

Výroba nástrojů na obrábění kompozitů

Pavel Kubík

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel KUBÍK**
Osobní číslo: **T08621**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Výroba nástrojů na obrábění kompozitů**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte studii na dané téma**
- 2. Vypracujte návrh nástroje**
- 3. Provedte zpracování technické dokumentace pro výrobu nástroje**
- 4. Zdůvodněte zvolené technologie pro výrobu nástroje**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Knedlová
Fakulta technologická

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2011

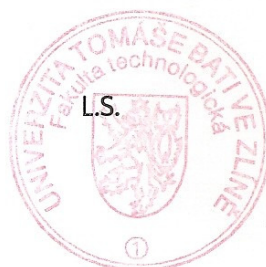
Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2011

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Moje bakalářská práce se zabývá výrobou nástroje obráběcího kompozit. Nástrojem je fréza na obrábění dřeva s mechanicky upnutými řeznými destičkami. Práce obsahuje veškeré body ve výrobě této frézy od samotného návrhu frézy, až k vyrobené fréze připravené k dodání zákazníkovi.

Klíčová slova:

Frézování, Fréza, Řezná destička, Obrábění, Profil, Broušení, Tělo

ABSTRACT

My bachelor work is concerned with production of composite cutting tools. The tool is a milling cutter for cutting wood with mechanically clamped cutting plates. The work contains all the points in the production of milling cutters from the proposal itself, made up of the mill ready for delivery to the customer.

Keywords:

Milling, Cutter, Cutting plate, Cutting, Profile, Grinding, Body

Poděkování, motto

Mé poděkování patří firmě VYDONA, s.r.o která mi umožnila získání veškerých informací a materiálů potřebných k zhotovení mé bakalářské práce, všem jejím zaměstnancům a hlavně Ing. Jiřímu Sedláčkovi za pomoc a konzultace při řešení celé bakalářské práce. Dále mé poděkování patří paní Ing. Janě Knedlové za ochotu a správné vedení při konzultacích.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZÁKLADNÍ METODY TRŽSKOVÉHO OBRÁBĚNÍ	12
2 SOUSTRUŽENÍ	13
3 VRTÁNÍ A VYVRTÁVÁNÍ	14
4 HOBLOVÁNÍ A OBRÁŽENÍ	15
5 PROTAHOVÁNÍ A PROTLAČOVÁNÍ	16
6 FRÉZOVÁNÍ	17
6.1 NESOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ	18
6.2 SOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ	19
6.3 ČELNÍ FRÉZOVÁNÍ	20
6.4 ŘEZNÉ PODMÍNKY	20
6.5 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY FRÉZOVÁNÍ	25
6.6 UPÍNÁNÍ FRÉZ A OBROBKŮ	27
6.7 FRÉZOVACÍ STROJE	29
6.8 CHARAKTERISTICKÉ FRÉZOVACÍ TECHNOLOGIE	31
6.9 FRÉZOVACÍ NÁSTROJE	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
7 NÁVRH FRÉZY	40
7.1 POČET ZUBŮ A JEJICH ÚHLY	41
7.2 ŘEZNÉ PODMÍNKY	43
7.3 TVAR A MATERIÁL TĚLA	45
7.4 MATERIÁL A TVAR ŘEZNÝCH DESTIČEK	46
7.5 UPNUTÍ ŘEZNÝCH DESTIČEK	47
7.6 POMOCNÝ DRÁŽKOVACÍ NŮŽ	48
8 TECHNICKÁ DOKUMENTACE	49
9 ZVOLENÉ TECHNOLOGIE	50
10 STRUČNÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP	52
11 VÝROBA FRÉZY POMOCÍ ZVOLENÝCH TECHNOLOGIÍ	54

11.1	DĚLENÍ MATERIÁLU.....	54
11.2	SOUSTRUŽENÍ TĚLA	55
11.3	FRÉZOVÁNÍ TĚLA.....	56
11.4	FRÉZOVÁNÍ A BROUŠENÍ KLÍNŮ	58
11.5	VÝROBA DRÁŽKOVACÍCH NOŽŮ	60
11.6	VÝROBA POLOTOVARU ŘEZNÝCH DESTIČEK	64
11.7	OPTICKÁ KONTROLA DOSEDNUTÍ DESTIČEK.....	65
11.8	ALKALICKÉ ČERNĚNÍ.....	65
11.9	BROUŠENÍ PROFILU ŘEZNÉ DESTIČKY.....	67
11.10	VYLASEROVÁNÍ OZNAČENÍ.....	68
11.11	ZKOMPLETOVÁNÍ SESTAVY.....	70
12	VÝSTUPNÍ KONTROLA	71
	ZÁVĚR	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	75
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
	SEZNAM TABULEK.....	81
	SEZNAM PŘÍLOH.....	82

ÚVOD

V dnešní době jsou kompozitní materiály jedny z nejvíce používaných materiálů. Nacházejí své využití v různých odvětvích průmyslu jako jsou strojírenský (slinuté karbidy), stavebnický (železobeton), automobilový (sklolaminát), dřevoobráběcí (dřevotříska), plastikářský a mnoho dalších. Kompozitní materiál je vlastně materiál, který se skládá ze dvou, nebo více substitucí s různými vlastnostmi a ty spolu dohromady vytvoří materiál s vlastnostmi novými, které nemá žádná samostatná složka. Kompozity jsou prakticky všechny materiály na světě, protože žádná látka se v přírodě nevyskytuje jako stoprocentní a tato myšlenka byla jedním z prvních impulsů k vytvoření bakalářské práce na téma spjaté s obráběním kompozitních materiálů. Dalším impulsem byl bezpochyby můj strýc, který je spolumajitelem mladé a prosperující firmy na výrobu stopkových a kotoučových fréz, pil a dalších příslušenství na dřevo, kov a plastové materiály. Firma VYDONA, s.r.o sídlí ve vesnici Pravčice poblíž města Hulín v okrese Kroměříž. Byla založena v roce 2003 a od tohoto roku se můžeme na trhu setkávat s jejich výrobky. Nabízí jak hromadnou výrobu nástrojů, tak i individuální tvary a materiály nástrojů na přání zákazníka od návrhu a technické dokumentace až po samotné zhotovení frézy. Samozřejmostí je i servis všech těchto nástrojů který obsahuje ostření, výměnu poškozených řezných plátek a pravidelnou údržbu nástrojů. K zákazníkům firmy patří značky Deceuninck, Siemens, Vekra, Spectus a jiné. V době mých studií na střední průmyslové škole jsem v této firmě několik let pracoval jako brigádník a vystřídal mnoho pracovních míst, abych poznal jak probíhá celý výrobní proces. Začínal jsem jako pomocný pracovník, pak následovala práce na soustruzích a výroba těl fréz, práce na pískovačce, řezání plátek ze slinutých karbidů, pokračovalo to pájením plátek na těla fréz, broušení čel a boků zubů na frézách. Naposledy jsem si vyzkoušel broušení profilů na zubech fréz. Tyto zkušenosti jsem využil k psaní bakalářské práce na téma výroba nástrojů na obrábění kompozitů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ METODY TŘÍSKOVÉHO OBRÁBĚNÍ

K základním metodám třískového obrábění patří soustružení, frézování, zahlubování, vyhrubování, vystružování, hoblování, obrážení, protahování a protlačování.

Třískové obrábění je technologický proces, při němž se z polotovaru o specifických rozměrech a specifického geometrického tvaru odebírá přebytečný materiál a stává se z něj obrobek. Odebírání materiálu probíhá ve formě třísek břitem nástroje. Upínání obrobku se volí dle tvaru ploch, rozměru součásti a druhu obrábění.

Nástroj je aktivní prvek obrábění, který má svůj charakteristický tvar těla (obdélníkový nebo čtvercový u soustružnických nožů, kruhový nebo kuželový u vrtáků a fréz) a břit, který je činnou částí řezného nástroje.

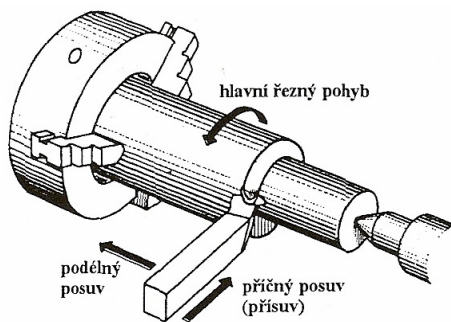
Tříska vzniká tlakem nástroje na obráběný materiál, kde se začne materiál pýchovat na ploše břitu. Poté se vlivem řezné síly začnou tvořit značná napětí v materiálu, překonají se vnitřní síly a břitem se vytvoří trhlinka ve směru působení řezné síly. Následně nastane odtržení materiálu a klouzáním po ploše břitu se začne odvádět oddělený materiál ve formě třísky. Druhy třísek rozdělujeme na drobivou, která vzniká u křehkých materiálů, dělenou, ta vzniká, když se spojí drobivá tříska s plynulou třísku, což je tříska vznikající u dobře deformovatelných materiálů, jako jsou plasty a téměř všechny druhy ocelí a neželezné kovy.

Drsnost obrobené plochy je dána stopou nástroje. Ta je ovlivněna jak chemickými a mechanickými vlastnostmi materiálu, ale také tvarem a geometrií nástroje, velikostí posuvu, řeznou rychlostí, tuhostí celé soustavy stroje, nástroje, obrobku a samozřejmě řezným prostředím.

Při obrábění vzniká mezi nástrojem a obrobkem tření a tím i teplo, které ve velké míře ovlivňuje břit nástroje (otupení) a tvarovou, popřípadě rozměrovou, stabilitu výrobku. Jen malá část tepla se odvádí třískou, ale zbytek se přenáší do nástroje a obrobku. Proto soustavu nástroje a obrobku ochlazujeme. Ochlazování probíhá okolním vzduchem, řeznou kapalinou, mlhovinou, nebo některými plyny. Velikost teploty se dá také snížit obsahem olejů v řezných kapalinách, tím dochází k mazání břitu a tím ke snížení tření mezi nástrojem a obrobkem. [3]

2 SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je třísková metoda obrábění, která slouží k výrobě tvarových rotačních součástí. Soustružení patří k nejvíce používaným obráběcím metodám ve strojírenství a je také považováno za jedno z nejjednodušších metod třískového obrábění. Obrábění se nejčastěji provádí jednobřitými nástroji různých provedení, kterým se říká soustružnické nože. Ty bývají upnuty v nožové hlavě a skládají se z ocelového těla nože obdélníkového, čtvercového nebo kruhového průřezu a z břitové destičky různého tvaru a materiálu (např. rychlořezná ocel, slinutý karbid nebo umělý diamant), která může být výměnná nebo pevně přivařená (připájená) k tělu nástroje.



Hlavním řezným pohybem u soustružení je pohyb rotační a vykonává jej obrobek. Obvodová rychlost obrobku je zároveň rychlostí řeznou v , která se udává v m.min^{-1} . Vedlejší řezné pohyby jsou přímočaré posuvné a vykonává je nástroj. Podélný posuv je rovnoběžný s osou obrobku a příčný posuv kolmý na osu obrobku. Velikost posuvu S je udávána v mm.ot^{-1} .

Obr. 1 Schéma soustružení [2]

Obrobek je nejčastěji upnut v univerzálním sklíčidle, ale dají se použít i jiné metody jako je upínání mezi hroty, které se používá u delších součástí, nebo upínání do kleštín, kterými docílíme rychlého upínání obrobku.

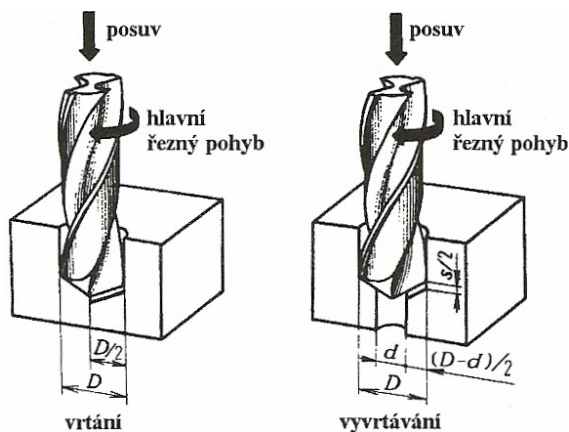
Stroje na kterých se provádí soustružení se nazývají soustruhy. Ty se vyrábějí v různých velikostech a provedeních dle potřeby nebo požadavků výroby. Soustruhy se ve velké míře skládají z loží, vřeteníku s vřetenem, univerzálního sklíčidla nebo lícni upínací desky u čelních soustruhů, pohonné jednotky, převodovky, suportu, nožové hlavy a koníku nebo revolverové hlavy u revolverových soustruhů.

Hlavními a nejvíce používanými soustruhy jsou soustruhy hrotové, čelní, revolverové, poloautomatické, automatické a číslicově řízené.

Na soustruzích se kromě obrábění rotačních součástí mohou provádět i jiné operace. Patří mezi ně vrtání a vystružování děr, řezání závitů, výroba vaček, soustružení kuželů a tvarových ploch, válečkování a vroubkování, či podsoustružování zubů tvarových fréz. [2]

3 VRTÁNÍ A VYVRTÁVÁNÍ

Vrtání a vyvrtávání je nejjednodušší způsob třískového obrábění, kterým se vyrábějí válcové nebo tvarové otvory. Vrtá se buď do plného materiálu, nebo do předvrtaných děr. Nástroje na vrtání se nazývají vrtáky. Šroubovitě vrtáky jsou dvoubřité nástroje a bývají to nejčastěji používané nástroje pro vrtání otvorů. Skládají se z upínací části, kterou tvoří v závislosti na průměru vrtáku válcová nebo kuželová stopka, krčku a těla vrtáku, které je opatřeno šroubovitou drážkou pro odvod třísky, popřípadě přívod řezné kapaliny. Vyráběny jsou z rychlořezných ocelí třídy 19 802, 19 856 a 19 856. Pro hůře obrobitelné materiály se používají šroubovitě vrtáky s destičkou ze slinutých karbidů, která je připájena.



Pro vrtání méně hlubokých a méně přesných děr se používají vrtáky kopinaté, pro vrtání hlubokých děr zase vrtáky šroubovitě s přívodem řezné kapaliny, dělové vrtáky, hlavňové vrtáky nebo vrtací hlavy.

U vrtání a vyvrtávání je hlavní řezný pohyb rotační. Vedlejší řezný pohyb je přímočarý posuv rovnoběžný s osou nástroje a vykonává jej také nejčastěji nástroj.

Obr. 2 Schéma vrtání a vyvrtávání [2]

Do vyvrtávání patří například vyhrubování a vystružování. Jsou to operace k dosažení co nejlepší jakosti povrchu, kruhovitosti a válcovitosti díry. Nástroje se nazývají výhrubník a výstružník. Dále se používají také vrtací tyče, které slouží k dokončování předvrtaných děr. Je zde možnost nastavit na tyči vrtaný rozměr. Mohou se tak vyvrtávat i složitější otvory.

Strojům, na kterých se provádí vrtání, říkáme vrtačky. Ty se skládají ze základní desky, pracovního stolu, stojanu, vřeteníku, vřetena a pohonné jednotky. Vrtačky dělíme na stolní, sloupové, stojanové, otočné a speciální (revolverová hlava). Na vrtačkách můžeme kromě již zmíněných prací provádět také zahlubování, srážení hran, zarovnání čel a řezání závitů. Vyvrtávačky mají takřka stejnou konstrukci, ale jsou orientovány vodorovně. Lze na nich provádět všechny práce jako na vrtačkách. Navíc na nich můžeme frézovat a vrtat dlouhé díry. [2]

4 HOBLOVÁNÍ A OBRÁŽENÍ

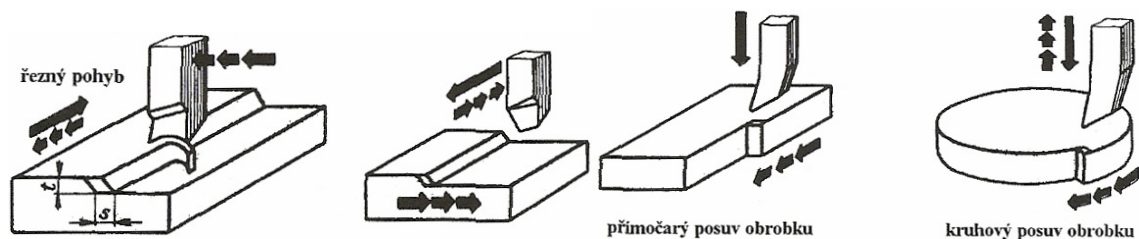
Hoblování je obrábění jednobřitým nástrojem, kde je možnost odebrání velké třísky na jeden záběr. Používá se na obrábění dlouhých a úzkých, rovinných ploch (například vedení obráběcích strojů). Hlavní řezný pohyb je přímočarý vratný. Vedlejší řezný pohyb je přerušovaný pohyb, kolmý na směr hlavního pohybu. Oba tyto pohyby provádí obrobek. Nástroj je podobný jako při soustružení, ovšem je konstrukčně upravený, aby odolával extrémním rázům. Vyrábí se prohnutý aby se špička nástroje při odpružení pohybovala nad materiál a nedošlo k poškrábání plochy. Nože mohou být ubírací, rohové, hladící nebo zapichovací.

Hoblováním dosahujeme velmi přesné geometrické přesnosti obrobene plochy. Rovinnost bývá až 0,01 na 1000mm. Drsnosti nejvíce ovlivňuje posuv, úhly a poloměr špičky nástroje.

Stroje na hoblování se nazývají hoblovky a konstrukčně je rozdělujeme na jednostranové a dvoustranové.

Obrázení je druh hoblování, ovšem nástroj je upevněn ve smýkadle a vykonává hlavní pohyb. Vedlejší pohyb, který může být přímočarý nebo kruhový, vykonává obrobek vždy na konci vratného pohybu. Obrázení se často používá k výrobě podélných zápichů, ostrých rohů nebo drážek pro pero v náboji. Nástroj je velmi podobný soustružnickému noži, ale je více namáhán na vzpěr, a proto tělo nástroje musí být zesíleno.

Stroje na obrázení se nazývají obrážečky a konstrukčně je dělíme na vodorovné a svislé. Jejich velikost je určena maximálním zdvihem smýkadla. [2]



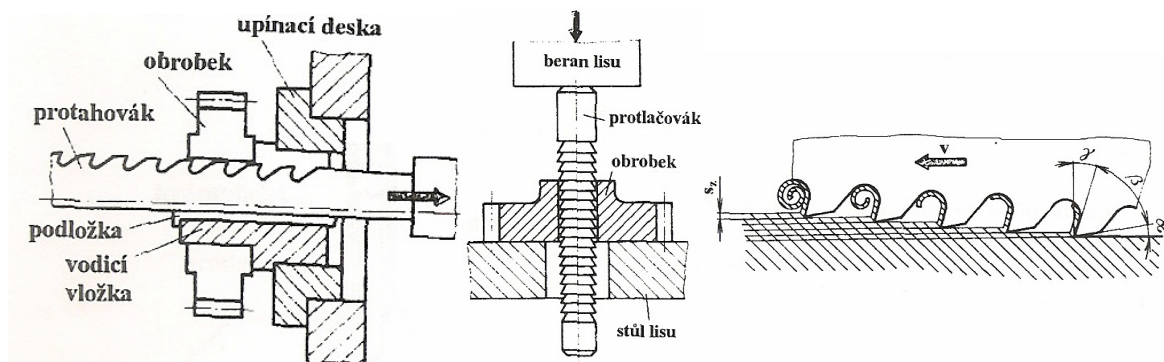
Obr. 3 Pracovní pohyby při hoblování a obrázení [2]

5 PROTAHOVÁNÍ A PROTLAČOVÁNÍ

Protahování a protlačování jsou jedny z nejvýkonnějších třískových obrábění. Protahovat a protlačovat, se může jak vnitřní, tak vnější válcové, rovinné a tvarové plochy. Tyto produktivní metody se používají převážně ve velkosériové výrobě, protože nástroje jsou složité a tedy i velmi drahé. Charakteristikou tohoto obrábění je odebrání velmi malé třísky materiálu ($0,02 \div 0,15$). Současně zabírá několik zubů a postupně dojde k záběru všech zubů na nástroji. Protahovací a protlačovací nástroje jsou mnohabřitě nástroje s velkým počtem zubů, které jsou dány délkou kterou protahujeme, velikostí posuvu na zub a podle vyráběného tvaru. Jejich tělo se skládá z upínací části, vodící části, řezné části a zadního vedení.

Protahovací nástroje které jsou namáhány na tah, protože jsou strojem taženy do záběru a jejich délka je omezena dovoleným namáháním na tah a velikostí zdvihu stroje.

Protlačovací nástroje jsou strojem do záběru tlačeny, takže jsou namáhány na tlak a na vzpěr a jejich délka je závislá na vzpěrné pevnosti materiálu. Tyto nástroje se vyrábí v sadách o 2 až 4 kusech.



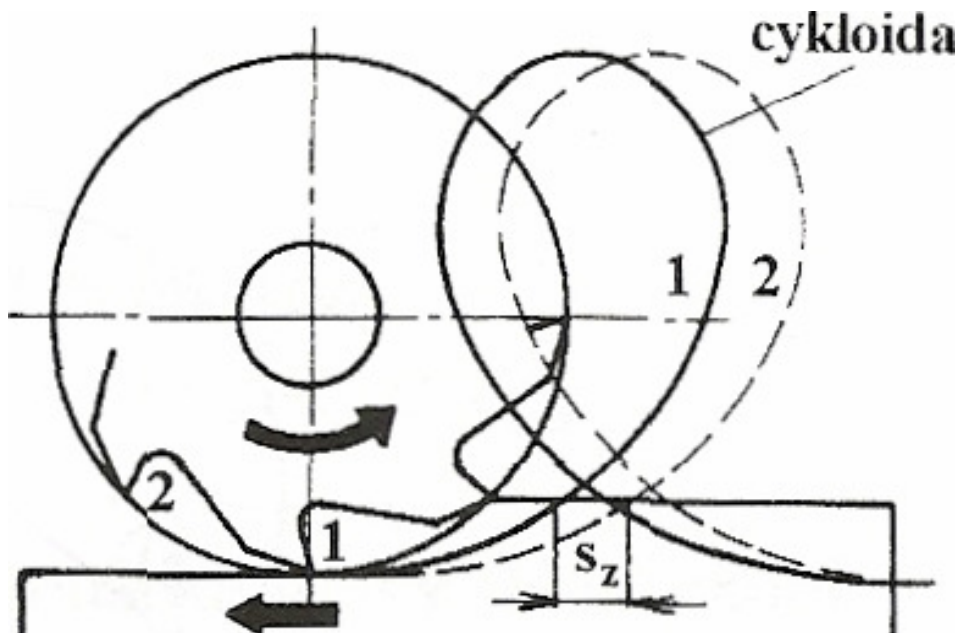
Obr. 4 Protahování a protlačování [2]

Protahovat a protlačovat lze součásti z oceli pevností 500 až 1000 MPa, z litiny a neželezných kovů. Rozdělujeme dva pohyby protahováku a to rotační a přímočarý. Nejčastější příklad protahování je drážka pro pero v náboji a nejčastějším protlačováním zase tisícíhran či více drážek v náboji nebo na hřídeli.

Stroje na protlačování dělíme na vodorovné a svislé a jejich charakteristické parametry jsou zdvih a průtlaková síla. K protlačování se ve velké míře používají hydraulické lisy. Výhodou lisů je že nástroj nemusí být upnut, jen se vloží do díry předním vedením a silou se protlačí výrobkem. K protahování je zapotřebí speciální stroj nebo hydraulický lis. [2]

6 FRÉZOVÁNÍ

Frézování je třísková obráběcí metoda, při které je materiál obrobku odebíraný vícebřitým nástrojem válcového tvaru. Hlavní řezný pohyb je rotační, vykonává ho nástroj a je daný řeznou rychlostí. Ta je závislá na materiálech nástroje a obrobku. Vedlejší pohyb je přímočarý (v osách x,y,z) nebo kruhový a vykonává ho obrobek. [2]



Obr. 5 Frézování [2]

Frézování je možné dělit podle:

- směru pohybů posuvů vzhledem ke směru rotace frézy, např. na sousledné a nesousledné frézování, zahlubování s axiálním posuvem a frézování drážek nebo dutin
- vzájemné polohy nástroje a obrobku, na obvodové a čelní frézování
- tvaru frézované plochy na frézování rovin, drážek, profilů nebo obecných ploch. [4]

6.1 Nesousledné frézování

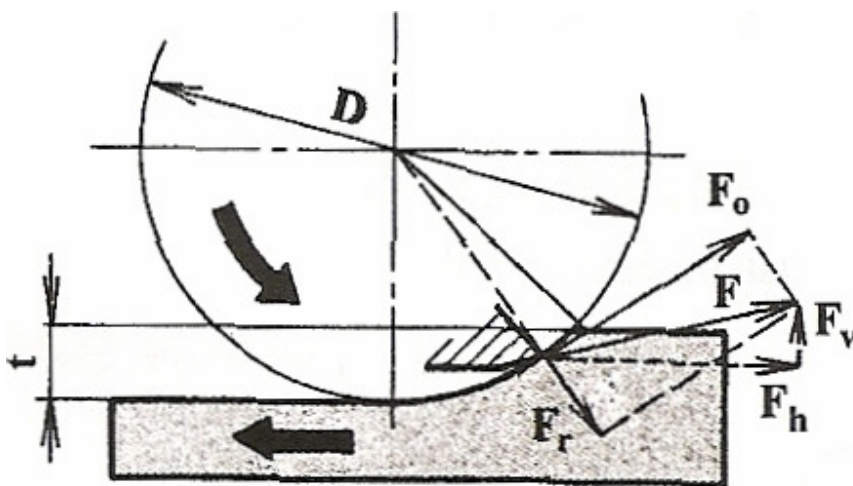
Při nesousledném frézování je smysl rotace nástroje proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku. Tloušťka třísky se postupně mění z nulové hodnoty na hodnotu maximální. K oddělování třísky nedochází v okamžiku její nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Přitom vznikají silové účinky a deformace způsobující zvýšené opotřebení břitu. Řezná síla při protisměrném frézování má složku, která působí směrem nahoru a odtahuje obrobek od stolu. [1]

Výhody nesousledného frézování:

- trvanlivost nástroje nezávisí na okujích, písčitém povrchu obrobku a pod.;
- není zapotřebí vymezování vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje;
- menší opotřebení šroubu a matice;
- záběr zubů frézy při jejich vřezávání nezávisí na hloubce řezu.[1]

Nevýhody nesousledného frézování:

- větší nároky na upnutí obrobku



Obr. 6 Nesousledné frézování [2]

6.2 Sousedné frézování

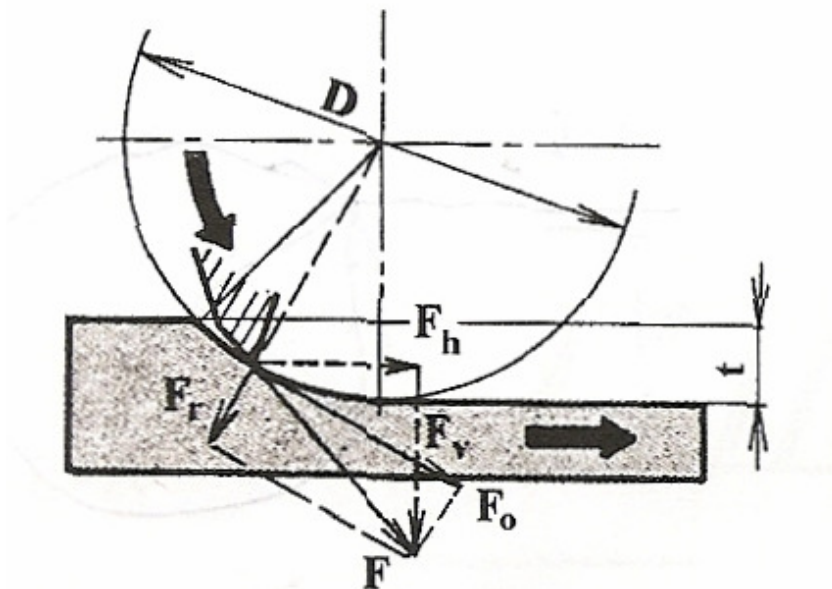
Při sousledném frézování je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky vzniká při vnikání zubu frézy do obrobku. Obrobená plocha se vytváří, když zub vychází ze záběru. Řezné síly působí obvykle směrem dolů. Sousedné frézování může probíhat pouze na přizpůsobeném stroji při vymezené vůli a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. V opačném případě způsobuje vůle nestejný posuv, při němž může dojít k poškození nástroje, popř. i stroje. [1]

Výhody sousledného frézování:

- vyšší trvanlivost břitu, což umožní použití vyšších řezných rychlostí a posuvů;
- menší potřebný řezný výkon;
- řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu, takže lze použít jednodušších upínacích přípravků;
- menší sklon ke chvění;
- obvykle menší sklon k tvoření nárůstku;

Nevýhody sousledného frézování:

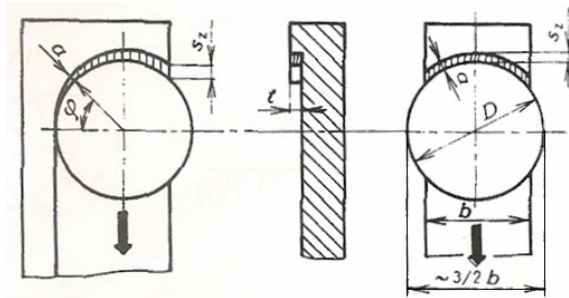
- horší jakost povrchu než u nesousledného frézování [1]



Obr. 7 Sousedné frézování [2]

6.3 Čelní frézování

Osa frézy je kolmá k obráběné ploše. Materiál je odřezáván nejen břitý na obvodu, ale také břitý na čelní ploše frézy. Tloušťka třísky se mění od minima do maxima podle velikosti průměru frézy a šířky obráběné plochy. Tento způsob frézování je výkonnější, protože při něm zabírá více zubů současně. Z toho vyplývá, že můžeme volit větší posuv stolu. [2]



Obr. 8 Čelní frézování [2]

6.4 Řezné podmínky

Jsou to podmínky, které potřebujeme zjistit vždy před začátkem obráběcího procesu, aby se například zajistilo správné nastavení stroje či nástroje a nedošlo k jejich kolizi, nebo nesprávné funkci. Mezi tyto podmínky patří řezná síla, řezná rychlost, průřez třísky, posuv, příkon elektromotoru a strojní čas.

Řezná rychlost [2]

Volí se podle obrobiteľnosti materiálu, materiálu nástroje a způsobu obrábění.

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad [m \cdot \text{min}^{-1}]$$

d - obráběný průměr

n - otáčky obrobku

Posuv [2]

Posuv na 1 zub :

s_z – vyhledáme v tabulkách [mm/1zub]

Posuv na otáčku :

$$s_o = s_z \cdot z$$

s_z - posuv na zub

z - počet zubů

Posuvová rychlost :

$$s = s_o \cdot n = s_z \cdot z \cdot n$$

s_z - posuv na zub

z - počet zubů

n - otáčky vřetene

Průřez třísky [2]

Průřez třísky je proměnlivý, protože během záběru se mění tloušťka třísky. Maximální průřez třísky vypočítáme:

Pro válcovou frézu s přímými zuby:

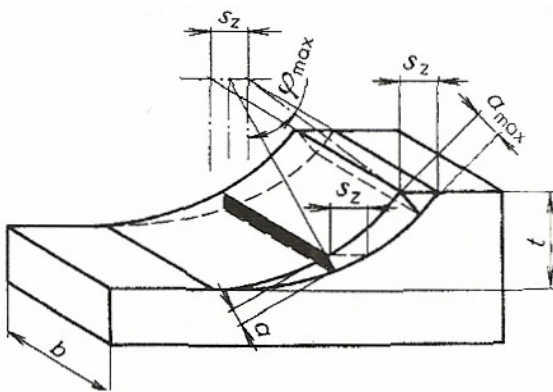
$$a_{max} = s_z \cdot \sin \varphi_{max}$$

s_z - posuv na zub

$$s_t = a_{max} \cdot b = s_z \cdot \sin \varphi_{max} \cdot b \text{ [mm}^2\text{]}$$

a_{max} - maximální tříska

b - šířka záběru



Obr. 9 Průřez třísky [2]

Střední tloušťka třísky se vypočítá z objemu odebraného materiálu:

$$V = s_z \cdot t \cdot b = c \cdot a_s \cdot l_t$$

s_z - posuv na zub

t - hloubka záběru

b - šířka záběru

c - délka řezné hrany v záběru

a_s - střední tříska

l_t - délka záběrového oblouku

Délka záběrového oblouku pro frézy se šikmými zuby:

$$c = \frac{b}{\cos \lambda}$$

λ - úhel sklonu zubů frézy

b - šířka záběru



Obr. 10 Úhel sklonu zubu [2]

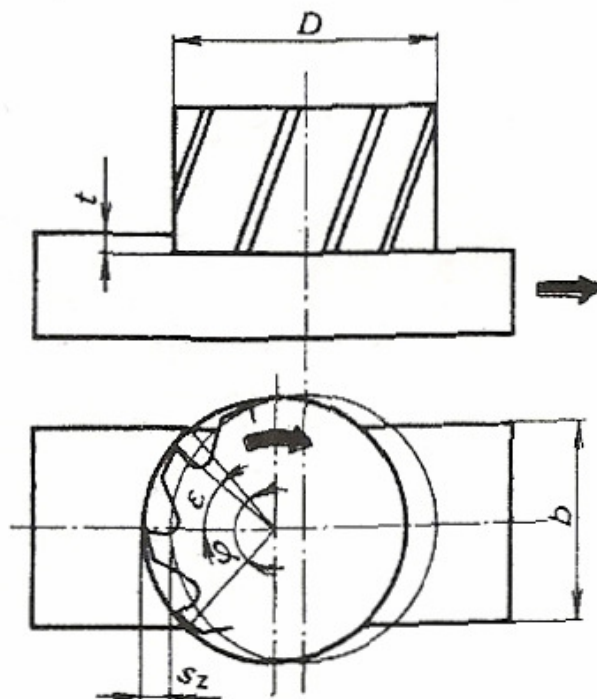
Pro čelní frézování:

$$S_t = t \cdot a = t \cdot s_z \cdot \sin \varphi \quad [mm^2]$$

a – průměrná tříška

t - hloubka záběru

s_z - posuv na zub

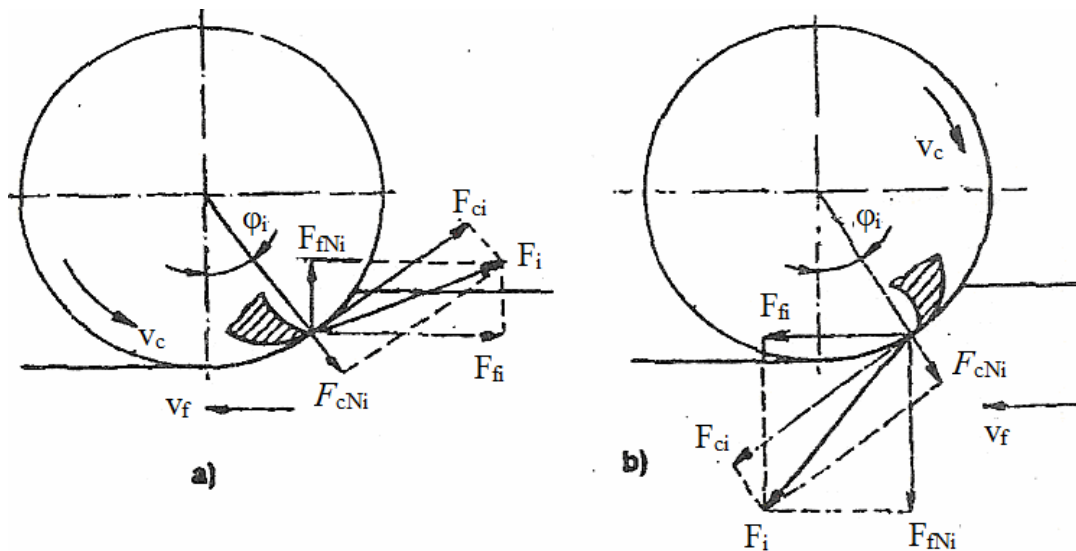


Obr. 11 Průřez třísky-Čelní frézování [2]

Řezné síly

Při specifikaci řezných sil při frézování se vyjde ze silových poměrů na jednom břitu, který se nachází v poloze určené úhlem φ_i . Pro válcové frézování nástrojem s přímými zuby se celková řezná síla působící na břitu F_i rozkládá na složky F_{ci} a F_{cNi} , resp. na F_{fi} a F_{fNi} –

obr. 12. [1]



Obr. 12 Řezné síly na zubu válcové frézy v pracovní rovině P_{fe} [1]

a - nesousledné frézování

b - sousledné frézování

F_i - celková řezná síla

F_{ci} - řezná síla

F_{cNi} - kolmá řezná síla;

F_{fi} - posuvová síla

F_{fNi} - kolmá posuvová síla

Příkon elektromotoru [2]

$$P_e = \frac{F_i \cdot v}{60 \cdot \eta} \quad [W]$$

F_i - celková řezná síla

v - řezná rychlost

η - účinnost

Strojní čas [2]

$$t_s = \frac{L \cdot i}{s} \quad [\text{min}]$$

L - celková dráha

i - počet záběrů

s - posuvová rychlost

Strojní čas pro frézování obvodem frézy:

$$L = l_p + l + l_n$$

 l_n - délka náběhu

l - délka součásti

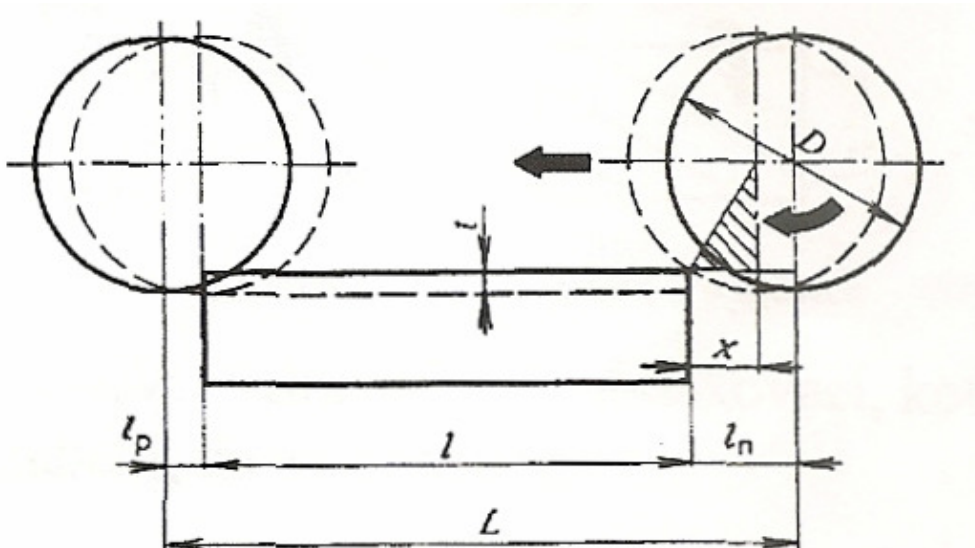
 l_p - délka přeběhu

$$x = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - t\right)^2}$$

D - průměr frézy

$$l_n = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - t\right)^2} + 5$$

t - hloubka záběru



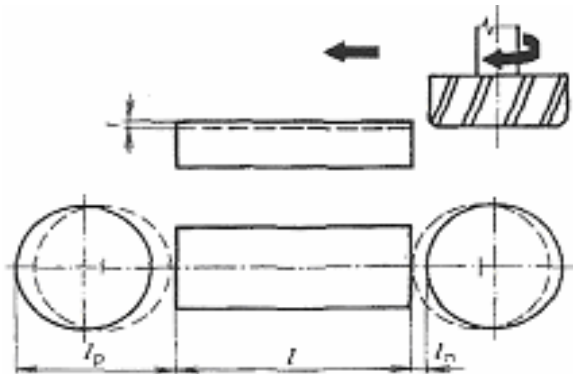
Obr. 13 Strojní čas – frézování obvodem [2]

Strojní čas pro frézování čelem frézy:

$$l_p = D + (2 \div 5) \quad [mm]$$

D - průměr frézy

$$l_n = 5 \quad [mm]$$



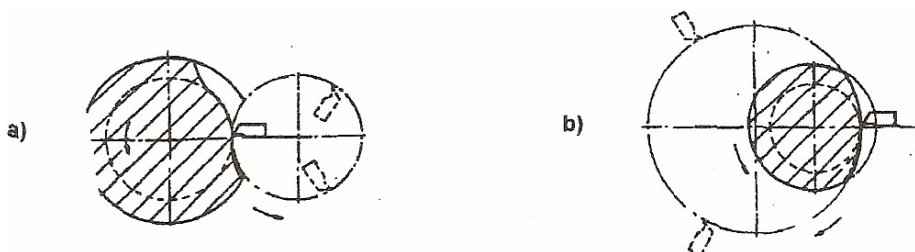
Obr. 14 Strojní čas – frézování čelem [2]

6.5 Speciální způsoby frézování

Jsou to způsoby, kterými můžeme obrábět dlouhé rotační součásti, celé nebo část rotační plochy a jiné větší obrobky.

Okružní frézování

Okružní frézování - obr. 15, se používá při obrábění dlouhých válcových tyčí a při výrobě závitů. Jako nástroj slouží frézovací hlava osazená několika noži. Při obrábění tyčí koná hlava většinou rotační a posuvný pohyb, při řezání závitů pouze rotační pohyb. Zbývající potřebné pohyby vykonává obrobek. [1]



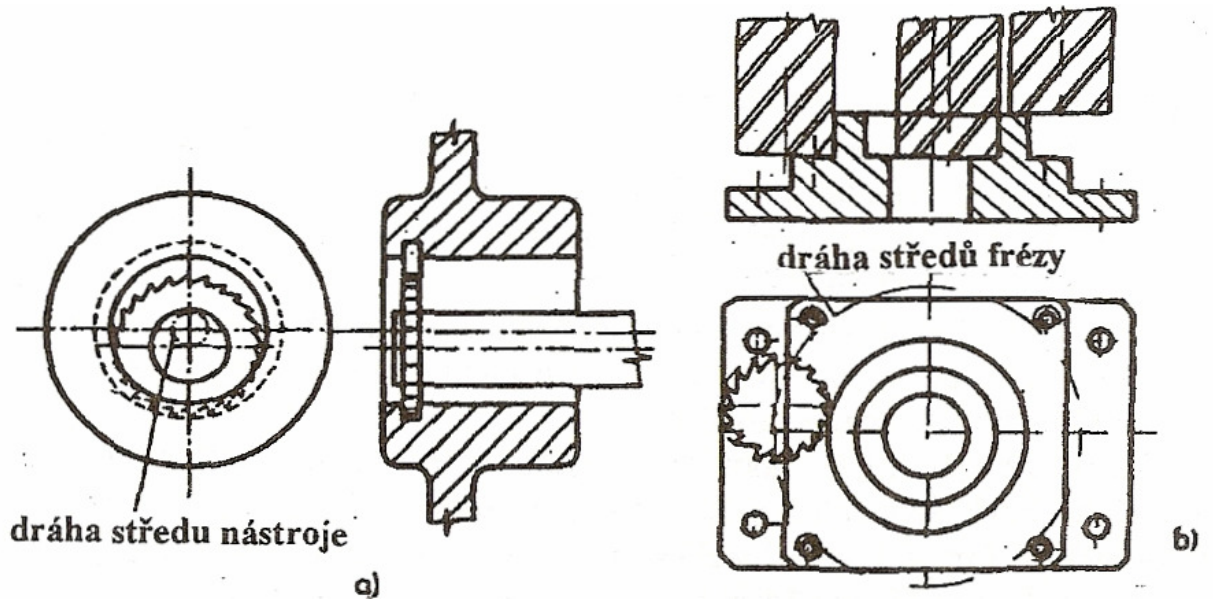
Obr. 15 Kinematika okružního frézování [1]

a - obrobek vně nástroje

b - obrobek uvnitř nástroje

Planetové frézování

Planetové frézování - obr. 16, se uplatňuje u číslicově řízených frézek a u obráběcích center vybavených kruhovou interpolací. Pohyb frézy může být řízen u těchto strojů po kružnici, takže lze obrábět části nebo i celé rotační plochy. Tento způsob se využívá pro frézování vnitřních zápichů, kruhových zaoblení, vnějších válcových výstupků, větších otvorů a čelních ploch. [1]



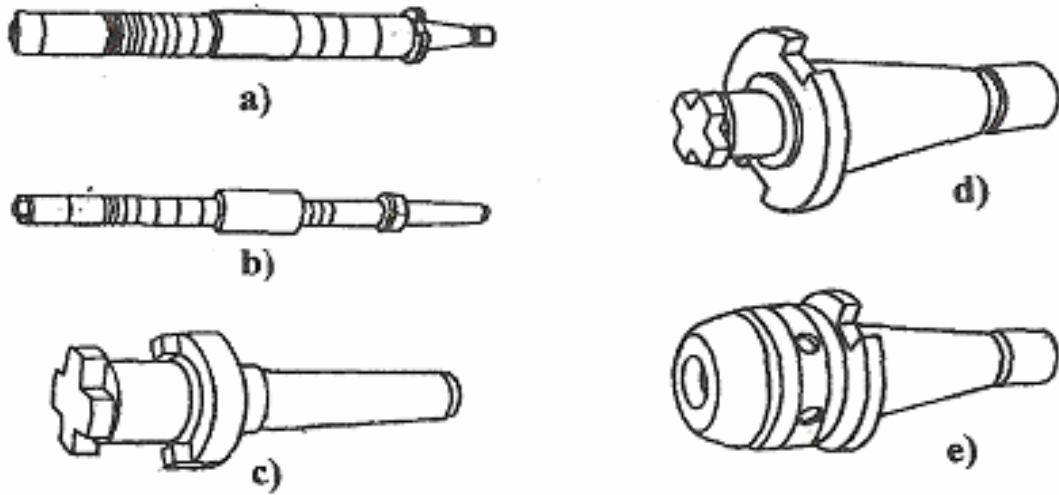
Obr. 16 Planetové frézování [1]

a - vnitřní zápichy

b - vnější a vnitřní válcové a čelní plochy

6.6 Upínání fréz a obrobků

Pro upínání nástrčných fréz na frézkách se používá frézovací trnů - obr. 17. [1]



Obr. 17 Frézovací trny [1]

a - dlouhý se strmým kuželem

b - dlouhý s metrickým kuželem

c - krátký s metrickým kuželem

d - krátký se strmým kuželem

e - sklíčidlo pro upnutí fréz s válcovou stopkou

Upínací kužel frézovacích trnů a pracovního vřetena může být buď metrický s kuželovitostí 1:20, nebo Morse 1:19 až 20, nebo strmý 1:3,5 .

Metrický a Morse kužel jsou samosvorné a mohou přenést kroutící moment z vřetena na frézovací trn. Aby přenos kroutícího momentu byl dokonalý, má konec vřetena obdélníkové vybrání, do něhož zapadá zploštělý nákrůžek na konci frézovacího trnu.

Strmý kužel pouze středí trn v pracovním vřetenu. Kroutící moment se zde přenáší dvěma kameny upevněnými na čele vřetena, které zapadají do vybrání na nákrůžku frézovacího trnu.

Poloha frézy na dlouhém trnu se zajišťuje volně navlečenými rozpěracími kroužky na frézovacím trnu. Kromě rozpěracích kroužků je na trnu vodicí pouzdro, které je součástí

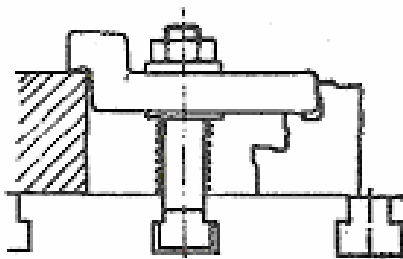
posuvného podpěrného ložiska umístěného na výsuvném ramenu vodorovné frézky. Pouzdro je ustaveno v poloze, kde bude trn ložiskem podepřen. Aby upnutí nástrojů na trnech bylo co nejtužší, upínají se frézy co nejblíže k vřetenu a výsuvné rameno se přisune k fríze tak blízko, jak je to jen možné. Čelní nástrčné frézy a frézovací hlavy se upínají krátkými upínacími trny letmo upnutými do vřetena stroje.

Frézy s kuželovou stopkou se upínají redukčními pouzdry přímo do upínacího kužele ve vřetenu frézky. Redukční pouzdro se použije také tehdy, neshoduje-li se kužel frézovacího trnu s kuželem vřetena. Frézky s válcovou stopkou se upínají do vřetena frézky při použití sklíčidla s upínacím pouzdrem .

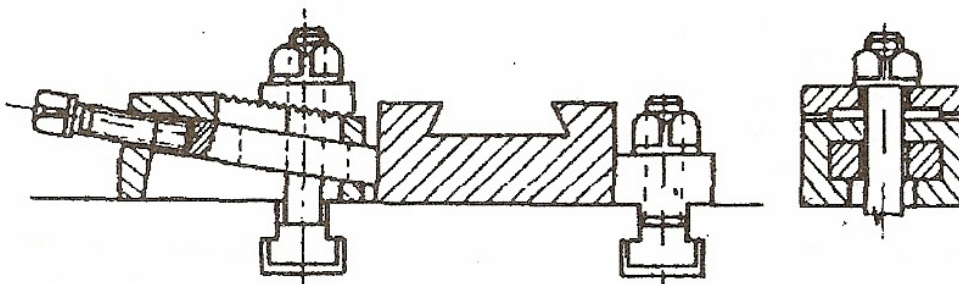
Současným záběrem několika zubů vznikají při frézování velké řezné síly, takže obrobek musí být řádně upnut. Je důležité, aby obrobek nebyl při upínání deformován a aby byla obráběná i upínací plocha co nejblíže vřetena.

Menší obrobky se obvykle upínají do běžných strojních svěráků, otočných a sklopných svěráků apod., ovládaných ručně, pneumaticky nebo hydraulicky.

K upínání větších obrobků se používá rozličných upínacích pomůcek, jako upínek, opěrek, podpěr apod.-obr. 18, 19. [1]



Obr. 18 Základní upínka [1]



Obr. 19 Upnutí obrobku bočními opěrkami - příklad [1]

6.7 Frézovací stroje

Frézky jsou vyráběny a dodávány ve velkém počtu modelů a velikostí, často pak s rozsáhlým zvláštním příslušenstvím. Zpravidla se člení do čtyř základních skupin - konzolové, stolové, rovinné a speciální. Z hlediska řízení pracovního cyklu se rozliší frézky ovládané ručně a řízené programově (tvrdá automatizace, pružná automatizace).

Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými technickými parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah otáček vřetena a posuvů, výkon elektromotoru pro otáčení vřetena a kvalitativní parametry dosahované u obroběných ploch. [1]

Konzolové frézky

Hlavním znakem je konzola upevněná na vedení stojanu, přestavitelná ve svislém směru. Na konzole jsou upevněny podélné a příčné saně, čímž je umožněn pohyb součásti ve třech osách. Používají se k obrábění malých a středních součástí. Podle provedení mohou být vodorovné, svislé a univerzální.

Číslicově řízené frézky

Pracovní vřeteník těchto strojů může mít vodorovnou nebo svislou osu. Charakteristickým rysem obráběcích center je zásobník na 10 až 60 nástrojů. U tohoto typu strojů můžeme programovat smysl, rychlost a délky posuvů v osách x , y , z , rychlosti otáčení vřetena, můžeme programově měnit nástroje, zapínat a vypínat chlazení apod. Pohyby všech suportů jsou řešeny elektrohydraulickými pohony přes kuličkové šrouby. Pohyblivé části stroje jsou uloženy valivě, bez vůle. [2]



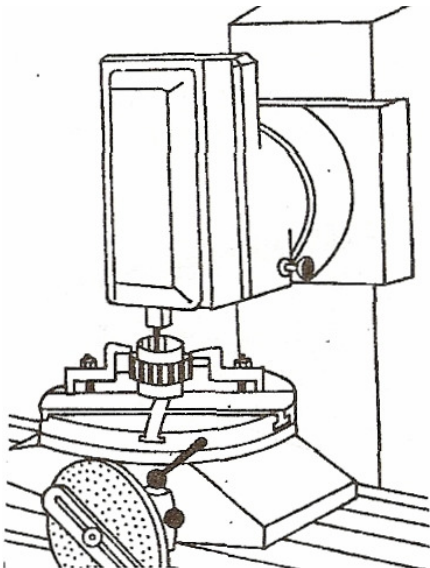
Obr. 20 Číslicově řízená frézka [5]

Rovinné frézky

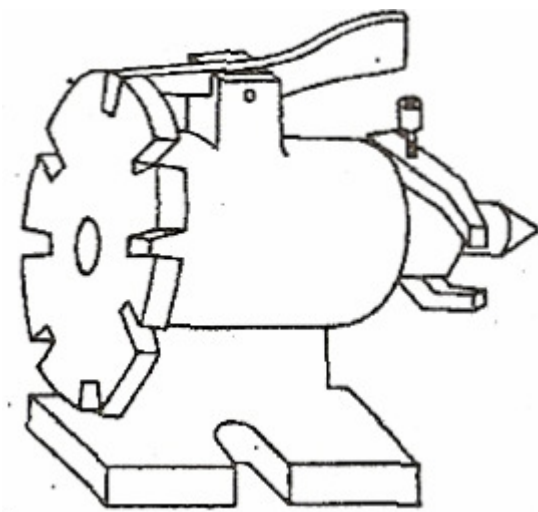
Používají se pro obrábění velkých obrobků, stůl má pouze podélný posuv, příčný a svislý posuv vykonává vřeteník. Tyto frézky mají velmi tuhou konstrukci a obvykle několik vřeteníků. Jsou vhodné pro obrábění vodorovných, svislých a šikmých ploch na těžkých obrobcích. [2]

Příslušenství konzolových frézek

Univerzálnost použití konzolových frézek je významně rozšířena zvláštním příslušenstvím, jako jsou univerzální hlavy, svislé frézovací hlavy, otočné stoly, obrážecí hlavy, jednoduché a univerzální přístroje na nepřímé a diferenciální dělení. [1]



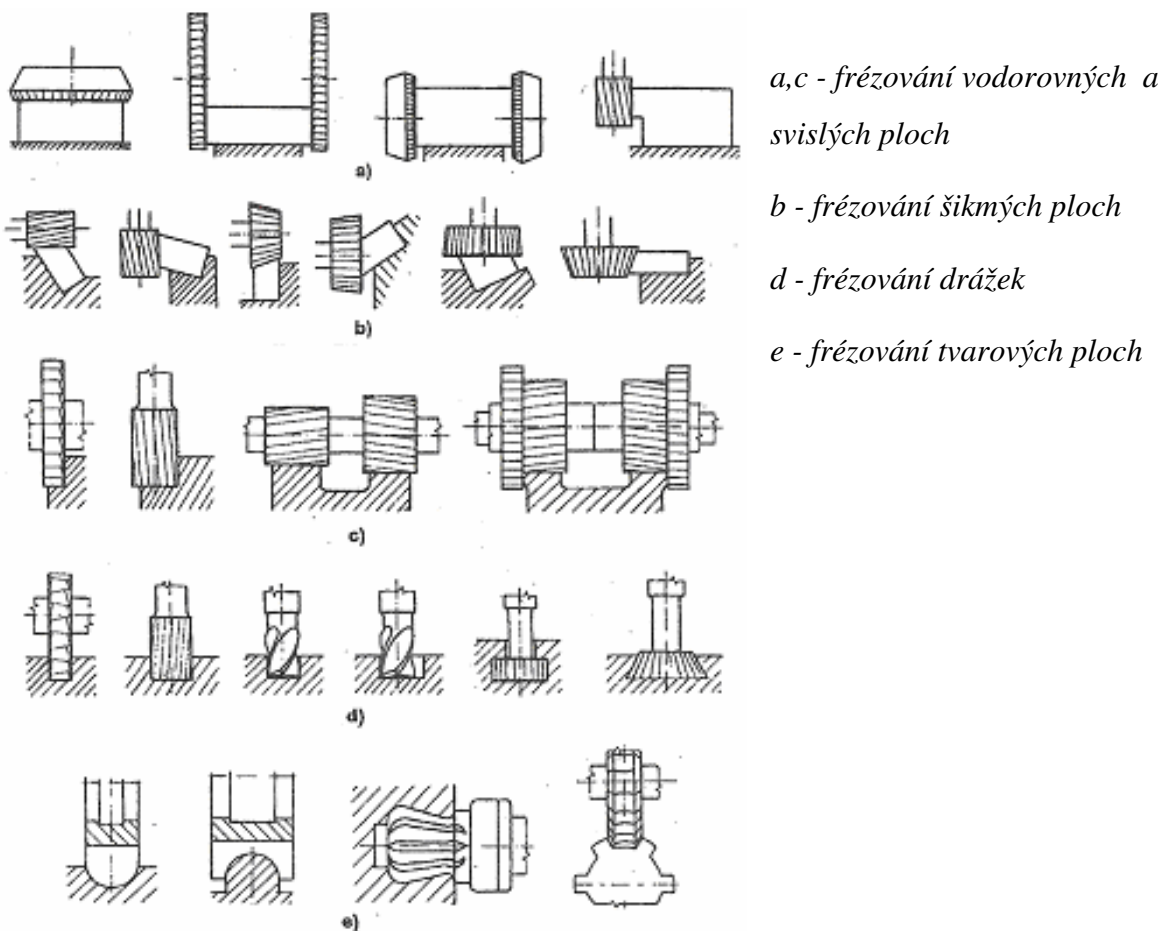
Obr. 21 Otočný stůl a obrážecí hlava [1]



Obr. 22 Jednoduchý dělicí přístroj [1]

6.8 Charakteristické frézovací technologie

Při frézování se obrábějí rovinné a tvarové plochy vodorovné, svislé a šikmé - obr. 23. Častou frézovací operací je frézování drážek - obr. 23d. Nejvýhodnější je frézování drážek kotoučovými frézami, u nichž se dosáhne většího výkonu než při méně tuhé fréze stopkové. Drážka musí být otevřená z obou stran, nebo musí mít výběh odpovídající poloměru frézy. Pro frézování jednostranně nebo dvoustranně uzavřených drážek jsou výhodné stopkové čelní válcové frézy a drážkovací frézy. Drážkovací fréza má průměr rovný šířce drážky. Drážky v drážkových hřídelích se frézují tvarovými frézami buď postupně dělicím způsobem na vodorovné konzolové frézce, nebo odvalovacím způsobem na frézce odvalovací. Šroubové drážky se obrábějí na univerzální konzolové frézce frézou odpovídajícího profilu. Stůl s upnutou součástí je natočen o úhel stoupání šroubovice a součást se dělicím přístrojem otáčí tak, že při jedné otáčce se stůl posune o velikost stoupání šroubovice - Obr. 23b. [1]



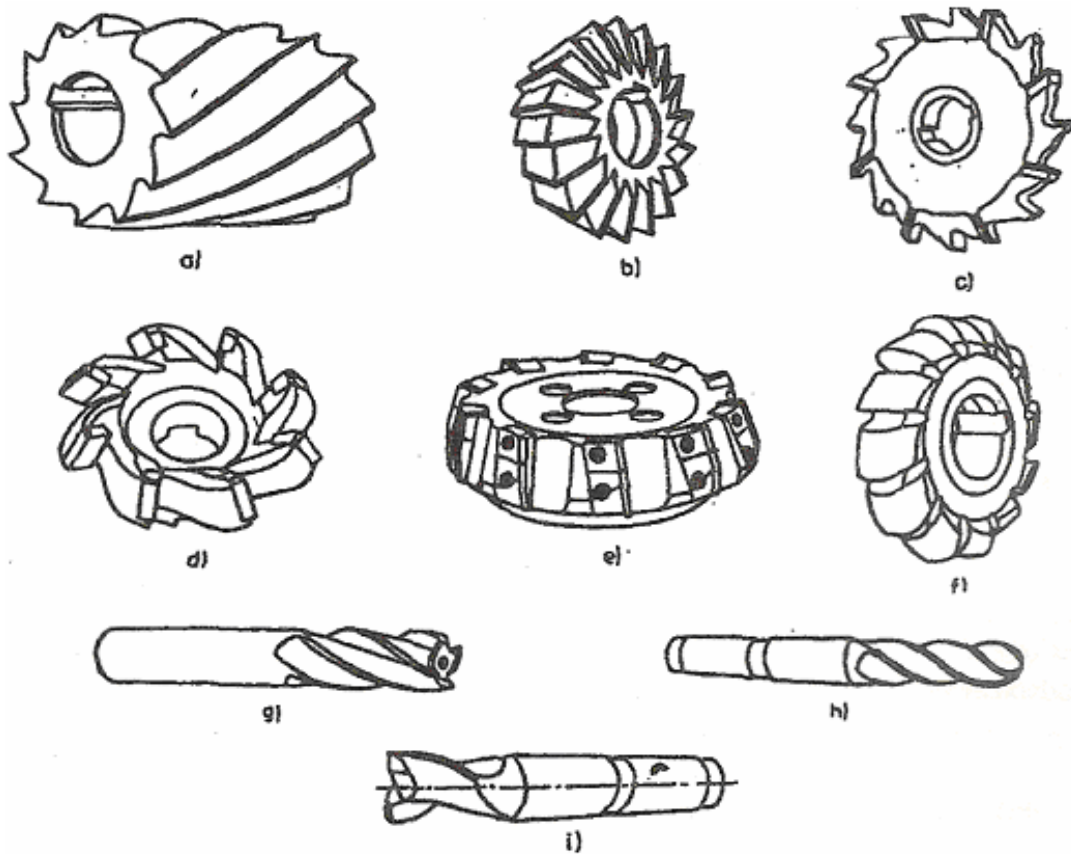
Obr. 23 Frézování různých ploch - příklady [1]

6.9 Frézovací nástroje

Frézy jako několikabřité nástroje mají břity uspořádané na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše, u čelních fréz také na ploše čelní.

Vzhledem k mnohostrannému uplatnění frézování ve strojírenské výrobě a k velkému rozsahu technologie frézování se v současné době používá mnoho typů fréz -obr.24.

Frézy lze rozřadit do jednotlivých skupin z různých hledisek, z nichž jsou některá dále uvedena. [1]



Obr. 24 Základní druhy fréz [1]

a - válcová fréza

f- tvarová fréza

b - úhlová fréza

g - čelní válcová fréza

c - kotoučová fréza

h - kopírovací fréza

d - čelní fréz

i - drážkovací fréza

e - frézovací hlava

Rozdělení frézovacích nástrojů

Z technologického hlediska je možno rozlišit frézy pro frézování:

- rovinných ploch - válcové frézy
 - čelní frézy
 - frézovací hlavy
- tvarových ploch - tvarové frézy
 - frézy na drážky klínů a per
 - frézy na upínací drážky
 - kopírovací frézy [1]

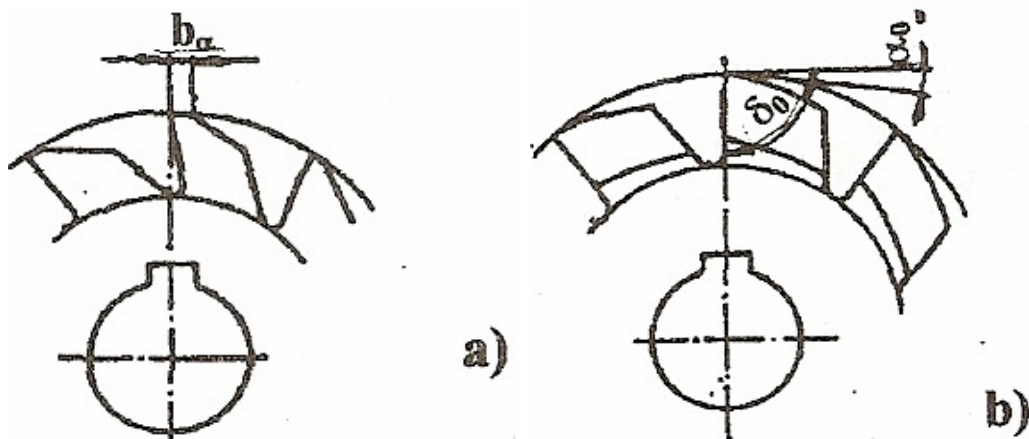
Podle nástrojového materiálu břitů se rozliší frézy z rychlořezné oceli a slinutých karbidů. Stále častěji se užívá u fréz řezné keramiky, kubického nitridu bóru a diamantu. Frézy z rychlořezné oceli se zhotovují z kovaného nebo válcovaného materiálu, nebo se lijí metodou vytavitelného modelu. Nejčastěji se používá ocel třídy 19 802, 19 824, 19 830, 19 856. Na lité frézy se používá ocel 19 824.

Výhodou fréz z rychlořezné oceli je jejich poměrně snadná výroba a to, že se dobře ostří a mají i celkem nízké pořizovací náklady. Jejich hlavní nevýhodou je menší produktivita frézování a potřeba použití řezné kapaliny.

Frézy s břitem ze slinutých karbidů postupně nahrazují jednotlivé druhy fréz z rychlořezných ocelí. Pro velké úběry třísek se téměř výhradně používají nástroje se slinutým karbidem. Pro frézování ocelí se nejvíce používají slinuté karbidy P 20, P 30, P 40, pro materiály & vyšší houževnatostí a pevností M 10, M 20, často i M 30. Pro frézování litiny a neželezných kovů se nejčastěji používá slinutý karbid K 10. Tam, kde se umocňují řezné podmínky, jako např. u číslicově řízených strojů, se uplatňují povlakované destičky a slinuté karbidy na bázi TiC, Ni, Mo. [1]

Podle tvaru zubů - obr. 25 -se rozeznávají frézy se zuby frézovanými nebo podsoustruženými. Frézy se zuby frézovanými mají vyfrézované tvary zubových mezer. Čelo i hřbet zubů tvoří rovinné plochy. Úzká fazetka na hřbetě o šířce 0,5 až 2mm zpevňuje břit. Frézy s frézovanými zuby se ostří na hřbetě, čímž se mění profil zubu. Frézy se zuby podsoustruženými mají hřbetní plochu vytvořenou jako část Archimédovy spirály,

čelo zubu je tvořeno rovinou. Úhel řezu δ_0 se u nich volí 75 až 90°. Předností fréz s podsoustruženými zuby je, že se jejich profil při ostření na čele mění nepatrně, takže lze využít značnou část tloušťky zubu. Toto se využívá zvláště u tvarových fréz, které jsou výrobně nákladné. [1]



Obr. 25 Zuby fréz [1]

a – frézované

b - podsoustružené

Podle směru zubů vzhledem k ose rotace frézy se rozlišují frézy se zuby přímými a se zuby ve šroubovici (obr. 24a) pravé nebo levé.

Výhodou uspořádání zubů ve šroubovici je plynulost záběru v důsledku většího počtu zubů v záběru a postupného vníkaní zubu do záběru podél řezné délky nástroje. Sklon šroubovice se volí 10 až 45° a někdy i více. [1]

Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy se rozlišují frézy jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé. Pro klidný chod frézy má být počet zubů takový, aby současně řezaly minimálně dva zuby. Jemnozubé frézy mají počet zubů větší, než je dán výrazem $z = 1,25 \cdot (D)^{0,5}$ a slouží pro obrábění na čisto. Polohrubozubé frézy se používají pro středně velké úběry, hrubozubé frézy pro velké úběry při hrubování. [1]

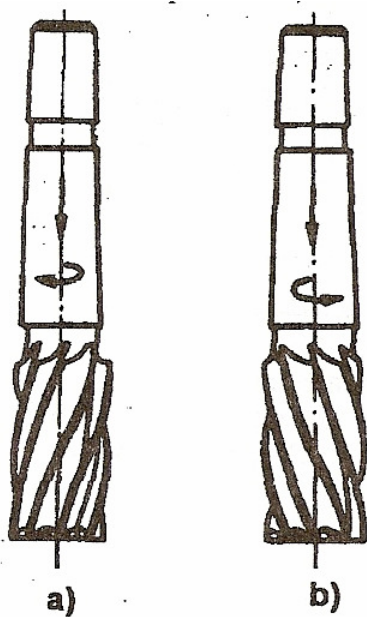
Podle konstrukčního uspořádání se rozlišují frézy celistvé, které mají těleso a zuby z jednoho kusu rychlořezné oceli, popř. u malých nástrojů ze slinutého karbidu, dále frézy s vkládanými řeznými destičkami z RO nebo ze SK, frézy dělené a sdružené, složené ze sady fréz upnutých na frézovacím trnu k obrábění členitých povrchů jedním záběrem.

V současné době se stále více uplatňují frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami, které jsou mechanicky připevňovány k tělesu frézy (obr. 24e). [1]

Podle geometrického tvaru se dělí frézy na válcové nástrčné nebo se stopkou, u nichž jsou zuby pouze na válcové ploše, čelní válcové frézy nástrčné nebo se stopkou, které mají navíc zuby na čelní ploše, kotoučové frézy s přímými zuby nebo se zuby ve šroubovici, střídavě levé a pravé, se zuby pouze na válcové ploše nebo na jedné, popř. obou čelních plochách, úhlové frézy jednostranné (obr. 24b) nebo dvoustranné, tvarové frézy (obr. 24f). [1]

Podle způsobu upnutí fréz na stroji jsou frézy nástrčné a frézy s válcovou (obr. 24g) nebo kuželovou stopkou (obr. 24h,i). [1]

Podle smyslu otáčení (při pohledu od vřetená) se dělí frézy na pravořezné a levořezné - Obr. 26. [1]



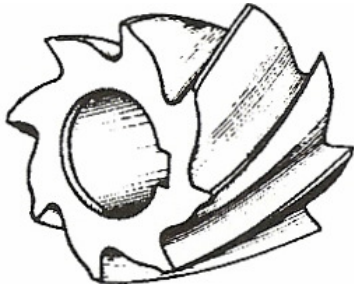
Obr. 26 Druhy fréz podle smyslu otáčení [1]

a – pravořezná

b - levořezná

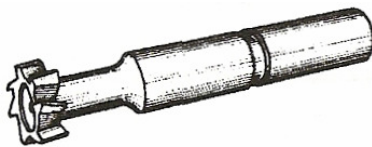
Druhy frézovacích nástrojů a jejich použití

Válcové frézy mají zuby pouze na obvodě frézy, používají se pro frézování rovinných ploch rovnoběžných s osou nástroje. Břity nástrojů pro hrubování bývají opatřeny drážkami pro dělení třísek. Tyto nástroje se používají pro vyšší výkony. [2]

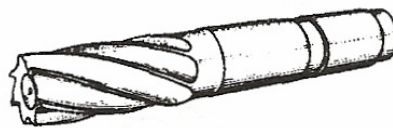


Obr. 27 Válcová nástrčná fréza [2]

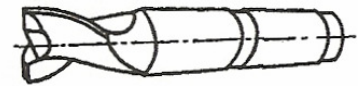
Čelní válcové frézy mají zuby na obvodě i na jedné čelní ploše, umožňují frézování rovinných ploch kolmých i rovnoběžných na osu nástroje. Velké čelní frézy nazýváme frézovací hlavy, malé čelní válcové frézy nazýváme stopkové. Do této skupiny můžeme zařadit také frézy drážkovací a frézy na "T" drážky. [2]



fréza pro "T" drážky



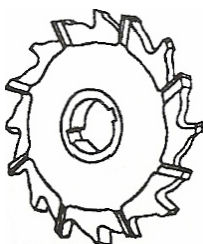
čelní válcová fréza



drážkovací fréza

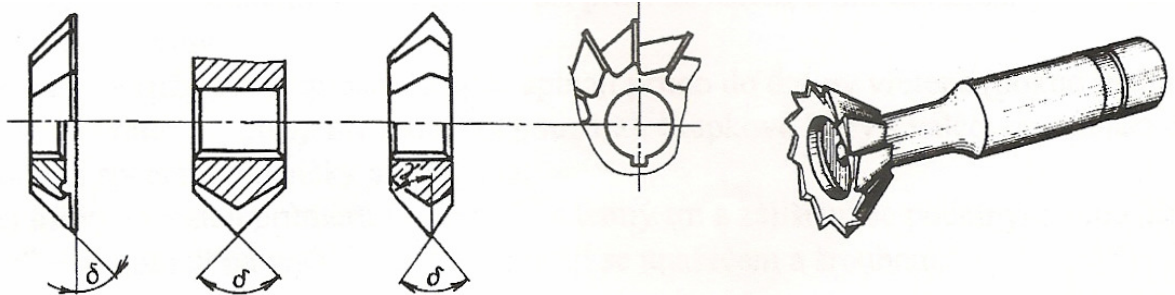
Obr. 28 Čelní válcové frézy [2]

Kotoučové frézy se používají převážně pro výrobu drážek, zářezů a vybrání. Zuby jsou umístěny na obvodu i na obou čelech. Častým požadavkem je, aby frézy měly i po přestřžení stejnou šířku, proto se dělají dělené a rozměr se nastaví pomocí ocelových vložek. Zuby na obvodu frézy bývají obvykle střídavě v pravé a v levé šroubovici. Tyto frézy mají stejnoměrnější záběr a lepší odvod třísek. Pilové kotouče se používají pro úzké drážky a pro dělení materiálu.



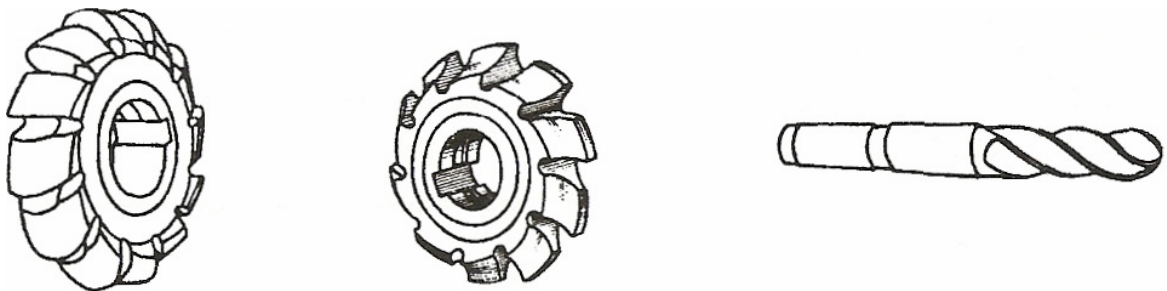
Obr. 29 Kotoučová fréza [2]

Úhlové frézy se používají pro frézování různých úhlových profilů (úkosal, sražení, rybinová vedení, zubové mezery fréz, výstružníků apod.). Mohou být souměrné a nesouměrné (jsou určeny pro frézování šroubovitých drážek), jednostranné nebo oboustranné. [2]



Obr. 30 Úhlové frézy [2]

Tvarové frézy se používají k výrobě tvarových součástí. Jejich zuby jsou negativem obráběného profilu. Zachovávají stálý tvar a úhel břitu díky podsoustruženým zubům. Ostření se provádí na čele zubu. Tvarové frézy mohou být jak nástrčné tak stopkové. [2]



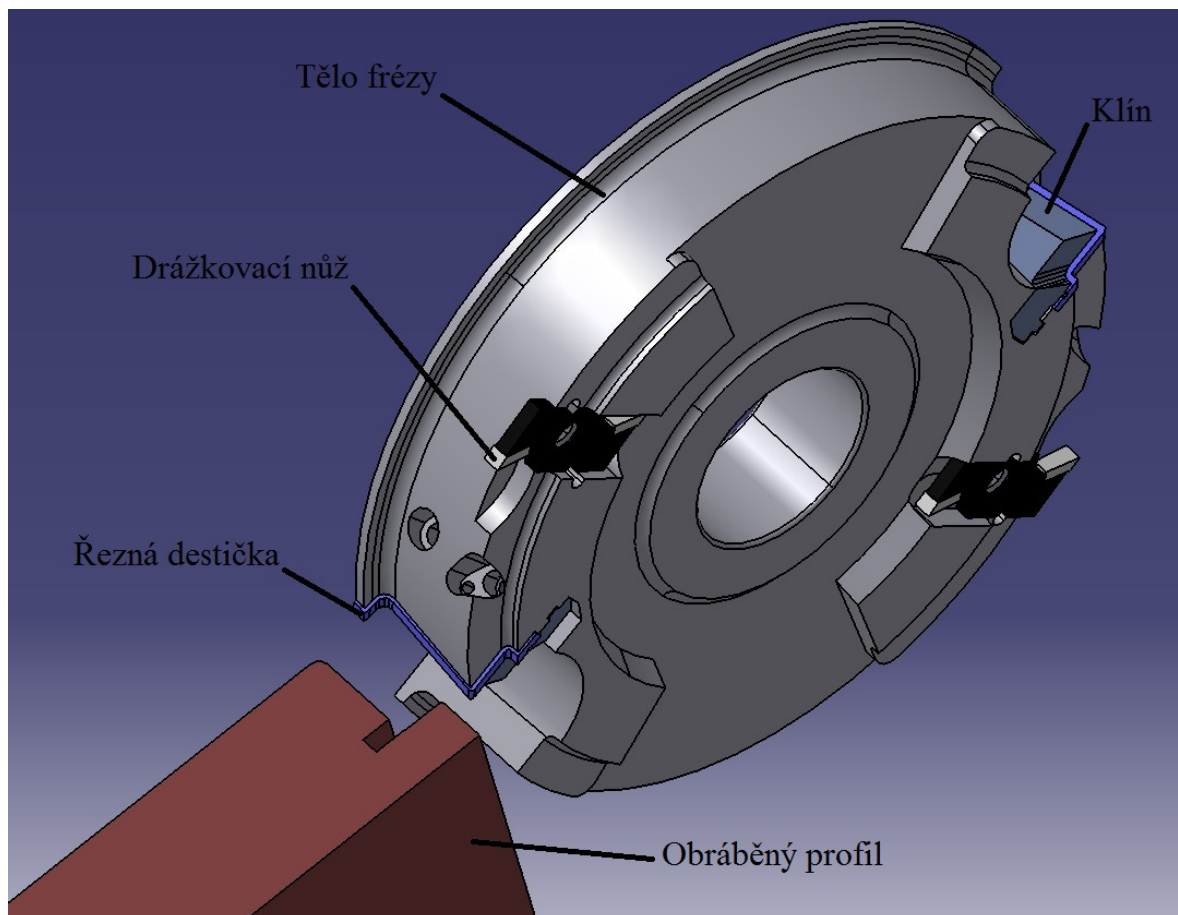
Obr. 31 Tvarové frézy [2]

Zde byly popsány základní druhy třískového obrábění. Soustružení, vrtání a vyvrtávání, hoblování a obrážení, protlačování a protahování jsou popsány jen přehledově, pro poznání základů těchto operací. Frézování bylo popsáno důkladněji pro použití poznatků v praktické části. V praktické části řeším návrh, výkresovou dokumentaci, technologii, výrobu a výstupní měření nástrčné frézy s šikmými zuby a mechanicky upnutými břitovými destičkami. Výsledkem bude vyrobená fréza, vhodná pro okamžité zavedení do obráběcí výroby.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 NÁVRH FRÉZY

Návrh, modelaci a výkresovou dokumentaci frézy jsem uskutečnil v grafickém programu Catia. Konstrukční návrh vychází z podmínek, které budeme po frézovacím nástroji požadovat. Vycházím z přání zákazníka. Fréza má obrábět kompozit, kterým bude libovolně tvrdé dřevo. To je v dnešní době základem kvalitního nábytku a proto je vyžadována prvotřídní jakost povrchu. Touto frézou se bude obrábět daný profil na hraně dřevěné desky a frézování bude probíhat obvodem frézy. Návrh frézy pro obrábění tvrdého dřeva je zaměřen na tvar a materiál těla, tvar destiček a materiál použitý na řezné destičky, způsob upnutí řezných destiček, úhly a počty zubů. Tělo bude navíc doplněno o drážkovací nůž, který bude do materiálu frézovat drážku. Tento nůž je použit z toho důvodu, že na profilu hlavní řezné destičky nejde vybrousit ostrá hrana, kterou na výrobku zákazník požaduje.



Obr. 32 Fréza a frézovaný obrobek

7.1 Počet zubů a jejich úhly

Zákazníkem jsou požadovány otáčky 5000n/min, při kterých bude fréza obrábět. Podle materiálu, který má být obráběn a pracovních otáček volím dva zuby. Tyto zuby jsou osazené řeznými destičkami a navíc je tělo frézy opatřeno dvěma pomocnými drážkovacími noži. Větší počet zubů u obrábění dřeva není nutný. Zuby budou skloněny pod úhlem, což umožňuje plynulejší záběr zubu a zub není vystaven takovým rázům, jako zub přímý. Úhly frézy jsem volil dle interních tabulek firmy Vydoná s.r.o. Po konzultaci s technologem jsem volil tabulkové úhly :

Úhel	Hodnoty pro tvrdé dřevo
Úhel hřbetu α	6 až 10°
Úhel břitu β	45 až 54°
Úhel čela γ	30 až 35°
Úhel sklonu ostří λ	10 až 15°
Úhel bočního podbrusu δ	5 až 10°

Tab. 1 Pracovní úhly pro tvrdé dřevo

Úhel hřbetu $\alpha = 8^\circ$

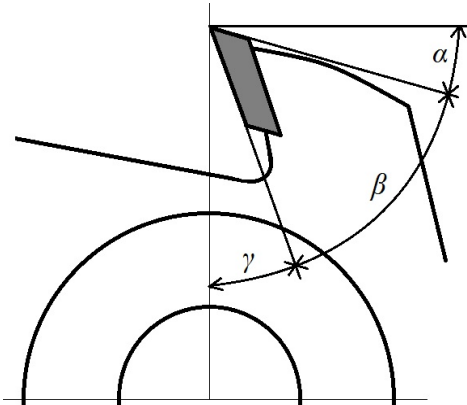
Způsobuje, že při odebrání třísek plocha hřbetu nástroje přichází do styku s povrchem obrobku jen málo, proto vzniká malé tření a zahřívání. Houževnaté, elastické materiály vyžadují větší úhel hřbetu, protože pod tlakem nástroje plocha obrobku pruží a v důsledku této pružnosti za ostřím odpružuje zpět ke hřbetu. Čím pružnější je materiál, čím větší je posuv a čím drsnější je povrch, tím větší musí být úhel hřbetu. Tvrdé materiály vyžadují velmi zesílený břit (velký úhel břitu β). Tvrdé materiály musí mít naopak malý úhel hřbetu.

Úhel břitu $\beta = 49^\circ$

Tento úhel tvoří "břit nástroje". K obrábění měkkých materiálů se navrhuje úhly břitu ostřejší. Pokud je ostřejší úhel břitu, snadněji vniká do povrchu materiálu, proto je zapotřebí menší síly. Když je obráběný materiál tvrdý a odebrána tříška velká, musí být velký úhel břitu

Úhel čela nože $\gamma = 33^\circ$

Tento úhel leží mezi čelní plochou břitu a kolmicí na obráběnou plochu. Úhel čela nože má největší vliv na tvoření třísek a na jejich odvádění.



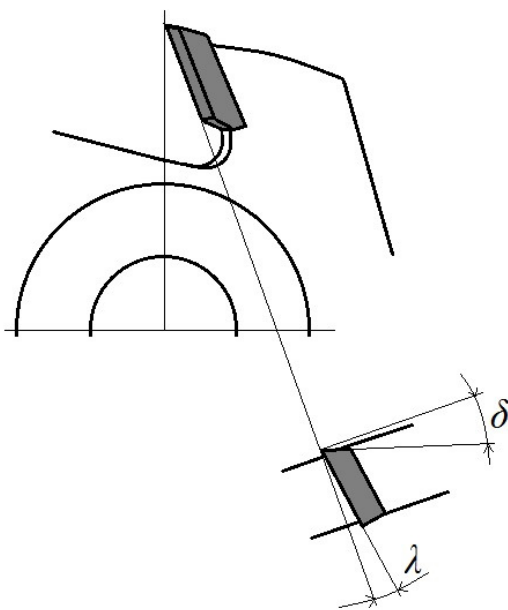
Obr. 33 Úhly α , β , γ

Úhel sklonu ostří $\lambda = 15^\circ$

Je úhel pod kterým je skloněn zub, má vliv na namáhání ostří, na tvorbu a směr třísky a na plynulost záběru zubu. U tvrdších materiálů kolem 6° . Na měkčí materiály bývá větší.

Úhel bočního podbrusu $\delta = 10^\circ$

Úhel broušený na stranách zubů, který zabraňuje zbytečnému tření boční plochy zubu o materiál.



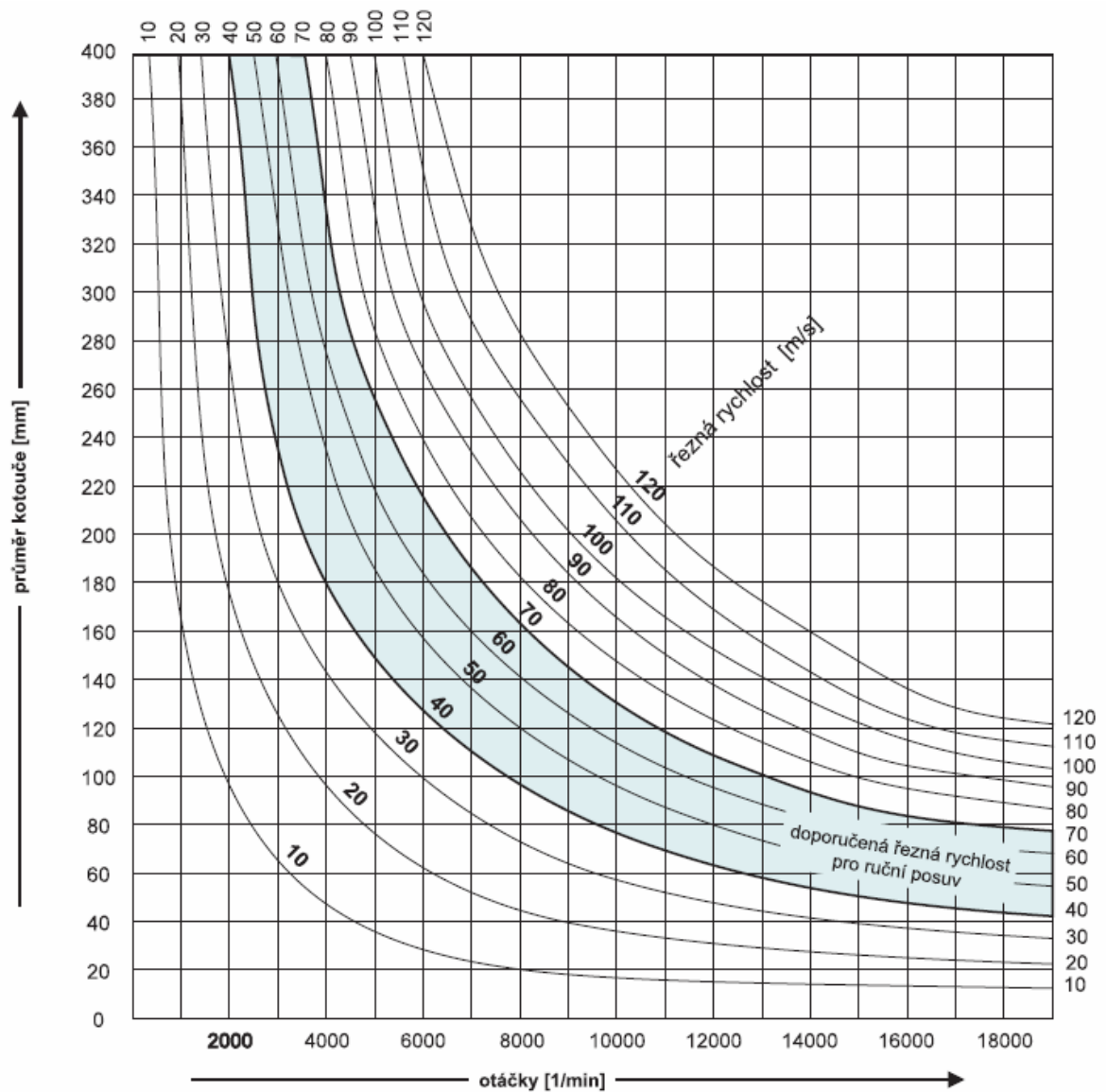
Obr. 34 Úhly λ , δ

7.2 Řezné podmínky

Řezná rychlost $n = 5000 \text{ ot/min}$

$D = 210 \text{ mm}$

\Rightarrow volím $v = 56 \text{ m/min}$



Tab. 2 Diagram řezné rychlosti [6]

Posuv na zub : Hladký povrch

\Rightarrow volím $s_z = 0,4 \text{ mm/zub}$

posuv mm	kvalita povrchu
0,3 - 0,8	hladký povrch
0,8 - 2,5	středně hladký povrch
2,5 - 4,0	hrubý povrch

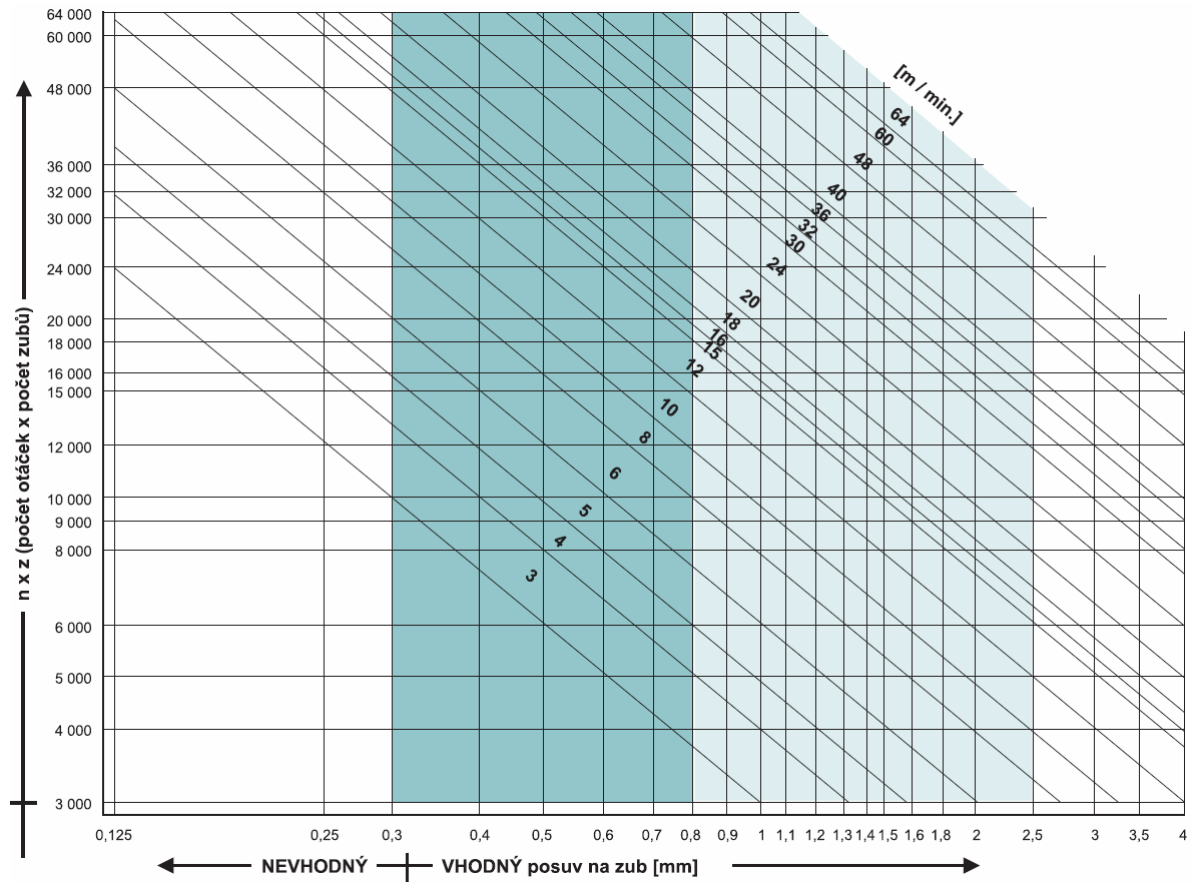
Tab. 3 Posuv na zub [6]

Rychlost posuvu $z = 2$

$n = 5000$ ot/min

$s_z = 0,4$ mm/zub

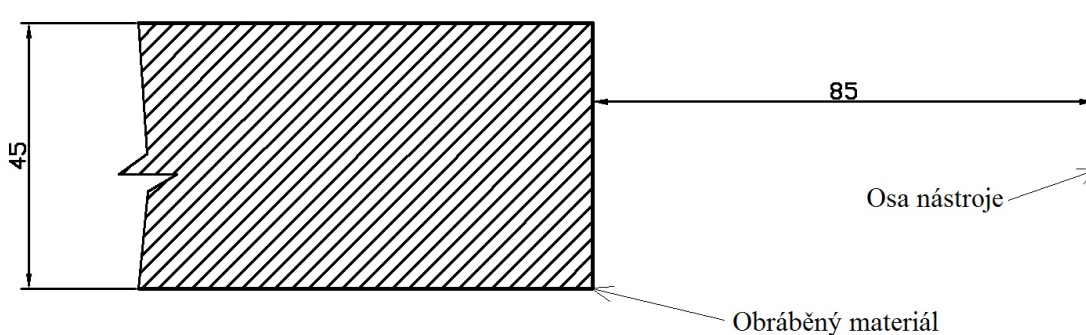
=> volím $s = 4$ m/min



Tab. 4 Diagram rychlosti posuvu [6]

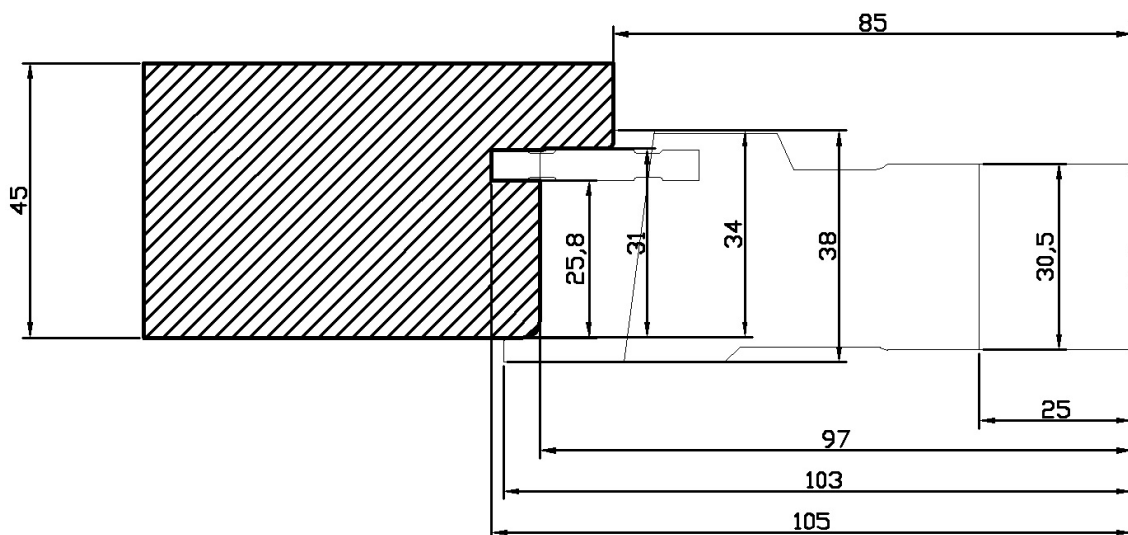
7.3 Tvar a materiál těla

Dle požadavků zákazníka, kterému pracovní stroj neumožní upnout stopkovou frézou, volím tělo frézy jako nástrčné. Zákazník dále zadal, že průchod obráběného materiálu frézou je od osy nástroje ve vzdálenosti 85mm a průměr na kterém bude fréza upnuta je 50mm. Upnutí frézy vyžaduje pouze pomocí přírub. To znamená že kroutící moment bude přenášen třením mezi nábojem frézy a přírubami.



Obr. 35 Vzdálenost materiálu od osy nástroje

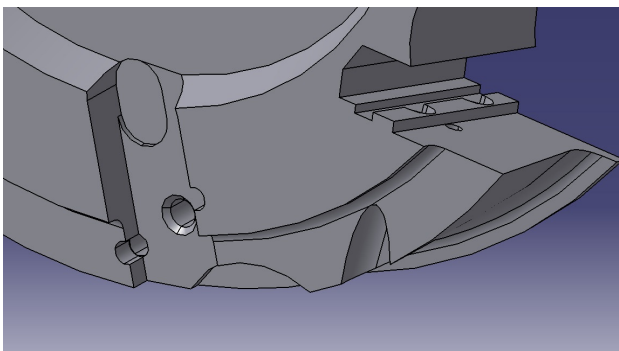
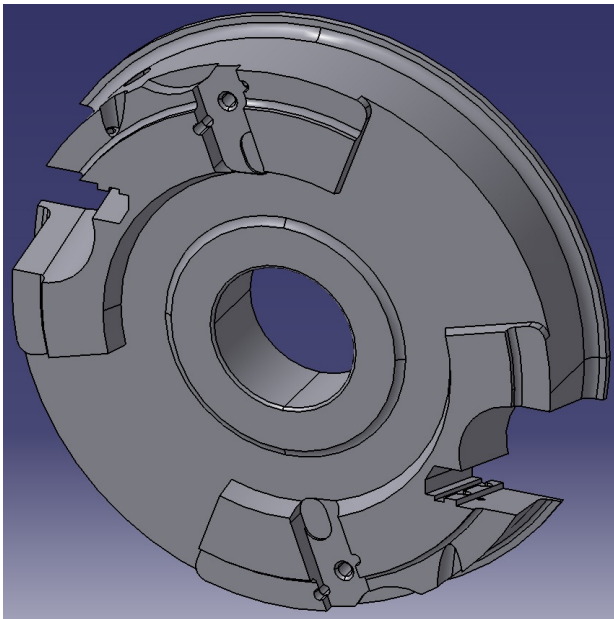
Vzdálenost 85mm určuji jako nejmenší poloměr, který bude fréza obrábět. Další průměry jsou odvozeny od frézovaného profilu. Šířku těla frézy volím dle obráběného profilu.



Obr. 36 Orientační návrh funkčních rozměrů na fréze

Nástrčné frézy jsou také méně náročné na konstrukci a výrobu než frézy stopkové. Pro tělo frézy volím ocel ČSN 12 050.1. Jedná se o nelegovanou konstrukční ocel, která je snadno

dostupná a levná. Má výborné vlastnosti z hlediska obrobiteľnosti a proto je vhodná. Ocelové tělo volím proto, že je schopné snášet větší rázy než tělo vyrobené z duralu.

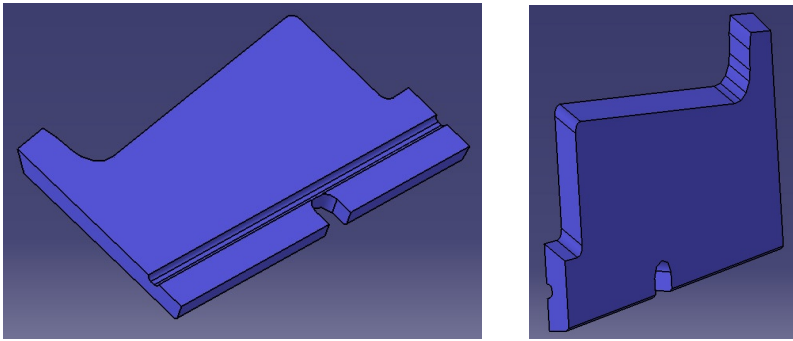


Obr. 37 Návrh těla dřevoobráběcí frézy

7.4 Materiál a tvar řezných destiček

Frézu jsem navrhl na obrábění tvrdého dřeva, z obráběného materiálu navrhuji že nejvhodnější materiál z kterého budou vybroušeny řezné destičky na hlavních zubech bude slinutý karbid. Polotovary ve formě dlouhých plátků s už předem vyrobenou drážkou na zamezení radiálního posuvu s výrobním označením MG-18 na frézu dodá výrobce Ceratizit. Destičky ze slinutých karbidů se používají na frézách obrábějících tvrdé dřevo hlavně proto, že mají vysokou tvrdost, odolnost proti otěru a tím zvýšenou trvanlivost, která je v porovnání s nástroji z nástrojové oceli až 100násobná. Nevýhodou slinutých karbidů je křehkost, která vyžaduje opatrné zacházení. Břit nástroje je třeba chránit před nárazem na kov a to opatrnou manipulací nebo správným zabalením. Tvar destičky je

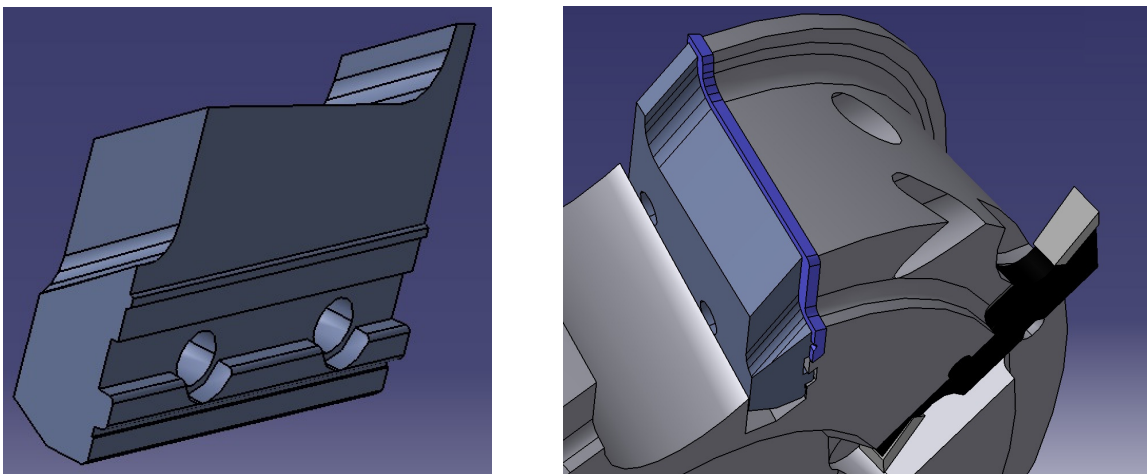
vyřezán a následně vybroušen. Řezná destička kopíruje rotační tvar těla nástroje a zároveň je negativem obráběné plochy.



Obr. 38 Návrh řezné destičky

7.5 Upnutí řezných destiček

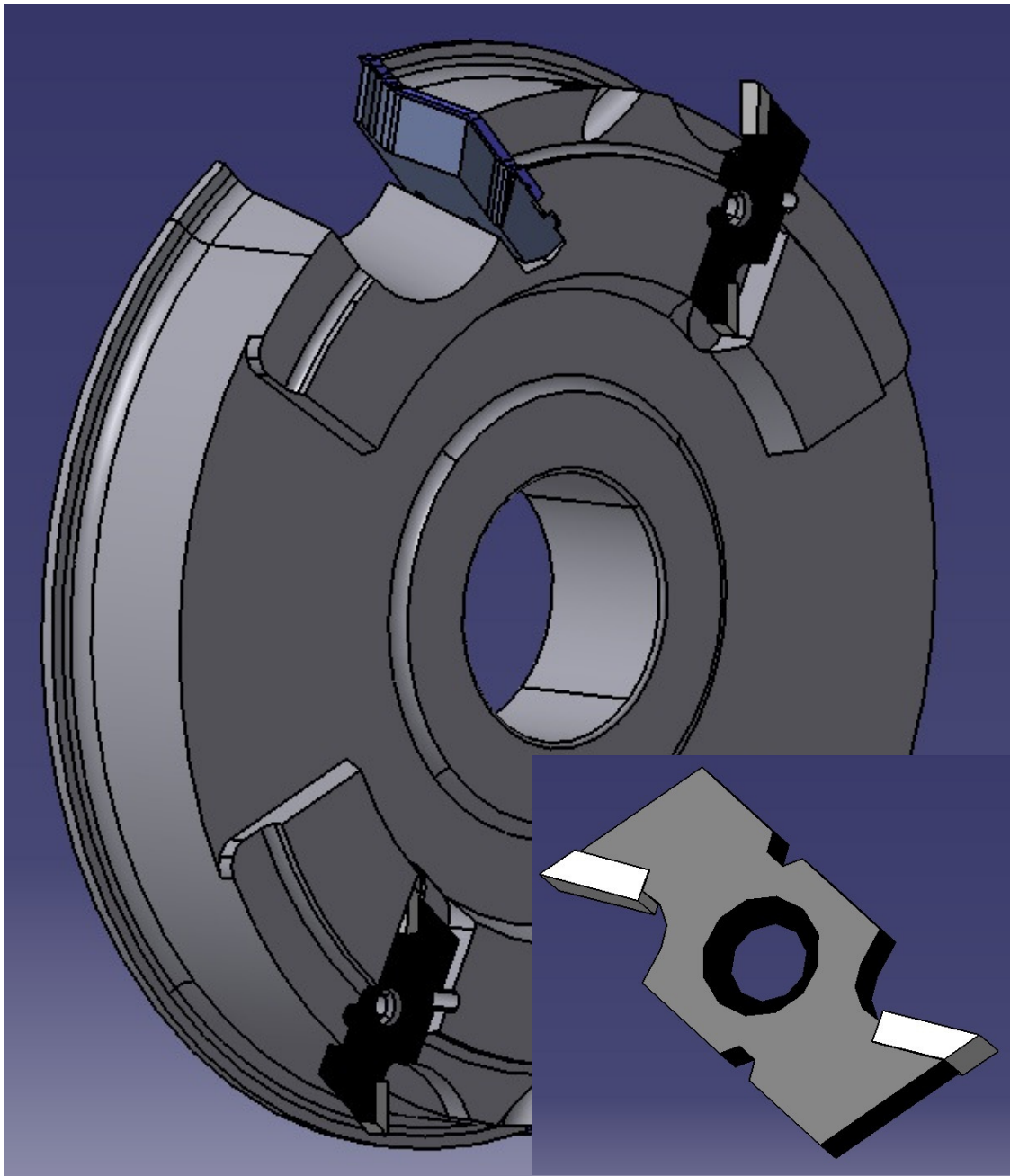
Řezná destička bude na těle frézy mechanicky přichycena pomocí ocelových klínů vyrobených z oceli ČSN 12 050.1, které jsou k tělu přitaženy pomocí metrických šroubů. Toto přichycení destiček volím z důvodu rychlé a relativně levnější výměny řezných destiček oproti destičkám pevně připájeným k tělu. Mechanické upnutí tedy usnadní a urychlí servis celého nástroje, protože destička bude vymezena pomocí kolíku na ustavení, který vždy garantuje přesné uložení destičky na těle. Výhodou je, že toto přichycení nabídne možnost zakoupení řezných destiček a jednoduché výměny samotným majitelem nástroje bez nutnosti servisu u výrobce.



Obr. 39 Klín a uchycení řezné destičky

7.6 Pomocný drážkovací nůž

Drážkovací nůž je dvoubřitý nástroj pro výrobu drážky ve frézovaném profilu, který bude mít tělo vyrobeno z materiálu ČSN 12 050.1. Pomocí indukčního pájení (viz str. 56, 57) bude k tělu drážkovacího nože připájen plátek ze slinutého karbidu, který bude vybroušený na příslušný profil. Tento nůž bude ustaven na těle pomocí kolíků na ustavení a následně připevněn pomocí šroubu k tělu frézy.

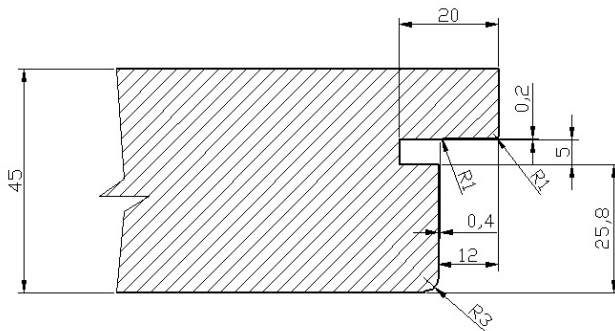


Obr. 40 Drážkovací nožik

8 TECHNICKÁ DOKUMENTACE

Technická dokumentace se skládá z návrhu frézy, výrobních výkresů jednotlivých komponent, výkresu sestavení celého nástroje, technologického postupu, které jsou nutné k výrobě dřevoobráběcí frézy.

1. Zákazník přichází s výkresovou dokumentací výrobku a s určitými požadavky, které by měl jeho nástroj splňovat. Požadavky na tvar který bude fréza obrábět, obráběný materiál, otáčky nástroje nebo způsob upnutí řezných destiček.



Obr. 41 Informativní část výkresu požadovaného výrobku

2. Zákazník poskytuje výkonnost a parametry stroje, která je důležitá při návrhu konstrukce frézy.
3. Je proveden předběžný návrh frézovacího nástroje, orientačně vypočítána cena požadované frézy a doba potřebná k její výrobě.
4. Konstrukteřem je vypracována výkresová dokumentace všech dílů, plus sestava vyráběné frézy. (viz. Přílohy 1-8)
5. Příprava výroby zadané frézy začíná u polotovarů jednotlivých částí nástroje. Zajištění polotovarů zadaných tvarů ve skladu, nebo jejich zakoupení.
6. Vytvoření jednoduchého technologického postupu. (viz. Str. 52, 53)
7. Po dokončení výroby je fréza zkompletována a prochází výstupní kontrolou která se skládá z přeměření rozměrů na optickém měřidle a vyvážení na vyvažovače. Z těchto měření je možno vytvořit výstupní list.

V rámci brigády jsem byl u celého výrobního procesu této frézy přítomen a nápomocen.

9 ZVOLENÉ TECHNOLOGIE

Technologie jsou považovány jako jednotlivé operace, nebo souhrn operací a veškerých výrobních strojů k výrobě daného nástroje na obrábění kompozitu. Volím tyto jednotlivé technologie.

Celá technologie výroby frézy na obrábění kompozitu, v tomto případě obrábění dřeva, začíná správným zvolením polotovaru z kterého se bude vyrábět. Volíme polotovar o vhodném průměru a tloušťce, který bude uřezán z normalizované ocelové kruhové tyče pomocí dvousloupové pily. Dvousloupovou pilu volím díky možnosti řezání větších průměru než na pile kotoučové

Polotovar je připraven na obrábění pomocí soustruhu, kde je na fréze vysoustružen konečný rotační tvar jejího těla. Jako výrobní technologii na výrobu těla jsem zvolil soustružení na CNC soustruhu z důvodu tvarové složitosti rotačního profilu těla. Výroba tohoto profilu by byla na obyčejném, počítačově neřízeném soustruhu pracná a časově náročná.

Všechny následující operace na těle frézy jsem navrhl na 5-ti osé CNC frézovací centrum a díky tomu, že na frézovacím centru lze provádět velké množství operací bez nutnosti vyjmutí obrobku. Proto na jedno upnutí frézy probíhá frézování zubových mezer, frézování odlehčení, výroba drážek na připevnění drážkovacích nožů a odlehčení těla frézy, vrtání veškerých děr a následné zhotovení závitů v některých otvorech, které slouží k mechanickému uchycení břitových destiček a klínů.

Klíny jsou vyráběny samostatně na 5-ti osém CNC frézovacím centru a poté je jejich profil zhotoven na profilové brusce pomocí kopírovacího pravítka. Bruska ovládaná ručně je volena kvůli své vysoké produktivitě a levnějšímu provozu než CNC bruska. Provádí se na ní obrábění nefunkčního profilu klínu.

Dále se pokračuje výrobou drážkovacích nožů. Jejich tělo je vyfrézováno na CNC fréze. Jelikož jsou dosedací sedla destiček malé, volím připájení řezných destiček pomocí indukčního pájení. Zuby jsou poté broušeny na Stojanové brusce do příslušných úhlů.

Další fází je zhotovení polotovaru řezné destičky, který se řeže s přídavkem na broušení profilu a s drážkou na usazovací kolík. I kvůli této drážce, která je malých rozměrů, volím

řezání pomocí drátové řezačky. Ta je schopna s vysokou přesností vyřezat i několik řezných destiček zároveň. To usnadní a urychlí výrobu destiček.

Následuje mechanické přidělení řezné destičky pomocí klínu a optická kontrola toho, jestli na sebe řezná destička, klín a sedlo zubu správně dosejí a není mezi nimi viditelná mezírka, nebo jiný mechanický problém, který by mohl být nežádoucí.

Jako další operací je alkalické černění těla frézy, klínů a drážkovacích nožů, které jsou z oceli. Ocel je náchylná na okolní vlivy jako jsou vlhkost vzduch nebo přímý kontakt s vodou. Povrchová úprava je provedena z důvodu zvýšení odolnosti povrchové vrstvy vůči tření a proti korodování.

Jedna z nejdůležitějších a nepřesnějších operací je broušení profilu řezné destičky. Broušení provádím na 5-ti osé CNC brusce pomocí diamantových kotoučů. Profil nabroušené destičky musí být přesný, proto volím počítačově řízenou brusku. Tím zabráním chybám vznikajícím při broušení na ručně obsluhovaných bruskách a zvýším produktivitu výroby destiček.

Profil a rozměry řezných destiček a drážkovacích nožů je měřen a kontrolován pomocí optického měřidla. S jeho pomocí kontroluji všechny funkční rozměry. Ihned zjišťuji veškeré chyby vzniklé při broušení.

Jednou z posledních fází je značení částí frézy pomocí vláknového laseru. Na každou část sestavy frézy vytvořím laserem popis který určuje pozice. To později usnadní případnou koupi a výměnu poškozené části frézy. Laserové popisování volím protože je jednodušší než popisování pomocí gravírovací frézy.

Poté následuje zkompletování všech částí nástrčné frézy, jejich seřízení a opět kontrola na optickém měřidle. Nyní se ale kontroluje chod celé frézy. Tímto přeměřením ještě můžu odhalit některé chyby, které jsou viditelné až po sestavení frézy a popřípadě frézu seřídít.

Jako předposlední operace je zařazuji vyvažování, provádí se na vyvažovačkách a má za úkol zjistit nevyvážené síly na těle frézy a následně je redukovat odvrtáním přebytečného materiálu, který tyto nevyváženosti způsobují.

Nakonec je seřízená a vyvážená fréza nakonzervována konzervačním olejem, zabalena do krabice a připravena do výroby.

10 STRUČNÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP

Dílec	Pořadí	Pracoviště	Pracovní úkon
Tělo frézy	1	Dousloupová pila	Upnutí tyče
			Uřezání polotovaru
			Kontrola
	2	CNC Soustruh	Upnutí
			Soustružení čela
			Vrtání díry
			Soustružení díry
			Otočení
			Soustružení druhé strany
	3	CNC Fréza	Kontrola
			Upnutí těla
			Frézování zubových mezer
4	Alkalické černění	Frézování odlehčení	
		Vrtání a vyvrtávání	
		Řezání závitů	
		Odjehlení	
		Kontrola	
		Černění v lázni	
		Klín	1
Frézování dosedací plochy			
Frézování bočních ploch			
Vrtání			
Řezání závitů			
Odjehlení			
2	Profilová bruska		Kontrola
			Upnutí klínu
			Broušení profilu
3	Alkalické černění		Kontrola
			Černění v lázni
			Řezná destička
1	Drátová řezačka		Upnutí polotovaru
			Řezání hrubého profilu
			Řezání drážky
	2	CNC bruska	Upnutí destičky
			Broušení profilu
			Kontrola
Podložka	1	Soustruh	Upnutí tyče
			Soustružení obvodu
			Vrtání díry
			Upichnutí
			Kontrola

Tab. 5 Stručný technologický postup dílů sestavy 1/2

Dílec	Pořadí	Pracoviště	Pracovní úkon
Drážkovací nůž	1	CNC fréza	Upnutí
			Frézování zubových mezer
			Frézování obvodu
	2	Rezačka	Upnutí polotovaru destičky
			Řezání řezných destiček
	3	Indukční páječka	Tavidlo
			Vložení pájky
			Připájení destiček
	4	Alkalické čemění	Černění v lázni
	5	Nástrojová bruska	Upnutí nože
			Broušení čel zubů
			Broušení hřbetů zubů
			Broušení boků zubů

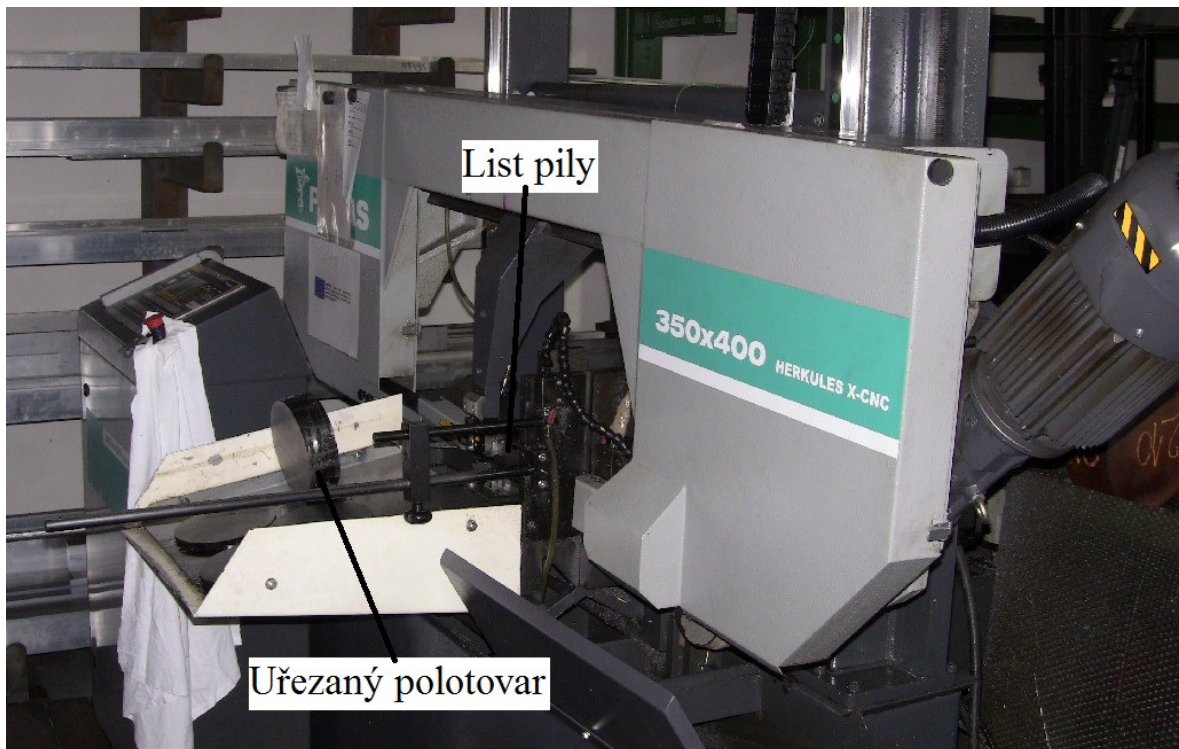
Tab. 6 Stručný technologický postup dílů sestavy 2/2

11 VÝROBA FRÉZY POMOCÍ ZVOLENÝCH TECHNOLOGIÍ

Výroba samotné frézy je rozdělena na několik fází. Budou se v nich popisovat stroje na kterých se daná operace uskuteční, principy na kterých stroje pracují a operace, které tyto stroje provedou. Tyto fáze na sebe budou postupně navazovat, až k dokončení finálního výrobku, a to dřevoobráběcí nástrčné frézy s mechanicky upnutými řeznými destičkami.

11.1 Dělení materiálu

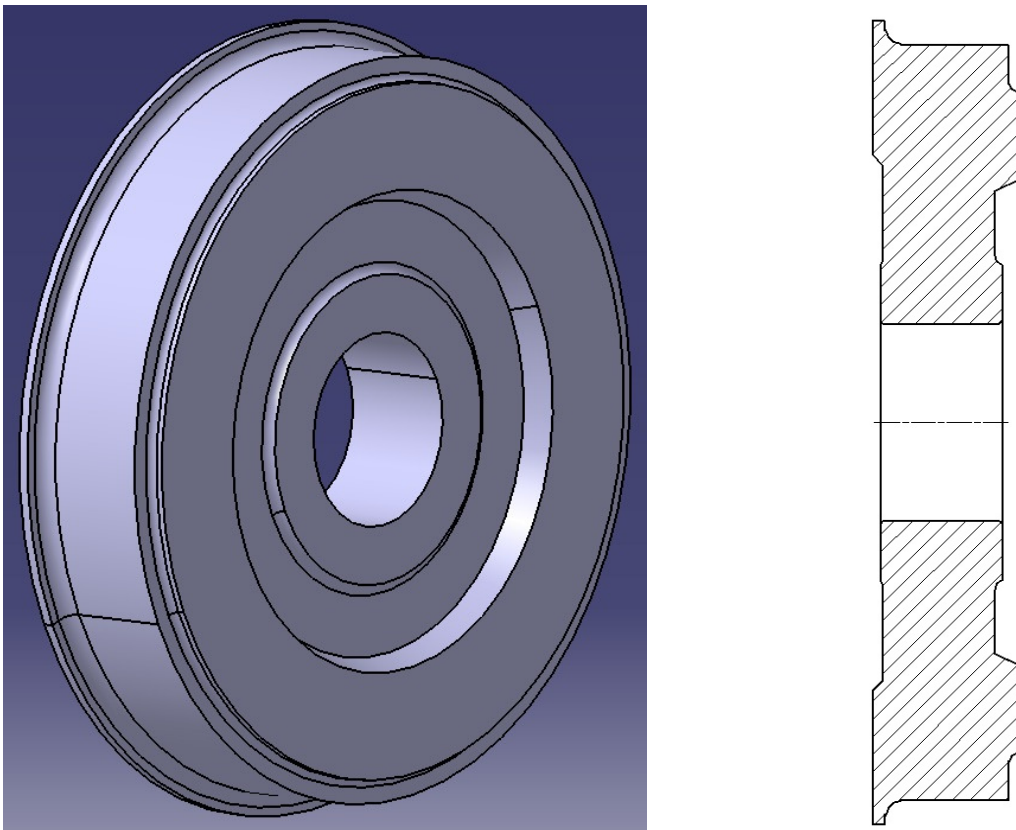
Prvním cyklem ve výrobě frézy je dělení materiálu (profilu) pro výrobu těla. Materiál těla frézy je dle návrhu volen ČSN 12 050.1, polotovar je řezán z tyče kruhového průřezu o průměru 210mm na tloušťku 40mm. Oba tyto rozměry jsou voleny i s ohledem přídávku na obrábění. Tento polotovar bude z příslušné tyče řezán pomocí počítačově řízené, rámové, dvousloupové pily PEGAS GONDA Herkules X-CNC, která řeže plné materiály do maximálních rozměrů 400x350mm nebo maximálního průměru 250mm. Pila má plynule regulovatelnou řeznou rychlost 20-100 m/min a pracovní pohyby jsou zprostředkovány pomocí hydraulické centrály. Pila se skládá z litinového rámu, v němž jsou upevněny dva sloupce na kterých je vedeno rameno pily, pilového listu z rychlořezné oceli, svěráku, třífázového elektromotoru, pracovního stolu a chladicího systému.



Obr. 42 Dvousloupová pásová pila

11.2 Soustružení těla

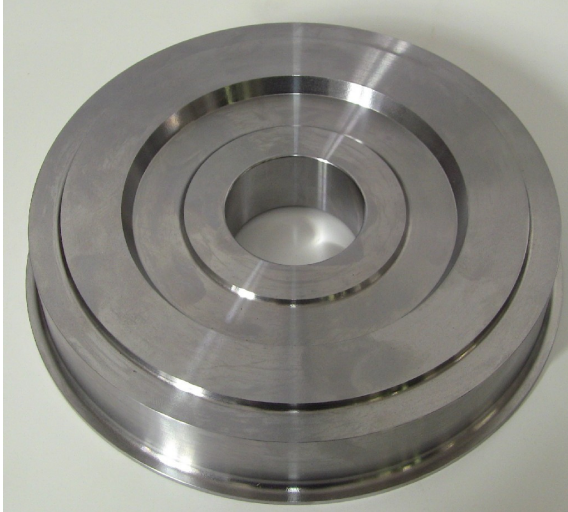
Dalším krokem ve výrobě frézy je soustružení těla. To probíhá na počítačově řízeném soustruhu SPS 25 CNC - 3 . Je to poloautomatický revolverový soustruh s 12-ti polohovou nástrojovou hlavou a plynule regulovatelnými otáčkami vřetenem od 20 do 4000 ot./min. Maximální průměr tyče nebo trubky procházející vřetenem je 63mm a největší možný oběžný průměr nad podélným suportem je 480mm.



Obr. 43 Model soustruženého těla

Polotovár uřezaný na pásové pile je upnut do sklíčidla. Je spuštěn a nastaven program s drahami nástrojů, velikostí třísky, výměnou nástrojů, optimálními otáčkami a řeznou rychlostí. Na materiál ČSN 12 050.1 jsou použity soustružnické nože s destičkami ze sliutých karbidů které zaručují nástroji delší životnost než nože s destičkami z rychlořezné oceli. Jako první je soustruženo čelo těla, poté obvod s profilem a nakonec je vyvrtána a vystružena díra. Všechny operace soustružení probíhají za stálého přívodu chladicí kapaliny. Soustružením je dosažena drsnost povrchu Ra 1,6. Tato jakost je dostačující a tělo už se nadále povrchově neupravuje. Díra a dosedací plocha náboje jsou soustruženy na

hotovo bez přídavků, nebude na nich prováděno broušení. Díra je vystružena s tolerancí H7, a to vůči hřídeli zaručuje uložení s vůlí. Po soustružení jedné strany a profilu je tělo frézy ve sklíčidle otočeno a je dohotovena druhá strana.



Obr. 44 Vysoustružené tělo

11.3 Frézování těla

Frézování těla dřevoobráběcí frézy probíhá na počítačově řízeném, 5-ti osém frézovacím centru HERMLE B300. Tato frézka je vybavena plně automatický zásobníkem na 30 nástrojů. Rychlost vřetene jde plynule nastavit až do 15 000 ot/min, což umožňuje velmi dobrou jakost povrchu.



Obr. 45 5-ti osé Frézovací CNC centrum Hermle B300

Vysoustružené tělo frézy je pomocí trnu upevněno na otočném stole CNC frézky. Poté je tělo přeměřeno dotykovou sondou, aby nedošlo při najíždění nástrojů k obrobku ke kolizím. Zubové mezery o daných rozměrech jsou frézovány válcovou frézou a drážky pro klíny frézou kotoučovou. Dále jsou na těle vyfrézovány odlehčení a drážky pro výměnné drážkovací nože. Na konec jsou vyvrtány díry na usazovací kolíky, díry se závitem na uchycení drážkovacích nožů a díry, které jsou zahlubeny pro hlavy šroubů. Veškeré rozměry, řezné podmínky a nástroje frézovacímu centru nastavuje vytvořený CNC program. Po vyfrézování se musí odstranit otřepy na hranách.



Obr. 46 Hrubování zubové mezery



Obr. 47 Vyfrézované tělo

11.4 Frézování a broušení klínů

Na 5-ti osém frézovacím centru HERMLE B300 jsou také vyrobeny klíny, které mají za úkol mechanické upnutí řezné destičky k tělu frézy. Ty jsou z materiálu ČSN 12 050.1 a vyfrézovány do odpovídajícího tvaru pomocí kotoučových a válcových fréz. Následně je do nich vyvrtána dvojice děr se závitem pře který se přitahují řezné destičky k tělu frézy. Frézování je řízeno vytvořeným CNC programem.

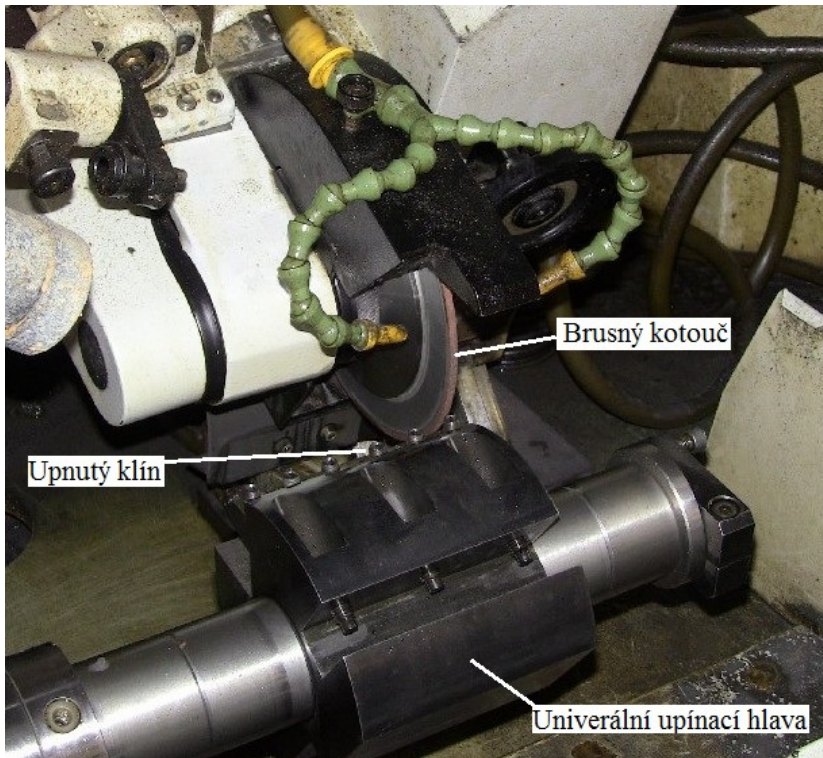


Obr. 48 Vyfrézované klíny

Na vyfrézované klíny se dále musí vybrousit profil. Ten je vybroušen pomocí profilové brusky WEINIG RONDAMAT 960. To je stolová bruska na broušení profilů pomocí šablon. Broušení probíhá pomocí brusných kotoučů. Ty mají nosné tělo z oceli a na jejich obvodu je nanesena brusná vrstva. Ta je v případě oceli z kubického nitridu boru. Řezná rychlost kotoučů je do 80m/s a úběr materiálu se pohybuje v rozmezí od 0,01 do 1mm na jeden pracovní posuv.

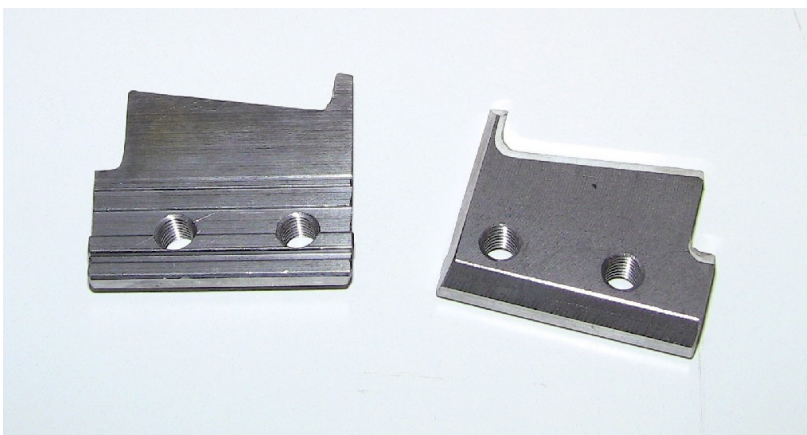


Obr. 49 Profilová bruska WEINIG RONDAMAT 960.



Obr. 50 Detail kotouče a upínací části profilové brusky WEINIG RONDAMAT 960.

Klín je mechanicky upnut v otočné upínací hlavě, která je uložena na pohyblivé pracovní desce. Šablona je vyrobena z konstrukční oceli přesně podle tvaru profilu klínu a je upevněna na pohyblivé části stolu. Při broušení kopíruje hrot šablonu a tím udává dráhu při broušení profilu klínu. Hrot má stejný profil jako brousící kotouč a je připevněn k nepohyblivé části. Upínací hlava je skloněna pod úhlem a to umožní vybrousit profil pod daným úhlem. Posuvný pohyb vykonává pouze klín připevněný na pohyblivé části, kotouč je pevně ustaven. Během broušení je klín a kotouč neustále chlazen, aby nedocházelo k nežádoucímu zahřívání a ke změně vlastností oceli.

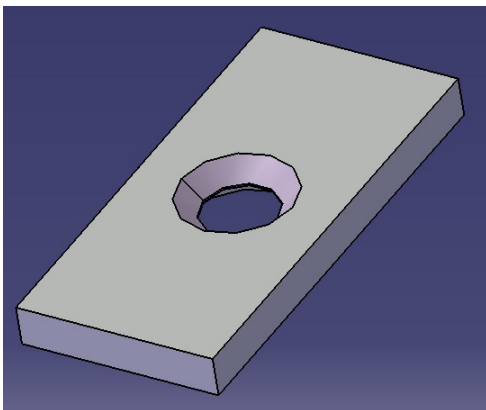


Obr. 51 Vybroušený profil na klínech

11.5 Výroba drážkovacích nožů

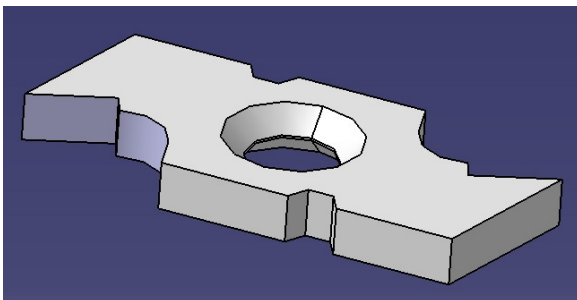
Polotovary těl na drážkovací nože jsou zřezány pomocí kotoučové pily, která je u menších průměrů velmi výkonná a produktivnější než dvousloupová pila s řezným listem. Kotouče jsou z rychlořezné oceli a větší průměry kotoučů mají zuby ze slinutého karbidu. Dělení je snadné a rychlé. Pila je omezena průměrem kotouče a tak i průměrem, který na těchto pilách můžeme dělit. Řezaný polotovary na tělo drážkovacího nože bude z kulaté plně ocelové tyče z materiálu ČSN 12 050.1.

Tělo je z polotovaru vysoustruženo na CNC soustruhu pomocí nožů s destičkami ze slinutého karbidu. Celý obráběcí proces je řízen pomocí nastaveného CNC programu. Po soustružení jedné strany je tělo otočeno a je dodělána druhá strana. Díra v těle drážkovacího nože slouží jen k mechanickému upnutí pomocí šroubu k tělu frézy, proto je vyvrtána a zahlubena s dostatečnou vůlí pro šroub.



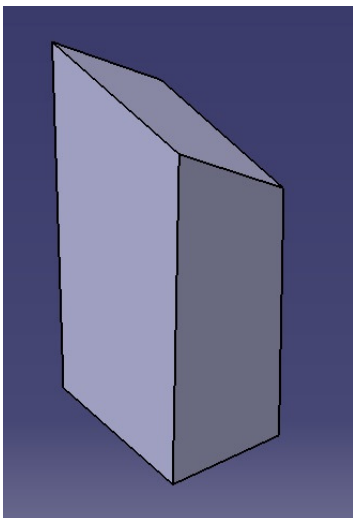
Obr. 52 Vysoustružené tělo drážkovacího nože

Tělo je pomocí díry upnuto na přípravek je dále obráběno na CNC frézce kde jsou pomocí vytvořeného CNC programu vyfrézovány zubové mezery, sedla na řezné destičky a drážky podle kterých se bude nůž ustavovat do frézy.



Obr. 53 Vyfrézované tělo drážkovacího nože

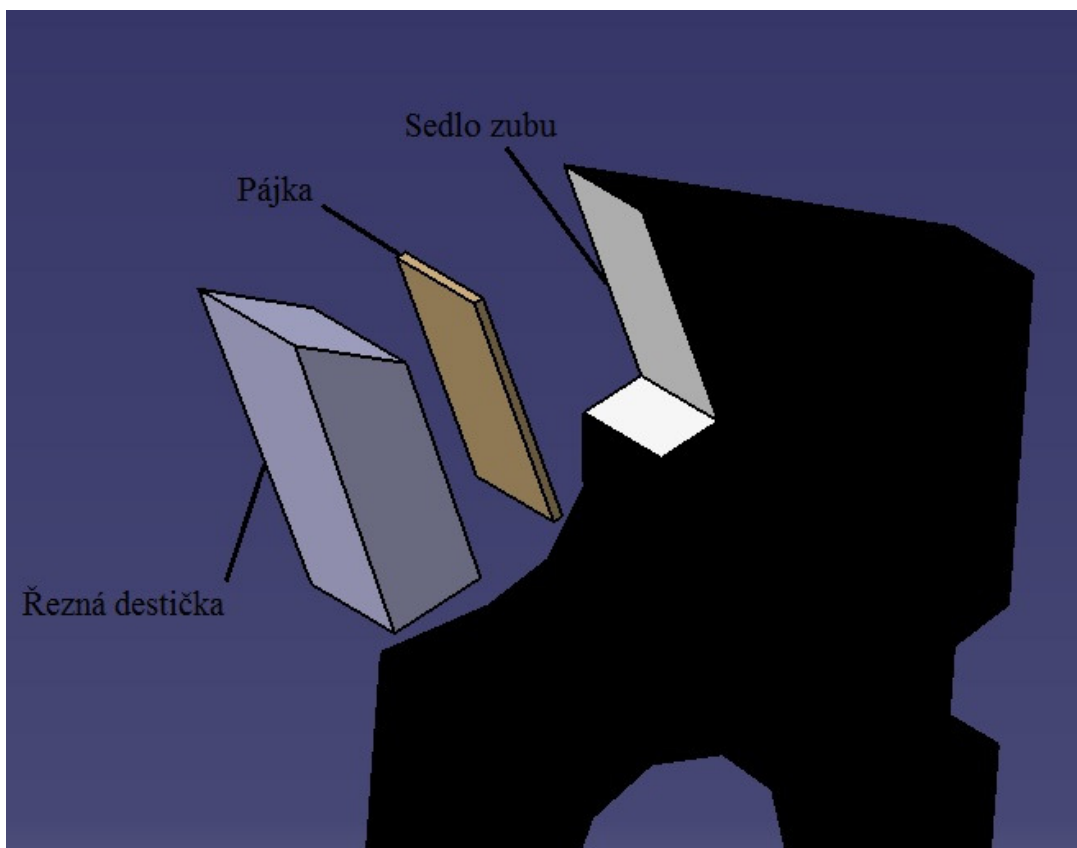
Výroba pokračuje výrobou řezných destiček ze slinutého karbidu. Slinutý karbid je řezán na univerzální manuální řezače, kde je tyč připevněna přídržovači k předem nastavenému dorazu. Plátek karbidu je řezán s přídávkem 1mm od šířky zubu jež je udávána na výrobním výkrese pro lepší pájení a pro dostatečný přídavek na broušení. Řezání je prováděno diamantovým čelním řezacím kotoučem o šířce 2mm. Kotouč se skládá s ocelového nosného těla, které je po obvodu potaženo vrstvou syntetického či přírodního diamantu, která zaručuje dobré řezné vlastnosti a dokonalý úběr materiálu. Řezná rychlost kotouče se pohybuje od 10-80 m/s. Slinutý karbid se po celou dobu řezání chladí řeznou kapalinou do které se při řezání uvolňují nebezpečné látky a usazují se v nádrži s chladicí kapalinou.



Obr. 54 Řezná destička

Nařezané plátky ze slinutých karbidů a pískovaná sedla odmastíme technickým lihem, abychom zabránili špatné přilnavosti pájky. Pájka s výrobním označením 49/Cu BD od výrobce UMICORE je měděný plech, který je pokrytý vrstvou stříbra, které zabraňuje jeho oxidaci. Síla pájky bývá od 0,3 do 1 mm. Na pájku se pomocí šablony a rýsovací jehly obrysuje přesný tvar sedla zubu a poté se vystřihne nůžkami na plech. Při pájení slinutých karbidů je nanášeno na sedlo zubu tavidlo, specifikované jako nekovová látka, která odstraňuje oxidy při pájení a zamezuje tvorbě nových. Druhy tavidel musí být přizpůsobeny pracovní teplotě pájky. Tavidlo je nanášeno i na plátek. Pájení probíhá způsobem vložené pájky, kdy je pájka vložena mezi sedlo a plátek. Poté je pájený zub zahřátý na pájecí teplotu 550-800 °C (pájení natvrdo). Indukční pájení je určeno k měkkému nebo tvrdému pájení kovových součástí. Tepelná energie se uvolňuje ve hmotě

pájených zubů. Aplikační induktor je vytvořen z duté měděné trubice, kterou proudí chladicí kapalina. V jeho středu, kde je zub frézy, se vytváří vysokofrekvenční magnetické pole, kolem kterého se indukují vířivé proudy a zub ohřívají. Induktor lze případně tvarově přizpůsobit ohřívanému zubu frézy. Koncentrace tepelné energie do bezprostředního okolí pájeného místa umožňuje podstatné zkrácení teplotní expozice, zaručuje rovnoměrnost ohřevu a reprodukovatelnost procesu. Přenos energie ze zdroje je indukční, přičemž se pracuje v oblasti frekvencí od 10 kHz do 150 kHz. U slinutých karbidů se po pájení musí nechat fréza samovolně zchladnout, protože při rychlém zchladnutí by se poškodily napájené zuby vlivem vnitřních pnutí.



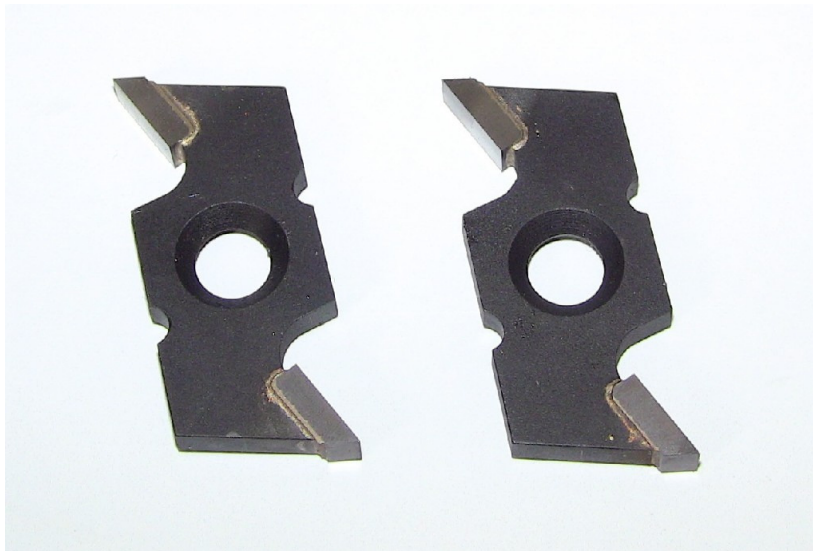
Obr. 55 Modelace pájení plátku

Po připájení plátků na zuby vzniká kolem pájeného spoje výtok přebytečné pájky a tavidla který se přitaví k tělu a na těle jsou viditelné stopy po prohřátí těla. Ty jsou odstraněny pomocí pískování (brokování). Pískování je založeno na vrhání kuliček z kalené oceli nebo bílé litiny na předem obrobenou plochu. Kuličky mají průměr od 0,3 do 3mm. Na plochu těla jsou kuličky vrhány tlakem vzduchu o velikosti 3,5 - 14 barů dle použité pohonné jednotky (kompresoru). Tlak kompresoru vhání abrasivo gumovou hadicí přes trysku přímo do pracovního prostoru. Při pískování dochází k narážení kuliček do materiálu a k

deformaci plochy. Následkem je zvýšení pevnosti povrchu, zlepšení jakosti povrchu, odstranění nečistot a mírných nerovností .

Po úpravě povrchu je na těle provedena povrchová úprava alkalickým černěním, která zamezí korodování ocelového těla.

Broušení čela, boků a profilu zubů probíhá na nástrojové brusce. Drážkovací nůž je připevněn na dělicím přístroji a do příslušných rozměrů nabroušen pomocí brusných kotoučů, které jsou tvořeny duralovým tělem a nalepenou vrstvou diamantového brusiva. Řezná rychlost kotoučů bývá do 80 m/s a při broušení nedochází k chlazení, protože při rychlém ochlazení slinutého karbidu může dojít k jeho poškození. Broušení čela zubu probíhá dle požadavků na kolmost čela k pracovnímu stolu a rovnoběžnosti čela frézy s čelem kotouče. Úběr na čele zubu probíhá záběrem 0,03 – 0,05 mm na jeden pracovní posuv. Zuby na čele jsou broušeny tzv. na jednu nastavenou nulu, což znamená stejný úběr materiálu na všech zubech. To je docíleno pomocí dělicího přístroje a tak je zaručena stejná tloušťka řezných plátek. Při broušení boku zubu je zub vždy vodorovně v ose brusného kotouče a také vodorovně s pracovním stolem. Pokud je fréza konstruována pro záběr do plného materiálu , její boky musí být podbroušeny, aby nedocházelo k tření boků zubů o materiál a nedocházelo k zahřívání frézy ani řezaného materiálu. Podbrus je docílen vytočením dělicího přístroje. Úběr materiálu na bocích a na profilu je stejný jako úběr na čele, což je 0,03 až 0,05 mm na jeden pracovní posuv.



Obr. 56 Drážkovací nožičky

11.6 Výroba polotovaru řezných destiček

Výroba polotovaru řezných destiček provádím na počítačově ovládané elektroerozivní drátové řezačce FANUC ROBOCUT α -1iD, která používá klasické mosazné dráty průměru 0,3-0,1 mm. Rychlost drátu až 15m/min. Jakost řezaného povrchu Ra 0,4-0,1 μ m. Řezačka umožňuje i řezání pod úhlem větším než 45° a vyrábí s přesností 0,0001mm.



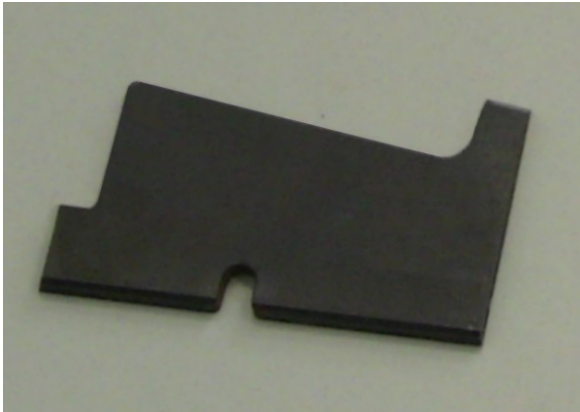
Obr. 57 Drátová řezačka FANUC ROBOCUT α -1iD



Obr. 58 Pracovní kád' drátové řezačky FANUC ROBOCUT α -1iD

Polotovar řezné destičky je upnut ve svěráku drátové řezačky, po napuštění pracovní kádě dielektrikem se spustí program a začíná řezání. K řezání dochází pomocí erozí, které jsou způsobeny pravidelnými elektrickými výboji mezi drátem a obráběnou vodivou destičkou.

Na destičce vyhrubuji profil s přídavkem na broušení, který je 0,5mm. Dále je programem vyřezána drážka pro ustavovací kolík.



Obr. 59 Vyhrubovaná řezná destička

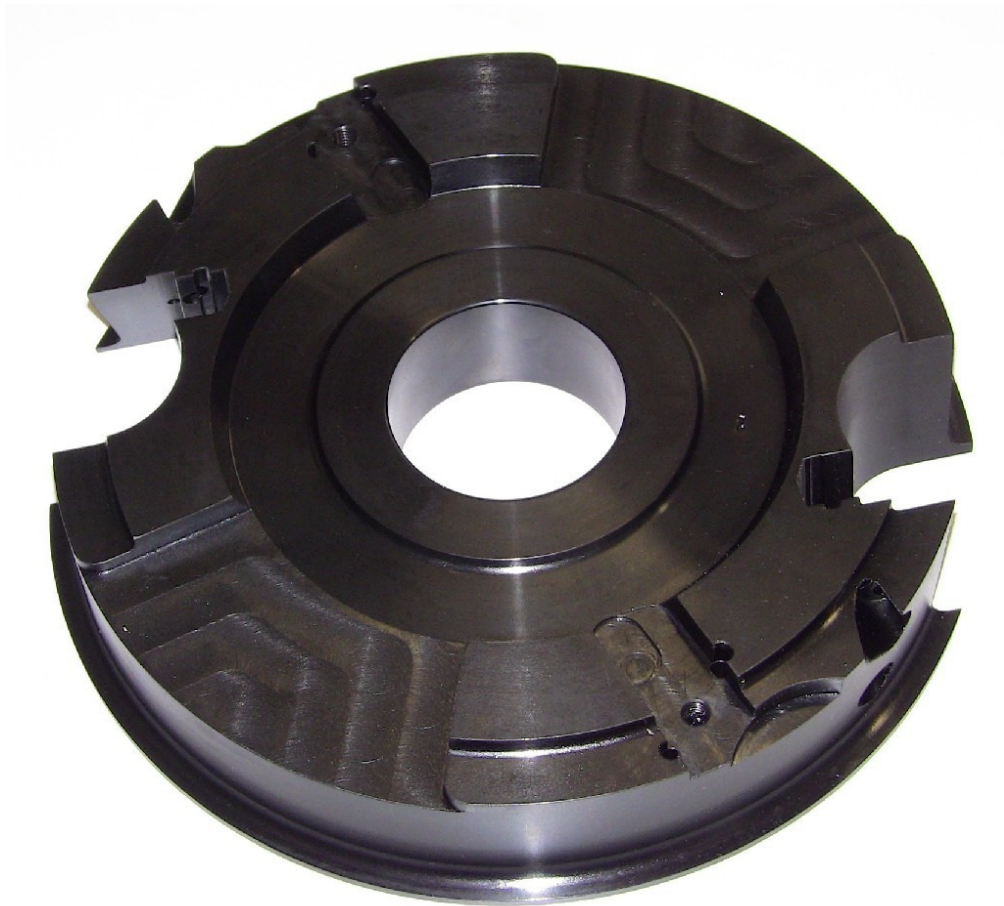
11.7 Optická kontrola dosednutí destiček

Prakticky už jsou vyrobeny všechny kusy celkové sestavy frézy. Nyní se musí zkontrolovat, zda na sebe vyrobené díly správně dosedají. Přiložením vyhrubovaných řezných destiček k čelu zubu je zjištěno, zda není mezi destičkou a čelem viditelná mezera. Pokud není viditelná mezera ani jiné chyby, je přiložen klín. Opět je zkontrolováno zda na sebe všechny položky z celkového sestavení frézy dokonale sednou a zda není viditelná jakákoliv chyba na tvarech daných součástí. Kontroly probíhají pouze okem, protože většina nerovností a nedokonalostí je ihned viditelná. Dále se k tělu frézy přiloží drážkovací nůž a proběhne totožná kontrola dosednutí ploch. Pokud jsou všechny dosedací plochy v pořádku, následuje ostření řezné části destiček.

11.8 Alkalické černění

Všechny části sestavy dřevoobráběcí frézy musejí být povrchově upraveny aby nedocházelo ke korodování ocelových částí. Tělo, klíny a drážkovací nože proto musejí podstoupit povrchovou úpravu a to alkalické černění. Alkalické černění je chemická povrchová úprava, která má především zabezpečit zlepšení vzhledu frézy, ale také zvýšení korozní odolnosti černěných součástí. Fréza musí být před samotnou úpravou dokonale čistá a odmaštěná. Před vlastním černěním se součásti aktivují ve vodném roztoku kyseliny chlorovodíkové, následuje opláchnutí a vlastní černění. Topný systém musí být

schopen udržovat v černicí lázni pracovní teplotu v rozmezí 120 - 130 °C, aby bylo možno dosáhnout požadované kvalitní vrstvy o tloušťce 1,5 - 2 μm. Změna rozměrů černěných fréz je menší než 0,25 μm. V první fázi černicího procesu se kov v lázni rozpouští a následně za probíhajících oxidačně-redukčních pochodů se z přesyceného roztoku chemicky proměněný kov vylučuje na povrchu součástí ve formě černé vrstvy.

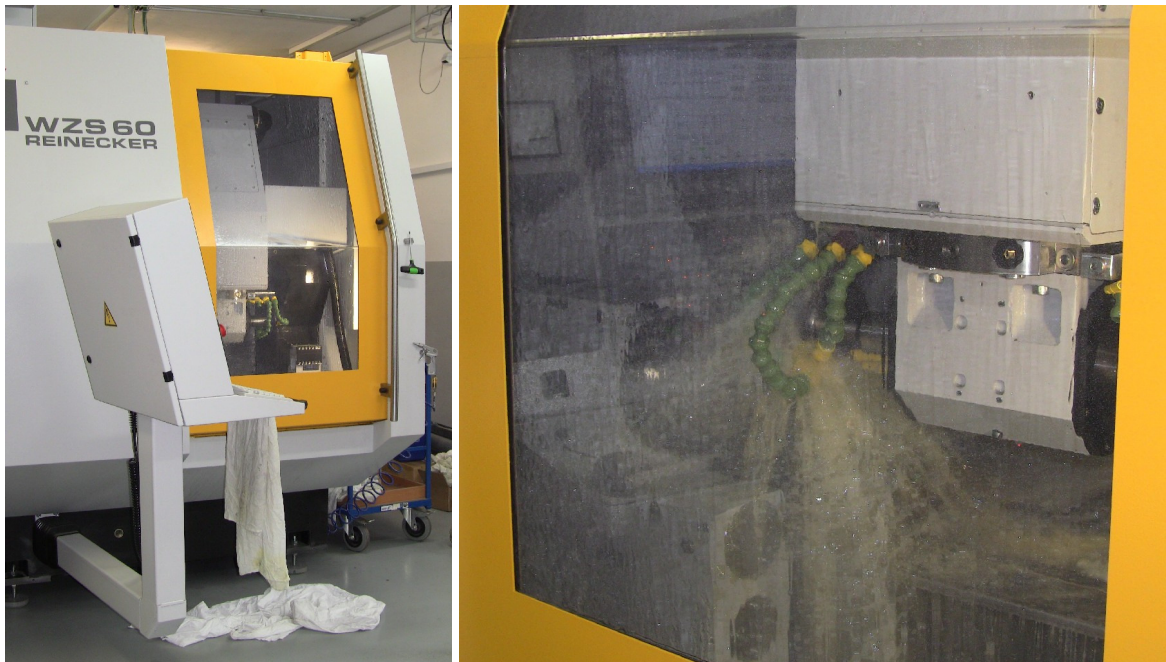


Obr. 60 Načerněné tělo frézy

Pro odstranění zbytků solí po černění je vhodné zařadit opláchnutí teplou vodou. K neutralizaci zbytků solí se doporučuje součásti ponořit po černění do zředěné kyseliny chromové. Po dokonalém opláchnutí následuje sušení frézy. Výsledkem černění je vytvoření tzv. konverzní vrstvy. Jako poslední a velmi důležitou operací je konzervace ve vhodném konzervačním prostředku (pokud možno neropného původu). Výsledkem dokonalého alkalického černění je lesklý černý povrch ozdobně-ochranného charakteru.

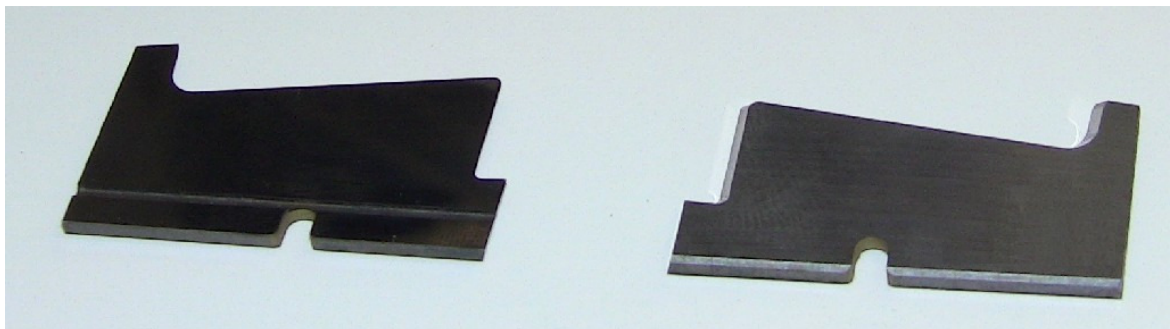
11.9 Broušení profilu řezné destičky

Profil řezné destičky je negativem obráběné plochy. Na jeho přesném nabroušení závisí kvalita a tvar výrobku. Broušení řezných destiček se uskutečňuje na 5-osém brousícím centru REINECKER WZS 60. Toto brousící centrum je počítačově řízená ostříčka na ostření rotačních nástrojů. Je schopna brousit přesností 0,0001mm pomocí brusných kotoučů o maximálním průměru 203mm a maximálními otáčkami 9000ot/min.



Obr. 61 Univerzální ostříčka REINECKER WZS 60

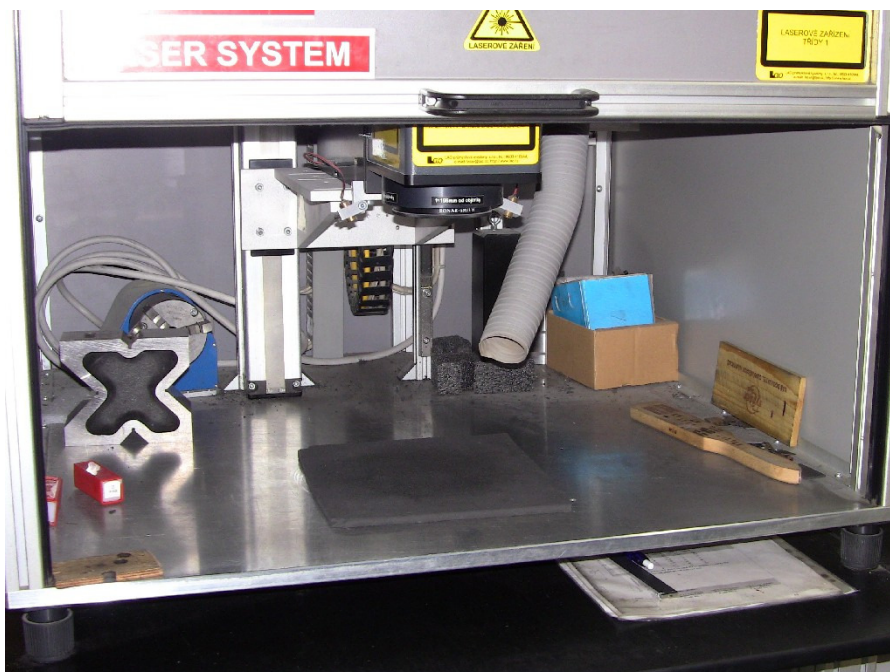
Vyhrubovaná řezná destička je upnuta do univerzálního přípravku. Broušení je řízeno CNC programem a provádí ho brusný kotouč s brusnou vrstvou z umělého diamantu. Na řezných destičkách je vybroušen úhel hřbetu 41° a úhel bočního podbroušení 25° . Po nabroušení jsou rozměry řezné destičky změřeny na optickém měřidle.



Obr. 62 Vybroušené řezné destičky

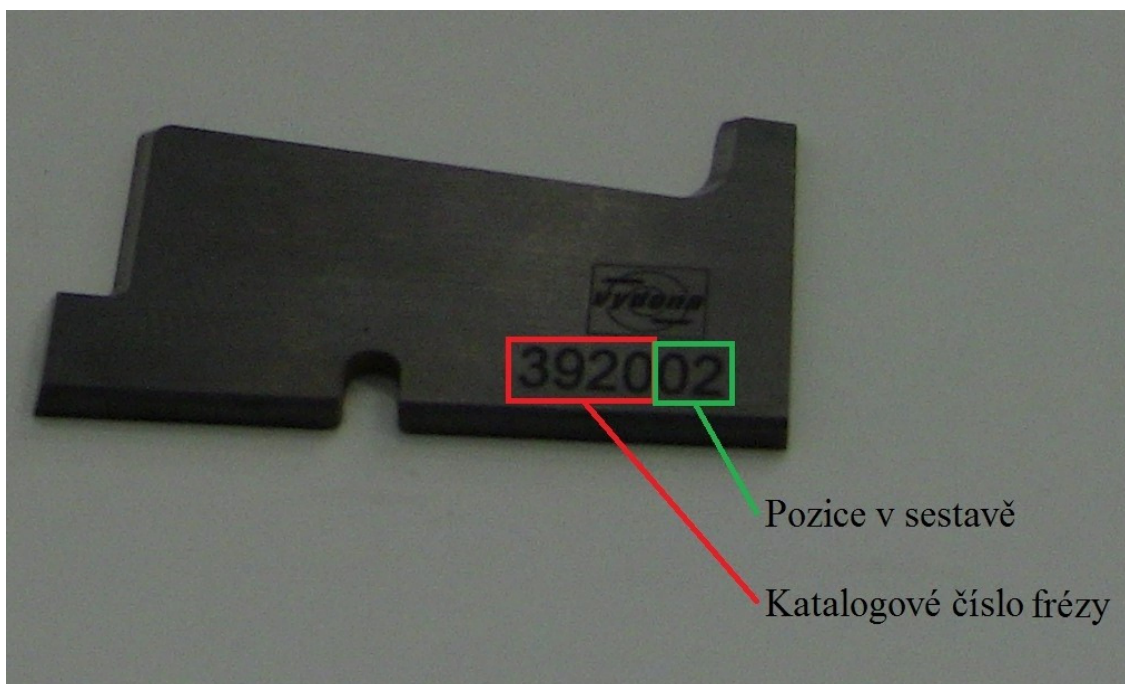
11.10 Vylaserování označení

Laserování je vůbec nejpoužívanější značící metoda nástrojů. Laser na povrchu součásti vytváří stálý, mechanicky odolný a velmi kontrastní popis. Na frézu a ostatní její výměnné díly bylo použito popisování pomocí vláknového laseru LAO SHINE. Vláknový laser funguje na principu vytváření laserového paprsku pomocí čerpacích diod a aktivního optického vlákna. Tento laser nepotřebuje aktivní chlazení.



Obr. 63 Vláknový laser LAO SHINE

Výhodou oproti mechanickému gravírování je větší přesnost a doba značení. Další výhodou je možnost značení i nejtvrďší materiálů jako je titan, slinutý karbid a další tvrdé kovy. Popisy na frézách a jejich součástech jsou důležitým faktorem pro zákazníka, který si díky nim může objednat daný kus, pouze podle číselného označení. To urychluje a zjednodušuje komunikaci mezi servisem a zákazníkem. Popis na fréze se nejčastěji skládá z největšího průměru, největší šířky, průměru díry a z označení materiálu použitého na řezných destičkách. U řezných destiček je popis totožný s číslem výkresu a je tvořen číslicemi, které udávají katalogové číslo nebo se značí individuálním číselným značením dle zákazníka. Toto katalogové číslo jsem vymyslel a není na ničem závislé.



Obr. 64 Příklad katalogového značení



Obr. 65 Značení drážkovacího nože

11.11 Zkompletování sestavy

Jako finální operace je zkompletování celé dřevoobráběcí frézy. Do těla frézy se nalisují kolíky k vymezení polohy řezné destičky. Poté se přiloží klín a vše je za pomoci momentového klíče přitaženo šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem nebo vnitřním torxem. Následně se do speciálních drážek s kolíky ustaví i pomocné drážkovací nože. Pomocí momentového klíče a šroubů se zápustnou hlavou s vnitřním šestihranem nebo vnitřním torxem se tyto nože přitáhnou k tělu. Po zkompletování celé frézy následují poslední práce, která se týkají výstupní kontroly a přípravy pro zákazníka.



Obr. 66 Zkompletovaná dřevoobráběcí fréza

12 VÝSTUPNÍ KONTROLA

Po sestavení frézy nastává první z výstupní kontroly a to je měření na optickém měřidle. Měření je provedeno na optickém měřidle ZOLLER SMART CHECK 450, který měří v ose Z a X. Měřit jdou délky, rádius, průměr, poloměr a úhly s přesností 0,005mm respektive stupně. Fréza je ustavena na vertikálním výměnném trnu. Měřící zařízení je opatřeno optickým snímačem který můžeme libovolně pohybovat a nastavovat ho k měření profilu zubu. Snímaný obraz zubu se promítá na displeji, na kterém je vidět aktuální poloha zubu a jeho rozměry. Při správném měření musí být čelo zubu nastaveno kolmě k optickému paprsku. Pohyb optického zařízení v ose Z (rovnoběžné s trnem) je omezen na 600 mm, maximální měřený rádius nemůže přesáhnout 175 mm a změřitelný průměr frézy v ose X je maximálně 350 mm.

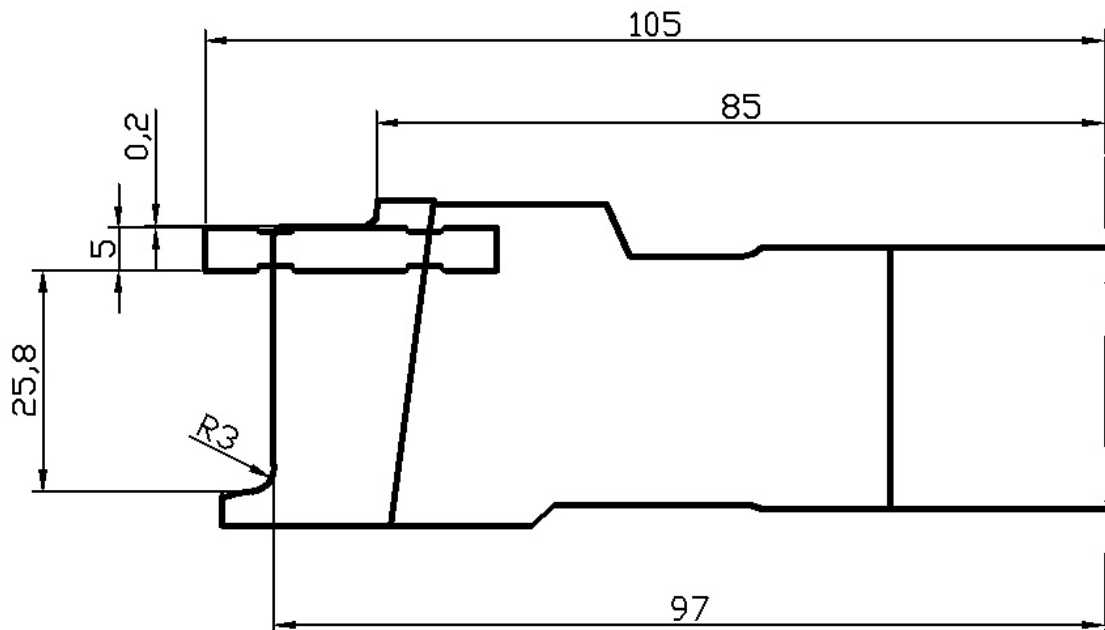


Obr. 67 Zoller Smart Check 450

Na tvarové fréze jsou přeměřeny funkční části. Jedná se o funkční průměry frézy, šířky řezné destičky, rádius funkční části a úhly. Měření probíhá proto, aby byly zuby frézy ve stejné rovině či průměru. To je potřeba k zajištění pravidelného záběru obou zubů. Pokud by tomu tak nebylo, jeden ze zubů by byl více namáhán a tím by došlo k jeho dřívějšímu poškození, nebo k nesprávnému chodu frézy. Veškeré naměřené části se měří do tolerance $\pm 0,03\text{mm}$. Rozměry nesplňující tuto podmínku musí být upraveny.



Obr. 68 Ukázka měření průměru



Obr. 69 Měřené funkční rozměry

Dřevoobráběcí fréza je přeměřena a splňuje zadané tolerance, proto se může pokračovat vyvažováním. V dřevoobráběcím průmyslu dosahují otáčky frézovacích hlav až 15 000 ot./min. Při použití těžší nevyvážené frézy v takto vysokých otáčkách by mohlo dojít k rezonanci frézy a důsledkem toho poškození pracovního vřetene stroje, a proto je potřeba takovému poškození předejít. Vyvažování se provádí na vyvažovače HAIMER TOOL DYNAMIC 2009, kdy je fréza upnuta na trnu, který je vložen do vyvažovacího přístroje. Fréza je přivedena do nadkritických otáček, potom se pohon vypne a při klesajících otáčkách dojde na těle frézy k rezonanci způsobenou deviačním momentem, kterou zachycuje snímač. Ten vyhodnotí velikost a místo vývažku. V místě určeném snímačem je nadbytečná hmota odvrtnána klasickým vrtákem na stojanové vrtačce. Díry vzniklé po odvrtnání jsou zatřeny barvou. Na mé fréze nebyly zjištěny žádné nevyvážené hmotnosti.



Obr. 70 Vyvažovačka Haimer Tool Dynamic 2009

Nakonec je kompletně sestavená, změřená a vyvážená fréza nakonzervována konzervačním olejem a zabalena do ochranné bublinkové fólie a vložena do krabice. Takto zabalená fréza může být uložena na sklad nebo dodána zákazníkovi.

ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem představil postup výroby dřevoobráběcí frézy od návrhu po její realizaci. Vypracoval jsem návrh frézy, technickou dokumentaci, postup výroby, navrhl a popsal technologie potřebné k její výrobě. Výsledkem je funkční dřevoobráběcí fréza s mechanicky upnutými zuby pomocí klínů, která splňuje veškeré požadavky zadané zákazníkem. Plní výrobní normu firmy VYDONA s.r.o. a může být ihned použita k obrábění. Během jejího zpracování jsem rozvinul mnoho potřebných zkušeností o obráběcích cyklech, postupu při výrobě a návrhu frézy. Získané dovednosti mohu uplatnit v budoucí praxi. Z bakalářské práce jsem vyhodnotil, že výroba dřevoobráběcí frézy je velmi zdoluhavý, nákladný a velmi složitý proces, který vyžaduje přesnost a preciznost jak strojů, tak pracovníka. Ve firmě VYDONA s.r.o, kde jsem získával potřebné informace a kde jsem za asistence a pomoci odborníků vyrobil tuto frézu, bych chtěl nadále rozšiřovat své zkušenosti s praxí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOCMAN,K.,DrSc., KOCMAN,K. *Technologie obrábění*. 2. vydání. Brno : Cerm, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [2] NEDBAL, R. *Strojírenská technologie,Pracovní sešit pro 3.ročník*.
- [3] *Základy třískového obrábění*. [online]. 2011 [cit. 2011-2-25]. Dostupný z WWW:
< http://pro-strojare.ic.cz/stt_3sp1/zaklady.htm >
- [4] DILLINGER, J., a kol. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. 1. vydání. Praha : Europa-Sobotáles cz. s.r.o., 2007. 612 s. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [5] *Millining machines*. [online]. 2011 [cit. 2011-3-8]. Dostupný z WWW:
< <http://www.allproducts.com/tami/lilian/03-cnc-400.html> >
- [6] *Katalog produktů 2009* [online]. 2011 [cit. 2011-6-1]. Dostupný z WWW:
< http://vydona.cz/pdf/vydona_katalog_2009.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a	Průměrná tříška
a_{\max}	Maximální tříška
a_s	Střední tříška
s	Posuv
v	Řezná rychlost
d	Průměr
n	Otáčky
s_z	Posuv na Zub
b	Šířka záběru
t	Hloubka záběru
c	Délka řezné hrany v záběru
l_t	Délka záběrového oblouku
F_i	Celková řezná síla
F_{ci}	Řezná síla
F_{cNi}	Kolmá řezná síla
F_{fi}	Posuvová síla
F_{fNi}	Kolmá posuvová síla
L	Celková délka
i	Počet záběrů
l_n	Náběhová délka
l	Obráběná délka
l_p	Přeběhová délka
RO	Rychlořezná ocel
SK	Slinutý karbid

α	Úhel hřbetu
β	Úhel břitu
γ	Úhel čela
λ	Úhel sklonu ostří
δ	Úhel bočního podbrusu
δ_0	Úhel řezu
η	Účinnost
V	Objem

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma soustružení [2]</i>	13
<i>Obr. 2 Schéma vrtání a vyvrtávání [2]</i>	14
<i>Obr. 3 Pracovní pohyby při hoblování a obrážení [2]</i>	15
<i>Obr. 4 Protahování a protlačování [2]</i>	16
<i>Obr. 5 Frézování [2]</i>	17
<i>Obr. 6 Nesousledné frézování [2]</i>	18
<i>Obr. 7 Sousledné frézování [2]</i>	19
<i>Obr. 8 Čelní frézování [2]</i>	20
<i>Obr. 9 Průřez třísky [2]</i>	21
<i>Obr. 10 Úhel sklonu zubu [2]</i>	22
<i>Obr. 11 Průřez třísky-Čelní frézování [2]</i>	22
<i>Obr. 12 Řezné síly na zubu válcové frézy v pracovní rovině P_{fe} [1]</i>	23
<i>Obr. 13 Strojní čas – frézování obvodem [2]</i>	24
<i>Obr. 14 Strojní čas – frézování čelem [2]</i>	25
<i>Obr. 15 Kinematika okružního frézování [1]</i>	25
<i>Obr. 16 Planetové frézování [1]</i>	26
<i>Obr. 17 Frézovací trny [1]</i>	27
<i>Obr. 18 Základní upínka [1]</i>	28
<i>Obr. 19 Upnutí obrobku bočními opěrkami - příklad [1]</i>	28
<i>Obr. 20 Číslicově řízená frézka [5]</i>	29
<i>Obr. 21 Otočný stůl a obrážecí hlava [1]</i>	30
<i>Obr. 22 Jednoduchý dělicí přístroj [1]</i>	30
<i>Obr. 23 Frézování různých ploch - příklady [1]</i>	31
<i>Obr. 24 Základní druhy fréz [1]</i>	32
<i>Obr. 25 Zuby fréz [1]</i>	34
<i>Obr. 26 Druhy fréz podle smyslu otáčení [1]</i>	35
<i>Obr. 27 Válcová nástrčná fréza [2]</i>	36
<i>Obr. 28 Čelní válcové frézy [2]</i>	36
<i>Obr. 29 Kotoučová fréza [2]</i>	36
<i>Obr. 30 Úhlové frézy [2]</i>	37
<i>Obr. 31 Tvarové frézy [2]</i>	37

<i>Obr. 32 Fréza a frézovaný obrobek</i>	40
<i>Obr. 38 Úhly α, β, γ</i>	42
<i>Obr. 39 Úhly λ, δ</i>	42
<i>Obr. 33 Vzdálenost materiálu od osy nástroje</i>	45
<i>Obr. 34 Orientační návrh funkčních rozměrů na fréze</i>	45
<i>Obr. 35 Návrh těla dřevoobráběcí frézy</i>	46
<i>Obr. 36 Návrh řezné destičky</i>	47
<i>Obr. 37 Klín a uchycení řezné destičky</i>	47
<i>Obr. 40 Drážkovací nožtk</i>	48
<i>Obr. 41 Informativní část výkresu požadovaného výrobku</i>	49
<i>Obr. 42 Dvousloupová pásová pila</i>	54
<i>Obr. 43 Model soustruženého těla</i>	55
<i>Obr. 44 Vysoustružené tělo</i>	56
<i>Obr. 45 5-ti osé Frézovací CNC centrum Hermle B300</i>	56
<i>Obr. 46 Hrubování zubové mezery</i>	57
<i>Obr. 47 Vyfrézované tělo</i>	57
<i>Obr. 48 Vyfrézované klíny</i>	58
<i>Obr. 49 Profilová bruska WEINIG RONDAMAT 960</i>	58
<i>Obr. 50 Detail kotouče a upínací části profilové brusky WEINIG RONDAMAT 960</i>	59
<i>Obr. 51 Vybroušený profil na klínech</i>	59
<i>Obr. 52 Vysoustružené tělo drážkovacího nože</i>	60
<i>Obr. 53 Vyfrézované tělo drážkovacího nože</i>	60
<i>Obr. 54 Řezná destička</i>	61
<i>Obr. 55 Modelace pájení plátku</i>	62
<i>Obr. 56 Drážkovací nožíky</i>	63
<i>Obr. 57 Drátová řezačka FANUC ROBOCUT α-liD</i>	64
<i>Obr. 58 Pracovní kád' drátové řezačky FANUC ROBOCUT α-liD</i>	64
<i>Obr. 59 Vyhrubovaná řezná destička</i>	65
<i>Obr. 60 Načerněné tělo frézy</i>	66
<i>Obr. 61 Univerzální ostříčka REINECKER WZS 60</i>	67
<i>Obr. 62 Vybroušené řezné destičky</i>	67
<i>Obr. 63 Vláknový laser LAO SHINE</i>	68
<i>Obr. 64 Příklad katalogového značení</i>	69

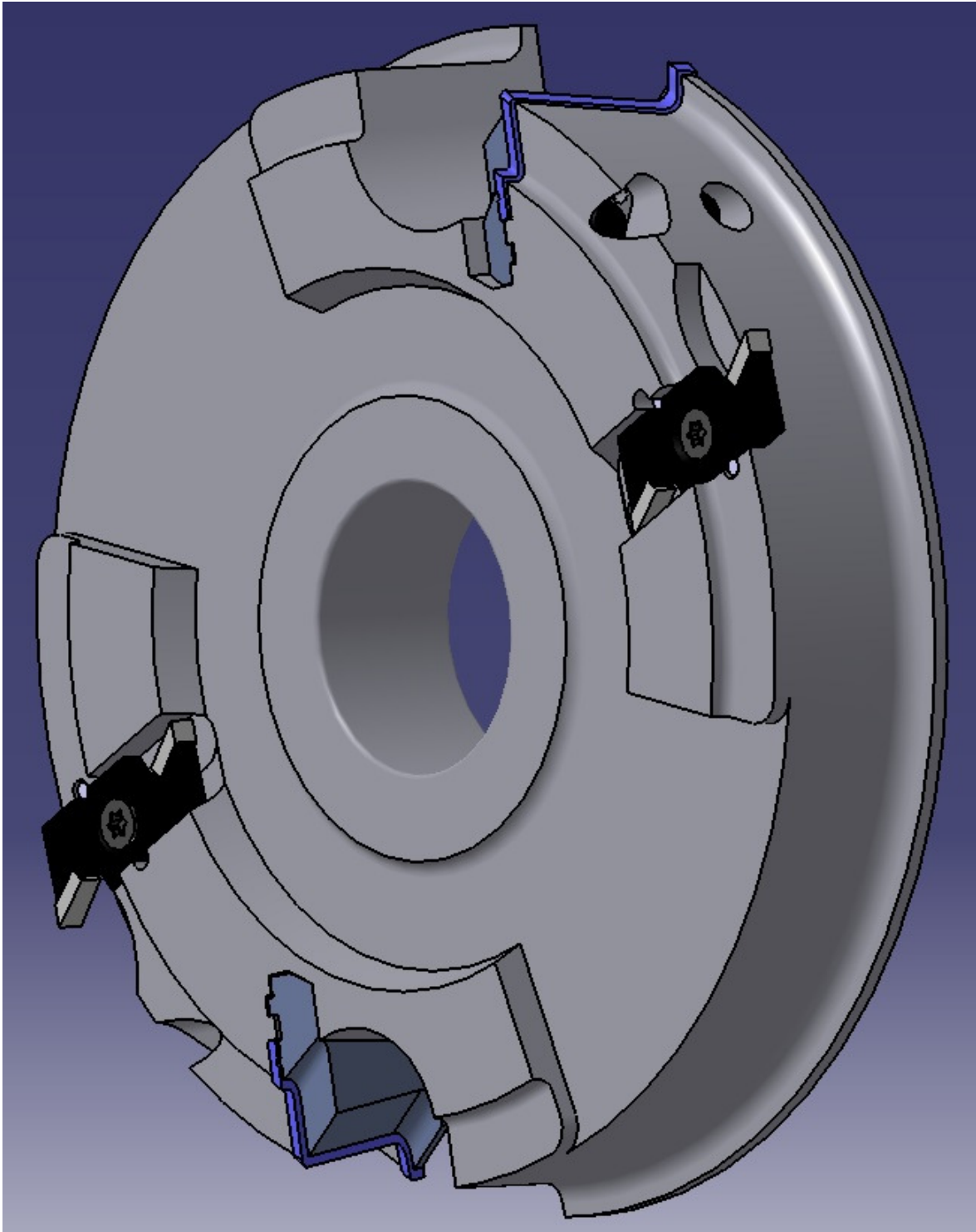
<i>Obr. 65</i> Značení drážkovacího nože	69
<i>Obr. 66</i> Zkompletovaná dřevoobráběcí fréza	70
<i>Obr. 67</i> Zoller Smart Check 450.....	71
<i>Obr. 68</i> Ukázka měření průměru	72
<i>Obr. 69</i> Měřené funkční rozměry	72
<i>Obr. 70</i> Vyvažovačka Haimer Tool Dynamic 2009	73

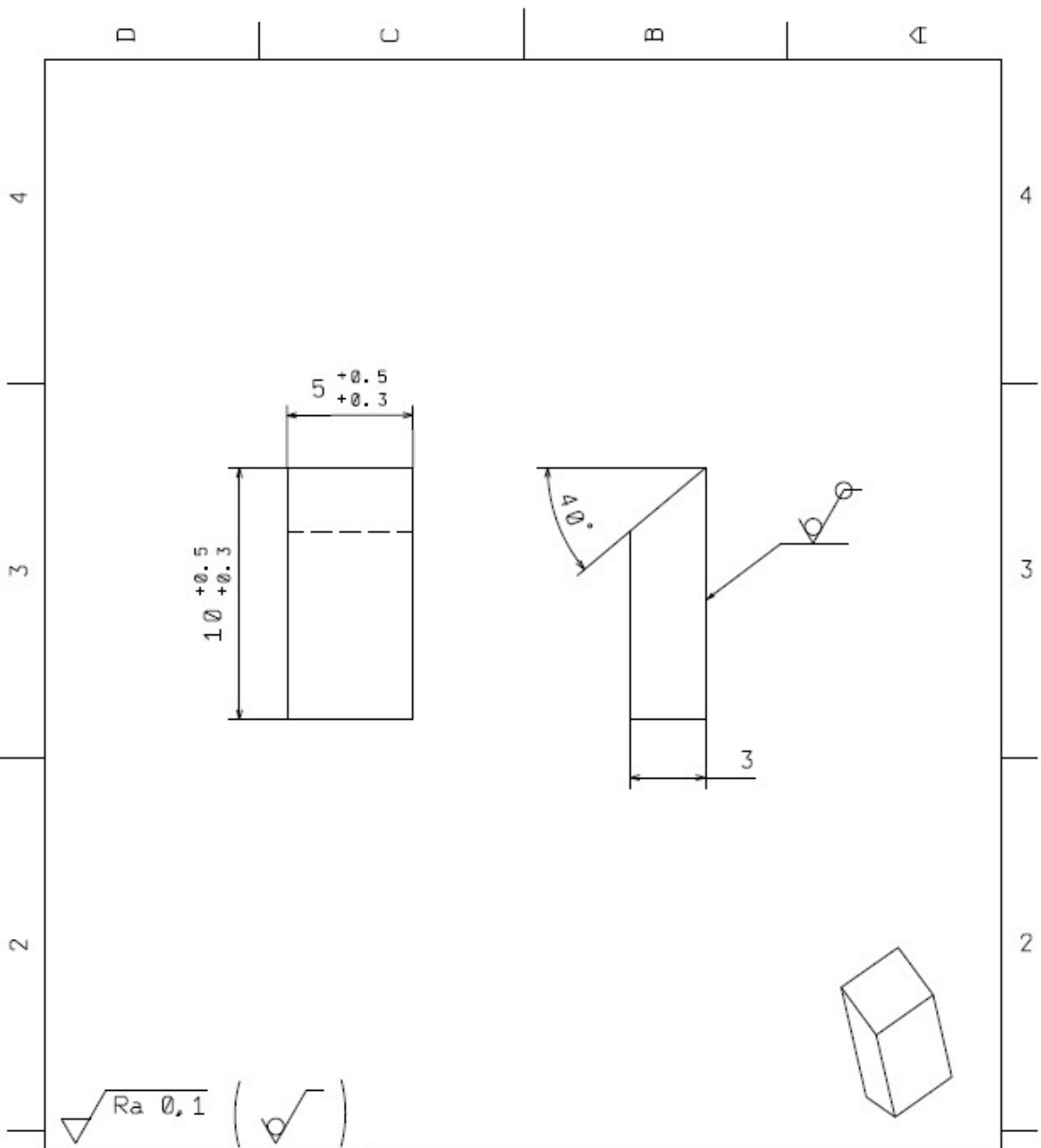
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Pracovní úhly pro tvrdé dřevo</i>	41
<i>Tab. 2 Diagram řezné rychlosti [6]</i>	43
<i>Tab. 3 Posuv na zub [6]</i>	43
<i>Tab. 4 Diagram rychlosti posuvu [6]</i>	44
<i>Tab. 5 Stručný technologický postup dílů sestavy 1/2</i>	52
<i>Tab. 6 Stručný technologický postup dílů sestavy 2/2</i>	53

SEZNAM PŘÍLOH

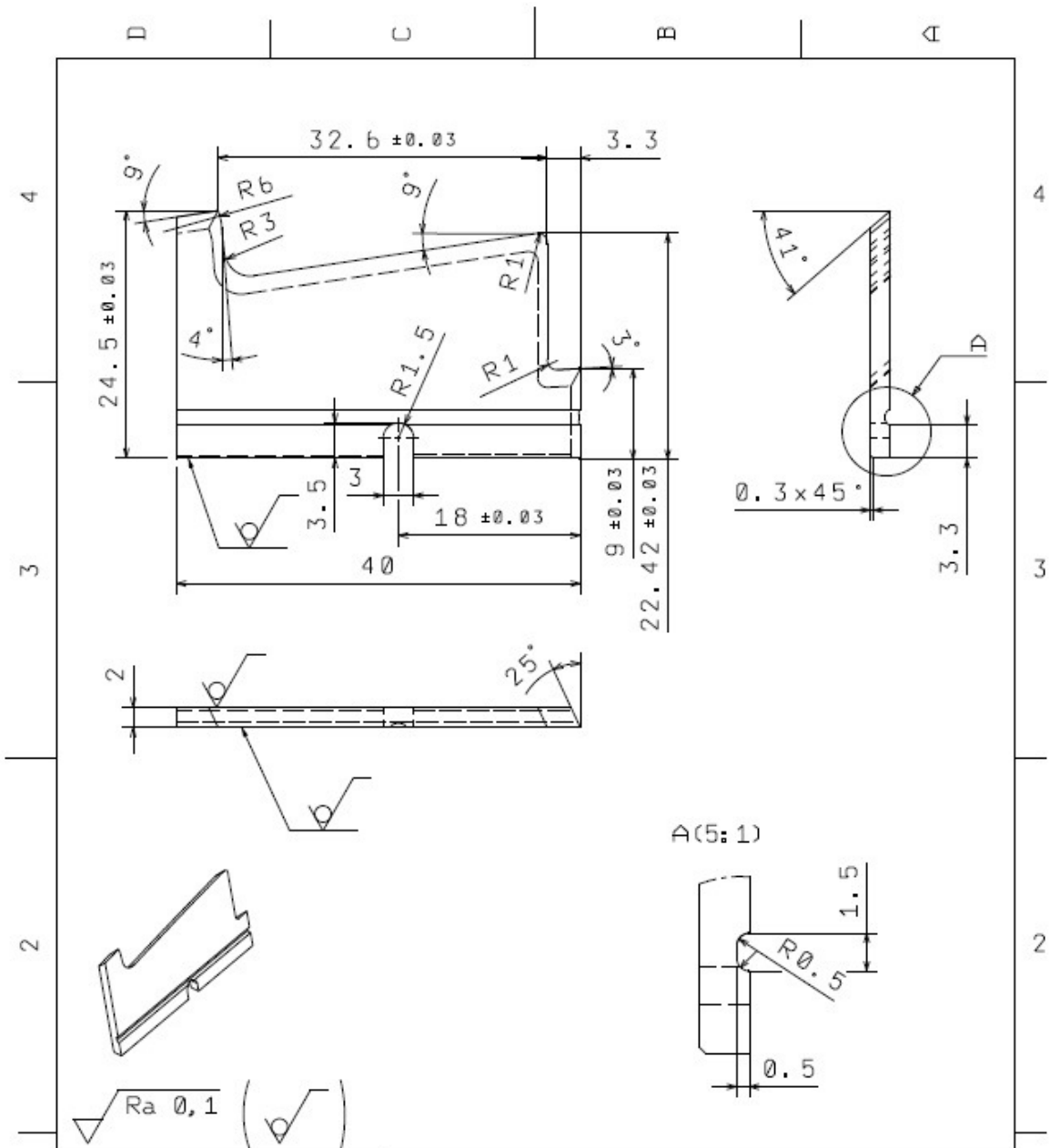
1. Tělo drážkovacího nože
2. Řezná destička drážkovacího nože
3. Sestava drážkovacího nože
4. Tělo frézy
5. Řezná destička
6. Klín
7. Podložka
8. Sestava Frézy
9. Model sestavy

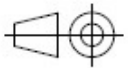


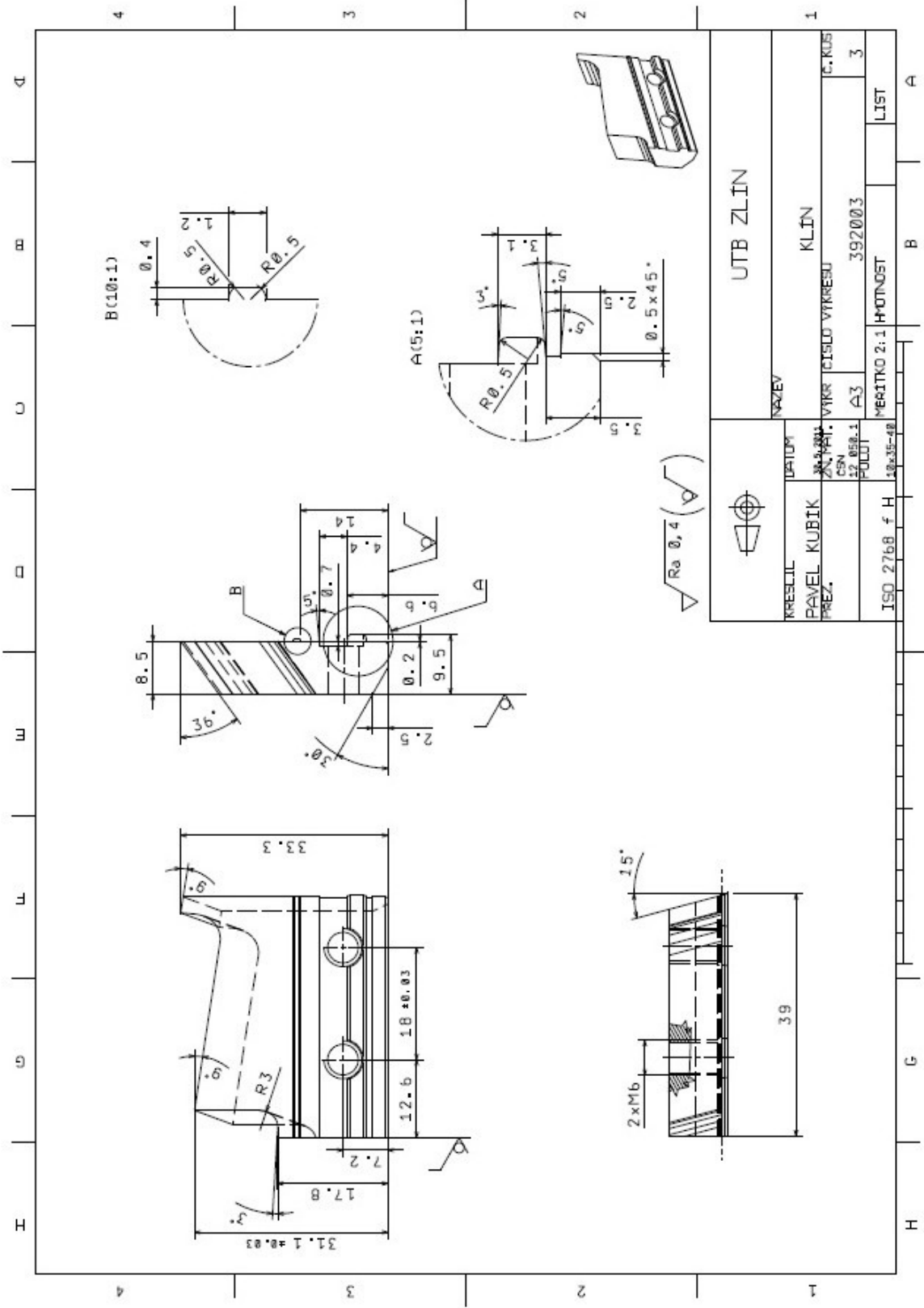


		UTB ZLÍN		
KRESLIL		NAZEV		
1 Pavel Kubík	30.5.2011	ŘEZNÁ DESTIČKA DRÁŽKOVACÍHO NOŽE		
PREZ.	ZL.MAT.	VYK.	ČÍSLO VÝKRESU	Č. KUS.
	MG-18	A4	DRN 5 - 2	2
ISO 2768 f H	POLOT. PLO 10x3-300	MĚŘITKO 5:1	HMOTNOST KG	LIST

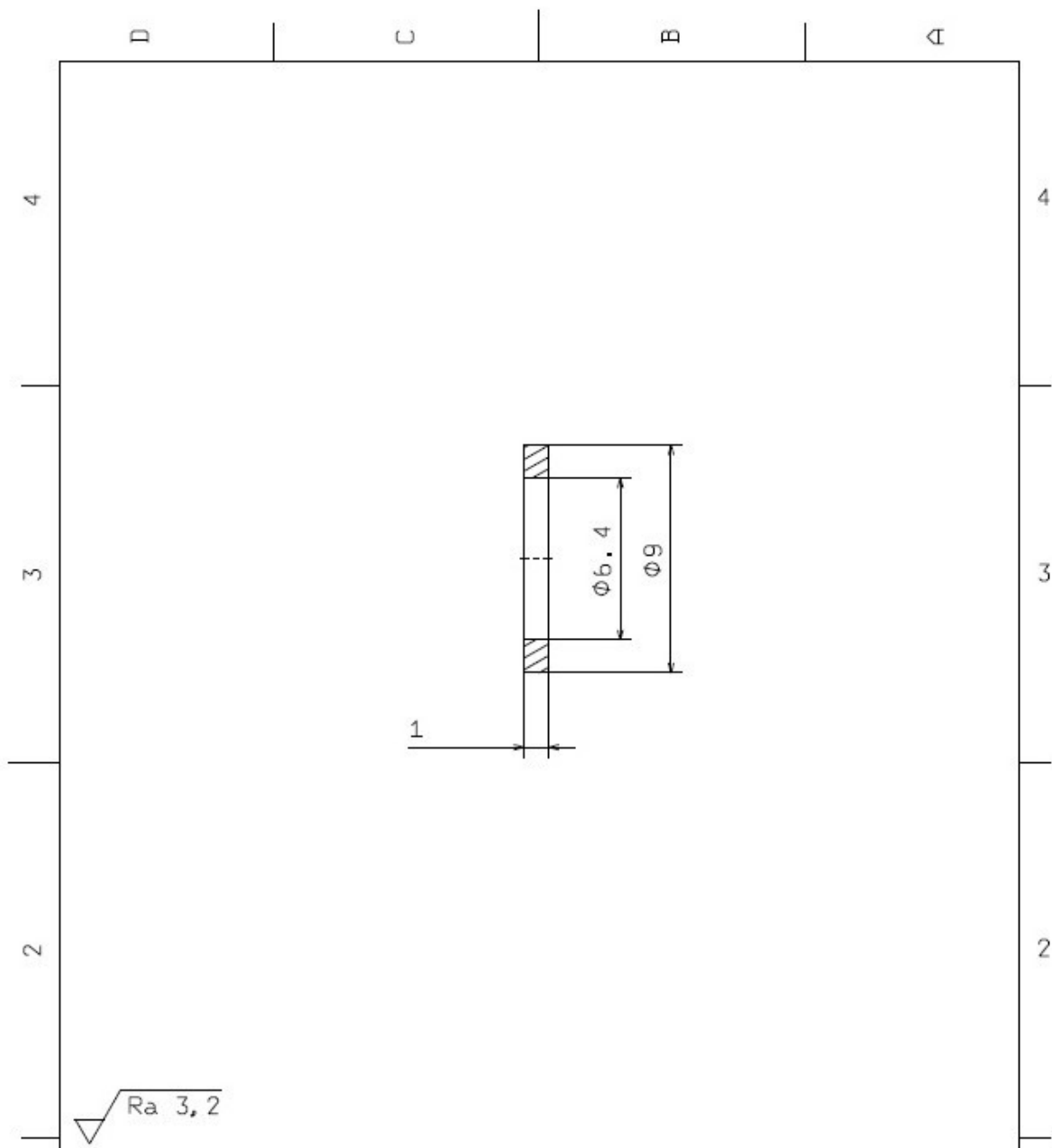
D A

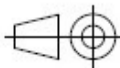


		UTB ZLÍN			
		NAZEV			
1	KRESLIL	DATUM	ŘEZNÁ DESTIČKA		1
	PÁVEL KUBÍK	30.5.2011			
	PREZ.	ZN. MAT.	VÝKR. číslo výkresu	Č. KUS.	
		MG-18	A4	392002	2
		POLOT.	MĚŘITKO 2:1	HMOTNOST	LIST
	ISO 2768 f H	2x25-41			



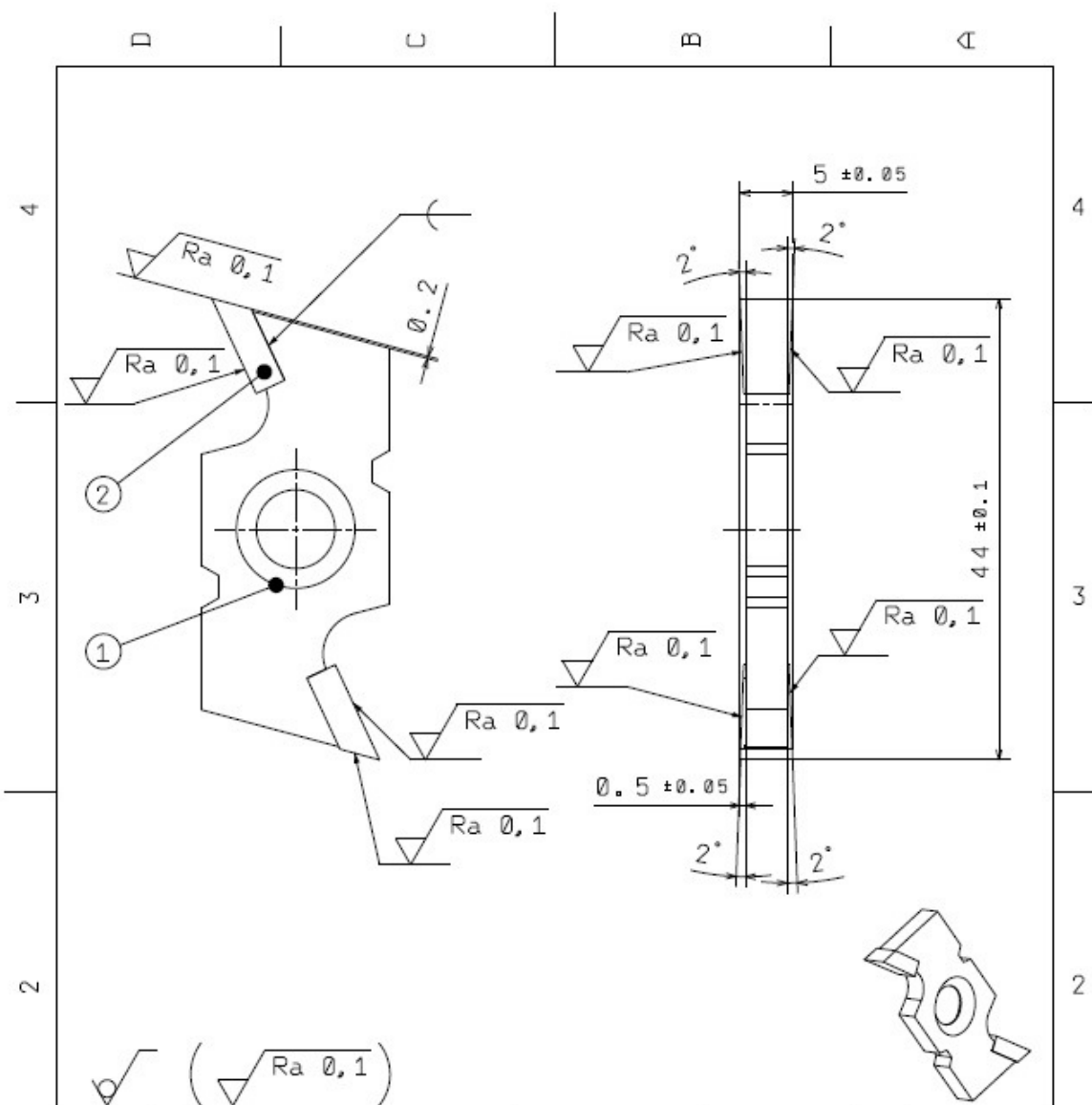
KRESLÍC	DATAUM	NÁZEV	1
PAVEL KUBIK		KLIN	
PREZ.			
		VLASTNÍ VÝKUR	C. KUB
		ČÍSLO VÝKRESU	3
		ČÍSLO	392003
		LIST	3
		MERITKO 2:1	LIST
		Hmotnost	
		18-35-48	



		UTB ZLÍN			
		NAZEV			
KRESLIL PAVEL KUBÍK PREZ.	Datum	PODLOŽKA			1
	30.5.2011				
	ZN. MAT.	VÝKR.	ČÍSLO VÝKRESU	Č. KUS	
	11 523 CSN	A4	392004	4	
ISO 2768 f H	POLOT. Ø20 CSN 42 5510	MĚŘÍTKO 5:1	HMOTNOST KG	LIST	

D

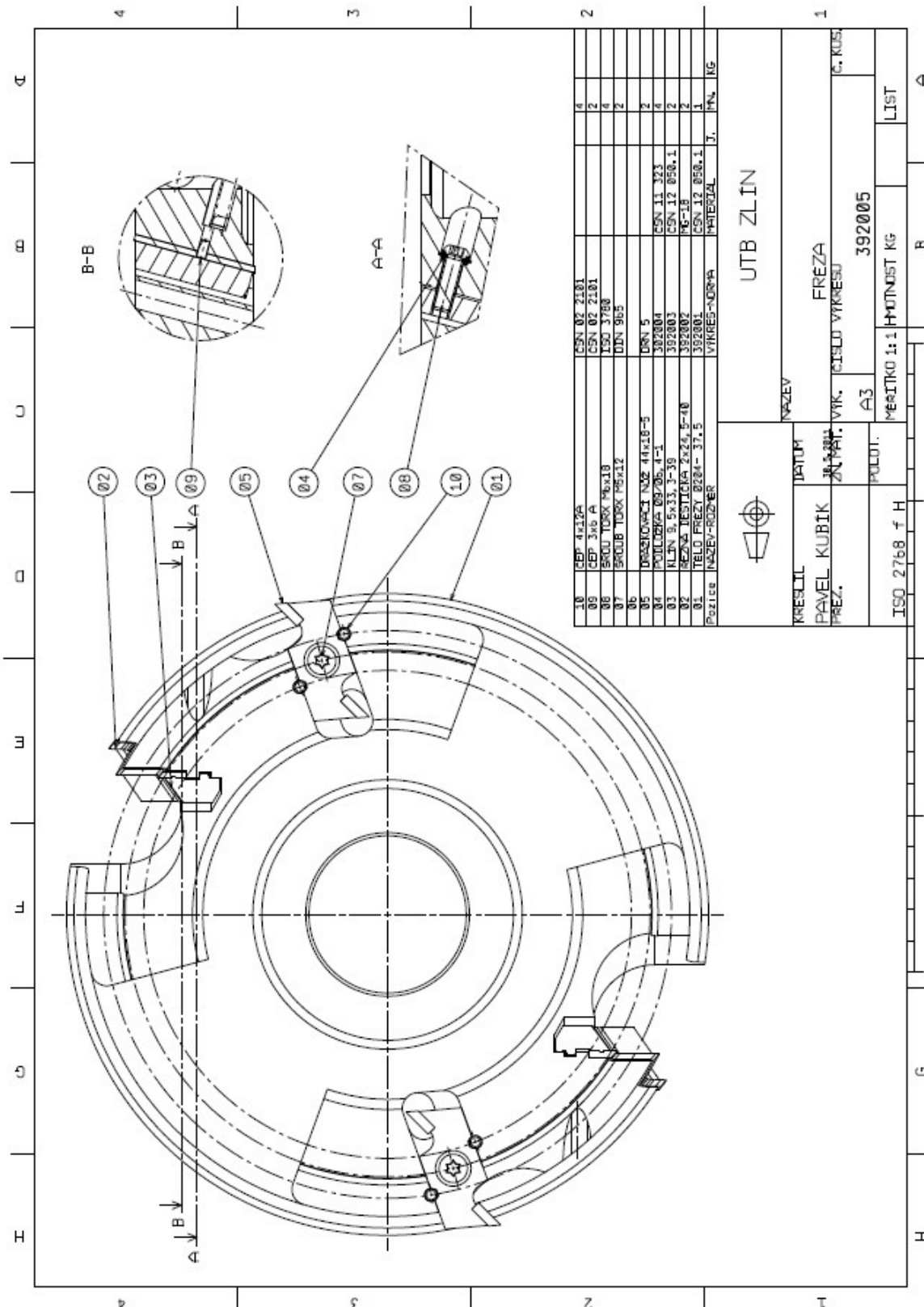
A



	Pájka UNICORE	49/Cu BD			
2	Řezná destička-Dr.Nůž 3x10-5	DRN 5 - 2	MG-18		2
1	Tělo-Dr.Nůž 18x41, 5-4	DRN 5 - 1	CSN 12 050.1		1
Pozice	Název-Rozměr	Výkres-Norma	Materiál	J.	Mn. kg

		UTB ZLÍN			
		NÁZEV			
KRESLIL PÁVEL KUBÍK	DATEM 30.5.2011	DRÁŽKOVACÍ NŮŽ			1
	ZN.MÁT.	VÝKR. ČÍSLO VÝKRESU	Č. KUS.		
PREZ.		A4	DRN 5	5	
ISO 2768 f H	POLOH	MĚŘITKO 2:1	HMOTNOST KG	LIST	

D A



10	ČEP 4x12A	ČSN 02 2181	4
09	ČEP 3x6 A	ČSN 02 2181	2
08	ŠROU TĚŽK M6x10	ISO 3780	4
07	ŠROUB TĚŽK M6x12	DDN 965	2
06	DRÁŽKOVACÍ NOŽ 4x12B-5	DN 5	2
04	POULIČKA 09/05, 4-1	392804	4
03	KLJN 9, 5x33, 3-39	392803	2
02	REZNA DESTIČKA 2x24, 5-40	ČSN 12 858.1	2
01	TELO FREZY 0204-37,5	392802	2
	POZICE NAZEV-ROZMĚR	ČSN 12 858.1	1
		VYKRES-VÝŠKA	J. MN. KG

UTB ZLÍN

NAZEV

KRESLIL JIŘÍ TOPIR

PAVEL KUBÍK

PREZ.

ČÍSLO VÝKRESU

392005

PROJEKT. VÝK. C. KOS

POLOH. A3

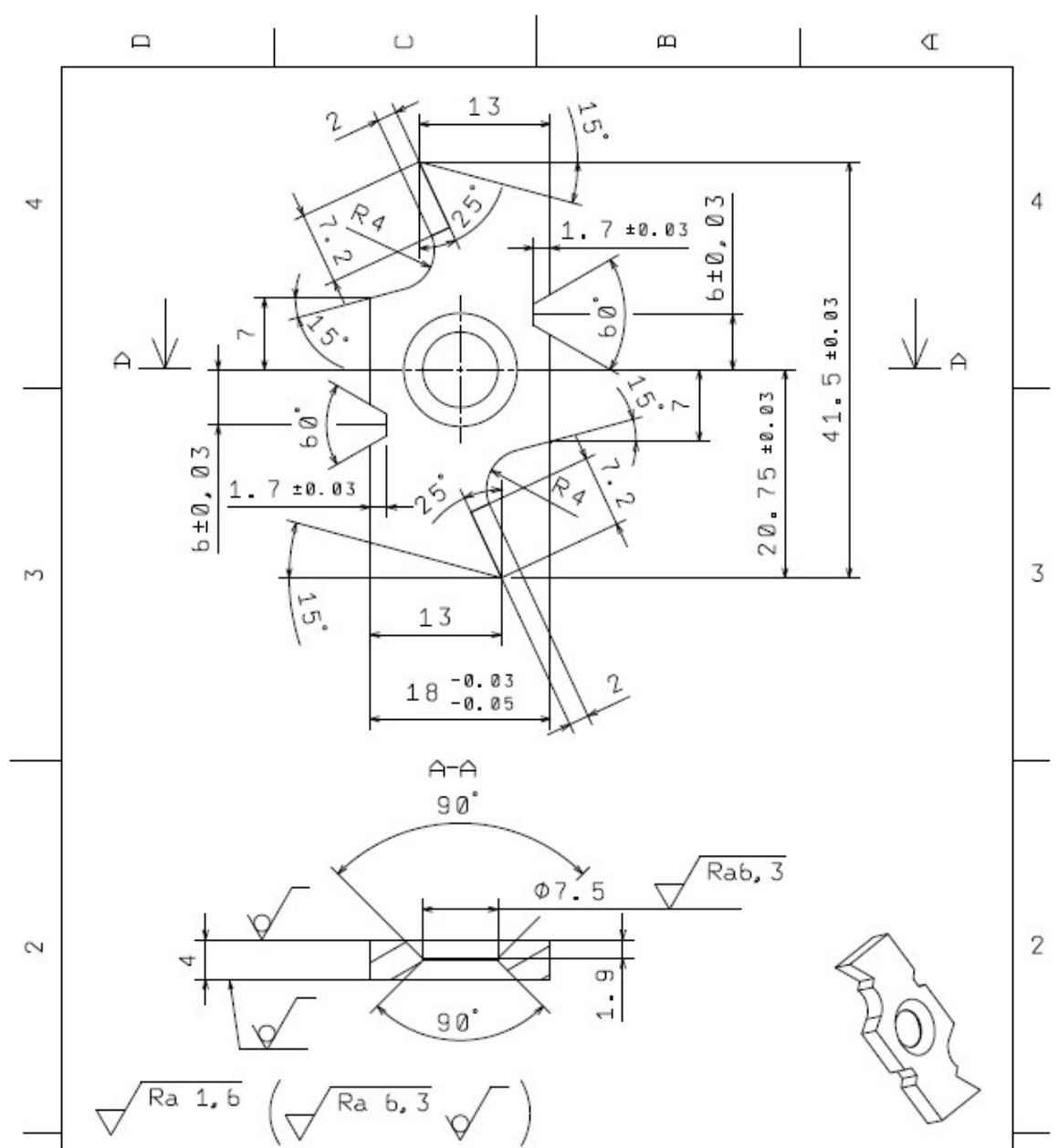
ISO 2768 f H

MĚŘITKO 1:1

Hmotnost KG

LIST





		UTB ZLÍN	
		NAZEV	
1	KRESLIL	DATUM	TĚLO DRÁŽKOVACÍHO NOŽE
	PAVEL KUBIK	30.5.2011	
	PREZ.	ZN. MAT.	VÝKR. ČÍSLO VÝKRESU
		CSN	DRN 5 - 1
		12 050.1	1
		POLOH	1
	ISO 2768 f H	MĚŘITKO 2:1	HMOTNOST KG
			LIST

