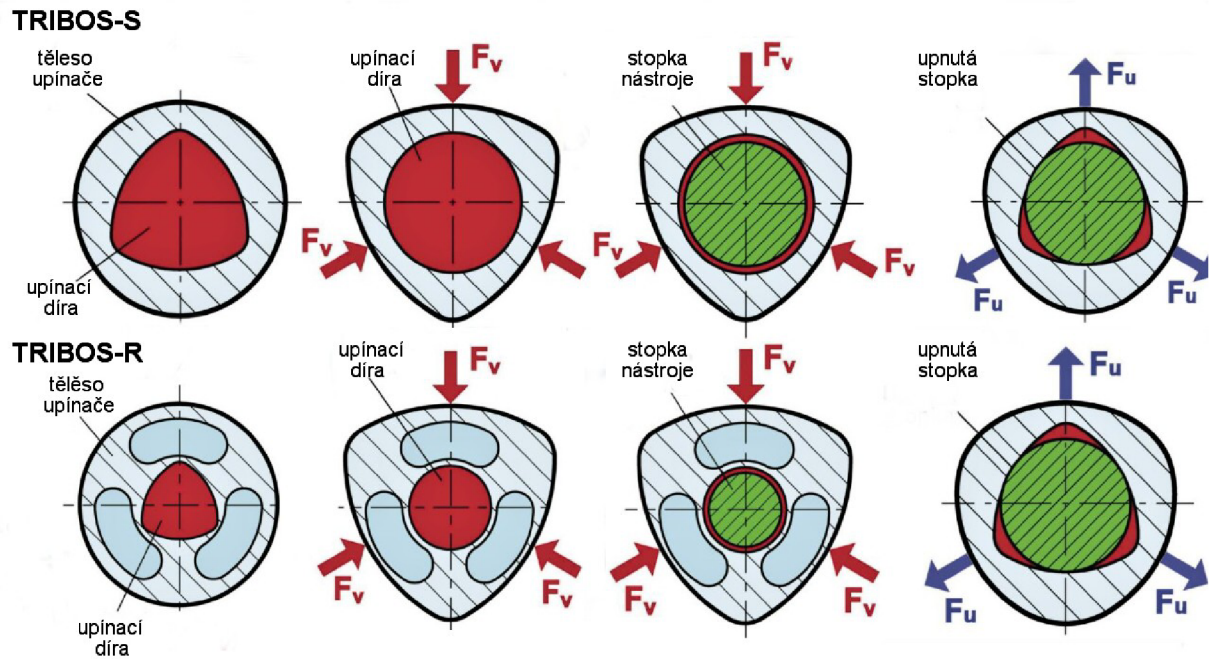
- Vysoká pevnost v ohybu,
- dokonalé dynamické vyvážení,
- zajištění vysokých upínacích sil, které musí být schopné přenést vysoký krouticí moment,
- zaručení přesného upnutí nástroje s minimálním obvodovým házením,
- schopnost tlumit vibrace,
- přivádění řezné kapaliny přímo do místa řezu,
- minimální doba potřebná pro upnutí či uvolnění nástroje,
- dosažení vysoké životnosti při nízkých provozních nákladech,
- snadná a bezpečná obsluha.

4.1.1. Upnutí fréz pomocí kužele

Základní styl využívající k upnutí kužel je upnutí pomocí frézovacího trnu. Tento styl upnutí se výhradně používá u nástrčných fréz větších průměrů. Upnutí je realizováno pomocí kužele na trnu. Používá se nejčastěji Morse kužel s kuželovitostí 1:19-20, metrický kužel s kuželovitostí 1:20 nebo kužel strmý s kuželovitostí 1:3,5. Strmý kužel není samosvorný a slouží pouze k vystředění nástroje. Krouticí moment je pak přenášen pomocí dvou kamenů které zapadají do vybrání na nákrůžku frézovacího trnu. Morse a metrické kužely jsou samosvorné a dovedou přenášet i krouticí moment. Pro lepší přenos momentu je ve vřetenu obdél-níkové vybrání. Do tohoto vybrání pak zapadá zploštělý konec frézovacího trnu. Další upnutí, které využívá kužele je upnutí přes kuželovou stopku frézy. Stopka frézy má nejčastěji tvar Morse nebo metrického kužele a upíná se buď přímo do vřetene, nebo přes redukční pouzdra. Tato pouzdra se použijí v případě, když kužel ve vřetenu je jiný, nebo má větší velikost než kužel na stopce. Pro upnutí fréz s válcovou stopkou se používá sklíčidlo s upínacím pouz-drem, nebo se upnutí realizuje pomocí různých kleštin. Sklíčidla a kleštiny mají kuželovou stopku, přes kterou se upnou do vřetene.

4.1.2. Polygonální upínací systém TRIBOS

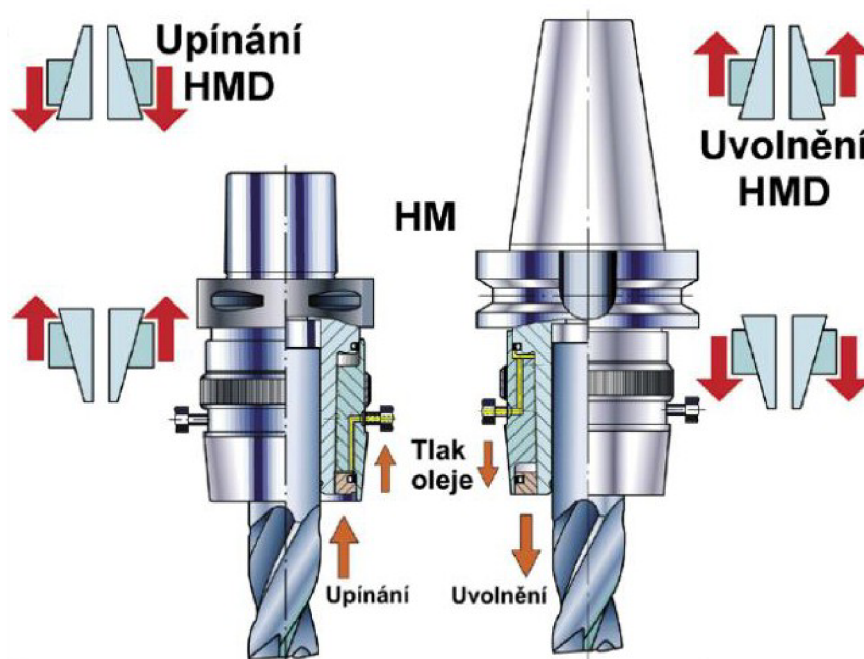
(Obr. 5.) S tímto systémem upínání přišla na trh firma Shunk. Využívá se pro upínání fréz menších průměrů s válcovou stopkou. Upínací síla je vybuzena pružnou deformací tělesa upínače. V uvolněném stavu má upínací díra polygonální tvar. Působením sil nad vrcholy polygonální díry se tato díra změní v kruhovou. Síla je obvykle vyvinuta speciálním hydrau-lickým zařízením. Po vložení nástroje do díry uvolníme zatížení. Upínač se snaží vrátit se do původního tvaru, čímž pevně sevře nástroj. Upínací zařízení je dodáváno ve dvou variantách. A to ve variantě manuální SVP-2 a elektricky ovládané SVP-3. Pro malé nástroje se dá v obou variantách využít redukčních vložek. Doba potřebná pro výměnu nástroje je kratší jak 30 s. Dále se TRIBOS systém dělí na TRIBOS-S, TRIBOS-SVL a TRIBOS-R. TRIBOS-S je štíhlé provedení. Tento druh upnutí dokáže přenášet maximální krouticí moment 230 Nm při maximálních otáčkách 85 000 min⁻¹ s nástroji o průměru stopky v rozmezí 3-32 mm. TRI-BOS-SVL je štíhlé provedení ve formě prodlužovacích nástavců. Tento druh upnutí dokáže přenášet maximální krouticí moment 150 Nm při maximálních otáčkách 85 000 min⁻¹ s nástroji o průměru stopky v rozmezí 3-20 mm, délky 100 a 150 mm. TRIBOS-R je robust-nější tuhé provedení s vysokou schopností zachytávat radiální síly. Tento druh upnutí dokáže přenášet maximální krouticí moment 330 Nm při maximálních otáčkách 55 000 min⁻¹ s nástroji o průměru stopky v rozmezí 6-32 mm.

Obr. 5 Princip upínání nástroje pomocí systému TRIBOS⁶

4.1.3. Hydraulické upínače CoroGrip

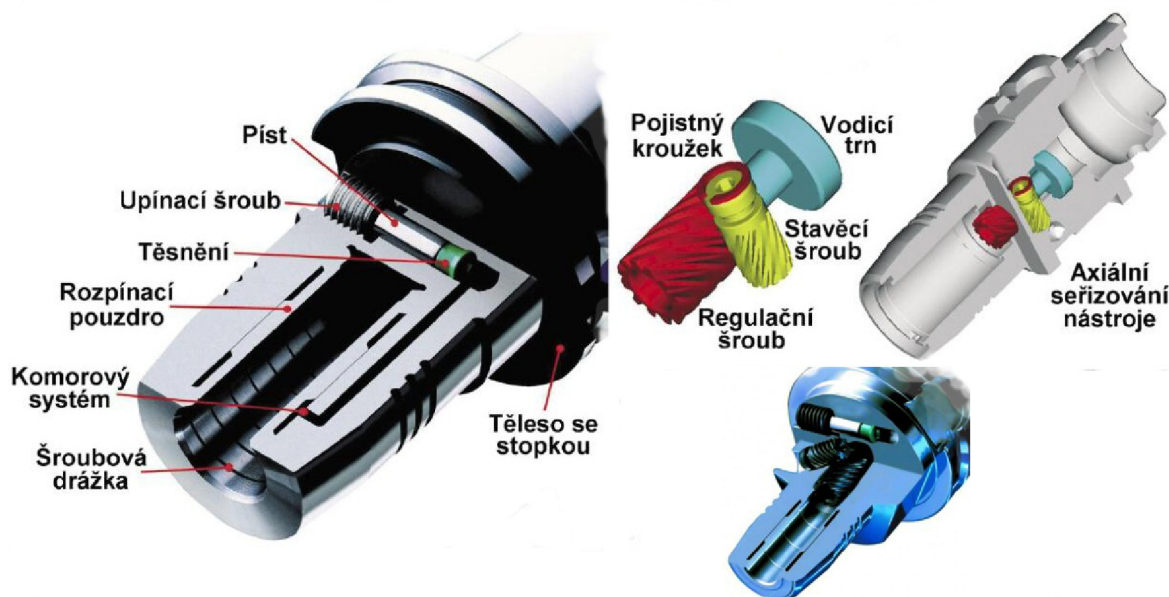
(Obr. 6.) S tímto systémem upínání nástrojů přišla firma Sandvik Coromant. Hydraulická kapalina je v tomto případě využívána pouze na posuv upínacího pouzdra pro upnutí či uvolnění nástroje. Tyto upínače se vyrábí ve dvou variantách a to HM a HMD. HM je starší provedení a od HMD se liší tím, že při upínání se upínací pouzdro pohybuje nahoru a při uvolňování dolů. U HMD je to přesně naopak. Navíc provedení HMD má větší upínací pouzdro a mnohem větší tuhost při ohybovém namáhání nástroje. Také délka neupnuté části stopky je kratší. To znamená, že upnutí nástroje je pevnější. Tlaková kapalina je do systému přiváděna čerpadlem, které musí kapalinu při upínání stlačit na 70 MPa a při uvolňování na 80 MPa. Výhody tohoto systému upínání jsou:

- Vysoké hodnoty přenášeného kroučícího momentu při vysokých otáčkách vřetene,
- nízké hodnoty obvodového házení,
- dá se použít jak při dokončování ale také při těžkém hrubování,
- dobrá vyváženost nástroje,
- snadno nastavitelná programovací délka,
- možnost upnout všechny druhy válcových stopek,
- doba potřebná pro výměnu nástroje je kratší jak 20 s.

Obr. 6 Princip upínání nástroje pomocí systému CoroGrip ⁶

4.1.4. Hydraulický upínač TENDO

(Obr. 7.) Tento systém upínání vyvinula firma Schunk. Hydraulická kapalina, která je stlačena pístem pomocí zašroubování pístu do tělesa upínače, tlačí na stěnu rozpínacího pouzdra, které sevře stopku frézy. Tímto způsobem upnutí nástroje dosáhneme nízkého obvodového házení. Celý systém je utěsněn tak aby se do něj nedostala řezná kapalina a neznehodnotila ho. Tento mechanismus může upínat všechny druhy válcových stopek a umožňuje jak axiální tak radiální seřízení.

Obr. 7 Princip upínání nástroje pomocí systému TENDO ^{6,16}

4.1.5. Tepelné upínače

K tomuto způsobu upínání nástroje je zapotřebí upínače, který se ve speciálním zařízení ohřeje na teplotu 250-350°C čímž se díky teplotní roztažnosti materiálu, ze kterého je vyroben zvětší a zvětší se i upínací díra. Po vložení studeného nástroje a ochlazení vznikne pevné upnutí po celé upínací ploše. Tento způsob upínání se využívá u monolitních fréz vyrobených z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu a to v rozmezí průměru upínací části 3-50mm. K uvolnění nástroje dojde po opětovném ohřátí upínače s nástrojem. Uvolnění je možné díky různé hodnotě teplotní roztažnosti materiálu upínače a frézy. Teplotní roztažnost upínače musí být vyšší než teplotní roztažnost nástroje. K výhodám tohoto druhu upnutí patří jejich jednoduchost, nízká cena, možnost upínání i nástrojů s vyfrézovanou upínací ploškou a přesné vyvážení upínače. Nevýhodou je nebezpečí popálení obsluhy při neopatrné manipulaci s ohřátým upínačem.

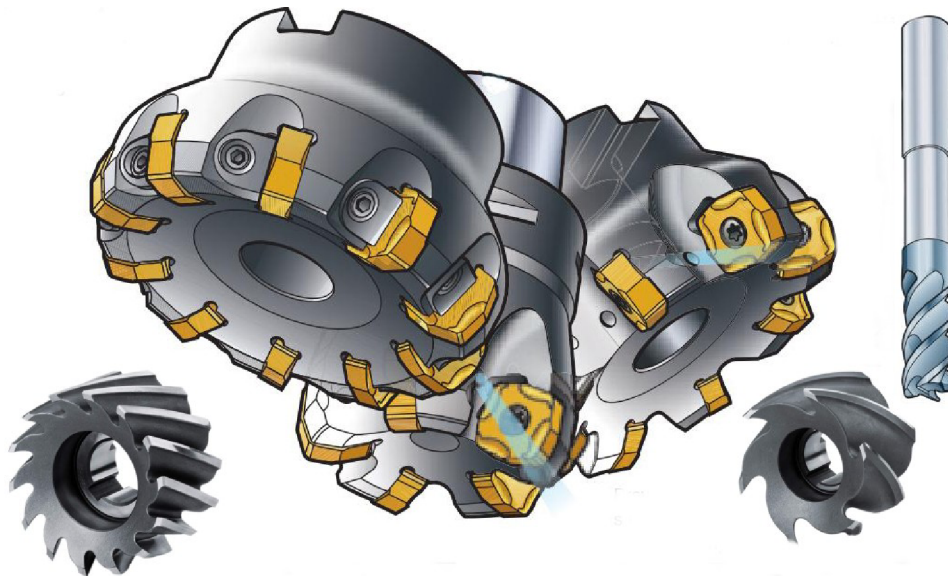
4.1.6. Upínač ColdSet

Tyto upínače jsou vyrobeny ze speciální slitiny titanu a niklu. Tato slitina má tu vlastnost, že při zchlazení na určitou velmi nízkou teplotu dojde k fázové transformaci krystalické struktury slitiny. Tímto procesem se zvětší objem, čímž se také zvětší průměr díry v upínací. Poté se do díry vloží nástroj a upínač se zahřeje na okolní teplotu. Tímto dojde k pevnému sevření nástroje upínačem. Upínač se nejčastěji zchladuje tekutým dusíkem, ale může se využít i hluboce zmrazené nemrznoucí kapaliny. Do tohoto nástroje lze upínat monolitní nástroje vyrobené z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu s válcovou stopkou v rozmezí průměru stopky 3-12mm.

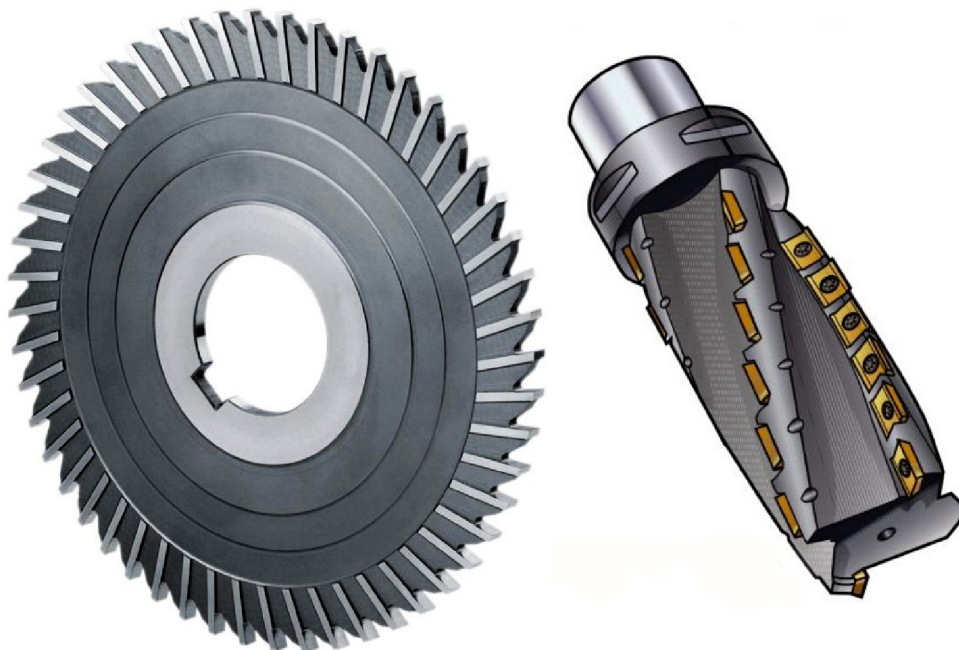
4.2. Rozdělení frézovacích nástrojů

Frézy lze v závislosti na technologickém uplatnění třídit do následujících skupin podle těchto hledisek:

- Podle umístění zubů na nástroji se frézy dělí na válcové (zuby jsou na válcové ploše nástroje), čelní (zuby jsou na čelní ploše nástroje), válcové čelní (zuby jsou na čelní i válcové ploše) (Obr. 8.).
- Podle materiálu zubů. Zuby frézy mohou být vyrobeny z nástrojové oceli, slinutého karbidu, cermetu, keramiky, polykrystalického kubického nitridu bóru nebo polykrystalického diamantu (Obr. 8.).
- Podle provedení zubů se frézy dělí na frézy s podsoustruženými zuby (hřbetní plocha má tvar části Archimédovy spirály a čelní plocha je rovinná. Podsoustružené zuby mají převážně tvarové frézy.) a na frézy se zuby frézovanými (hřbetní i čelní plocha je rovinná, na hřbetě se pak nachází úzká fazetka).
- Podle směru zubů vzhledem k ose rotace nástroje jsou frézy rozděleny na frézy se zuby přímými a na frézy se zuby ve šroubovici. Tyto jsou dále rozděleny na pravé nebo levé. Sklon šroubovice se pohybuje v rozmezí 10°-45°, výjimečně i více. Frézy se zuby ve šroubovici mají oproti frézám se zuby přímými výhodu v tom, že zuby do materiálu vnikají postupně.

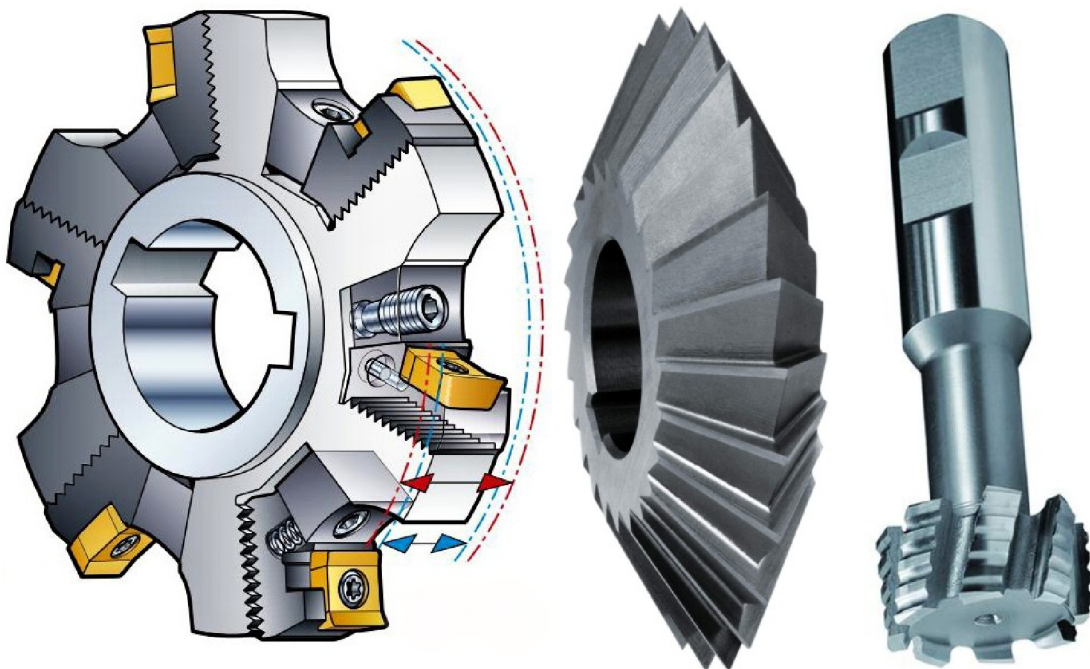
Obr. 8 Frézy různého provedení^{5,13}

- Podle počtu zubů vzhledem k průměru nástroje se frézy dělí na jemnozubé polohrubozubé a hrubozubé (málo zubů). Počet zubů na fréze se volí tak, aby při obrábění byly vždy minimálně dva zuby v záběru současně (Obr. 9.).
- Podle konstrukčního uspořádání se frézy dělí na celistvé (fréza je vyrobena z jednoho kusu jednoho materiálu, nejčastěji z nástrojové oceli), s vloženými noži a na frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami (Obr. 9).

Obr. 9 Frézy různého provedení^{5,13}

- Podle geometrického tvaru se frézy dělí na kotoučové, válcové, rádiusové, úhlové, drážkovací, závitové, atd. (Obr. 10).

- Podle způsobu upnutí se frézy dělí na nástrčné (upínají se za díru) a na stopkové (upínají se za stopku - válcovou, kuželovou - morse, metrický a strmý kužel) (Obr. 10).
- Podle smyslu otáčení se frézy dělí na pravořezné a levořezné.

Obr. 10 Frézy různého geometrického tvaru ^{5,13}

4.3. Označování frézovacích nástrojů

Konstrukce současných frézovacích nástrojů je taková, že se skládá z tělesa, které je vyrobeno z levného materiálu, a z vyměnitelných břitových destiček, které jsou k tělesu nástroje nejčastěji mechanicky připevněny. Touto konstrukcí se šetří drahý materiál a snižuje se cena nástroje. Jak těleso nástroje, tak i vyměnitelné břitové destičky mají dané označení podle normy. Podrobné vysvětlení označení je uvedeno níže a v příloze 2.

Příklad označení nástrčné frézy:

160H05N-F90TP16P22

Při tomto označování fréz označuje první číslo (160) řezný průměr frézy. Následující písmeno (H) určuje typ frézy, druh a velikost upínání. Další číslice vyjadřuje pracovní počet ostří (05). Poslední písmeno v bloku před pomlčkou (N) určuje směr řezu. První písmeno za pomlčkou (F) označuje způsob upnutí destičky v tělese nástroje. Následující číslice (90) kvantifikuje nástrojový úhel nastavení hlavního ostří. Následující dvě písmena vyjadřují tvar (T) a úhel hřbetu (P) břitových destiček. Číslice, která je situována za těmito písmeny (16), vyjadřuje délku ostří. Následující znak je písmeno (P), které charakterizuje úhel hřbetu nástroje a poslední číslice v označení frézy (22) znamená délku nebo šířku břitu. Všechna čísla, která vyjadřují délku, jsou udávány v milimetrech.

Příklad označení stopkové frézy:

32A3R040B32-SAD12

U tohoto označování fréz má první (32), třetí (3) a čtvrtý (R) symbol stejný význam, jako u fréz nástrčných. Písmeno, které je na druhé pozici (A), znamená typ frézy a úhel nastavení. Číslo, které je na páté pozici (040), určuje délku vyložení nástroje. Následující písmeno (B) určuje typ upínací stopky. Poslední číslice před pomlčkou (32) vyjadřuje průměr stopky nástroje. První písmeno po pomlčce (S) je označení způsobu připevnění břitové destičky k tělesu nástroje. Další dvě písmena určují tvar (A) a úhel hřbetu (D) použité břitové destičky. Poslední číslice v označení (12) může vyjadřovat buď délku ostří břitové destičky, nebo délku, či šířku břitu. Všechna čísla, která vyjadřují délku, jsou udávána v milimetrech.

Příklad označení břitové destičky podle normy ISO:

SPKN1203ASR

První písmeno (S) v označení určuje tvar destičky. Následující písmeno (P) označuje úhel hřbetu destičky. Další písmeno (K) určuje toleranční pole destičky. Čtvrté písmeno (N) označuje provedení destičky. Následující dvojice čísel určuje délku ostří (12) a tloušťku (03) destičky. Další písmeno (A) označuje nástrojový úhel nastavení hlavního ostří, nebo úhel hřbetu fazetky dané destičky. Písmeno, které je v označení destičky na předposledním místě (S) určuje provedení řezné hrany a písmeno umístěné na konci označení destičky (R) určuje směr posuvu při obrábění. Všechna čísla, která vyjadřují délku, jsou udávána v milimetrech.

Příklad označení břitové destičky podle normy ANSI:

SPKN422SR

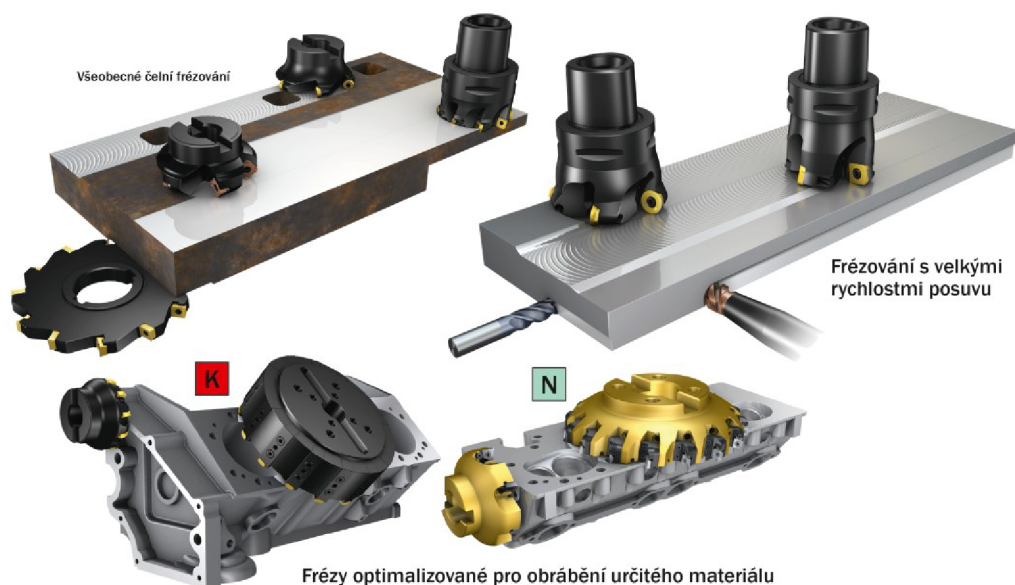
Tento způsob označování břitových destiček se ve významu symbolů liší od označení podle normy ISO pouze ve dvou symbolech. A to v číslici umístěné na pátém a sedmém místě. Pátá číslice (4) označuje průměr vepsané kružnice v destičce a sedmá (2) radius špičky destičky. Význam zbylých symbolů je totožný jako u označení destiček podle normy ISO.

5. FRÉZOVACÍ NÁSTROJE V SORTIMENTU VÝROBY VYBRANÝCH VÝROBCŮ

5.1. Sandvik Coromant

Firma Sandvik Coromant je přední světový výrobce řezných nástrojů. Působí ve 130 zemích světa. Byla založena roku 1862 Göranem Fredrikem Göranssonem ve Švédsku. Nynější hlavní sídlo firmy se nachází ve švédském Sandviken. Firma se zabývá výrobou řezných nástrojů zejména pro frézování, soustružení a vrtání.

Co se frézovacích nástrojů týče, Sandvik Coromant nabízí tyto druhy fréz: frézy pro všeobecné obrábění, čelní frézování, frézování do rohu, frézování drážek, tvarové frézování a frézování hliníku, a to jak pro hrubování tak i pro polodokončování nebo dokončování (Obr. 11.). Tato bakalářská práce se bude zabývat frézami z katalogu pro rok 2009. Z tohoto katalogu byly vybrány a podrobněji popsány frézy určené pro čelní frézování ploch. (Tab. 1)


 Obr. 11 Druhy fréz nabízené firmou Sandvik Coromant ⁵

Tab. 1 Přehled fréz určených pro čelní frézování ploch firmy Sandvik Coromant

Označení frézy	Rozsah průměrů [mm]	Tvar destiček	κ_r [°]	Rezné podmínky								Obráb. materiál	Úpnutí
				Lehké		Střední		Těžké		Wiper			
				VBD [mm]	a_{pmax} [mm]	VBD [mm]	a_{pmax} [mm]	VBD [mm]	a_{pmax} [mm]	VBD [mm]	a_{pmax} [mm]		
CoroMill 200	25-160	R	---	10 12 16 20	5 6 8 10	10 12 16 20	5 6 8 10	10 12 16 20	5 6 8 10	---	---	1	1,2,3
CoroMill 210	25-160	S	10	---	---	9 14	1,2 2	---	---	---	---	1	1,2,3,4,7
CoroMill 245	32-250	S	45	12	6	12 18	6 10	12	6	12 18	6 10	1	1,2,3
CoroMill 290	40-250	S	90	12 15	10,7 12,7	12 15	10,7 12,7	12	10,7	---	---	1	1,2,3
CoroMill 300	25-125	R	---	8 10 12 16	4 5 6 8	8 10 12 16	4 5 6 8	8 10 12 16	4 5 6 8	---	---	1	1,2,4,6,7,8
CoroMill 365	40-250	M	65	15	6	15	6	---	---	15	6	1,2	2,3,4
CoroMill 390	16-200	C	90	11 17 18	10 15,7 15,7	11 17 18	10 15,7 15,7	11 17	10 15,7	11 18	10 15,7	1	1,2,3,4,6,7
CoroMill 490	20-80	S	90	8	5,5	8	5,5	8	5,5	---	---	1	1,2,3,4,6
CoroMill 790	25-100	C	90	16 22	12 18	16 22	12 18	---	---	---	---	5	1,2,4,5
CoroMill Century	40-200	M	90	11	10	---	---	---	---	11	2	2,3,4	2,3,4,5
AUTO	125-500	T	45	12	6	12	6	12	6	---	---	1	2,9
AUTO-AF	80-500	S	75	12	1	---	---	---	---	---	---	1	2,9
AUTO-FS	125-500	S	90	12	8	---	---	---	---	12	8	1	2,9

Vysvětlivky tabulky:

Označení frézy: Označení frézy podle katalogu firmy Sandvik Coromant.

Rozsah průměrů: Rozmezí průměrů dané frézy v jakém je Sandvik Coromant dodává na trh.

Tvar destiček: Udává tvar destiček používaných na nástroji.

- S- Čtvercový tvar destičky
- R- Kruhový tvar destičky
- M- Kosočtverečný tvar destičky
- C- Kosodélníkový tvar destičky
- T- Trojúhelníkový tvar destičky

κ_r : Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří.

VBD: Délka ostří vyměnitelné břitové destičky.

a_{pmax} : Maximální doporučená hloubka řezu.

Wiper: Platí pro hladicí destičky Wiper.

Obráb. materiál: Materiál, pro jehož obrábění je fréza určena.

- 1- oceli
- 2- litiny
- 3- hliník a jeho slitiny
- 4- tvrzené oceli
- 5- neželezné materiály

Upnutí: Způsob, jakým může být daný nástroj upnut.

- 1- Válcová stopka
- 2- Upínací trn
- 3- Upínací trn CIS
- 4- Coromant Capto
- 5- HSK
- 6- Weldon
- 7- Závitová spojka
- 8- Kužel morse
- 9- Nástrčná konstrukce

Fréza **CoroMill 200** je výhradně určena pro hrubování rovinných ploch. Na trh je firmou dodávána v průměrech 25, 32, 40, 50, 52, 63, 66, 80, 100, 125 a 160 mm. Frézy o průměrech 25-50 mm jsou dodávány v provedení s válcovou stopkou. U fréz o průměru 50-160 mm se upnutí realizuje přes upínací trna a u fréz o průměru 66-160 mm se nástroj upíná přes upínací trn CIS.

Fréza **CoroMill 210** je také určena spíše pro hrubování. Malý úhel κ_r způsobuje to, že výslednice řezných sil působí proti vřetenу. Proto lze při obrábění s touto frézou nastavit vysoký posuv. Na trh je firmou dodávána v průměrech 25, 32, 35, 36, 42, 52, 54, 63, 66, 80, 82, 86, 100, 125 a 160 mm. průměry 25-42 mm jsou dodávány s válcovou, nebo závitovou stopkou. U fréz o průměru 50-160 mm se upnutí realizuje přes upínací trn a u frézy o průměru 80 mm se dá nástroj upnout přes upínací trn CIS. Poslední možnost upnutí tohoto nástroje je upínací systém Coromant Capto, který je u fréz o průměrech 36-86 mm.

Fréza **CoroMill 245** je určena především pro hrubovací až polodokončovací obrábění ocelí. Na trh je dodávána v průměrech frézy 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm.

Frézy s průměry 32-80 mm jsou dodávány s válcovou stopkou. Frézy s průměry 50-250 se upínají na trn a frézy s průměry 80-250 se upínají na trn CIS.

CoroMill 290 je speciální čelní fréza, která vytváří nízký axiální tlak. Vyrábí se v průměrech 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm. Frézy s průměry 40-80 mm se dodávají s válcovou stopkou. Frézy s průměry 50-250 mm se upínají přes trn a frézy s průměry 100-250 mm se upínají přes trn CIS.

CoroMill 300 je univerzální fréza pro hrubování až polodokončování s vysokým posuvem. Vyrábí se v průměrech 25, 35, 40, 42, 50, 52, 63, 66, 80, 100 a 125 mm. Frézy o průměrech 25-40 mm se dodávají s válcovou stopkou nebo se závitovou spojkou. Frézy s průměry 40-125 mm se upínají přes trn a frézy s průměry 35-80 mm se upínají přes systém Coromant Capto.

CoroMill 365 je fréza na čelní frézování ocelí a hlavně litin. Je dodávána v průměrech 40, 50, 60, 63, 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm. Frézy o průměru 40-60 mm se upínají přes systém Coromant Capto. Frézy o průměrech 50-250 mm se upínají přes trn a frézy o průměrech 80-160 mm přes trn CIS.

CoroMill 490 je čelní fréza, ale dá se použít i jako fréza do rohu. Vyrábí se v následujících průměrech 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 44, 50, 54, 63, 66 a 80 mm. Frézy o průměrech 20-66 mm se upínají přes upínací systém Coromant Capto. Frézy o průměrech 40-80 mm se upínají na trn a fréza o průměru 80 mm se také dodává s dírou pro trn CIS. Frézy o průměrech 20-40 mm se vyrábí také s válcovou stopkou, nebo se stopkou weldon.

Frézy **CoroMill 790** se používají pro vysokorychlostní obrábění neželezných kovů. Vyrábí se ve velikostech 25, 32, 36, 40, 44, 50, 54, 63, 66, 80, 84 a 100 mm. Všechny tyto frézy mohou být dodány ve variantě, která se upíná přes systém Coromant Capto. Průměry 25-50 mm mohou být vyrobeny s upínáním HSK. Nástroje o průměrech 25-40 mm mohou být vyrobeny s válcovou stopkou a fréza o průměru 50mm může být upnuta na trn.

Fréza **CoroMill Century** je speciální fréza pro rychlostní obrábění litin, neželezných materiálů a tvrzených ocelí. Dodává se v průměrech 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 a 200 mm. upínací systém Coromant Capto je použit u fréz s průměry 40-80 mm. Další možnost upínání těchto fréz je systém HSK. Tento je dostupný u fréz o průměrech 40-125 mm. Frézy o průměrech 50-200 mm se mohou upnout na upínací trn a frézy o průměrech 80-200 mm se mohou upnout na upínací trn CIS.

Fréza **AUTO** je speciální fréza pro hrubování velkých ploch. Firmou Sandvik Coromant je dodávána v průměrech 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400 a 500 mm. Do průměru 200 mm včetně se frézy upínají na upínací trn. Od průměru 250 mm se frézy upínají na nástrčnou konstrukci.

Fréza **AUTO-AF** je speciální fréza určená pro dokončovací obráběcí operace. Dodávána je v průměrech 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400 a 500 mm. Do průměru 250 mm se upínají na upínací trn. Od průměru nástroje 250 mm se upínají na nástrčnou konstrukci. Fréza s průměrem 250 mm je dostupná v obou variantách upnutí.

Fréza **AUTO-FS** je speciální fréza pro dokončování ploch a rohů. Dodává se ve stejných průměrech jako fréza AUTO. Stejně tak je řešeno i upínání tohoto nástroje.

5.2. Pramet Tools

Firma Pramet Tools je největší tuzemský zpracovatel slinutého karbidu a nástrojů, na kterých jsou použity destičky z tohoto materiálu. Své výrobky dodává nejen do České republiky, ale i do jiných států jako je například Itálie, Belgie, Polsko, Německo, Brazílie, Indie, Rusko, atd. Firma byla založena roku 1951 v Šumperku kde má dodnes své hlavní sídlo.

Pramet Tools se zabývá výrobou nástrojů a to zejména do oblastí tváření a obrábění. Jako produkty v oblasti obrábění jsou firmou nabízeny nástroje pro soustružení, frézování a vrtání. Jako frézovací nástroje Pramet Tools nabízí frézy rovinné, stopkové, kopírovací, válčové a kotoučové. Tato bakalářská práce se bude zabývat nástroji z katalogu pro rok 2009 a to konkrétně rovinnými frézami, které jsou níže podrobněji popsány. (Tab. 2)

Tab. 2 Přehled rovinných fréz nabízených firmou Pramet Tools

Označení	Rozsah průměrů [mm]	κ_r [°]	γ_p [°]	γ_f [°]	Tvar VBD	z [1]	VBD [mm]	a_{pmax} [mm]
F90TB27X	140-260	90	9	-9	T	7-12	27	18
S90AD16E	40-160	90	10,5÷12	-3,8÷-8,2	C	3-10	16	13
S90AP10D	40-63	90	3	0	C	6-9	10	9
S90AP11D	50-80	90	3	0	C	7-11	11	9
S90AP15D	50-160	90	6	0	C	5-10	15	13
S90AP16D	40-160	90	6	0	C	4-10	16	14
S90SD12	50-160	90	8	-5	S	5-12	12	10
S90SO09	40-125	90	10	-8÷-9	S	5-12	9	8
W90SP25P	175-260	90	5	2	S	6-10	25	22
W90TP22D	100-160	90	5	0	T	5-9	22	18
S75AP11D	50-63	75	3	0	C	4-5	11	4
S75AP15D	63-100	75	6,5	0	C	4-6	15	6
W75SN12N	80-160	75	-8	-5	S	5-10	12	9
W75SP12D	80-315	75	7	0	S	5-22	12	9
W75SP15D	125-315	75	7	0	S	6-18	15	13
F60SB22X	125-315	60	9	-9	S	7-14	22	15
W60SP25P	125-315	60	9	-3	S	5-12	25	18
S45OD05D	48-133	45	7	0	O	4-10	5	7,3
S45OD06D	72,5-169,5	45	5	0	O R	5-9	6 15	8,6
S45SE09F	32-160	45	20	-5	S	4-14	9	4,5
S45SE12F	50-125	45	18	-6	S	4-7	12	6,5
S45SN12Z	40-250	45	7,5	-5,5	S	3-16	12	6,5
W45SE15F	125-250	45	18	-3	S	6-12	15	9
W45SE123F	63-250	45	18	-3	S	4-16	12	6,5

Vysvětlivky tabulky:

Označení: Označení frézy podle katalogu firmy Pramet Tools.

Rozsah průměrů: Rozmezí průměrů dané frézy v jakém je Pramet Tools dodává na trh.

Tvar destiček: Udává tvar destiček používaných na nástroji.

- S- Čtvercový tvar destičky
- C- Kosodélníkový tvar destičky
- O- Osmistěnný tvar destičky
- T- Trojúhelníkový tvar destičky
- R- Kruhový tvar destičky

κ_r : Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří.

γ_p : Nástrojový zadní úhel čela.

γ_f : Nástrojový boční úhel čela.

VBD: Délka ostří vyměnitelné břitové destičky.

a_{pmax} : Maximální doporučená hloubka řezu

z: Rozsah počtu destiček na daném typu nástroje.

Fréza **F90TB27X** je čelní fréza určená pro těžké hrubování. Firmou Pramet Tools je dodávána v průměrech 140, 175, 210 a 260 mm. Je určena především pro obrábění ocelí a litin.

Fréza **S90AD16E** je fréza do rohu a je vyráběna v průměrech 40, 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm. Z těchto je však fréza s průměrem 50 mm vyráběna buď se třemi nebo pěti zuby, fréza s průměrem 63 mm se čtyřmi nebo šesti zuby, fréza s průměrem 80 mm s pěti nebo sedmi zuby a fréza s průměrem 100 mm se šesti nebo osmi zuby.

Fréza **S90AP10D** je fréza do rohu. Vyrábí se ve třech průměrech nástroje a to 40, 50 a 63 mm. Tento nástroj je určen pro obrábění všech kovových materiálů kromě materiálů kalených.

Fréza **S90AP11D** je také fréza do rohu a také se vyrábí ve třech průměrech nástroje jako fréza S90AP10D. Průměry jsou ovšem 50, 63 a 80 mm. Nástroj je určen pro obrábění všech kovových materiálů kromě materiálů kalených.

Fréza **S90AP15D** je fréza do rohu. Firmou je na trh dodávána v průměrech 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm. Z toho je fréza o průměru 80 mm vyráběna buď s pěti nebo sedmi zuby a fréza o průměru 100 se šesti nebo osmi zuby. Frézou se dají obrábět všechny druhy kovových materiálů.

Fréza **S90AP16D** je opět fréza do rohu. Co se průměrů nástrojů a obráběných materiálů týče je s jednou výjimkou stejná jako fréza S90AP15D. Jediná odlišná věc mezi těmito frézami je ta, že fréza S90AP16D se vyrábí také průměru 40 mm.

Fréza **S90SD12** je fréza do rohu. Na trh je dodávána v průměrech 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm. Tento nástroj je určen pro hlavně pro obrábění ocelí a litin.

Fréza **S90SO09** je zase fréza do rohu. Pramet Tools ji vyrábí v průměrech 40, 50, 63, 80, 100 a 125 mm. Tato fréza je určena hlavně pro obrábění ocelí a litin.

Fréza **W90SP25P** je hrubovací fréza do rohu. Je vyráběna ve třech průměrech nástroje a to 175, 210 a 260 mm. Nástroj je určen pro obrábění ocelí a litin.

Fréza **W90TP22D** je fréza do rohu a je vyráběna ve třech průměrech 100, 125 a 160 mm. Tento nástroj je určen k obrábění ocelí a litin.

Fréza **S75AP11D** je čelní fréza, která se dodává ve dvou velikostech průměrů 50 a 63 mm. Fréza o průměru 50 mm má 4 zuby a fréza o průměru 63 mm má 5 zubů. Tento nástroj se hodí pro obrábění litin a ocelí.

Fréza **S75AP15D** je taktéž čelní fréza. Tato se však vyrábí ve třech velikostech průměru 63, 80 a 100 mm. Fréza **S75AP15D** je určena pro obrábění ocelí a litin.

Fréza **W75SN12N** je čelní fréza negativní. Vyrábí se v průměrech 80, 100, 125 a 160 mm. Hodí se pro obrábění litin, neželezných kovů a kalené oceli.

Fréza **W75SP12D** je čelní fréza pozitivní. Je dodávána na trh v průměrech 80, 100, 125, 160, 200, 250 a 315 mm. Tato fréza je určena pro obrábění ocelí a litin.

Fréza **W75SP15D** je taktéž čelní fréza pozitivní. Na trh je ovšem dodávána v průměrech 125, 160, 200, 250, a 315 mm. Stejně jako u předchozí frézy se tato fréza používá pro obrábění ocelí a litin.

Fréza **F60SB22X** je čelní fréza pro těžké hrubování. Pramet Tools ji vyrábí a dodává v průměrech 125, 160, 200, 250 a 315 mm. Tato fréza se hodí pro obrábění ocelí, litin a kalených ocelí.

Fréza **W60SP25P** je také čelní fréza pro těžké hrubování a je vyráběna v průměrech ve stejných průměrech jako fréza **F60SB22X**. Taktéž materiály, pro jejichž obrábění se fréza hodí, jsou shodné.

Fréza **S45OD05D** je čelní fréza, která je určena pro obrábění veškerých kovových materiálů, kromě neželezných kovů. Firmou je dodávána na trh v průměrech 48, 58, 71, 88, 108 a 133 mm.

Fréza **S45OD06D** je taktéž čelní fréza. U této se však mohou použít jak destičky osmihranného tvaru, tak destičky kruhového tvaru. Fréza je vyráběna v průměrech 72,5; 89,5; 109,5; 134,5 a 169,5 mm. Nástroj je určen pro obrábění veškerých kovových materiálů, kromě neželezných kovů.

Fréza **S45SE09F** je velmi pozitivní fréza, která se vyrábí v průměrech nástroje 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm. Nástroj je určen pro obrábění veškerých materiálů, kromě kalených ocelí.

Fréza **S45SE12F** je opět velmi pozitivní čelní fréza. Pramet Tools ji vyrábí v průměrech 50, 63, 80, 100 a 125 mm. Stejně jako fréza předcházející je i tato fréza určena k obrábění všech kovových materiálů, kromě kalených ocelí.

Fréza **S45SN12Z** je čelní fréza negativně pozitivní. Vyráběna je v průměrech 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm. Fréza se používá k obrábění veškerých kovových materiálů, kromě neželezných kovů.

Fréza **W45SE15F** je velmi pozitivní čelní fréza, která se vyrábí v průměrech 125, 160, 200 a 250 mm. Tento nástroj je určen především k obrábění veškerých kovových materiálů kromě kalených ocelí.

Fréza **W45SE123F** taktéž čelní fréza velmi pozitivní. Také materiály, pro jejichž obrábění je nástroj určen, je stejný jako u frézy **W45SE15F**. Nástroj je však vyráběn v průměrech 63, 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm.

5.3. Walter

Tato německá firma pochází z města Tübingen, které leží asi 200 km západně od Mnichova. Jedná se o jednu z nejvýznamnějších firem působících na německém trhu s řeznými nástroji. V nynější době má tato firma pobočky ve 34 zemích světa a zaměstnává více jak 16000 zaměstnanců. V České Republice má firma Walter svou pobočku v Kuřimi.

Její aktivity nespočívají jen ve výrobě řezných nástrojů, ale také se firma uplatňuje ve všeobecném strojírenství, automobilovém strojírenství, energetice ale také například v leteckém či kosmickém průmyslu. Co se frézovacích nástrojů týče, tak firma Walter má ve své nabídce stejné druhy frézovacích nástrojů, jako firmy předešlé. Pro tuto bakalářskou práci byly vybrány a podrobněji popsány z katalogu pro rok 2007 frézy rovinné a rohové. (Tab. 3)

Tab. 3 Přehled rovinných a rohových fréz firmy Walter

Označení	Rozsah Průměrů [mm]	κ_r [°]	Tvar VBD	z	VBD [mm]	a_{pmax} [mm]
F2010	70-315	15-90	S, O, C, L, R, T	5-18	6 12 13 16 26	4 6-11,7 13 8, 15 2
F2044	160-315	42	T	8-12	23 25	8 12
F2140	63-160	90	M	3-6	27	10
F2146	80-250	43	O	10-36	5	3
F2232	8-40	45	S	1-4	6 9 12	3 5 7
F2233	20-160	45	S	2-14	9 12	5 7
F2235	32-100	75	S	2-7	12	10
F2241	16-160	89,75	S	2-13	6 9 12	6 9 12
F2244	50-160	42	T	4-9	23	8
F2250	63-200	75 90	S	5-12	12	3 4
F2254	50-150	89	S	9-30	12	7
F2260	100-315	60	L	6-16	15 20	11 15
F2265	125-315	60	L	6-14	20 30	12 20
F2280	24-125	43	O	2-10	5	3
F3040	25-63	90	C	2-5	15 20	15 20
F4033	40-200	45	S	3-26	12	6,5
F4041	40-160	90	L	3-12	13	13

Tab. 3 - pokračování

Označení	Rozsah Průměrů [mm]	κ_r [°]	Tvar VBD	z	VBD [mm]	a_{pmax} [mm]
F4042	10-160	90	C	1-12	8	8
					12	11,7
					16	15
					18	16
F4047	40-200	75	S	3-22	12	8
F4048	40-200	88	S	3-22	12	10
F4080	40-160	43	O	3-9	6	4

Vysvětlivky tabulky:

Označení: Označení frézy podle katalogu firmy Walter.

Rozsah průměrů: Rozmezí průměrů dané frézy v jakém je Walter dodává na trh.

Tvar VBD: Udává tvar destiček používaných na nástroji.

- S- Čtvercový tvar destičky
- C- Kosodélníkový tvar destičky
- O- Osmistěnný tvar destičky
- T- Trojúhelníkový tvar destičky
- R- Kruhový tvar destičky
- M- Kosočtverečný tvar destičky.
- L- Obdélníkový tvar destičky.

κ_r : Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří.

VBD: Délka ostří vyměnitelné břitové destičky.

a_{pmax} : Maximální doporučená hloubka řezu

z: Rozsah počtu destiček na daném typu nástroje.

Frézy s označením **F2010** jsou frézy, vyráběny s různými destičkami i úhly κ_r . Frézy této řady, které jsou opatřeny čtvercovými destičkami, se dodávají s úhly κ_r 89,75°; 88°, 75° a 45°. Fréza s úhlem κ_r 89,75° se na trh dodává v průměrech 80, 100, 125, 160, 200, 250 a 315 mm. Délka ostří destičky používané u tohoto nástroje je 12 mm. Maximální doporučená hloubka řezu u tohoto nástroje je 11 mm. Nástroj s úhlem κ_r 88° se vyrábí v průměrech 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm. Maximální doporučená hloubka řezu tohoto nástroje je 10 mm a délka ostří destičky je 12 mm. Nástroj s úhlem κ_r 75° se vyrábí v průměrech ve stejných průměrech jako nástroj s úhlem κ_r 89,75°. Dokonce i destička je stejná, ale maximální doporučená hloubka řezu je 8 nebo 10 mm. Fréza s úhlem κ_r 45° je firmou Walter dodávána v průměrech 80, 100, 125, 160, 200, 250 a 315 mm. Délka ostří destičky, která se používá u těchto nástrojů, je 12 mm a maximální doporučená hloubka řezu se pohybuje mezi 6 a 7 mm.

Fréza, která je opatřena kosodélníkovými destičkami se dodává s úhlem κ_r 90° a v průměrech 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm. Délka ostří destičky je u těchto nástrojů buď 12, nebo 16 mm. Maximální doporučená hloubka řezu je 11,7, nebo 15 mm.

Fréza, která je opatřena trojúhelníkovou destičkou s délkou ostří 26 mm se vyrábí o průměrech 70, 90, 115, 150, 190 a 240mm a úhlem κ_r 15°. Maximální doporučená hloubka řezu tohoto nástroje jsou 2 mm.

Fréza, která je vybavena osmistěnnou destičkou o délce ostří 6 mm, je dodávána v průměrech 80, 100, 125, 160, 200, 250 a 315 mm. U tohoto nástroje jsou možné úhly κ_r 43° a 45°. Maximální doporučená hloubka řezu tohoto nástroje jsou 4 mm.

Fréza, která je vybavena obdélníkovou destičkou se vyrábí o průměrech nástroje 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm a s úhlem κ_r 90°. Délka ostří destičky je 13 mm a maximální doporučená hloubka řezu je 13mm.

Fréza, která je vybavena kruhovou destičkou o průměru 16mm, je na trh firmou Walter dodávána v průměrech 74, 94, 119, 154, 194 a 244 mm. Maximální doporučená hloubka řezu této frézy je 8 mm.

Fréza **F2044** je rovinná fréza v kazetovém provedení. Firma Walter ji vyrábí ve velikostech 160, 200, 250 a 315 mm. Je určena především pro obrábění ocelí a litin.

Fréza **F2140** je axiálně nastavitelná rohová fréza určená pro dokončování hliníku a měkkých kovů. Zvláštností tohoto nástroje je, že destičky jsou k jeho tělu upnuty tangenciálně. Tento nástroj je vyráběn v průměrech 63, 80, 100, 125 a 160 mm.

Fréza **F2146** je mnohozubá rovinná fréza, která má nastavitelné hladící břity. Vyrábí se v průměrech 80, 100, 125, 160, 200 a 250 mm. Fréza je určena pro vysokorychlostní obrábění litin.

Fréza **F2232** je rovinná fréza menších průměrů. Může být použita také pro srážení hran pod úhlem 45°. Je vyráběna v průměrech nástroje 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32 a 40 mm. Je určena k obrábění ocelí a litin.

Fréza **F2233** je rovinná fréza, která se dodává v průměrech 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm. Tento nástroj je určen pro obrábění všech kovových materiálů, které nejsou kalené.

Fréza **F2235** je rovinná fréza, která se hodí pro obrábění ocelí, litin a neželezných kovů. Firma Walter ji vyrábí v průměrech 32, 40, 50, 63, 80 a 100 mm.

Fréza **F2241** je rohová fréza. Vyrábí se o průměrech 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm. Tato fréza je určena pro obrábění ocelí, litin a neželezných kovů.

Fréza **F2244** je rovinná fréza s pevným lůžkem destičky a vyrábí se v průměrech 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm. Nástroj je určen k obrábění ocelí a litin.

Fréza **F2250** je axiálně nastavitelná rovinná fréza pro vysokorychlostní obrábění lehkých kovů. Na trh je dodávána ve třech průměrech 63, 80 a 100 mm.

Fréza **F2254** je rovinná i rohová fréza, ke které jsou destičky upnuty tangenciálně. Vyrábí se v průměrech nástroje 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm. Tento nástroj je určen k obrábění litin.

Fréza **F2260** je rovinná fréza pro těžké obrábění litin. Destičky jsou k tomuto nástroji opět upnuty tangenciálně a vyrábí se v průměrech 100, 125, 160, 200, 250 a 315mm.

Fréza **F2265** je rovinná fréza pro těžké obrábění ocelí s tangenciálním upínáním destiček k nástroji. Firmou je dodávána v průměrech 125, 160, 200, 250 a 315 mm.

Fréza **F2280** je rovinná fréza, která je vyráběna v průměrech 24, 32, 42, 44, 50, 55, 58, 63, 72, 80, 92, 100, 117 a 125 mm. Nástroj je určen k obrábění ocelí, litin, neželezných kovů a nerezavějících ocelí.

Fréza **F3040** je rohová fréza určená pro vysokorychlostní obrábění neželezných kovů. Je vyráběna v průměrech 25, 32, 40, 50 a 63 mm.

Fréza **F4033** je rovinná fréza, která je dodávána firmou Walter v průměrech 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 a 200 mm. Tímto nástrojem se obrábí oceli, litiny, nerezavějící oceli a těžko obrobitelné kovové materiály.

Fréza **F4041** je rohová fréza, která je určena pro vysokorychlostní obrábění stejných materiálů, jako fréza předešlá. Je dodávána v průměrech 40, 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm.

Fréza **F4042** je rohová fréza určená pro obrábění všech kovových materiálů kromě kalených ocelí. Vyrábí se v průměrech 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 a 160 mm.

Fréza **F4047** je rovinná fréza, která je dodávána v průměrech 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 a 200 mm. Touto frézou se obrábí oceli a litiny.

Fréza **F4048** je určena pro stejné materiály jako fréza předešlá a vyrábí se také ve stejných průměrech nástroje. Jediný rozdíl mezi těmito nástroji je v úhlu κ_r .

Fréza **F4080** je rovinná fréza. Na trh je dodávána v průměrech 40, 42, 50, 53, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 115, 125, 150 a 160 mm. Tento nástroj je určen pro obrábění všech kovových materiálů kromě kalených ocelí.

6. ZÁVĚR

Podle výše uvedených údajů je vidět, že pokud někdo potřebuje sehnat nějaký řezný nástroj, tak má opravdu z čeho vybírat. Pokud se jedná o obrábění ocelí a litin je na nynějším trhu možno vybírat z opravdu velkého množství nástrojů všemožných průměrů i řezných úhlů. Co se týče obrábění hliníků a neželezných kovů, tak je to slabší, ale pořád je z čeho vybírat. Proto nebudou vybrané firmy zabývající se výrobou řezných nástrojů hodnoceny podle množství nabízených produktů, protože toto množství je u všech firem obrovské. Budou pouze zmíněny nástroje, které jsou něčím odlišné od nabízených nástrojů jiných firem.

První speciální frézy jsou frézy s označením AUTO nabízené firmou Sandvik Coromant. Maximální průměr těchto fréz je 500 mm. Takto velké nástroje nenabízí ani jedna z jiných hodnocených firem. Ovšem u ostatních nástrojů nabízených touto firmou je maximální průměr nástroje nejvýše 250 mm. Oproti tomu firmy Pramet Tools a Walter nabízí své běžné rovinné frézy až do průměru nástroje 315 mm.

Další nástroje, které jsou nějak odlišné od jiných nabízených, jsou některé nástroje firmy Walter. Konkrétně jde o frézy s označením F2140, F2254, F2260 a F2265, na které se destičky upínají tangenciálně. Firma Pramet Tools ani firma Sandvik Coromant nemá ve svém sortimentu takovéto nástroje.

U nástrojů firmy Sandvik Coromant by stálo ještě za zmínku velké množství možností upnutí nástroje. Firma nabízí až 9 možností upnutí nástroje přičemž u každého nástroje je možno vybírat minimálně ze tří možností (kromě fréz AUTO, které se upínají buď na trn, nebo na nástrčnou konstrukci).

Co se zpracování katalogu týče, tak se projevily obrovské zkušenosti firmy Sandvik Coromant. Katalog je složen přehledně a věcně. Veškeré důležité informace o nástroji byly pěkně při sobě na jedné, maximálně dvou stranách. Tímto ovšem katalog neztrácel na úplnosti údajů a vše co bylo potřeba o nástroji vědět, se v katalogu dalo lehce nalézt. To se nedá říct o katalogu firmy Walter. Informace o nástrojích byly rozházeny po více stranách. Tudíž bylo potřeba hodně listovat, čímž katalog ztrácel na přehlednosti. Tímto ovšem není řečeno, že by katalog firmy Walter byl špatný. Pouze nedosahoval kvalit katalogu firmy Sandvik Coromant. Co se týče katalogu firmy Pramet Tools tak je srovnatelný s katalogem firmy Sandvik Coromant. Katalog je přehledný, vše co je o nástroji potřeba vědět je při sobě.

Co se týče dostupnosti nástrojů v České Republice tak by všechny firmy měly být schopny dodat nástroje maximálně do 48 hodin. Firma Pramet Tools je česká firma takže s dodávkou by neměl být nejmenší problém. Firma Sandvik Coromant má po České Republice taky slušnou síť prodejců a firma Walter má pobočku v Kuřimi.

7. POUŽITÁ LITERATURA

1. *Souhrnný katalog*. WALTER AG - WALTER CZ s.r.o., Kuřim, Česká republika. 2007.
2. SHNEIDER, G. *Applied Cutting Tool Engineering*. [online]. [cit. 30. března 2001]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.toolingandproduction.com>>.
3. PRAMET TOOLS, s.r.o., Šumperk, Česká republika. *Příručka obrábění 2004*. Marketing - DTP 11/2003.
4. AB SANDVIK COROMANT, Sandviken, Sweden. *Technická příručka*. C-2900:7. CZE01.
5. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o., *Katalog 2009 CZE-frézování*. Dostupné na World Wide Web: <http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/MC_2009_Click_CZE_D.pdf>.
6. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Upínání rotačních nástrojů. *MM Průmyslové spektrum - Speciální vydání*. Zář 2004. s. 70-83. ISSN 1212-2572.
7. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cutting – A Practical Handbook*. ISBN 91-97 22 99-4-6.
8. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. MM publishing s. r.o., Praha. 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
9. HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Technologie frézování. *MM Průmyslové spektrum - Speciální vydání*. Zář 2004. ISSN 1212-2572., s. 26-50.
10. HUMÁR, A. *Technologie I - Technologie obrábění - 1. část*. Studijní opory. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2003. [online]. Dostupné na World Wide Web: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf>.
11. HUMÁR, A. *Technologie I - Základní metody obrábění - 1. část*. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2004. [online]. Dostupné na World Wide Web: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf>.
12. PRAMET TOOLS, s.r.o., Šumperk, Česká republika. *Frézování / Frézovanie*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/Milling%202009%20CZ%20prog.pdf>>.
13. M&V, spol. s r.o., Vsetín, Česká Republika. *Nástroje pro frézování*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://katalog.mav.cz/categories.php?rozb=3702>>.
14. CNC Invest group, s.r.o., Praha 10, Česká Republika. *Výroba medicínských implantátů na strojích OKUMA*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.cnc-invest.cz/cnc/clanky.php?id=106>>.
15. DVOŘÁK, R., KLOCOVÁ, E. Zkušenosti Made in Siemens v aplikacích firmy Tajmac-ZPS. *MM Průmyslové spektrum*. 2008, č. 5. s. 20-22. ISSN 1212-2572.
16. AMBROŽ, P. Moderní systémy pro upínání stopkových nástrojů. *MM Průmyslové spektrum*. 2006, č. 6. s. 36-37. ISSN 1212-2572.

8. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1. Stavebnicová konstrukce frézovacích nástrojů
- Příloha 2. Označení fréz a břitových destiček