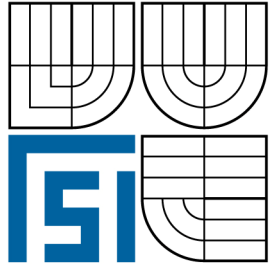




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NOVÉ MODERNÍ NÁSTROJE PRO FRÉZOVÁNÍ

NEW ADVANCED MILLING TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR DOČEKAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Doc. Ing. ANTON HUMÁR, CSc

BRNO 2009

Zadání

Licenční smlouva

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na frézování a jejich nástroje. V první části jsou popsány základní údaje pro frézování, které jsou nezbytné pro stanovení rezných podmínek a druhu frézování, a kde je popsán způsob rozdělení a označení frézovacích nástrojů. Další část práce je zaměřena na sortiment frézovacích nástrojů vybraných třech druhů firem a to na rovinné frézy firmy WALTER AG, Sandvik Coromant, Pramet Tools, s.r.o. V poslední části jsou popisovány doporučené oblasti pro použití frézovacích nástrojů již jmenovaných firem.

Klíčová slova

Frézování, nástroje pro frézování, rovinné frézování, rezné podmínky.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the subject of milling and relevant devices. The first part introduces the essential data about milling, the information necessary for specification of the cutting conditions and the form of milling. It also provides the description of types and labelling of milling machines. The second section centres on the milling device assortment of three companies, specifically on slab mills by WALTER AG, Sandvik Coromant, Pramet Tools, s.r.o. The final part of the thesis comments upon the recommended usage scope of the machinery produced by the companies mentioned above.

Key words

Milling, milling devices, slab milling, cutting conditions

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOČEKAL, P. *Nové moderní nástroje pro frézování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 35 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Anton Humár, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Nové moderní nástroje pro frézování 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

Abstrakt	4
Prohlášení	5
Poděkování	6
Obsah	7
1 Základní údaje pro frézování	9
1.1 Sousledné a nesousledné frézování	10
1.2 Nástrojové úhly	11
1.3 Základní rozdělení fréz	13
1.4 Způsob označování fréz	14
2 Frézovací nástroje	15
2.1 Frézovací nástroje firmy Pramet	15
2.2 Frézovací nástroje firmy Sandvik Coromant	18
2.3 Frézovací nástroje firmy WALTER	20
3 Doporučené oblasti a pracovní podmínky pro efektivní využití nových moderních nástrojů	23
3.1 Sandvik Coromant	23
3.2 Walter	25
3.3 Pramet	28
4 Technicko – ekonomické hodnocení	32
Závěr	33
Seznam použité literatury	34
Seznam použitých zkratk a symbolů	35

Úvod

Frézování patří v dnešní době společně se soustružením k nejrozšířenějším způsobům obrábění kovů. Dnešní frézovací stroje jsou vybaveny řídicími systémy, díky kterým může frézování nahradit v některých operacích soustružení. Díky tomu je možno obrábět i velice tvarově složité plochy, jako jsou např. kovací zápustky apod.

Pro dosažení složitě tvarových ploch a dobré jakosti povrchu je zapotřebí vybrat vhodný nástroj, který je určen pro daný materiál a frézovací operaci.

Frézovací nástroje jsou ve většině případů značně složité a drahé. Vyšší cena je způsobena nejen složitostí a přesností jejich tvarů a tedy náročností na jejich výrobu, ale i z důvodů užití speciálních řezných materiálů. Při správné volbě a použití však tyto nástroje umožňují velmi efektivně obrábět, díky čemuž se jejich pořizovací náklady zejména při sériové a hromadné výrobě mnohonásobně vrátí.

Nabídka frézovacích nástrojů je v dnešní době velmi rozsáhlá. Nejčastěji užívané jsou nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami ze speciálních řezných materiálů. Široký sortiment řezných materiálů, které jsou k dispozici, je výsledkem jejich dlouholetého vývoje. Je totiž potřeba efektivně obrábět konstrukční materiály o značně rozdílných vlastnostech a různých materiálem proto musí být vhodně přizpůsobeny i nástroje.

Toto široké uplatnění a možnost přesné výroby zařadily frézování na významné místo ve strojírenské výrobě. Frézování velkými řeznými rychlostmi ve většině případů umožňuje produktivnější a hospodárnější odebrání materiálu než při obrábění jednobřítými nástroji jako například hoblováním nebo obrážením. V některých zvláště složitých případech je frézování jediným možným způsobem obrábění.

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE PRO FRÉZOVÁNÍ

Frézování je třísková operace při které koná hlavní pohyb otáčivý pohyb nástroje a vedlejší pohyb posun obrobku. Při frézování se používají frézovací nástroje, které jsou dvou a vícebřité. Nástroje jsou vyráběny ve velkém rozmezí řezných průměrů s určitým počtem zubů. Pro optimální využití nástroje musíme znát určité základní údaje jako je např. řezná rychlost apod.

Otáčky vřetene n [min^{-1}] – je to počet otáček za minutu, které koná fréza, upnutá na vřeteni. Tato hodnota je vztažná ke stroji.¹

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (\text{min}^{-1}) \quad (1)$$

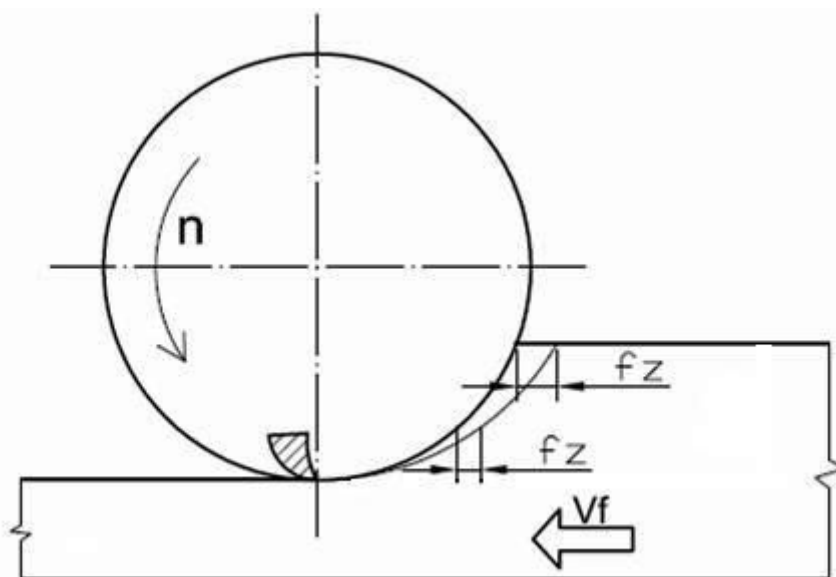
Řezná rychlost v_c ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) – označuje obvodovou rychlost, jakou opracovává břit obrobek. Jedná se o důležitou veličinu, vztahující se k nástroji, která je součástí řezných podmínek a která zajišťuje, že obrábění daným nástrojem bude probíhat co nejúčinněji.¹

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (\text{m} \cdot \text{min}^{-1}) \quad (2)$$

Posuv na zub f_z (mm) – při frézování je důležitou klíčovou hodnotou. Protože fréza je vícebřitý nástroj, musí existovat hodnota, jejíž pomocí je možné zajistit, aby každý břit obráběl za nejlepších možných podmínek. Výkon každého jednotlivého zubu určuje mez výkonnosti nástroje. Posuv na zub odpovídá dráze, kterou urazí fréza v průběhu záběru jednoho zubu.¹

Posuv na otáčku f_n [mm] – má velký význam pro výpočet posuvu a pro určení schopnosti frézy při obrábění na čisto. Označuje délku dráhy, kterou urazil nástroj za jednu otáčku.¹

$$f_n = f_z \cdot z \quad (\text{mm}) \quad (3)$$



Obr.1 Posuv na zub při válcovém frézování

Rychlost posuvu v_f ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$) – odpovídá relativní rychlosti mezi osou nástroje obrobkem. Označuje délku dráhy, kterou urazil nástroj za jednu minutu. ¹

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z \quad (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}) \quad (4)$$

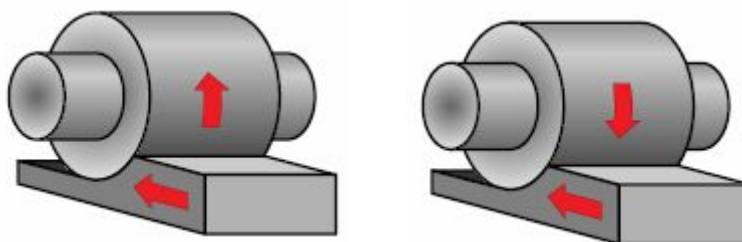
Šířka frézované plochy, respektive radiální hloubka řezu (a_e) – určuje při rovinném frézování čelní frézou, jakou částí průměru obrábí nástroj plochu obrobku. ¹

Šířka záběru ostří, respektive axiální hloubka řezu (a_p) – určuje při rovinném frézování čelní frézou, jakou maximální hloubkou záběru může fréza obrábět. Ovlivňuje podstatně objem odebraného materiálu. ¹

Objem odebraného materiálu za jednotku času (V) – vypočítá se ze součinu hloubky řezu, šířky řezu a dráhy, kterou urazí nástroj za určitou časovou jednotku. ¹

1.1 Sousedné a nesousedné frézování

Při frézování nástroj rotuje, zatím co se obrobek pohybuje proti nástroji. Existují dva způsoby jak obrábět a to buď sousledné, nebo nesousledné frézování. O sousledném frézování mluvíme tehdy, pokud se obrobek pohybuje stejným směrem jako se otáčí fréza, zatím co nesousledné frézování se pohybuje proti směru otáček frézy. Při nesousledné frézování vznikají v okamžiku záběru břit do obrobku velké řezné síly, které vyvolávají silný tlak mezi obrobkem a frézou. Břit je prakticky odtlačován ze záběru. Vznikají zde síly, které zvedají obrobek směrem vzhůru; to vyžaduje velmi stabilní upnutí. Při sousledném frézování přichází břit do záběru náhle. Obrábění začíná velkou tloušťkou třísky. Tím dochází k rázovému namáhání břitu, nevzniká však kluzný efekt, jak je tomu při nesousledném frézování. Velká tloušťka třísky se projevuje příznivě a řezné síly mají tendenci přitlačovat obrobek ke stolu frézy. ¹



Obr.2. Nesousledné a sousledné frézování válcovou frézou ²

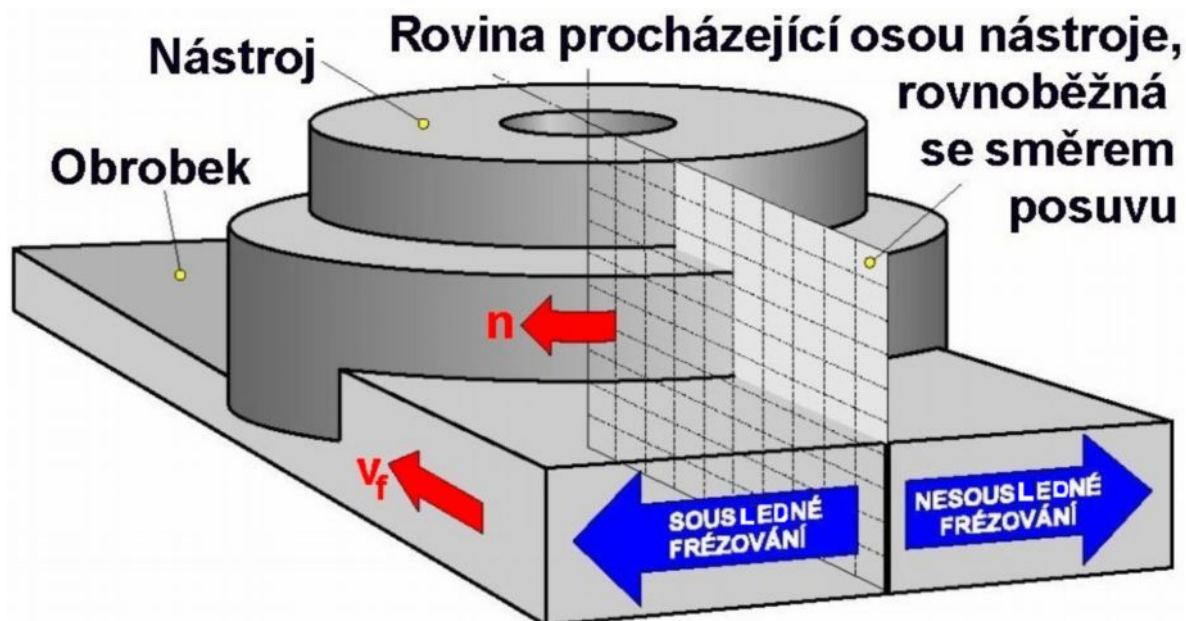
Výhody sousledného frézování: ⁶

- vyšší trvanlivost břitu, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů,
- menší potřebný řezný výkon,
- řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu, tak že lze použít jednodušších upínacích přípravků,
- menší sklon ke kmitání,
- obvykle menší sklon k tvoření nárůstku,
- menší drsnost obrobeného povrchu.

Výhody nesousledného frézování: ⁶

- trvanlivost nástroje nezávisí na okujích, písčitém povrchu obrobku apod.,
- není zapotřebí vymezování vůle mezi posunovým šroubem a maticí stolu stroje,
- menší opotřebení šroubu a matice
- záběr zubů frézy při jejich vřezávání nezávisí na hloubce řezu.

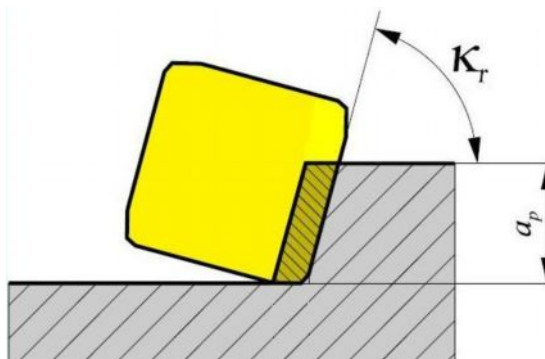
Při obrábění čelní frézou pracuje vždy nástroj po část jedné otáčky v podmínkách sousledného a nesousledného frézování současně.



Obr.3. Nesousledné a sousledné frézování čelní frézou ²

1.2 Nástrojové úhly

Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří (K_r) – je to úhel mezi obráběnou plochou a pracovní rovinou hlavního ostří. Čím je menší, tím tenčí je utvářená tříška a zabírá větší délku břitu, což umožňuje zvýšení posuvu na zub, ale malou hloubku řezu. ²



Obr.4. Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří ²

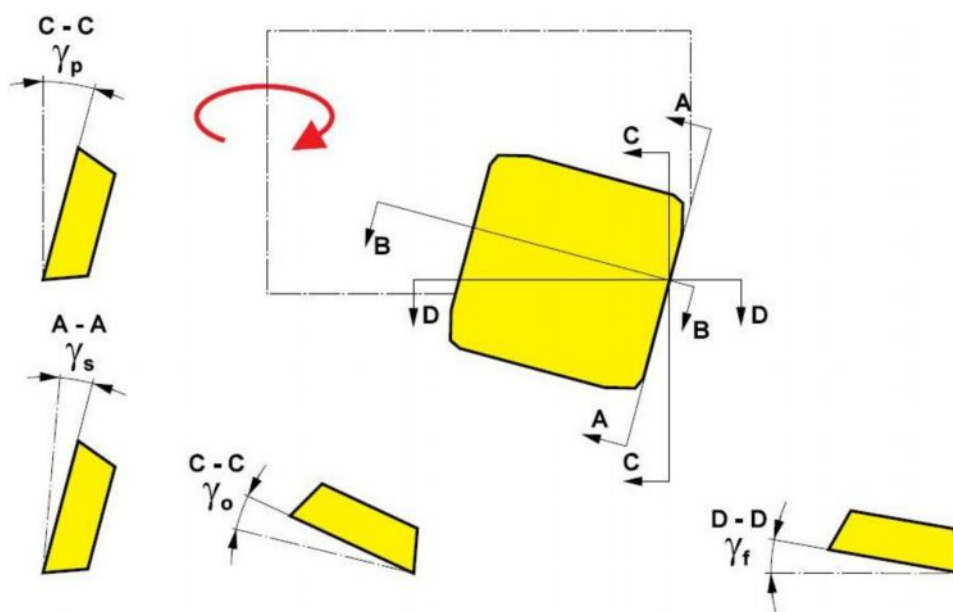
Při frézování se používají převážně tyto úhly nastavení hlavního ostří (K_r): ²

- $K_r = 90^\circ$ resp. 87° - pro frézování do rohu.

- $K_r = 75^\circ$ - používá se nejčastěji pro rovinné frézování – umožňuje efektivní hrubování i dokončování při příznivějším využití příkonu hnacího motoru stroje.
- $K_r = 60^\circ$ - pro hrubovací frézy.
- $K_r = 45^\circ$ - rozkládá zatížení na větší délku řezné hrany, což umožňuje použití vyšších posuvů a tím zvýšení výkonu frézování.

Nástrojový úhel sklonu ostří (λ_s) – ovlivňuje způsob jakým vniká hlavní ostří břítu do materiálu a rovněž směr, kterým odcházejí třísky.²

Nástrojový ortogonální úhel čela (γ_o) – ovlivňuje řezné síly a tím i potřebný příkon stroje.²



Obr.5. Nástrojové úhly čela¹

Nástrojový zadní úhel čela (γ_p), nástrojový boční úhel čela (γ_f) – tyto úhly určují typ frézy a ve spojení s příslušným úhlem nastavení hlavního ostří určují také funkční pracovní úhly, které vyžadují různé frézovací nástroje²

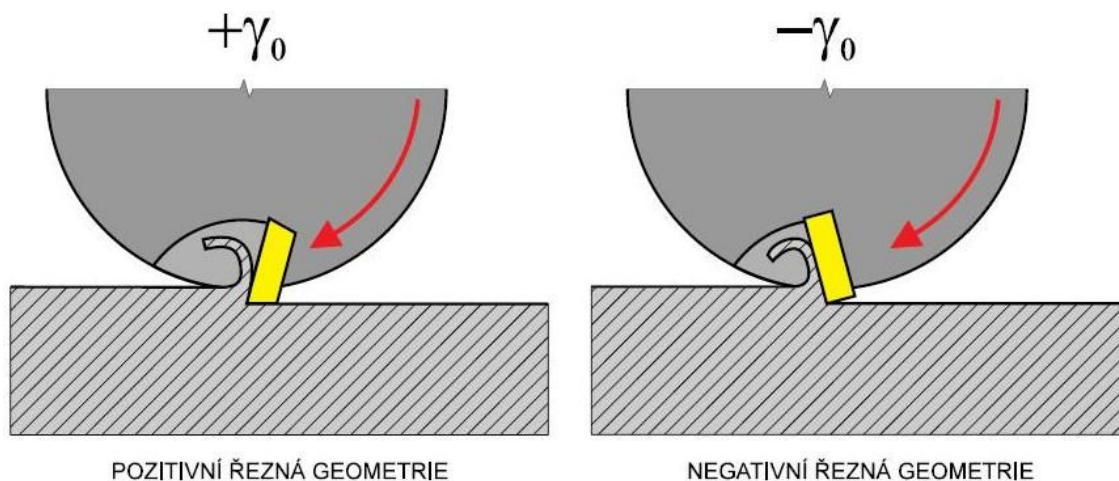
Geometrie frézovacích nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami podle nástrojového ortogonálního úhlu čela (γ_o)²

Geometrie negativní (obr.5)- výhodou je využití řezných hran břitových destiček, které jsou oboustranné. Používá se zejména při frézování materiálů vysoké tvrdosti, zušlechťených ocelí, tvrzené a šedé litiny. Dále pak pro obrábění s velmi těžkými záběrovými podmínkami a obecně tam, kde je požadována vysoká pevnost břítu. Nevýhodou je požadavek na vyšší příkon hnacího motoru stroje a stabilitu stroje i obrobkem.

Geometrie pozitivní (obr.5) - Při obrábění tímto typem nástrojů vznikají menší řezné síly, což má příznivý vliv na potřebný příkon hnacího motoru stroje. Tvar vznikající třísky je převážně spirálový na snadněji se odvádí ze zubové mezery nástroje. Další výhodou je možnost použití nástrojů s touto geometrií u málo tuhých nestabilních obrobků a na frézkách s nízkým výkonem hnacího motoru.

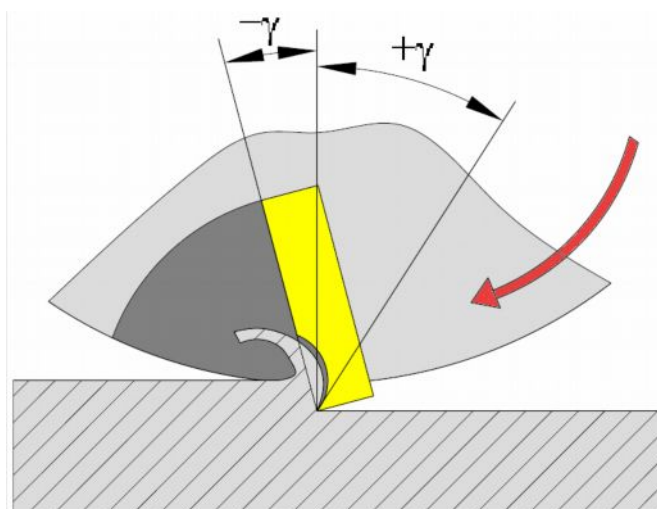
Geometrie negativně pozitivní - tato skupina nástrojů zahrnuje frézy, které jsou charakterizovány pozitivním axiálním úhlem čela γ_p a nulovým nebo negativním

radiálním úhlem čela γ_f . Potřebný příkon hnacího motoru stroje je vyšší než u pozitivní geometrie a menší než u geometrie negativní. Tento typ nástrojů je vhodný zejména pro obrábění většími posuvy při větších hloubkách řezu. Pozitivní úhel γ_p napomáhá lepšímu odvodu třísky a nulový nebo negativní úhel γ_f zvyšuje pevnost břitu.



Obr.6. Negativní a pozitivní úhly čela ²

I když máme frézu s geometrií negativní, může se stát, že když bude malý pozitivní úhel tak nám utvářec třísky na vyměnitelné břitové destičce změni geometrii pozitivní na geometrii negativní (viz. obr. 7).



Obr.7. Změna úhlu negativního na pozitivní

1.3 Základní rozdělení fréz

Frézy lze v závislosti na jejich technologickém uplatnění třídit do skupin podle jednotlivých hledisek.⁶

1) Z hlediska umístění zubů

- válcové
- čelní
- válcové – čelní

- kotoučové
 - zvláštní – např.: drážkovací, úhlová, rádiusová, modulová
- 2) Podle upínání
 - stopkové (válcová nebo kuželová stopka)
 - nástrčné
 - 3) Podle počtu dílců
 - celistvé
 - stavebnicové
 - s vloženými noži
 - s vyměnitelnými břitovými destičkami
 - 4) Podle tvaru břitu
 - s přímými zuby
 - šikmými
 - šroubovitými
 - střídavými
 - 5) Podle počtu zubů
 - hrubozubé
 - polohrubozubé
 - jemnozubé
 - 6) Podle provedení zubů
 - se zuby frézovanými
 - se zuby podsoustruženými
 - lité zuby
 - 7) Podle smyslu otáček
 - pravořezné
 - levořezné
 - 8) Podle materiálu zubů
 - z rychlořezných ocelí
 - ze slinutých karbidů
 - z fernetů
 - z řezné keramiky
 - z polykrystalického kubického nitridu bóru
 - z polykrystalického diamantu

1.4 Způsob označování fréz

Frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou označovány podle normy ISO 11529-2. Toto označení používá převážná část výrobců nástrojů a nástrojových materiálů.⁷

Příklad označení nástrčných fréz dle ISO

1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11
160	H	05	N		F	90	T	P	16	P	22
250	C	16	R	–	W	45	S	E	12	F	

- 1 – Řezný průměr (mm)
- 2 – Typ frézy, druh a velikost upínání
- 3 – Pracovní počet ostří
- 4 – Směr řezu
- 5 – Způsob upínání VBD
- 6 – Úhel nastavení hlavního ostří
- 7 – Tvar destičky
- 8 – Úhel hřbetu VBD
- 9 – Velikost destičky
- 10 – Úhel hřbetu fazetky
- 11 – Délka břitu

Příklad označení stopkových fréz dle ISO

1	1a	3	4	2a	3a	4a		5	7	8	9 (11)
63	J	4	R	150	H	50	–	S	SA	P	95
32	A	3	R	040	B	32		S	A	D	12

- 1a – Typ frézy a úhel nastavení
 2a – Délka vyložení
 3a – Typ upínací stopky
 4a – Velikost stopky

2 FRÉZOVACÍ NÁSTROJE

Frézovací nástroje v dnešní době vyrábí ne jeden výrobce. Mezi největší světové producenty nástrojů patří např.: Garant, Iscar, Kennametal, Mitsubitshi, Pramet, Walter, Sandvik, Seco a spousta dalších, proto je práce zaměřena pouze na firmy Pramet, Sandvik a Walter. Tyto výrobci nabízejí velké množství nástrojů pro různé operace a proto je práce zaměřena v další části pouze na rovinné čelní frézování a frézování do rohu.

2.1 Frézovací nástroje firmy Pramet

Rovinné frézy firmy Pramet jsou vyráběny jako nástrčné pravořezné frézy s nástrojovým úhlem nastavení hlavního ostří $K_r = 90^\circ, 75^\circ, 60^\circ$ a 45° . Dodávány jsou v průměrech $D = 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250$, a 315 mm. Podle typu frézy s možným počtem zubů $z = 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18$ a 22 . S použitím vyměnitelných břitových destiček čtvercového, kosodelníkového, oktagonového nebo trojúhelníkového tvaru a to s upínáním na šroub nebo pomocí upínacího klínu. Břítové destičky jsou vyráběny v rozměrech $5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 22$ a 25 mm s nástrojovými úhly hřbetu $0^\circ, 11^\circ, 15^\circ, 18^\circ$ a 20° .³

Tyto frézy se rozdělují podle označení:³

- S90AP11D – o následujících průměrech D a počtech zubů z : D [mm]/ $z = 50/7, 63/9, 80/11$; nástrojové úhly $K_r = 90^\circ, \gamma_p = +3^\circ, \gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 11 mm; šířka záběru ostří $a_p = 9$ mm.
- S90AP15D – D [mm]/ $z = 50/5, 63/6, 80/5, 7, 100/6, 8, 125/9, 160/10$; $K_r = 90^\circ, \gamma_p = +6^\circ, \gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 15 mm; $a_p = 13$ mm.

- S90AP10D — D [mm]/z = 40/6, 50/7, 63/9; $K_r = 90^\circ$, $\gamma_p = +3^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 10 mm; $a_p = 9$ mm.
- S90AP16D — D [mm]/z = 40/4, 50/5, 63/6, 80/5,7, 100/6,8, 125/9, 160,10; $K_r = 90^\circ$, $\gamma_p = +6^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 16 mm; $a_p = 14$ mm.
- S90SO09 — D [mm]/z = 40/5, 50/6, 63/7, 80/9, 100/10, 125/12; $K_r = 90^\circ$, $\gamma_p = +10^\circ$, $\gamma_f = -8^\circ \div -9^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 9 mm; $a_p = 8$ mm.
- S90SD12 — D [mm]/z = 50/5, 63/6, 80/6, 100/8, 125/9, 16/12; $K_r = 90^\circ$, $\gamma_p = +8^\circ$, $\gamma_f = -5^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 12 mm; $a_p = 10$ mm.

Obr. 8. Frézovací nástroje firmy Pramet³

- S45SE09F — D [mm]/z = 32/4, 40/4, 50/5, 63/6, 80/8, 100/10, 125/12, 160/14; $K_r = 45^\circ$, $\gamma_p = +20^\circ$, $\gamma_f = -5^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 9 mm; $a_p = 4.5$ mm.
- S45SE12F — D [mm]/z = 50/4, 63/5, 80/5, 100/6, 125/7; $K_r = 45^\circ$, $\gamma_p = +18^\circ$, $\gamma_f = -6^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 12 mm; $a_p = 6,5$ mm.
- S45SN12Z — D [mm]/z = 40/3, 50/4, 63/5, 80/6, 100/7, 125/8, 160/10, 200/12, 250/16; $K_r = 45^\circ$, $\gamma_p = +7^\circ$, $\gamma_f = -5^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 12 mm; $a_p = 6,5$ mm.
- S45OD05D — D [mm]/z = 40/4, 50/5, 63/6, 80/7, 100/8, 125/10; $K_r = 45^\circ$, $\gamma_p = +7^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 12,7 mm; $a_p = 7,3$ mm.
- S45OD06D — D [mm]/z = 63/5, 80/6, 100/7, 125/8, 160/9; $K_r = 45^\circ$, $\gamma_p = +5^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 15,8 mm; $a_p = 8,6$ mm.

Tab. 1. Přehled rovinných fréz firmy PRAMET ³

Označení frézy	Nástroj				Břitové destičky			
	Řezný průměr [mm]	Počet břitů	Způsob upínání VBD	Úhel nastavení [°]	Tvar	Velikost [mm]	Úhel hřbetu [°]	
S90AP__D	40,50,63,80,100,125,160	4,5,6,7,8,9,10,11	Šroubem	90	kosodelnikový	10,11,15,16	11	
S90SD__	40,50,63,80,100,125	5,6,7,9,10,12		90	čtvercový	09,12	15,18	
S45SE__F	32,40,50,63,80,100,125,160	4,5,6,7,8,10,12,14		45	čtvercový	09,12	20	
S45SN12Z	40,50,63,80,100,125,160,200,250	3,4,5,6,7,8,10,12,16		45	čtvercový	12	20	
S45OD__D	40,50,63,80,100,125,160	4,5,6,7,8,9,10	Šroubem	45	oktagonová	05,06	11,15	
S75AP__D	50,63,80,100	4,5,6		75	kosodelnikový	11,15	11	
W45SE__F	63,80,100,125,160,200,250	4,5,6,8,10,12,16	Upínacím klínem	45	čtvercový	12,15	20	
W75SP__D	80,100,125,160,200,250,315	5,6,7,8,9,10,14,18,22		75	čtvercový	12,15	11	
W75SN12N	80,100,125,160	5,7,9,10		75	čtvercový	12	0	
W90TP22D	100,125,160	5,7,9		90	trojúhelníkový	22	11	
W60SP25P	125,160,200,250,315	7,8,10,12,14	Upínacím klínem	60	čtvercový	25	11	
W90SP25P	125,160,200,250,315	5,6,8,10,12		90	čtvercový	25	11	

- S75AP11D – D [mm]/z = 50/4, 63/5; $K_r = 75^\circ$, $\gamma_p = +3^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 11 mm; $a_p = 4$ mm.
- S75AP15D – D [mm]/z = 63/4, 80/5, 100/6; $K_r = 75^\circ$, $\gamma_p = +3^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 15 mm; $a_p = 6$ mm.

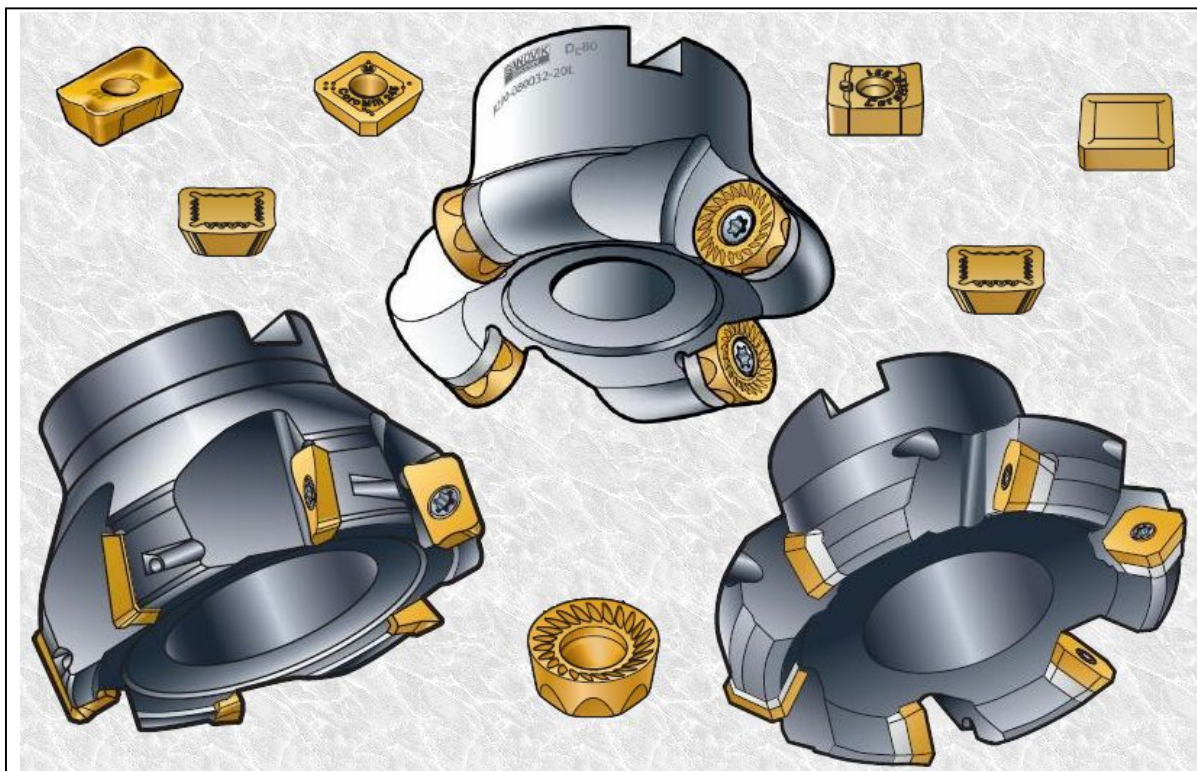
- W45SE123F – D [mm]/z = 63/4, 80/5, 100/6, 125/8, 160/10, 200/12, 250/16; $K_r = 45^\circ$, $\gamma_p = +18^\circ$, $\gamma_f = -3^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 12 mm; $a_p = 6,5$ mm.
- W45SE15F – D [mm]/z = 125/6, 160/8, 200/10, 250/12; $K_r = 45^\circ$, $\gamma_p = +18^\circ$, $\gamma_f = -3^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 15 mm; $a_p = 9$ mm.
- W75SP12D – D [mm]/z = 80/5, 100/7, 125/9, 160/10, 200/14, 250/18, 315/22; $K_r = 75^\circ$, $\gamma_p = +7^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 12 mm; $a_p = 9$ mm.
- W75SP15D – D [mm]/z = 125/6, 160/8, 200/10, 250/14, 315/18; $K_r = 75^\circ$, $\gamma_p = +7^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 15 mm; $a_p = 13$ mm.
- W75SN12N – D [mm]/z = 80/5, 100/7, 125/9, 160/10; $K_r = 75^\circ$, $\gamma_p = -8^\circ$, $\gamma_f = -5^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 12 mm; $a_p = 9$ mm.
- W90TP22D – D [mm]/z = 100/5, 125/7, 160/9; $K_r = 90^\circ$, $\gamma_p = +5^\circ$, $\gamma_f = 0^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 22 mm; $a_p = 18$ mm.
- W60SP25P – D [mm]/z = 125/5, 160/6, 200/8, 250/10, 315/12; $K_r = 60^\circ$, $\gamma_p = +9^\circ$, $\gamma_f = -3^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 25 mm; $a_p = 18$ mm.
- W90SP25P – D [mm]/z = 175/6, 210/8, 260/10; $K_r = 90^\circ$, $\gamma_p = +5^\circ$, $\gamma_f = +2^\circ$; velikost vyměnitelných břitových destiček 25 mm; $a_p = 22$ mm.

2.2 Frézovací nástroje firmy Sandvik Coromant

Rovinné frézy firmy Sandvik jsou vyráběny jako nástrčné s upínáním na trn a to buď pravořezné nebo levořezné. Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří $K_r = 10^\circ, 45^\circ, 90^\circ$. Dodávají se v průměrech $D = 40, 50, 52,63, 80, 100, 125, 160, 200, 250$ mm s počtem zubů $z = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 24$. Tvar vyměnitelných břitových destiček je čtvercový, kosodelníkový nebo kruhový, podle typu frézy. Vyměnitelné břitové destičky jsou dodávány ve velikostech 9, 11, 12, 14, 16, 17, 18, a 20 mm s nástrojovými úhly hřbetu $7^\circ, 11^\circ, 15^\circ, 18^\circ, 29^\circ$.⁴

Tyto frézy se rozdělují podle označení:⁴

- CoroMill 245 – dodávána v průměrech D s počtem zubů z : D [mm]/z = 50/4, 63/5, 80/6, 100/7, 125/8, 160/10, 200/12, 250/14; nástrojový úhel nastavení hlavního ostří $K_r = 45^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 12 nebo 18 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 6$ a 10 mm.
- CoroMill Century (pro obrábění neželezných kovů, litin a tvrzené oceli) – D [mm]/z = 50/4, 63/5, 80/6, 100/6, 125/8, 160/10, 200/16; $K_r = 90^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 11 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 10$ mm.
- CoroMill 290 – D [mm]/z = 50/4, 63/5, 80/6, 100/7, 125/8, 160/12, 200/16, 250/18; $K_r = 90^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 12 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 10,7$ mm.

Obr.9. Frézovací nástroje firmy Sandvik Coromant ⁴Tab. 2. Přehled rovinných fréz firmy SANDVIK Coromant ⁴

Nástroj				Břitové destičky		
Označení frézy	Řezný průměr [mm]	Počet břitů	Úhel nastavení [°]	Tvar	Velikost [mm]	Úhel hřbetu [°]
245	50,63,80,100, 125,160,200, 250	3,4,5,6,7, 8,10,12, 14,16,20, 24	45	čtvercový	12,18	29
Century	50,63,80,100, 125,160,200	4,5,6,8, 10,16	90	čtvercový	11	
290	50,63,80,100, 125,160,200, 250	3,4,5,6,7, 8,10,12, 15,16,18	90	čtvercový	12	18
390	40,50,63,80,100, 125,160,200	2,3,4,5,6, 7,8,10, 11,2	90	kosodel- níkový	11,17,18	11
790	50	4	90	kosodel- níkový	16	
210	50,63,80,100,	4,5,6,7	10	čtvercový	9,14	7
300	40,50,52,63,80, 100,125	3,4,5,6,7, 8,10,12		kruhový	8,12,16	15
200	50,52,63,80, 100,125,160	3,4,5,6,8		kruhový	12,16,20	7

- CoroMill 390 – D [mm]/z = 50/4, 63/5, 80/6, 100/7, 125/8, 160/12; $K_r = 90^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 17 nebo 18 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 15,4$ a 15,7 mm.
- CoroMill 790 – D [mm]/z = 50/4; $K_r = 90^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 16 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 12$ mm.
- CoroMill 210 – D [mm]/z = 50/4, 63/4,5, 80/5, 100/6; $K_r = 10^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 9 nebo 14 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 8$ a 13 mm.
- CoroMill 300 – D [mm]/z = 40/5, 50/4, 63/5, 80/6, 100/6, 125/8 (jde pouze o nepravidelnou rozteč zubů); $K_r = R$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 8, 12 nebo 16 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 4, 6$ a 8 mm.
- CoroMill 200 – D [mm]/z = 80/4, 100/6, 125/6, 160/8; $K_r = R$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 20 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 10$ mm.

2.3 Frézovací nástroje firmy Walter

Rovinné frézy firmy Walter jsou vyráběny jako nástrčné pravořezné frézy s nástrojovým úhlem nastavení hlavního ostří $K_r = 90^\circ, 75^\circ, 60^\circ, 45^\circ$ a 42° . Dodávány jsou v průměrech $D = 32, 40, 50, 52, 63, 66, 80, 85, 100, 125, 160, 200, 250$ a 315 mm. Podle typu frézy s možným počtem zubů $z = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 20$. Tvar vyměnitelných břitových destiček je čtvercový, kosodelníkový, trojúhelníkový nebo oktagonový podle typu frézy. Vyměnitelné břitové destičky jsou dodávány ve velikostech 6,75, 8, 9,5, 10,5, 12, 12,7, 14, 15, 16 a 18 mm s nástrojovými úhly hřbetu $0^\circ, 11^\circ, 14^\circ, 15^\circ$.⁵

Tyto frézy jsou rozdělovány podle označení:⁵

- F 2044 – dodávána v průměrech D s počtem zubů z : D [mm]/z = 160/8, 200/10, 250/10, 315/12; nástrojový úhel nastavení hlavního ostří $K_r = 42^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 15 nebo 18 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 8$ a 12 mm.
- F 2244 – D [mm]/z = 50/4, 63/5, 80/6, 100/7, 125/8, 160/9; $K_r = 42^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 15 nebo 18 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 8$ mm.
- F 2233 – D [mm]/z = 32/3,4,5, 40/3,4,6, 50/4,5,8, 63/5,6,10, 80/6,7,12, 100/7,8,14, 125/8, 160/9; $K_r = 45^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 9,5 nebo 12,7 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 5$ a 7 mm.
- F 2235 – D [mm]/z = 32/2, 40/3,50/4, 63/5, 80/6, 100/7; $K_r = 75^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 12,7 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 10$ mm.
- F 2250 – D [mm]/z = 63/5, 80/6, 100/7, 125/8, 160/10, 200/12; $K_r = 90^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 12,7 mm s maximální hloubkou řezu $a_p = 9$ a 15 mm.
- F 2260 – D [mm]/z = 100/6, 125/6,8, 160/8,10, 200/10,12, 250/12,14, 315/14,16; $K_r = 60^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 14 nebo 16 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 11$ a 15 mm.

- F 2265 – D [mm]/z = 125/6, 160/8, 200/8,10, 250/10,12, 315/12,14; $K_r = 60^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 15 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 12$ a 20 mm.
- F 2280 – D [mm]/z = 50/3,4, 63/4,5,6, 80/5,6,7, 100/5,6,7,8, 125/6,7,8,10, 160/7,9; $K_r = 42^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 12,7 nebo 15,88 mm s maximální hloubkou řezu $a_p = 8$ a 10 mm.
- F 2330 – D [mm]/z = 52/3, 66/4, 85/5; $K_r = 0^\circ - 15^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 10,5 nebo 12,7 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 1, 1,5$ a 2 mm.
- F 4033 – D [mm]/z = 50/4,6, 63/6,8, 80/7,10, 100/8,12, 125/10,16,160/12,20; $K_r = 45^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 12,7 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 6,5$ mm.
- F 3042 – D [mm]/z = 32/3, 40/3,4,6, 50/3,5,7, 63/4,5,6,8, 80/5,6,7, 100/5,7,8, 125/6,8,10, 160/7,10,12; $K_r = 90^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 6,75 nebo 9,52 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 9, 15$ a 18 mm.
- F 4042 – D [mm]/z = 40/3,4,5,6, 50/3,4,5,6,7, 63/4,5,6,7, 80/5,6,7,8, 100/5,8, 125/7,10, 160/8,12; $K_r = 90^\circ$; velikost vyměnitelné břitové destičky je 8, 12 nebo 16 mm s maximální šířkou záběru ostří $a_p = 8, 11,7$ a 15 mm.

Obr.10. Frézovací nástroje firmy Walter ⁵

Tab. 3. Přehled rovinných fréz firmy Walter ⁵

Označení frézy	Nástroj				Břitové destičky			
	Řezný průměr [mm]	Počet břitů	Úhel nastavení [°]	Tvar	Velikost [mm]	Úhel hřbetu [°]		
F 2044	160,200,250,315	8,10,12	42	trojúhelníkový	15,18	0		
F 2244	50,63,80,100,125,160	4,5,6,7,8,9	42	trojúhelníkový	15,18	0		
F 2233	32,40,50,63,80,100,125,160	3,4,5,6,7,8,9,10,12,14	45	čtvercový	9,5;12,7	11,15		
F 2235	50,63,80,100	4,5,6,7	75	čtvercový	12,7	11		
F 2250	63,80,100,125,160,200	5,6,7,8,10,12	90	čtvercový	12,7	11,		
F 2260	100,125,160,200,250,315	6,8,10,12,14,16	60	kosodelníkový	14,16	0		
F 2265	125,160,200,250,315	6,8,10,12,14	60	kosodelníkový	15	0		
F 2280	50,63,80,100,125,160	4,5,6,7,8,9,10	42	oktagonový	12,7;15,88	11,15		
F 2330	52,66,85	3,4,5	0 - 15	trojúhelníkový	10,5;12,7	11,14		
F 4033	50,63,80,100,125,160	4,6,7,8,10,12,16,20	45	čtvercová	12,7	0		
F 3042	32,40,50,63,80,100,125,160	3,4,5,6,7,8,10,12	90	kosodelníkový	6,75;9,52	11		
F 4042	40,50,63,80,100,125,160	3,4,5,6,7,8,10,12	90	kosodelníkový	8,12,16	15		

3 DOPORUČENÉ OBLASTI A PRACOVNÍ PODMÍNKY PRO EFEKTIVNÍ VYUŽITÍ NOVÝCH MODERNÍCH NÁSTROJŮ

Při volbě nástroje a počátečních řezných podmínek je jednou z nejdůležitější věcí správná identifikace obráběného materiálu. Pro zjednodušení rozdělujeme obráběné materiály v souladu s normou ISO 513 do šesti základních skupin v nichž jsou sdruženy materiály, které vyvolávají kvalitativně stejný typ zatížení břitu a tudíž vyvolávají i podobný typ opotřebení.

Materiál dle ISO 513 je dělen na: oceli (P), korozivzdorné oceli (M), litiny (K), slitiny hliníku a mědi (N), žáruvzdorné superslitiny (S) a tvrzené oceli a zvláště tvrdé oceli (H). Další část bakalářské práce je zaměřena pouze na první tři skupiny nepoužívanějších materiálů a to na P, M a K.

3.1 Sandvik Coromant

Sandvik Coromant vyrábí několik řezných materiálů, které rozdělují do dvou tříd, a to na základní a doplňkové. Základní třídy jsou rozdílné v tom, že mají větší rozsah využití při frézování určitého materiálu.

Popis základních tříd SK firmy Sandvik⁴

a) Určené pro oceli (P)

GC4030 - povlakovaný SK pro lehké až těžké frézování, nelegovaných a nízkolegovaných ocelí s tvrdostí do HB 300 při středních až vysokých řezných rychlostech

GC4040 – povlakovaný SK pro frézování ocelí náročné na houževnatost. Je také velmi vhodný pro výrobu malých sérií různorodých materiálů. Funguje dobře jak s chlazením tak bez chlazení.

GC1025 – SK s PVD povlakem pro lehké až střední frézování ocelí. Ve spojení s obvodově broušenými VBD je to první volba pro materiály snadno ulpívající na břitu jako jsou nízkouhlíkové oceli.

SM30 – SK bez povlaku pro střední až hrubé frézování. Dobrá spolehlivost břitů při obrábění tvrdých materiálů a při nestabilních pracovních podmínkách.

GC4020 – povlakovaný SK pro lehké až hrubé frézování při zvýšených teplotách. Pro největší produktivitu.

CT530 – cermet pro lehké frézovací operace, hlavně bez chlazení. Vysoká odolnost proti plastické deformaci, ulpívání mat na břitech a tvorbě nálitku na ostří z ní činí vhodný materiál pro široký rozsah řezných rychlostí. Ideální pro hladící VBD.

b) Určené pro korozivzdorné oceli (M)

GC2030 – SK s PVD povlakem pro frézování korozivzdorných ocelí (zejména astenických). Ve spojení s pozitivní geometrií vhodná i pro žáruvzdorné materiály a titan.

GC2040 – povlakovaný SK pro frézování korozivzdorných ocelí se sklonem k abrazi, např. odlitků, feriticko-martenzitických korozivzdorných ocelí a precipitačně vytvrzených ocelí při středních řezných rychlostech.

c) Určené pro litiny (K)

GC3020 – povlakovaný SK pro střední až hrubé frézování Šedé litiny především za sucha. Dlouhá předvídatelná trvanlivost bříty nástroje.

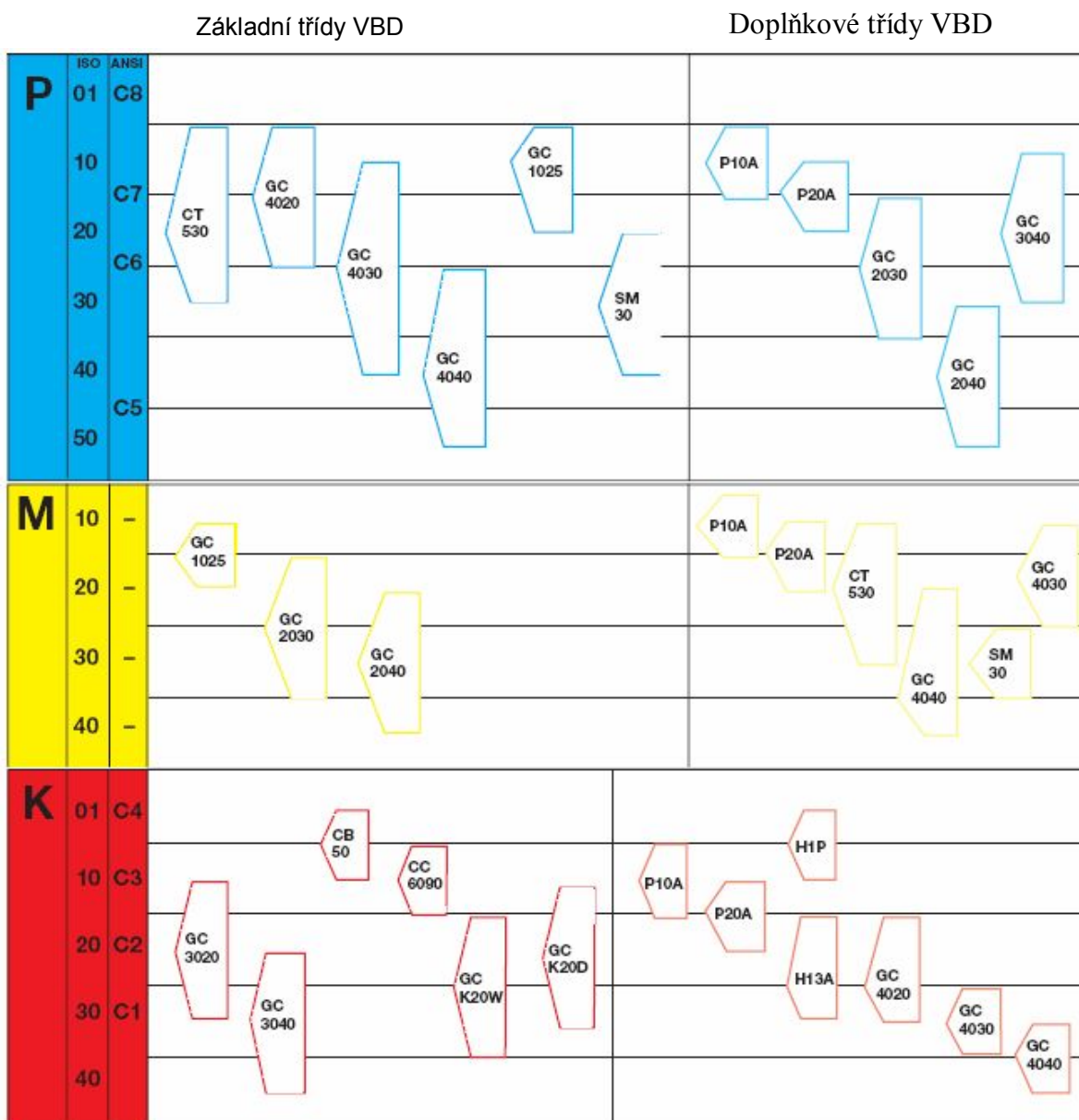
GC3040 – povlakovaný SK pro frézování litiny náročné na houževnatost, za mokra nebo litin s vysokou pevností v tahu. Dlouhá a předvídatelná trvanlivost bříty nástroje při nízkých až středních rezných rychlostech.

CB50 – SK osazený kubickým nitridem bóru, který zajišťuje vysokou houževnatost bříty v kombinaci s dobrou odolností proti opotřebení.

K20W – povlakovaný SK pro frézování šedé litiny za mokra.

K20D - Sk s vícevrstevným MTCVD povlakem pro střední až hrubé frézování litin. Obvykle bez přívodu chladiva. Dlouhodobá životnost, dlouhá trvanlivost

Tab. 4. Zařazení SK firmy Sandvik podle frézovaného materiálu⁴



Tab. 5. Doporučené řezné rychlosti k vybraným řezným materiálům (Sandvik)⁴

ISO	Materiál	HB	530	1025	4020	4030	4040	SM30	
			v_c (m·min ⁻¹) *						
P	Nelegované C = 0,1÷0,25% C = 0,25÷0,55% C = 0,55÷0,80%	125	350	255	405	300	255	230	
		150	315	230	360	270	230	205	
		170	300	215	340	255	215	195	
	Nízkolegované Nezušlechtěné Kalené a popouštěné	175	245	180	285	210	180	160	
		300	150	105	170	125	105	95	
	Vysokolegované Žíhané Zušlechtěná nástr. oceli	200	185	135	245	160	135	120	
		300	135	100	155	115	100	90	
	M	Materiál	HB	1025	2030	2040			
				v_c (m·min ⁻¹) *					
Feritické/austenitické Nezušlechtěné Precipitačně vytvrzené Zušlechtěné		200	180	175	190				
		330	130	120	130				
		330	135	125	140				
Astenické Nezušlechtěné Precipitačně vytvrzené		200	180	170	160				
		330	125	120	125				
Astenicko - feritické Nesvařitelné ≥0,05%C Svařitelné ≤0,05%C		230	145	140	135				
		260	125	12	110				
K		Materiál	HB	CB50	3020	3040	K20W		
	v_c (m·min ⁻¹) *								
	Temperované litiny Feritické Perlitické	130		220	195	210			
		230		180	165	170			
	Šedé litiny Nízká pevnost v tahu Vysoká pevnost v tahu	180	620	240	215	240			
		245	665	190	170	180			
	Tvárné litiny Feritické Perlitické	160		150	135	140			
		250	360	140	125	130			

- pro $h_{ex} = 0,2$ mm

3.2 WALTER

Firma WALTER doporučuje pro své řezné materiály určité použití pro daný materiál. Toto použití je udáváno jako hlavní, ale řezný materiál je doporučován ještě dále a to jako další použití, např. materiál WAP 25 je pro hlavní použití na oceli a další použití na litiny.

Tab. 6. Zařazení SK firmy Walter podle frézovaného materiálu ⁵

ISO	01	10	20	30	40	50
P				WAP 25 WKP 25		
					WAP 35 WKP 35 WTP 35	
						WXP 45
M						
K						

Rozdělení SK firmy Walter ⁵

1) povlakované – povlakování CVD – WAP 25, WKP 25, WAP 35, WKP 35, WTP35, WAK 15, WAK 25.
– povlakování PVD – WXP 45, WXM 35.

2) nepovlakované – WPM, WKM, WSN 10, WCB 80.

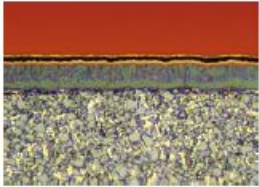

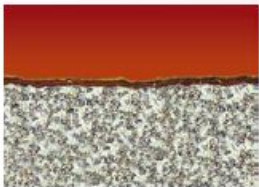

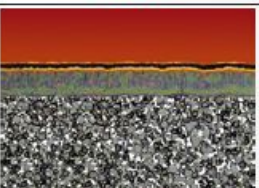

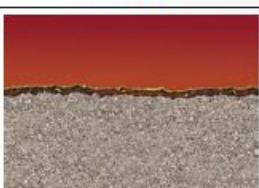

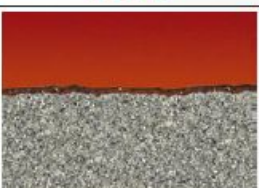



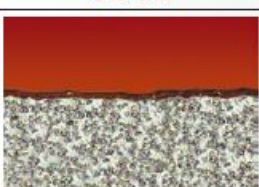
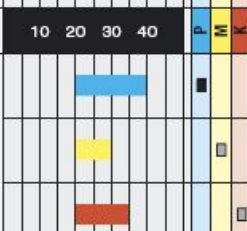
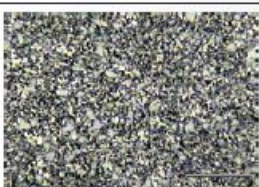


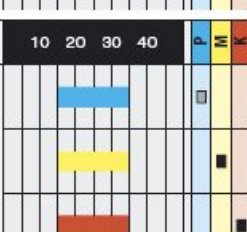

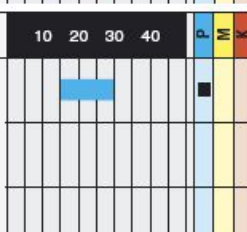




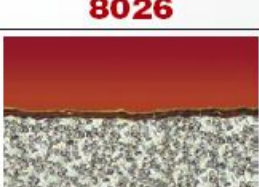



Tab. 7. Doporučené řezné rychlosti k vybraným řezným materiálům (Walter) ⁵

ISO	Materiál	HB	WAP	WKP	WAK	WKP	WTP	WXP	
			25	25	35	35	35	45	
			v_c (m·min ⁻¹) **						
P	Nelegované Cca 0,15% C žíhané	125	250	290	220	250	170	190	
	Cca 0,45% C žíhané	190	220	260	190	220	145	160	
	Cca 0,45% C zušlechtěné	250	200	240	165	195	120	130	
	Cca 0,75% C žíhané	270	190	230	155	180	110	120	
	Cca 0,75% C zušlechtěné	300	180	220	140	160	100	110	
	Nízkolegované Žíhané	180	230	260	195	220	145	160	
	Zušlechtěné	275	190	220	150	180	110	120	
	Zušlechtěné	300	180	210	140	170	100	110	
	Vysokolegované Žíhané	200	120	140	110	130	85	95	
	Kalené a popouštěné	325	90	110	70	80	50	55	
M	Materiál	HB	WXM 35						
				v_c (m·min ⁻¹) *					
	Austenické, kalené	180	120						
K	Materiál	HB	WAK 15	WAK 25	WKM	WSN 10			
				v_c (m·min ⁻¹) *					
	Temperované litiny								
	Feritické	130	300	250	80	830			
	Perlitické	230	200	170	70	500			
	Šedé litiny								
	Perlitické/feritické	180	380	320	80	1100			
Perlitické (martenzitické)	260	220	180	70	660				
Tvárné litiny									
Feritické	160	260	220	70	660				
Perlitické	250	180	150	60	400				

** pro $a_e / D_c = 1 / 2$

3.3 Pramet

Tab. 8. Zařazení SK firmy Pramet podle frézovaného materiálu³

<p>5026</p>  	<p>8026T</p>  
<p>5040</p>  	<p>8040</p>  
<p>7010</p>  	<p>H10</p>  
<p>7025</p>  	<p>HF7</p>  
<p>7040</p>  	<p>S26</p>  
<p>8016</p>  	<p>S30</p>  
<p>8026</p>  	<p>S45</p>  

■ - hlavní oblast použití □ - další použití □ - podmíněné použití

Popis řezných materiálů firmy Pramet³***Povlakované***

5026 – substrát bez kubických karbidů (typ H), tenký povlak nanesený metodou MTCVD, určen zejména pro VBD s úhlem bříty blízkým 90°, střední až vyšší průřezy třísek, vysoké řezné rychlosti.

5040 – substrát s kubickými karbidy (typ S), tenký povlak nanesený metodou MTCVD, určen pro kopírovací frézování, střední průřezy třísek, nižší a střední řezné rychlosti.

7010 – jemnozrnný substrát bez kubických karbidů (typ H) s velmi nízkým obsahem kobaltu, multivrstevnatý nanostrukturní povlak s vysokým obsahem Al nanesený metodou PVD, pro operace charakterizované vysokou tepelnou zátěží, velmi univerzální, malé a střední průřezy třísek, vysoké řezné rychlosti.

7025 – substrát s vysokým obsahem kubických karbidů (typ S), multivrstevnatý nanostrukturní povlak s vysokým obsahem Al nanesený metodou PVD, střední a vyšší posuvy, střední až vysoké řezné rychlosti.

7040 – substrát bez kubických karbidů (typ H), multivrstevnatý nanostrukturní povlak s vysokým obsahem Al nanesený metodou PVD, kombinuje dobrou otěru vzdornost spolu s dobrou provozní spolehlivostí, velmi univerzální, střední řezné rychlosti.

8016 – vysoce otěruvzdorný, submikronový substrát bez kubických karbidů (typ H) s nízkým obsahem kobaltu, nanostrukturní povlak nanesený metodou PVD, pro operace charakterizované vysokou tepelnou zátěží, velmi univerzální, malé až střední průřezy třísek, vysoké řezné rychlosti.

8026 – substrát bez kubických karbidů, nanostrukturní povlak nanesený metodou PVD, kombinuje dobrou otěru vzdornost spolu s dobrou provozní spolehlivostí, velmi univerzální, střední řezné rychlosti.

8040 – velice houževnatý, submikronový substrát bez kubických karbidů (typ H) s vysokým obsahem kobaltu, nanostrukturní povlak nanesený metodou PVD, pro operace charakterizované vysokou zátěží bříty, nízké až střední rychlosti.

Nepovlakované

HF7 – submikronový substrát bez kubických karbidů (typ H) s nízkým obsahem kobaltu, velmi univerzální, malé až střední průřezy třísek.

H10 – materiál substrát bez kubických karbidů (typ H) s nízkým obsahem kobaltu, velmi univerzální, malé až střední průřezy třísek

S26 – materiál s vysokým obsahem kubických karbidů (typ S), střední a vyšší posuvy, střední řezné rychlosti.

S30 – materiál s kubickými karbidy (typ S), střední a vyšší posuvy, nízké řezné rychlosti.

S45 – materiál s vysokým obsahem kobaltu a kubickými karbidy (typ S), střední a vyšší posuvy, nízké řezné rychlosti.

Tab. 9. Volba řezné rychlosti v_{cx} v závislosti na posuvu f_z a typu nástroje ³

P						
Typ nástroje	K_r	Doporučné rozmezí posuvů f_z	v_{cx} (m·min ⁻¹)			
			5026	8026	8040	S26
W75SN12N	75	0,1÷0,3	315	220		
W45SE__F	45	0,15÷0,4	300	220	200	145
W60SP25P	60	0,12÷0,35	300	220	200	145
W75SP__D	75	0,1÷0,3	300	220	200	145
W90SP25P	90	0,1÷0,25	300	220	200	145
S45SE__F S45SO__D	45	0,15÷0,4	300	220	200	145
S90AP__D S90SO9 S90SD12	90	0,1÷0,3	300	220	200	
W90TP22	90	0,1÷0,25	270	200	180	

M					
Typ nástroje	K_r	Doporučné rozmezí posuvů f_z	v_{cx} (m·min ⁻¹)		
			5026	8026	8040
W75SN12N	75	0,1÷0,3	185	110	100
W45SE__F	45	0,15÷0,4	180	110	100
W60SP25P	60	0,12÷0,35	180	110	100
W75SP__D	75	0,1÷0,3	180	110	100
W90SP25P	90	0,1÷0,25	180	110	100
S45SE__F S45SO__D	45	0,15÷0,4	180	110	100
S90AP__D S90SO9 S90SD12	90	0,1÷0,3	180	110	100
W90TP22	90	0,1÷0,25	160	100	90

K					
Typ nástroje	K_r	Doporučné rozmezí posuvů f_z	v_{cx} (m·min ⁻¹)		
			5026	8026	8040
W75SN12N	75	0,1÷0,3	430	240	235
W45SE__F	45	0,15÷0,4	415	240	235
W60SP25P	60	0,12÷0,35	420	240	235
W75SP__D	75	0,1÷0,3	430	240	235
W90SP25P	90	0,1÷0,25	440	240	235
S45SE__F S45SO__D	45	0,15÷0,4	415	240	235
S90AP__D S90SO9 S90SD12	90	0,1÷0,3	440	240	235
W90TP22	90	0,1÷0,25	405	220	215

Řeznou rychlost v_c spočítáme ze vztahu:

$$v_c = v_{cx} \cdot k_{VX} \cdot k_{VT} \cdot k_{VHB} \quad (6)$$

kde:

v_c – počáteční řezná rychlost s ohledem na typ nástroje.

k_{vX} – korekční součinitel.

k_{vT} – korekce na trvanlivost.

K_{vHB} – korekce na tvrdost

Tab. 10. Korekce pro počítání řezné rychlosti

KOREKCE	
KOREKČNÍ SOUČINITEĽ k_{vX} KOREKČNÝ SÚČINITEĽ k_{vX}	
Kůra výkovku a odlihtu Kõravýkovku a odlihtu	0,70 ÷ 0,90
Dobrý stav stroje Dobrý stav stroja	1,05 ÷ 1,20
Špatný stav stroje Zlý stav stroja	0,80 ÷ 0,95
KOREKCE NA TRVANLIVOST KOREKCIA NA TRVANLIVOSŤ	
T_{min}	k_{vT}
15	1,23
20	1,13
30	1,00
45	0,89
60	0,81
90	0,72
KOREKCE NA TVRDOST KOREKCE NA TVRDOSŤ	
HB	k_{vHB}
120	1,18
140	1,12
160	1,05
180	1,00
200	0,95
220	0,9
240	0,86
260	0,82
280	0,80
300	0,77

4 Technicko – ekonomické hodnocení

Díky tomu, že v dnešní době je mnoho výrobců frézovacích nástrojů, kteří mají většinou stejné označení nástrojů, není problém vybrat si nástroj na konkrétní operaci a na konkrétní druh frézování. Naopak je výhodné mít možnost výběru nástrojů v katalogích různých výrobců, kteří mají nabídku do jisté míry podobnou, díky čemuž se snaží nabízet úměrně s cenami jejich produktů jejich nejlepší možná konstrukční řešení.

V sortimentu světových i domácích producentů frézovacích nástrojů jsou mezi jednotlivými výrobci jisté rozdíly. U třech vybraných výrobců, u kterých byla sledována nabídka čelních rovinných fréz a fréz do rohu, jsou rozdíly zřetelné v tabulkách v kapitole 2. Přesto je možné u všech tří výrobců najít konkrétní nástroj pro danou operaci.

Každý výrobce nástrojů, však doporučuje určité řezné podmínky a jejich oblasti využití, které jsou uvedeny v kapitole 3. Není však možnost srovnávání jejich doporučených řezných podmínek, jelikož by se museli zahrnout parametry jako je např. tuhost stroje na kterém by se daná operace prováděla, výkon stroje, rozmezí posuvů a otáček a stabilita frézovaného obrobku.

Závěr

Cílem této práce bylo charakterizovat frézovací nástroje z hlediska konstrukce, nástrojových materiálů, způsobu označení a užití. Dále posoudit jaký je sortiment u nevýznamnějších světových i domácích producentů frézovacích nástrojů, což nebylo z zcela možné kvůli velice rozsáhlému sortimentu a mnoha výrobců frézovacích nástrojů. Jako další cíl bylo posoudit doporučené oblasti a pracovní podmínky pro efektivní využití frézovacích nástrojů, což také nebylo zcela možné jak je to zdůvodněno v předchozí kapitole.

Výsledkem této práce je poznatek, že výběru vhodného nástroje je potřeba věnovat větší pozornost. Není zde však možné porovnat který výrobce má lepší nabídku nástrojů. Přínosem této práce je, že poskytuje určitý přehled nabízených vybraných druhů frézovacích nástrojů a tím umožňuje lepší orientaci při jejich výběru.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK s.r.o. Příručka obrábění – Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Science, s.r.o., 1997. 857 s. Přel. Z: Modern Metal Cuttig – A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. PRAMET TOOLS. *Příručka obrábění* [online]. 2004 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/prirucka_cz.pdf>.
3. PRAMET TOOLS, s.r.o., ČR. Katalog – Frézování 2008. [online]. [cit. 2009-5-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.pramet.com/download/katalog/Milling%202008%20CZ.zip>>
4. AB SANDVIK COROMANT, Švédsko. Main catalogue 2006. [online]. [cit. 2009-5-10]. Dostupné z WWW: <http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/CoroKey_2006.pdf>
5. WALTER AG. *General Catalogue* [online]. [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <http://ww2.walter-ag.de/scripts/wgate/walter_pcat/!/?~language=EN&ostre=WBAU1_E&~okcode=START>.
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 z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory/zakl_met_obr_1.pdf>.
7. LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. Strojírenské tabulky. 3. vyd. Praha: Science, s.r.o., 2000, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
n	ot·min ⁻¹	Otáčky vřetene
v _c	m·min ⁻¹	Řezná rychlost
v _f	mm·min ⁻¹	Rychlost posuvu
f _n	mm	Posuv za minutu
f _z	mm	Posuv na zub
a _e	mm	Šířka frézované plochy
a _p	mm	Šířka záběru ostří
K _r	°	Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří
λ _s	°	Nástrojový úhel sklonu ostří
γ _o	°	Nástrojový ortogonální úhel čela
γ _p	°	Nástrojový zadní úhel čela
γ _f	°	Nástrojový boční úhel čela
D	mm	Řezný průměr
z		Počet zubů frézy

