

Návrh a výroba jednoručního otvíráku

Adam Ohnút

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Adam Ohnút
Osobní číslo: T11275
Studijní program: B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení
Forma studia: prezenční

Téma práce: Návrh a výroba jednoručního otvíráku

Zásady pro vypracování:

- Literární rešerše na dané téma
- Návrh a modelování jednoručního otvíráku láhvi
- Ruční programování otvíráku láhvi a výroba prototypu na CNC frézce
- Strojní programování otvíráku láhvi a jeho výroba ze slitiny hliníku

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

KOCMAN, Karel. Technologické procesy obrábění. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.

LUKOVICS, Imrich. Konstrukční materiály a technologie. 1. vyd. Brno: VUT, 1992, 273 s. ISBN 8021403993.

SMID, P. CNC Programming Handbook: a Comprehensive Guide to Practical CNC programming. Industrial Press Inc. New York, 2003, 508 p., ISBN 0-8311-3158-6.

RAO, R. N. CAD/CAM: Principles and Applications. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 2006, 253 p., ISBN 0-07-058373-0.

ŠTULPA, M. CNC Obráběcí stroje a jejich programování. BEN, Praha, 2008, ISBN 978-80-7300-207-7.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: OHNŮT ADAM

Obor: TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 6.5.2014

OHNŮT ADAM

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávalečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem, konstrukcí a výrobou jednoručního otvárače na lahve. V teoretické části jsou představeny základní druhy frézování, rozdělení fréz, frézek a použitých materiálů pro výrobu. Dále je zde uvedeno programování CNC strojů. V praktické části bude popsána celková výroba daného výrobku.

Klíčová slova: Frézování, CNC, CAD, CAM, programování, HWT

ABSTRACT

This thesis deals with the design and manufacture one-handed bottle opener. In the theoretical part of the basic types of milling, distribution milling cutters, milling machines and the material for production. It is further stated programming CNC machines. The practical part will describe the overall production of the product.

Keywords: Milling, CNC, CAD, CAM, programming, HWT

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za poskytnutí pomoci a vedení při zpracování bakalářské práce a samotné výrobě jednoručního otvíráku na lahve. Dále pak firmě ZAKO Turčín s.r.o. za poskytnutí prostoru pro mechanické dokončení výrobku a studentovi Janu Kolářovi za poeloxování výrobků.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 FRÉZOVÁNÍ	13
1.1 PODSTATA FRÉZOVÁNÍ	13
1.2 ŘEZNÉ PODMÍNKY	14
1.3 FRÉZOVÁNÍ ROVINNÝCH PLOCH.....	14
1.3.1 Frézování válcovou frézou	15
1.3.2 Frézování válcovou čelní frézou	16
1.4 FRÉZOVÁNÍ PRAVOÚHLÝCH PLOCH.....	17
1.5 FRÉZOVÁNÍ ŠIKMÝCH PLOCH.....	18
1.5.1 Frézování podle orýsování	18
1.5.2 Frézování úhlovými frézami	18
1.5.3 Frézování na šikmých podložkách	19
1.5.4 Frézování ve sklopném svěráku	19
1.5.5 Frézování pomocí vyklonění vřeteníkové hlavy	19
1.5.6 Frézování ve speciálních přípravcích.....	19
1.6 FRÉZOVÁNÍ JEDNODUCHÝCH TVAROVÝCH PLOCH	20
1.6.1 Frézování tvarovými frézami	20
1.6.2 Frézování sdruženým posuvem.....	21
1.6.3 Frézování na otočném stole.....	21
1.6.4 Frézování pomocí CNC řídicího stroje	21
2 FRÉZKY A CNC STROJE	22
2.1 KONZOLOVÉ FRÉZKY.....	22
2.1.1 Základní rozdělení.....	22
2.1.2 Hlavní části konzolových frézek.....	22
2.2 CNC FRÉZOVACÍ STROJE	23
2.2.1 Hlavní znaky CNC strojů	24
2.2.2 Rozdělení CNC obráběcích strojů.....	24
2.2.3 Historie třískového obrábění a CNC obráběcích strojů	26
2.2.4 Druhy CNC frézovacích strojů.....	28
2.2.5 Přídavné zařízení	31
3 NÁSTROJE PRO FRÉZOVÁNÍ	32
3.1 HLAVNÍ ČÁSTI FRÉZ.....	32
3.2 ROZDĚLENÍ FRÉZ	32
3.2.1 Podle konstrukce	32
3.2.2 Podle ploch na nichž jsou bříty	32
3.2.3 Podle průběhu břitů	34
3.2.4 Podle způsobu výroby	34
3.2.5 Podle počtu zubů	34
3.2.6 Podle způsobu upínání	34
3.2.7 Podle smyslu otáčení.....	34
3.2.8 Podle použití.....	34

3.3	PLOCHY FRÉZOVACÍCH NÁSTROJŮ	35
3.4	ÚHLY FRÉZOVACÍCH NÁSTROJŮ A JEJICH VÝZNAM	36
3.5	UPÍNÁNÍ FRÉZ.....	37
4	NÁSTROJOVÉ A KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY.....	39
4.1	RYCHLOŘEZNÉ OCELI.....	39
4.2	STELLITY.....	40
4.3	SLINUTÉ KARBIDY	40
4.4	KERAMICKÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY	41
4.5	SUPERTVRDÉ ŘEZNÉ MATERIÁLY.....	42
4.6	HLINÍK A JEHO SLITINY.....	42
4.6.1	Vlastnosti hliníku	42
4.6.2	Použití a označení hliníku	42
4.6.3	Slitiny hliníku.....	42
4.6.4	Povrchová úprava eloxováním	43
4.7	NEODYMOVÝ MAGNET	44
4.7.1	Vlastnosti neodymového magnetu	44
4.7.2	Výrobní proces	44
4.7.3	Povrchová úprava.....	45
4.7.4	Nevýhody a rizika	45
5	CNC PROGRAMOVÁNÍ.....	46
5.1	CNC OBRÁBĚCÍ STROJ - PRINCIP A ZAŘÍZENÍ	46
5.2	SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM STROJE.....	46
5.3	NULOVÉ A DALŠÍ VZTAŽNÉ BODY NA CNC STROJÍCH	48
5.4	KOREKCE NÁSTROJŮ	50
5.4.1	Korekce délkové.....	50
5.4.2	Frézka:.....	51
5.5	PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ	51
5.5.1	Struktura programu	51
5.5.2	Programování CNC strojů pomocí CAD/CAM systémů (automatizované v modulu CAM).....	52
5.5.3	Možnosti obrábění při použití vyspělých CAD/CAM systémů	54
II	PRAKTICKÁ ČÁST	58
6	NÁVRH A MODELOVÁNÍ VÝROBKU.....	59
6.1	POUŽITÉ PROGRAMY PRO NÁVRH A MODELOVÁNÍ	59
6.1.1	Solid Edge ST.....	59
6.1.2	Catia V5.....	59
6.2	URČENÍ ROZMĚRŮ VÝROBKU.....	60
6.3	MODELOVÁNÍ VÝROBKU	61
6.3.1	Modelování hotového výrobku	61
6.3.2	Modelování modelu pro výrobu více kusů.....	62
7	RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ A VÝROBA PROTOTYPU	64

7.1	SEZNAM POUŽITÝCH NÁSTROJŮ A JEJICH PARAMETRY PRO OBRÁBĚNÍ.....	64
7.2	VOLBA REFERENČNÍHO BODU.....	64
7.3	SAMOTNÉ PROGRAMOVÁNÍ.....	64
7.3.1	Programování drah a funkcí pro vrtání děr P1_VR_6.....	65
7.3.2	Programování drah a funkcí pro frézování kontur P2_D5	65
7.4	VÝROBA PROTOTYPU.....	66
7.4.1	Obráběcí stroj	66
7.4.2	Obrábění prototypu	68
8	STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ A VÝROBA ZE SLITINY HLINÍKU	69
8.1	NX CAD/CAM.....	69
8.2	PROGRAMOVÁNÍ V PROGRAMU NX 7.5	69
8.2.1	Zarovnání polotovaru a hrubování otvorů.....	69
8.2.2	Vrtání otvoru	71
8.2.3	Frézování otvoru a obvodu na hotovo	72
8.3	VÝROBA ZE SLITINY HLINÍKU	74
8.3.1	Upnutí nástroje	74
8.3.2	Upnutí polotovaru	75
8.3.3	Nastavení Nulového bodu	75
8.3.4	Zarovnání na požadovanou tloušťku a hrubování otvorů	76
8.3.5	Vrtání otvorů	77
8.3.6	Dokončení otvorů a profilu otvárače.....	78
8.3.7	Porovnání časů	79
8.4	DOKONČENÍ VÝROBKU	79
8.4.1	Odřezání výrobků	79
8.4.2	Obroušení můstků a ojhlení výrobků	80
8.4.3	Eloxování výrobků	80
8.4.4	Vložení magnetu	80
8.4.5	Gravírování loga laserem	81
	ZÁVĚR	83
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	84
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK.....	88
	SEZNAM PŘÍLOH.....	89

ÚVOD

Ve strojírenské výrobě je v poslední době zaznamenám obrovský rozmach nových technologií, kdy klasické stroje s manuální obsluhou jsou nahrazovány výkonnými automatizovanými obráběcími centry. Rozvoj je jak v úrovni automatizace procesu, tak v úrovni konstrukčních materiálů a řídicích systémů. To má za následek zrychlení výroby, snížení nákladů apod. Největšího pokroku bylo dosaženo nahrazením parního stroje elektromotorem.

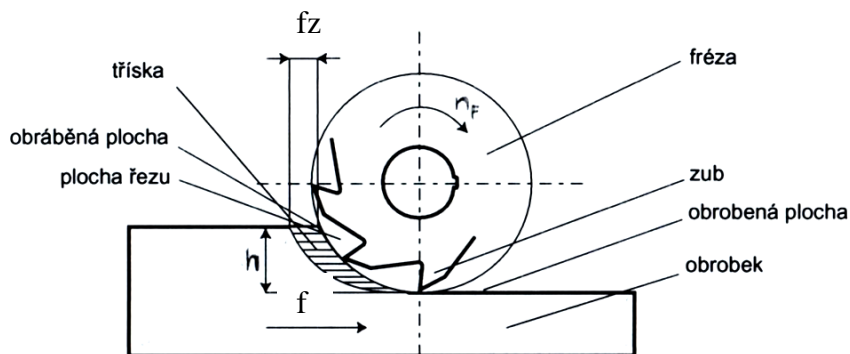
Práce má za účel popis základních technologických procesů frézování. Čtenář je seznámen se základními způsoby frézování na konvenčních frézovacích strojích, základním rozdělení frézovacích a CNC strojů, dále pak se základním rozdělením frézovacích nástrojů. Část práce je věnována konstrukčním materiálům. Na závěr teoretické části je popsáno programování CNC strojů. Praktická část je věnována kompletní výrobě jednoručního otvíraku na lahve.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 FRÉZOVÁNÍ

1.1 Podstata frézování

Frézování je nejrozšířenější metodou obrábění tvarových a rovinných ploch. Frézováním je možno obrábět jednoduché i složité plochy rovinné, tvarové, rotační, závity, šroubovice apod. Frézování je druhem obrábění, při němž se rotační vícebřítý nástroj (fréza) otáčí a obrobek koná rovnoměrný posuvový pohyb tak, aby jednotlivé zuby frézy postupně přicházely do záběru a odřezávaly třísku. Fréza se při práci otáčí kolem své osy a koná hlavní řezný pohyb. Upnutý obrobek koná pohyb záběru (posuv), vedlejší pohyb. Každý zub pracuje pouze pro určitou část otáčky a odřezává třísku o průřezu ohnutého trojúhelníku, obdélníku nebo lichoběžníku. [5]



Obr. 1 Podstata frézování [5]

n_f – otáčky frézy

f – posuv obrobku

f_z – posuv na zub

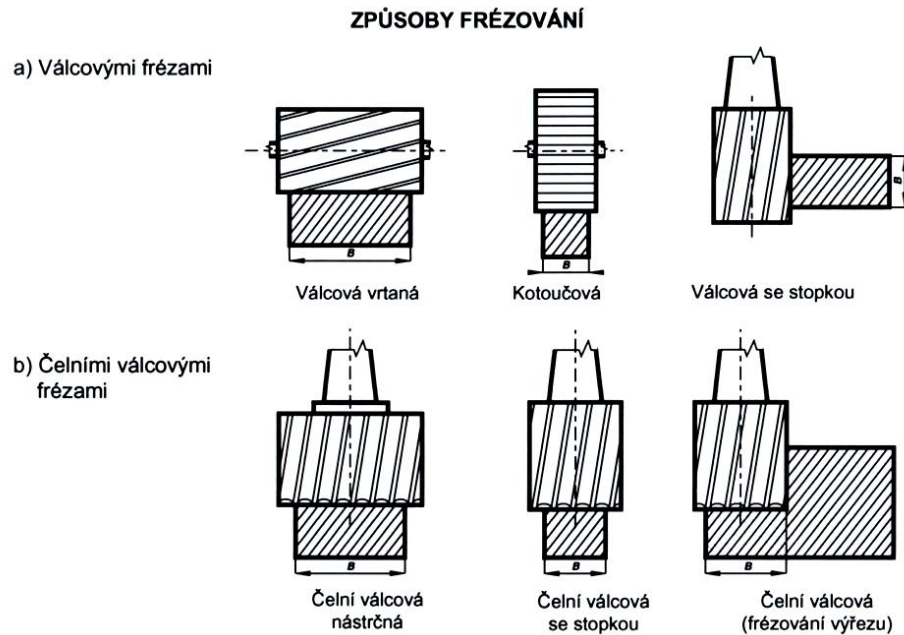
h – hloubka úběru

Obrobek má tři základní plochy:

- Obráběnou plochu – která se má obrábět
- Řeznou plochu – která vzniká při každém záběru zubu frézy, tj. při odřezávání třísky
- Obrobenou plochu – která vzniká na obrobku po odříznutí určité vrstvy materiálu

Frézy se používají pro dva základní způsoby frézování:

- Frézování válcovými frézami – osa otáčení frézy je rovnoběžná s obráběnou plochou, břity jsou na válcové ploše
- Frézování čelními frézami – osa otáčení je kolmá k obráběné ploše, břity jsou na čelní i válcové ploše [5]



Obr. 2 Způsoby frézování [5]

1.2 Řezné podmínky

Řezné podmínky při frézování tvoří řezná rychlost v_c [m/min^{-1}], která se měří na vnější na vnějším průměru frézy, posuv f [mm] je dán délkou vzájemného posunutí obrobku a nástroje, dělí se na posuv na zub f_z [mm], posuv na otáčku frézy f_o [mm] a posuv za minutu v_f [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]. Dále je zde hloubka řezu dána tuhostí soustavy stroj-nástroj-obrobek.

Řezné podmínky se volí podle obrobitelnosti materiálu, materiálu nástroje, způsobu frézování (hrubování co největší posuv s přihlédnutím k hloubce odebírané vrstvy, na čisto, válcové nebo čelní frézy), požadované drsnosti obrobku, druhu řezné kapaliny, způsobu upnutí obrobku a nástroje, trvanlivosti nástroje, tuhosti a výkonu stroje. [5],[1]

1.3 Frézování rovinných ploch

Rovinné plochy frézujeme válcovými frézami, čelními frézami, větší rovinné plochy frézovacími hlavami.

1.3.1 Frézování válcovou frézou

Při frézování je osa frézy rovnoběžně s obráběnou plochou obrobku. Třísky jsou oddělovány bříty na válcovém obvodu. Třísky mají tvar ohnutého trojúhelníku. Podle smyslu otáčení frézy a posuvu obrobku je dělíme na dva druhy frézování:

- **Frézování nesousledné (zdola)** – obrobek se posouvá proti směru otáčení nástroje. Tříska se začíná oddělovat v místě nulového průřezu. Zuby nejdříve po ploše kloužou. Tím vzniká velké tření a teplo v místě řezu to má za následek rychlejší otupení nástroje. Používá se při frézování výkovků, odlitků, obrobků s tvrdou povrchovou kúrou. Práce frézy je klidná, bez rázů. Obrobek musí být pevně upnut, protože řezná síla jej snaží nadzvednout.
- **Frézování sousledné (shora)** – obrobek se posouvá ve směru otáčení frézy. Bříty začínají odebírat třísku v místě jejího maximálního průřezu. Práce frézky je neklidná, rázovitá, bříty po materiálu nekloužou. Tím vzniká méně tepla, proto je trvanlivost bříty delší. Můžeme frézovat větší řeznou rychlostí i větším posuvem. Řezná síla přitlačuje obrobek do upínače. Používáme pro frézování obrobků malé tloušťky nebo pro hodnoty velkých tloušťek řezu. Nevýhodou je, že frézka musí mít vymezeny vůle mezi posuvovým šroubem a maticí i ve vodících plochách. V opačném případě vůle způsobuje nestejný posuv a může dojít k poškození nástroje popř. i stroje

Při porovnání obou typů frézování můžeme vidět hlavní výhody a nevýhody obou způsobů. [5],[1]

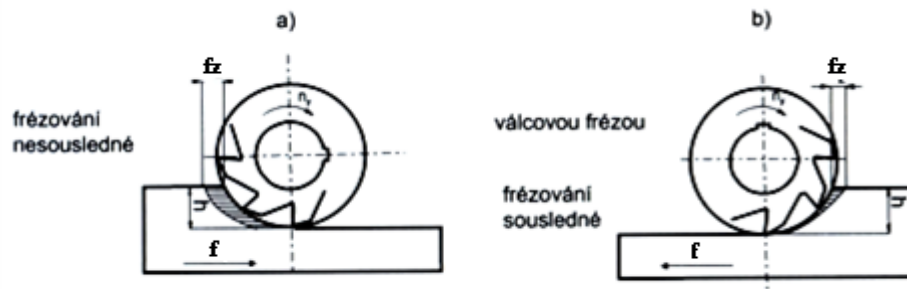
Nesousledné frézování:

- Trvanlivost nástroje nezávisí na okujích, písčitém povrchu apod.
- Není zapotřebí vymezení vůlí mezi šroubem a maticí stroje.
- Menší opotřebení šroubu a matice
- Záběr zubů frézy při jejich vřezávání nezávisí na hloubce řezu

Sousledné frézování:

- Vyšší trvanlivost bříty nástroje a tím i možnost použití vyšších řezných rychlostí a posuvů
- Potřebný menší řezný výkon

- Použití jednodušších přípravků pro upínání, řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu
- Menší náchylnost ke chvění soustavy
- Menší drsnost obrobeneho povrchu
- Menší sklon k tvoření nárůstků na břitu nástroje [1]



Obr. 3 Frézování a) nesousledné b) sousledné [5]

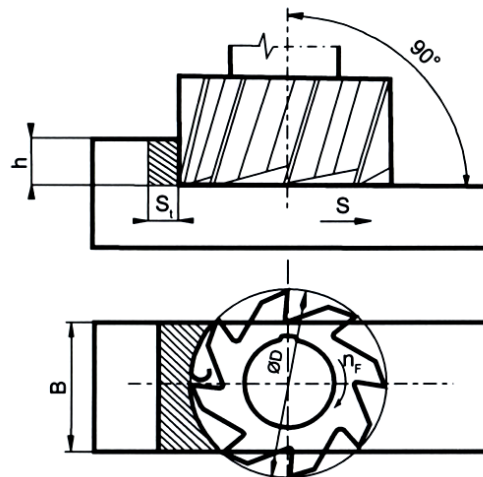
1.3.2 Frézování válcovou čelní frézou

Při čelním frézování je osa čelní frézy kolmá k obráběné ploše. Každý břit odřezává třísku téměř stálého průřezu, a proto je stroj i nástroj zatížen rovnoměrně, celkové chvění je velmi malé. Tříška je odřezávána převážně břity na válcovém obvodu frézy, zatímco břity na čelní ploše frézy obrobenu plochu začisťují a vyhlazují. Drsnost, a rovinnost ploch je kvalitnější. Pro větší rovinné plochy obrábíme čelními frézovacími hlavami.

Při frézování rovinných ploch, pokud je možno, volíme průměr čelní válcové frézy nebo délku válcové frézy větší, než je šířka frézované plochy.

Podle tloušťky ubírané vrstvy materiálu dělíme frézování:

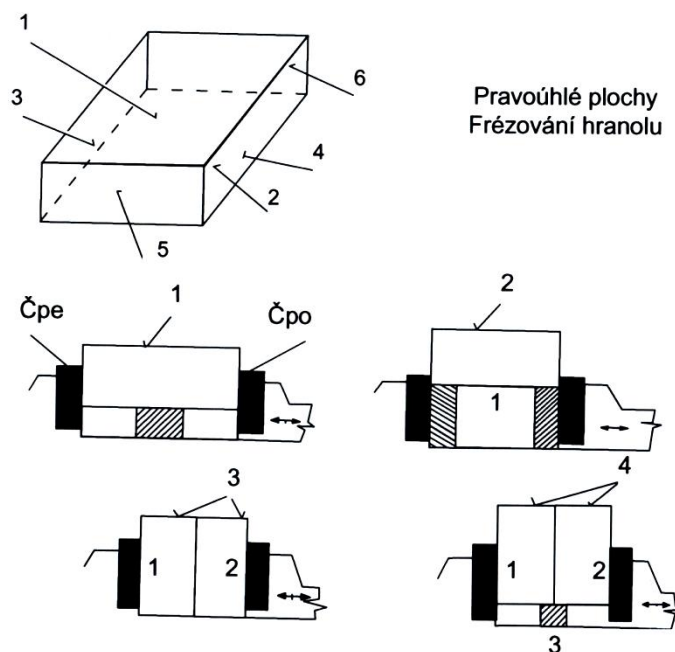
- Na hrubování, obrobena plocha je hrubá a drsná, velký posuv a malé řezné rychlosti (otáčky)
- Na čisto (hlazení), obrobena povrch čistý a hladký, menší posuv a velké řezné rychlosti (otáčky) [5]



Obr. 4 Frézování čelní vřetovitou frézou [5]

1.4 Frézování pravoúhlých ploch

Při frézování pravoúhlých ploch určíme nejdříve technologickou základnu, tj. plochu, od které budeme vycházet při stanovení pracovního postupu a k níž se budou vztahovat všechna měření v dalším průběhu obrábění.



Obr. 5 Frézování pravoúhlých ploch [5]

Při sestavování nejvhodnějšího postupu musíme dodržet následující požadavky:

- Dodržet kolmost a rovnoběžnost obrobených ploch.
- Dodržet předepsanou drsnost obrobených ploch
- Dodržet jednotlivé rozměry a tolerance

Volit vhodný způsob upnutí obrobku, obrobek musí být bezpečně a pevně upnut

Popis k (Obr 5)

1. Upneme obrobek do svěráku a obrobíme plochu 1. K podložení obrobku použijeme jednu širokou podložku dle tloušťky materiálu. Obráběná plocha by měla převyšovat čelisti svěráku, a to minimálně o přídavek na obrábění.
2. Ofrézovanou plochu 1 otočíme o 180° a položíme na párové podložky. Frézujeme druhou protilehlou plochu 2 na daný rozměr.
3. Po ofrézování ploch 1 a 2 otočíme obrobek o 90° a jednu z opracovaných stran přiložíme k pevné čelisti svěráku, obrobek klademe co nejhlouběji. Frézujeme stranu 3.
4. Otočíme obrobek o 180° , doklepeme na dno nebo podložku a frézujeme stranu 4.
5. Čelní plochy 5 a 6 frézujeme většinou pomocí válcových fréz s kuželovou stopkou na svislé frézce. [5]

1.5 Frézování šikmých ploch

Šikmé plochy svírají s vodorovnou rovinou jiný úhel než 90° . Volba způsobu frézování je závislá na velikosti šikmé plochy, počtu obrobků a technickém vybavení dílny. [5]

1.5.1 Frézování podle orýsování

Používá se v kusové výrobě. Obrobek se napřed orýsuje a následně odůlčíkuje. Obrobek se ustaví tak, aby ryska byla ve vodorovné poloze se svěrákem. Při ustavení kontrolujeme, aby ryska byla vodorovně s hranou čelisti svěráku, nebo můžeme správnost zkontrolovat nádrhem. [5]

1.5.2 Frézování úhlovými frézami

Úzké šikmé plochy frézujeme úhlovými frézami na svislých i vodorovných frézkách. Tyto frézky mají malou délku řezných břitů. Obrobky upínáme do běžných upínacích přípravků.

Druhy úhlových fréz jsou:

- Jednostranné kuželové – mají ostří na kuželové ploše

- Jednostranné úhlové frézy – mají ostří jak na kuželové tak na čelní ploše
- Oboustranné souměrné úhlové frézy
- Oboustranné nesouměrné úhlové frézy

1.5.3 Frézování na šikmých podložkách

Používá se v sériové výrobě. Sklon obrobku je zajištěn použitím úhlových podložek se šikmou opěrnou plochou. Šířka těchto podložek musí být menší než šířka obrobku. Můžeme používat sady podložek, které mají různý úhel sklonu. [5]

1.5.4 Frézování ve sklopném svěráku

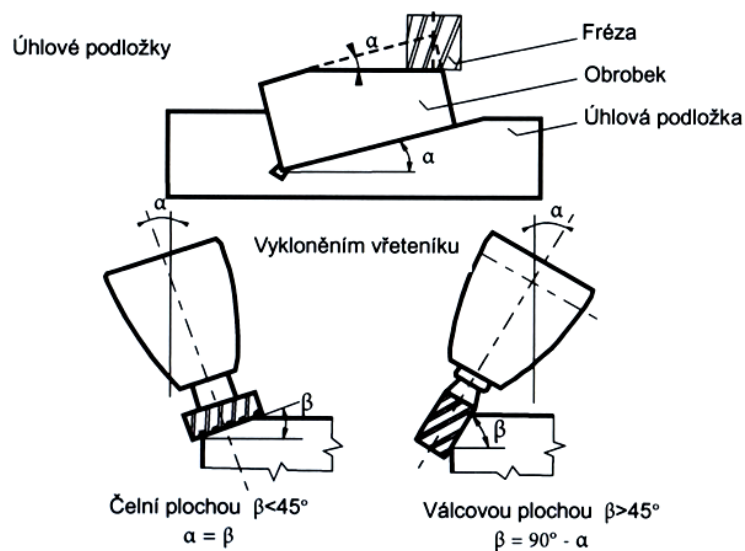
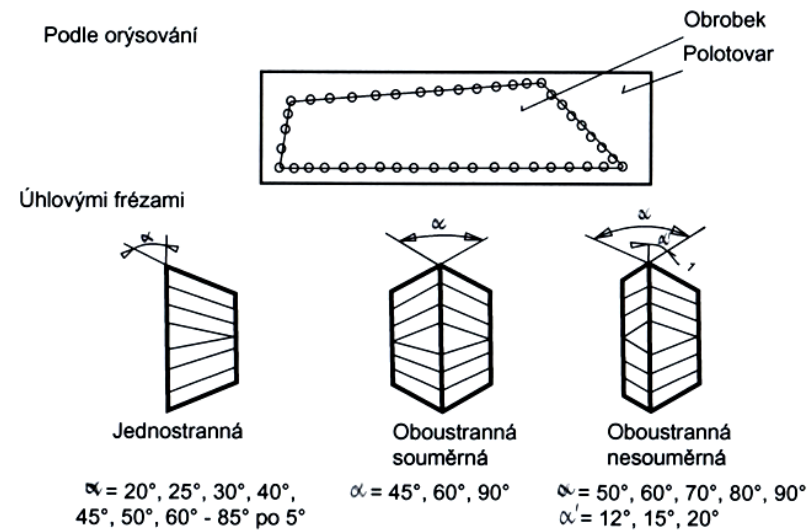
Obrobek se ustavuje do šikmé polohy sklopením nebo natočením svěráku, který patří mezi příslušenství frézek. Rozsah natočení je 0° až 90° na obě strany rozsah vyklonění je od -30° do $+60^\circ$. Úhly se odečítají na stupnicích na svěráku.

1.5.5 Frézování pomocí vyklonění vřeteníkové hlavy

Svislé frézky mívají vřeteník uložený otočně. Umožňuje to vyklonit frézu i s vřetenem do šikmé polohy s rozsahem 0° až 45° na obě strany. Frézovat můžeme břity na čelní nebo válcové fréze.

1.5.6 Frézování ve speciálních přípravcích

Používá se v sériové výrobě. Zaručuje snadné, rychlé a bezpečné upnutí obrobku. Můžeme v nich upínat i obrábět více obrobků najednou. [5]



Obr. 6 Frézování šikmých ploch [5]

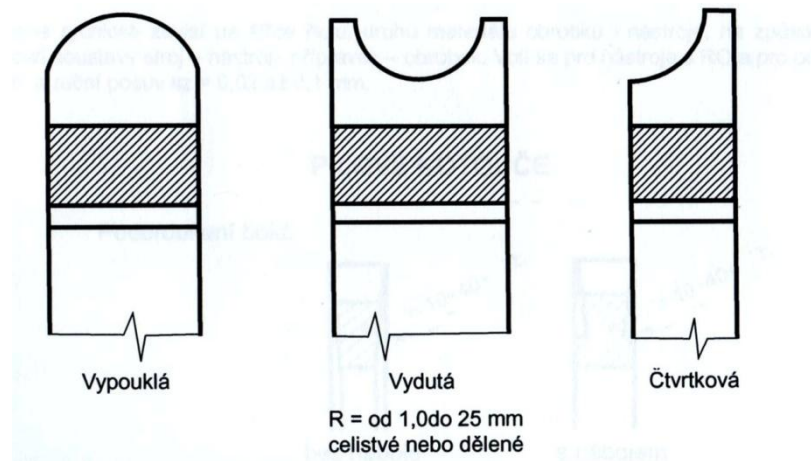
1.6 Frézování jednoduchých tvarových ploch

Příklady frézování tvarových ploch.

1.6.1 Frézování tvarovými frézami

K frézování krátkých a jednoduchých tvarových ploch se používá tvarových zaoblovacích fréz. Ostří má tvar vydutého nebo vypouklého oblouku. Zakřivení břitů se shoduje s profilem, který chceme na obrobku vyfrézovat. Otupená fréza se brousí pouze na čele.

Vyrábějí se jako kotoučové nebo se stopkou. Výhoda je, že frézujeme tvarovou plochu na jeden průchod nástroje, zajišťující přesnost tvarového profilu. Nevýhody jsou vysoké pořizovací a udržovací náklady, menší řezné podmínky, v záběru je celé ostří, velký řezný odpor. [5]



Obr. 7 Zaoblovací frézy [5]

1.6.2 Frézování sduženým posuvem

Tvarovou plochu nejdříve orýsujeme a označíme důlčíkem. Frézujeme čepovou frézou pomocí podélného a příčného posuvu najednou. Nejprve hrubujeme kousek od rysky. Pro dokončení postupujeme co nejpečlivěji, tak aby požadovaný tvar dosáhl co nejpřesnějšího rozměru. [5]

1.6.3 Frézování na otočném stole

Otočný stůl umožňuje frézovat vnitřní i vnější rádiusy. Frézujeme ručně nebo pomocí strojního posuvu. Při frézování na otočném stole nejprve obrobek orýsujeme, poté vyrovnáme otočný stůl do osy vřetene přes pevný hrot upnutý ve vřetenu. Upneme otočný stůl pomocí upínek, vystředíme a upneme materiál na stůl nebo do svěráku. Objedeme velikost rádiusu nástrojem. Frézujeme a kontrolujeme pomocí rádiusových měrek. [5]

1.6.4 Frézování pomocí CNC řídicího stroje

Tímhle způsobem frézování se budeme zabývat v celé jedné kapitole. Frézuje se pomocí souvislého řízení ve více osách.

2 FRÉZKY A CNC STROJE

Frézovací stroje patří do skupiny nejrozšířenějších a nejvýkonnějších obráběcích strojů. Používají se pro obrábění nejčastěji rovinných ploch a zakřivených, drážek, závitů, zubů ozubených kol, šroubovic apod. Na frézce můžeme frézovat najednou více ploch obrobku jednou nebo soupravou několika fréz. [5],[2]

2.1 Konzolové frézky

Hlavním znakem těchto frézek je svisle přestavitelná konzola, upevněná pohyblivě na stojanu, s příčnými saněmi a podélným stolem. Tím je umožněno ustavení obrobku do jakékoli polohy vůči nástroji ve třech souřadnicích. [5]

2.1.1 Základní rozdělení

- Frézky svislé (vertikální) – mají vřeteno ve svislé poloze a je otočné kolem svislé osy. Vřeteno bývá uloženo ve vřeteníkové hlavě, která může být pevně uložena ve stojanu, posuvně nebo otočně o 45° na obě strany. Obrábí se na nich hlavně rovinné plochy, drážky apod.
- Frézky vodorovné (horizontální) – mají vřeteno uloženo ve vodorovné poloze a je otočné kolem vodorovné osy. Vřeteno je rovnoběžné s plochou pracovního stolu a kolmé na podélný směr pracovního stolu.
- Frézky univerzální – mají konstrukci totožnou jako frézky vodorovné, ale podélný pracovní stůl je možno natočit kolem svislé osy o 45° na obě strany. [5]

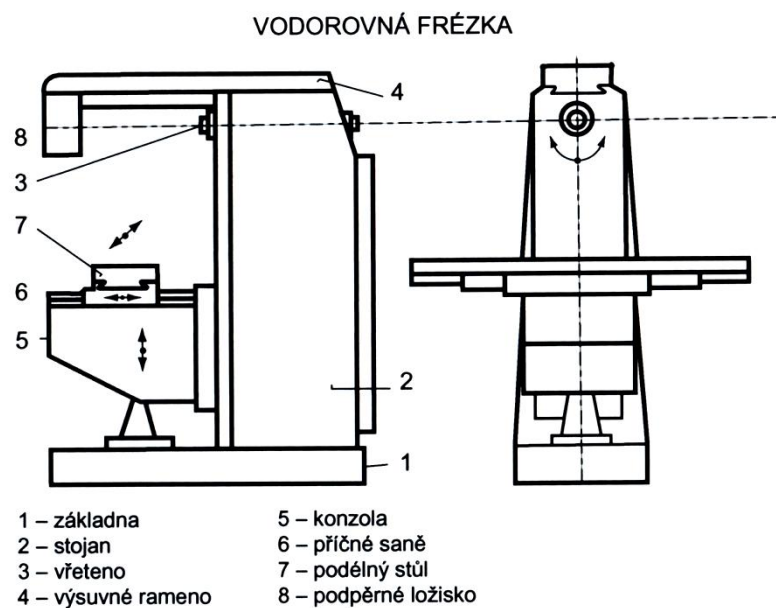
2.1.2 Hlavní části konzolových frézek

Stojan, příčné saně, podélný stůl, vřeteník, vřeteno, výsuvné rameno, podpěrné ložisko, pohybové mechanismy a motor. [5]

- Stojan – je zásadní podpěrnou částí frézky. Je litinový, má skříňový tvar, uvnitř je vyztužený pomocí žeber. Přední část stojanu je určena k podepření, vedení a uložení konzoly, u svislých frézek vřeteníku – vřeteníkové hlavy. Dolní část tvoří základová deska, která slouží jako nádrž chladicí emulze (kapaliny). Uvnitř stojanu se nachází převodová skříň pro volbu rychlostí otáček vřetena.
- Konzola – je litinový odlitek skříňového tvaru. Je uložena posuvně na svislém vedení přední části stojanu, na němž se pohybuje nahoru a dolů. Pohyb a podepření

zabezpečuje pohybový šroub. Horní plocha konzoly bývá opatřena vedením pro příčné saně.

- Příčné saně – podepírají a nesou podélný stůl. Jsou uloženy ve vodorovném vedení konzoly. Slouží k příčnému nastavení podélného stolu.
- Podélný stůl – je uložen ve vedení příčných saní a pohybuje se ve vodorovné rovině. V pracovní ploše stolu je vyfrézováno několik podélných T drážek. U univerzálních frézek je uložena ve vedení točnice.
- Vřeteník (vřeteníková hlava) – je uložen ve vrchní části stojanu, a to pevně pro vodorovné frézky, otočně pro svislé frézky a u některých frézek posuvně ve svislém směru. Ve vřeteníku je uloženo duté vřeteno, zakončené kuželovou dutinou pro upnutí nástrojů. Nástroj je po upnutí zajištěn šroubem. Rozměry upínací kuželové dutiny jsou normalizovány. [5]



Obr. 8 Hlavní části frézek [5]

2.2 CNC frézovací stroje

Číslicovým řízením CNC rozumíme většinou činnost číslicového počítače pro řízení pohybu nástroje nebo obrobku zadanou rychlostí po určené trajektorii v rovině nebo prostoru. Všechny informace jsou ve formě řady numerických znaků jako informace určující rozměr součásti, posuv, otáčky, pomocné informace. CNC obráběcí stroj je tedy určen k řízení a konstrukčně uzpůsoben, aby fungoval v automatickém cyklu. [2]

2.2.1 Hlavní znaky CNC strojů

Jelikož většinu řídicích operací u číslicově řízených strojů má na starost řídicí systém, poté dochází v automatickém režimu provozu stroje k jisté míře eliminace chybovosti operátora stroje. Z následujících důvodů se koncepce strojů zřetelně liší od strojů stavěných pro lidskou obsluhu.

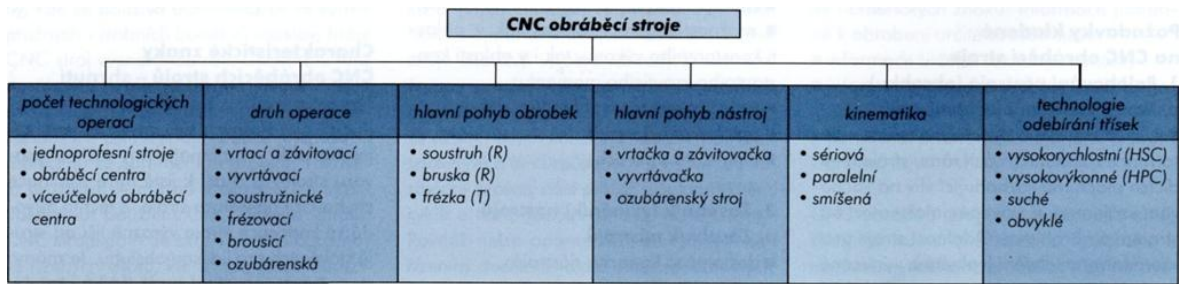
K zhospodárnění výrobnosti se používá tzv. adaptivního řízení procesu obrábění. Jde o systém, který zabezpečuje v každém okamžiku obrábění automatickou volbu optimálních řezných podmínek.

Charakteristickým znakem CNC strojů je zásobník nástrojů, jenž slouží k výměně nástrojů v automatickém cyklu podle sledu operací. K zajištění možnosti obrobení obrobku z více stran bývá CNC stroj vybaven otočným nebo naklápěcím stolem. Stroje mívají automatický odvod třísek z pracovního prostoru stroje. Pro zrychlení výrobních časů bývají stroje vybaveny automatickou výměnou obrobku nebo celých technologických palet a jejich zpevnění a ustavení v pracovním prostoru stroje. [2]

2.2.2 Rozdělení CNC obráběcích strojů

CNC obráběcí stroje rozdělujeme podle šesti hledisek patrných na (Obr. 9). Mimo naznačeného rozdělení, které je dané výše uvedenými kritérii, mohou nastat kombinace, např. jednoprofesní CNC frézka se sériovou kinematikou pro HSC obrábění. Pro jednoprofesní CNC obráběcí stroj je charakteristické, že pro technologii třískového obrábění využívají převážně jeden druh operace a to:

- Frézování
- Soustružení
- Vrtání
- Vyvrtávání
- Broušení
- Výroba ozubení (zejména odvalováním) [2]



Obr. 9 Rozdělení CNC obráběcích strojů [2]

V poslední době se ovšem začínají objevovat jednoprofesní NC stroje i s automatickou výměnou nástrojů a obrobků, jedná se většinou o jednodušší NC stroje konstruované dle přání zákazníka. Levnější náklady na zařízení. Tyhle typy strojů v současné době nahrazují levná obráběcí centra. Obráběcím centrem máme na mysli takový číslicově řízený stroj, který:

- Může provádět různé druhy operací.
- Pracuje v automatickém cyklu.
- Je vybaven automatickou výměnou nástrojů.
- Je vybaven automatickou výměnou obrobků.
- Může pracovat v bezobslužném provozu.
- Je vybaven prvky pro diagnostiku a měření. [2]

Podle úrovně dělíme číslicové stroje na následující.

Stroje první vývojové generace – Sem zahrnujeme NC stroje, které jsou odvozeny od běžných strojů konvenčních a přizpůsobeny pro NC řízení. Tento typ strojů v pozdějším čase přestal vyhovovat, kvůli chybějícím znakům pro konstrukci NC obráběcích strojů.

Stroje druhé vývojové generace – tyto stroje již byly konstruovány zvláště pro číslicové řízení. Stroje byly vybavovány systémem automatické výměny nástrojů, výměna opotřebovaných nástrojů v zásobníku probíhala ručně. Některé stroje byly vybaveny dopravníky třísek, zejména soustružnické stroje. Jde z větší části o stroje, které nesplňují podmínky pro zařazení do automatizovaných výrobních soustav.

Stroje třetí výrobní generace – Hlavním znakem této skupiny strojů je jejich uzpůsobení pro provoz v automatizovaných výrobních linkách. Tyto stroje se zejména vyznačují automatickou výměnou obrobků. Zásobníky pro nástroje mají vyšší kapacitu s ruční výměnou opotřebovaných nástrojů. Výrazným rysem těchto strojů je jejich stavebnicovost, která umožňuje slevit výrobu.

Stroje čtvrté vývojové generace – U těchto strojů je již vyřešeno napojení pro automatickou výměnu opotřebovaných nástrojů ze zásobníku stroje. Čtvrtou vývojovou generaci jde prohlásit za zcela automatickou jak v oblasti výměny obrobků a nástrojů, manipulaci s třískami, tak i v návaznosti na všechny druhy mezioperační dopravy. Jedná se o plně automatizované technologické pracoviště s vysokým stupněm automatizace a možností práce na třísměnný provoz. Mezi další hlavní znak patří důsledná stavebnicovost. Stroje jsou schopny pracovat samostatně, nejčastěji se zásobníkem obrobků upnutých na technologických paletách.

Stroje páté vývojové generace – Po skoro uspokojujícím řešení automatizace základních funkcí CNC obráběcích strojů v předešlé generaci se začaly uplatňovat v konstrukcích mechatronické prvky. Znamená to především elektronickou kompenzaci chyb polohování, měření rozměrů obrobků během obrábění měřicími sondami a korekce programu pro dodržení výkresových rozměrů a přesnosti obráběné plochy. Dále se pak objevuje optimalizace řezných podmínek obrábění a laserové odměřování polohy.

Stroje šesté generace – Jejich konstrukce je založena na zkušenostech z předchozích generací s následujícími znaky:

- Snižování času výměny nástroje a obrobků na minimum.
- Koncepce vyhovující přímo přání zákazníka.
- Vysokorychlostní, vícere a suché obrábění.
- Dálková diagnostika hlavních skupin strojů.
- Ultrapřesné obrábění v řádu desetin mikrometru. [2]

2.2.3 Historie třískového obrábění a CNC obráběcích strojů

Historie třískového obrábění v letech:

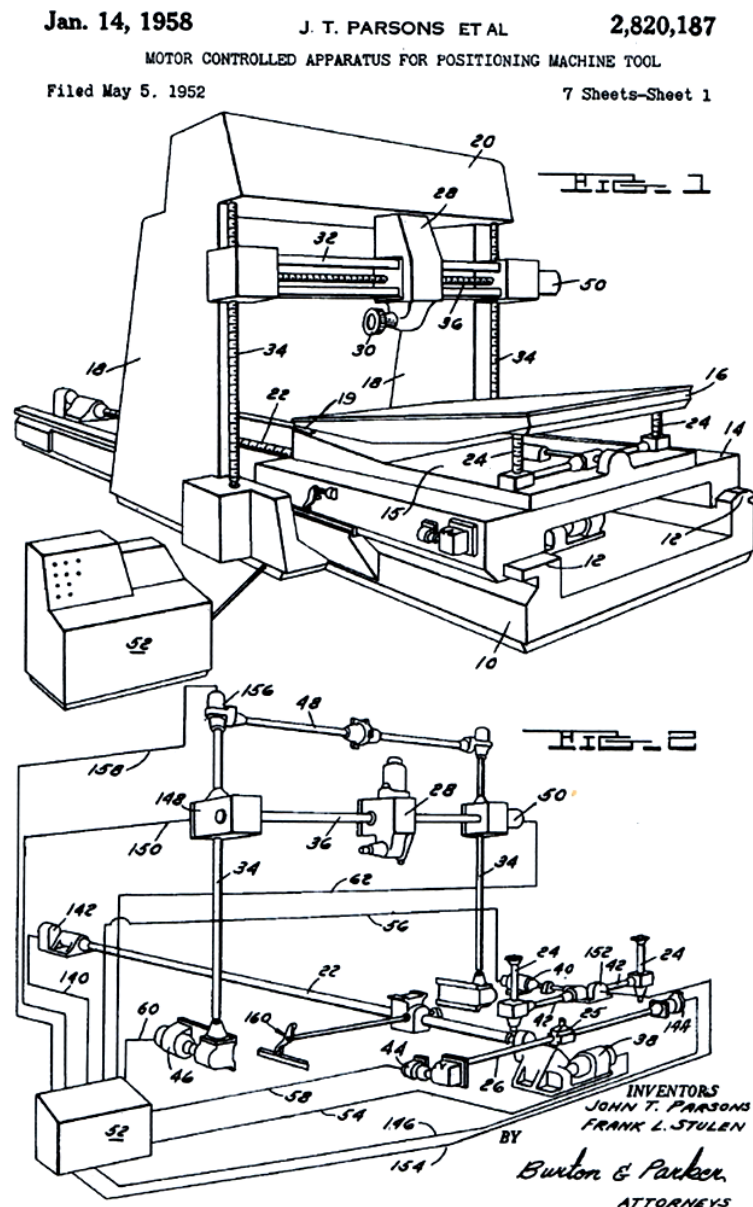
- 2,5 – 1,5 milionu let před n. l. začal člověk upravovat a vyrábět nástroje.
- 600 – 150 tisíc let před n. l. začala výroba nástrojů štípáním z kamene.
- 40 – 10 tisíc let před n. l. se objevily první kamenné čepele.
- 9 – 7 tisíc let před n. l. nástroje složené z několika částí.
- 5 -2,5 tisíc let před n. l. první kamenné pilníky.
- 2700 let před n. l. první známá vrtačka na principu luku a houslového klíče.
- Po roce 1475 Leonardo da Vinci vynalezl první princip otáčení soustruhu v jednom směru. Zachoval se náčrt stroje pro řezání závitů do dřeva.

- Kolem roku 1500 navrhl Leonardo da Vinci vodorovnou i svislou vyvrtávačku.
- 1770 Angličan P. Cooke vynalezl spirálový vrták pro obrábění dřeva.
- 1830 v USA vyvinuta první frézka.
- 1839 Švýcar J. G. Bodmer navrhl karuselový soustruh se svislým vřetenem.
- 1861 americká firma Brown & Scharpe začala úspěšně vyrábět frézky.
- 1863 vrták s frézovanou drážkou, doposud byly vrtáky stočené z pásu nebo navinuté na válcové jádro.
- 1864 začala sériová výroba brusek do kulata.
- 1873 zdokonalení revolverového soustruhu v USA CH. M. Spencerem, na kterém vačky ovládají páky posouvající obrobky a vyměňující nástroje. Krátce na to založil společnost Hartford Machine Screw Company, jejíž obráběcí automaty přispěly k rozvoji ručně ovládaných obráběcích strojů na celém světě.
- Na začátku 20. století nahrazen parní pohon elektrickým pohonem. U soustruhů vznikla řešení založená na použití jednoho elektromotoru. Převod řešen stupňovitě pomocí ozubených kol. [2]

Historie CNC strojů sahá do 19. století, kdy bylo zjištěno, že za pomoci počítače je dosaženo přesnějších a lepších tvarů. K tomuto zjištění bylo dospěno při nutnosti vyrobit lopatky rotoru pro vrtulníky, pro které je nutné mít přesný tvar, ovšem tyto tvary jsou dosti složité a jejich výroba byla náročná, s příchodem CNC se vše podstatně zjednodušilo.

CNC stroje pro obrábění zažily rozmach v 90. letech 19. století, kdy se také dostaly CNC stroje do různých odvětví. Poté již CNC stroje nebyly používány pouze pro obrábění, ale začaly se využívat také například pro svařování.

CNC stroje nám umožnily vyrábět větší počet kusů, při nízkých časech a také snížily náklady na samotnou výrobu součástí. Navíc jsou CNC stroje do značné míry mnohdy univerzálními stroji, existují i méně účelové, které se však v takové míře nevyužívají. [7]



Obr. 10 Ukázka z amerického patentu No 2,820,187 [2]

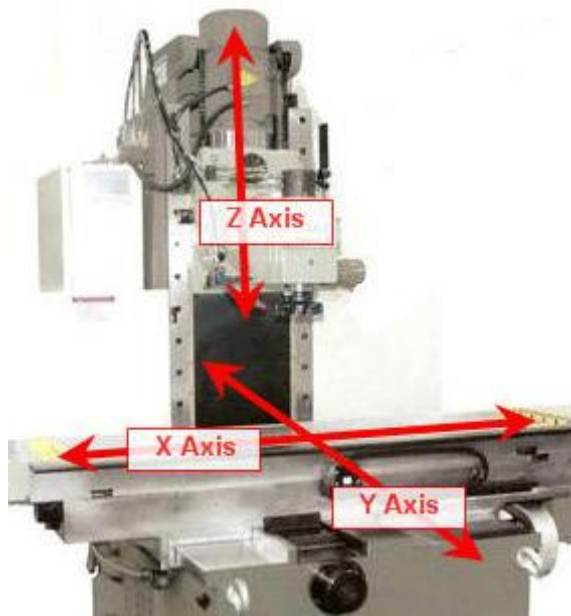
2.2.4 Druhy CNC frézovacích strojů

Osa X a Y leží v rovině stolu frézky, osa X je rovnoběžná s podélným pohybem stolu, osa Z je totožná s osou hlavního pracovního vřetene. Pohyb v kladném smyslu osy Z směřuje od materiálu.

Podle způsobu řízení v následujících osách dělíme frézovací stroje na:

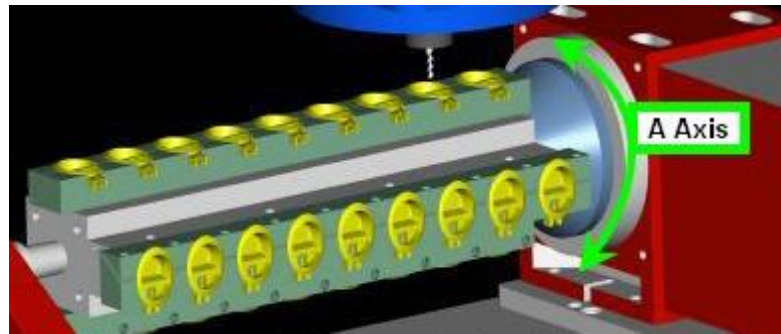
2 a 2,5 osé CNC frézky - Jsou to stroje, které mají omezené technologické možnosti. Jejich využití je pouze ve speciální výrobě. Typickým představitelem je 2,5 osová CNC gravírovací frézka. [8]

3 osé CNC frézky – Patří do nejrozšířenější a nejpoužívanější kategorie CNC strojů. Jsou určeny k frézařským operacím, jako jsou frézování, vrtání, výroba závitů apod. Stroje mají v nejčastějším případě funkční pouze základní osový systém X, Y a Z. Používají se pro výrobu dílců s jednoduchými obráběnými plochami. Pořizovací náklady stroje jsou v dnešní době vzhledem k vysokému počtu vyráběných kusů cenově dostupné. Mimo základní provedení výrobce nabízí různé příslušenství jako otočné stoly apod. pro rozšíření technologických možností daného stroje. [8]



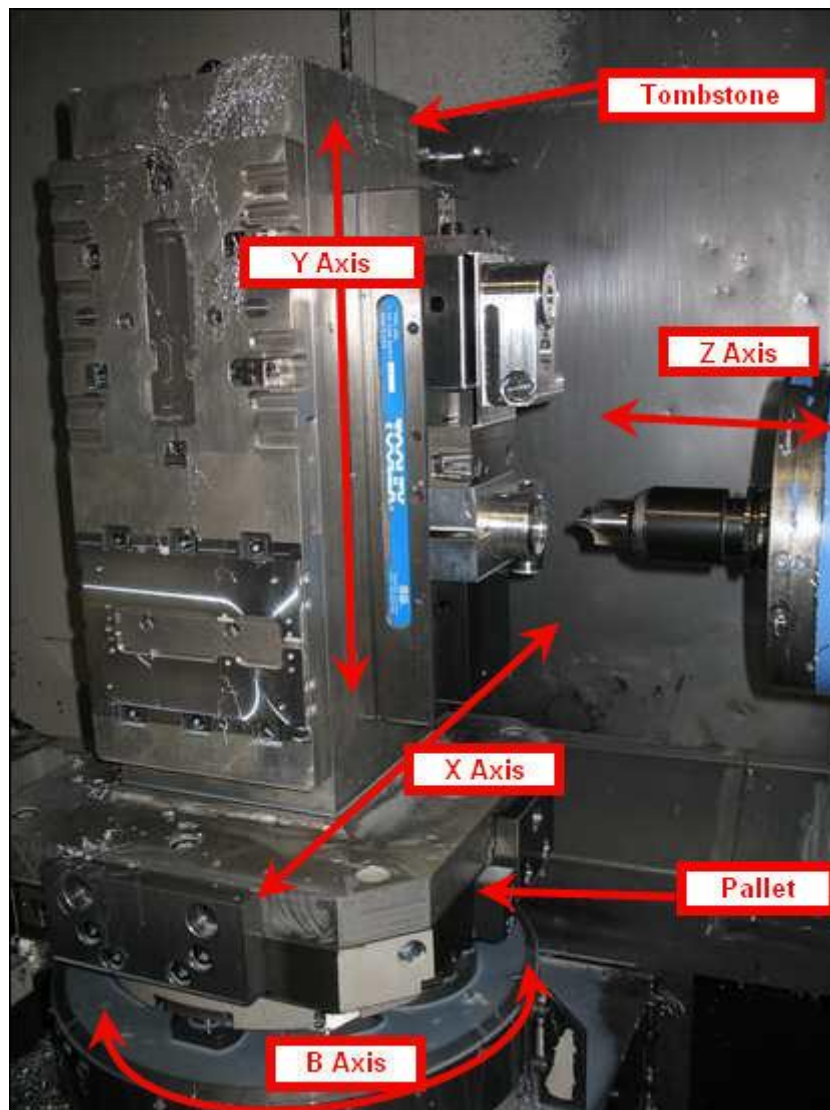
Obr. 11 3 osá CNC fréza [9]

4 osé CNC frézky – Stroje používající se pro výrobu složitějších ploch. Mimo pohyb v základním osovém systému X, Y a Z se přidává ještě jedna funkční osa, ta může být zajištěna pomocí otočného stolu nebo výkyvného stolu. Tyto stroje jsou proto vhodné pro výrobu tvarově složitějších ploch nebo pro výrobu dílce, u kterého je potřeba opracovat plochy z více stran na jedno upnutí obrobku. 4 osa se většinou připojí do určené části 3 osého stroje zajišťující její pohyb a správnou funkci. [8]



Obr. 12 4 osá CNC fréza [9]

5 osé CNC frézky – Stroje používající se pro výrobu tvarově složitých ploch. Mimo pohyb v základním osovém systému X, Y a Z jsou funkční ještě dvě osy jako například výkynný otočný stůl nebo otočný stůl a výkynné vřeteno. Stroje se používají pro výrobu velmi složitých ploch, jako jsou lopatky turbín, formy, zápustky, motorové bloky apod. [8]



Obr. 13 5 osá CNC fréza [9]

2.2.5 Přídavné zařízení

Kvůli rychlému rozvoji nových technologií se pro konstrukci CNC frézek používá různých doplňkových zařízení tak, aby se zvýšily technologické možnosti stroje, zvýšila rychlost výrobního procesu. Jde například o kalení, broušení, měření, kontroly nástrojů v pracovním prostoru stroje apod. Výrobci strojů nabízí různé doplňkové úpravy základní verze stroje tak, aby bylo vyhověno přání zákazníka na pracovní zaměření a použití stroje. Jedná se o rozměry pracovního stolu, výkon stroje, velikost zásobníku pro nástroje, chladicí a mazací systémy, použití paletových systémů pro upínání obrobků a jejich rychlou výměnu apod. [8]



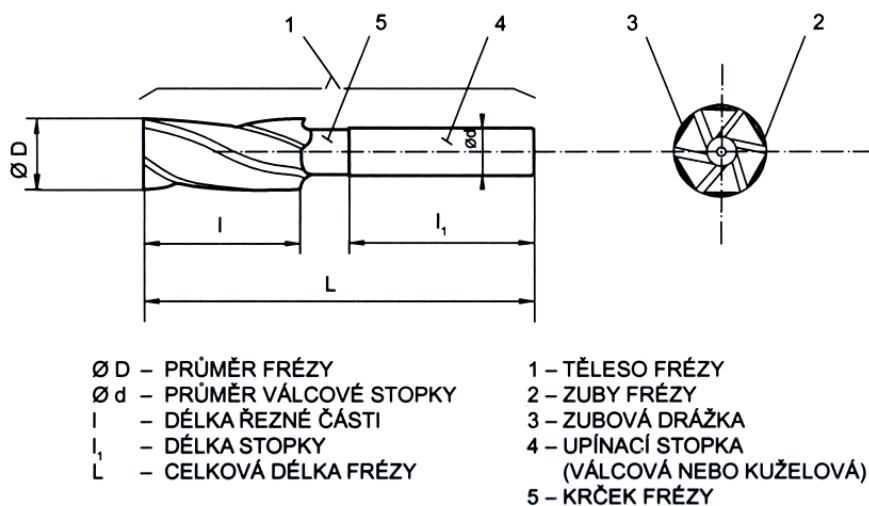
Obr. 14 CNC centrum MORI SEIKI DMC 650 V [10]

3 NÁSTROJE PRO FRÉZOVÁNÍ

Frézy jsou nástroje, které mají řeznou část na povrchu válcové, kuželové nebo jiné rotační plochy. Při frézování se fréza otáčí a posouvá, nejčastěji kolmo k ose nástroje. [10]

3.1 Hlavní části fréz

Čelní válcová fréza se stopkou. Na Obr. 15 je základní popis hlavních částí frézy.



Obr. 15 Hlavní části fréz [5]

3.2 Rozdělení fréz

3.2.1 Podle konstrukce



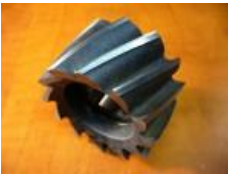



- Celistvé – frézy odlévané nebo kované v jednom kuse
- Frézovací hlavy s vyměnitelnými břitovými destičkami

3.2.2 Podle ploch na nichž jsou břity

- Válcové frézy
- Čelní válcové frézy
- Kuželové frézy
- Kotoučové frézy
- Kotoučové pilové frézy
- Tvarové frézy (drážkovací, zaoblovací, úhlové, modulové, na ozubení, závitové)

[5]

Tabulka 1. Příklady typů fréz [11]

DRUHY FRÉZ	Rozložení břitů	Účel použití
 <p>fréza válcová</p>	Na válcové ploše	Frézování rovinných ploch rovnoběžných s osou frézy
 <p>fréza válcová čelní</p>	Na válci a na čelní rovině	Pro současné frézování dvou na sobě kolmých rovin
 <p>fréza čelní</p>	Na čelní rovině kolmé k ose frézy	Frézování rovinných ploch. Čelní frézy se vsazenými zuby o průměru větším než 125mm jsou frézovací hlavy.
 <p>fréza kotoučová</p>	Na válcové a na obou čelních rovinách	Frézování drážek a čelní frézování bočních rovin
 <p>fréza úhlová</p>	Na kuželu	Pro frézování nakloněných rovin, srážení hran. Úhlové frézy pro zubové drážky frézovaných nástrojů.
 <p>frézy tvarové</p>	Podle tvaru součásti	Frézování kruhových nebo obecně zakřivených profilů, např. speciálních profilů mezer mezi zuby fréz.

3.2.3 Podle průběhu břity

- S přímými břity
- Se šroubovitými břity
- Se střídavými břity
- S šípovitými břity (frézy dělené) [5]

3.2.4 Podle způsobu výroby

- Frézy se zuby frézovanými mají mít takový tvar, aby se snadno zařezávaly do materiálu, byly dostatečně pevné proti ulomení a dobře odváděly teplo. Výhodou je jednoduchá výroba zubů frézováním, odléváním, jednoduché ostření na čele a na hřbetě. Nevýhodou je, že ostřením se ztrácí původní tvar a velikost zubů, zmenšují se průměry a drážky pro odvádění třísek.
- Frézy se zuby podsoustruženými nebo podbroušenými pro tvarové frézy mají hřbet podsoustružený nebo pod úhlem 8° až 12° , ve tvaru Archimédovy spirály. Úhel čela u starších fréz je 0° u novějších fréz až 10° . Výhodou je ostření pouze na čele, nemění se tvar zubu. Proto se používá u tvarových fréz. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady, menší výkon při frézování a menší řezné rychlosti. [5]

3.2.5 Podle počtu zubů

- Jemnozubé
- Polohrubozubé
- Hrubozubé [5]

3.2.6 Podle způsobu upínání

- Nástrčné (upínání za otvor)
- Stopkové s válcovou nebo kuželovou stopkou [5]

3.2.7 Podle smyslu otáčení

- Pravořezné otáčejí se ve smyslu otáčení hodinových ručiček
- Levořezné otáčejí se proti smyslu otáčení hodinových ručiček [5]

3.2.8 Podle použití

- Pro frézování rovinných ploch (válcové, čelní válcové, frézovací hlavy)

- Pro frézování šikmých ploch (kuželové, úhlové)
- Pro frézování tvarových ploch (zaoblovací, modulové, speciální)
- Pro frézování drážek (kotoučové, stopkové, drážkovací, na T drážku, na rybinové drážky)
- Frézy na ozubení (modulové, odvalovací)
- Frézy na závity (kotoučové, hřebenové)
- Kopírovací frézy [5]

3.3 Plochy frézovacích nástrojů

Břit – je řezná část nástroje. Je to klínová část, jež vniká do materiálu a odebírá třísku. Je tvořen hřbetem a čelem.

Čelo – je plocha, po které odchází tříška z místa řezu. Tvar čela může být oblý, přímý nebo lomený.

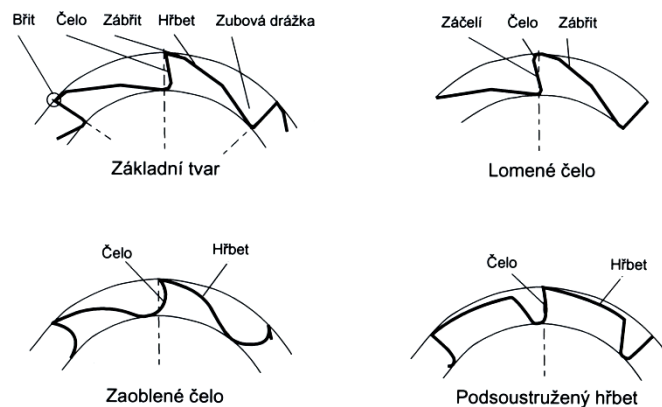
Hřbet – je plocha, která je odkloněná od obráběné plochy. Může být ve tvaru přímém, zakřiveném nebo ve šroubovici.

Zábřit – je úzká část hřbetu, která začíná za fazonetkou.

Ostří – je řezná hrana, která vzniká jako průsečnice plochy čela a hřbetu. Může mít tvar přímý, zakřivený nebo ve šroubovici.

Fazetka – je úzká válcová ploška, která vzniká při broušení fréz do kulata. Válcové plošky mohou být od 0,05 mm do 0,15 mm

Zubová drážka – je prostor mezi zuby a slouží k odvodu odebíraných třísek. Tvar zubové drážky je dán tvarem čelní a hřbetní lochy zubu a roztečí zubu. [5]



Obr. 16 Plochy fréz [5]

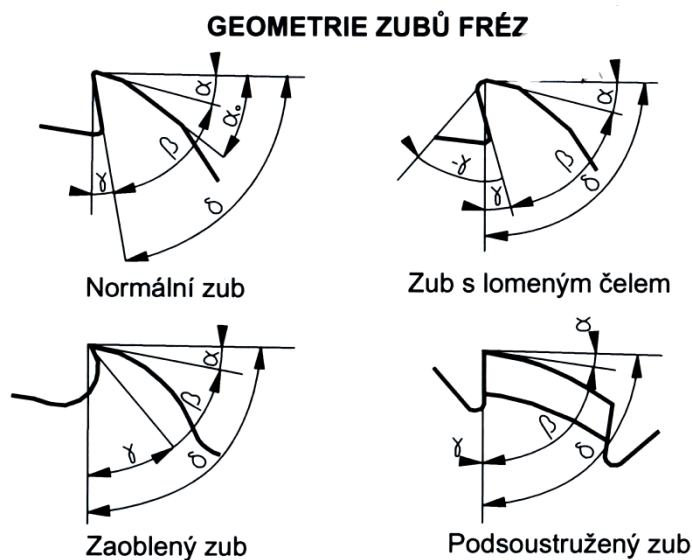
3.4 Úhly frézovacích nástrojů a jejich význam

Úhel hřbetu alfa – je úhel mezi obrobenou plochou a plochou hřbetu. Pokud má zub vybroušen zábřit, tak se úhel určuje na závitě a úhlem mezi obrobenou plochou a část hřbetu za závitěm je úhel odklonu hřbetu alfa. Tento úhel má vliv na velikost tření mezi hlavním hřbetem a obrobenou plochou. Čím větší je úhel hřbetu, tím menší je tření a ostří má větší trvanlivost. Úhel hřbetu se volí mezi 6° až 10° .

Úhel čela gama – je úhel mezi plochou čela nástroje a kolmicí vedenou k obráběné ploše. Jeho velikost ovlivňuje směr odvádění třísky. Čím větší je úhel čela, tím snáze odchází tříška po čele. Větší úhel čela má za následek zeslabení břitu nástroje. Při volbě úhlu čela musíme brát v ohled pevnost a tvrdost obráběného materiálu.

Úhel břitu beta – je úhel, který svírá čelo nástroje s hlavním hřbetem. Jeho velikost má vliv na odpor, který klade materiál obrobku nástroji při frézování. Z pohledu pevnosti břitu je důležité, aby úhel břitu byl co největší 45° až 90° .

Úhel řezu delta – udává odklon čela na obrobené plochy. Jeho velikost je dána součtem úhlu hřbetu alfa a břitu beta. $\Delta = \alpha + \beta$, $\Delta = 90^\circ - \gamma$. Má vliv na styl tvoření třísky, na velikosti řezných odporů a na drsnost obráběných ploch. [5]



Obr. 17 Úhly frézovacích nástrojů [5]

3.5 Upínání fréz

Výkon při frézování a drsnost obráběných ploch závisí nejen na geometrii nástroje a na volbě správných řezných podmínek, ale i na spolehlivém upnutí obrobku a na upnutí nástroje ve vřetenu frézy.

Pomocí upínacích hlaviček – frézy s upínací stopkou upínáme přímo do upínacích hlaviček nebo upínacích pouzder s výměnnými vložkami. Průměry válcových stopek a upínacích hlaviček jsou normalizované.



Obr. 18 Příklad upínací hlavičky pro frézu D8R1

Přímo do dutiny vřetena – frézy s upínací stopkou se vkládají přímo do kuželové dutiny vřetena a zajišťují se přídržovacím šroubem. Není-li velikost kužele stopky a dutiny vřetena stejná, používají se k upnutí redukční pouzdra. Kuželové stopky i dutiny jsou normalizovány, menší kužele morse 0 až 6 větší kužele metrické a strmé (ISO)

Pomocí krátkých (letmých) frézovacích trnů – upínací trn má válcový čep, na který se nasune fréza a upevní se šroubem. Unášení frézy je zajištěno podélným perem nebo kameny. Dělí se na krátké, poloprodložené, prodložené.

Pomocí dlouhých frézovacích trnů – frézovací trn je kuželovou stopkou umístěn v kuželové dutině vřetene a jištěn šroubem. Druhý válcový konec trnu je podepřen v ložisku podpěrného ramene. Otáčení frézy je zaručeno podélným perem, umístění frézy rozpěrnými kroužky.

Pro správné, pevné a spolehlivé upnutí, se musí dodržet následující pravidla:

- Upínací části fréz, redukčních pouzder a kuželová dutina vřetene se musí řádně vyčistit.
- Upínací plochy musí pevně dosedat po celé jejich ploše.
- Nástroje, pouzdra i trny se musí zajistit šroubem.
- U frézovacích trnů upínáme frézy co nejbližší vřetena nebo podpěrného ložiska tak aby se zabránilo prohýbání trnu v průběhu obrábění. [5]

4 NÁSTROJOVÉ A KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY

Hlavními požadavky na volbu nástrojových materiálů jsou tvrdost, odolnost proti opotřebení, tepelná vodivost, pevnost v ohybu a houževnatost. Následující parametry by nástrojový materiál měl splňovat po dostatečně dlouhou dobu při vyšších a vysokých teplotách. Jde převážně o požadavek vysoké řezivosti a tímto i vysokého řezného výkonu, daného velkým úběrem obráběného materiálu za minutu a dále vysoké mechanické odolnosti a odolnosti proti teplotním rázům.

Při výrobě řezných částí nástrojů se užívá následujících materiálů:

- Nástrojové oceli uhlíkové
- Nástrojové oceli nízkolegované
- Rychlořezné oceli RO
- Stelity
- Slinuté karbidy SK
- Slinuté karbidy s tvrdými povlaky
- Cermety
- Keramické nástrojové materiály KM
- Polykrystalický kubický nitrid bóru PKNB
- Polykrystalický diamant PKD
- Přírodní diamant

V praxi se používá z 80% vyměnitelných destiček ze slinutého karbidu. Zbývající část jsou nástroje pro osové obrábění z rychlořezných ocelí. [1]

4.1 Rychlořezné oceli

Pro volbu nástroje je nutné brát v úvahu:

- Tvar obrobku a jeho obrobiteľnosť
- Druh operace obrábění
- Možnosti volby řezných parametrů
- Výkon a tuhost obráběcího stroje
- Drsnost povrchu a jeho rozměrovou a tvarovou přesnost

Tvrdost vysokolegovaných ocelí je dána zakalením na martenzit a přítomností karbidů legujících prvků Cr, W, Mo, a V, jež se spojují s uhlíkem, obsaženém v oceli. Vytvořené

karbidy jsou velmi tvrdé a způsob, jakým jsou karbidy vyloučeny, má za následek ovlivnění tvrdosti oceli. Vysoký obsah legujících prvků zaručuje vysokou prokalitelnost, rychlosti ochlazování mohou být nízké a tím je snížena možnost vzniku deformací. Postup kalením rychlořezných ocelí je složitější než pro oceli nízkolegované nebo uhlíkové. Ohřev a chlazení se provádí stupňovitě v prostředí s různou teplotou.

Vysokolegované rychlořezné oceli snášejí během obrábění teplotu přibližně až 600°C. Jejich použití je tím pádem pro výkonné řezné nástroje vystavené rázům u přerušovaných řezů, jako jsou nože, vrtáky, frézy, tvarové nástroje, výstružníky, závitníky apod. Pro nástroje z rychlořezné oceli je dobré využívat dražší, ale zato kvalitnějších typů vysoce výkonných rychlořezných ocelí. Důležité pro volbu nástrojů z rychlořezných ocelí je použití vhodných řezných emulzí a olejů. [1]

4.2 Stelity

Jsou řezné slitiny, jejichž řezivost a tvrdost je dána velkým množstvím karbidů wolframu a chromu. Obsah látek ve stellitu je 2% až 4%, 20% až 40 % Cr, 10% až 30% W, 30% až 55% Co, dále obsahují menší množství molybdenu, niklu a jiných prvků. Přítomnost železa ve stellitech by měla být nejvýše 10% a jeho přítomnost je brána jako nečistota. Vlastnosti stellitu jsou křehké, nekujné, nejsou obrobitelné běžnými typy nástrojů a neprovádí se u nich tepelné zpracování. Nástroje se odlévají v celku nebo ve formě břitových destiček. Po odlití se pouze přebrousí. [1]

4.3 Slinuté karbidy

Vyrábí se metodou práškové metalurgie spékáním karbidů wolframu, titanu, Ta, Cr. Pojivem při spékání karbidů je kobalt. Tvrdost slinutých karbidů je určena samotnou povahou daného materiálu. Proto se zde neprovádí žádné tepelné úpravy ke zvýšení tvrdosti materiálu. Tepelná odolnost břitu ze slinutých karbidů je asi až na 900°C.

Slinuté karbidy se vyznačují oproti rychlořezným ocelím svou otěruvzdorností, jsou však křehké, mají větší sklon ke drobení břitu a jejich obrobení je obtížné.

Mezinárodní rozdělení slinutých karbidů je dle normy ISO následující:

- P – slinuté karbidy pro obrábění materiálu, tvořící plynulou třísku.
- M - slinuté karbidy pro obrábění materiálu, tvořící plynulou i krátkou třísku.
- K - slinuté karbidy pro obrábění materiálu, tvořící krátkou třísku.

Podskupiny se značí dvoumístným číslem, vyjadřujícím houževnatost přiřazených druhů a jejich odolnost proti otěru. V podskupinách s nízkým číslem jsou u všech tří hlavních skupin druhy s vysokou odolností vůči otěru a nízkou houževnatostí, v podskupinách s vysokým číslem je tomu přesně obráceně.

Slinuté karbidy s tvrdými povlaky jsou kombinované materiály na bázi práškových kovů. Skládají se z tvrdých karbidů, jsou ale křehké a náchylné k vydrolování. Karbidy jsou uloženy v měkké kovové pojivové fázi, jež má za úkol spojení křehkých karbidů do pevného tělesa. Karbidy dodávají vysokou tvrdost za vysokých teplot a odolnost proti opotřebení. Jejich tvrdost zvyšujeme použitím povlaku karbidu titanu, oxidu hlinitého nebo nitridu titanu. Povlakování může být prováděno v jedné nebo ve více vrstvách. [1]

4.4 Keramické řezné materiály

Kombinované materiály, které lze dělit do dvou skupin: keramické materiály na bázi kyslíčnicku hlinitého nebo nitridu křemičitého.

Hlavní složkou keramických řezných materiálů na bázi kyslíčnicku hlinitého je elektrickou cestou vytvořený korund, který patří mezi nejtvrďší známé materiály. Nevýhodou je jeho křehkost, proto se do keramických řezných materiálů pro zvýšení houževnatosti, přidávají molybden, nikl, chrom a také karbidy titanu, molybdenu a wolframu.

Řezivost je dána přímo tvrdostí korundu, případně příměsí karbidu. Keramické řezné materiály mají vysokou odolnost proti otěru a snášejí teploty 1200°C i vyšší. Jejich podstatnou výhodou je relativně nízká cena.

Zlepšení vlastností je dosaženo jemnější strukturou čistého korundové keramiky nebo přidáním karbidu titanu. Pevnost, tvrdost a odolnost závisí na hustotě, velikosti a rozdělení zrn tak, že zlepšení uvedených parametrů nastává při zvyšující se hustotě a snižující se velikosti zrn.

Řezná keramika se dělí podle vlastností, chemického složení a použití na tři základní skupiny:

- Čistá keramika – obsahuje až 99,9% kyslíčnicku hlinitého Al_2O_3
- Směsná keramika - obsahuje vedle korundu Al_2O_3 také 20% až 40% karbidu titanu TiC. Vyšší odolnost proti teplotním a mechanickým rázům.
- Keramika na bázi nitridu křemíku – má relativně vysokou odolnost proti porušení břitů. [1]

4.5 Supertvrdé řezné materiály

Do této skupiny patří mimo řeznou keramiku také dva druhy řezných materiálů:

- Polykrystalický kubický nitrid bóru
- Polykrystalický diamant

Oblast použití je pro obrábění všech neželezných kovů a nekovových materiálů jako např. hliníku a jeho slitin, mědi, mosazi, kaučuku, grafitu, skla, titanu a jeho slitin apod. [1]

4.6 Hliník a jeho slitiny

4.6.1 Vlastnosti hliníku

Hliník je nepolymorfní kov, krystaluje v krychlové plošně středěné mřížce, má nízkou měrnou hmotnost ($2,69\text{g/cm}^3$), tavicí teplotu 660°C , bod varu $2\,060^\circ\text{C}$ a vysokou tepelnou a elektrickou vodivost. Je však poměrně měkký, dobře tvárný, ale málo pevný. Mechanické hodnoty jsou závislé na chemické čistotě a způsobu zpracování (tvářením zastudena, zatepla apod.). Ve stavu měkce žíhaném má pevnost v tahu 60MPa , tažnost 25%. Tvářením zastudena se dá zpevnit až na $160 - 200\text{MPa}$. Pevnost však při vzrůstající teplotě rychle klesá. Má dobrou stálost na vzduchu, neboť se oxidačními účinky atmosféry povléká vrstvičkou kysličníku hlinitého, který jej chrání před další oxidací. Ve styku s louhy a čpavkem rychle koroduje. Je dobře tvárný zastudena i zatepla, a proto se používá k tažení složitých profilů pro stavební účely. Slévatelné vlastnosti jsou však špatné, ale pomocí přísadových prvků získává velmi dobrou slévatelnost. [3]

4.6.2 Použití a označení hliníku

V energetice se běžně používá na výrobu vodičů, neboť má 60% vodivost mědi a přitom je lehký. Technický hliník se také používá na výrobu různých zařízení v chemickém a elektrotechnickém průmyslu, v obalové technice, v potravinářství a ve stavebnictví.

Hliník tvářený patří do skupiny ČSN 42 40 XX, hutní hliník do skupiny ČSN 42 41 XX

4.6.3 Slitiny hliníku

Slitiny hliníku se mohou tvářet i odlévat. Tvářené slitiny, které se používají v průmyslu, jsou na bázi Al – Cu, Al- Mg, Al – Mn, Al – Si, Al – Zn. Slitiny k odlévání jsou na bázi Al – Si, Al – Si- Cu.

Slitiny hliníku s mědí obsahují obvykle přísadu hořčíku, který zvyšuje pevnost a tvrdost po vytvrzení. Když se jeho obsah pohybuje okolo 0,5 %, označují se slitiny stále obchodním názvem dural. Při zvýšení obsahu hořčíku na cca 1% se nazývají superdural. Tyto slitiny mají dobré mechanické vlastnosti, ale relativně nízkou odolnost proti korozi. Proto nejsou vhodné pro chemický průmysl. Je možné používat je do teploty cca 50 °C, při vyšších teplotách již rychle klesá pevnost. Ke zvýšení pevnosti za vyšších teplot se přidávají až 2% niklu. Nevýhodou je, že nikl zvyšuje současně měrnou hmotnost.

Slitiny Al – Mg (3 až 7 % hořčíku) mají dobrou odolnost proti korozi atmosférické, mořské vodě atd. Odolávají i různým chemickým činidlům. Jejich vytvrzování se neprovádí, protože vyloučené principitáty snižují odolnost proti korozi.

Slitiny hliníku s manganem (do cca 1,5 % Mn) se nevytvřují, protože mají dobrou odolnost vůči korozi, nahrazují čistý hliník, pokud se vyžaduje vysoká odolnost proti korozi a nestačí nízká pevnost hliníku.

Slitiny tvářené Al – Si se používají částečně málo, protože oblast vhodná ke tváření je úzká.

Nejvyšší pevnost mají slitiny hliníku a zinku (cca 600 Mpa). Jejich nevýhodou je nižší odolnost proti korozi. Zde se používají nejvíce slitiny s obsahem cca 6% Zn, 2,5% Mg nebo 4% Zn a 1% Mg.

K odlévání se používají nejvíce slitiny na bázi Al – Si, nebo-li siluminy. Obsah křemíku se pohybuje od 4,5 až nad 13%. Po odlití tvoří základní matici téměř čistý hliník, ve kterém jsou vyloučeny jehlice křemíku. Aby se zvýšily plastické vlastnosti, očkují se tyto slitiny sodíkem. Jehlice křemíku se sbalí, čímž se tažnost zvýší. Aby se zvýšila pevnost po vytvrzení, legují se siluminy i hořčíkem. Po tepelném zpracování se poté nazývají jako siluminy gama, které mají dobrou zabíhavost.

Pro součásti pracující za vyšších teplot se užívá komplexních slitin Al-Si-Cu-Ni-Mg podle ČSN 42 43 436 s eutektickou koncentrací Si: Obsahují 11 - 15% Si, 0,8-1,3% Cu, 1-2% Ni, 0,9-1,3% Mg a 0,4% Mn. Vytvrzováním se dosáhne pevnosti v tahu až 240 Mpa. Tato slitina se používá na odlitky pístů a hlav válců spalovacích motorů. [3]

4.6.4 Povrchová úprava eloxováním

Eloxování se řadí mezi druh povrchové úpravy kovů a některých slitin. Jedná se o elektrochemický proces, kdy na povrchu kovu (hliníku, titanu, niobu), který je v elektrolytické

lázni zapojen jako anoda, dochází ke tvorbě rovnoměrné kompaktní vrstvy oxidu, který je výrazně tvrdší a chemicky odolnější než samotný kov a zlepšuje tak mechanické a chemické vlastnosti eloxovaných výrobků. Nespornou výhodou je také možnost vybarvování této vrstvy průmyslovými barvivy do prakticky libovolného odstínu, což má důvod jak estetický, tak i praktický (např. černění hliníkových součástí optických přístrojů, nebo ploch chladičů). Navíc na rozdíl od organických barviv nanášených pouze na povrch kovu, nemá vrstva eloxu při správném provedení tendenci k odlupování a barvivo je v této vrstvě uzavřeno. Asi nejznámější a nejrozšířenější je eloxování hliníku, kdy na jeho povrchu vzniká vrstva oxidu hlinitého se strukturou korundu (důvod tvrdosti vrstvy) silná 5 - 25 mikrometrů. Eloxování hliníku je poměrně jednoduchá operace proveditelná i v domácích podmínkách. Při dodržování určitých pravidel lze docílit efektního vzhledu hliníkových dílů. [12]

4.7 Neodymový magnet

4.7.1 Vlastnosti neodymového magnetu

Neodymový magnet unese 1300 násobek své hmotnosti. Neodymové magnety, - NdFeB, jsou směsí neodymu, železa, a boru. Tyto magnety mají nejlepší poměr v porovnání výkonu a ceny. Do nedávné doby byly nejsilnější permanentní magnety materiály na bázi samaria a kobaltu. V roce 1982 byly překonány materiálem, jehož chemické složení je $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Tento materiál je v dnešní době nejnovějším a nejsilnějším typem magnetu s výbornými magnetickými vlastnostmi a s nejvyšší interní energií jako je remanence a energetická hustota. Magnety daného typu jsou schopny unést více než tisícinásobek vlastní hmotnosti a magnet o velikosti malé mince tak dokáže udržet železný předmět o hmotnosti cca 10kg. Vzhledem ke své síle jsou poměrně malé a levné. Velice jednoduše korodují, proto je nezbytné u nich provést povrchovou úpravu nejčastěji niklováním, zinkováním nebo pryskyřicí. [6]

4.7.2 Výrobní proces

Bloky neodymových magnetů jsou obvykle vyráběny procesem práškové metalurgie. Neodymový prach o velikosti několika mikronů je vyráběn v atmosféře interního plynu a poté stlačen v tuhé ocelové nebo gumové formě. Kaučuková forma je zpevněná na všech stranách kapalinou a ta předává tlak pro izostatické slisování. V ocelových formách jsou vyráběny magnety finálních tvarů, zatímco v gumových formách jsou vyráběny velké bloky (tzv. Bochníky), které jsou poté rozděleny na finální tvary. [6]

4.7.3 Povrchová úprava

NdFeB magnety podléhají velmi rychlé korozi. Lakování a pokovení jsou jedny z možností, jak chránit magnet před okolním prostředím. Velmi rychlá oxidace vyžaduje pečlivou přípravu magnetu před nanesením laku nebo pokovením. Mnoho prostředků pro povrchovou úpravu není schopna tuto slitinu magnetu povrchově upravit. Slitina NdFeB nepřijme pokovení tak, jako další slitiny kovů, a to má za příčinu, že začne korodovat zevnitř směrem na povrch magnetu. Způsob povrchové úpravy tohoto typu magnetu je zinkem, niklem, pasivací, epoxidovou pryskyřicí, zlatem a stříbrem. [6]

4.7.4 Nevýhody a rizika

Neodymové magnety ztrácejí magnetické vlastnosti už při teplotě nad 80 °C, zatímco běžné feritové magnety jsou použitelné i při teplotách kolem 300 °C. Jejich vysoká magnetická síla může způsobit vymazání dat na magnetických záznamových médiích, ale i na bankovních kartách, znemožnit funkci některých zařízení jako elektroměrů, vodoměrů, nebo poškození obrazovek počítačových monitorů. [6]

5 CNC PROGRAMOVÁNÍ

5.1 CNC obráběcí stroj - princip a zařízení

Číslicově řízené výrobní stroje (CNC) jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je řízeno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfanumerických znaků. Vlastní program je dán posloupností oddělených skupin znaků, které se popisují jako bloky nebo věty. Program je určen pro řízení stroje, aby proběhla požadovaná výroba součásti.

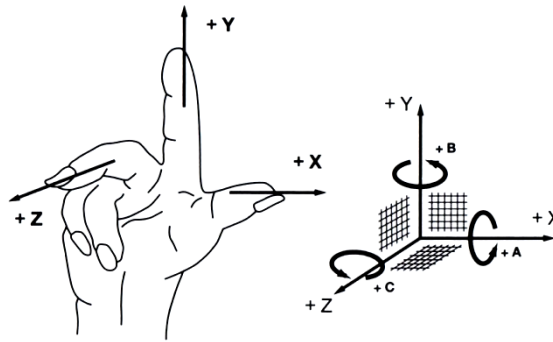
Stroje pracují v automatickém cyklu, který je zajištěn číslicovým řízením. CNC stroje se uplatňují ve všech oblastech strojírenské výroby (obráběcí, montážní, tvářecí, měřicí) a jejich představiteli, které se používají pro výcvik programátorů a obsluhy, jsou soustruhy a frézky.

Informace, které program zahrnuje, lze rozdělit na:

- **Geometrické** – Popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry a tvarem obráběné součásti. Udávají tedy její obrábění a popisují příjezd a odjezd nástroje k obrobku. Jde tedy o popis dráhy nástroje v kartézských souřadnicích, kdy pro tvorbu programu musíme mít rozměry z výrobního výkresu. V programu je uveden popis drah v osách X, Z u soustruhu, v osách X, Y, Z u frézky (často i v dalších osách dle konstrukce stroje a složitosti výrobku).
- **Technologické** – Stanovují technologii obrábění z hlediska obráběcích rezných podmínek (zejména otáček, rezné rychlosti, posuvu, případně hloubky třísky).
- **Pomocné** – Jsou to informace pro stroj pro určité pomocné funkce (např. zapnutí čerpadla chladicího média, směr otáček vřetene atd.) [4]

5.2 Souřadnicový systém stroje

Výrobní systémy používají k výrobě kartézský systém souřadnic. Systém je pravotočivý, pravoúhlý s osami X, Y, Z, otáčivé pohyby, jejichž osy jsou rovnoběžné s osami X, Y, Z, se označují jako A, B, C.



Obr. 19 Definování kartézských souřadnic – pravotočivá soustava [4]

Platí, že osa označená jako Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetene, přičemž kladný smysl probíhá od obrobku k nástroji.

Programátor se z kartézským souřadnicovým systémem nejčastěji setkává při tvorbě programů. Počátek souřadnic systému se vkládá do nejvýhodnějšího místa vzhledem k obrobku, který je pojmenovaný jako nulový bod obrobku. Nulový bod je vhodné umístit tak, aby se co nejvíce zjednodušilo odečítání jednotlivých geometrických bodů na obrobku.

Řídicí systémy CNC strojů používají kartézské souřadnice po tvorbu CNC programů v těchto případech:

- programování absolutní
- programování přírůstkové – osy souřadnic jsou vloženy na špičku nástroje nebo do osy rotace
- programování pomocí polárních souřadnic – z bodu, do kterého vložíme souřadnice, se určuje délka a úhel
- parametrické programování

V programech CNC se v závislosti na použitém stroji CNC a náročnosti vyráběné součásti používá pro rozličné účely dané značení dalších os souřadnicových systémů – přehled a použití uvádí tabulka.

Souřadnicový systém CNC strojů – značení a použití jednotlivých os				
OSY – DRUHY	↓	↓	↓	URČENO PRO
Základní osy	X	Y	Z	Geometrie pohybu nástroje.
Rotační osy	A	B	C	Pokud konstrukce stroje umožňuje provádět přídavné rotační pohyby v osách, jsou tyto označeny jako A, B, C např. u soustruhu, který používá přídavné rotační nástroje, je využita „osa“ C pro nastavení polohy obrobku vůči nástroji.
Doplňkové osy	I	J	K	Parametry interpolace, které vyjadřují např. určení středu poloměru kontury oblouku na obrobku v souřadnicích. Stoupání závitu v jednotlivých osách.
Sekundární, terciální doplňkové osy	U	V	W	Přídavné pohyby v osách, např. hloubka třísky.
	P	Q	R	Většinou pro programování manipulátorů u strojů.

Obr. 20 Značení jednotlivých os [4]

U obráběcích strojů, které používají více os, např. u vícevřetenového automatu, se osy indexují (např. Z_1 Z_2).

Klasické CNC stroje:

- Frézka používá tři osy X, Y, Z – frézuje v těchto třech osách.
- Soustruh používá dvě osy X, Z – soustruží rozdílné průměry. [4]

5.3 Nulové a další vztažné body na CNC strojích

Řídicí systém CNC po zapnutí stroje aktivuje souřadnicový systém. Souřadnicový systém má svůj počátek – nulový bod, který musí být přesně určen. Podle použití mají nulové body své názvy.

M-Nulový bod stroje: Je stanoven výrobcem příslušného stroje. Je výchozím bodem pro všechny ostatní souřadnicové systémy.

W-Nulový bod obrobku: Tento bod nastavuje programátor pomocí dané funkce G v potřebném místě obrobku. Provádí se:

- a) Posunutím souřadnicového systému – funkcí G54 až G59 (absolutně, přírůstkově) z nulového bodu stroje.
- b) Indikuje se funkcí polohy nástroje – nástroj je definován v bodě souřadnicového systému, ze kterého plyne umístění nulového bodu.

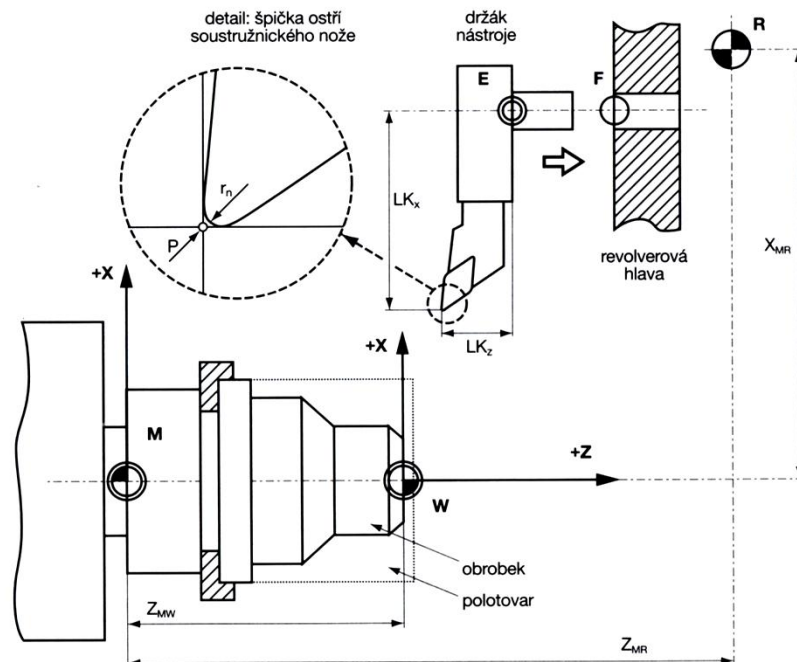
R-Referenční bod stroje: Je stanoven výrobcem a realizován koncovými spínači. Vzdálenost nulového bodu stroje M a referenčního bodu stroje R jsou přesně definovány a odměřeny a vloženy do paměti řídicího systému jako strojní konstanty. Použití:

- Stroje, které mají přírůstkové odměřování polohy suportů – po zapnutí stroje a provedení najetí do referenčního bodu, stroj rozpozná svou polohu v souřadnicovém systému podle načtených souřadnic referenčního bodu.
- Stroje, které nemají zpětnou vazbu polohy nástroje – zařazením referenčního bodu do CNC programu vede k odstranění chyb, které mohou vzniknout při interpolaci dráhy nástroje, při zpoždění dráhy posuvů. Tyto chyby se opakovaným počtem vyrobených kusů násobí. Nájezdem do referenčního bodu se takto vytvořené chyby, které posouvají souřadnicovou soustavu, eliminují tím, že se načte správná poloha nástroje daná referenčním bodem.

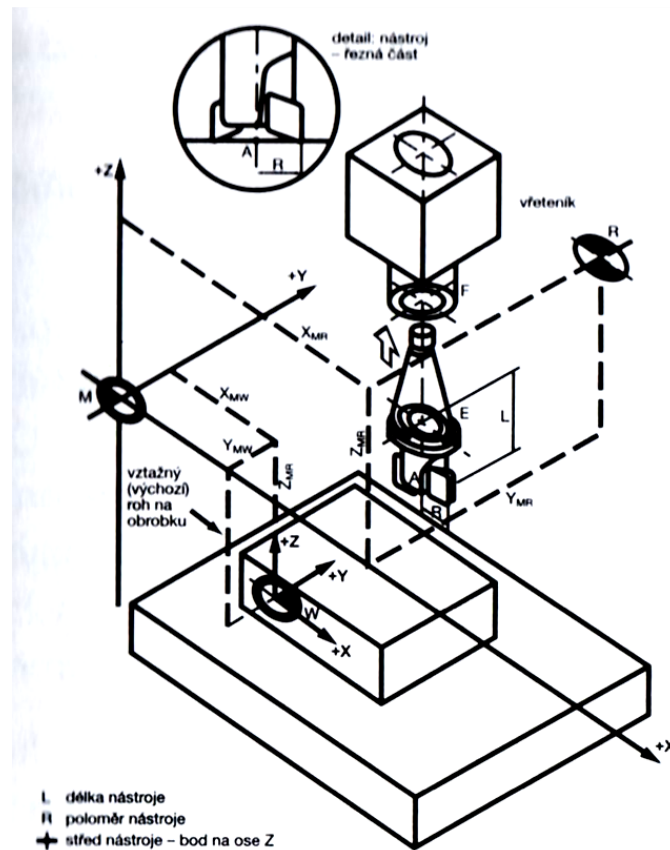
P-Bod špičky nástroje (soustruh): Je nutný pro stanovení délkové korekce a následně rádiusové korekce nástroje.

F-Vztažný bod suportu nebo vřetene (pro vložení nástroje): Bod pro výměnu nástroje. K bodu F se vztahuje délková korekce nástroje.

E-Bod nastavení nástroje: Bod na držáku nástroje, který se při upnutí ztotožní s bodem F (je důležitý pro určení korekcí nástroje na přístroji mimo stroj). [4]



Obr. 21 Souřadnicový systém a nulové body soustruh [4]



Obr. 22 Souřadnicový systém a nulové body frézka [4]

5.4 Korekce nástrojů

- Korekce délkové – rozměry jsou dány v osách souřadného systému. Velikost je vztažená k nulovému bodu výměny nástrojů $E=F$.
- Korekce rádiusové – velikost rádiusů špičky nástrojů (soustružnických nožů) a rádiusů fréz včetně stanovení polohy nástroje k obráběné ploše.
- Korekce výsledná – je superpozicí obou korekcí, která vytváří ekvidistantu kontury obrobku, po níž se pohybuje bod výměny nástroje F při obrábění. [4]

5.4.1 Korekce délkové

Jedná o zjištění délkových vzdáleností. Měří se délky v jednotlivých souřadnicích:

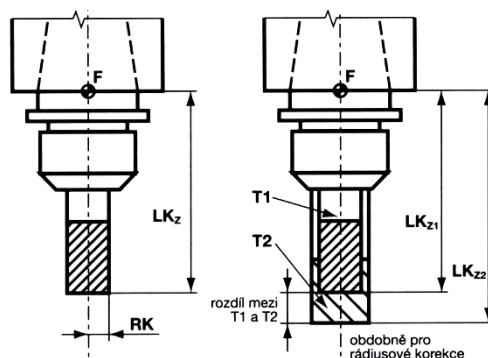
- Soustružnické nástroje – měří se v osách X , Z od vztažného bodu na držáku nástroje $E=F$ po špičku nástroje do bodu P .
- Rotační nástroje – měří se v ose Z – od vztažného bodu na čele vřetene frézky, k čelu (fréza), špici (vrták).

Zjištěné délky jednotlivých souřadnic musí být zapsány do řídicího systému, jelikož podle těchto údajů koriguje dráhy nástroje zapsané programátorem v jednotlivých blocích CNC programu. Zde jsou uvedeny dva způsoby zápisu:

- Korekce délkové se zapisují do tabulky nástrojů, nejpoužívanější způsob je ve tvaru T1D1. T1 označuje nástroj na první pozici. D1 označuje, že nástroj T1 má skutečně korekce, které jsou uvedeny pod symbolem D1. Tak se pokračuje v zápisu i pro další nástroje jako např. T2D2. Pokud to řídicí systém stroje a charakter obrábění vyžadují, jsou zapisovány do téže adresy D také korekce rádiusové a poloha nástroje vzhledem k obráběné ploše.
- Korekce délkové se zapisují u některých řídicích systémů přímo do programu při jeho tvorbě. Zapsány jsou funkce M06 (ruční výměna nástroje) v adresách XZ (soustruh), Z (frézka). [4]

5.4.2 Frézka:

Zde se měří délkové korekce ve smyslu osy Z a poloměr nástroje pro rádiusové korekce. Platí pro frézy různých druhů. Pro osové nástroje, jako jsou vrtáky, výhružníky apod. se dává pouze délková korekce.[4]



Obr. 23 Měření délkových korekcí nástroje [4]

5.5 Programování CNC strojů

5.5.1 Struktura programu

Na počátku programu je před prvním řádkem uveden znak %, za znakem je uvedeno číslo programu – to platí pro většinu řídicích systémů. Před tímto znakem můžeme uvádět informace, které stroj nezpracovává. Např. jako poznámky k součásti a jiné informace. Jsou

řídící systémy, které tento znak nepožadují, potřebné poznámky se uvádějí v programu např. funkcí G. [4]

Příklad				Název	Poznámka
N 40 G 00 X 100 Z-50				blok (věta)	Doporučené pořadí adres jednotlivých slov ve větě je: N G (M) X Y Z F S T D , nemusí se dodržovat, záleží na daném řídicím systému. Doporučuje se dodržovat pro větší přehlednost a kontrolu.
N 40	G 00	X 100	Z-50	příkaz (slovo)	
N	G	X	Z	adresa	
40		00		významová část	
100		50		rozměrová část	
Význam nejpoužívanějších adres:					
Písmeno	Význam				Poznámka
X Y Z	Základní osy souřadného systému – pohyby v osách.				Některá z uvedených písmen abecedy jsou pro výrobce řídicích systémů závazná, některá doporučená.
A B C	Rotace kolem základních os.				
I J K	Parametry interpolace nebo stoupání závitu ve směru os.				
P Q R	Pohyb paralelně podél základních os.				
R	Některé systémy používají R jako parametr v podprogramech.				
U V W	Druhý pohyb paralelně se základními osami.				
T	Nastroj.				
D	Paměť korekce nástrojů.				
G	Přípravná (geometrická) funkce.				
M	Pomocná (přídavná) (strojní) funkce.				
N	Číslo bloku (věty).				Neobsazená písmena abecedy jsou volná, výrobci je obsazují dle specifik svých řídicích systémů, podle možností daných stroji pro které jsou především určena.
F	Posuv.				
S	Otáčky vřetene. Konstantní řezná rychlost.				
L	Volání podprogramu.				

Obr. 24 Základní adresy pro programování [4]

5.5.2 Programování CNC strojů pomocí CAD/CAM systémů (automatizované v modulu CAM)

CAD/CAM systém umožňuje realizaci vyšší stupeň počítačové podpory než klasické (ruční) CNC programování. Výkres vytvořený v systému CAD se přenáší pro další práci v modulu CAM. Programátorské vědomosti jako funkce G, M, popis dráhy není třeba uvádět, protože se automaticky vygenerují pomocí zadávaných příkazů z převzaté kontury CAD ve 2D výkresu nebo z modelu 3D.

CAD/CAM programování požaduje od uživatele vyšší znalosti obsluhy modulu CAM (hodně i znalosti obsluhy CAD, konstruktéři také mají znát možnosti programování CNC strojů). Při náročném programování programátor často udělá více variant programů daného obrobku a rozhoduje mezi nimi. Nabídka v modulu CAM je směřována na body, jak je uvedeno následně, často i v jiném pořadí, což závisí na použitém softwaru:

- Celková strategie obrábění, to značí, jak postupovat pro zhotovení dílce – které operační úseky zvolíme a jejich pořadí (hlazení, závity atd.).
- Volba nástroje (tvar a rozměry) a bod výměny nástroje.
- Podmínky vlastního obrábění (strategie obrábění daného operačního úseky, poloha obrábění ke kontuře, způsob obrábění, chlazení, mazání atd.).
- Poté procesor automatizovaně vyhotoví CL data pro odsimulování programu. Provede se simulace programu – zjištění chyb.
- Výběr postprocesoru pro daný řídicí systém CNC stroje, na kterém zhotovíme výrobek.
- Vyhotovení programu CNC v modulu CAM, který se zapisuje v blocích v kódu ISO jako při ručním programování. Program se ukládá a posléze přenáší na určený stroj.
- Program se nahraje do stroje v kódu ISO a lze ho z tohoto pohledu v řídicím systému stroje číst a opravovat.

Kvalita vyhotoveného programu je určena zkušeností a použitým programem.

Z hlediska programátora jsou dány:

- Znalost daného software.
- Znalost technických parametrů obráběcího stroje, pro který se programuje a znalost jeho technického stavu.
- Technologie výroby, znalosti použitých nástrojů a optimální aplikace řezných podmínek.

Z hlediska použitého softwaru jsou dány:

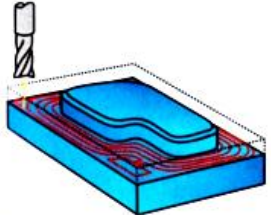
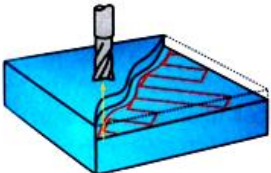
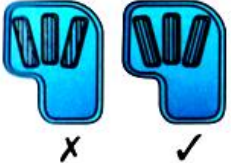
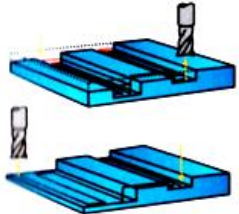

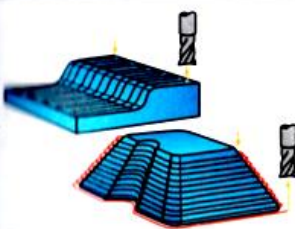
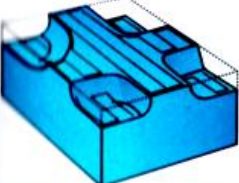
- Spolehlivost, příjemnost a snadnost obsluhy softwaru.
- Možnosti školení a doškolení, servisu, obnovování vyšších verzí daného softwaru. [4]

5.5.3 Možnosti obrábění při použití vyspělých CAD/CAM systémů


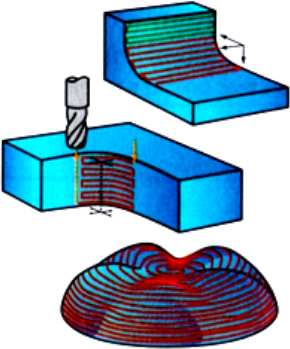
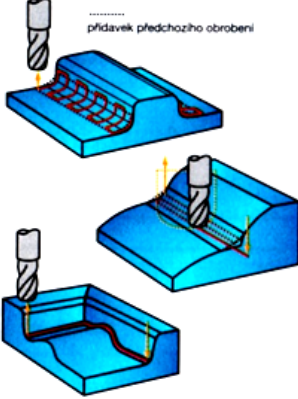
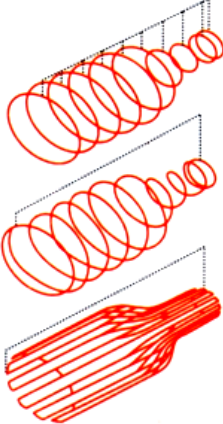
CAD/CAM systémy nabízejí vytváření mnohých strategií při obrábění, tyto snižují výrobní časy, zaručují kvalitu plochy a využívají možnosti moderních nástrojů. Zde jsou uvedeny strategie frézování. [4]

	<p>Frézování sousledné – nesousledné (je dáno v závislosti na směru pohybu obrobku a smyslu otáček)</p> <p>Stručně: sousledné – dává lepší povrch nesousledné – bývá výhodnější při hrubování</p>
	<p>Frézy – nejčastěji používané druhy Obrázek ukazuje různé tvary „tradičních“ nástrojů.</p>
	<p>Rampování Sjetí pod úhlem, kdy se do materiálu postupně zabořuje fréza. Dovoluje použít výkonnou frézu, která nemá břity do středu rotace nástroje (nepoužívá se drážkovací fréza).</p>
	<p>Drážkovací fréza Zaboří se do materiálu a následuje frézování v rovině kolmé na osu rotace.</p>
	<p>Předvrtání otvorů pro zaboření frézy Polohu je možné předefinovat nebo ji navrhne příslušný software. Do otvoru najíždí fréza vícebřitá výkonná (frézuje se v rovině kolmé na osu rotace – nemusí se používat drážkovací fréza).</p>

Obr. 25 Nástroje a možnosti obrábění [4]

	<p>Frézování kontury (offsetování, paralelní frézování) Frézuje se podél vytvořeného CAD tvaru. Postupně se odebírá materiál, až se dosáhne požadovaného tvaru. Frézuje se ve více vrstvách („Z“ výškách) a také ve spirále (rampováním). Zhotovují se vnější i vnitřní tvary, u vnitřních je možné začít frézování od středu ke kontuře (začít uvnitř), nebo naopak – od kontury do středu (začít vně).</p>
	<p>Rastrování k profilu Je vhodné pro větší úběr materiálu, řeší se pod libovolným úhlem a s určitým překrytím průměru frézy. Vlastní tvar profilu se objíždí následně, lze jej též objíždět i před rastrováním.</p>
	<p>Nastavení úhlu pohybu nástroje Je to optimální obrábění, pokud software dokáže upravit dráhy nástroje např. ve směru drážky.</p>
	<p>Drážkování Je zapotřebí, aby nástroj vyrobil jednu drážku a následně druhou – neobráběl ve stejných výškách všechny drážky současně. Přejezdy Je nutné, aby software vyhodnotil minimální výšky přejezdů – tak odstraní neúspěšné dráhy a minimalizoval čas.</p>
	<p>Minimalizování záběrů plnou šířkou frézy Optimální záběr se uvádí jako 2/3 až 3/4 průměru frézy. Plný záběr, pokud nesnížíme řezné podmínky, značí přetížení nástroje, jeho otupení, případně havárii.</p>
	<p>Dokončení lze provádět rastrem Lze provádět rovnoběžně s osami, pod zvoleným úhlem a křížem. Použití závisí na sklonu ploch vůči dráze nástroje (má vliv na drsnost plochy). Obecně je rastrování použitelné pro plochy s mírným sklonem, až vodorovně. Dokončení lze provádět v konstantních „Z“ výškách Má smysl od určité strmosti až po komé stěny.</p>
	<p>Obrábění v hranicích Na povrchu modelu můžeme vyznačit (nakreslit) hranice a v nich provádět obrábění různými způsoby. Je výhodné u horizontálních a mírně skloněných ploch – není třeba obrábět celý povrch. Ve spojení se „Z“ výškami vznikají na výrobku velmi kvalitní plochy.</p>

Obr. 26 Strategie obrábění ploch 1 [4]

	<p>Tyto strategie jsou výhodné pro kruhové (nebo blízké kruhu) plochy na výrobcích ve 2D.</p> <p>Frézování ve spirále – použití též pro plochy 3D, obdoba dokončování v „Z“ výškách, výhodné pro rychlostní obrábění (<i>nástroj nemění směr – nemusí zpomalovat</i>).</p> <p>Radiální frézování – frézuje se od středu a ke středu kruhu, spojení drah. Zadává se úhel, od kterého a do kterého se obrábí.</p>
	<p>Frézování projekcí – používá se pro vyšší kvalitu povrchu na složitých tvarech modelu.</p> <ol style="list-style-type: none"> Rovinou (představa: z plochy, kterou definujeme a můžeme naklánět, „ozářujeme“ různá zákoutí apod.) – tím můžeme na tyto plochy promítat individuální rastr. Přímkou (představa: „ozáření přímkou – trubici zářivky“) – obrábíme dráhami: přímka, kruh, spirála, což je výhodné pro obrábění dutin. Bodem (představa: „ozáření žárovkou – bodem“) – dráhy vznikají projekcí kruhu, spirály, radiály.
	<p>Zbytkové obrábění Toto obrábění odstraňuje zbytky materiálu, které zůstaly neobrobena po předchozím nástroji. Podmínkou je použití menšího nástroje – neobrobíme vše.</p> <p>Obrábění rohů obrázky 1 a 2 – dráhu, směr nástroje lze volit.</p> <p>Obrábění perem obrázek 3 – nástroj se pohybuje podél rohů obrobku.</p>
	<p>Rotační obrábění Ideální způsob, jak obrábět rotační dílce na frézce. Provádí se na stole frézky v přístroji, kde součást rotuje kolem X. Použit lze strategie:</p> <ul style="list-style-type: none"> – kruh – spirála – lineární <p>Metoda nutná pro tvarování reliéfu na rotačních plochách.</p>

Obr. 27 Strategie obrábění ploch 2 [4]

	<p>Editace drah nástroje</p> <p>1. Náběhy a propojení Ještě před obráběním na stroji je často nutné náběhy nástroje upravit, a to při vstupech a výstupech z materiálu. Navíc je třeba upravit a propojit dráhy nástroje při přejezdech mezi jednotlivými ostrůvky obrábění. Účelem modifikovaného programu je, aby byl optimální a doba obrábění byla minimální.</p>
	<p>2. Transformace drah Zrcadlení, posun, rotace – dávají nový duplikát, další obrábění z původního obrazce. Pozor na směr rotace nástroje.</p> <p>3. Limitování drah Lze provádět rovinou nebo křivkou pomocí myši. Tím omezíme obrábění na potřebnou míru a tím uspoříme čas.</p> <p>4. Spojení drah Dráhy obrábění jednotlivých strategií lze spojovat, a tak redukovat čas. Lze kombinovat v pořadí, které si zvolíme. Používáme i tam, kde máme různé nástroje – a to pro použití na obráběcích centrech s výměníkem nástrojů.</p>
	<p>5. Odstranění a úpravy drah nástroje Z hlediska ekonomiky je to nutné, pokud nejsou efektivní pro výrobu. Jedná se o rychloposuvy a pracovní posuvy.</p>
	<p>Systémy kontrolují kolize nástroje a držáku Kontrolují: Zda došlo ke kolizi, hloubkou střetu; místo kolize. Jedná se o dostatečné vysunutí nástroje a délku ostří nástroje.</p>

Obr. 28 Úprava drah nástroje a kolize [4]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 NÁVRH A MODELOVÁNÍ VÝROBKU

Byl zadán výrobek jednoručního otvíráku na lahve ve formě obrázku a videa hotového produktu prodávajícím se na americkém trhu. Tím pádem odpadl návrh výrobku po stránce designu.

6.1 Použité programy pro návrh a modelování

6.1.1 Solid Edge ST

Solid Edge se Synchronní technologií je hybridní 2D/3D návrhový systém od společnosti Siemens. Solid Edge je základní součástí produktové řady Velocity Series, která pomáhá výrobním organizacím zvýšit tržby při snížení nákladů. Zakomponování Synchronní technologie, výjimečné modelovací jádro Parasolid, procesně zaměřené pracovní postupy, nedostižný komfort práce a rychlost při vytváření technické dokumentace stejně jako integrace řešení pro správu životního cyklu výrobku vám umožní dostat výrobek na trh rychleji než konkurence.

Uživatelské prostředí Solid Edge je vybudováno na základech jedinečné technologie Stream, která zaručuje jednoduchost na učení pro začínající, snadnost používání pro příležitostné, a rychlost a efektivnost pro rutinní uživatele. Základními pilíři, na kterých je postavena celá aplikace jsou ergonomie Office 2007, interaktivní uživatelské prostředí a procesně orientované technologie. To vše přináší uživatelům jedinečné výhody.

Solid Edge se Synchronní technologií přináší nový způsob práce, který kombinuje rychlost a pružnost explicitního modelování s ovladatelností a automatizací parametrického modelování. Model se vytváří pomocí skládání konstrukčních prvků, ale bez jejich historické závislosti. Prvky, které se nejlépe modifikují pomocí parametrů definovaných při vytváření, jako jsou skořepina, díra nebo pole prvků představují skupinu takzvaných procedurálních prvků.

6.1.2 Catia V5

CATIA V5 je software pro 3D počítačové konstruování v oblastech CAD/CAM/CAE a nejrozšířenější CAx systém v automobilovém a leteckém průmyslu na světě.

CATIA V5 je systém, který je schopen pokrýt kompletní životní cyklus výrobku (tzv. PLM), tzn. od koncepčního návrhu designu, přes vlastní konstrukci, různé analýzy, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu.

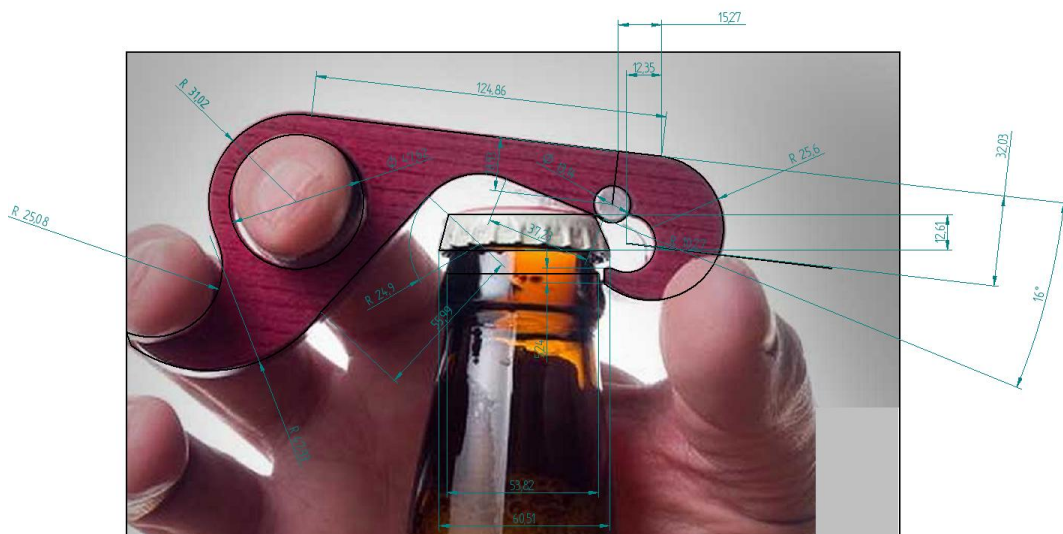
System se vyznačuje značnou úrovní průmyslové univerzálnosti, tzn. že může být nasazen do zcela rozdílných oblastí strojírenství. Široké spektrum modulů, kterými CATIA V5 disponuje, umožňuje vytvářet softwarové řešení sladěné s konkrétními podmínkami a požadavky uživatelů. Může to být např. automobilový či letecký průmysl, výroba spotřebního zboží a stejně tak i výroba obráběcích strojů nebo investičních celků těžkého strojírenství.

Struktura aplikací:

- Mechanická konstrukce
- Inženýrské analýzy
- Vnitřní zařízení a systémy
- NC obrábění
- Syntéza produktu
- Návrh průmyslového závodu
- Tvarování a styling
- Infrastruktura systému
- Podpora výrobních technologií

6.2 Určení rozměrů výrobku

Rozměry výrobku byly určeny v programu Solid Edge ST3, kdy byl vložen obrázek otvíráku, umístěném na otevřené lahvi a pomocí kreslení obtaženy jeho kontury. Ty byly následně zakótovány. Vršek lahve byl brán jako známý rozměr a pomocí něj byly upraveny rozměry pro skutečný výrobek.



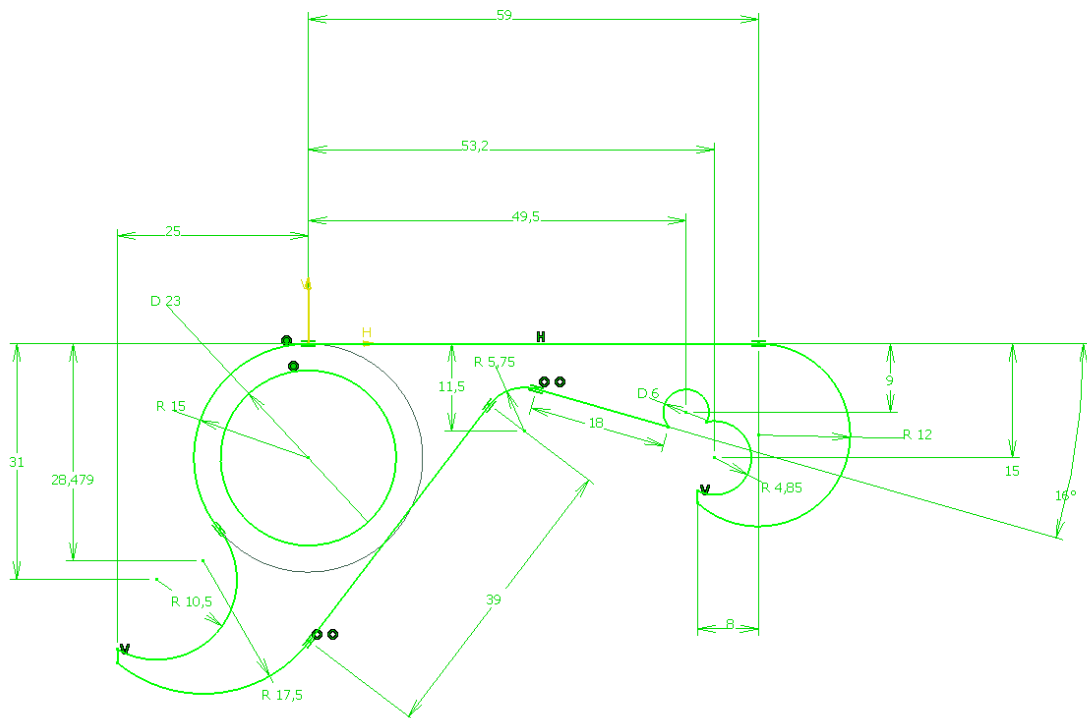
Obr. 29 Zjištění přibližných rozměrů pomocí Solid Edge ST3

6.3 Modelování výrobku

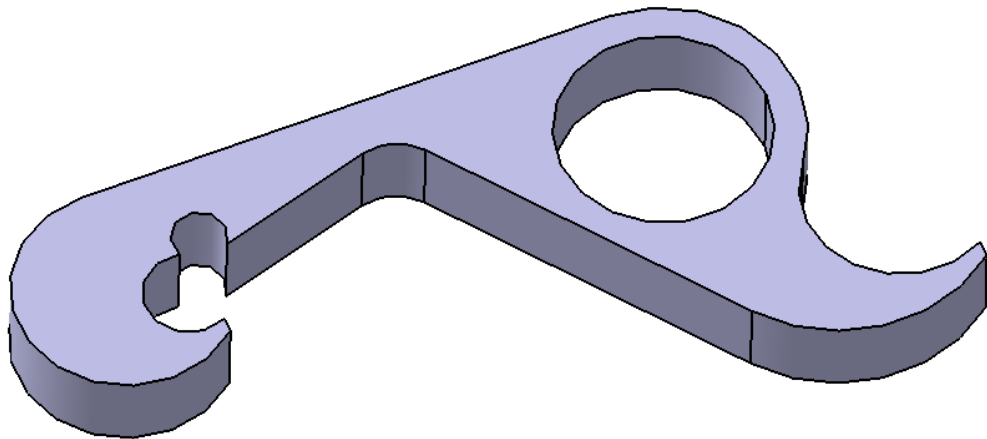
Probíhalo v programu Catia VR18.

6.3.1 Modelování hotového výrobku

Nejprve byl vymodelován hotový výrobek jednoručního otvíráku na lahve. Z předchozího kroku byly určeny hlavní rozměry pro jeho vymodelování. Nejprve byla nakreslena skice pomocí příkazu SKETCH v prostředí Part Designu. Skica byla zakótována a plně zavazbená. Následovalo její vysunutí pomocí funkce PAD na hodnotu 10 mm. Tím bylo modelování výrobku hotové.

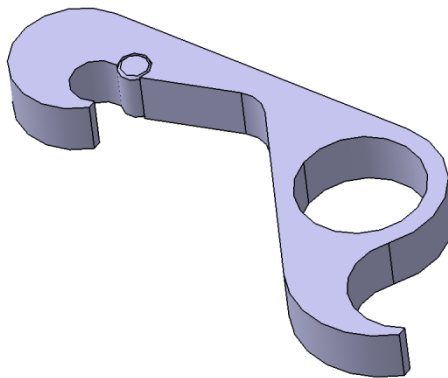


Obr. 30 Skica a kóty výrobku



Obr. 31 Model výrobku vytažený funkcí PAD

Jelikož hotový výrobek obsahuje magnetku, tak byla utvořena sestava následujících dvou dílů otvírák + magnetka. Ta byla vytvořena rovněž v prostředí Part Design a to nakreslením kružnice o poloměru 3 mm a vytažením na délku 10 mm. V prostředí Assembly design pro tvorbu sestav byly díly spojeny v jeden celek.

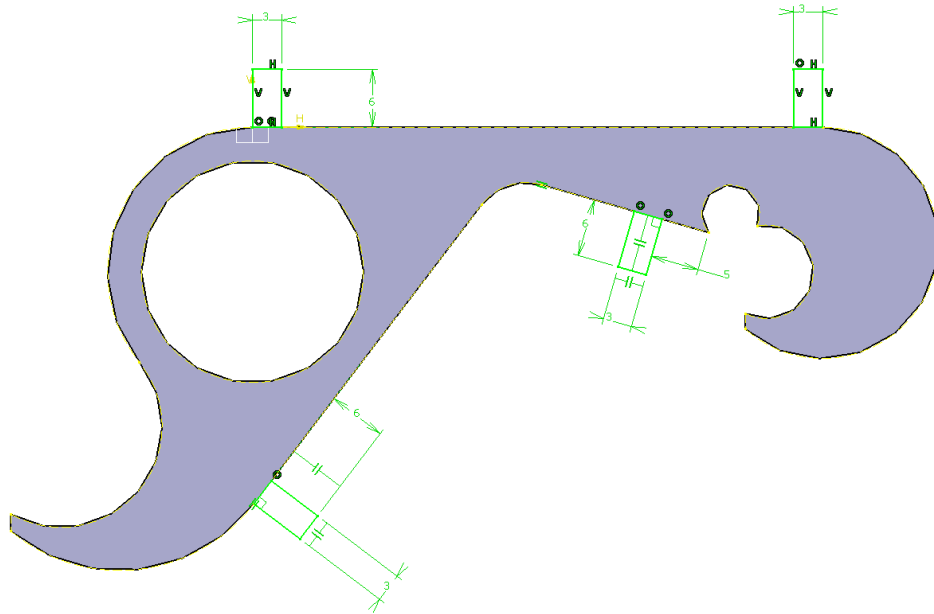


Obr. 32 Sestava hotového výrobku

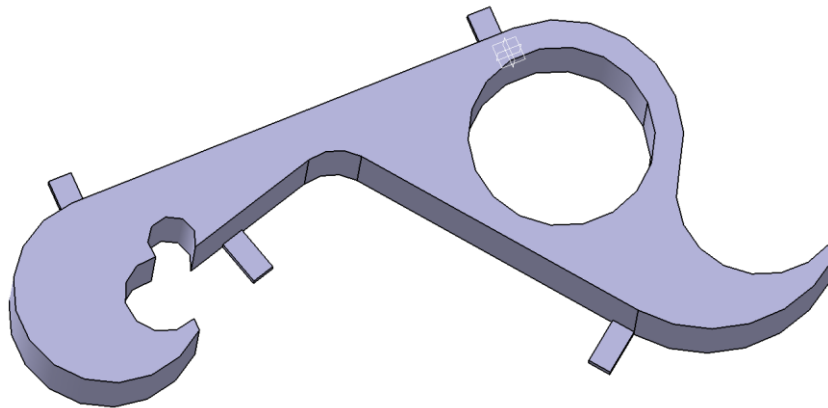
6.3.2 Modelování modelu pro výrobu více kusů

Cílem práce byla výroba více kusů výrobků z jedné duralové desky o rozměrech 210x210x11,5 mm. Vymyslel jsem způsob, kdy výrobky zůstanou na desce po skončení obrábění přichyceny malými můstky. Proto musel vzniknout model, který by tyhle můstky obsahoval. Můstky byly opět vytvořeny pomocí příkazu SKETCH pomocí příkazu PROJECT 3D element byla promítnuta obvodová skica výrobku a k ní na strategických

místech přichyceny obdélníkové můstky o rozměru 3x6 mm. Skica byla následně opět vytažena pomocí příkazu PAD o 1 mm.



Obr. 33 Můstky ve skici na výrobku



Obr. 34 Výrobek s technologickými můstky

Byl vymodelován jak hotový výrobek, jehož použití je pro prezentaci výrobku, tak model určený pro další operace v programu NX 7.5.

7 RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ A VÝROBA PROTOTYPU

Další částí práce byla výroba prototypu pomocí ručního programování. Pro ruční programování bylo použito základních funkcí pro tvorbu programu popsanych v teoretické části, jako manuál sloužila publikace CNC obráběcí stroje a jejich programování od Štuply M.

7.1 Seznam použitých nástrojů a jejich parametry pro obrábění

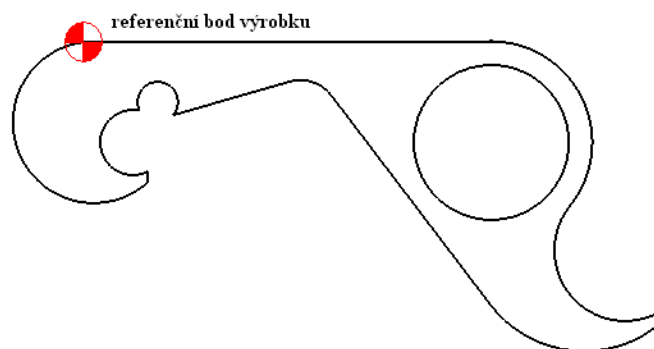
Pro výrobu prototypu byly použity dva nástroje a to vrták o průměru 6 mm a fréza o průměru 5 mm.

Tabulka 2. Nástroje použité pro ruční programování

Nástroj	Průměr nástroje [mm]	Délka nástroje [mm]	Délka řezné části [mm]	Úběr [mm]	Posuv [mm/min]
Vrták_D6	6	50	20	10	170
Fréza_D5	5	22	12	10	2000

7.2 Volba referenčního bodu

Pro programování jsem volil referenční bod, od kterého se budou odvíjet souřadnice pro programování os X a Y do krajního vrcholu oblouku výrobku.



Obr. 35 Referenční bod prototypu

7.3 Samotné programování

Bylo provedeno zapsáním programu pomocí bloků.

7.3.1 Programování drah a funkcí pro vrtání děr P1_VR_6

N0010 G40 G17 G90	G40 – zrušení korekcí, G17 – pracovní rovina XY, G90 absolutní programování
N0020 T00 M06	T00 – nástroj, M06 – výměna nástroje
N0030 G00 X9.5 Y-9. S10000. M03 G00	– rychloposuv, M03 otáčky vřetene ve směru hodinových ručiček
N0040 G00 Z3.	
N0050 G01 Z-13. F250.	G01 - pracovní posuv, F - posuv
N0060 G00 Z3.	
N0070 M05	M05 – zastavení vřetene

7.3.2 Programování drah a funkcí pro frézování kontur P2_D5

Objetí díry na hotovo

N0010 G40 G17 G90	
N0020 T00 M06	
N0030 G00 X62. Y-6.5 S10000. M03	
N0040 G00 Z10.	
N0060 G01 Z-10. F2000. M08	
N0080 G03 X59. Y-6.5 I59. J-9.5	G03 – kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček, I a J – Parametry interpolace
N0090 X50.5 Y-15. I59. J-15.	
N0100 X59. Y-23.5 I59. J-15.	
N0110 X67.5 Y-15. I59. J-15.	
N0120 X59. Y-6.5 I59. J-15.	
N0140 G01 Y-9.5	
N0160 G00 Z10.	

N0180 G00 X29.5 Y2.5

N0200 Z3.

N0210 G01 X29.5 Z-0.294 F2000.

N0220 X59.

N0230 G02 X76.5 Y-15. I59. J-15.

G02 - kruhová interpolace po směru

hodinových ručiček

N0240 X72.626 Y-25.98 I59. J-15.

N0250 G03 X70.856 Y-31. I78.856 J-31.

N0260 X78.856 Y-39. I78.856 J-31.

N0270 X82.775 Y-37.974 I78.856 J-31.

N0280 G02 X84. Y-37.653 I84. J-40.153

N0290 X86.5 Y-40.153 I84. J-40.153

N0300 G01 Y-41.918

N0310 G02 X85.601 Y-43.838 I84. J-41.918

.

.

Celý program uveden v příloze P1 na CD ve složce výroba prototypu. Programování bylo provedeno na konturu vzdálenou 2,5 mm od skutečné kontury výrobku.

7.4 Výroba prototypu

7.4.1 Obráběcí stroj

Výroba prototypu byla provedena na školní CNC frézce HWT 442. S následujícími parametry stroje:

Obráběcí prostor (X×Y×Z) 400 mm × 400 mm × 200 mm

Velikost upínací plochy (X×Y) 500 mm × 500 mm, 8 mm T-drážky

Programovatelná rychlost posuvu max. 3 m/min

Programovatelný krok	0,00625 mm
Otáčky vřetene	2000-25000 ot./min
Max. upínací průměr nástroje	10 mm
Motor vřetene	1000 W univerzální
Řídící jednotka	PC
Napájení	230 V/50 Hz
Příkon	2300 VA
Vnější rozměry (š×h×v)	1200 mm × 1000 mm × 1400 mm
Hmotnost	410 kg
Materiál obrobku	grafit, plasty, dřevo, barevné kovy
Max. hmotnost obrobku	20 kg



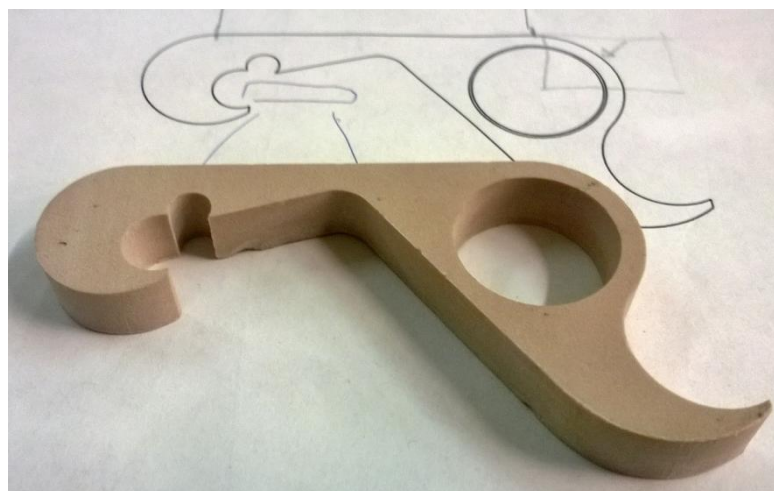
Obr. 36 CNC frézka HWT 442

7.4.2 Obrábění prototypu

Nejprve byl dán polotovar s rozměry 164x80x10 mm z materiálu NEUCRON 605 jde o polyuretanový materiál. Podle referenčního bodu bylo určeno najetí X a Y souřadnic pro určení nulového bodu obrábění vzhledem k polotovaru. Kdy jsme se frézou dotkli kraje polotovaru a zadali vzdálenost o kterou má být nulový bod posunut v ose X to bylo -21 mm a ose Y to bylo +22 mm. Osa Z byla nastavena na horní plochu polotovaru dotykem přes papírek. Pro další nástroj byla nastavena pouze délková korekce v ose Z. Při výrobě byl první vrtán otvor a po výměně nástroje proběhlo objetí kontury výrobku. Tím nám vznikl prototyp pro potvrzení správné funkce ergonomické a funkční.



Obr. 37 Výroba prototypu



Obr. 38 Hotový prototyp

8 STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ A VÝROBA ZE SLITINY HLINÍKU

8.1 NX CAD/CAM

Je CAx systém postavený na otevřeném, jednotném a moderním technologickém základě. Skrývá v sobě veškeré parametry procesu vývoje výrobku od samotného návrhu až po výrobu. NX CAM je kompletní CAD/CAM systému NX a zaručuje kompletní obrábění výrobku v odvětví frézování, vrtání, soustružení, drátové řezání a obrábění na multifunkčních centrech.

Pro školní potřeby a bakalářskou práci bylo programováno v programu NX 7.5.

8.2 Programování v programu NX 7.5

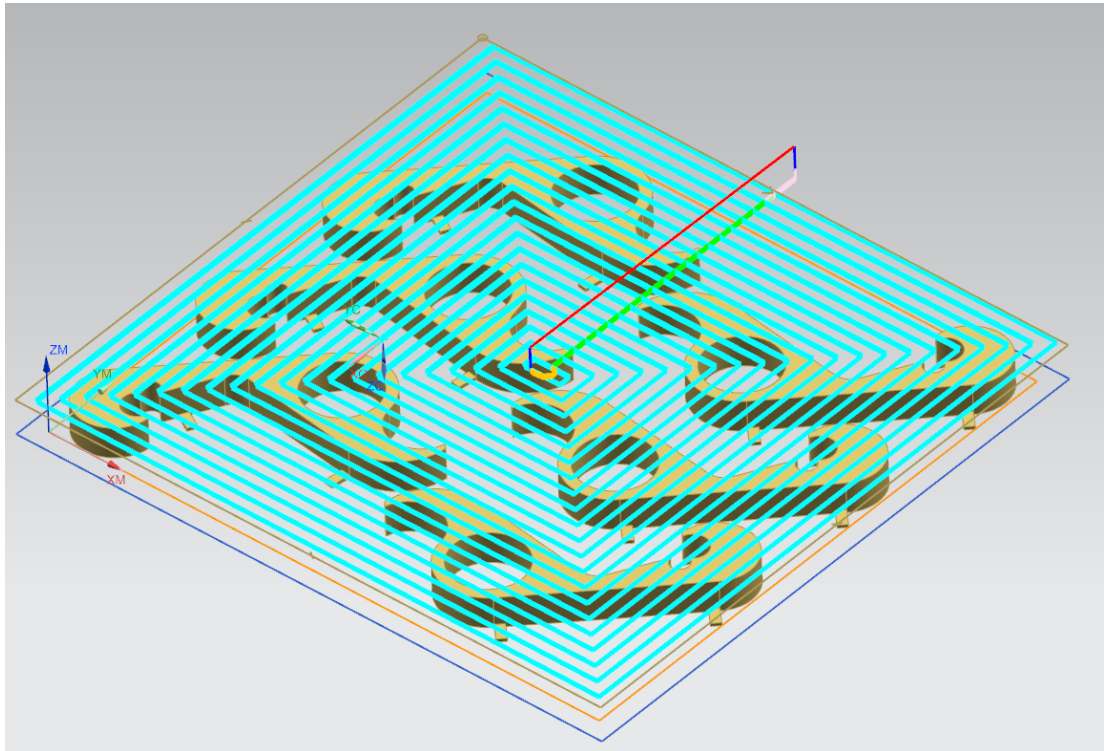
Do programu byl vložen model výrobku z programu CATIA V5R18, která je kompatibilní s programem NX 7.5. Pro umístění v durlové desce o rozměru 210x210x11,5 mm bylo použito funkce (Modelling-Tools-Process Specific-Progressive Die Wizard-Progressive Die Tools-Blank Nesting). Pro optimální rozložení výrobků v desce. Dále jsme určily polotovary a souřadnicový systém, který byl umístěn do kontury tvořené výrobky. Dále byly načteny nástroje pro výrobu.

Tabulka 3. Nástroje pro výrobu z duralu

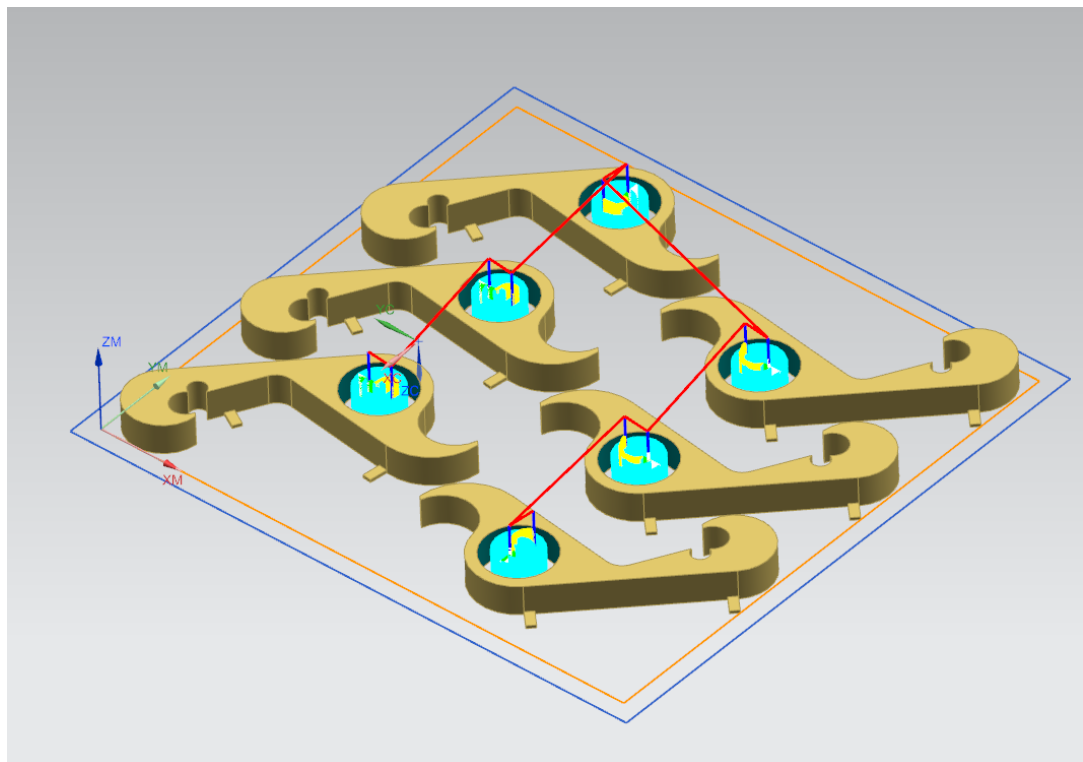
Nástroj	Průměr nástroje [mm]	Délka nástroje [mm]	Délka řezné části [mm]	Úběr [mm]	Posuv [mm/min]
Vrták_D6	6	50	20	-	170
Fréza_D5	5	22	12	0.3	2000
Fréza_D8R1	8	37	17	0.3	2000

8.2.1 Zarovnání polotovaru a hrubování otvorů

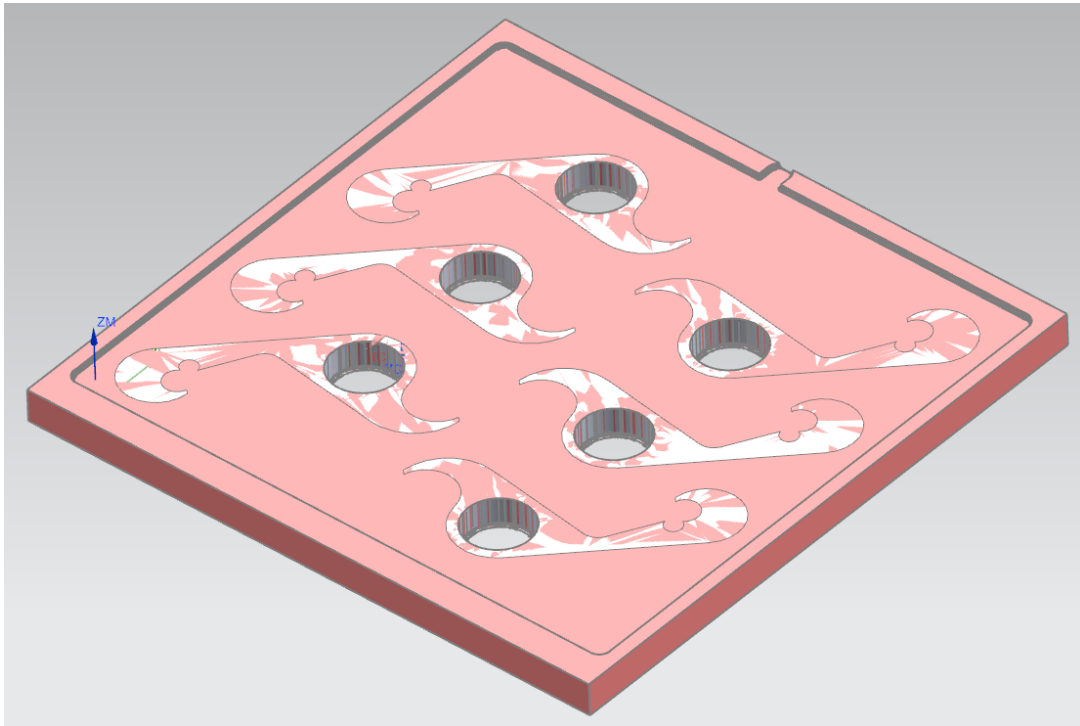
Bylo provedeno toroidní frézou průměru 8 mm s rámusem 1 mm. Pro zarovnání polotovaru na danou tloušťku 10 mm bylo použito příkazu PLANAR_MILL, který frézuje materiál v jedné vrstvě, to znamená v dané hloubce Z a je řízen pouze v ose X a Y. Hrubování otvorů bylo provedeno funkcí CAVITY_MILL. U obou způsobů byla volena hloubka úběru 0,3 mm.



Obr. 39 Dráhy nástroje pro zarovnání polotovaru



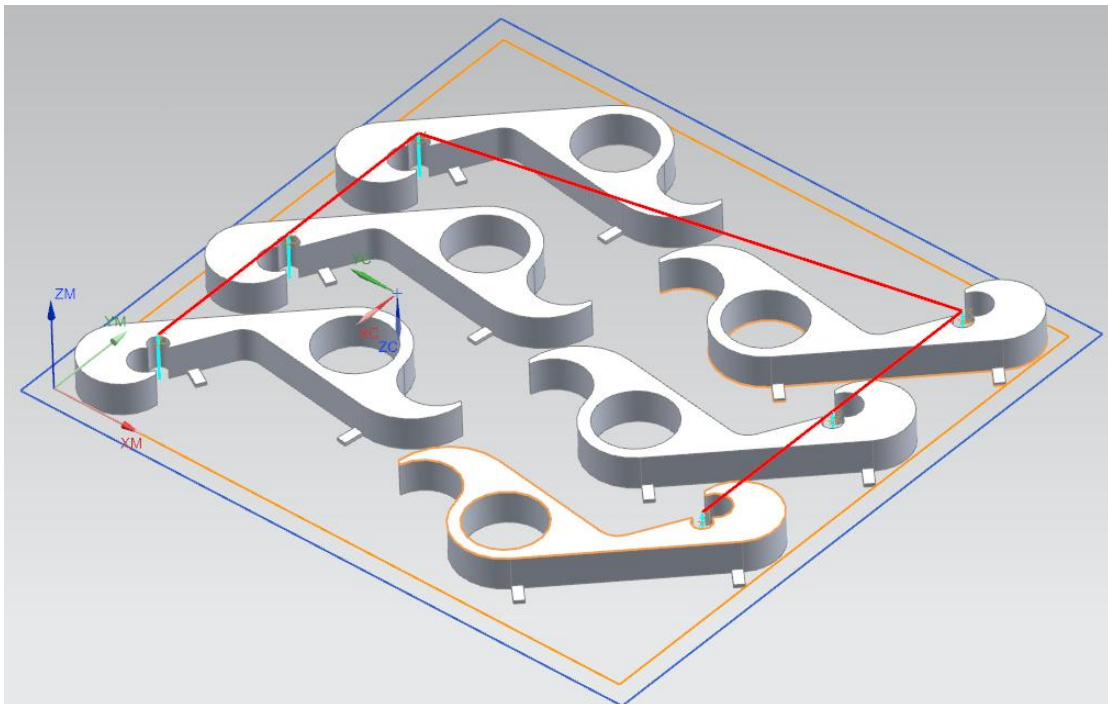
Obr. 40 Dráhy nástroje pro hrubování otvorů



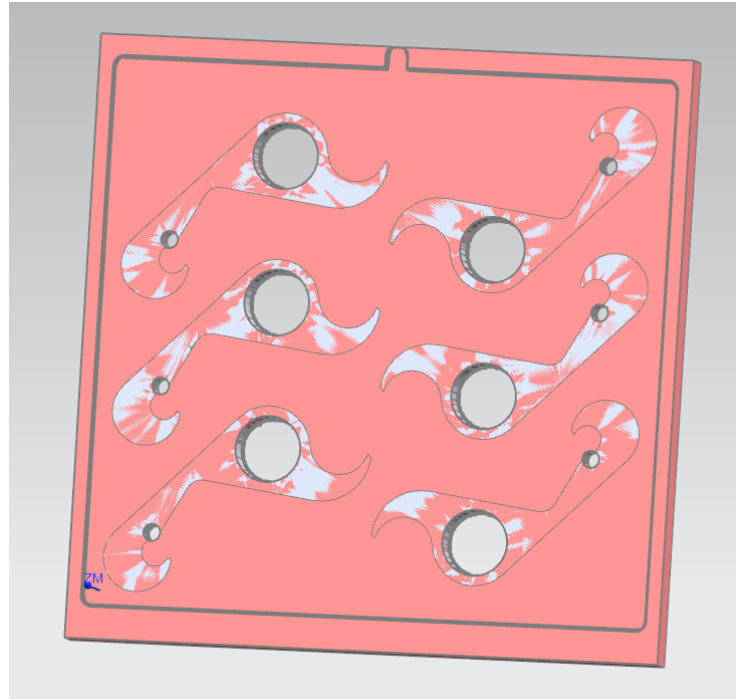
Obr. 41 Polotovar po zarovnání a hrubování otvorů

8.2.2 Vrtání otvoru

Pro vrtání otvoru byl zvolen vrták průměru 6 mm a použito funkce DRILLING.



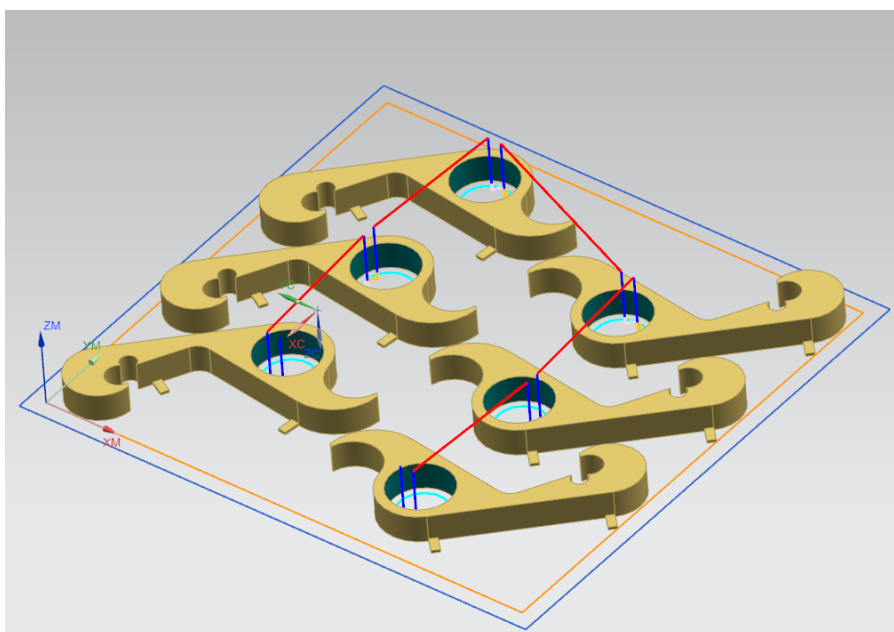
Obr. 42 Dráhy nástroje pro vrtání



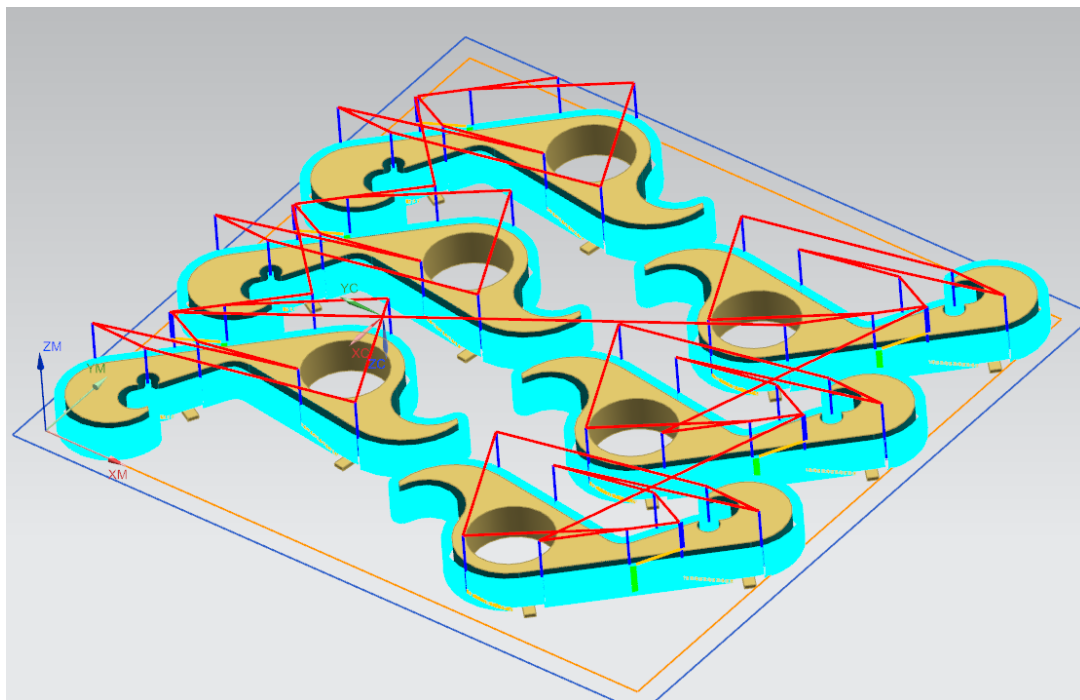
Obr. 43 Polotovar po vrtání děr

8.2.3 Frézování otvoru a obvodu na hotovo

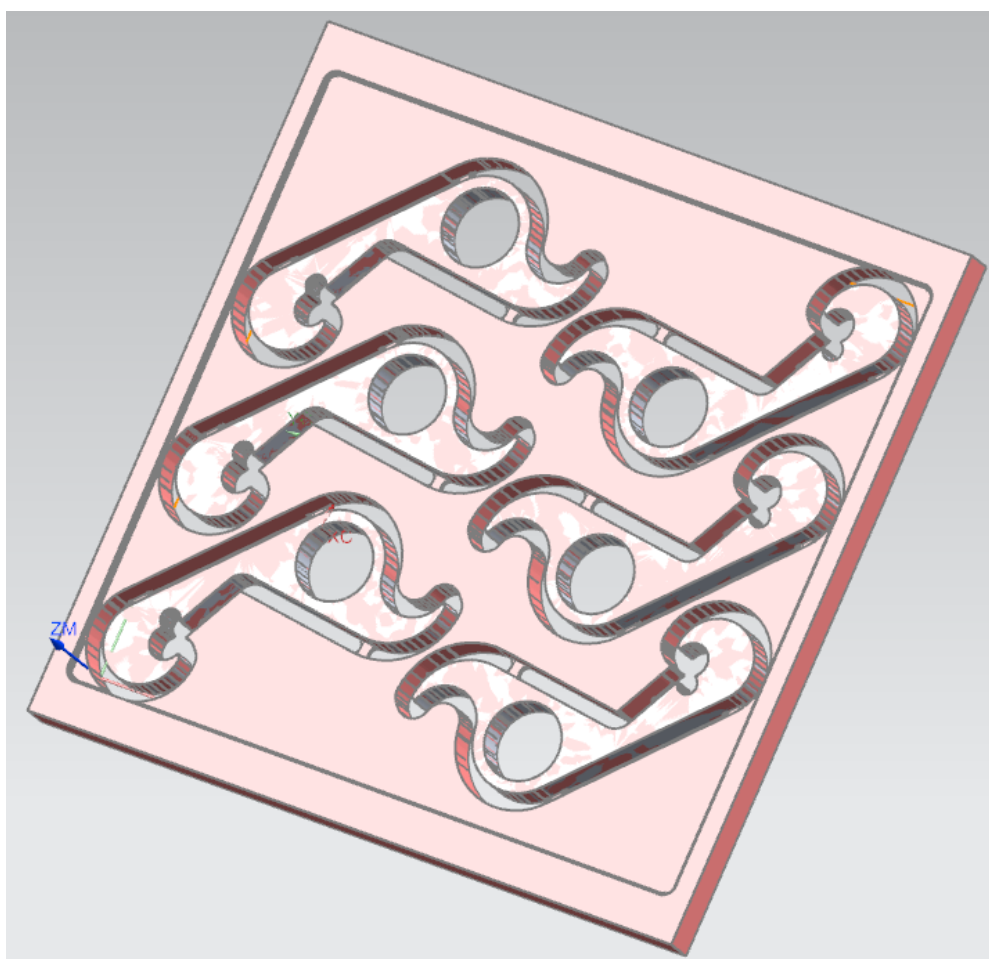
Pro frézování otvoru na hotovo a začištění zbylého rádiusu po toroidní fréze bylo provedeno pomocí funkce ZLEVEL PROFIL a nastavení maximální hloubky úběru 0 mm tím nástroj obrábí na konečnou hloubku výrobku. Pro frézování obvodu na hotovo bylo rovněž použito funkce ZLEVEL PROFIL ale hloubka úběru byla po 0,3 mm.



Obr. 44 Dráhy nástroje pro začištění otvorů



Obr. 45 Dráhy nástroje pro objetí obvodu na hotovo



Obr. 46 Deska se 6 otvírácí upevněnými pomocí můstků

8.3 Výroba ze slitiny hliníku

Stroj byl použit totožný se strojem pro výrobu prototypu. Seznam použitých nástrojů je uveden v Tabulce 3. Nástroje byly značky SECO a materiál nástrojů byl HSS. Obráběný materiál byl dural

8.3.1 Upnutí nástroje

Nástroj je upnut v upínací kleštině, vložen do vřetene stroje a zajištěn šroubem. U stroje HWT 442 je výměna nástrojů mezi operacemi ruční, proto nahráváme programy vždy po částech pro daný nástroj. Všechny plochy byly řádně očištěny.



Obr. 47 Šroub, kleština a nástroj



Obr. 48 Vřeteno s nástrojem

8.3.2 Upnutí polotovaru

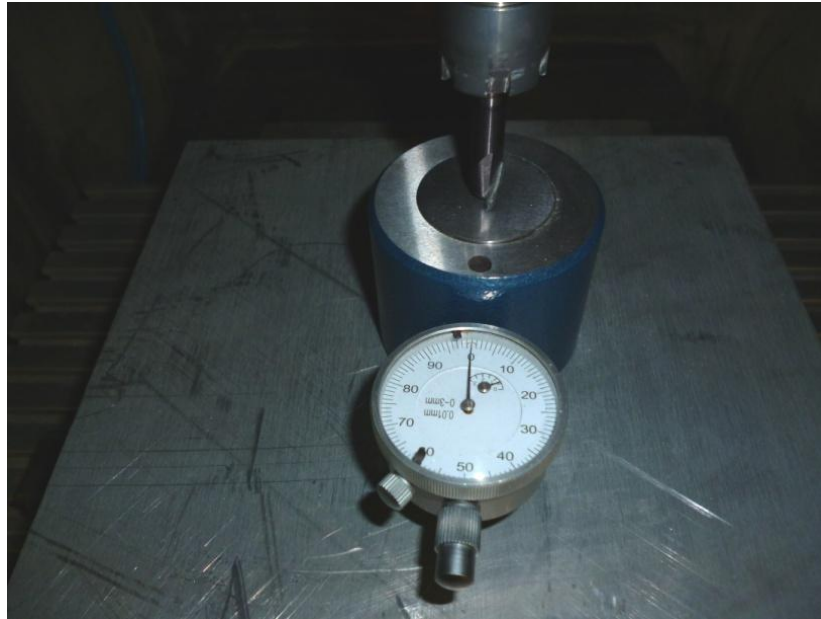
Polotovar byl upnut do svěráku, připevněném na pracovním stole stroje. Pro polotovar rozměru 210x210 byly přestaveny čelisti tak, aby bylo možno polotovar upnout. Protože čelisti neměli žádné osazení, byl polotovar podložen ve třech místech plastovými podložkami stejné tloušťky 4,3 mm, aby nedošlo k zafrézování nebo zavrtání nástroje do materiálu svěráku, to by mohlo mít za následek zničení frézy i výrobku. Vyrovnání desky bylo provedeno ručně doklepáním kladivem při napůl dotaženém polotovaru, rovinnost byla měřena digitálním posuvným měřidlem ve čtyřech bodech od roviny pracovní desky stolu. Po vyrovnání v požadované toleranci byl polotovar plně dotažen.



Obr. 49 Svěrák s podložkami

8.3.3 Nastavení Nulového bodu

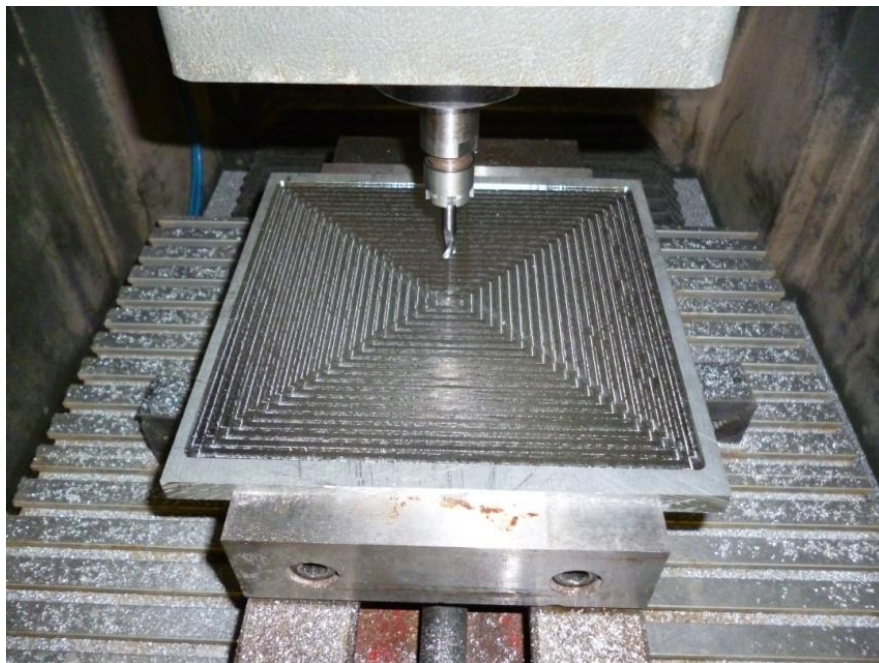
Nulový bod byl nastaven stejně, jako u výroby prototypu frézou jsme se dotkli na levém předním rohu obrobku v ose X bylo posunutí -15 mm v ose Y -21 mm. Jinak tomu bylo u nastavení osy Z, kdy jsme se dotkli přes CNC najížděcí kostku s budíkem (pro stanovení výšky referenčního - nulového bodu) nastavili na něm 0 a korekci provedli sečtením tloušťky polotovaru a úchytkoměru výsledná hodnota byla $11,5 + 50 = 61,5$ nula v ose Z ležela na spodní straně polotovaru.



Obr. 50 Nastavení osy Z

8.3.4 Zarovnání na požadovanou tloušťku a hrubování otvorů

Bylo provedeno toroidní frézovou, která snáší lépe hrubovací operace. Po načtení programu následovalo jeho spuštění. Postup je vidět na následujících obrázcích.



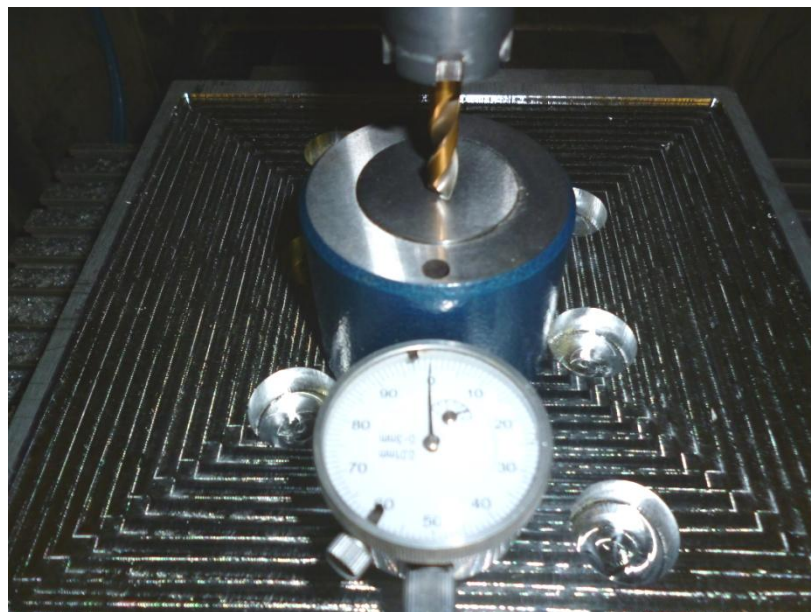
Obr. 51 Zarovnání povrchu na tloušťku 10 mm



Obr. 52 Vyhrubování otvorů

8.3.5 Vrtání otvorů

Použili jsme vrták o průměru 6 mm, znovu jsme provedli délkovou korekci v ose Z s tím, že polotovár je snížen o 1,5 mm na tloušťku 10 mm tím jsme po dosažení nuly na úchylkoměru zadali hodnotu v Z -60 mm. Opět byl načten a zpuštěn program.



Obr. 53 Následná korekce pro vrták



Obr. 54 Vyvrtání otvorů

8.3.6 Dokončení otvorů a profilu otváračku

Použita byla fréza o průměru 5 mm. Korekce v ose Z provedena stejně jako u vrtáku. Poslední operace, po níž dostaneme hotový polotovar výrobků, které musíme dále zpracovat.



Obr. 55 Hotový polotovar výrobků

8.3.7 Porovnání časů

Porovnání časů z programu NX a strojního obrábění.

Tabulka 4. Porovnání časů NX a HWT

operace	NX 7.5	HWT 442
Zarovnění hrubování otvorů	0:34:56	1:08:15
Vrtání	0:00:36	0:01:42
Dokončení profilů	0:33:16	0:57:12
Celkový čas	1:08:08	2:07:09

8.4 Dokončení výrobku

8.4.1 Odřezání výrobků

Po ukončení obrábění bylo nutné výrobky z desky odřezat. K tomuto účelu bylo použito vysokorychlostní rotační brusky s řezacím kotoučem.



Obr. 56 Odbroušení výrobků

8.4.2 Obroušení můstků a ojhlení výrobků

Obroušení můstků a ojhlení výrobků bylo provedeno pomocí stojanové brusky, kdy byly obroušeny můstky. Ojhlení výrobků bylo provedeno vzduchovou frézou (fortunou), to nám zajistilo hladký povrch broušených hran oproti opilování pilníkem. Na závěr byly otvíráky přešetřeny leštícím kotoučem na sloupové vrtačce pro sjednocení povrchu.

8.4.3 Eloxování výrobků

Poeloxování výrobků bylo provedeno studentem Janem Kolářem. Barva eloxu je zlatá a černá. Otvíráky jsou tímhle chráněny proti oxidaci a zároveň elox tvoří i funkci vzhledovou.



Obr. 57 Otvíráky po mechanické úpravě a eloxování

8.4.4 Vložení magnetu

Pro správnou funkci otvíráku byl do jeho otvoru vložen magnet. Na místě je držen pomocí epoxidového pojiva. Magnet plní funkci, jak při otvírání kdy se o něj vršek láhve opírá tak i tu, že vršek neodpadává na zem. Navíc díky vysoké síle magnetu jej lze připnout na jakoukoliv magnetickou plochu.



Obr. 58 Otvíráky s vloženým magnetem

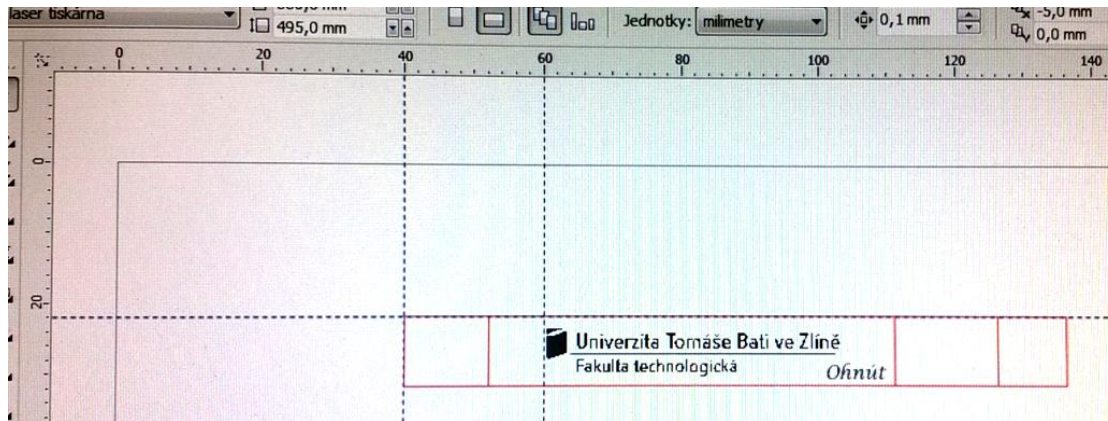
8.4.5 Gravírování loga laserem

Jako poslední krok bylo vypálení loga a jména laserem. Otvírák byl umístěn do prostoru popisovacího zařízení a podložen do roviny podložkou o síle 22 mm (Obr 59)

Pomocí funkce AUTOFOCUS byla nastavena potřebná výška pro gravírování. Gravírování bylo prováděno 20% silou pálení laseru a 100% rychlostí posuvu. Dráhy se programují v programu CORELDRAW a posílají se stejně jako do tiskárny formou TISK.



Obr. 59 Ustavení výrobku pro gravírování



Obr. 60 Logo na horní straně otvíráku

Tímhle krokem je ukončena celá výroba jednoručního otvíráku na lahve.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh konstrukce a výroba jednoručního otvíráku na lahve. Návrh a konstrukce byla zaměřena na výrobu 3D modelu a modelu určeném pro výrobu. 3D model lze požit jak k různým prezentacím výrobku, tak k nasimulování teplotních roztažností a deformací při působení sil na výrobek. Model pro výrobu lze vložit do různých CAD/CAM programů pro programování drah nástroje.

Samotná výroba byla popsána od výroby prototypu, který je nezbytný pro odzkoušení výrobku. Kdy se volí levnější a snáze obrobitelný materiál pro rychlejší a levnější zhotovení prototypu. Po odzkoušení prototypu se může následný výrobek upravit nebo nechat ve stávající formě. Samotná výroba otvíráků, probíhala ze tří duralových desek, celkem vzniklo 18 kusů jednoručních otvíráků na lahve.

Otvíráky prošli také závěrečnou estetickou a povrchovou úpravou. Doplněny byly o magnetku a logo Univerzity Tomáše Bati.

Celková doba obrábění je o polovinu vyšší než doba vypočtená programem NX 7.5. Je nutné přičíst i výměny nástrojů, které se pohybovali okolo 10 minut. Výrobní čas se značně zvýšil tím, že objednaný materiál o tloušťce 10 byl ve skutečnosti 11,5 mm, tím se musela přidat operace zarovnání, která trvala přes hodinu.

Výrobu by šlo určitě ještě vylepšit nejlépe asi tak, že otvíráky by nebyly frézované, ale vyřezávané na vodním paprsku. Tím by se značně zmenšilo procento odpadu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOCMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [2] MAREK, Jiří a Petr BLECHA. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM publishing, 2010, 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [3] LUKOVICS, Imrich. *Konstrukční materiály a technologie*. 1. vyd. Brno: VUT, 1992, 273 s. ISBN 8021403993.
- [4] ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-7300-207-8.
- [5] ČECH, Jaroslav. *TECHNOLOGIE FRÉZOVÁNÍ KOVŮ: 2. ROČNÍK MECHANIK SEŘIZOVAČ*. 1. vyd. Zlín, [2008].
- [6] Neodymový magnet. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 29.1.2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Neodymov%C3%BD_magnet
- [7] CNC historie. *CNC forum* [online]. 2009 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.cnc-forum.cz/>
- [8] ŠVEC, Alexander. *Výroba 3D modelu na CNC frézovačce*. Zlín, 2010. Bakalářská práce. FT UTB Zlín.
- [9] CNC 2D,3D,4D,5D. *CNC* [online]. 2010 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://procnc.com/resources/newsletter/overview_of_cnc_machines_and_the_parts_they_make_part_1/
- [10] CNC centrum. *EMO HANNOVER* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.emo-hannover.de/en/information-for/journalists/news/technical-press-releases-tpr?id=571723>
- [11] Frézy. *Tumlikovo* [online]. 2010 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/druhy-frez/>
- [12] ELOX. *Astronom* [online]. 2007-2012 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.astronom.cz/procyon/chemistry/elox.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

v_c	řezná rychlost	m.min-1
f	posuv	mm
f_z	posuv na zub	mm
f_o	posuv na otáčku	mm
v_f	posuvová rychlost	mm.min-1
h	hloubka řezu	mm
RO	rychlořezná ocel	
SK	slinutý karbid	
KM	keramický materiál	
PKNB	polykrystalický kubický nitrid bóru	
ISO	International Organization for Standardization	
NC	Numeric Control	
CNC	Computer Numerical Control	
CAD	Computer Aided Desing	
CAM	Computer Aided Manufacturing	
2D	2dimenze	
3D	3dimenze	
CA	Computer Aided	
HSC	Hight Speed Cuting	

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Podstata frézování [5].....	13
Obr. 2 Způsoby frézování [5]	14
Obr. 3 Frézování a) nesousledné b) sousledné [5].....	16
Obr. 4 Frézování čelní válcovou frézou [5].....	17
Obr. 5 Frézování pravoúhlých ploch [5].....	17
Obr. 6 Frézování šikmých ploch [5]	20
Obr. 7 Zaoblovací frézy [5]	21
Obr. 8 Hlavní části frézek [5]	23
Obr. 9 Rozdělení CNC obráběcích strojů [2]	25
Obr. 10 Ukázka z amerického patentu No 2,820,187 [2]	28
Obr. 11 3 osá CNC fréza [9]	29
Obr. 12 4 osá CNC fréza [9]	30
Obr. 13 5 osá CNC fréza [9]	30
Obr. 14 CNC centrum MORI SEIKI DMC 650 V [10].....	31
Obr. 15 Hlavní části fréz [5]	32
Obr. 16 Plochy fréz [5]	35
Obr. 17 Úhly frézovacích nástrojů [5]	36
Obr. 18 Příklad upínací hlavičky pro frézu D8R1	37
Obr. 19 Definování kartézských souřadnic – pravotočivá soustava [4]	47
Obr. 20 Značení jednotlivých os [4]	48
Obr. 21 Souřadnicový systém a nulové body soustruh [4]	49
Obr. 22 Souřadnicový systém a nulové body frézka [4].....	50
Obr. 23 Měření délkových korekcí nástroje [4].....	51
Obr. 24 Základní adresy pro programování [4]	52
Obr. 25 Nástroje a možnosti obrábění [4].....	54
Obr. 26 Strategie obrábění ploch 1 [4]	55
Obr. 27 Strategie obrábění ploch 2 [4]	56
Obr. 28 Úprava drah nástroje a kolize [4]	57
Obr. 29 Zjištění přibližných rozměrů pomocí Solid Edge ST3	60
Obr. 30 Skica a kóty výrobku	61
Obr. 31 Model výrobku vytažený funkcí PAD	62
Obr. 32 Sestava hotového výrobku.....	62

Obr. 33 Můstky ve skici na výrobku.....	63
Obr. 34 Výrobek s technologickými můstky	63
Obr. 35 Referenční bod prototypu	64
Obr. 36 CNC frézka HWT 442	67
Obr. 37 Výroba prototypu.....	68
Obr. 38 Hotový prototyp.....	68
Obr. 39 Dráhy nástroje pro zarovnání polotovaru	70
Obr. 40 Dráhy nástroje pro hrubování otvorů.....	70
Obr. 41 Polotovar po zarovnání a hrubování otvorů.....	71
Obr. 42 Dráhy nástroje pro vrtání	71
Obr. 43 Polotovar po vrtání děr	72
Obr. 44 Dráhy nástroje pro začištění otvorů	72
Obr. 45 Dráhy nástroje pro objetí obvodu na hotovo	73
Obr. 46 Deska se 6 otvíráky upevněnými pomocí můstků	73
Obr. 47 Šroub, kleština a nástroj.....	74
Obr. 48 Vřetenno s nástrojem	74
Obr. 49 Svěrák s podložkami.....	75
Obr. 50 Nastavení osy Z	76
Obr. 51 Zarovnání povrchu na tloušťku 10 mm	76
Obr. 52 Vyhrubování otvorů.....	77
Obr. 53 Následná korekce pro vrták	77
Obr. 54 Vyvrtání otvorů.....	78
Obr. 55 Hotový polotovar výrobků.....	78
Obr. 56 Odbroušení výrobků	79
Obr. 57 Otvíráky po mechanické úpravě a eloxování	80
Obr. 58 Otvíráky s vloženým magnetem	81
Obr. 59 Ustavení výrobku pro gravírování	81
Obr. 60 Logo na horní straně otvíráku.....	82

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Příklady typů fréz [11].....	33
Tabulka 2. Nástroje použité pro ruční programování	64
Tabulka 3. Nástroje pro výrobu z duralu	69
Tabulka 4. Porovnání časů NX a HWT	79

SEZNAM PŘÍLOH

CD s kompletní dokumentací pro výrobu jednoručního otvíráku na lahve