

Výroba šablon z plastových folií

Tomáš Kostka

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Kostka**
Osobní číslo: **T11253**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Výroba šablon z plastových folií**

Zásady pro vypracování:

- 1. teoretická studie na dané téma**
- 2. návrh šablony a programování dráhy nástroje**
- 3. stanovení optimálních řezných podmínek a výroba na CNC frézce**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

30. ledna 2015

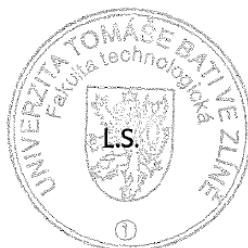
Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 9. února 2015

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KOSTKA TOMÁŠ

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 obhajoby ¹⁾;
- 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. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít 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, považují 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 12.5.2015



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 vzdělávacího 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). Odpirá-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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem mé bakalářské práce je navržení a výroba šablony z plastové folie pomocí CNC frézování. V teoretické části jsem popsal frézování, programování CNC strojů, dále jsem se zabýval rozdělením plastů a nátěry. V praktické části jsem stanovil optimální podmínky pro výrobu stříkací šablony a následně jsem ji vyrobil.

Klíčová slova: Gravírování, CNC, plasty, frézování

ABSTRACT

The aim of my bachelor thesis is to design and manufacture the plastic sheet template for spraying using CNC engraving. In the theoretical part is described milling, CNC programming of the machine tools, plastics and coatings. In the practical part is determined the optimal conditions for production of spray templates with further manufacturing.

Keywords: Engraving, CNC, plastic, milling

Chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za trpělivost, za poskytnutí odborných konzultací při řešení mé práce.

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 TEORIE FRÉZOVÁNÍ	13
1.1.1 KINEMATIKA OBRÁBĚCÍHO PROCESU	13
1.1.2 PRŮŘEZ TŘÍSKY	15
1.1.3 ŘEZNÉ SÍLY	16
1.1.4 ŘEZNÉ PODMÍNKY	16
1.2 NÁSTROJE	17
1.2.1 NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY	19
1.2.2 OSTŘENÍ FRÉZ	21
1.3 FRÉZOVACÍ STROJE	22
1.3.1 KONZOLOVÉ FRÉZKY	22
1.3.2 ROVINNÉ FRÉZKY	22
1.3.3 SPECIÁLNÍ FRÉZKY	23
1.4 GRAVÍROVÁNÍ	23
1.4.1 PANTOGRAFY	23
1.4.2 GRAVÍROVACÍ PLOTTERY	23
1.4.3 GRAVÍROVACÍ MATERIÁLY	25
2 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ	26
2.1 CNC OBRÁBĚCÍ STROJ	26
2.2 SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM	26
2.3 NULOVÉ A DALŠÍ VZTAŽNÉ BODY NA CNC STROJÍCH	27
2.4 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ	29
2.4.1 STRUKTURA PROGRAMU	29
2.4.2 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ POMOCÍ CAD/CAM SYSTÉMŮ	29
3 PLASTY A JEJICH ROZDĚLENÍ	32
3.1 DĚLENÍ PLASTŮ	32

3.1.1	DLE APLIKACE SLOŽITOSTI VÝROBY PLASTOVÝCH DÍLCŮ	32
3.1.2	DLE TEPLOTNÍHO CHOVÁNÍ	33
3.1.3	DLE NADMOLEKULÁRNÍ STRUKTURY	34
3.1.4	DLE DRUHU PŘÍRAD.....	35
3.1.5	DLE DRUHU POLYMERNÍCH MAKROMOLEKUL.....	35
4	ORGANICKÉ POVLAKY	37
4.1	NÁTĚRY	37
4.2	NANÁŠENÍ	38
II	PRAKTICKÁ ČÁST	40
5	CÍL PRÁCE	41
6	OBRÁBĚCÍ STROJ	42
6.1	NASTAVENÍ POČÁTKU SOUŘADNICOVÉHO SYSTÉMU	43
6.2	RUČNÍ OVLÁDÁNÍ FRÉZKY	44
7	POUŽITÝ MATERIÁL	45
7.1	GRAVOTAC™ EXTERIOR	45
7.2	COLORSPRAY	46
8	URČENÍ IDEÁLNÍ ŠÍŘKY DRÁŽKY	47
8.1	STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ	47
8.1.1	CHARAKTERISTIKA PROGRAMU NX 9.0.....	47
8.1.2	NÁVRH V PROGRAMU NX 9.0.....	47
8.2	VÝROBA VZORKU NA CNC FRÉZCE	48
8.2.1	UPNUTÍ OBROBKU	48
8.2.2	UPNUTÍ NÁSTROJE	49
8.2.3	OBRÁBĚNÍ VZORKU NA ŠÍŘKU DRÁŽKY	50
8.3	NASTŘÍKÁNÍ NA PLECHOVOU PODLOŽKU A MĚŘENÍ.....	51
9	VOLBA VHODNÝCH MŮSTKŮ	54
9.1	NAVRŽENÍ MODELU	54
9.2	VÝROBA MODELU NA CNC FRÉZCE	54
9.3	NASTŘÍKÁNÍ NA PLECHOVOU PODLOŽKU	55

10	STŘÍKACÍ ŠABLONA LOGA FAKULTY TECHNOLOGICKÉ	56
10.1	NAVRŽENÍ ŠABLONY	56
10.2	VÝROBA ŠABLONY NA CNC FRÉZCE	57
10.3	NASTŘÍKÁNÍ ŠABLONY NA DŘEVĚNOU PODLOŽKU	58
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK	68
	SEZNAM PŘÍLOH	69

ÚVOD

Před více než dvěma miliony lety člověk zručný vyrobil první kamenný nástroj. Následně zdokonalil výrobu kamenných nástrojů až homo sapiens. Po celá staletí člověk vyráběl předměty výhradně ručně, což mělo za následek zdokonalování ručních nástrojů. Základními technologiemi bylo kování a lití. Pro opracování se používaly kladiva, kleště, vrtáky, sekery, pilníky a jiné.

Je jasné, že si člověk chtěl ulehčit práci a proto stavěl různé obráběcí stroje. Jejich konstrukci se věnoval i všestranný umělec, vědec a technik Leonardo da Vinci. V jeho pozůstalosti se našlo přes 5000 listů, většina je věnována konstrukcím různých mechanismů a strojů, kde například navrhl vrtačku, frézku, zdokonalil soustruh.

Systematický vývoj obráběcích strojů se datuje až od počátku 18. století. Vyvolaly jej hlavně požadavky na přesnost, jakost práce a na zvýšený počet vyrobených součástí. Proto dochází k vývoji technologií, jako je frézování, vyvrtávání, výroba přesných závitů, výroba ozubených kol apod. Samozřejmě dochází i k vývoji automaticky pracujících obráběcích strojů.

V dnešní době si už ani nedovedeme představit moderní výrobní zařízení bez elektroniky a bez podpory počítačových systémů. K neznámějším počítačem podporovaným systémům patří CAD a CAM systémy. Tyto systémy představují důležitý nástroj pro zvyšování přesnosti rozměrů, zlepšování jakosti povrchu, zvyšování výkonu obrábění a především snížení nákladů na výrobu ve strojírenském průmyslu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 FRÉZOVÁNÍ

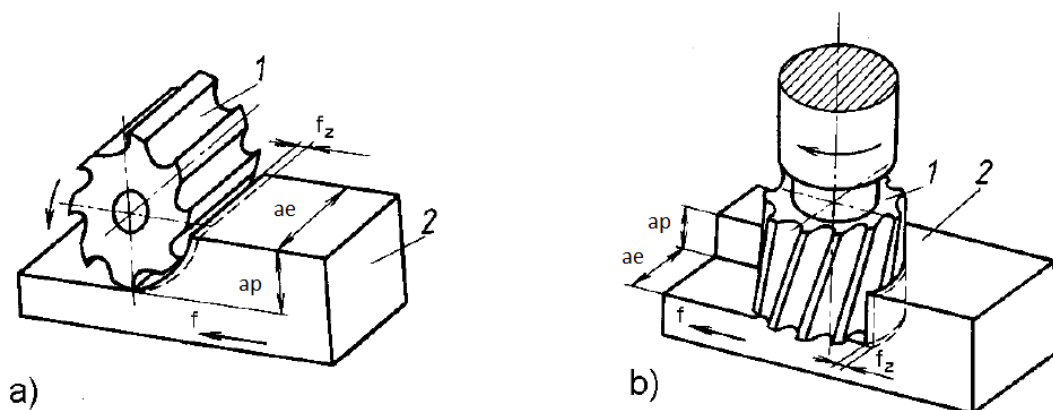
1.1 Teorie frézování

Frézování je obrábění vícebřitým nástrojem. Můžeme obrábět rovinné, nebo tvarové plochy, vnější nebo vnitřní. První stroje na frézování byly zkonstruovány už na začátku 18. století a dnešní podobu dostaly koncem 19. století. Frézky jsou velmi výkonné stroje a v průmyslu patří mezi nejrozšířenější stroje hned po soustruzích. Frézují se většinou rovinné plochy nebo tvarové přímkové plochy. CNC stroje nám umožňují frézovat obecné tvarové plochy.[1]

Nástroj se nazývá fréza, která je většinou vícebřitá. Abychom omezili chvění je výhodné, aby v záběru s obrobkem bylo více břitů najednou. Hlavní řezný pohyb koná nástroj a je to pohyb otáčivý a obrobek koná pohyb posuvný přímočarý, někdy otáčivý, nebo obecný pohyb po prostorové křivce.

Řezný proces je přerušovaný. Zuby nástroje vstupují a vystupují ze součásti a odebírají třísku různého průřezu. [1]

Na obrázku 1a vidíme frézování obvodem válcové frézy a na obrázku 1b vidíme frézování čelem čelní frézy. Číslo 1 označuje nástroj, 2 obrobek, a_p je hloubka záběru a a_e je šířka záběru.

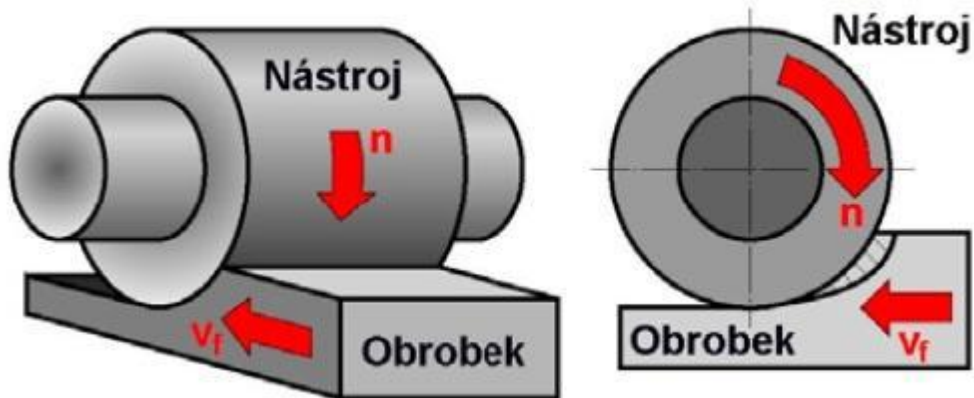


Obr. 1 Frézování válcové (obvodové) a čelní[1]

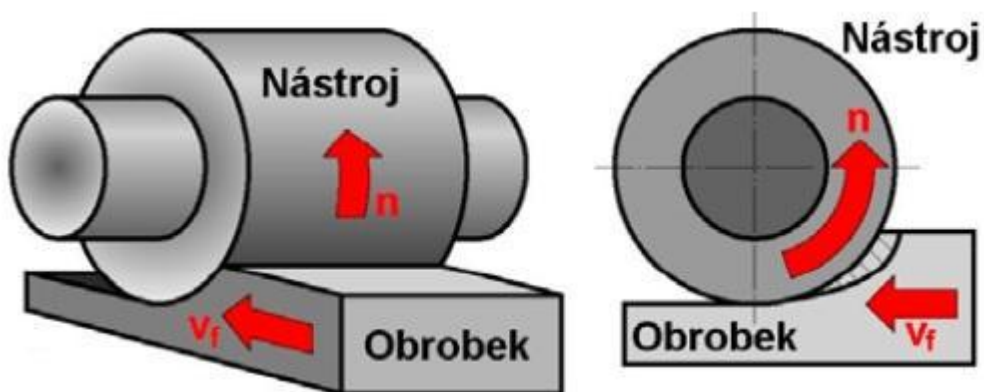
1.1.1 Kinematika obráběcího procesu

Při frézování obvodem frézy se používají válcové a tvarové frézy. Zuby frézy jsou umístěny jenom po obvodu nástroje. Hloubka odebírané vrstvy se nastavuje kolmo na osu nástroje a na směr posuvu. Osa otáčení frézy je rovnoběžná s obráběnou plochou. V závislosti na

kinematice obráběcího procesu dělíme frézování na sousledné a nesousledné. Na obrázku 2 můžeme vidět sousledné frézování a na obrázku 3 je nesousledné frézování. [2]



Obr. 2 Frézování sousledné [12]



Obr. 3 Frézování nesousledné [12]

Sousledné frézování má smysl otáčení nástroje stejný jako je směr posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky je při vnikání zubu nástroje do obrobku. Obrobená plocha vzniká tehdy, kdy zub vychází ze záběru. Řezné síly působí nejčastěji směrem dolů. Sousledné frézování se provádí jenom na vhodném stroji při vymezené vůli a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. Jinak vůle způsobuje nestejný pohyb a může dojít k poškození nástroje i samotného stroje. [2]

Vlastnosti sousledného frézování:

- vyšší trvanlivost břitů (dovoluje nám použít vyšších řezných rychlostí a posuvů),
- menší řezný výkon,
- řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu (můžeme použít jednodušší upínací komponenty),

- menší chvění,
- menší drsnost povrchu obrobene plochy.

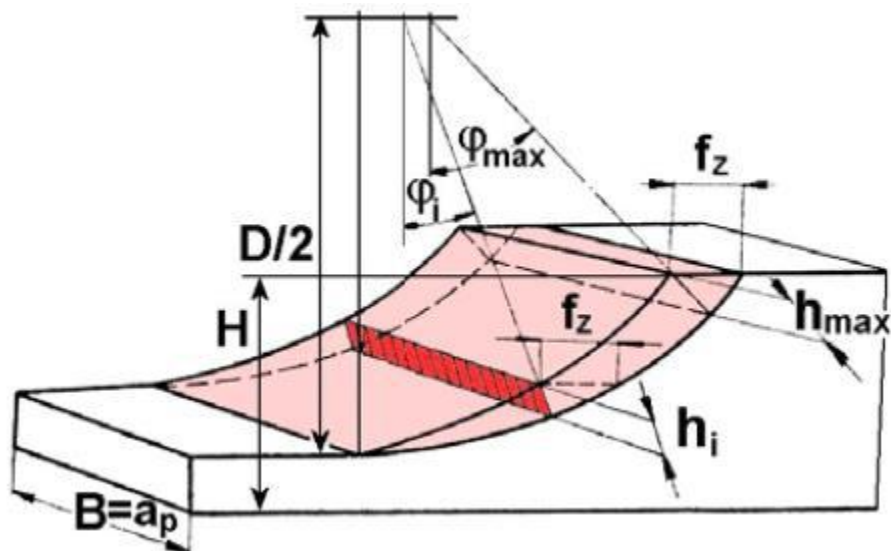
Nesousledné frézování má smysl otáčení nástroje opačný proti směru posuvu obrobku. Tloušťka třísky se postupně zvětšuje od nuly až po maximální hodnotu. Třísky se neodděluje v okamžiku její nulové tloušťky, ale až po určitém skluzu břitu po ploše, kterou vytvořil předcházející zub. Vznikají tady silové účinky a deformace, které způsobují větší opotřebení břitu nástroje. Řezná síla při nesousledném frézování má složku, působící směrem nahoru, a která odtahuje obrobek od stolu. [2]

Vlastnosti nesousledného frézování:

- trvanlivost nástroje nezávisí na okujích, písčitém povrchu obrobku apod.,
- nemusí se vymezovat vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje,
- menší opotřebení matice a šroubu. [2]

1.1.2 Průřez třísky

Tloušťka třísky se při sousledném frézování zmenšuje od maximální hodnoty po nulovou a při nesousledném frézování se zvětšuje od nulové po maximální hodnotu. Průřez třísky můžeme vidět na obrázku 4, kde f_z je posuv na zub, $D/2$ je polovina průměru nástroje, H je výška součásti, h_i je tloušťka třísky v daném místě, B je šířka záběru a φ_i je úhel posuvového pohybu v daném místě. [2]



Obr. 4. Průřez třísky [12]

Jmenovitá tloušťka třísky v libovolné místě jejího odřezávání se vyjádří vztahem:

$$h_i = f_z \cdot \sin \varphi_i \quad (1)$$

kde: h_i – tloušťka třísky [mm],

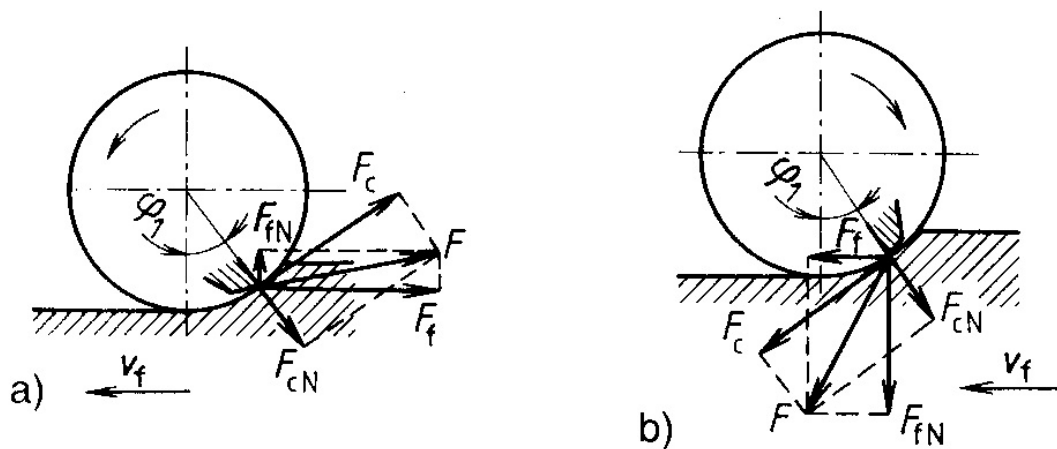
f_z – posuv na zub [mm],

φ_i – úhel posuvového pohybu [°].

Úhel posuvového pohybu se mění v závislosti na poloze řešeného zubu, ale u fréz se zuby ve šroubovici nebo šikmými zuby také podél příslušného ostří. [2]

1.1.3 Řezné síly

Při určení řezných sil vycházíme ze silových poměrů na jednom břitu, který se nachází v poloze pod úhlem φ_i . Na obrázku 5a jsou vykresleny řezné síly pro nesousledné frézování a na obrázku 5b jsou vykresleny řezné síly pro sousledné frézování. Pro obvodové frézování nástrojem s přímými zuby se celková řezná síla, která působí na břitu F rozkládá na složky F_c a F_{cN} , respektive na složky F_f a F_{fN} , kde složka F_c je řezná síla, F_{cN} je kolmá řezná síla, F_f je posuvová síla a F_{fN} je kolmá posuvová síla. [2]



Obr. 5 Řezné síly [1]

1.1.4 Řezné podmínky

Řezné podmínky volíme v závislosti na vlastnostech nástroje, stroje, obrobku i prostředí a na požadovaných parametrech frézovaných ploch obrobku. Je důležité se řídit doporučenými hodnotami výrobce nástrojů. [1]

Posuv na zub by neměl klesnout pod 0,05 mm, protože pak se již začíná projevovat vliv poloměru ostří břitu nástroje. Toto platí zejména u nástrojů s břity, které jsou z povlakovaných slinutých karbidů. [1]

Velikost obvodové rychlosti frézy neboli řeznou rychlost spočítáme:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2)$$

kde: v_c – řezná rychlost [m/min],

n – otáčky vřetene [1/min],

D – průměr nástroje [mm],

π – Ludolfovo číslo.

Hodnotu posuvu na zub spočítáme:

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \quad (3)$$

kde: f_z – posuv na zub [mm],

n – otáčky vřetene [1/min],

z – počet zubů,

v_f – posuvová rychlost [mm/min].

Posuv na otáčku představuje dráhu, kterou urazí obrobek za jednu otáčku frézy, a spočítáme jej následovně:

$$f_o = f_z \cdot z \quad (4)$$

kde: f_o – posuv na otáčku [mm],

f_z – posuv na zub [mm],

z – počet zubů. [1]

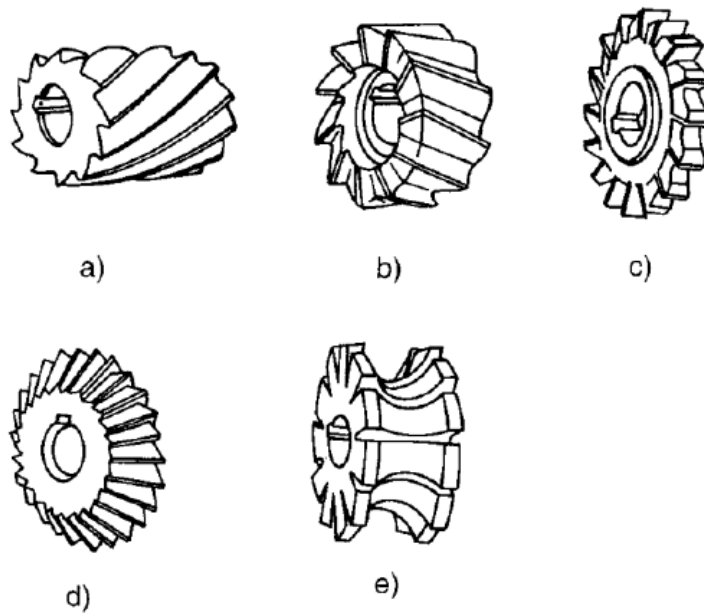
1.2 Nástroje

Frézy jsou několikabřité nástroje, jejichž břity jsou uspořádány na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše tělesa frézy, u čelních fréz jsou také na čelní ploše.

Podle umístění břitu fréz se dělí:

- a) válcové (s břity na válcové ploše)
- b) čelní (s břity na válcové a čelní ploše)
- c) kotoučové (s břity na válcové a obou čelních plochách)
- d) kuželové (s břity na jedné nebo dvou kuželových plochách)

e) tvarové (s břity na tvarových plochách, např. frézy na závity). [1]



Obr. 6 Vybrané druhy fréz [1]

Podle tvaru zubů máme frézy:

- s frézovanými zuby (zubové mezery jsou frézovány kuželovými frézami),
- s podsoustruženými zuby (hřbety zubů těchto fréz se obrábějí na podtáčecích soustruzích a mají tvar Archimédovy spirály).

Podle průběhu ostří zubů máme frézy:

- s přímými zuby (zuby jsou rovnoběžné s osou),
- se zuby do šroubovice (pravotočivé nebo levotočivé).

Podle upínání dělíme frézy:

- stopkové (s kuželovou nebo válcovou stopkou),
- nástrčné.

Podle konstrukce dělíme frézy:

- celistvé,
- s vyměnitelnými břitovými destičkami,

- skládané (z více samostatných fréz). [1]

1.2.1 Nástrojové materiály

Důraz je kladen na volbu materiálu, protože finální výstupy řezného procesu závisí významně na vlastnostech řezných částí nástroje, který je konstruovaný z příslušného nástrojového materiálu. Nástroj je v obráběcím procesu nejzatíženější člen, proto při volbě je hlavní požadavek na dobrou a spolehlivou práci. Namáhání, které působí na nástroj, může být ohyb nebo tlak, doprovázen vysokými teplotami, které značně zatěžují nástroj. Působením difuze, adheze a abraze vzniká otěr řezných ploch, kterým musí nástroj odolávat. Celkový souhrn vlastností řezného materiálu, které určují vhodnost k danému způsobu obrábění, nazýváme řezivost. Z těchto hledisek je potřeba materiál vysokých parametrů, ale i na úkor vysoké ceny. [3]

Požadované vlastnosti řezného materiálu jsou.

- tvrdost a pevnost
- odolnost proti opotřebení
- řezivost
- houževnatost
- vysoká pevnost v ohybu
- kalitelnost a prokalitelnost

Nástrojová ocel

Odlišný způsob namáhání (tepelné, mechanické) řezných částí nástroje vyžaduje rozdílné fyzikální i mechanické vlastnosti nástrojových ocelí. Nástrojové oceli mají široký rozsah výběru materiálu podle různých chemických složení, tepelného zpracování nebo množství legujících prvků.[3]

Základní rozdělení nástrojových ocelí.

- **Legované nástrojové oceli** (na vlastnosti ocelí má největší vliv obsah uhlíku, který je v rozsahu od 0,5 do 1,5 %C)
- **Nelegované nástrojové oceli** (vlastnost ocelí určují legující karbidotvorné prvky Cr, W, V, Mo, které vytváří tvrdé až do vysokých teplot stálé karbidy)

- **Rychlořezné oceli** (vysoce legovaná nástrojová ocel, obsahuje velké množství wolframu)

Nelegované nástrojové oceli

Na konečné vlastnosti má největší vliv obsah uhlíku, kdy materiál obsahuje 0,7 až 1,5% C a dalších prvků, jako jsou mangan a křemík. Při stoupajícím obsahu množství uhlíku stoupá tvrdost (do určité míry snižuje houževnatost), zvyšuje se řezivost a odolnost proti opotřebení. Nevýhodou velkého množství uhlíku je zároveň zhoršující se zakalitelnost. Po tepelném zpracování lze získat tvrdost oceli 62 až 64 HRC, kdy do 1% C tvrdost stoupá, při vyšším obsahu uhlíku se tvrdost výrazně nemění. Zvyšuje se obsah cementitu, který zvyšuje řezivost. Nedostatky uhlíkových ocelí jsou rychlý pokles trvanlivosti, řezivosti s poklesem tvrdosti a nedostatečný výkon pro obrábění s vyšší vc . Proto v současné době jsou často nahrazovány legovanými nástrojovými oceli. [4]

Legované nástrojové oceli

Karbidotvorné prvky Cr, W, V, Mo patří mezi hlavní legující prvky, které vytvářejí tvrdé až do vysokých teplot stálé karbidy. Mezi další legující nekarbidové prvky patří nikl, křemík a kobalt. Legované oceli nachází své uplatnění u téměř většiny druhů řezných, stříhacích, tvářecích a dalších speciálních nástrojů. Hlavní výhodou proti uhlíkovým ocelím je větší prokalitelnost a větší odolnost proti popouštění. Proto má za následky snížení deformací, ale zvýšené nároky na tepelné zpracování. Tepelná odolnost břitů je v rozmezí 250°C až 350°C a řezná rychlost $vc = 15-25$ m/min. Na základě provozních podmínek se nástrojové legované oceli rozdělují na skupiny. [4]

Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli tvoří samostatnou skupinu legovaných nástrojových ocelí, které obsahují velké množství wolframu. Proto by mohli být řazeny do wolframových ocelí, ale svou odlišitelností jsou však zařazeny do samostatné skupiny. Přísady jsou karbidotvorné prvky W, Co, Cr, Mo, V a nekarbidotvorný prvek Co. Obsah uhlíku je pod 1% s tvrdostí materiálu kolem 80 až 83 HRA při teplotním zatížení 600°C, což dovoluje 2 až 3 násobné zvýšení řezné rychlosti s porovnáním uhlíkovou nástrojovou ocelí. Podle obsahu legujících prvků je využití RO na řezné nástroje pro obrábění ocelí, ocelí na odlitky s vysokou tvrdostí, pevností popřípadě na obrábění těžkoobrobitelných materiálů. Přednost je vysoká lomová pevnost a střední odolnost proti opotřebení. Pro optimální řezný proces je důležité správné

zvolení pracovního prostředí tj. řezná emulze a olej. Rychlořezná ocel snáší teplotu břítu 500 – 700°C a možnost využití pro řeznou rychlost $v_c = 25 - 50$ m/min. [4]

Slinuté karbidy

Slinuté karbidy (dále jen SK) patří mezi nástrojové materiály vyráběné práškovou metalurgií z karbidů těžkých kovů: karbidu wolframu (WC), karbidu titanu (TiC), karbidu tantalu (TaC) a nízkotavitelného slinovače kobaltu.

SK se vyrábějí ve tvaru destiček normalizovaných tvarů a rozměrů. Destičky se upínají na řeznou část nástroje pomocí pájení nebo mechanicky. Mechanicky upnuté destičky mají více ostří (hran), které můžeme postupným otáčením využít. Po otupení všech ostří se již neostří a nemůžeme je dále použít.[11]

Cermety

Řezný materiál obsahující tvrdé částice v kovovém pojivu je cermet, který je vyráběn práškovou metalurgií. Tvrdost je zhruba srovnatelná se slinutými karbidy, ale pevnost houževnatost je nižší. Cermety špatně snášejí teplotní šoky a tím je omezeno použití řezné kapaliny. Nástroje osazené cermety jsou vhodné pro obrábění litin, ocelí a snadno obrobitelných slitin.[1]

Řezná keramika

Keramické řezné materiály (dále jen KM) jsou dalším druhem tvrdých řezných materiálů. Pro jejich výrobu používáme levnou a snadno dostupnou surovinu, a to oxid hlinitý (Al_2O_3). Vyrábějí se práškovou metalurgií, slinováním lisovaných prášků do tvaru řezných destiček. Mají malou pevnost v ohybu, a nejsou proto vhodné k obrábění přerušovaným řezem a k obrábění s větším průřezem třísky. Mají velkou tvrdost a jsou velmi odolné proti otěru. Můžeme je používat až do teploty řezání 1200°C.[11]

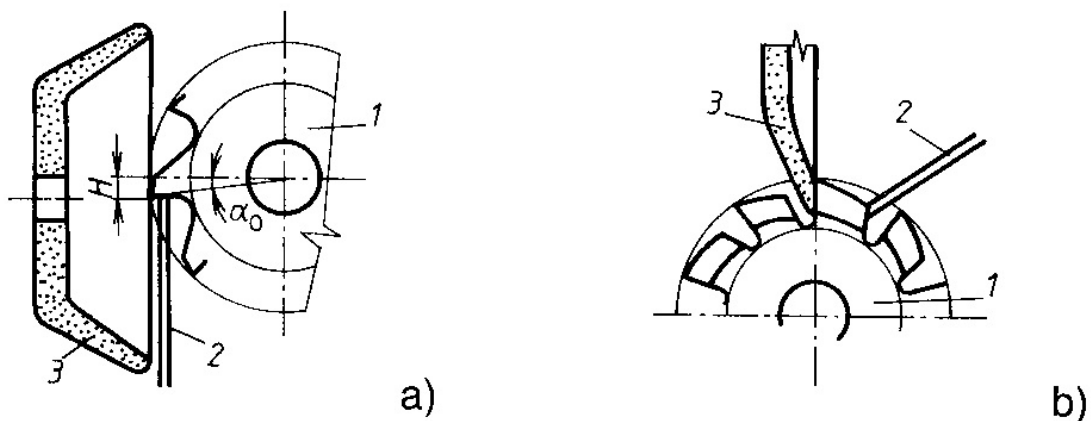
1.2.2 Ostření fréz

Po otupení se musí celistvé frézy a frézy s pájenými břity přeastřit. Pro ostření fréz z rychlořezných ocelí se používají buď klasické brousící kotouče z oxidu hlinitého, nebo nové kotouče z kubického nitridu boru. Pro ostření fréz ze slinutých karbidů se používají brousící kotouče z karbidu křemíku nebo z diamantu. [1]

Frézy s frézovanými zuby se ostří na hřbetě zubu miskovým nebo hrncovým brousícím kotoučem. Zub se při tom opírá o opěrku, která je umístěna níže než osa nástroje. Výškou

opěrky se nastaví velikost úhlu hřbetu. Při ostření se fréza posouvá ve směru osy podél stojící opěrky a zub se k opěrce přitlačuje. Tímto způsobem můžeme také brousit zuby ve šroubovici. [1]

Na čele zuby se ostří frézy s podsoustruženými zuby. Tak se zachovává tvar profilu frézy. U přímých zubů to je plochou stranou (obrázek 6a) a u zubů do šroubovice to je kuželovou stranou, které se ostří talířovým brousícím kotoučem (obrázek 6b). [1]



Obr. 7 Ostření fréz [1]

1.3 Frézovací stroje

Frézovací stroje nazýváme frézky, jsou vyráběny a dodávány v širokém počtu typů, velikostí, často taky s rozsáhlým speciálním příslušenstvím. Obvykle se rozdělují na konzolové, rovinné a speciální.[1]

1.3.1 Konzolové frézky

Patří mezi nejčastěji používané frézky. Mají konzolu posuvnou po stojanu stroje, na které je umístěn pracovní stůl pro upínání obrobku. Konzola umožňuje svislý pohyb stolu, stůl má příčný a podélný posuv. Všechny pohyby jsou vykonávány pomocí šroubů a matic a umožňují posuv obrobku ve třech osách. Pohon posuvu, který zajišťuje samotný motor s převodovkou, není závislý na otáčkách vřetene. Konzolové frézky mohou být vodorovné, svislé, nebo univerzální.[1]

1.3.2 Rovinné frézky

Rovinné frézky se liší od konzolových tím, že se pracovní stůl pohybuje pouze v podélném směru po pevném loži. Po svislém stojanu frézky se pomocí pohybového šroubu pohybuje vřeteník. Příčně se pohybuje nástroj vysouváním pinoly z vřeteníku. Na rovinných

frézkách se obrábějí rovinné plochy velkých součástí, zejména frézovacími hlavami, čelními a kotoučovými frézami a skládanými frézami.[1]

1.3.3 Speciální frézky

Speciální frézky tvoří rozsáhlou řadu typů, určených pro různé speciální frézovací operace. Patří sem např. frézky na ozubení, na závity, na drážky, na vačky, kopírovací apod.[1]

1.4 Gravírování

Gravírování je technologie, která umožňuje zdobit, trvale označovat nebo vyrývat stopy do různých předmětů a výrobků. Jedná se o princip odebrání materiálu. [13]

1.4.1 Pantografy

Jedná se o manuální stroje. Pro zhotovení výsledku musíme vlastnit předlohu ornamentu nebo šablonu písma. Podle toho vedeme vodící kolík. Pantograf je soustava ramen, které jsou různě uspořádané, přitom na jedné straně ramena bývá vodící kolík a na druhé straně gravírovací fréza. Ramena umožňují výsledek převracet, ale i zmenšovat nebo zvětšovat. [13]



Obr. 8 Gravírovací pantograf Gravograph IM3[13]

1.4.2 Gravírovací plottery

Gravírovací plottery řídí počítač a frézu vede zhotovený návrh, který je nahaný do těchto strojů. Mezi výhody řadíme vedení frézky pomocí krokových motorů, tuhost konstrukce a celková výstupní kvalita výrobku. Přesto můžeme dosáhnout vyšší přesnosti, použitím frézky, která využívá pro pohyb šnekové motory a kluzná nebo valivá ložiska. Pro zaručenou kvalitu výrobku by měl být stanoven posuv motoru frézky do 0,05mm/krok. [13]

Malé gravírky

Slouží k výrobě jednoduchých štítků a návrhů, stroj, návrh je vytvořen přímo v závírce. Výhodou je příznivá cena stroje a hlavně velmi jednoduchá obsluha. Funkce malých gravírek přesto umožňují prostorové modelování s proměnlivým zdvihem k tvorbě 3D reliéfů. [13]



Obr. 9 CNC gravírka Gravograph IS200 - malá CNC gravírka vhodná i pro náročnější aplikace [13]

Gravírovací plottery

Výhoda gravírovacích plotterů oproti malým závírkám je v tom, že návrh se provádí počítačem mimo gravírku. Díky tomu můžeme zpracovat složitější grafiku a větší rozměry plochy. [13]

Laserové závírky

Laserové gravírky jsou nejmodernější. Nejpoužívanější je druh laseru CO₂, který gravíruje organické materiály, jako jsou dřevo, kůže, sklo a plast. Využití laserové gravírky je rozšířené v reklamě při výrobě loga nebo názvu na různé předměty, jako např. přívěsky, zapalovače, dřevěná prkénka atd.

Tato moderní technologie je založena na odpálení tenké vrstvy materiálu v řádu mikrometrů. [13]

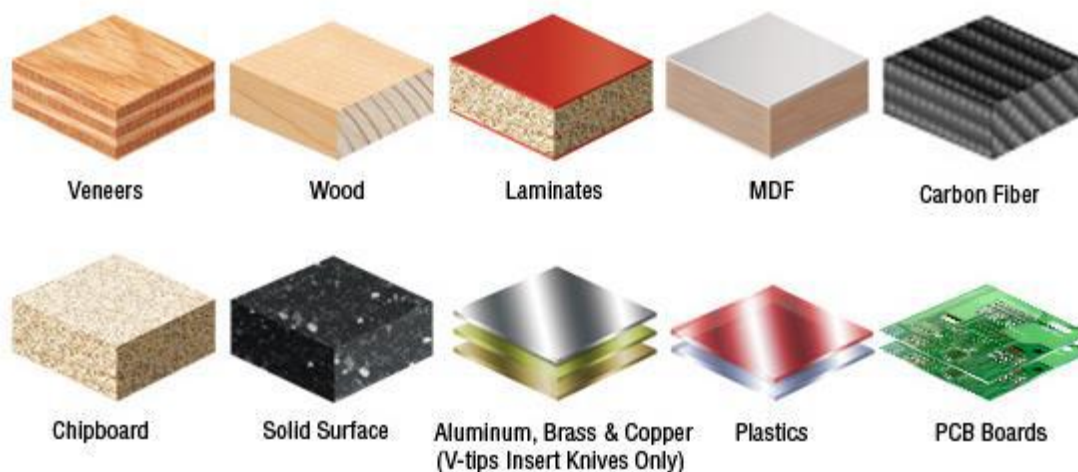


Obr. 10 Velký CO2 laser Gravograph LS900 [13]

1.4.3 Gravírovací materiály

Nejvíce používaným materiálem pro gravírování jsou plasty a to vrstvené nebo jednovrstvé. U vrstvených plastů dochází k odfrézování horní vrstvy, která odkryje základní vrstvu odlišné barvy a vznikne kontrastní obraz či text. Jednovrstvé plasty jsou velmi odolné a nahrazují mosaz. Používají se jako informační cedule, vizitky a schránky.

Mezi další běžně používané materiály patří dural, mosaz, dřevo, sklo, kůže, guma. Do eloxovaného duralu nebo mosazi se vyfrézuje grafika a následně se vybarví. Můžeme rýt diamantem, který vytvoří vlasové čáry a vytvoří tak velmi jemnou vlasovou kresbu. [13]



Obr. 11 Příklady materiálů vhodných pro gravírování [13]

2 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ

2.1 CNC obráběcí stroj

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

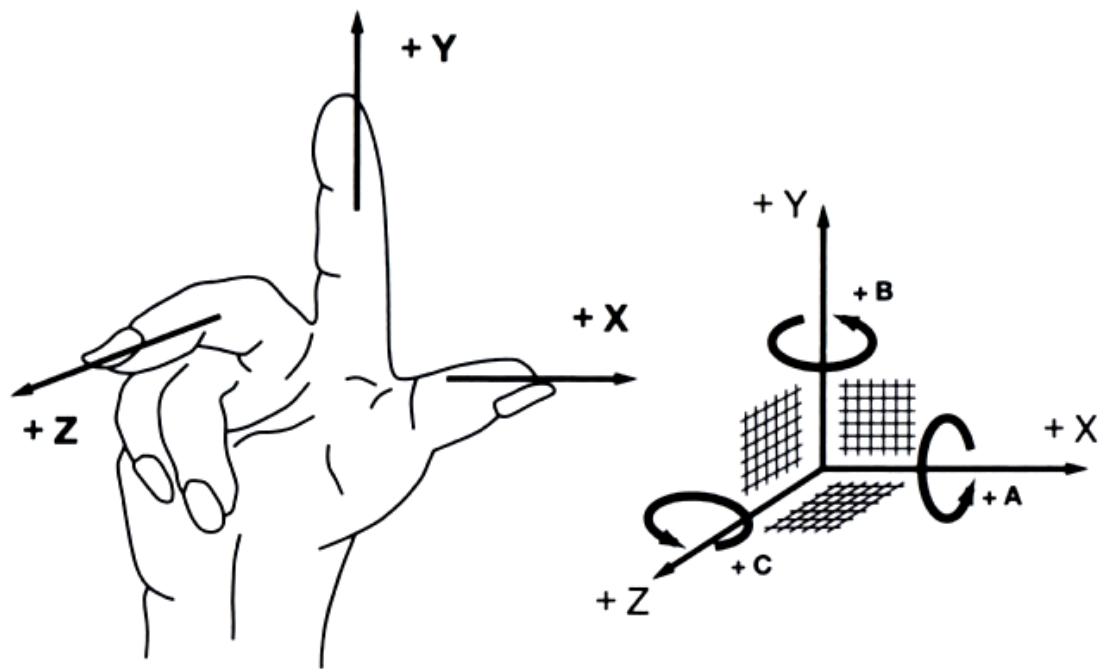
CNC stroje pracují v automatickém cyklu, který zajišťuje číslicové řízení. CNC stroje se používají ve všech oblastech strojírenské výroby (obrábění, montáž, tváření, měření).[6]

Informace, které program zahrnuje, můžeme rozdělit na:

- **Geometrické** – Popisují dráhu nástroje, která je dána rozměry a tvarem obráběné součásti. Udávají tedy její obrábění a popisují příjezd a odjezd nástroje k obrobku. Jde o popis dráhy nástroje v kartézských souřadnicích, kdy pro tvorbu programu musíme znát rozměry z výrobního výkresu. V programu se uvádí 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** – Určují technologii obrábění z hlediska obráběcích řezných podmínek (hlavně otáček, řezné rychlosti, posuvu, hloubky třísky).
- **Pomocné** – Jsou informace pro určité pomocné funkce (např. zapnutí čerpadla chladicího média, směr otáček vřetene atd.) [6]

2.2 Souřadnicový systém stroje

U výrobních systémů se používá k výrobě kartézský systém souřadnic. Pravotočivý a pravouhlý systém s osami X, Y, Z a otáčivé pohyby, jejichž osy jsou rovnoběžné s osami X, Y, Z, které se označují jako A, B, C.[6]



Obr. 12 Definování kartézských souřadnic – pravotočivá soustava [6]

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

Počátek souřadnic systému je vkládán do nejvýhodnějšího místa s ohledem na obrobek, který je pojmenovaný jako nulový bod obrobku. Nulový bod se musí umístit tak, aby se co nejvíce zjednodušilo odečítání jednotlivých geometrických bodů na obrobku.

U obráběcích strojů, používajících více os, např. u vícevřetenového automatu, se osy indexují (např. Z1 Z2). [6]

Klasické CNC stroje:

- Frézka používá tři osy X, Y, Z – frézuje se v těchto třech osách.
- Soustruh používá dvě osy X, Z – může soustružit rozdílné průměry. [6]

2.3 Nulové a další vztažné body na CNC strojích

Řídicí systém CNC hned po spuštění stroje zapne souřadnicový systém. Souřadnicový systém má svůj počátek, to je nulový bod, který musí být přesně nastaven. Nulové body mají své názvy, které se liší podle použití. [6]

M - Nulový bod stroje: Tento nulový bod stanoví výrobce stroje. Je to výchozí bod pro všechny ostatní souřadnicové systémy.

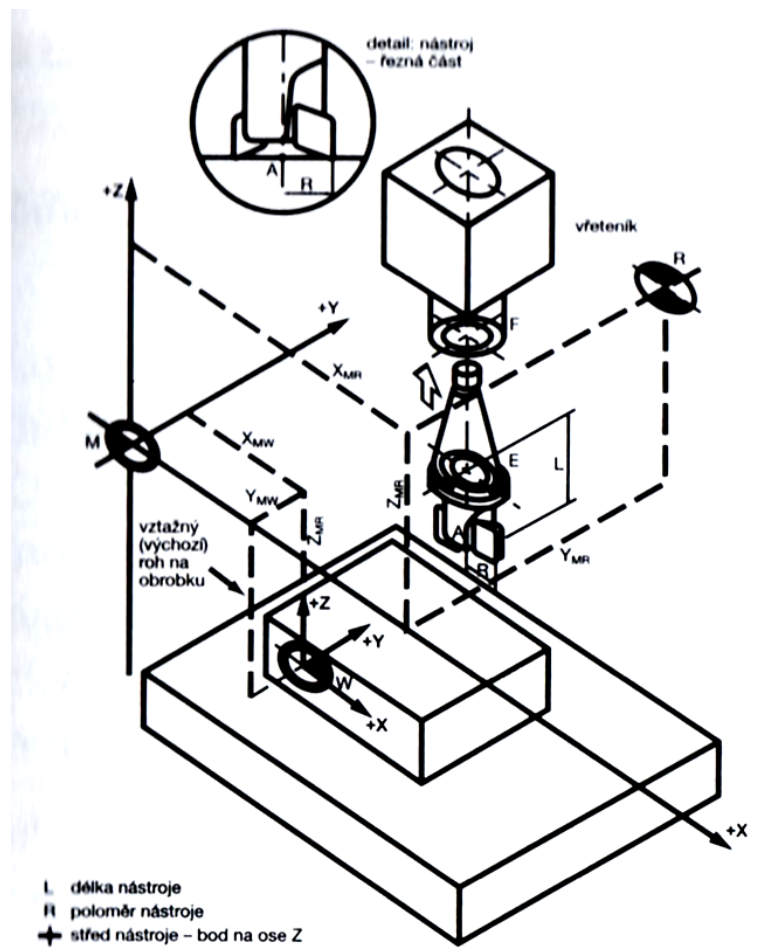
W - Nulový bod obrobku: Tento bod je nastaven programátorem pomocí dané funkce G v potřebném místě obrobku. Provádí se:

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

R - Referenční bod stroje: Stanovuje ho výrobce a je realizován koncovými spínači. Vzdálenost nulového bodu stroje M a referenčního bodu stroje R jsou přesně definovány a odměřeny. Jsou vloženy do paměti řídicího systému jako strojní konstanty.

F - Vztažný bod suportu nebo vřetenek: Je to bod pro výměnu nástroje.

E - Bod nastavení nástroje: Bod, který je na držáku nástroje, při upnutí se ztotožní s bodem F (je důležitý, aby se určila korekce nástroje na přístroji mimo stroj). [6]



Obr. 13 Souřadnicový systém a nulové body frézka [6]

2.4 Programování CNC strojů

2.4.1 Struktura programu

Na začátku programu je před prvním řádkem uveden znak %, za znakem je uvedeno číslo programu, to platí skoro u všech řídicích systémů. Před tímto znakem se můžou uvádět informace, které stroj nezpracovává. Třeba poznámky k součásti a jiné informace. Jsou řídicí systémy, které tento znak nepožadují, potřebné poznámky jsou uváděny v programu např. funkcí G. [6]

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.
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. <i>Neobsazená písmena abecedy jsou volná, výrobci je obsazují dle specifik svých řídicích systémů, podle možností daných stroji pro které jsou především určena.</i>
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 (přidavná) (strojní) funkce.				
N	Číslo bloku (věty).				
F	Posuv.				
S	Otáčky vřetene. Konstantní řezná rychlost.				
L	Volání podprogramu.				

Obr. 14 Základní adresy pro programování [6]

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

Nabídka trhu nám poskytuje CAD/CAM systémy pro stejnou technologii výroby od různých softwarových firem. Obsluha softwaru je řešena různým způsobem, není žádná norma, která sjednocuje postup práce a obsah příkazů. Příkazy jsou často vyjádřeny na obrazovce jedním, dvěma slovy. Softwary pokrývají různé strojírenské technologie výroby, které lze automatizovat. [6]

CAD/CAM systém umožňuje realizaci vyšší stupeň počítačové podpory než klasické (ruční) CNC programování. Výkres vytvořený v systému CAD se kopíruje pro další práci v modulu CAM. Základní 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. Je výhodné před programováním očistit výkresy CAD od kót, razítka aj. [6]

CAD/CAM programování požaduje od uživatele vyšší znalosti obsluhy modulu CAM (také znalosti obsluhy CAD, konstruktéři musí znát možnosti programování CNC strojů). Vyšší znalosti programátora CAM zaručuje kvalitu výsledného programu. Při náročném programování programátor často udělá více variant programů daného obrobku a rozhoduje mezi nimi, vybírá takový program, jehož výroba je méně náročná na čas, aniž by docházelo k ničení nástroje a stroje a požadovaná kvalita zůstává zaručena. 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 (hrubování, hlazení, závity atd.).
- Volba nástroje (tvar a rozměry) a bod výměny nástroje. Řezné podmínky vztažené na nástroj a obrobek pro danou strategii obrábění.
- Podmínky vlastního obrábění (při ručním programování řešeno funkcemi G,M). Patří sem : strategie obrábění daného operačního úseku vázaný na jeden nástroj, poloha obrábění ke kontuře, způsob obrábění, chlazení, mazání aj.).
- Poté procesor automatizovaně vyhotoví CL data pro odsimulování programu. Provede se simulace programu – zjištění chyb (nejčastěji to jsou neobrobené nebo podřezané plochy).
- Výběr postprocesoru pro daný řídicí systém CNC stroje, na kterém zhotovíme výrobek.
- Automatizované vyhotovení programu CNC v modulu CAM, který se zapisuje v blocích v kódu ISO jako při ručním programování se specificky daného řídicího systému. Program se ukládá a posléze přenáší na určený stroj.

- Program se nahraje do stroje v kódu ISO a je možné 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, který poskytuje rozmanité možnosti řešení a jejich správné aplikování do daného programu.
- Znalost technických parametrů obráběcího stroje, pro který se programuje a znalost jeho technického stavu.
- Technologie výroby, znalostí použitých nástrojů a optimální aplikace rezných podmínek na použitý nástroj a stroj

Z hlediska použitého softwaru jsou dány:

- Spolehlivost („padání“ software, bourání nástroje do obrobené plochy, zbytečné přejezdy rychloposuvem), příjemnost a snadnost obsluhy softwaru.
- Možnost školení a doškolení, servis, obnovování vyšších verzí daného softwaru. [6]

3 PLASTY A JEJICH ROZDĚLENÍ

Plasty jsou obecně makromolekulární látky o molekulové hmotnosti, která je vyšší než 10^4 a z chemického hlediska je řadíme mezi látky organické. Základem polymerů je makromolekulární látka přírodního nebo syntetického původu, která se stává tvárná za působení teploty T a tlaku p . V makromolekulách se jako článek řetězu stále opakuje základní monomerní jednotka. Základní prvek řetězce je atom uhlíku. Uhlíkové atomy se vzájemně se vážou a vytvářejí dlouhé řetězce.

V dnešní době existuje několik tisíc druhů plastů. Využitelnost ve výrobě nachází však jen několik desítek z nich. Více než 2/3 celosvětové výroby zauímají jenom 3 druhy plastů (polyolefiny, styrenové hmoty a polyvinylchlorid). Momentální vývoj v oblasti plastů je rozdělen na dva úseky - výroba nových polymerů a modifikace již známých polymerů. [7]

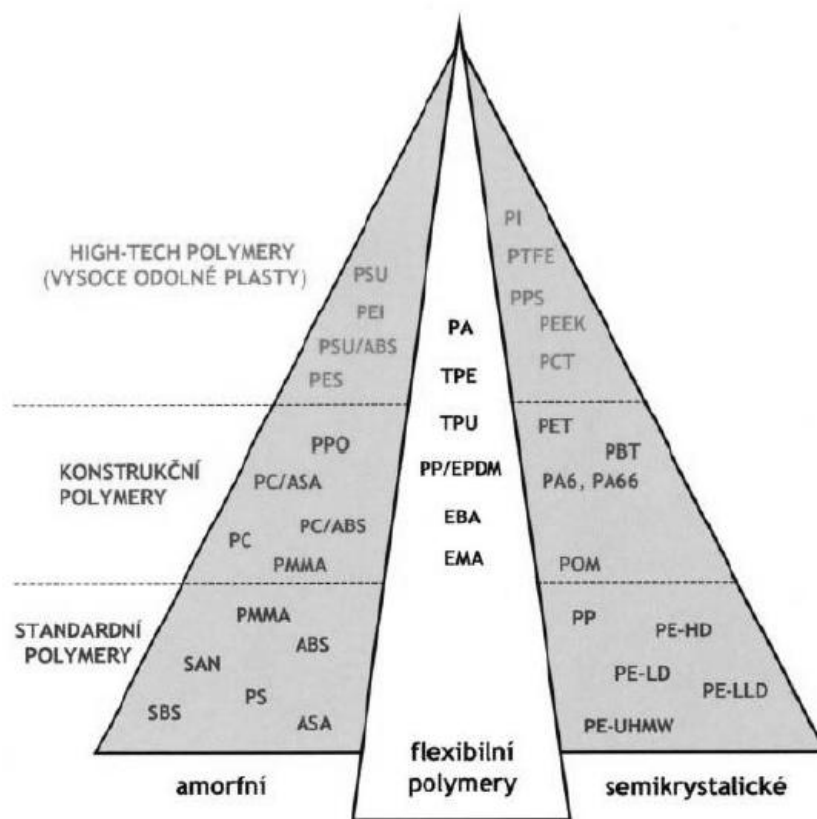
3.1 Dělení plastů

3.1.1 Dle aplikace složitosti výroby plastových dílců

Standardní – jsou to plasty pro široké použití, velké objemy výroby. Patří zde – polyolefiny (PE, PP), polystyrény (PS), polyvinylchlorid (PVC), fenolformaldehydové (PF) a močovinoformaldehydové hmoty (UF), aj.

Konstrukční – plasty, které mají schopnost vydržet namáhání v konstrukčních aplikacích, můžeme mezi ně zařadit polyamidy (PA), polykarbonáty (PC), polyoximetylen (POM), polymethylmetakrylát (PMMA), polyetylentereftalát (PET), polyuretan (PU), epoxidové (EP) a polyesterové (UP) pryskyřice aj.

Speciální – plasty pro špičkové aplikace, které mají především odolnost vůči vysoké teplotě, mezi které můžeme zařadit polytetrafluoretylén (PTFE), polyfenylénsulfid (PPS), polytetrafluoretylén (PTFE), polysulfon (PSU), polyimidy (PI) aj. [7]



Obr. 15 Rozdělení polymerů dle aplikace a nadmolekulární struktury [8]

3.1.2 Dle teplotního chování

termoplasty – jsou to polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, kde je můžeme snadno tvářet a zpracovávat rozmanitými technologiemi. Do tuhého stavu se uvedou ochlazením pod teplotu tání toku T_f (amorfni plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, můžeme proces měknutí a následujícího tuhnutí opakovat teoreticky do nekonečna. Jedná se jen o fyzikální proces. K termoplastům řadíme většinu zpracovaných hmot, jako je polyetylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), aj. [8]

reaktoplasty – jsou to polymerní materiály, dříve se nazývaly termosety. Také v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, ale jenom omezenou dobu. V průběhu dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, tzv. vytvrzování. Výrobek z reaktoplastu je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, protože zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následné rychlé ochlazení materiálu by bylo složité. Tenhle děj je nevratný a vytvrzené plasty už nemůžeme roztavit ani rozpustit, při dalším zahřívání dojde k rozkladu hmoty

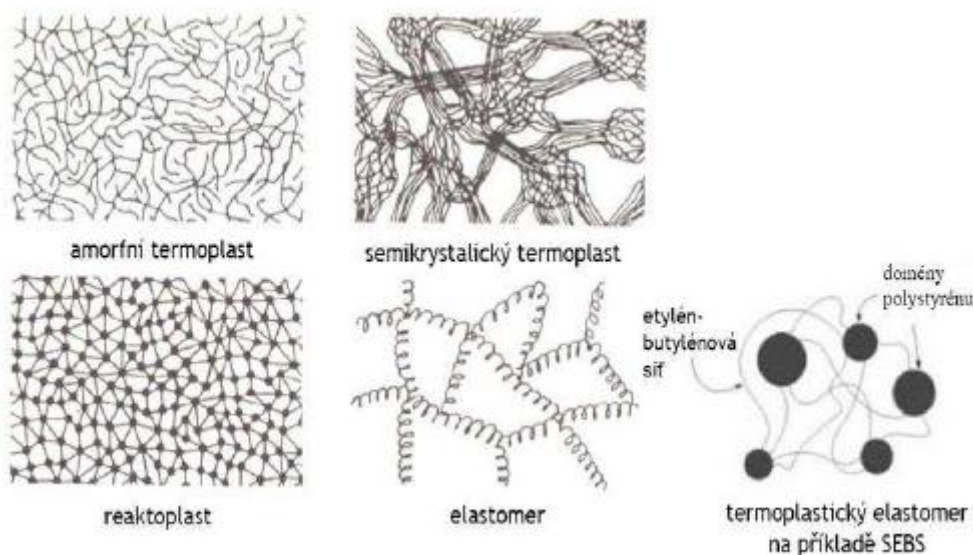
(degradaci). Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod. [8]

kaučuky, pryže a elastomery – polymerní materiály, také v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, ale jen omezenou dobu. V průběhu dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí je stejný, můžeme ho opakovat. [8]

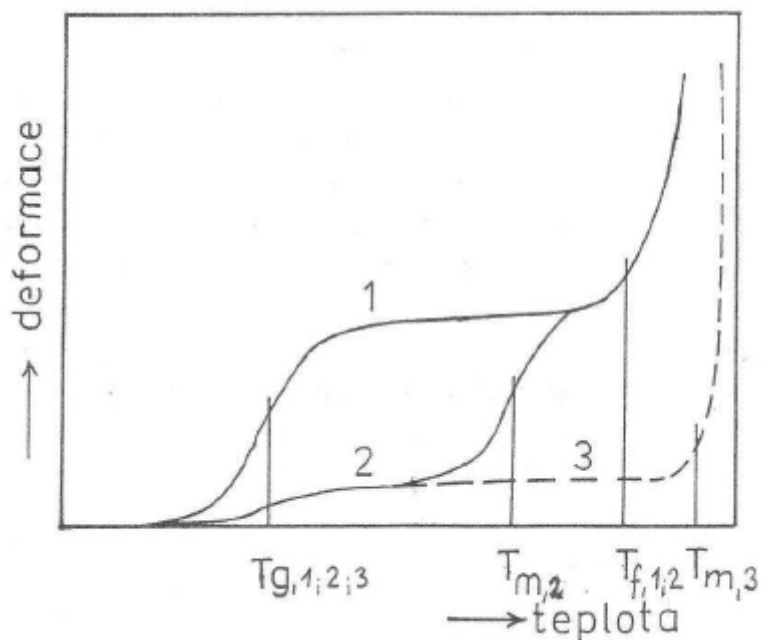
3.1.3 Dle nadmolekulární struktury

amorfní plasty – jejich makromolekuly mají zcela náhodnou pozici. Jsou charakteristické svou tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností a modulem pružnosti. Mají nízký index lomu (1,4 až 1,6), proto jsou průhledné, resp. čiré dle propustnosti světla (92 % propustnosti světla). Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zesíťování T_g . Patří sem např. PS, PMMA, PC, aj. [8]

krystalické (semikrystalické) plasty – mají určitý stupeň uspořádanosti. Označuje se jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 30 do 90 %). Jsou mléčně zakalené, index lomu světla je větší, a jsou charakterizovány vysokou houževnatostí materiálu. Jejich pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Semikrystalické plasty používáme do teploty tání T_m . Patří sem PE, PP, PA, PTFE, POM, aj.[8]



Obr. 16 Nadmolekulární struktura polymerů [8]



Obr. 17 Termomechanická křivka amorfního (1) a dvou různých semikrystalických (2,3) polymerů, T_g – teplota zesklenní, T_m – teplota tání, T_f – teplota toku [9]

Teplota T_m ohraničuje oblast krystalického stavu, teplota T_g oblast sklovitého stavu (amorfního), rozmezí teplot T_g a T_f odpovídá kaučukovité oblasti, ve které se deformace s teplotou velmi málo mění a je převážně vratná. Teprve v oblasti teploty toku vede zahřívání k poměrně náhlému a značnému růstu deformace, protože se začne projevovat viskózní tok vyznačující se nevratnou deformací. Nad touto teplotou se polymer nachází v plastickém stavu. [9]

Z toho plyne, že u amorfních polymerů se vyskytují teploty T_g , T_f a u polymerů semikrystalických teploty T_g , T_f , T_m .

3.1.4 Dle druhu přísad

neplněné plasty – jsou to plasty, u kterých množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice.

plněné plasty – plniva ovlivňují fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Makromolekulární látka plní funkci pojiva a určuje základní fyzikální a mechanické vlastnosti hmoty. Přísadou mohou být plniva, stabilizátory, maziva, barviva, změkčovadla, iniciátory, nadouvadla, tvrdidla, retardéry hoření, apod. [8]

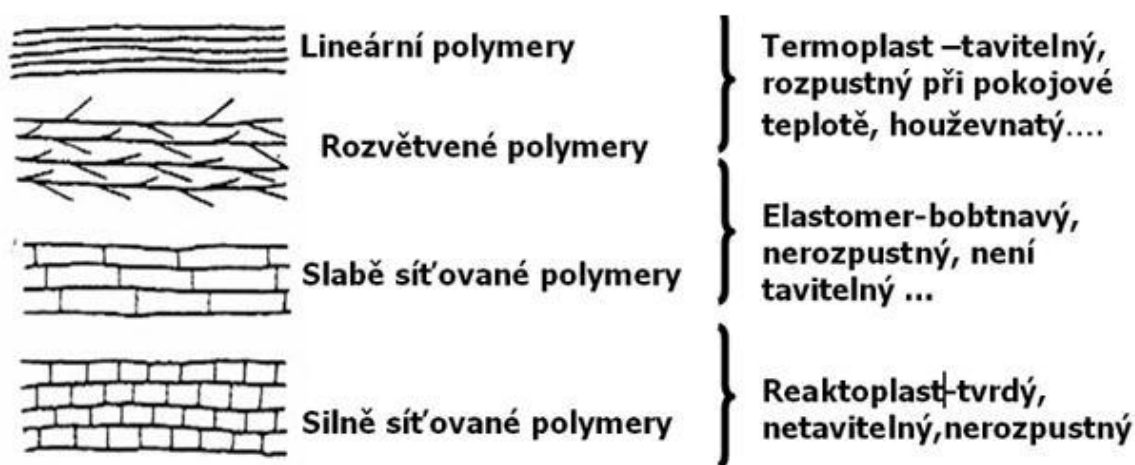
3.1.5 Dle druhu polymerních makromolekul

lineární makromolekuly – vznikají tak, že se monomerní molekuly řadí vedle sebe „jako korálky na šňůře perel“. Lineární makromolekuly se mohou z prostorových důvodů více

přiblížit jedna ke druhé a vyplnit tak kompaktnější prostor. Polymery pak mají vyšší hustotu. Plasty s lineárními makromolekulami bývají obvykle dobře rozpustné a tavitelné (dobrá pohyblivost makromolekul), v tuhém stavu se vyznačují houževnatostí a ve formě tavenin dobrou zpracovatelností. [8]

rozvětvené makromolekuly – se vyznačují tak, že mají na základním řetězci ještě boční větve. Rozvětvené makromolekuly se na rozdíl od lineárních makromolekul nemohou kvůli bočním větvím jedna ke druhé dostatečně přiblížit. Proto mají nižší hustotu. Rozvětvení zhoršuje i pohyblivost makromolekul a tedy i tekutost v roztaveném stavu. Boční řetězce, které způsobují oddálení sousedních makromolekul, mají za následek pokles mezimolekulárních sil a tím zhoršení většiny mechanických vlastností. [8]

zesíťované makromolekuly - v tomto případě je několik přímých nebo rozvětvených makromolekulárních řetězců mezi sebou propojeno vazbami tak, že vytvářejí jednu takřka nekonečnou makromolekulu - prostorovou síť. Taková síť snižuje tavitelnost a rozpustnost polymeru. Polymery mají vysokou tvrdost, tuhost a odolnost proti zvýšené teplotě, ale nízkou odolnost proti rázovému namáhání. Sítě mohou být řídké (charakteristické pro elastomerní kaučukovité polymery) nebo husté (reaktoplasty). [8]



Obr. 18 Tvary makromolekul pro různé typy plastů [8]

4 ORGANICKÉ POVLAKY

Organické povlaky patří mezi nejrozšířenější způsoby povrchových úprav a ochran výrobků. Výhodou tohoto způsobu je široká nabídka druhů, kvality a různých barevných odstínů, možnost jejich přesného namíchání a jednoduchá technologie zpracování. Některé materiály mají navíc specifické vlastnosti jako např. schopnost hubit bakterie, ochrana dřeva proti chorobným houbám, svítící, elektrovedivé aj.

Velký význam této technologie je ve výzkumu prodloužení životnosti povlaků, ekonomie, úspory energie a hlavně ekologie. U ekologie se výzkum zabývá zejména náhradou toxických látek, jako jsou pigmenty a ředidla, za nové materiály, např. nátěrové hmoty vodou ředitelné nebo práškové hmoty. [11]

4.1 Nátěry

Nátěr je souvislý povlak požadovaných vlastností, který vznikne nanesením a zaschnutím jedné nebo několika vrstev na výrobek. Podle počtu vrstev rozeznáváme nátěry jednovrstvé a vícevrstvé. Nátěry patří mezi nejrozšířenější ochranu kovů proti korozi. Jednoduché je nanášení a proto jsou výhodné i z ekonomického hlediska. Jsou značně propustné pro vodu i kyslík. Abychom zabránili korozi pod nátěrem, musí mít nátěrová hmota prvního základního nátěru takové vlastnosti, aby snížila rychlost koroze na minimum. K tomu nám slouží v nátěru pigmenty, které zamezují korozi, např. suřík (Pb_3O_4). [11]

Nátěrové hmoty

Nátěrová hmota je hromadný název pro výrobky, které mají jako hlavní složku filmotvorné látky a organického původu a rozpouštědla, v nichž jsou filmotvorné látky rozpuštěny. Rozpouštědla jsou dočasnou složkou, umožňují technologii nanášení. Nátěrové hmoty se tedy skládají ze složky netěkavé (filmotvorné látky, pigmenty, plniva, organické barviva) a těkavé (rozpouštědla a sušidla).

Nátěrové hmoty nanášíme v tekutém až prstovitém stavu vhodnou nanášecí technikou na předmět, abychom na něm vytvořili nátěr předepsaných vlastností.

Naši výrobci označují nátěrové hmoty velkými písmeny a čtyřmístnou číselnou skupinou. Odstín se značí dalším čtyřčíslicím. Písmeno označuje základní použitou surovinu: A - asfaltové, C – celulózové, H – chlórkaučukové, L – lihové, O – olejové, S – syntetické, V - vodové, P – pomocné. [11]

Základní nátěr

Základní nátěr konzervuje natíraný materiál. Vyrábí se většinou na bázi olova nebo cínu, je poddjný a není moc tvrdý. Před dalším nátěrem se zpravidla upravuje broušením.

Laky

Laky olejové, syntetické a laky z umělých pryskyřic slouží jako vrchní nátěrové hmoty. Vytvářejí lesklý, pevný, pružný a hladký povrch. Vysychají hlavně na vzduchu, některé se vypalují v pecích. Taková vrstva je ještě hladší a odolnější vůči korozi. [11]

4.2 Nanášení

Ruční nanášení

Ruční nanášení (štětcem) je dodnes velmi rozšířený, jednoduchý a docela univerzální způsob nanášení povlaků z nátěrových hmot. Tento způsob je vhodné použít všude tam, kde nemůžeme použít výkonnějších způsobů. Nevýhoda je malá produktivita práce. Při povrchové úpravě velkých ploch je účelnější použít místo štětce váleček, výkon se zvyšuje až dvojnásobně. [11]

Máčení

Máčení je způsob nanášení nátěrových hmot, při kterém se výrobky ponořují přímo do nátěrové hmoty. Tento způsob patří mezi nejchopitelnější technologii, protože ztráty představují pouze odkap nátěrové hmoty po vynoření a odpar ředidel z nanášecí vany. Máme několik aplikací tohoto způsobu, např. ruční, v poloautomatech nebo dopravních linkách. [11]

Stříkání

Jako nejrozšířenější způsob nanášení nátěrových hmot radíme stříkání. Používá se jak ruční proces nanášení, tak mechanizovaný proces s využitím dopravníkových linek. Nátěrová hmota se rozprašuje tlakem vzduchu ze stříkací pistole na přednět, na kterém se slévá v souvislý film. Konzistenci nátěrové hmoty můžeme zvýšit ředidlem, úspornější však je zahřátí nátěrové hmoty přímo ve stříkací pistoli nebo ve zvláštním ohříváči. Mezi hlavní výhodu této technologie patří docela vysoká produktivita práce, mezi nevýhody patří značné ztráty prostřikem a odrazem a nevhodnost z důvodu ochrany zdraví pracovníka. [11]

Elektrostatické nanášení

Elektrostatické nanášení nátěrových hmot je založeno na principu přitažlivosti dvou částic s rozdílným elektrickým nábojem. Rozprášené kapičky nátěrové hmoty mají záporný náboj, takže jsou přitahovány ke stříkanému předmětu s opačnou polaritou.

Elektrostatické stříkání pistolemi se provádí ve speciální kabině s odsáváním. V ní je umístěna soustava elektrod, mezi nimiž se pohybují výrobky umístěny na dopravníku, ten je uzemněn. V prostoru mezi elektrodami a předměty se vytvoří elektrické pole. Na povrchu elektrod nastává tichý výboj, který ionizuje vzduch. Kapičky nátěrové hmoty, vržené ze speciální pistole do elektrického pole, převezmou od iontů elektrický náboj a pohybují se ve směru pole na elektrodu opačné polarity, což je uzemněný výrobek, kde odevzdají svůj náboj a vytvoří souvislý nátěrový film. Ztráty prostřikem jsou malé, což zlepšuje hygienu práce. [11]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

V teoretické části jsem se věnoval frézování, vysvětlil jsem princip obráběcího procesu, uvedl jsem a popsal jednotlivé frézovací stroje, nástroje a nástrojové materiály. Dále jsem se zabýval programování CNC strojů, popsal jsem souřadnicový systém a vztažné body na CNC stroji. V další kapitole jsem se zmínil o rozdělení plastů. Na závěr teoretické části jsem se zabýval organickými povlaky a jejich nanášením.

V praktické části jsem se budu zabývat návrhem a programováním šablony, na kterém bude vyobrazeno logo a nápis fakulty technologické na UTB Zlín. Určením optimálních podmínek, jako jsou ideální šířka drážek písma a velikost můstků. Dále budu vyrábět vzorky na velikost drážek a můstků a poté samotnou šablonu s logem fakulty technologické. Výroba bude probíhat na CNC frézce AZK HWT C-442. Jako materiály budu používat akrylové podkladové desky, které mají název GravotacTM Exterior. Následně šablony nastříkám na podložku.

6 OBRÁBĚCÍ STROJ

Tříosá CNC frézka AZK HWT C-442 se používá pro frézování měkkých materiálů, jako jsou plasty, neželezné kovy a dřevo. Obráběcí proces je řízen pomocí počítače podle CNC programu. Posuv v osách X a Y koná stůl frézky. Pohyb v ose Z vykonává hlavní pracovní vřeteno a to v kladném smyslu směrem od materiálu. [13]



Obr. 19 CNC Frézka HWT C-442 CNC [13]

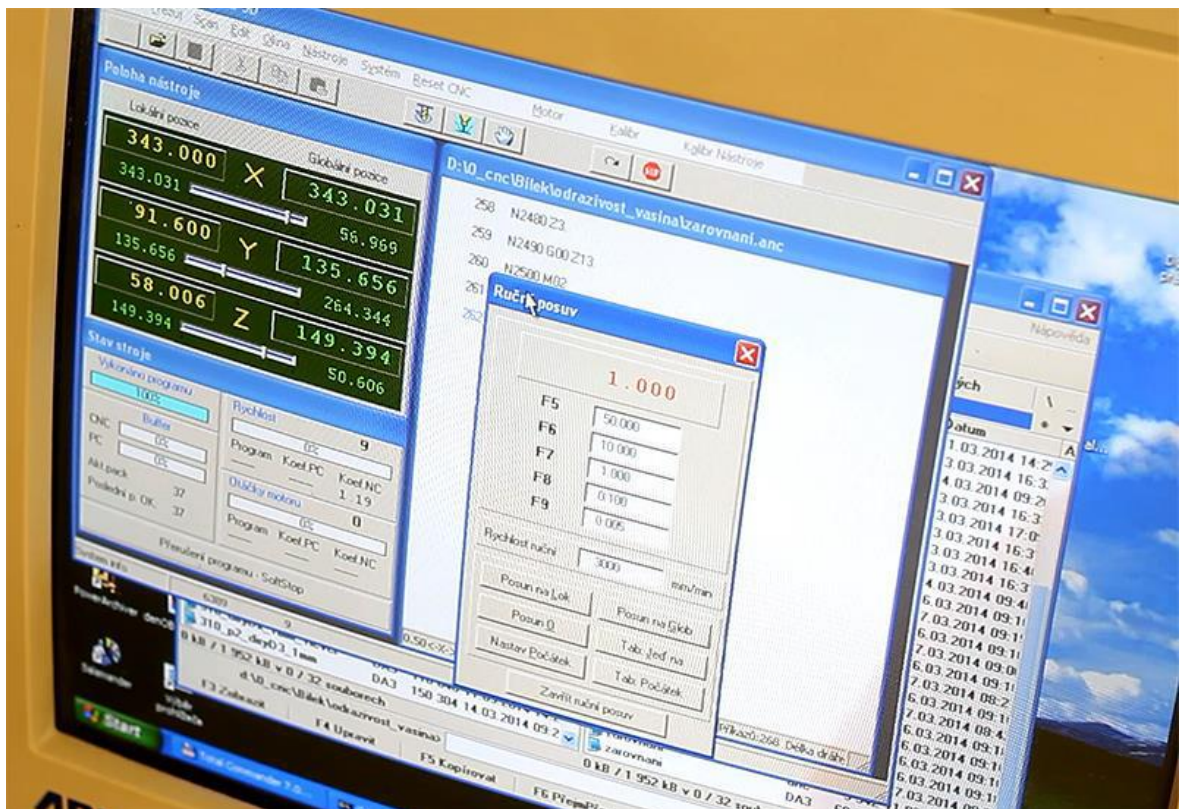
Tab. 1. Parametry CNC HWT C-442 [13]

Vnější rozměry	1200x1000x1400 mm
Velikost upínací plochy (X, Y)	500x500mm, 8mm T-drážky
Pracovní zdvih (X, Y, Z)	400x400x200mm
Programovací jednotka	0,00625mm
Max. rychlost posuvu	3000mm/min
Otáčky vřetena	2000-25000 ot/min

Upínací průměr nástroje	1-10 mm
Výkon motoru	1000 W
Řídící jednotka	PC
Napájení	230 V/50 Hz
Příkon	2300 VA
Max. zatížení stolu	20 kg
Hmotnost celková	410 kg
Materiál obrobku	Neželezné kovy, plast, dřevo

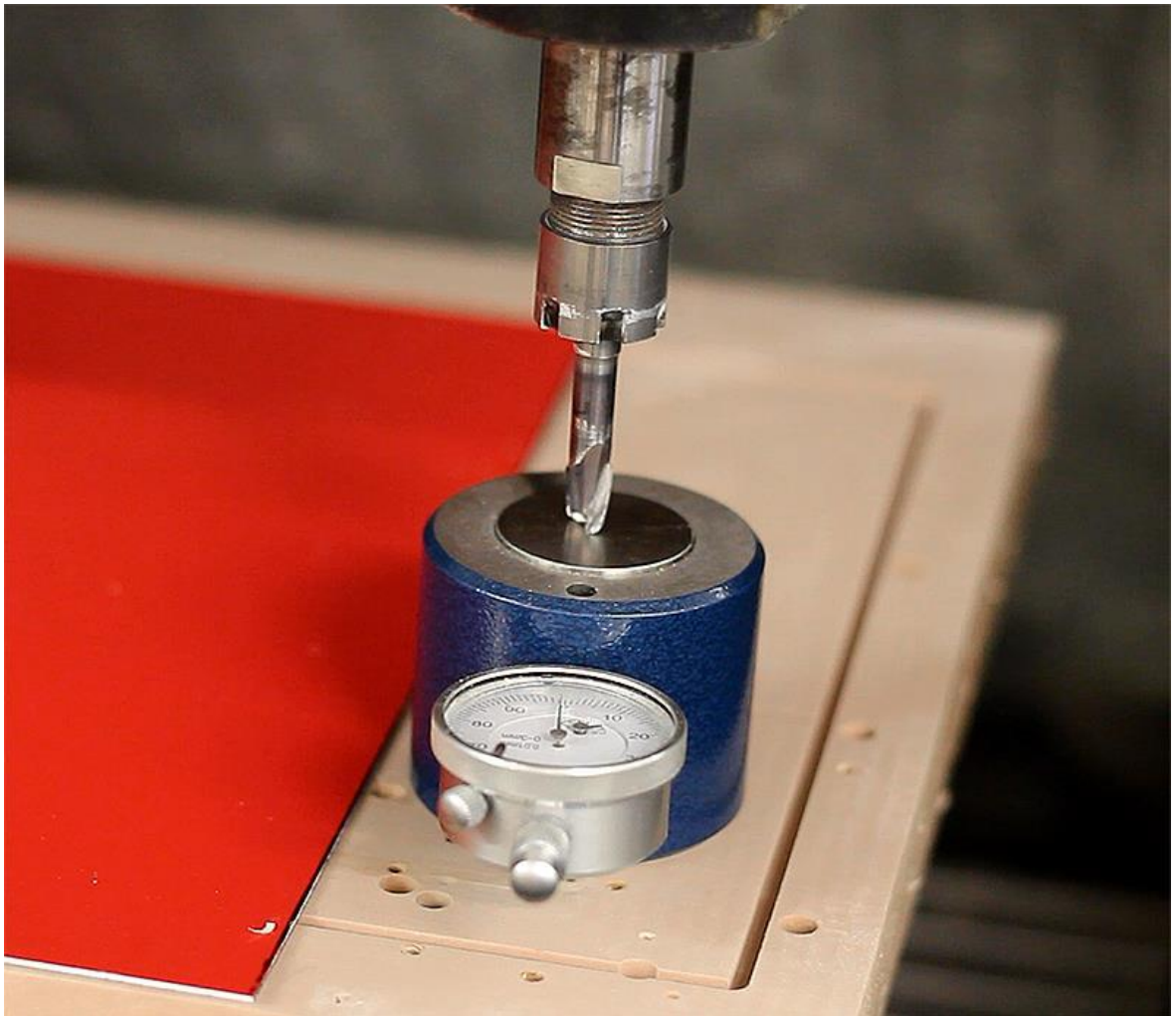
6.1 Nastavení počátku souřadnicového systému

Před začátkem obrábění je nutné nastavit počátek souřadnicového systému neboli referenční bod. Provádí se pomocí analogického budíku, který je umístěn na obráběcí plochu. Ručním posuvem v osách X a Y je nástroj naveden na střed NC najíždějící kostky s úchylkoměrem.



Obr. 20 Dialogové okno pro volbu rychlostí ručního posuvu [13]

Krátkým posuvem v rozmezí od 1 mm – 0,005 mm v ose Z je nástroj přitlačen na plochu měřicího válečku, až do chvíle, kdy se na analogové stupnici dostane na 0.



Obr. 21 Nulování pomocí NC najíždějící kostky s úchylkoměrem [13]

Poté se nastaví počátek v Z ose na 50,000 mm, což je výška NC najíždějící kostky s úchylkoměrem. Při ručním posuvu o 50,000 mm v záporném směru by se nástroj dostal do styku s obráběcí plochou a na PC by se zobrazila hodnota Z souřadnice jako 0,000 mm. [13]

6.2 Ruční ovládání frézky

Panel nástrojů slouží k manuálnímu ovládání frézky. Především důležitými ovládacími prvky jsou regulace otáček vřetene, regulace posuvové rychlosti a tlačítka Stop a Start. V PC programu se otevírají soubory, které obsahují příkazy, kód, vygenerovaný CAM Softwarem a tlačítkem „Frézuj“ se spustí činnost frézky. [13]

7 POUŽITÝ MATERIÁL

7.1 GRAVOTAC™ EXTERIOR

Gravotac™ exterior je UV stabilní podkladová deska s modifikovaného akrylu, dostupná s podlepením nebo bez. Používá se pro interiérové i exteriérové cedule, hlavně pro Braillovo písmo. Námi zvolené parametry odpovídají produktu s objednávacím číslem 29919. Jedná se o desku s rozměry 1210 mm x 610 mm x 0,8 mm v barvě venkovní bílá. Můžeme ji řezat, je vhodná pro gravírování i laser. [14]



Obr. 22 Příklad použití materiálu Gravotac™ Exterior pro Braillovo písmo [14]

7.2 COLORSPRAY

Rychleschnoucí univerzální barva od firmy Colorit, použitelná na jakýkoliv kovový, dřevěný i proutěný podklad, plastové povrchy, zdivo, omítky a papír. Je určena pro vnitřní i venkovní použití. Jako barevný odstín byl zvolen modrý safír.



Obr. 23 Colorspray, odstín modrý safír

8 URČENÍ IDEÁLNÍ ŠÍŘKY DRÁŽKY

8.1 Strojní programování

8.1.1 Charakteristika programu NX 9.0

NX 9.0 je CAD/CAM/CAE program pro tvorbu, jak v konstrukci, tak ve výrobě. Program umožňuje provést první návrh, výpočty, simulace, analýzy, modelování dílů, modelování celých sestav, vytvářet výkresovou dokumentaci, programování NC obráběcích strojů a simulaci obrábění atd.

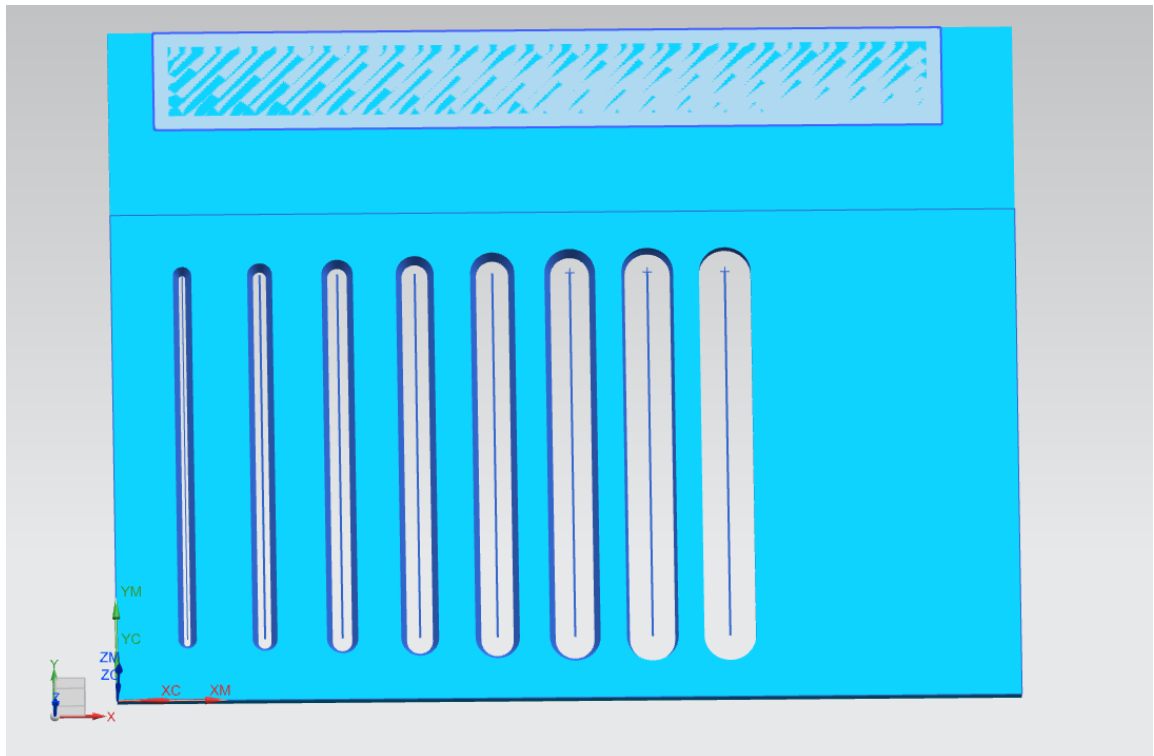
8.1.2 Návrh v programu NX 9.0

V programu NX 9.0 byly v prostředí Modeling nakresleny křivky, po kterých pojede nástroj a referenční plocha pro měření tloušťky vrstvy, která je tvořena obdélníkem, také pomocí křivek.

V prostředí Manufacturing byla vytvořena virtuální deska. Deska nemá stejné rozměry, jako byly reálné vzorky, do kterých se následně frézovalo, shoduje se jenom tloušťka desky, která je 0,8 mm, kvůli kontrole šířky jednotlivých drážek. Jako nástroj byla zvolena gravírovací fréza $\varnothing 4$ mm o úhlu 60° .

Šířka drážek se zvyšovala po půl milimetru, na začátku bylo 0,5 mm a na konci 4 mm. Musela se dopočítat hloubka řezu, aby na spodní straně obrobku byla požadovaná šířka drážky.

Určili jsme řezné podmínky. Posuvovou rychlost jsme nastavili na $v_f = 2000$ mm/min, otáčky jsme zvolili $n = 12\ 000$ ot/min a hloubka řezu byla $a_p = 1$ mm.

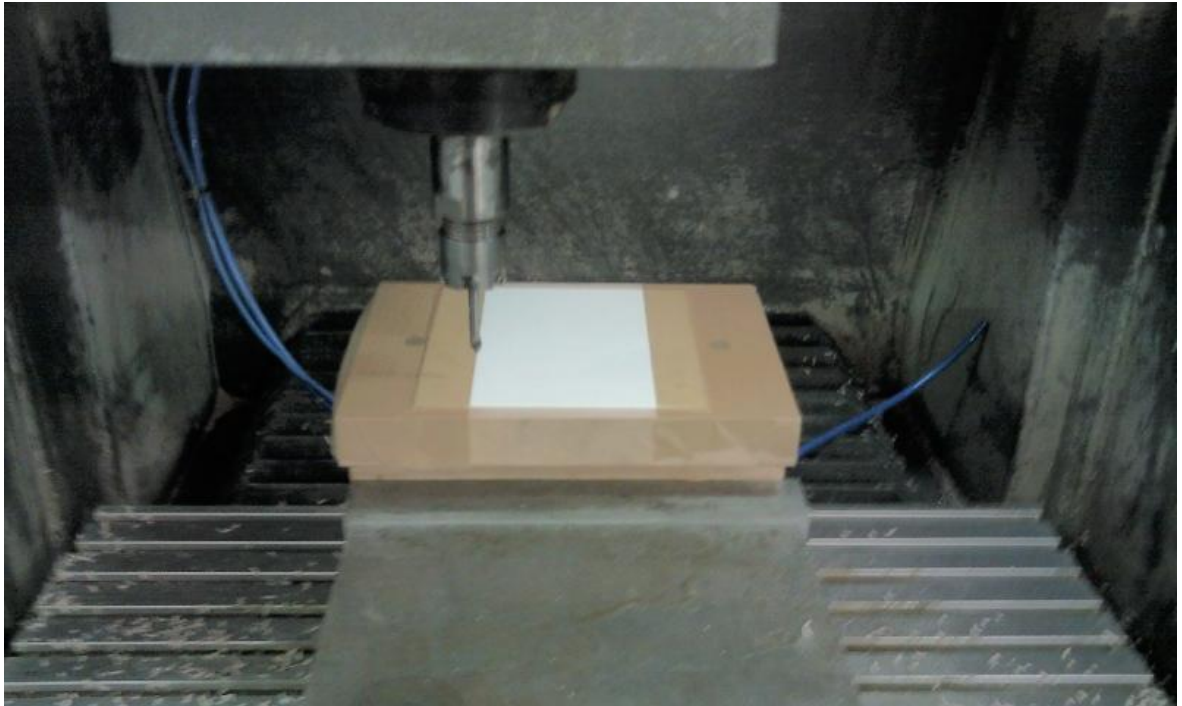


Obr. 24 Návrh vzorku pro určení šířky drážky v programu NX 9.0

8.2 Výroba na CNC frézce

8.2.1 Upnutí obrobku

Plastová fólie, která byla rozřezána na čtverce o rozměru 100 x 100 mm, byla upnuta na podložku z necuronu, což je obchodní název pro polyuretan, do které můžeme zajíždět nástrojem. Byla připevněna k podložce pomocí lepicí pásky. Docházelo k mírnému nadzvedávání desky, tak bylo nutné použít závaží v místech, kde nedocházelo k řezu.



Obr. 25 Ukázka upnutí obrobku pomocí lepící pásky

8.2.2 Upnutí nástroje

Nástroj se upíná v upínací kleštině, vloží se do vřetene stroje a zajistí šroubem. U stroje HWT 442 je výměna nástrojů mezi operacemi ruční, proto se nahrávají programy vždy po částech pro daný nástroj. V tomto případě jsme používali gravírovací frézu $\varnothing 4$ mm, kterou jsme měnili za válcovou frézu $\varnothing 10$ mm, kterou jsme používali, když bylo potřeba zarovnat podložku.



Obr. 26 Pracovní vřeteno s nástrojem

8.2.3 Obrábění vzorku na šířku drážky

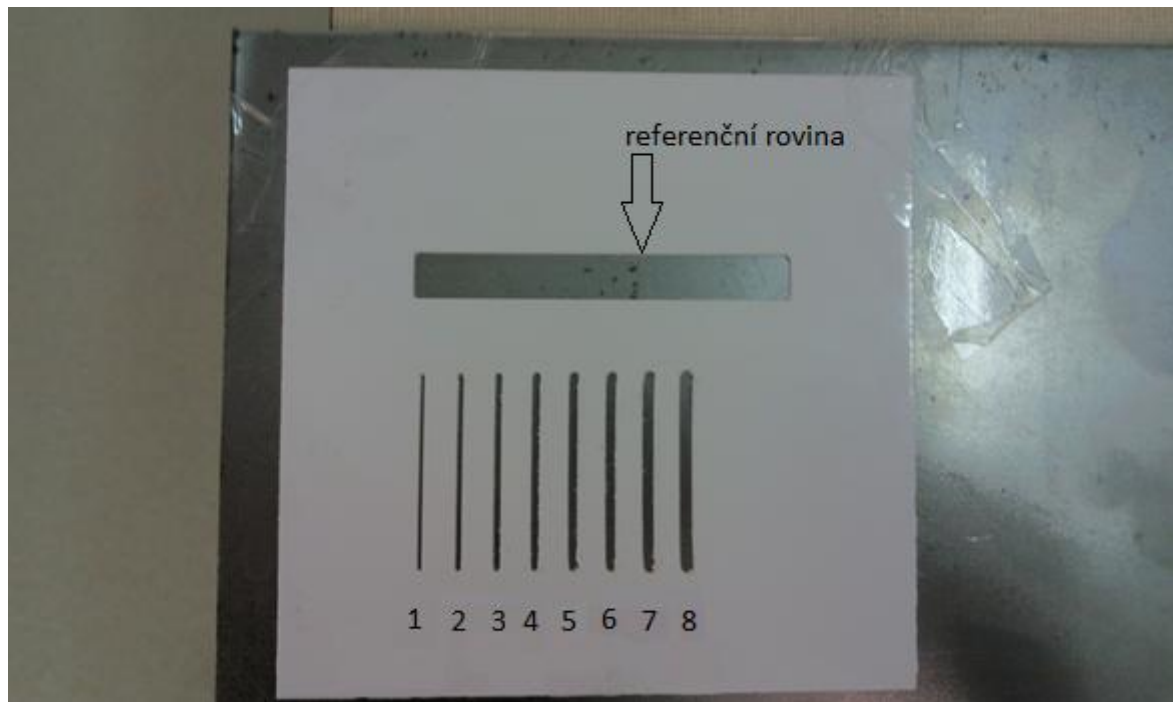
Bylo provedeno pomocí gravírovací frézy $\varnothing 4$ mm. Po načtení CNC programu následovalo jeho spuštění, obrobek po dokončení operace můžeme vidět na obrázku. Následovalo začištění třísek do čista.



Obr. 27 Výroba vzorku na šířku drážek

8.3 Nastříkání na plechovou podložku a měření

Hotový očištěnou šablonu jsme připevnili na plechovou podložku pomocí lepící pásky. Poté jsme nastříkali ze vzdálenosti 30 cm barvu ze spreje. Po zaschnutí jsme odstranili šablonu a provedli jsme měření tloušťku nastříkané barvy v jednotlivých drážkách a tloušťku vrstvy na referenční ploše v místech drážek, aby bylo možné porovnat hodnoty. Dále jsme provedli měření šířky drážek na šabloně a šířku nastříkaných drážek, hodnoty jsou porovnány v grafu. Měření jsme prováděli pomocí posuvného měřidla.



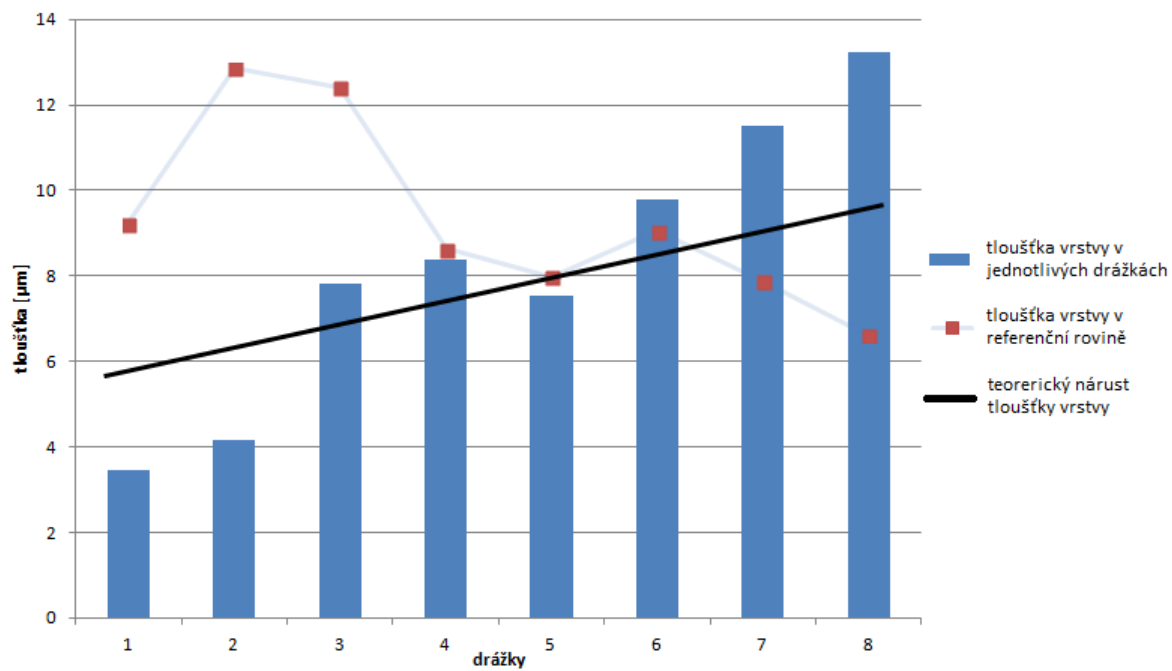
Obr. 28 Připevnění vzorku na plechovou podložku, pomocí lepící pásky

Tab. 2 Srovnání průměrné šířky drážky před a po nástřiku

drážka č :	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
šířka drážky šablony [mm]	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0
skutečná šířka po nástřiku [mm]	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,4	2,7
procentuální zvětšení šířky	74,0	56,4	50,7	36,6	34,1	43,0	32,2	34,6

Tab. 3 Tloušťka vrstvy nastříkané barvy

drážka č.:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
tloušťka vrstvy v referenční rovině v místě drážky[μm]	9,23	12,85	12,41	8,63	7,96	9,05	7,88	6,61
tloušťka vrstvy drážky[μm]	3,45	4,15	7,82	8,37	7,54	9,80	11,50	13,23



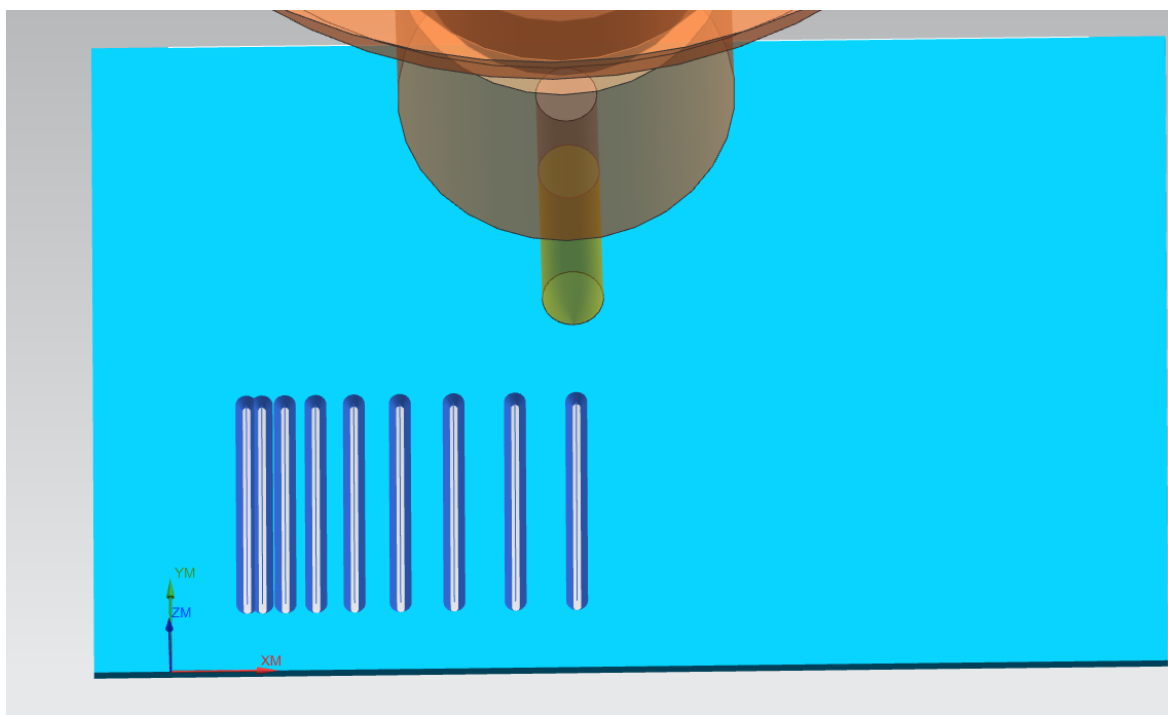
Obr. 29 Změna tloušťky vrstvy v závislosti na drážce

9 VOLBA VHODNÝCH MŮSTKŮ

Po výběru ideální drážky 1 mm jsme museli zvolit vhodnou velikost můstků. Důležité bylo, aby můstky nebyly příliš viditelné, potřebovali jsme docílit toho, aby barva zatekla i za můstek. Zároveň jsme potřebovali dosáhnout toho, aby můstky udrželi vnitřní části písmen.

9.1 Navržení modelu

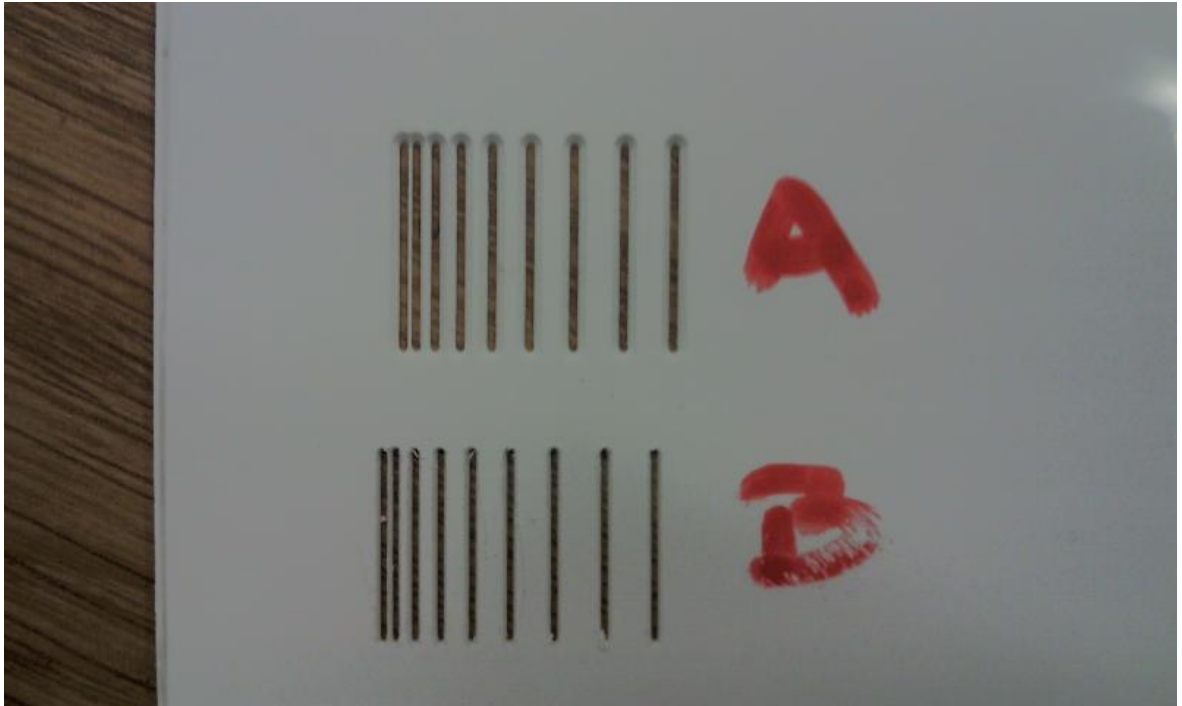
Model jsme navrhli v programu NX 9.0. Dráhu nástroje tvoří křivky. Postupně se zvětšuje mezera mezi drážkami, začali jsme na hodnotě 0,5 mm a každá další mezera se zvětšovala o půl milimetru, až po hodnotu 4 mm. Šířka drážky 1 mm je pro všechny stejná.



Obr. 30 Návrh vzorku na určení můstků

9.2 Výroba modelu na CNC frézce

Model jsme vyrobili na CNC frézce. Obrobek jsme upnuli zase pomocí lepící pásky. Nástroj byl gravírovací fréza $\varnothing 4$ mm. Program jsme museli pustit dvakrát, protože při prvním obrábění jsme použili tupou frézu a docházelo k tavení třísek, které zůstávali v drážkách (nástroj B).



Obr. 31 Hotový vzorek na určení můstek

9.3 Nastříkání na plechovou podložku

Šablonu jsme připevnili na plechovou podložku pomocí lepící pásky, poté jsme nastříkali barvu na šablonu. Po zaschnutí jsme odstranili šablonu a zkontrolovali výsledek. Zvolili jsme nejvhodnější můstek o velikosti 1 mm. Není zatečený, ale menší můstek by neudržel vnitřní část písmen.

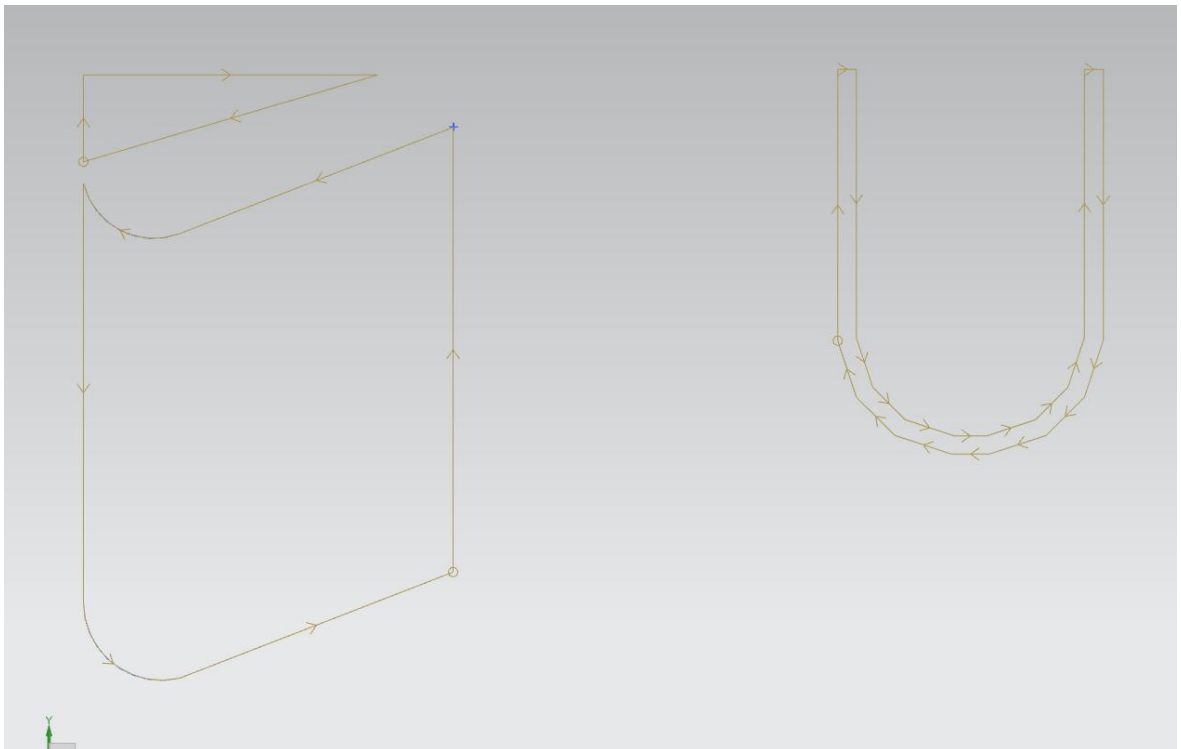


Obr. 32 Nastříkané můstky na podložku

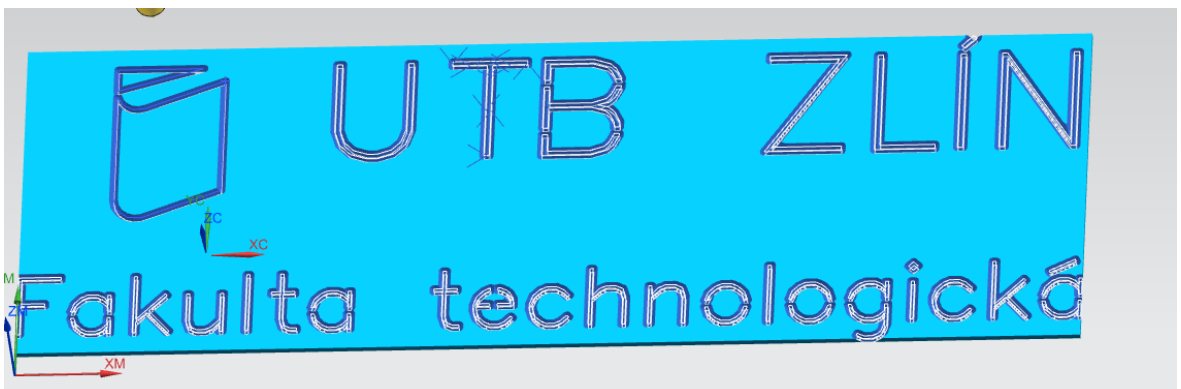
10 STŘÍKACÍ ŠABLONA LOGA FAKULTY TECHNOLOGICKÉ

10.1 Navržení šablony

Návrh šablony jsme vytvořili v programu NX 9.0. Písmo i logo jsou vytvořeny pomocí křivek, které slouží jako dráha nástroje. Písmo jsme vytvořili v programu Solid Edge ST3. Vybrali jsme písmo stylu Simplex, které podporuje češtinu. Můstky jsme vytvořili přerušáním textu. Logo Univerzity Tomáše Bati jsme nakreslili přímo v programu NX 9.0.



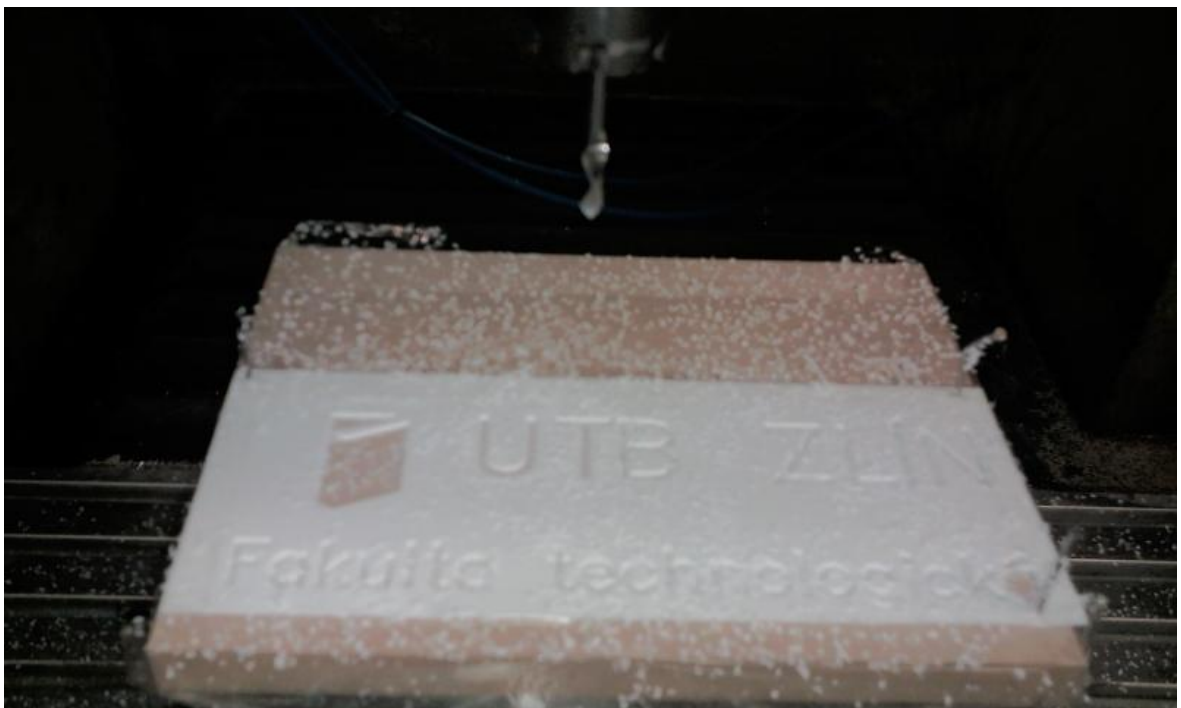
Obr. 33 Ukázka dráhy nástroje



Obr. 34 Návrh stříkací šablony v programu NX 9.0

10.2 Výroba šablony na CNC frézce

Nejprve jsme si připravili plastovou folii, kterou jsme nařezali na požadované rozměry, které jsou 80x150 mm. Upnutí folie jsme provedli pomocí lepící pásky, kvůli pootočení jsme folii zajistili pomocí hřebíků, které jsme umístili do rohů. Jako nástroj jsme použili gravírovací frézu $\varnothing 4$ mm. Frézování proběhlo v pořádku, až na pravý spodní roh, kde upínací hřebík způsobil drobné naprasknutí folie. Při frézování písmena fréza lehce nadzdvihla rožek folie, takže hloubka řezu byla větší než zvolená a můstky nevydrželi, což způsobilo vypadnutí vnitřní části písmena a. Nakonec jsme začistili všechny písmena ruční frézou.



Obr. 35 Upnutí a frézování stříkací šablony



Obr. 36 Hotová stříkací šablona loga fakulty technologické

10.3 Nastříkání šablony na dřevěnou podložku

Hotovou šablonu jsme připevnili na dřevěnou podložku pomocí lepící pásky. Následně jsme nastříkali barvu ze vzdálenosti předepsaných 30 cm v horizontálním směru. Po zaschnutí jsme šablonu odstranili.



Obr. 37 Nastříkaný nápis na dřevěné podložce

Nastříkaný nápis není dokonalý tak, jak jsme si představovali. Hlavní chyba je u písmena a v pravém dolním rohu nápisu, která je způsobena vypadnutím vnitřní části písmena. Můstky zanechali stopy, měla být nastříkaná větší vrstva barvy. Na logu fakulty je mírné přestříknutí na levou stranu. Nástřík není dokonalý z důvodu špatného ovládní stříkacího spreje. Zkušený pracovník, který má praxi se stříkáním barvy by nastříkal vrstvu rovnoměrně.

ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se věnoval určení optimálních podmínek pro výrobu šablony z plastové folie a samotné výrobě.

V praktické části je popsán frézovací stroj, použitá plastová folie a také stříkací sprej. Dále pak určení optimálních podmínek jako jsou šířka drážky a volba můstků. Po nastříkání vzorku na určení ideální šířky drážek jsem měřil tloušťku vrstvy v jednotlivých drážkách, jak můžeme vidět v tabulce č. 3 a průměrné hodnoty jsem vynesl do grafu, který je na obr. 25. Z grafu vidíme, že tloušťka vrstvy se zvyšuje s šířkou drážek.

Dále jsem změřil šířku drážek vyrobené šablony a šířku barvy nastříkané na podložce. V tabulce č. 2 můžeme vidět procentuální hodnotu o kolik je větší nastříkaná drážka oproti šabloně. V číselné hodnotě je nastříkaná drážka větší asi o 0,5 mm.

Velikost můstků jsem volil tak, aby udržel vnitřní část písmen a přitom barva od spreje zatekla co nejvíce pod můstek.

Na základě naměřených údajů jsem zvolil následující parametry při gravírování:

- Šířku drážky jsem zvolil 1 mm, po nastříkání je čitelná, barva se dostane do všech míst
- Velikost můstku jsem zvolil také 1 mm, můstek udrží vnitřní části písmen
- Posuvová rychlost $v_f = 200$ mm/min
- Otáčky $n = 12\ 000$ ot/min
- Hloubka řezu $a_p = 1$ mm

Problém nastal při navrhování loga a nápisu fakulty technologické v programu NX 9.0. Nemohl jsem nastavit vynechání dráhy nástroje v místech můstků. Vyřešil jsem to tak, že jsem písmo navrhnul v programu Solid Edge ST3, kde jsem můstky v písmenech oříznul a přerušil tak křivku dráhy nástroje.

Po nastavení programu na základě uvedených optimálních podmínek jsem šablonu vyrobil na CNC frézce AZK HWT C-442.

Frézování stříkací šablony neproběhlo zcela v pořádku, problém nastal při frétování posledního písmene „a“ v pravém dolním rohu, kde kvůli upínacímu hřebíku došlo k malému prasknutí folie. Obrobek se v tom místě mírně nadzvedl a došlo k vylomení vnitřní části písmene. Tento problém byl zaviněn omezeným způsobem upínání obrobku, kde jsme museli použít lepicí pásku a hřebíky v rozích. V praxi se používají speciální vakuové stoly,

které podtlakem upnou obráběnou folii ke stolu, a nedojde k jeho nadzvednutí. Nebo se používají samolepící podložky, na které se přilepí obráběná folie.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŘASA, J., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3: Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. 256s. ISBN 80-7183-337-1.
- [2] KOČMAN, K. *Speciální technologie obrábění*. 3. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2004. 227s. ISBN 80-214-2562-8.
- [3] KOČMAN, K. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [4] HLUCHÝ, M., KOLOUCH J. *Strojírenská technologie 1*. 3., přeprac. vyd. Praha: Scientia, 2002, 266 s. ISBN 80-718-3262-6.
- [5] HLUCHÝ, M., HANĚK V. *Strojírenská technologie 2*. Praha: Scientia, 2001, 176 s. ISBN 80-718-3245-6.
- [6] ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-7300-207-8.
- [7] MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J. *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti, a použití*. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 544 s. ISBN 80-85920-72-7
- [8] LENFELD, P. *Technologie II: Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti* [online]. [cit.2015-04-23]. Dostupný z WWW:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [9] DUCHÁČEK, V. *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2005, 354 s. ISBN 80-7080-241-3
- [10] *Vlastnosti a inženýrské aplikace plastů: Technická univerzita v Liberci* [online]. [cit. 2015-04-23]. Dostupný z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/vip.htm>
- [11] HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 2*. 2., upr. Vyd. Praha: Scientia, 2001, 176 s. ISBN 80-7183-245-6.
- [12] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie* [online]. Ostrava, 2004. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z:
<http://www.fs.vsb.cz/books/StrojMetro/strojirenska-metrologie.pdf>
- [13] JANALÍK, Lukáš. *Technologie gravírování*. Zlín, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství.

- [14] *Ceník deskových materiálů* [online]. 2013 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: <http://www.gravotech.cz/produkty/material/cenik-deskovych-materialu-pro-gravirovani.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CNC	Computer Numerical Control	
CAD	Computer Aided Desing	
CAM	Computer Aided Manufacturing	
a_e	šířka záběru	mm
a_p	hloubka záběru	mm
f_z	posuv na zub	mm
f	posuv	mm
v_f	posuvová rychlost	mm/min
n	otáčky	ot/min
D	průměr nástroje	mm
H	výška součásti	mm
h_i	tloušťka třísky	mm
φ_i	úhel posuvu	°
F_c	řezná síla	N
F_f	posuvová síla	N
v_c	řezná rychlost	m/min
π	Ludolphovo číslo	
z	počet zubů	
f_0	posuv na otáčku	mm
Cr	chrom	
W	wolfram	
V	vanad	
Mo	molybden	
C	uhlík	
HRC	tvrdost podle Rockwella	

Co	kobalt	
RO	rychlořezné oceli	
KM	keramické materiály	
2D	2dimenze	
3D	3dimenze	
f _z	posuv na zub	mm
f _z	posuv na zub	mm
f _z	posuv na zub	mm
f _z	posuv na zub	mm
f _z	posuv na zub	mm
f _z	posuv na zub	mm
f _z	posuv na zub	mm
f _z	posuv na zub	mm
f	posuv	
n	otáčky	
v _f	posuvová rychlost	

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Frézování válcové (obvodové) a čelní [1].....	13
Obr. 2 Frézování sousledné [12]	14
Obr. 3 Frézování nesousledné [12].....	14
Obr. 4. Průřez třísky [12].....	15
Obr. 5 Řezné síly [1].....	16
Obr. 6 Vybrané druhy fréz [1].....	18
Obr. 7 Ostření fréz [1].....	22
Obr. 8 Gravírovací pantograf Gravograph IM3[13].....	23
Obr. 9 CNC gravírka Gravograph IS200 - malá CNC gravírka vhodná i pro náročnější aplikace[13].....	24
Obr. 10 Velký CO2 laser Gravograph LS900 [13].....	25
Obr. 11 Příklady materiálů vhodných pro gravírování [13].....	25
Obr. 12 Definování kartézských souřadnic – pravotočivá soustava [6].....	27
Obr. 13 Souřadnicový systém a nulové body frézka [6].....	28
Obr. 14 Základní adresy pro programování [6].....	29
Obr. 15 Rozdělení polymerů dle aplikace a nadmolekulární struktury [8].....	33
Obr. 16 Nadmolekulární struktura polymerů [8].....	34
Obr. 17 Termomechanická křivka amorfního (1) a dvou různých semikrystalických (2,3) polymerů, T _g – teplota zesklnění, T _m – teplota tání, T _f – teplota toku [9]...35	
Obr. 18 Tvary makromolekul pro různé typy plastů [8].....	36
Obr. 19 CNC Frézka HWT C-442 CNC [13] r. 1 Podstata frézování [5]	42
Obr. 20 Dialogové okno pro volbu rychlostí ručního posuvu [13].....	43
Obr. 21 Nulování pomocí NC najíždějící kostky s úchylkoměrem [13].....	44
Obr. 22 Příklad použití materiálu Gravotac TM Exterior pro Braillovo písmo [14].....	45
Obr. 23 Colorspray, odstín modrý safír-.....	46

Obr. 24 Návrh vzorku pro určení šířky drážky v programu NX 9.0.....	48
Obr. 25 Ukázka upnutí obrobku pomocí lepící pásky.....	49
Obr. 26 Pracovní vřeteno s nástrojem.....	50
Obr. 27 Výroba vzorku na šířku drážek.....	51
Obr. 28 Připevnění vzorku na plechovou podložku, pomocí lepící pásky.....	52
Obr. 29 Změna tloušťky vrstvy v závislosti na drážce.....	53
Obr. 30 Návrh vzorku na určení můstků.....	54
Obr. 31 Hotový vzorek na určení můstků.....	55
Obr. 32 Nastříkané můstky na podložku.....	55
Obr. 33 Ukázka dráhy nástroje.....	56
Obr. 34 Návrh stříkací šablony v programu NX 9.0.....	56
Obr. 35 Upnutí a frézování stříkací šablony.....	58
Obr. 37 Nastříkaný nápis na dřevěné podložce.....	59

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Parametry CNC HWT C-442 [13].....	42
Tab. 2 Srovnání průměrné šířky drážky před a po nástřiku.....	52
Tab. 3 Tloušťka vrstvy nastříkané barvy.....	52

SEZNAM PŘÍLOH