

Technologie gravírování

Lukáš Janalík

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: **Lukáš Janalík**
Osobní číslo: **T11241**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Technologie gravírování**

Zásady pro vypracování:

- 1. Teoretická studie na dané téma (Frézování, Gravírování, CNC obrábění, Programování CNC strojů)**
- 2. Návrh grafiky a naprogramování pro technologii gravírování**
- 3. Výroba grafiky gravírováním**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

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. Román Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: Janalík Lukáš

Obor: Technologická zařízení

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 13. 5. 2014



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 nevydělečně 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 uchozečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí 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, užije-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 vynaložil, 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 této práce je stanovit vhodné řezné podmínky pro technologii gravírování na CNC stroji. Technologie gravírování představuje rytí do materiálu, při kterém dochází k vytvoření velice odolného řezu. Je využívána například při tvorbě štítků nebo informativních cedulí. Využívá se jednobřítý nástroj s gravírovacím hrotem a akrylové desky od firmy Gravo Tech s.r.o. Vytvořené produkty názorně ukazují, že optimální hloubka řezu je 0,1 mm – 0,2 mm a šířka záběru 4% - 5% Ø nástroje tak, aby byl výsledný text na produktu čitelný a obrázek dostatečně viditelný. Na základě zjištěných údajů je možné nastavit optimální podmínky při navrhování grafiky ke gravírování.

Klíčová slova: Gravírování, CNC, rytí, řez, řezné podmínky, hloubka řezu, šířka řezu, tvorba štítků, tvorba cedulí

ABSTRACT

The aim of this work is to set a suitable cutting parameters for the engraving technology on CNC machine. Technology engraving represents engraving of material in which there is to create a very durable cutting. It is used for example to create labels or informative signs. It is used with a single sided engraving tool tip and acrylic panels from Gravo Tech s.r.o. Creating product demonstrate that the optimal depth of cut is 0.1 mm - 0.2 mm and width of cut of 4% - 5% Ø tools so that the resulting text on the product image is as readable and visible. Based on the data, it is possible to set the optimum conditions when designing graphics for engraving.

Keywords: engraving, CNC engraving, cutting, cutting conditions, cutting depth, cutting width, creating labels, creating signs

Rád bych poděkoval panu Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D za odborné vedení a rady, kterými napomohl k vypracování této bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 FRÉZOVÁNÍ	12
1.1 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍ METODY	12
1.2 ZPŮSOBY FRÉZOVÁNÍ	12
1.2.1 Nesousledné frézování	12
1.2.2 Sousedné frézování	13
1.2.3 Čelní frézování	14
1.3 FRÉZOVACÍ STROJE.....	14
1.3.1 Konzolové stroje	14
1.3.1.1 Vodorovné konzolové stroje.....	14
1.3.1.2 Svislé konzolové stroje.....	15
1.3.2 Stolové frézky	15
1.3.3 Rovinné frézky	16
1.4 FRÉZOVACÍ NÁSTROJE	16
1.4.1 Válcové frézy	16
1.4.2 Čelní válcové frézy	17
1.4.3 Kotoučové frézy a pily	17
1.5 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY	18
2 GRAVÍROVÁNÍ	20
2.1 HISTORIE	20
2.2 GRAVÍROVÁNÍ RUČNÍ	20
2.2.1 Nástroje a ostření.....	20
2.3 ROZDĚLENÍ GRAVÍROVACÍCH STROJŮ	21
2.3.1 Pantografy	21
2.3.2 Gravírovací plottery	22
2.3.2.1 Malé gravírky.....	22
2.3.2.2 Gravírovací plottery.....	23
2.3.2.3 Laserové gravírky	23
2.3.3 Gravírovací materiály.....	24
3 CNC OBRÁBĚNÍ	25
3.1 HISTORIE NC/CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ.....	25
3.2 ZÁKLADNÍ ČÁSTI OBRÁBĚCÍCH STROJŮ	27
3.3 CNC STROJE.....	28
3.3.1 Požadavky	28
3.3.1.1 Polohování nástroje nebo obrobku	28
3.3.1.2 Vřeten s vřeteníkem	29
3.3.1.3 Výměník a zásobník nástrojů.....	29
3.3.1.4 Přívody médií a ochranné kryty.....	30
3.3.2 Rozdělení NC/CNC obráběcích strojů	30
3.4 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
4 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE	34

5	CNC FRÉZKA AZK HWT C-442	35
5.1	NASTAVENÍ POČÁTKU SOUŘADNICOVÉHO SYSTÉMU	36
5.2	UPNUTÍ GRAVÍROVACÍ DESKY	37
5.3	RUČNÍ OVLÁDÁNÍ FRÉZKY	38
6	POUŽITÉ MATERIÁLY	39
6.1	GRAVÍROVACÍ MATERIÁLY	39
6.1.1	Gravoply 1	39
6.1.2	Gravoply 2	40
7	CSAO SPOL. S R.O.	42
7.1	O FIRMĚ.....	42
8	TVORBA GRAFIKY	43
8.1	ODSTRANĚNÍ RUŠIVÝCH ELEMENTŮ	43
8.1.1	Příkaz Pen Tool	43
8.1.2	Převod na křivky	47
9	PRÁCE V PROGRAMU SIEMENS NX 8.5	51
9.1	ZÁKLADNÍ PLOCHA PRO GRAVÍROVÁNÍ	51
9.1.1	Nastavení počátku souřadnicového systému.....	52
9.2	VLOŽENÍ TEXTU	53
9.2.1	Nastavení textu.....	54
9.2.2	Změna umístění textu	55
9.3	VLOŽENÍ GRAFIKY V KŘIVKÁCH	55
9.3.1	Import .DWG souboru	55
9.3.2	Redukce objektů.....	56
9.3.3	Umístění na virtuální gravírovací desku	57
9.4	NASTAVENÍ ŘEZNÝCH OPERACÍ	58
9.4.1	Nástroj	58
9.4.2	Konkrétní operace a stanovení řezných podmínek	59
9.4.2.1	Zkouška 1 – gravírování čáry	60
9.4.2.2	Zkouška 2 – gravírování plochy	60
9.4.2.3	Zkouška 3 – gravírování textu	63
9.4.2.4	Zkouška 4 – gravírování grafiky.....	64
9.4.3	Post process	65
10	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	67
	ZÁVĚR	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	75
	SEZNAM OBRÁZKŮ	77
	SEZNAM TABULEK	80
	SEZNAM PŘÍLOH	81

ÚVOD

V dnešním světě dochází k zdokonalování techniky a urychlování technologických procesů. To co se dříve zdálo nemožné, s tím se nyní běžně setkáváme, ať už v oblasti lékařství nebo strojírenství. Základním pravidlem je co nejefektivnější využití, při co nejnižších nákladech. S příchodem počítačů se začal veškerý průmysl měnit. Základy zůstaly a vše ostatní se zlepšilo, zpřesnilo a zrychlilo. Důkazem toho jsou CNC obráběcí stroje. CNC znamená Computer Numerical Control neboli počítačem řízený obráběcí stroj.

Ve své bakalářské práci se budu zabývat technologií gravírování, která je úzce spjata právě s řízením strojů pomocí počítačů. Jedná se o operaci, při které se ryje do materiálu. Jelikož se nejedná o laserové popisování, ale o obrábění, tak je návrh grafiky ke gravírování složitější a je nutné stanovit i optimální řezné podmínky, tak aby bylo dosaženo co nejkvalitnějšího výsledku.

S výrobky, které prošli procesem gravírování, se setkáváme téměř všude. Například informační tabule, štítky na dveřích, jmenovky na schránkách či zvoncích u domu. Tyto cedule mohou mít libovolné dvě barvy, a proto se dá výsledek velice dobře přizpůsobit nárokům zákazníka. Díky kvalitním termoplastickým materiálům jsou výrobky vysoce odolné vůči mechanickému poškození, a proto se hodí na všestranné použití jak do interiérů, tak exteriérů.

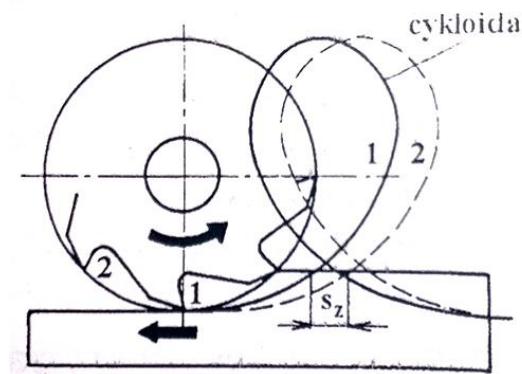
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 FRÉZOVÁNÍ

Frézování je jedna z nejčastějších metod obrábění jak rovinných, tak tvarových ploch. Břity frézovacího nástroje zvaného fréza pracují vždy v podmínkách přerušovaného řezu. Břit je ihned po vniknutí do obrobku vystaven intenzivnímu teplotnímu rázu. Při využití této technologie je třeba dbát na eliminaci nepříznivých jevů na minimum. [14]

1.1 Charakteristika výrobní metody

Hlavní řezný pohyb při frézování je rotační a vykonává jej nástroj. Je dán řeznou rychlostí, která závisí na materiálu obrobku a materiálu nástroje. Vedlejší řezný pohyb koná obrobek. Může být přímočarý (pohyb v ose X, Y, Z), nebo kruhový. Výsledným řezným pohybem je tedy cykloida. [7]



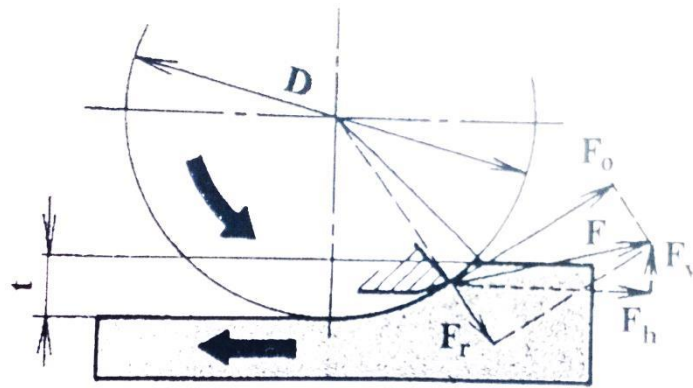
Obr. 1 Charakteristika výrobní metody

1.2 Způsoby frézování

Rozlišujeme dva druhy frézování, a to čelní a válčové. Pod válčové spadá sousledné a nesousledné.

1.2.1 Nesousledné frézování

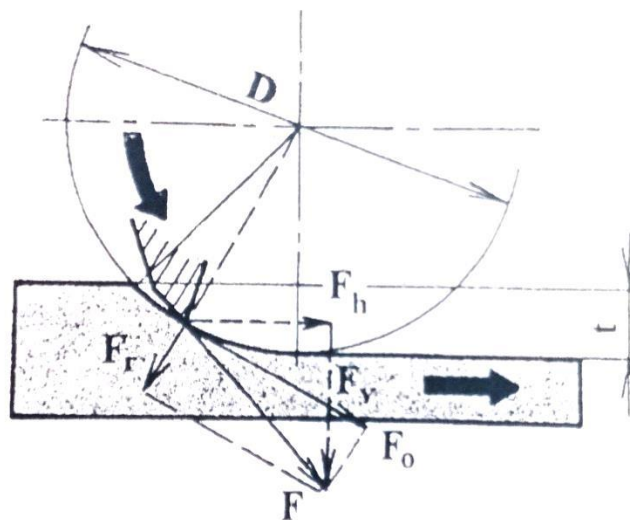
Fréza se otáčí proti směru posuvu. Břit vniká do materiálu při teoreticky nulové tloušťce odřezávané vrstvy a postupně se zvětšuje do maximální hodnoty třísky. V tomto případě je mechanický ráz na řeznou hranu podstatně menší, ale při vnikání se břit určitou dobu intenzivně tře hřbetní plochou a to až do okamžiku plného zařiznutí, ke kterému dochází při dosažení minimální tloušťky. Výsledná řezná síla směřuje ven z obrobku. Musíme proto klást vyšší nároky na upnutí součástí. [14]



Obr. 2 Nesousledné frézování

1.2.2 Sousedné frézování

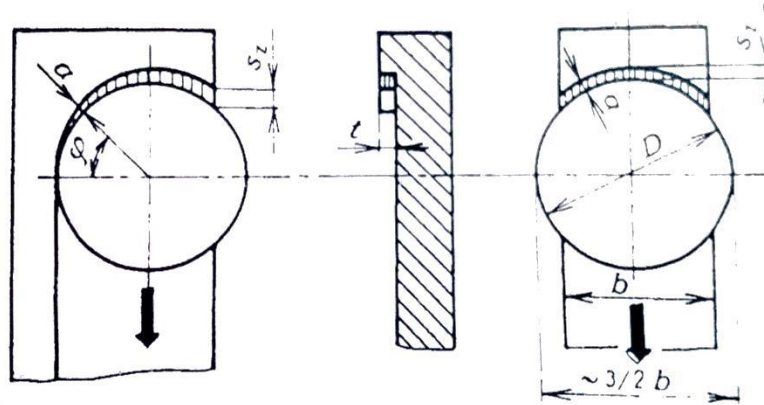
Fréza se otáčí ve směru posuvu. Břit zabírá v místě maximálního průřezu odřezávané třísky. Záběr začíná silným rázem. Během otáčení se tloušťka odřezávané vrstvy zmenšuje a v době výstupu dosahuje nulové hodnoty. Tento způsob zaručuje dosažení lepší drsnosti obrobenej plochy. Výsledná řezná síla směřuje do obrobku, a proto klade menší nároky na upnutí. Výkon při sousledném frézování je o 30 až 50 procent vyšší než při nesousledném frézování při stejné trvanlivosti nástroje. Naopak nevýhodou jsou rázy, které vznikají při záběru každého zubu do materiálu. Lze je odstranit použitím fréz s šikmými zuby. Tento způsob však vyžaduje tuhé obráběcí stroje, nejlépe s kuličkovými šrouby, aby byl posuvový mechanismus bez vůlí. V praxi se upřednostňuje sousledné frézování. [14]



Obr. 3 Sousedné frézování

1.2.3 Čelní frézování

Osa frézy je kolmá k obráběné ploše. Materiál je odřezáván nejen břity na obvodu, ale také břity na čelní ploše frézy. Tloušťka třísky se mění podle velikosti průměru frézky a šířky obráběné plochy. Jedná se o výkonnější způsob frézování, jelikož zabírá více zubů současně a můžeme tedy volit větší posuv stolu. [10]



Obr. 4 Čelní frézování

1.3 Frézovací stroje

Obráběcí stroje pro frézování se nazývají frézky. Vyrábějí se ve velkém počtu druhů a provedení. Základní se dělí na konzolové, rovinné, stolové a speciální.

1.3.1 Konzolové stroje

1.3.1.1 Vodorovné konzolové stroje

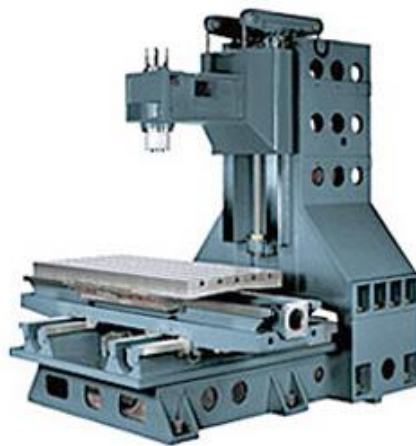
Osa vřeten je rovnoběžná s upínací plochou stolu. Vřeteno je uloženo ve stojanu. Horní část stojanu obsahuje přestavitelné rameno, které nese opěrné ložisko pro podepření frézovacího trnu s válcovou frézku. Používají se k frézování rovinných ploch, drážek a tvarových ploch. [14]



Obr. 5 CNC vodorovná frézka LH500A [25]

1.3.1.2 Svislé konzolové stroje

Osa vřetena je svislá, kolmá k pracovní ploše. Vřeteno je uloženo ve svislé hlavě, kterou lze otáčet ze svislé polohy na obě strany. Používají se k obrábění rovinných a tvarových ploch jako jsou dutiny a formy. [14]



Obr. 6 CNC svislá frézka VMC 117S [25]

1.3.2 Stolové frézky

Pohyb ve svislém směru se děje přestavováním vřeteníku po vedení stojanu stroje. Stůl, který je umístěný přímo na základové desce, vykonává podélný a příčný pohyb. Používají se k obrábění rozměrných a těžkých obrobků. [14]



Obr. 7 Stolová frézka B3K [25]

1.3.3 Rovinné frézky

Jsou to speciální stroje pro obrábění rozměrných součástí. Díky stavebnicovému provedení umožňují řadu variant strojů. Vřeteníky se pohybují ve svislých a příčných pohybech. Pracovní stůl pouze v podálném. [14]

1.4 Frézovací nástroje

Frézy jsou několikabřité nástroje, jejichž břity jsou uspořádány na kuželové, tvarové, válcové nebo čelní ploše. Frézy dělíme podle způsobu výroby zubů, počtu dílu, způsobu upnutí, smyslu otáčení a funkce.

1.4.1 Válcové frézy

Zuby jsou pouze po obvodu frézy. Používají se pro frézování rovinných ploch rovnoběžných s osou nástroje. Hrubování probíhá nástroji, jejichž břity jsou opatřeny drážkami pro dělení třisek. Dochází ke zvýšení výkonu. [14], [16]



Obr. 8 Válcové frézy [21]

1.4.2 Čelní válcové frézy

Mají zuby na jedné čelní ploše a po obvodu. Umožňují frézování rovinných ploch kolmých a rovnoběžných na osu nástroje. Malé čelní frézy se nazývají stopkové a velké jsou frézovací hlavy. [14], [16]



Obr. 9 Čelní válcová fréza [21]

1.4.3 Kotoučové frézy a pily

Kotoučové frézy se používají pro výrobu zářezů, drážek a vybrání. Zuby se nacházejí na obou čelech a na obvodu. Požadavek je kladen na stejnou šířku po přestření, a proto se dělají dělené a rozměr se nastavuje pomocí ocelových vložek. Tyto frézy mají lepší odvod třísek a stejnoměrnější záběr.

Pilové kotouče se používají pro dělení materiálu nebo úzké drážky. [14], [16]



Obr. 10 Kotoučové frézy [21]

1.5 Základní výpočty

- Řezná rychlost – volí se podle způsobu obrábění, materiálu nástroje a obrobitelnosti materiálu.

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

- Otáčky vřetene

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

- Posuv na zub

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} [min^{-1}] \quad (3)$$

- Posuv na otáčku

$$f_n = \frac{v_f}{n} \quad (4)$$

- Posuvová rychlost

$$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n [mm \cdot min^{-1}] \quad (5)$$

- Průřez třísky – tloušťka třísky se během obrábění mění, proto počítáme maximální průřez a střední tloušťku třísky.

- Pro válcovou frézu s přímými zuby:

$$a_{max} = f_z \cdot \sin \varphi_{max} \quad (6)$$

$$S_t = a_{max} \cdot b = f_z \cdot \sin \varphi_{max} \cdot b [mm^2] \quad (7)$$

$$V = f_z \cdot t \cdot b = c \cdot a_s \cdot l_t \quad (8)$$

- Pro válcovou frézu s šikmými zuby:

$$c = \frac{b}{\cos \lambda} \quad (9)$$

- Pro čelní frézování:

$$S_t = t \cdot f_z \cdot \sin \varphi_{max} [mm^2] \quad (10)$$

- Řezná síla

$$F_z = S_t \cdot p \text{ [N]} \quad (11)$$

- Příkon elektromotoru

$$P_e = \frac{F_z \cdot v_c}{60 \cdot \eta} \text{ [W]} \quad (12)$$

- Strojní čas

$$t_s = \frac{L \cdot i}{S} \text{ [min]} \quad (13)$$

[17], [13], [7]

2 GRAVÍROVÁNÍ

Gravírování je technologie umožňující zdobit, nesmazatelně označovat nebo vyrývat stopy do nejrůznějších předmětů a výrobků. Jedná se o princip odebrání materiálu. [12]

2.1 Historie

První důkaz ručního gravírování byl nalezen před 60 000 lety př. n. l. ve střední době kamenné na pštrosích vejcích, které byly používány jako vodní nádoby. Ve středověku se objevovali složitější předměty s rytím jako zlaté prsteny nebo šperky. V Evropě se objevovali rytci, kteří používali gravírování jako zdobení v oboru zámečnictví. První známky rytí do skla se vyskytovali už v prvním století n. l. jako vázy. Motivem byla řecká mytologie nebo také obrazy ze starého a nového zákona.



Obr. 11 Příklad gravírování britského umělce George Cruikshanka z roku 1982 [6]

Dodnes se gravírování používá k tisku známek, raznic pro ražbu mincí, k výrobě známku pro psy, různých jmenovek, štítků a firemních tabulí. [6]

2.2 Gravírování ruční

2.2.1 Nástroje a ostření

Pro ruční rytí se používali malá kovaná rydla zasazená do dřevěných, dříve i do kostěných rukojetí. Rydla mají různé tvary a velikosti a ty nám ve výsledku produkují

různé typy čar a vytváří jedinečnou kvalitu linky s jemnými rohy. Florentinské rydla jsou nástroje s plochým dnem, do kterého jsou vyřezány linky, které se používají k vyplnění větších ploch nebo k vytvoření různých odstínů linky. Prstenové rydla jsou vyrobeny z konkrétních tvarů, které jsou přizpůsobeny pro rytí uvnitř kruhů. Ploché rydla se používají pro vytváření písem. Rydla ve tvaru nože se používají pro hluboké rýhy. Dále rozeznáváme rydla kulatá a plochá s poloměrem, které používáme pro řezy na stříbře a těžko obrobitelné kovy, jako je nikl a ocel. K řezání rovných linií používáme čtvercové nebo V-bodové rydla. Ostření nástrojů se provádí pomocí brousícího kamene, nebo kola. [6], [12]



Obr. 12 Příklady ručního rydla [12]

2.3 Rozdělení gravírovacích strojů

2.3.1 Pantografy

Pantografy jsou manuální stroje. Pro zhotovení výsledku je potřeba vlastnit předlohu ornamentu nebo šablonu písma. Podle ní vedeme vodící kolík. Pantograf je soustava ramen, různě uspořádaných, přičemž na jedné straně ramena bývá vodící kolík a na straně druhé gravírovací fréza nebo jiný nástroj. Ramena umožňují výsledek převracet, zmenšovat nebo zvětšovat. [8]



Obr. 13 Gravírovací pantograf Gravograph IM3[9]

2.3.2 Gravírovací plottery

Gravírovací plottery jsou počítačem řízené stroje a frézu vede zhotovený návrh nahraný do těchto strojů. Velkou výhodou je vedení frézy pomocí krokových motorů, tuhost konstrukce a celková výstupní kvalita výrobku. Přesto lze dosáhnout ještě vyšší přesnosti, použitím frézy využívající pro pohyb šnekové motory a kluzná nebo valivá ložiska. Pro kvalitní výrobek by měl být stanoven posuv motoru frézy do 0,05mm/krok. [8]

2.3.2.1 Malé gravírky

Pro amatérské gravírování jednoduchých štítků a návrhů, lze využít malých stolních gravírek. Výhodou je příznivá cena stroje a především jednoduchá obsluha. Funkce malých gravírek přesto umožňují prostorové modelování s proměnlivým zdvihem k tvorbě 3D reliéfů. [8]



Obr. 14 CNC gravírka Gravograph IS200 - malá CNC gravírka vhodná i pro náročnější aplikace [9]

2.3.2.2 Gravírovací plottery

Gravírovací plottery mají výhodu oproti malým gravírkám v tom, že návrh a výpočet trasy frézy je proveden počítačem mimo gravírku. Díky tomu můžeme zpracovat složitější grafiku a větší rozměry plochy. [8]

2.3.2.3 Laserové gravírky

Laserové gravírky patří mezi ty nejmodernější. Nejpoužívanější je druh laseru CO₂, který gravíruje organické materiály, jako jsou dřevo, kůže, sklo a plast. Výsledkem je přesný a trvalý popis, odstranitelný pouze hrubou silou. Využití laserové gravírky je oblíbené v reklamě při vytváření loga nebo názvu na různé předměty ze dřeva, gumy, skla, koženky a kovu jako jsou například přívěsky, zapalovače, různé stojánky, dřevěná prkénka a tácy.

Tato moderní technologie je založena na odpálení tenké vrstvy materiálu v řádu mikrometrů. [8]

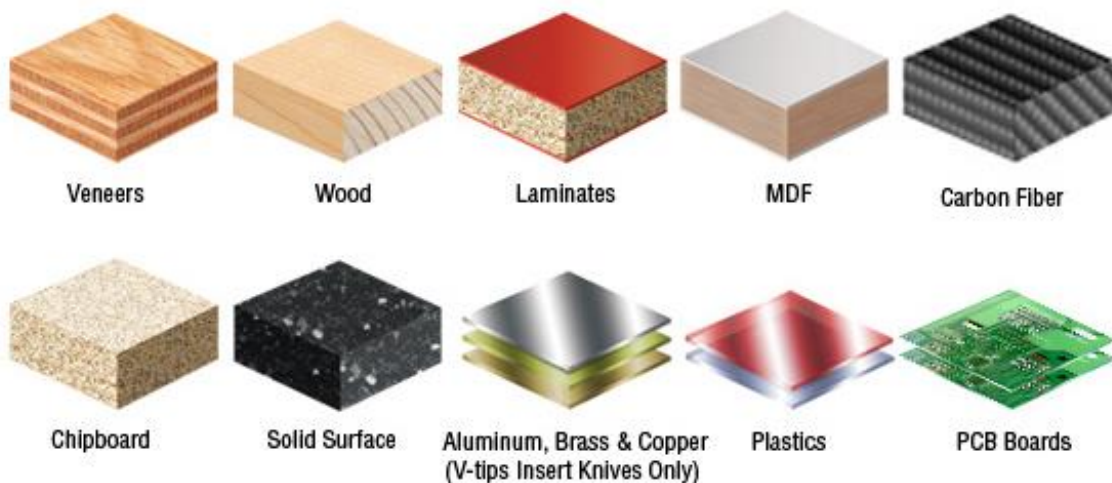


Obr. 15 Velký CO2 laser Gravograph LS900 [9]

2.3.3 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. Jsou vhodné pro 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. Je možné rýt diamantem, který vytvoří vlasové čáry a vytvoří tak velmi jednu vlasovou kresbu. [8]



Obr. 16 Příklady materiálů vhodných pro gravírování

3 CNC OBRÁBĚNÍ

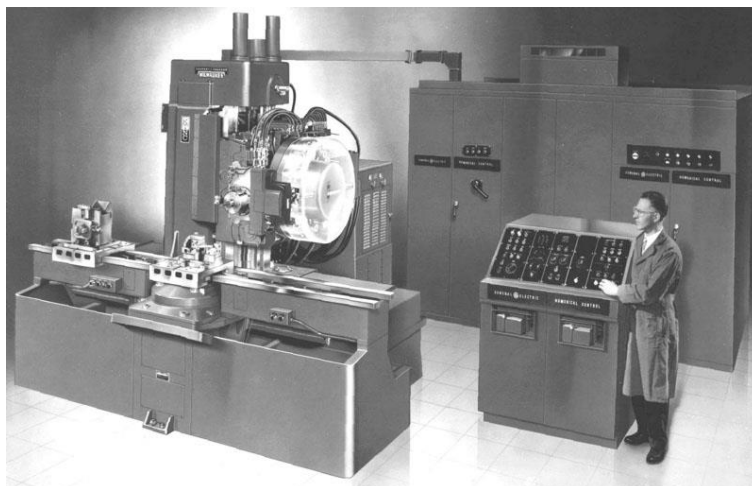
Zkratka CNC znamená Computer Numeric Control. To znamená, že řízení pohybu nástroje nebo obrobku obstarává počítač. Obráběcí stroj je numericky řízen a konstrukčně uzpůsoben tak, aby pracoval v automatickém cyklu a měl automatickou výměnu nástrojů. Starší generace těchto strojů využívala NC řídicí systém, tedy manuální. [4], [3], [10]



Obr. 17 stroj MASTURN 54 CNC [22]

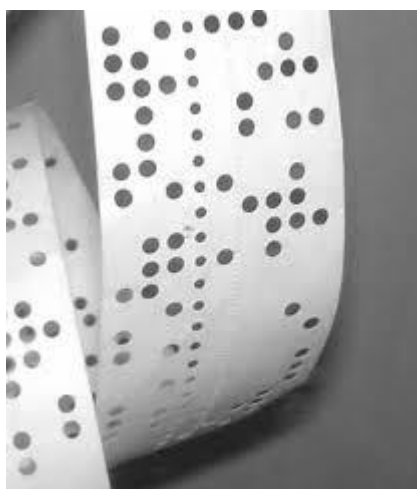
3.1 Historie NC/CNC obráběcích strojů

Vznik NC je obecně přisuzováno Johnu T. Parsonsovi, mechanik a obchodník ve firmě Parsons Copr., která se zabývala obráběním, a vlastnil ji jeho otec. Ve 40. letech 19. století Parsons představil první plně automatizované stroje, pomocí nichž chtěl docílit mnohem kvalitnějších výrobků pro firmu Sikorski Aircraft. Potýkal se ale s problémem, že systém přímého řízení ovládacích prvků motorů nedokázal dodat potřebnou přesnost k nastavení stroje pro dokonale hladké obrábění. Toto však nebyl neřešitelný problém a na scénu vstoupilo MIT, které mělo ve snaze zdokonalit stroj tak, aby neřezal z bodu A do bodu B, ale místo toho se hladce stěhoval mezi body a dosáhnout tak hladkého řezu. To se povedlo v září 1952, kdy byl představen NC stroj, který dovedl dělat složitý řez s velkou přesností. Nevýhodou byla složitost, celý systém obsahoval 250 elektronek, 175 relé a mnoho pohyblivých částí, což snižovalo spolehlivost v produkčním prostředí.



Obr. 18 První NC stroj s výměnou nástroju [24]

Během vývoje Whirlwindu, real-timeového počítače MIT, bylo zakódováno několik programů na výrobu děrných pásek pod počítačovou kontrolou. Uživatelé mohli zadat seznam pozicí a rychlostí a program vygeneroval děrnou pásku. Proces snižoval čas potřebný k výrobě seznamu instrukcí a frézování části od 8 hodin do 15 minut. To vedlo k vytvoření obecného programovacího jazyka pro numerické řízení APT a PRONTO.



Obr. 19 Děrová páska obsahující instrukce k pohybu na stroji [23]

V letech 1960 – 1965 se objevil první program, který dokázal převést 2D papírové diagramy na 3D model, který byl přeměněn na příkazy APT a obroben na stroji. Do roku 1970 se spousta firem jako Intergraph, Applicon zabývala vývojem CAD ve snaze dostat se na podobu CNC strojů, jak je známe dnes. [3], [10]

3.2 Základní části obráběcích strojů

Mezi všeobecné pojmy z oblasti stavby obráběcích strojů patří:

1. **Lože** – spojuje základní části stroje v celek. Obsahuje také vodící a dosedací plochy.
2. **Podstavec** – skříňový tvar stejně jako u lože, avšak neobsahuje vodící ani dosedací plochy.
3. **Základová deska** – spodní plochá část stroje sloužící k uložení základních částí. Obsahuje také upínací plochy s drážkami pro upnutí stolu nebo obrobku.
4. **Stojan** – vysoká část stroje, která slouží k uložení dalších základních částí stroje. Může být svislý a šikmý.
5. **Sloup** – válcovitá část stroje, která slouží pro upevnění dalších částí stroje jako je vřeteník, rameno a stůl.
6. **Konzola** – část stroje upevněná na základní rovině. Podle úhlu sklonu roviny dělíme na vodorovnou, šikmou a svislou.
7. **Příčník** – pohyblivá vodorovná část stroje obsahující vodící plochy pro vřeteník nebo suport.
8. **Rameno** – podélná část stroje uložená na sloupu nebo stojanu na jedné straně pohyblivě a druhé volně. Obsahuje vodící plochy pro uložení vřeteníku.
9. **Příčka** – skříňový tvar strojní části, která spojuje horní konec stojanů.
10. **Vřeteník** – část stroje obsahující vřeteno nebo jiné převodové ústrojí sloužící ke změně otáček vřetene.
11. **Saně**
12. **Smykadlo**
13. **Koník** – slouží k upnutí obrobku nebo nástroje na obrábění.
14. **Hrotová objímka** – dutý válec, který má ve své přední části kuželovitou dutinu pro upnutí hrotu nebo nástroje.
15. **Stůl** – plochá upínací deska obdélníková, čtvercová nebo rotační. Rozlišujeme stůl křížový a otočný, to zaleží na možnostech jeho pohybu.
16. **Suport** – soustava saní nebo smykadel umožňující nastavení nástroje do žádané polohy.
17. **Vodící šroub** – lichoběžníkový pohybový šroub umožňující strojí pohyb suportu při řezání závitu.

18. **Vodící hřídel** – nazývána také tažná hřídel, která má šestihranný nebo kruhový průřez umožňující pohyb smykadla – suportu.
19. **Posuvový šroub** – stejná charakteristika jako vodící šroub, avšak umožňuje pohyb pouze saní. [15], [11]

3.3 CNC stroje

3.3.1 Požadavky

3.3.1.1 Polohování nástroje nebo obrobku

U rámu s vodícími plochami a stolu je vyžadována vysoká statická a dynamická tuhost, protože deformace základních částí rámu stroje a vodících ploch má zásadní vliv na zachování vzájemné nastavené polohy mezi nástrojem a obrobkem. Jakost obrobené plochy určuje množství volného, vynuceného a samobuzeného chvění.

Dalším důležitým faktorem je odvod horkých třísek, které vznikají při obrábění. Způsobují horší práci stroje a tepelnou dilataci a tím ovlivňují přesnost práce. Pro odstraňování třísek se využívá skluzů nebo dopravníků, které je korigují do nádob umístěných vně stroje.



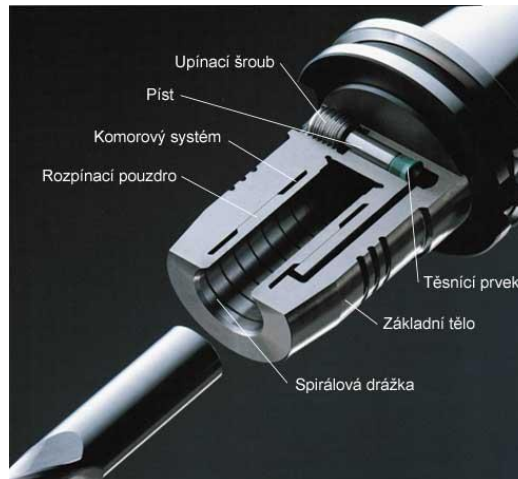
Obr. 20 Správný odvod třísek je důležitým faktorem při obrábění [20]

Na posuvovou soustavu jsou kladeny požadavky dostatečné síly k překonání řezných, setrvačných a třecích sil, potřebného regulačního rozsahu, stability a v neposlední řadě zajištění plynulého pohybu v celém regulačním rozsahu pracovních rychlostí. [15]

3.3.1.2 Vřeteno s vřeteníkem

Při uložení vřetena je důležité dbát na maximální tuhost, přesnost chodu, teplotní stabilitu a otáčkovou schopnost. U náhonu je to dostatečný regulační rozsah, polohování, diagnostika poruch a rychlá reverzace a zabrzdění pohonu.

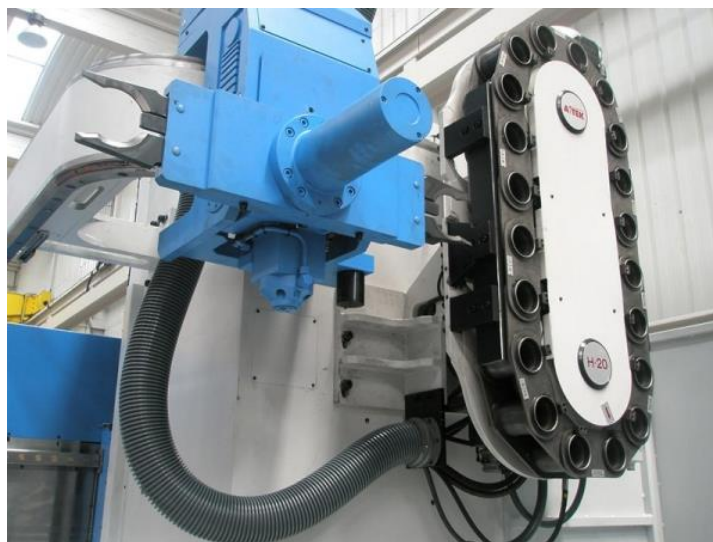
U upínacího systému je vyžadováno spolehlivé upnutí, uvolnění a přívod chladicí kapaliny. [15]



Obr. 21 Upínací systém nástroje [26]

3.3.1.3 Výměník a zásobník nástrojů

Pro uložení více druhů nástrojů slouží zásobník, který musí mít dostatečnou kapacitu, malé rozměry, aby neomezoval pracovní prostor stroje, a spolehlivé odložení a vydání nástroje.



Obr. 22 Řetězový zásobník nástrojů ATC 2050 [18]

Výměník nástrojů musí být navržen na co nejkratší časy výměny, jednoduchost konstrukce, spolehlivost a životnost. [15]

3.3.1.4 Přívody médií a ochranné kryty

Mezi nejdůležitější požadavky na přívod médií je v dnešní době ekologičnost. Dále jsou to pak spolehlivost funkce, těsnost a co nejjednodušší konstrukce.



Obr. 23 Používané chladicí mazací kapaliny [19]

3.3.2 Rozdělení NC/CNC obráběcích strojů

Podle stupně vývoje rozdělujeme na následující:

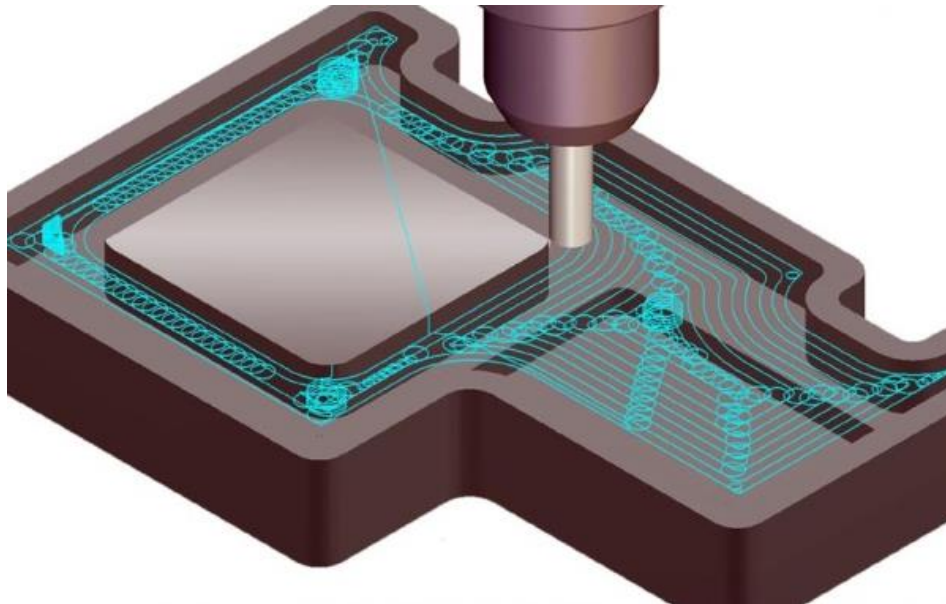
1. Stroje první vývojové generace – NC systémy s vakuovými elektronkami a reléovým řízení funkcí, které byly odvozeny od běžných konvenčních strojů a přizpůsobeny pro NC řídicí systémy.
2. Stroje druhé vývojové generace – NC systémy s tranzistorovými obvody byly již konstruovány speciálně pro číslicové řízení. Měli automatickou výměnu nástrojů a dopravník pro odvod třísek. Příkladem je FQH 50 NC ZPS.
3. Stroje třetí vývojové generace – NC systémy s integrovanými obvody již byly uzpůsobeny pro automatizovaný provoz. Stroje byly vybavovány systémem automatické výměny obrobku, zásobníkem nástrojů s větší kapacitou, a především stavebnicovitým charakterem, který usnadňoval montáž a redukoval tak cenu výroby.
4. Stroje čtvrté vývojové generace – CNC systémy s mikroprocesory, které již obsahovali automatickou výměnu opotřebovaných nástrojů ze zásobníku. Celkově

je zde plně automatická technologie od výměny nástrojů a obrobků, manipulace s třískami, až po důslednou stavebnicovost.

5. Stroje páté vývojové generace - CNC systémy s otevřenou architekturou na bázi osobních počítačů byly zdokonalovány o mechatronické prvky, které kompenzovali chyby polohování a opravovali program pro dodržování výkresových rozměrů a úchylek přenosností. Obsahují první laserové odměřování polohy a optimalizace řezných podmínek.
6. Stroje šesté vývojové generace, jsou již obohacovány a zdokonalovány v oblasti snižování času výměny nástroje a obrobku, vysokorychlostního a víceosého obrábění, ultra-přesného obrábění v řádech desetin mikrometrů a koncepce, která odpovídá požadavků zákazníka. [15]

3.4 Programování CNC strojů

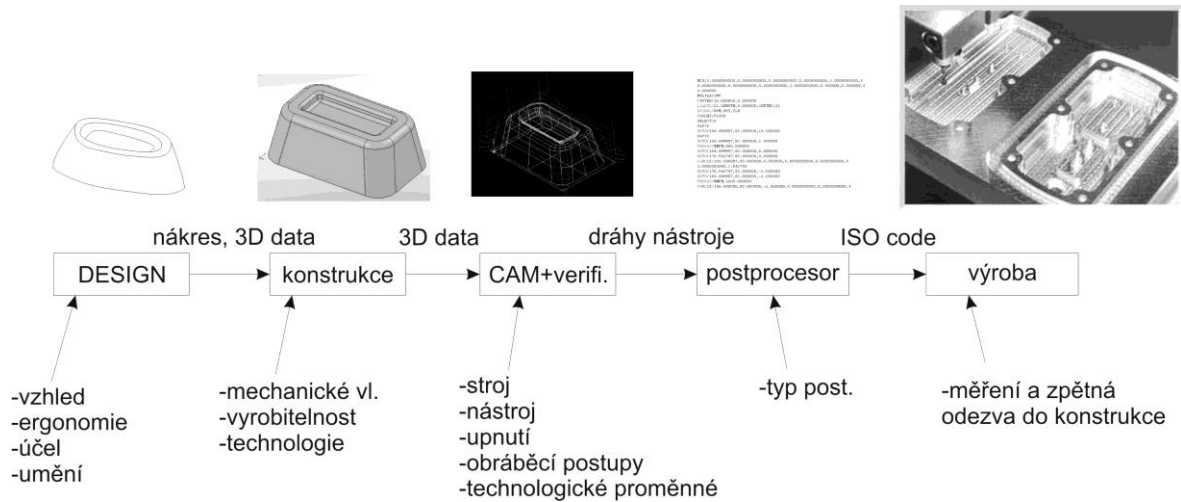
Zkratka CNC znamená Computer Aided Manufacturing neboli počítačová podpora výroby. To nám spolu s CAD (Computer Aided Design) tvoří počítačový systém s integrovanou podporou konstrukce a výroby součásti.



Obr. 24 Podpora CAD/CAM

Prvním krokem je vytvoření hrubé tvaru modelu, volba technologie a odeslání dat ve formě nákrešů nebo jednoduchých 3D modelů. Následuje část konstrukční, kde se zpracuje designerský návrh za využití CAD softwaru, jako je CATIA, SOLIDEDGE, NX, a odešle data k obrábění v nativním formátu CAD/CAM aplikace. V CAM programu

načteme tento model a volíme nástroj a jeho upnutí, polohu obrobku na stole a jeho upnutí, posloupnost obráběcích operací, verifikaci neboli kontrolu, a jako konečný výstup odeslání dat do postprocesoru. Postprocessor slouží k přeložení CAM dat na kód potřebný pro daný typ využívaného stroje. Následuje poslední bod procesu a tím je výroba. Po nachystání nástrojů do zásobníku, upnutí polotovaru se načtou data, proběhne rychlá verifikace, a spustí se NC program. [4]



Obr. 25 Technologický postup od návrhu až po výrobu

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Cílem praktické části bakalářské práce bylo stanovit optimální řezné podmínky pro gravírovací proces na CNC frézce AZK HWT C-442. Jako gravírovací materiály byly použity gravírovací desky Gravoply 1 a Gravoply 2 od firmy Gravo Tech s.r.o. Hodnocena byla hloubka řezu a_e a šířka záběru a_p . Díky optimálním hodnotám je možné využít gravírování na CNC frézce AZK HWT C-442 s přesným nastavením pro požadované operace jako jsou tvorba grafiky a textu.

Výsledné vygravírované desky byly použity ve firmě CSAO spol. s r.o. jako informační tabule umístěné například na schránku.

5 CNC FRÉZKA AZK HWT C-442

Tříosá CNC frézka HWT slouží pro frézování měkkých materiálů, jako jsou plasty, neželezné kovy a dřevo. Celý obráběcí proces je řízen přes počítač podle CNC programu. Posuv v osách X a Y koná stůl frézky. Pohyb v ose Z zajišťuje hlavní pracovní vřeteno a to v kladném smyslu směrem od materiálu.



Obr. 26 CNC Frézka HWT C-442 CNC

Parametry CNC HWT C-442 jsou následující:

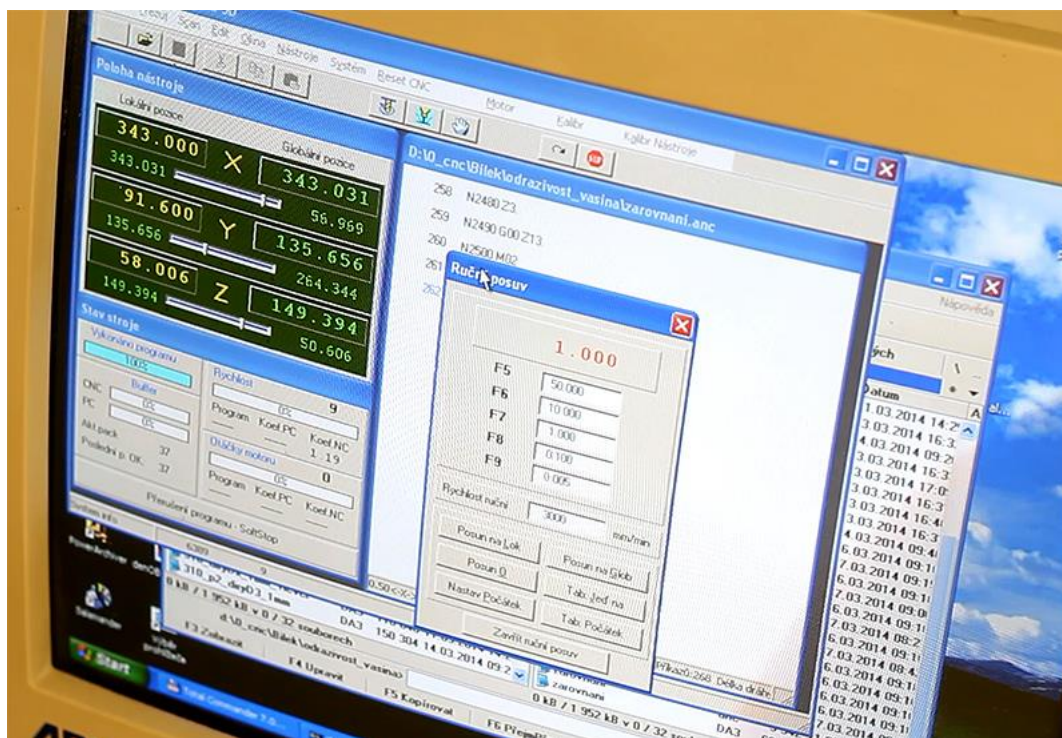
Tab. 1. Parametry frézky HWT C-442 [10]

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

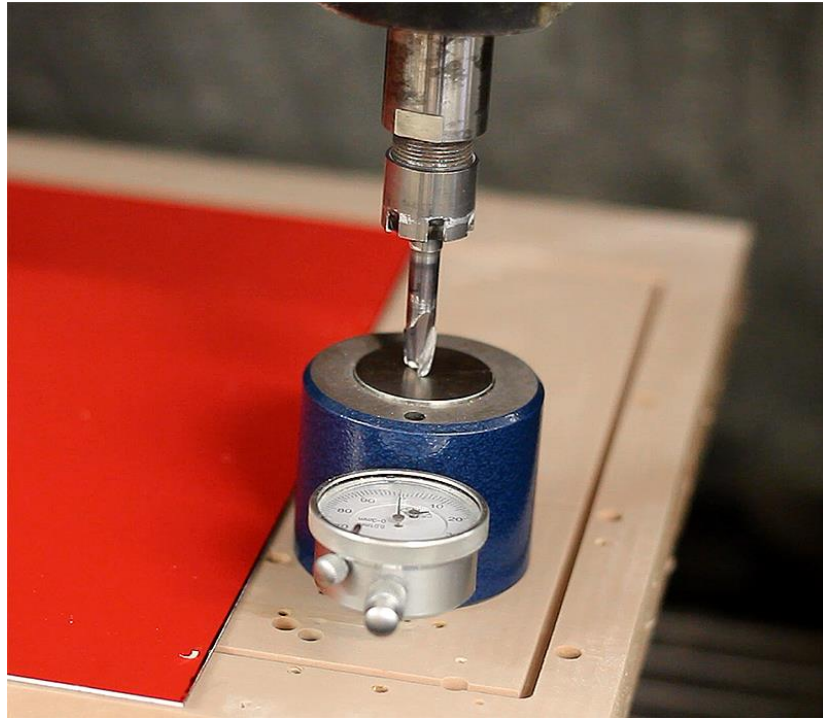
5.1 Nastavení počátku souřadnicového systému

Před začátkem obrábění je vždy 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. 27 Dialogové okno pro volbu rychlosti ručního posuvu

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

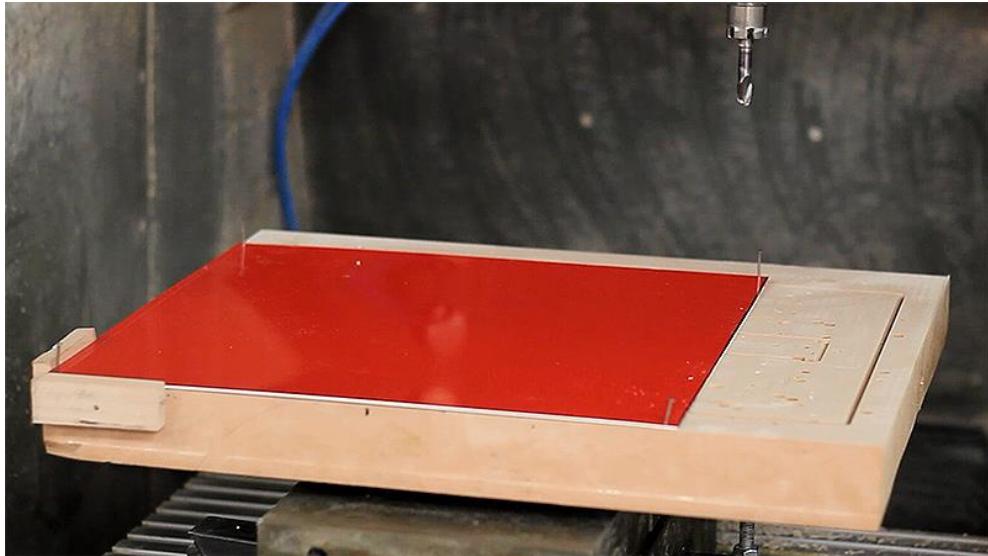


Obr. 28 Nulování pomocí NC najíždějící kostky s úchylkoměrem

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.

5.2 Upnutí gravírovací desky

Gravírovací deska byla zarovnána k levému spodnímu rohu. Doraz zajistily dvě zarážky. Zbývající tři rohy byly zajištěny proti pohybu pomocí hřebíku.



Obr. 29 Upínací systém gravírovací desky

Docházelo k mírnému zvlnění desky, a proto bylo nutné, aby byla deska zatížena pomocí závaží v místech, kde nedocházelo ke gravírování.

5.3 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.

6 POUŽITÉ MATERIÁLY

6.1 Gravírovací materiály

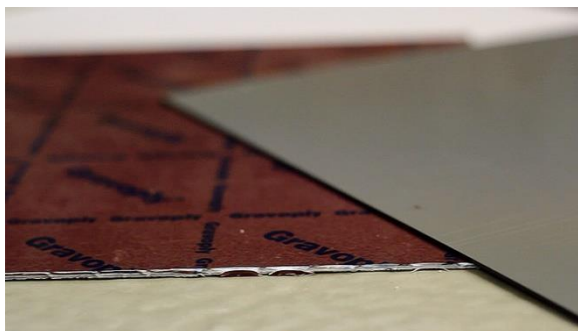
Pro bakalářskou práci byly využity gravírovací deskové materiály od firmy Gravo Tech s.r.o. Většina z nich je tvořena dvěma vrstvami, kdy spodní je vždy kontrastní a dojde k jejímu odhalení, jakmile je vrchní vrstva mechanicky narušena frézou. Konkrétně se jedná o 2 vrstvé desky Gravoply 1 a Gravoply 2. [9]



Obr. 30 Gravírovací materiály Gravoply 1 a Gravoply 2

6.1.1 Gravoply 1

Gravoply 1 je dvou vrstvý materiál složený z ABS se saténovým povrchem vysoce odolný proti poškrábání. ABS je známo jako Akrylonitrilbutadienstyren a jedná se o amorfní termoplastický průmyslový kopolymer, který je odolný vůči mechanickému poškození. Gravoply 1 se využívá zejména pro interiérové cedule, identifikační štítky nebo také jako klíčenky. Námi zvolené parametry odpovídají produktu s objednávacím číslem 17431. Jedná se o desku s rozměry 610 mm x 305 mm x 1,6 mm a barvami burgundská pro vrchní vrstvu a stříbrná pro spodní vrstvu.



Obr. 31 Gravírovací desky Gravoply 1

Minimální gravírovací hloubka je 0,3 mm. Mezi přednosti tohoto produktu patří vysoká odolnost proti poškrábání a přelomení. Lze jej řez i stříhat. Aby výrobce garantoval záruku zachování barev a životnosti, je uvedeno použití pouze do interiéru s maximální teplotou vzduchu 60°C. [1], [2], [9]

Tab. 2. Vlastnosti materiálu Gravoply 1 [2]

Interiér	Ano	Ne	Exteriér
Stříhání	Ano	Ano	Řezání
Sít'otisk	Ano	Ano	Horká ražba
Odolnost proti poškrábání	Ano	Ano	Pružnost
Odolnost proti přelomení	Ano	Ne	UV odolnost
		60°C	Max. teplota

6.1.2 Gravoply 2

Gravoply 2 je také dvou vrstvý materiál jako Gravoply 1 složený s ABS, avšak s matným povrchem a minimální gravírovací hloubkou 0,1mm. Tato tenká vrstva je vhodná pro detailní gravírování, a proto je dobře použitelná pro malé znaky a loga. Z této série byly vybrány produkty 21850, 21921 a 21851. 21850 je deska s rozměry 610 mm x 305 mm x 0,8 mm a barvami bílá pro vrchní vrstvu a černá pro spodní vrstvu. 21921 a 21851 jsou stejné produkty s barvami červená pro vrchní vrstvu a bílá pro spodní vrstvu, ale liší se v tloušťce. 21921 je 1,5 mm tlustá a 21851 0,8 mm. Vlastnosti těchto produktů se shodují s vlastnostmi Gravoply 1. [2], [9]



Obr. 32 Materiály Gravoply 2

7 CSAO SPOL. S R.O.

Gravírovací desky, jako výsledek bakalářské práce, byly použity ve firmě CSAO spol. s r.o. na poštovní schránce a dveřích. Jednalo se o informační cedule s grafikou obsahující produkty, které firma prodává, a textem s nabízenými službami a kontaktem. Štítky na dveře tvořili popisky jako účtárna, sklad, prodej a odbyt. Firma poskytla podklady pro tvorbu grafiky, jako jsou fotky, texty a loga v požadovaných formátech pro následnou úpravu. [5]

7.1 O firmě

Firma úspěšně navázala na tradici bývalého autoopravárenského podniku, působícího v Kroměříži již od roku 1950. Při privatizaci státního podniku byla rozšířena paleta poskytovaných služeb mimo generálních a běžných oprav nákladních a užitkových vozidel, také o výrobu a montáž nástaveb jako jsou sklápěcí korby, ramenové nakladače, hákové nosiče a montáž hydraulických systémů vč. hydraulických zvedacích ramen. Vybavení firmy umožňuje plnit zakázky i na zámečnické a strojírenské práce. [5]

8 TVORBA GRAFIKY

Důležitou oblastí při procesu gravírování byla tvorba a úprava obrázků tak, aby se s grafikou dalo bezproblémově pracovat v programu Siemens NX 8.5. Důležitým faktorem bylo zredukování počtu objektů a křivek, tak aby byl výsledný obrázek čitelný a přitom nebylo složité jeho naprogramování pro NC program.

8.1 Odstranění rušivých elementů

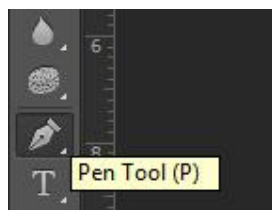
Při tvorbě grafiky ke gravírování se vycházelo z fotek, které obsahovali kromě žádaného předmětu i nežádoucí prvky. Jednalo se především o trávu, cestu, domy, stromy. Cílem práce v programu Adobe Photoshop bylo odstranění tohoto rušivého pozadí. Pokud by se pozadí zachovalo, převod fotky na křivky by nebyl ideální a došlo by vytvoření špatného výsledku.



Obr. 33 Zdrojový obrázek bez úprav [5]

8.1.1 Příkaz Pen Tool

Po otevření fotky přes volbu File – Open byl vyvolán tlačítkem, nebo klávesovou zkratkou P, příkaz Pen Tool.

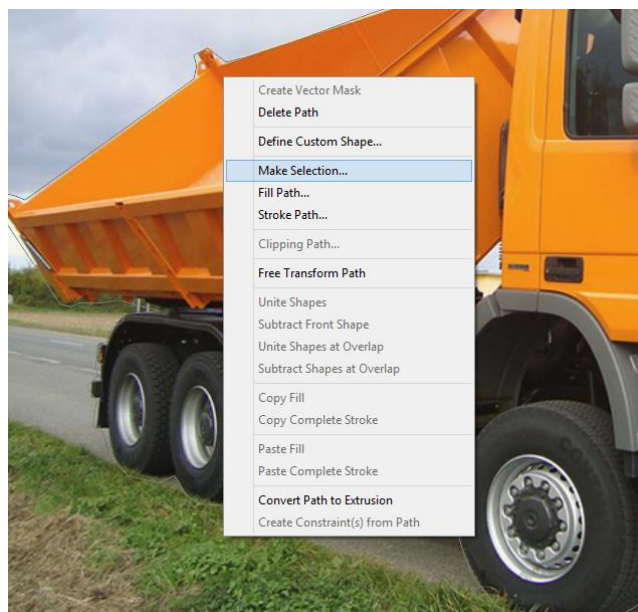


*Obr. 34 Příkaz Pen
Tool*

Pen Tool slouží k vytvoření křivky např. táhnuté podle obrysu nějakého tělesa. Nejprve se vytvoří počáteční bod. Klikáním okolo obrysu předmětu postupně až k počátečnímu bodu dojde k vytvoření uzavřené cesty, která je převedena volbou Make Selection na výběr.

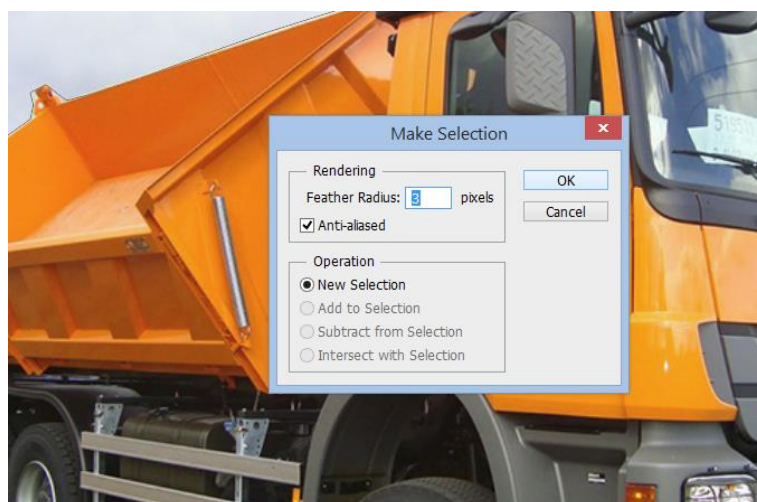


Obr. 35 Použití příkazu Pen Tool k vytvoření obrysu objektu



Obr. 36 Nabídka editace uzavřené křivky vytvořené příkazem Pen Tool

V nabídce Make Selection se volí Feather Radius, což je poloměr zjemnění v oblasti výběrové křivky. Je vhodné zvolit Feather Radius v rozmezí od 1-5 pixelů. Cesta zvolená příkazem Pen Tools se změnila na Selection, neboli výběr.

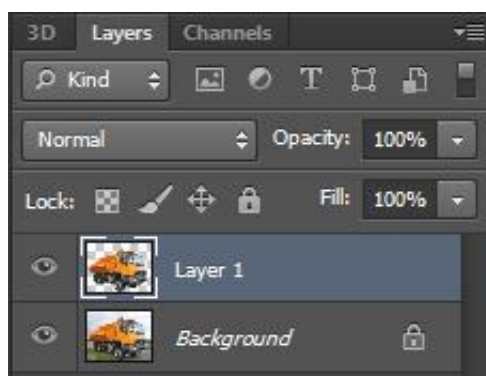


Obr. 37 Vytvoření výběru



Obr. 38 Výběrová křivka na obrysu objektu

Klávesou zkratkou kopírovat Ctrl + C a vložit Ctrl + V je tento výběr přenesen do nové vrstvy. Tlačítkem Visibility se zruší zobrazení původní vrstvy. Výsledkem je fotka s požadovaným objektem a odstraněným pozadím. Tuto fotku lze nyní použít k převodu na křivky.



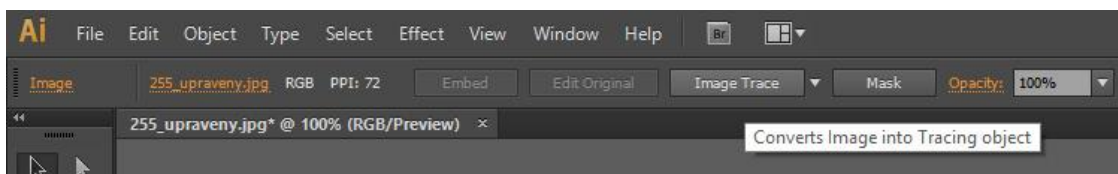
Obr. 39 Vložení výběru objektu do nové vrstvy



Obr. 40 Výsledný obrázek s ořezaným pozadím

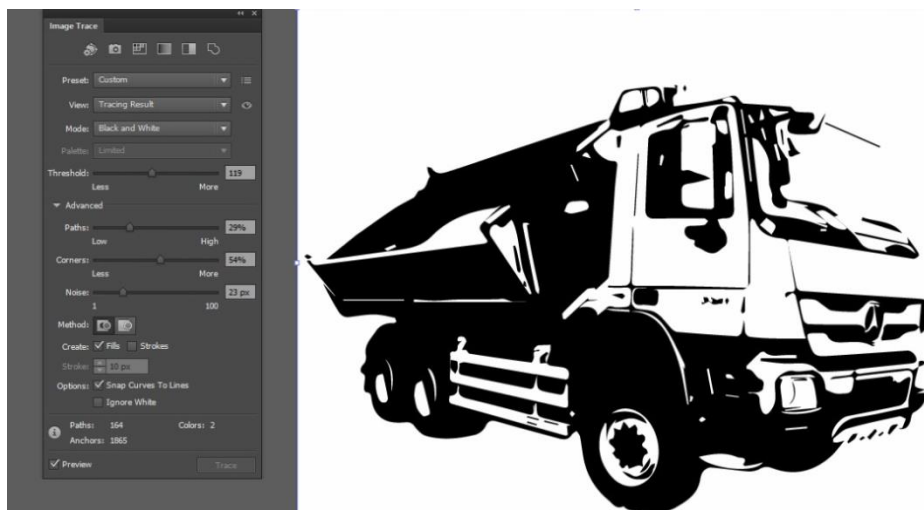
8.1.2 Převod na křivky

Upravená fotka v programu Adobe Photoshop CS6 se otevře v programu Adobe Illustrator. Klikem na vložený obrázek se zobrazí v horní liště menu s nabídkou Image Trace.

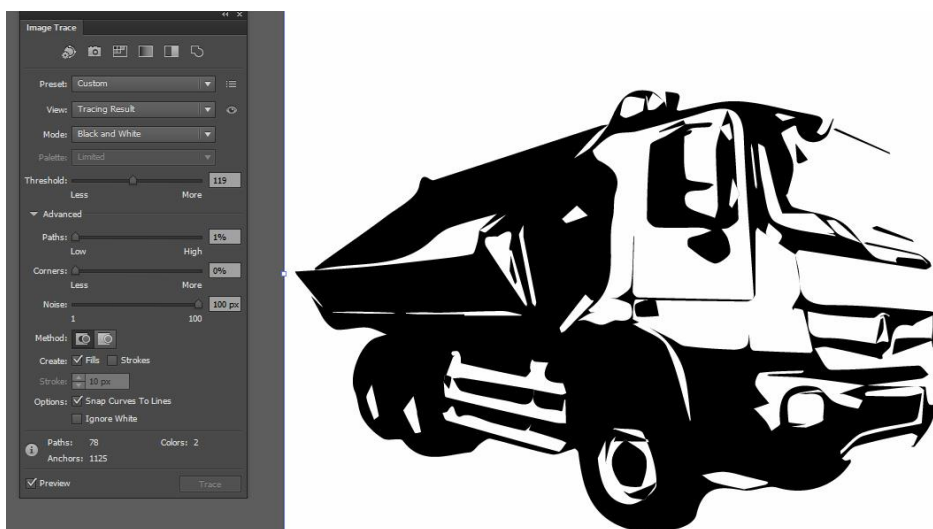


Obr. 41 Příkaz Image Trace

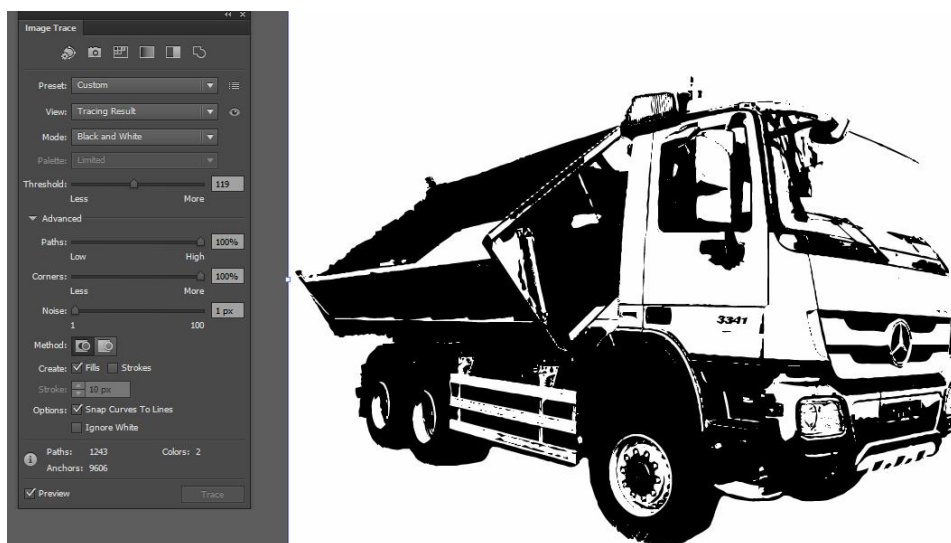
Po kliknutí na příkaz Image Trace se fotka převede na křivky. Jelikož gravírujeme do dvou barevných desek, použijeme volbu Mode – Black and White, tedy černo bílý obrázek. V pokročilém nastavení se volí procentuální množství cest, rohů a důležitého nastavení a tím je Noise, neboli ruch. Čím menší číslo tím více detailů, avšak musíme předpokládat, že s každým detailem roste počet objektů, se kterými se bude pracovat v programu pro tvorbu NC kódu a může tedy dojít ke zpomalení a celkové nestabilitě programu. Optimální nastavení se liší s každým obrázkem a je tím pádem unikátní, proto je vhodné dodržet podmínku zachování čitelnosti grafiky, při co nejnižším počtu objektů.



Obr. 42 Správně nastavená kvalita obrázku v příkazu Image Trace

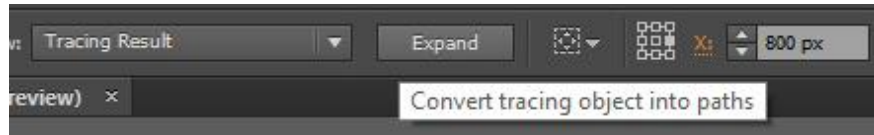


Obr. 43 Nejnižší možná kvalita obrázku nastavena v příkazu Image Trace



Obr. 44 Nejvyšší možná kvalita obrázku nastavena v příkazu Image Trace

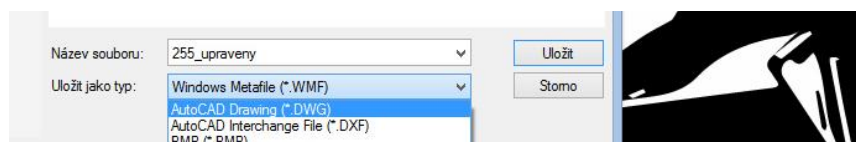
Po vhodném nastavení je zapotřebí fotku rozložit na křivky použitím příkazu Expand. Abychom dostali požadovaný výstupní formát, se kterým se bude dále pracovat v CAM programu exportujeme jako .DWG nebo .DXF soubor.



Obr. 45 Příkaz Expand, který převádí obrázek na křivky



Obr. 46 Výsledný obrázek v křivkách



Obr. 47 Export obrázku do kompatibilního CAD formátu

Vytvoření textu s malou velikostí fontu lze až v CAM programu, ale text s velkou velikostí fontu je vhodné vytvořit v programu Adobe Illustrator CS6 a to z důvodu, že CAM program vytvoří kód pouze pro obrys písmene, zatímco v Adobe Illustrator CS6 jsme schopni vytvořit text jako plochu. Příkazem Type Tool (T) vytvoříme text a v záložce Object zvolíme příkaz Expand a potvrdíme OK. Nyní byl vytvořen text, který je ve křivkách.

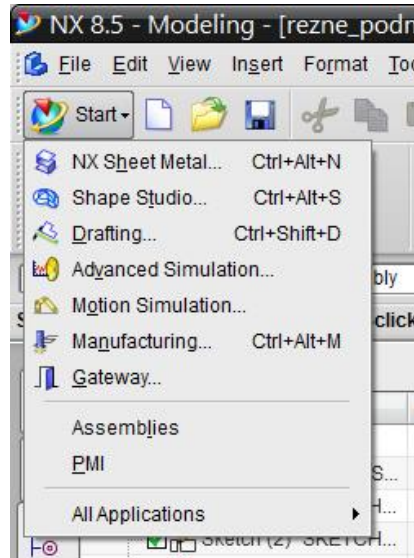


Obr. 48 Příklad textu, který je převedený na křivky a tvoří tak plochu

9 PRÁCE V PROGRAMU SIEMENS NX 8.5

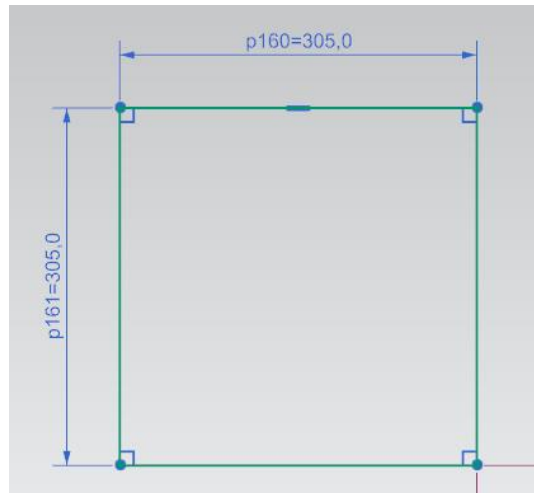
9.1 Základní plocha pro gravírování

Podle rozměru gravírovací desky, která byla rozříznuta na dvě poloviny o velikostech 305 mm x 305 mm byl vytvořen v programu Siemens NX 8.5 obdélník o stejných velikostech. Práce probíhala v prostředí Modelingu.



Obr. 49 Pracovní prostředí programu NX 8.5

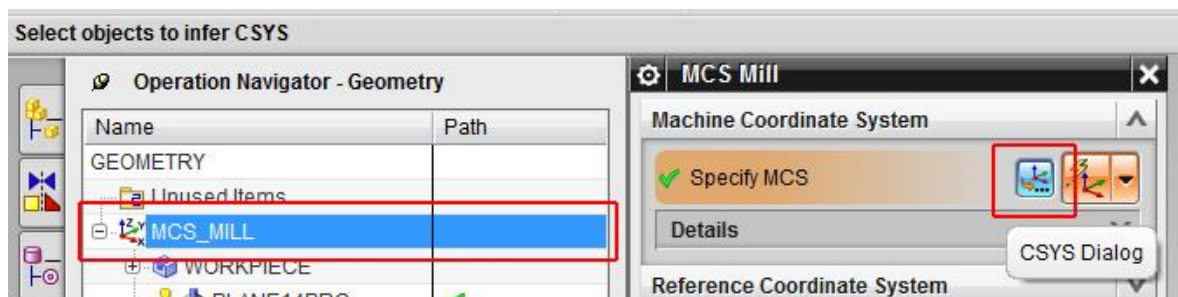
Tím byla vytvořena virtuální gravírovací deska. Cílem bylo zajistit hranice, aby nedošlo k přetažení gravírování za rozměr desky. Díky obdélníku lze také jednoduše rozmístit objekty po gravírovací ploše a zajistit tak ideální rozložení grafiky a textu.



Obr. 50 Narýsovaný obdélník, který tvoří pomyslnou gravírovací desku

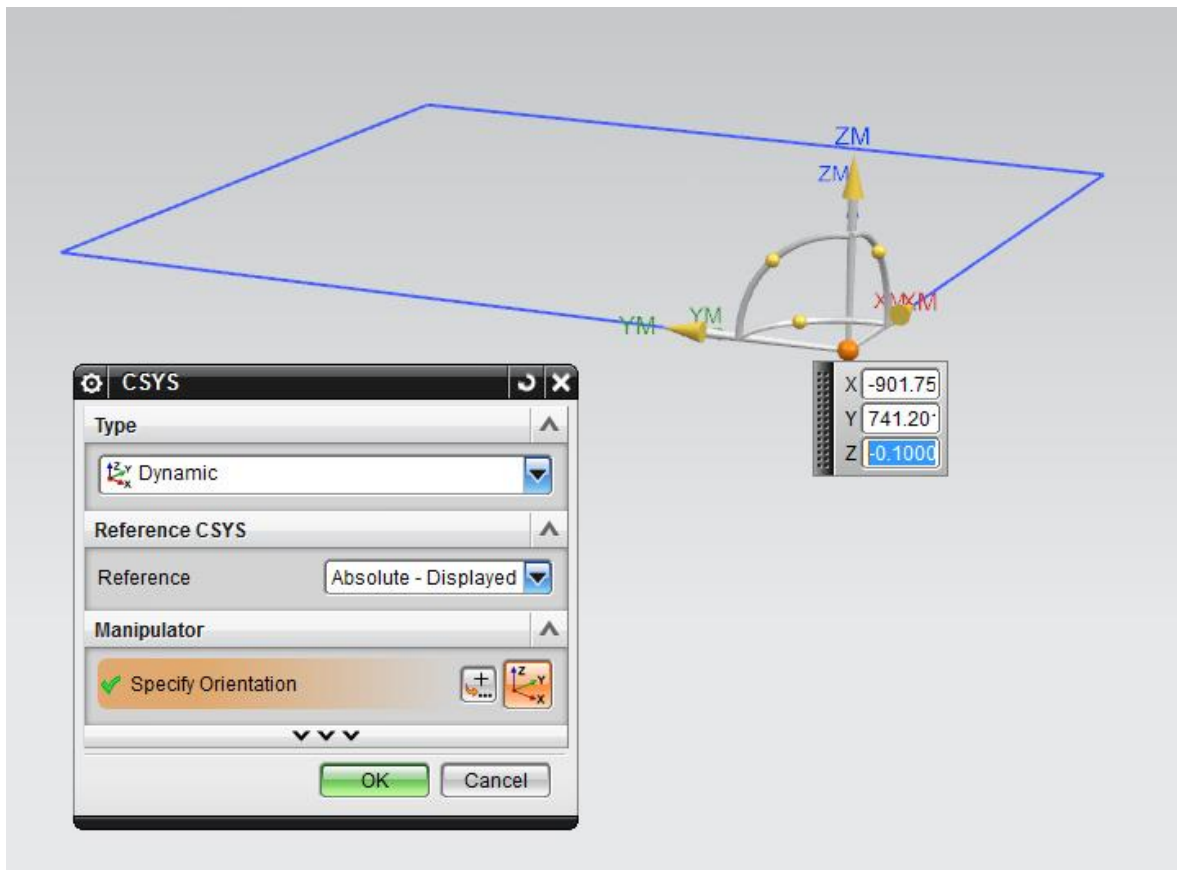
9.1.1 Nastavení počátku souřadnicového systému

V záložce Program View se nachází nastavení počátku souřadnicového systému. Tento počátek byl nastaven do levého dolního rohu. Souřadnice v ose Z byla nastavena vždy o negativní hodnotu tloušťky materiálu, např. pro desku o tloušťce 0,8 mm byla hodnota v ose Z nastavena na -0,8 mm.



Obr. 51 Nastavení počátku souřadnicového systému

To zaručuje, že obráběcí nástroj najede do polohy $Z = 0$ nastavené na CNC fréze a přitom bude o 0,8 mm výš. Ve výsledku se nástroj dotýká plochy desky a obrábí v hloubce, která je zadána v programu.

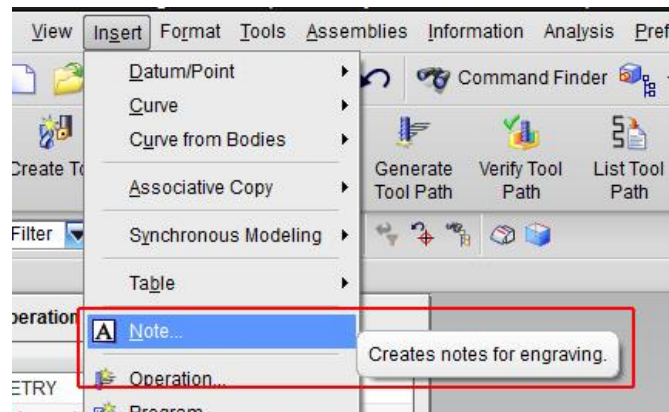


Obr. 52 Posunutí počátku souřadnicového systému o hodnotu tloušťky desky

9.2 Vložení textu

Text o menší velikosti fontu byl vložen v prostředí Manufacturing přes záložku Insert a tlačítko Note. Umístění textu je do roviny XY. Vzhledem k různým parametrům fontů byly testovány různé druhy písma. Písmo v programu NX 8.5 lze rozdělit do dvou kategorií:

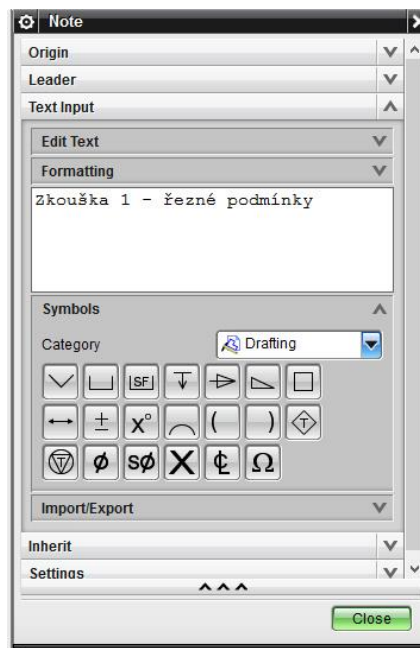
- Písmo programu NX – neobsahuje českou diakritiku, ale při gravírování je text tvořen jako křivka. Tento druh fontu je nepoužitelný pro české texty, avšak zkracuje strojní čas gravírování. Je vhodný pro cizojazyčné texty.
- Písmo z knihovny Windows – obsahuje českou diakritiku, ale při gravírování je text tvořen dvěma křivkami, vnitřní a vnější obrysové, pro každé písmeno zvlášť. Tento druh fontu je použitelný pro české texty, avšak prodlužuje strojní čas gravírování. Je vhodný pro české texty.



Obr. 53 Příkaz Note, který slouží k vložení textu

9.2.1 Nastavení textu

Nabídka nastavení pro daný text se skládá ze záložek, z nichž důležité jsou Text Input a Settings. Záložka Text Input slouží k editaci textu a vložení výkresových symbolů jako je například průměr - \varnothing .

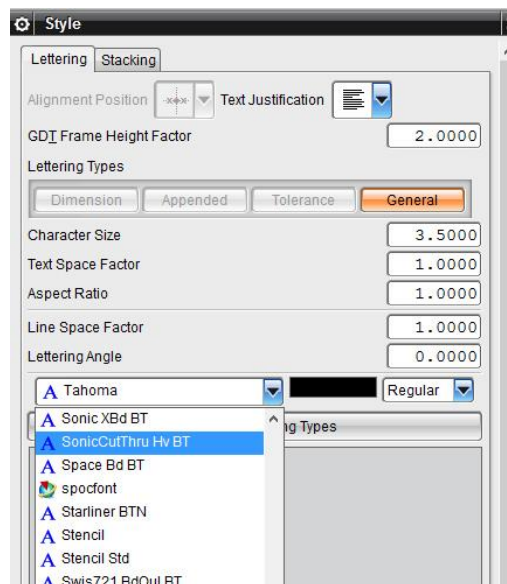


Obr. 54 Nabídka s nastavením a editací textu

Záložka Settings obsahuje důležité tlačítko Style. Zde je možné nastavit požadovaný font. Znakem „A“ jsou označeny fonty obsažené v knihovně Windows, znakem programu NX 8.5 jsou označeny lokální fonty z knihovny programu NX 8.5. Pole Character Size mění velikost písma.



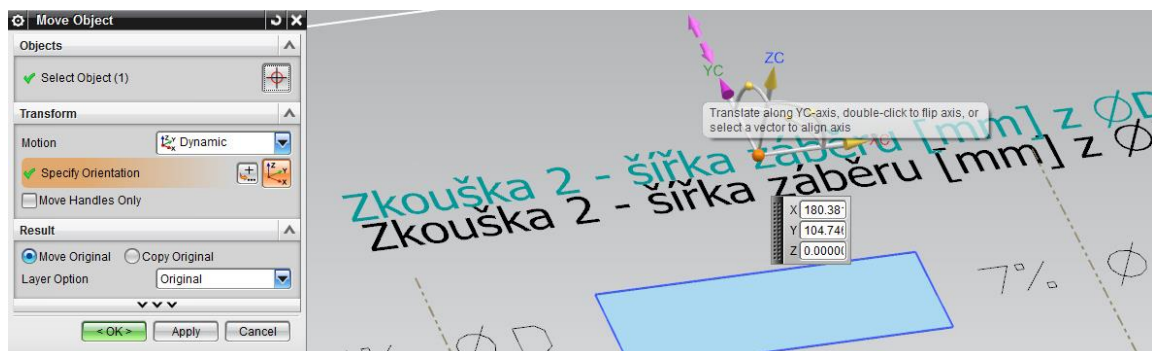
Obr. 55 Ikona nastavení stylu textu



Obr. 56 Volba fontu a jeho velikosti

9.2.2 Změna umístění textu

V panelu Edit se nachází tlačítko Move Object. Nejprve se vybere text, poté se zobrazí souřadnicový systém a tahem žluté šipky naznačující směr osy dojde k pohybu textu.



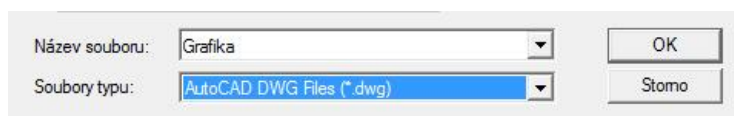
Obr. 57 Použití příkazu Move k přemístění textu

9.3 Vložení grafiky v křivkách

9.3.1 Import .DWG souboru

Import AutoCAD DWG souboru probíhá přes příkaz v záložce File a to Open. Ve výběrovém menu se vybere jako typ soubor AutoCAD DWG file a soubor se otevře tlačítkem

OK. Proběhne konvertování DWG souboru na PRT soubor, který je výstupním souborem programu NX 8.5.

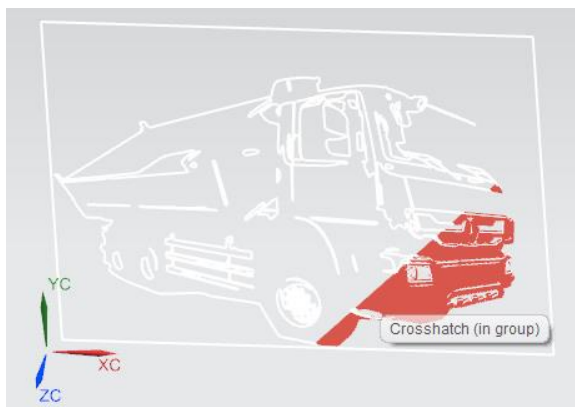


Obr. 58 Import souboru obsahující grafiku ve křivkách

9.3.2 Redukce objektů

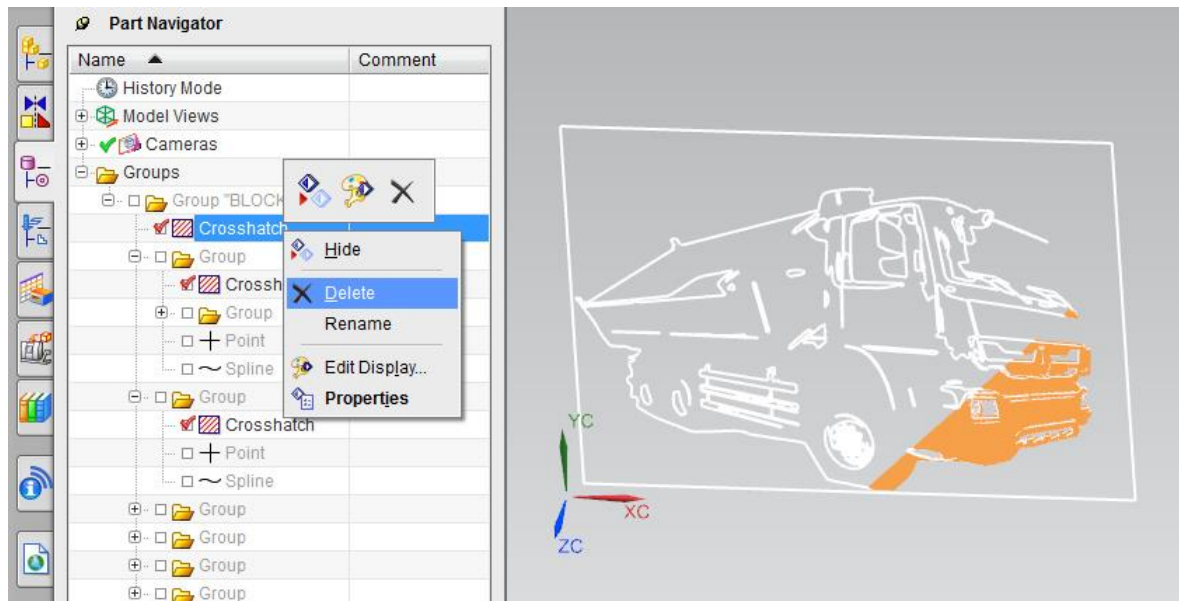
Aby práce v programu NX 8.5 probíhala plynule, je třeba dodržovat základní pravidlo odstranění co nejvyššího počtu přebytečných objektů při zachování čitelnosti grafiky. Zvláště na výkonně slabších počítačích je poznat zpomalení až nechtěné ukončení programu NX 8.5. Plynulost a množství objektů je ovlivněno velikostí operační paměti a rychlostí procesoru. Při použití 4 – jádrového procesoru o frekvenci 3,1 GHz a 8 GB paměti RAM je ideální počet objektů pro snadnou a plynulou práci 1000 – 2500.

Redukce nadbytečných objektů obsažených v importované grafice je provedena odstraněním šrafu, které vznikli jako chyba při převodu souboru.



Obr. 59 Přebytečné šrafy v grafice

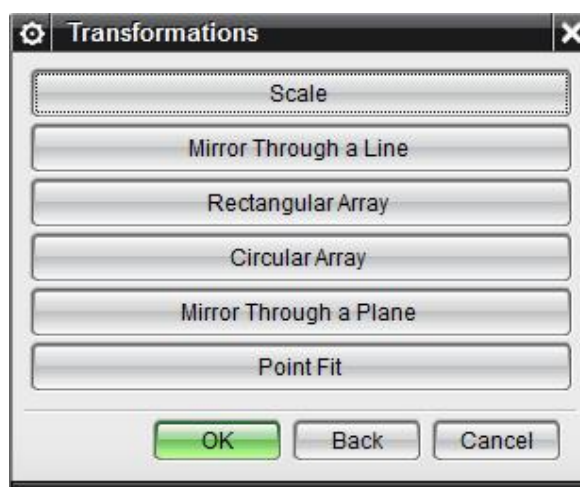
Práce probíhá v prostředí Modeling. Ve stromovém menu se nachází nabídka Groups. Ta se rozklikne až do nabídky, kde se zobrazí větší počet složek s názvem Group. Každá složka Group, neboli skupina, obsahuje Křivku, Spline, která je důležitá, protože po ní se povede dráha nástroje při gravírování, dále Point, který se taktéž zachová. Nejdůležitějším objektem, který je rušivý, se jmenuje Hatch, neboli šraf. Odstranění se provede v nabídce příkazem Delete. V každé skupině se provede stejná operace a dojde tím k výrazné redukci objektů a datové velikosti souboru.



Obr. 60 Strom s objekty, a příkaz Delete pro odstranění přebytečných šrafů

9.3.3 Umístění na virtuální gravírovací desku

Umístění do původně vytvořeného souboru s obdélníkem, který tvoří virtuální gravírovací desku, se provede pomocí označení všech objektů v nově upraveném zkonvertovaném souboru a následným zkopírováním do původního souboru, který obsahuje virtuální gravírovací desku, přes klávesovou zkratku Ctrl + C a vložení přes Ctrl + V. Grafika se umístí do prostoru v rovině XY. Příkazem Move se přesune na požadované místo. V nabídce Edit se dále nachází funkce Transform, která obsahuje příkaz Scale, díky němuž lze zmenšit, či zvětšit grafiku.



Obr. 61 Příkazy v nabídce Transformations

9.4 Nastavení řezných operací

Pro vytváření řezných operací slouží prostředí Manufacturing. V panelu Insert se nachází nabídky:

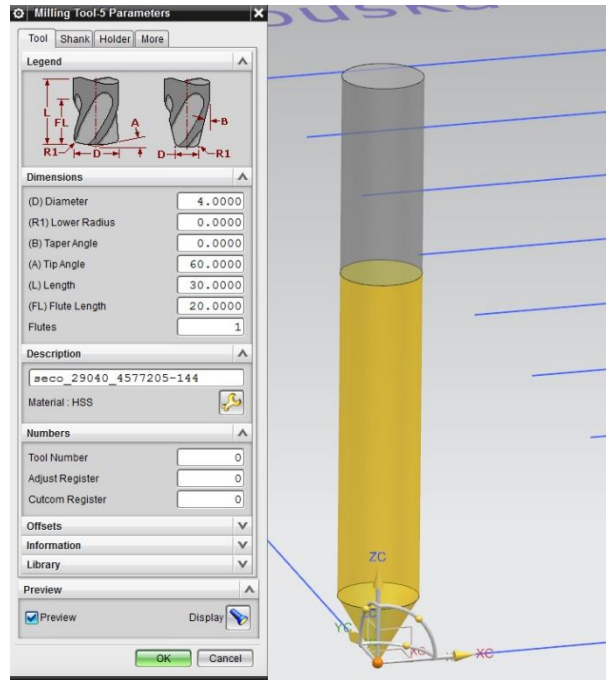
- Create Program – vytvoření nového programu. Lze si představit jako složku, do které se umístí řezné operace. Těmito složkami, programy, lze oddělit různé druhy řezných operací, například při výměně nástroje.
- Create Tool – vytvoření nového nástroje nebo načtení z knihovny nástrojů
- Create Geometry – vytvoření nového souřadnicového systému, obrobku např. při obrábění na více upnutích
- Create Method – výběr metody obrábění
- Create Operation – výběr strategie obrábění



Obr. 62 Panel Insert s příkazy pro obrábění

9.4.1 Nástroj

Ke gravírování byla použita jednobřitá fréza značky Seco s poloměrem 4 mm. Nástroj byl načten z knihovny UTB v nabídce Create Tool.



Obr. 63 Nastavení vlastností nástroje a vizuální zobrazení frézy

9.4.2 Konkrétní operace a stanovení řezných podmínek



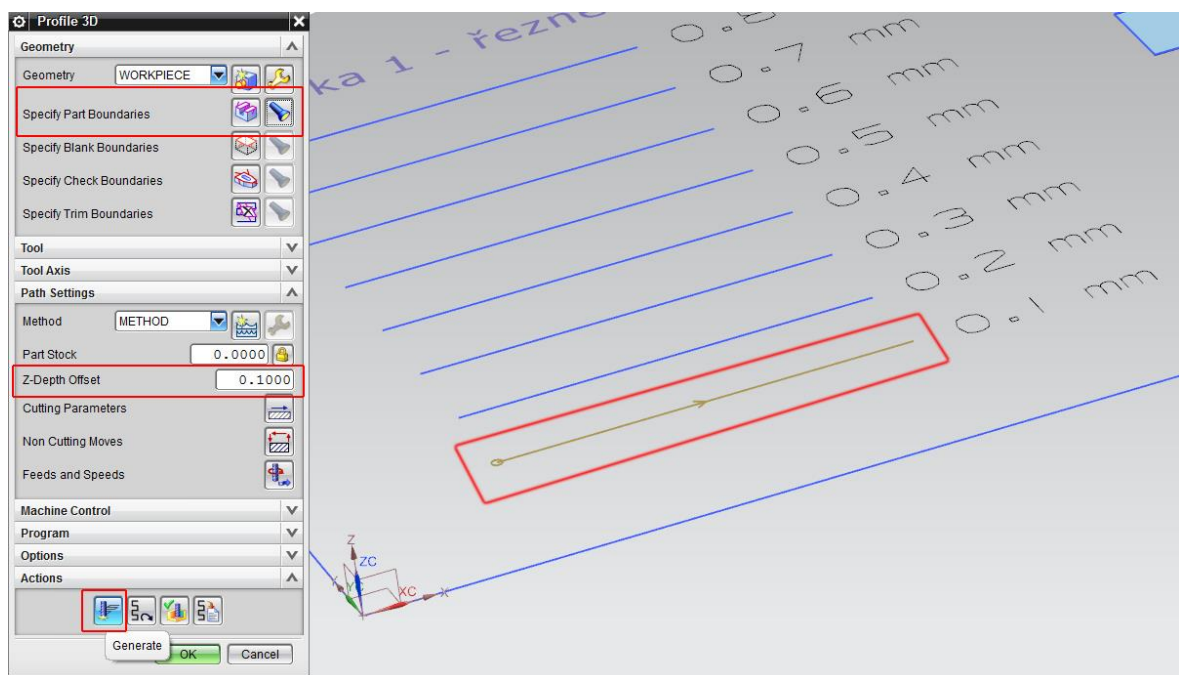
Obr. 64 Testovací návrh na gravírovací desku

9.4.2.1 Zkouška 1 – gravírování čáry

Důležitým faktorem při gravírování bylo stanovení vhodných řezných podmínek. Jako první se provedla zkouška hloubky záběru do materiálu. Nejprve byla narýsována série 8 čar, do kterých se postupně přidávaly operace s různými parametry.

Strategie obrábění byla zvolena Profil 3D. V nabídce Profil 3D jako Part Boundaries byla vždy zvolena ve skicáři nakreslená čára. Z-Depth Offset neboli hloubka záběru byla zvolena od 0,1 mm pro první čáru až po 0,8 mm pro poslední čáru.

V záložce Actions byla příkazem Generate vygenerována dráha nástroje.

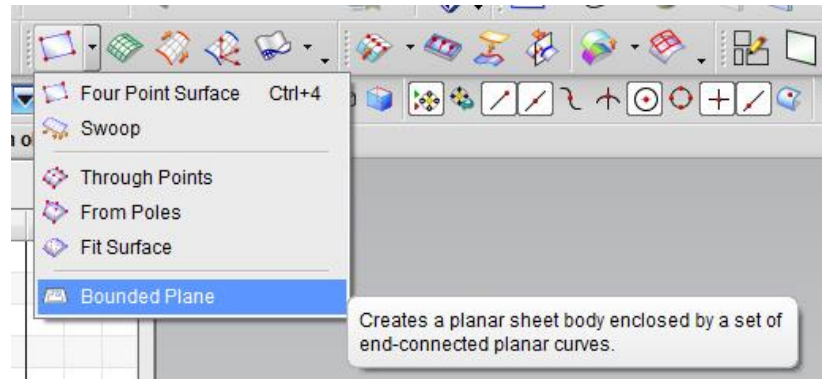


Obr. 65 Nastavení pro gravírování čáry nebo křivky

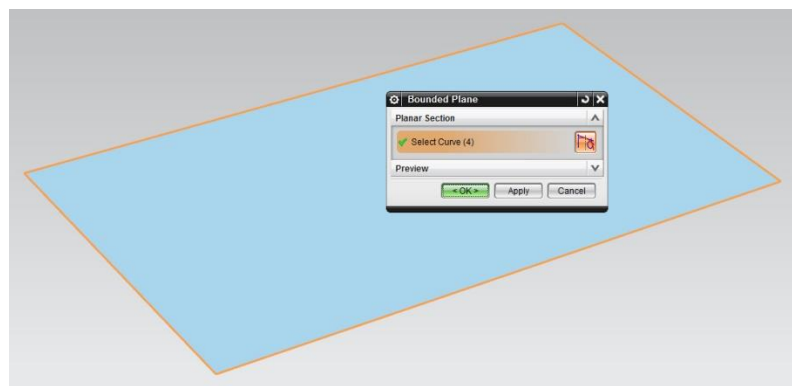
9.4.2.2 Zkouška 2 – gravírování plochy

Další nedílnou součástí, která se promítne především při gravírování grafiky, je šířka záběru. Jedná se o hodnotu udávanou v % z průměru nástroje, která charakterizuje, jak velký rozestup mezi obráběcími dráhami bude nástroj konat. Čím vyšší, tím méně kvalitní vygravírovanou plochu dostaneme, ale zkrátí se nám strojní čas.

Protože bylo cílem vytvořit plochu, práce probíhala v prostředí Shape Studio. Jako první byl ve skicáři nakreslen obdélník. Ke vzniku plochy z tohoto objektu byl použit příkaz Bounded Plane z panelu Surface. Příkaz funguje tak, že z vybrané uzavřené křivky vytvoří plochu.

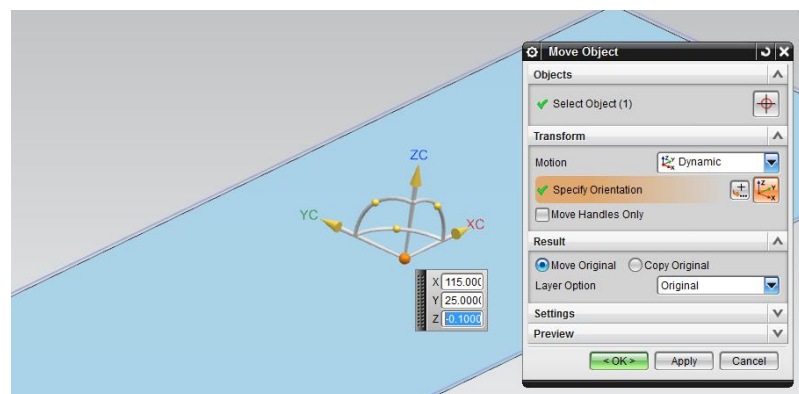


Obr. 66 Příkaz *Bounded Plane* sloužící k vytvoření plochy v uzavřené křivce



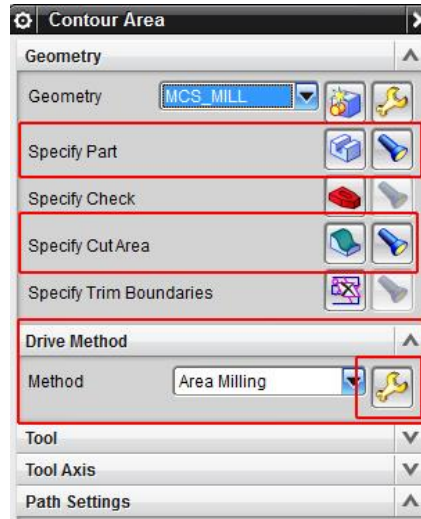
Obr. 67 Vytvořená plocha příkazem *Bounded Plane*

Pro stanovení řezných podmínek na vzniklé ploše bylo nastaveno zpět prostředí Manufacturing. Jako první krok bylo nutné posunout plochu v Z ose na hodnotu -0,1 mm, aby nástroj, který bude gravírovat plochu, obráběl do materiálu v hloubce 0,1 mm.



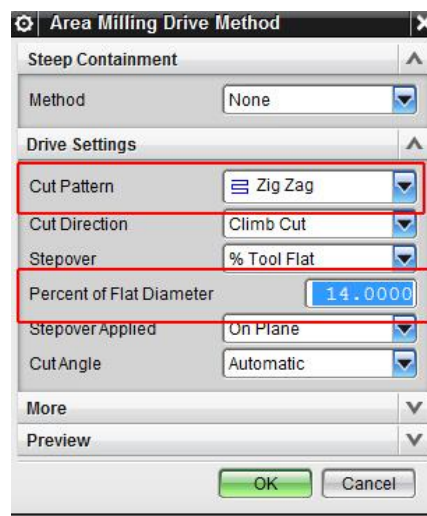
Obr. 68 Posunutí plochy o požadovanou hodnotu hloubky řezu pomocí příkazu *Move*

Strategie obrábění byla zvolena Contour Area. Contour Area slouží k frézování ploch a dokončovacím operacím. V nastavení operace byla jako Part a Cut Area nastavena obdélníková plocha.



Obr. 69 Základní nastavení pro operaci Contour Area, která slouží ke gravírování plochy

Hodnota % z průměru nástroje byla nastavena v nabídce Drive Method ikonou Edit. Její hodnoty byly zvoleny od 14% z průměru nástroje až po 3% z průměru nástroje. V nastavení Cut Pattern byla zvolena metoda obrábění Zig Zag. Došlo tím ke zkrácení strojního času.

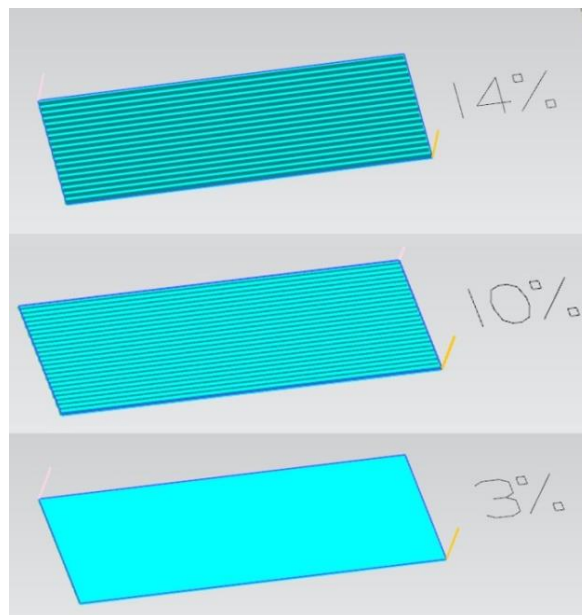


Obr. 70 Pokročilé nastavení metody obrábění a zvolení šířky záběru

V poslední řadě bylo provedeno vygenerování dráhy nástroje.



Obr. 71 Příkaz Generate sloužící k vygenerování dráhy nástroje



Obr. 72 Ukázka různé šířky záběru pro plochu

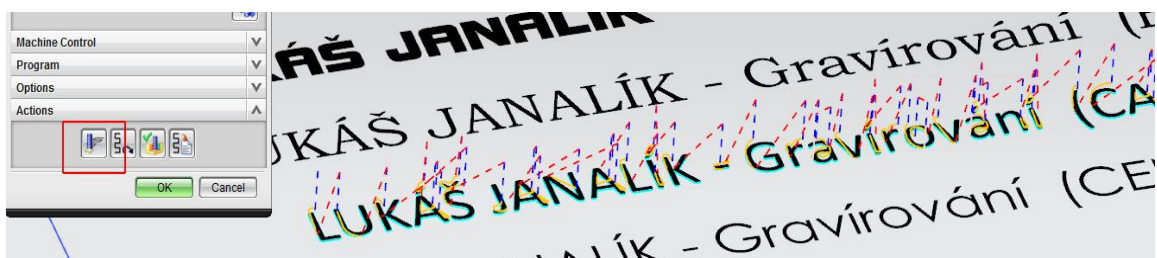
9.4.2.3 Zkouška 3 – gravírování textu

Předposlední zkouška byla zaměřena na test odlišných fontů z knihoven Windows a NX 8.5. Pro gravírování textu byla použita metoda Planar Text. Jako Drafting Text byl zvolen vytvořený text a jako Floor byla zvolena rovina XY. Hloubka řezu v nastavení Text Depth byla stanovena na 0,1 mm.



Obr. 73 Nastavení operace Planar Text pro gravírování textu do hloubky 0,1 mm

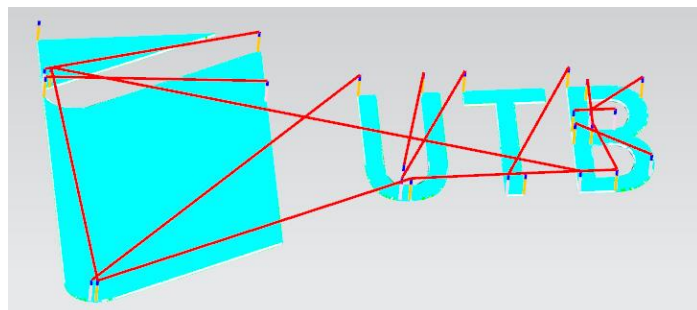
Opět bylo provedeno vygenerování dráhy nástroje.



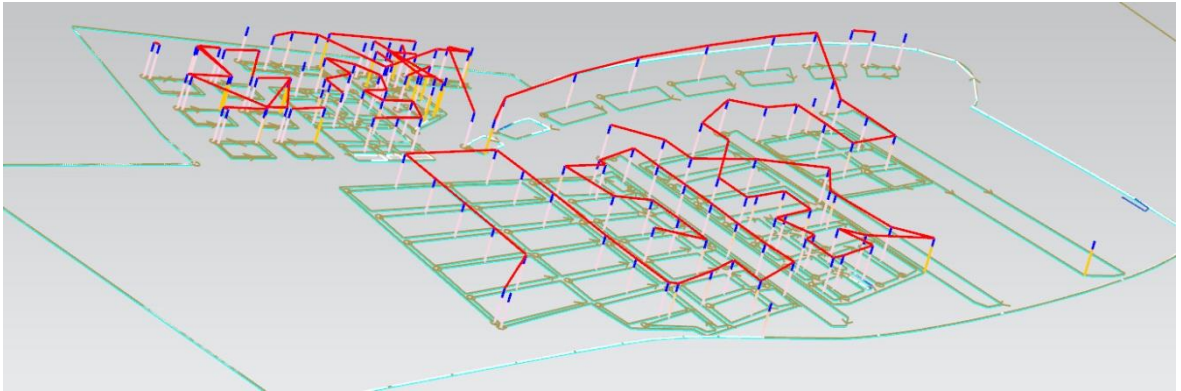
Obr. 74 Vygenerovaná dráha nástroje pro gravírování textu

9.4.2.4 Zkouška 4 – gravírování grafiky

Gravírování grafiky bylo rozděleno na dvě operace a to Profile 3D pro grafiku tvořenou v křivkách a Contour Area pro plochy. U ploch byla opět vytvořena plocha přes příkaz Bounded Plane a příkazem Move posunuta do $Z = -0,1$ mm. Následně bylo možné nastavit parametry operace a vygenerovat dráhu nástroje. Gravírování křivkové grafiky bylo složitější v tom, že program NX 8.5 nedokázal vygenerovat dráhu nástroje pro všechny vybrané křivky naráz, a proto bylo nutné operace rozdělit.



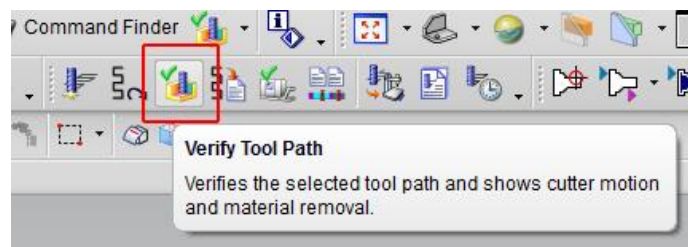
Obr. 75 Vygenerovaná dráha nástroje pro plochu, která tvoří logo školy



Obr. 76 Vygenerovaná dráha nástroje pro křivkovou grafiku

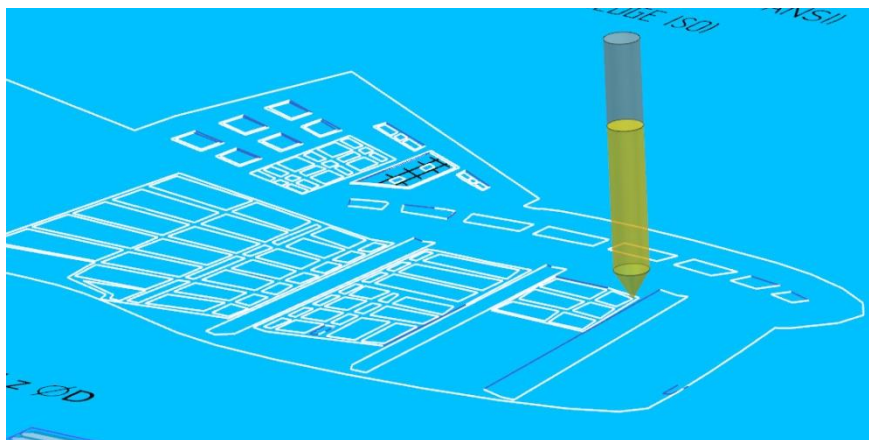
9.4.3 Post process

Po vytvoření všech operací rozdělených do jednotlivých programů byl vyvolán příkaz Verify Tool Path.



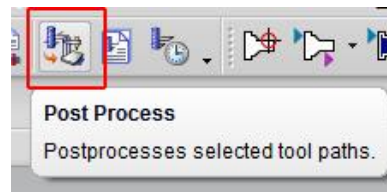
Obr. 77 Příkaz Verify Tool Path sloužící k simulaci dráhy nástroje

Tato volba ukazuje animaci dráhy nástroje a je tedy možné zjistit přesné pohyby a přechody nástroje, aby se předešlo kolizi se závažím.

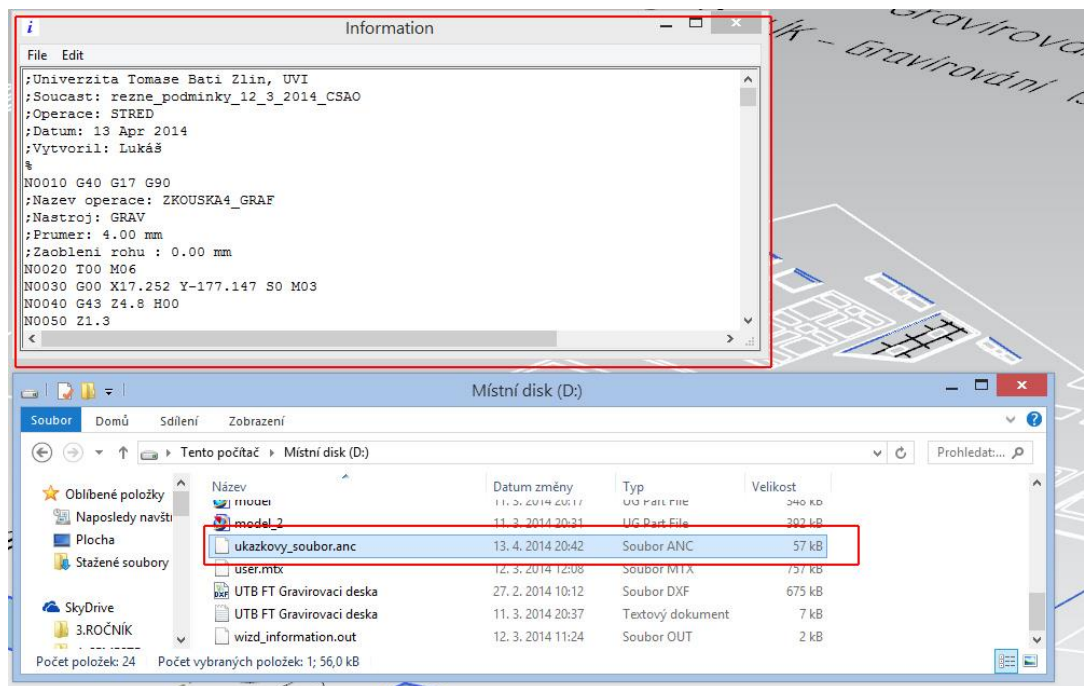


Obr. 78 Ukázka zobrazení simulace dráhy nástroje v 2D režimu

Jako poslední krok se provedlo vygenerování CNC kódu pro frézku AZK HWT C-442. Provádí se příkazem Post Process, který vytvoří výstupní soubor s koncovkou .anc.



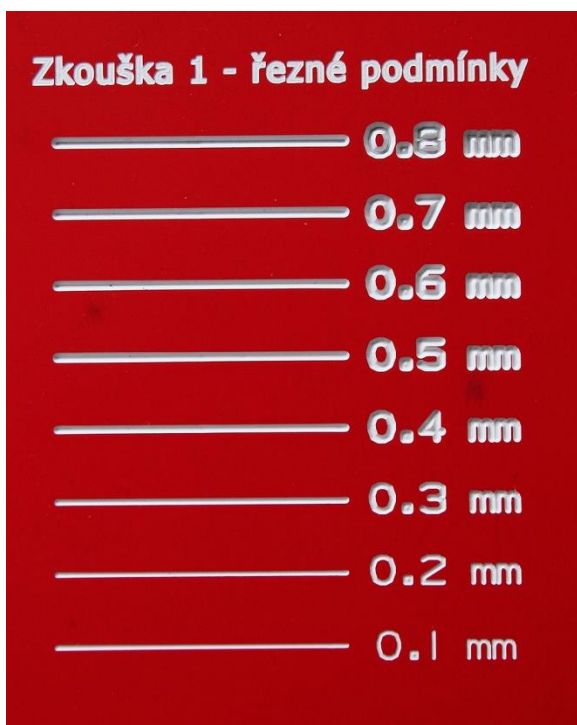
Obr. 79 Příkaz Post Process sloužící k vytvoření kódu pro frézku



Obr. 80 Výstupní soubor po použití post processoru.

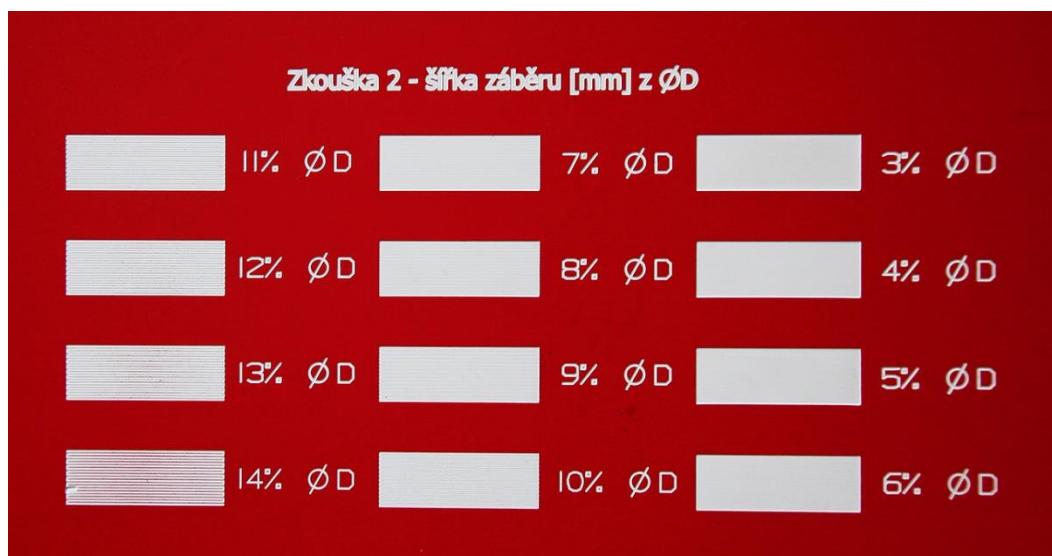
10 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Z vygravírované zkušební desky viditelně vyplivají výsledné a nejlepší řezné podmínky. Hloubka řezu do materiálu je vizuálně nejhezčí v hodnotách 0,1 mm a 0,2 mm. Text, který odpovídá hloubce řezu 0,3 mm a 0,4 mm, začíná splývat. To je dáno větší obráběcí plochou nástroje. U textu, který nebude v knihovně NX 8.5, ale bude z knihovny Windows, se každé písmeno gravíruje jako vnitřní a vnější obrys, došlo by tedy ještě k většímu splnutí textu, a proto byla stanovena optimální hloubka řezu 0,1 mm.



Obr. 81 Výsledek testování hloubky řezu

Šířka záběru na plochách je s klesajícím procentem průměru nástroje vizuálně hezčí, ale s nižšími hodnotami roste strojní čas. Vzhledem k tomu, že cílem je vytvořit téměř hladkou plochu, která i opticky bude reprezentativní, byla šířka záběru stanovena na 4% z průměru nástroje, tedy 0,16 mm.



Obr. 82 Výsledek testování šířky záběru

Po zkoušce stylu fontů byly vybrány fonty Century Gothic, Calibri a Simplex. Jedná se o nejlépe čitelné fonty při hloubce řezu 0,1 mm. Všechny jmenované obsahují českou diakritiku a jsou tedy velice vhodné pro použití při gravírování textu.



Obr. 83 Výsledek testování fontů

Poslední zkouška gravírování grafiky byla především souhrn všech předchozích zkoušek. Plocha vygravírovaná s šířkou záběru 0,16 mm a hloubkou řezu 0,1 mm v podobě loga UTB byla vizuálně vynikající. Obraz školy skládající se z křivek, které byly gravírovány s hloubkou řezu 0,1 mm, byl dobře rozpoznatelný a viditelný.



Obr. 84 Výsledek testování grafiky

Vygravírované desky byly nastříhány a použity v praxi ve firmě CSAO spol. s r.o. jako informační tabule a štítky na dveře.



Obr. 85 Použití informační cedule na skleněných dveřích



Obr. 86 Použití vygravírovaného loga na přepážce účtárny



Obr. 87 Použití informační cedule na poštovní schránce



Obr. 88 Příklad použití štítků na dveřích

ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla řešena technologie gravírování. Teoretická část byla věnována frézování, dále pak historii gravírování až k moderním laserovým strojům, díky nimž lze gravírovat s vysokou přesností a rychlostí.

Praktická část obsahuje popis použitého obráběcího zařízení a nastavení referenčního bodu. Dále pak použité materiály a jejich upnutí na obráběcím stole. Největší prostor byl věnován přesnému popisu tvorby grafiky a textu v grafických programech a CAD programu. Důležitým výsledkem bylo stanovení vhodných rezných podmínek pro proces gravírování tak, aby byl výsledný text čitelný, grafika dobře rozpoznatelná a plochy bez zbytkového materiálu, při zachování co nejkratších strojních časů.

Na obr. 86 lze pozorovat, jak s narůstající hloubkou řezu gravírovaná čára sílí a text je značně nečitelný. Jelikož je text nejlépe čitelný pro hloubku řezu 0,1 mm, tak byla tato hodnota stanovena jako optimální.

Na obr. 87 je vidět jak s nastavením menší šířky záběru mizí zbytkový materiál a plocha se stává hladší a kvalitnější. Vzhledem k tomu, že poslední tři nejmenší hodnoty se v kvalitě plochy příliš nelišily, byla jako optimální hodnota stanovena šířka záběru 4% z průměru nástroje.

Při tvorbě textu s fonty, obsahující českou diakritiku, tedy fonty obsažené v knihovně Windows, docházelo ke gravírování nejprve vnitřního a poté vnějšího obrysu písmene. Při použití fontů z knihovny CAD programu proběhlo gravírování textu správně, avšak problémem byl v absenci diakritiky. Nejvhodnější fonty byly stanoveny Century Gothic, Calibri a Simples, protože obsahovaly českou diakritiku a byly dobře čitelné.

Podle výsledných hodnot byly stanoveny rezné podmínky pro gravírování informačních cedulí pro firmu CSAO spol. s r.o., které jsou nyní používány.

Závěrem lze zhodnotit, že celá výroba proběhla bez problémů a díky správně zvoleným hodnotám bylo dosaženo kvalitního výsledku, který se nyní používá v praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Acrylonitrile butadiene styrene. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene
- [2] *Ceník deskových materiálů* [online]. 2013 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: <http://www.gravotech.cz/produkty/material/cenik-deskovych-materialu-pro-gravirovani.pdf>
- [3] Číslicové řízení. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%ADslicov%C3%A9_%C5%99%C3%ADzen%C3%AD
- [4] Co jsou to CNC stroje. In: *Návody a rady obráběcí stroje a technika*. [online]. 2014 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: <http://www.strojnet.cz/clanky/obrabeci-stroje-cnc.php>
- [5] *CSAO, spol. s r.o.* [online]. 2006 [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://www.csao-km.cz/>
- [6] Engraving. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Engraving>
- [7] Frézování. In: *Technologie a zařízení* [online]. 2012 [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/T/T16.pdf>
- [8] Gravírování. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Grav%C3%ADrov%C3%A1n%C3%AD>
- [9] *Gravotech* [online]. 2013 [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://www.gravotech.cz/>
- [10] HVĚZDA, Petr. *CNC výroba tvarové součásti*. Zlín, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství.
- [11] INDRA, Jaroslav. *Hrubovací frézování rovinných a prostorových tvarových ploch na CNC strojích*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké Účení Technické v Brně, Fakulta Strojního Inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

- [12] KNOTEK, Stanislav. Články: Tvoříme. *Český kutil.cz* [online]. 2007 [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://www.ceskykutil.cz/technika-gravirovani-je-oblibena-i-dnes>
- [13] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie výroby II: Řešené příklady* [online]. 2002 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnVyroby_II.pdf
- [14] MÁDL, Jan a Jaroslav BARCAL. *Základy technologie II*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 420 s. ISBN 80-010-2610-8.
- [15] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha: MM publishing, 2010. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [16] PÁČ, Jiří. *Programování, verifikace a výroba součástí na CNC stroji*. Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta Technologická, Ústav výrobního inženýrství.
- [17] Příručka obrábění. Taegutec [online]. 2013 [cit. 2014-02-23]. Dostupné z: http://www.taegutec.cz/innotool/prirucka_obrabeni_2114.pdf
- [18] PAGÁČ, Marek. *Obráběcí stroje: Automatická výměna nástrojů. Český informační portál Průmysl.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.prumysl.cz/obrabeci-stroje-automaticka-vymena-nastroju/>
- [19] DOBEŠ, Petr. *Současné trendy v oblasti kapalin pro obrábění. MM Průmyslové spektrum* [online]. 2007 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/soucasne-trendy-v-oblasti-kapalin-pro-obrabeni.html>
- [20] *Základní informace o produktech. TOSHULIN* [online]. 2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.toshulin.cz/stranka.asp?idstranka=4&mapa=13&l=CZ>
- [21] *MT nástroje* [online]. 2014 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.i-frezy.cz/>
- [22] *MASTURN 54 CNC LIVE TOOL. Kovo Kurent* [online]. 2007 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.kovokunert.cz/strojni-vybaveni/masturn-54-cnc-live-tool>
- [23] *Introduction to CNC. ManufacturingET: Engineering Technology* [online]. 2012 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.manufacturinget.org/home/4476-computer-aided-manufacturing/introduction-to-cnc/>

- [24] CNC Machine Overview and Computer Numerical Control History. *CNCCookbook* [online]. 2013 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.cnccookbook.com/CCNCMachine.htm>
- [25] *MIKRON Moravia, s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.mikronmoravia.cz/>
- [26] Upínání nástrojů. *Winter Servis* [online]. 2013 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schunk/n_tendo

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CNC	Computer Numerical Control
NC	Numeric Control
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
v_c	Řezná rychlost
D	Průměr nástroje
n	Otáčky vřetene
v_f	Velikost posuvu
f_z	Posuv na zub
z	Počet efektivních břitů na nástroji
f_n	Posuv na otáčku
a_{max}	Maximální průřez třísky
φ_{max}	Úhel posuvového pohybu
S_t	Střední tloušťka třísky
b	Šířka odběru třísky
V	Objem odebraného materiálu
t	čas
a_s	Střední průřez třísky
c	Délka řezné hrany v záběru
l_t	Délka záběrového oblouku
λ	Úhel sklonu zubů frézy
p	Měrný řezný odpor
P_e	Příkon elektromotoru
F_z	Řezná síla

η	Účinnost
t_s	Strojní čas
s	Posuvová rychlost
i	Počet záběrů
MIT	Massachusetts Institute of Technology
a_e	Hloubka řezu
a_p	Šířka záběru
mm	Milimetr
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
°C	Teplota
UV	Ultrafialové záření
P	Příkaz Pen Tool
Ctrl	Klávesa Control
DWG	Drawing (formát výstupního dokumentu)
DXF	Drawing Exchange Format (formát výstupního dokumentu)
PRT	Vstupní formát soubor v programu Siemens NX 8.5
T	Příkaz Type Tool (text)
OK	Potvrzení
%	Procento
\emptyset	Průměr
GHz	Gigahertz
GB	Gigabyte
RAM	Random-access memory (počítačová paměť+)
2D	2dimenze
3D	3dimenze

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Charakteristika výrobní metody</i>	12
<i>Obr. 2 Nesousledné frézování</i>	13
<i>Obr. 3 Sousledné frézování</i>	13
<i>Obr. 4 Čelní frézování</i>	14
<i>Obr. 5 CNC vodorovná frézka LH500A [25]</i>	15
<i>Obr. 6 CNC svislá frézka VMC 117S [25]</i>	15
<i>Obr. 7 Stolová frézka B3K [25]</i>	16
<i>Obr. 8 Válcové frézy [21]</i>	16
<i>Obr. 9 Čelní válcová fréza [21]</i>	17
<i>Obr. 10 Kotoučové frézy [21]</i>	17
<i>Obr. 11 Příklad gravírování britského umělce George Cruikshanka z roku 1982 [6]</i>	20
<i>Obr. 12 Příklady ručního rydla [12]</i>	21
<i>Obr. 13 Gravírovací pantograf Gravograph IM3[9]</i>	22
<i>Obr. 14 CNC gravírka Gravograph IS200 - malá CNC gravírka vhodná i pro náročnější aplikace [9]</i>	23
<i>Obr. 15 Velký CO2 laser Gravograph LS900 [9]</i>	24
<i>Obr. 16 Příklady materiálů vhodných pro gravírování</i>	24
<i>Obr. 17 stroj MASTURN 54 CNC [22]</i>	25
<i>Obr. 18 První NC stroj s výměnou nástroje [24]</i>	26
<i>Obr. 19 Děrová páska obsahující instrukce k pohybu na stroji [23]</i>	26
<i>Obr. 20 Správný odvod třísek je důležitým faktorem při obrábění [20]</i>	28
<i>Obr. 21 Upínací systém nástroje [26]</i>	29
<i>Obr. 22 Řetězový zásobník nástrojů ATC 2050 [18]</i>	29
<i>Obr. 23 Používané chladicí mazací kapaliny [19]</i>	30
<i>Obr. 24 Podpora CAD/CAM</i>	31
<i>Obr. 25 Technologický postup od návrhu až po výrobu</i>	32
<i>Obr. 26 CNC Frézka HWT C-442 CNC</i>	35
<i>Obr. 27 Dialogové okno pro volbu rychlostí ručního posuvu</i>	36
<i>Obr. 28 Nulování pomocí NC najíždějící kostky s úchylkoměrem</i>	37
<i>Obr. 29 Upínací systém gravírovací desky</i>	38
<i>Obr. 30 Gravírovací materiály Gravoply 1 a Gravoply 2</i>	39
<i>Obr. 31 Gravírovací desky Gravoply 1</i>	40

<i>Obr. 32 Materiály Gravoply 2</i>	41
<i>Obr. 33 Zdrojový obrázek bez úprav [5]</i>	43
<i>Obr. 34 Příkaz Pen Tool</i>	44
<i>Obr. 35 Použití příkazu Pen Tool k vytvoření obrysu objektu</i>	44
<i>Obr. 36 Nabídka editace uzavřené křivky vytvořené příkazem Pen Tool</i>	45
<i>Obr. 37 Vytvoření výběru</i>	45
<i>Obr. 38 Výběrová křivka na obrysu objektu</i>	46
<i>Obr. 39 Vložení výběru objektu do nové vrstvy</i>	46
<i>Obr. 40 Výsledný obrázek s ořezaným pozadím</i>	47
<i>Obr. 41 Příkaz Image Trace</i>	47
<i>Obr. 42 Správně nastavená kvalita obrázku v příkazu Image Trace</i>	48
<i>Obr. 43 Nejnižší možná kvalita obrázku nastavena v příkazu Image Trace</i>	48
<i>Obr. 44 Nejvyšší možná kvalita obrázku nastavena v příkazu Image Trace</i>	48
<i>Obr. 45 Příkaz Expand, který převádí obrázek na křivky</i>	49
<i>Obr. 46 Výsledný obrázek v křivkách</i>	49
<i>Obr. 47 Export obrázku do kompatibilního CAD formátu</i>	49
<i>Obr. 48 Příklad textu, který je převedený na křivky a tvoří tak plochu</i>	50
<i>Obr. 49 Pracovní prostředí programu NX 8.5</i>	51
<i>Obr. 50 Narýsovaný obdélník, který tvoří pomyslnou gravírovací desku</i>	52
<i>Obr. 51 Nastavení počátku souřadnicového systému</i>	52
<i>Obr. 52 Posunutí počátku souřadnicového systému o hodnotu tloušťky desky</i>	53
<i>Obr. 53 Příkaz Note, který slouží k vložení textu</i>	54
<i>Obr. 54 Nabídka s nastavením a editací textu</i>	54
<i>Obr. 55 Ikona nastavení stylu textu</i>	55
<i>Obr. 56 Volba fontu a jeho velikosti</i>	55
<i>Obr. 57 Použití příkazu Move k přemístění textu</i>	55
<i>Obr. 58 Import souboru obsahující grafiku ve křivkách</i>	56
<i>Obr. 59 Přebytné šrafy v grafice</i>	56
<i>Obr. 60 Strom s objekty, a příkaz Delete pro odstranění přebytných šrafů</i>	57
<i>Obr. 61 Příkazy v nabídce Transformations</i>	57
<i>Obr. 62 Panel Insert s příkazy pro obrábění</i>	58
<i>Obr. 63 Nastavení vlastností nástroje a vizuální zobrazení frézy</i>	59
<i>Obr. 64 Testovací návrh na gravírovací desku</i>	59

<i>Obr. 65 Nastavení pro gravírování čáry nebo křivky</i>	60
<i>Obr. 66 Příkaz Bounded Plane sloužící k vytvoření plochy v uzavřené křivce</i>	61
<i>Obr. 67 Vytvořená plocha příkazem Bounded Plane</i>	61
<i>Obr. 68 Posunutí plochy o požadovanou hodnotu hloubky řezu pomocí příkazu Move</i>	61
<i>Obr. 69 Základní nastavení pro operaci Contour Area, která slouží ke gravírování plochy</i>	62
<i>Obr. 70 Pokročilé nastavení metody obrábění a zvolení šířky záběru</i>	62
<i>Obr. 71 Příkaz Generate sloužící k vygenerování dráhy nástroje</i>	63
<i>Obr. 72 Ukázka různé šířky záběru pro plochu</i>	63
<i>Obr. 73 Nastavení operace Planar Text pro gravírování textu do hloubky 0,1 mm</i>	64
<i>Obr. 74 Vygenerovaná dráha nástroje pro gravírování textu</i>	64
<i>Obr. 75 Vygenerovaná dráha nástroje pro plochu, která tvoří logo školy</i>	64
<i>Obr. 76 Vygenerovaná dráha nástroje pro křivkovou grafiku</i>	65
<i>Obr. 77 Příkaz Verify Tool Path sloužící k simulaci dráhy nástroje</i>	65
<i>Obr. 78 Ukázka zobrazení simulace dráhy nástroje v 2D režimu</i>	65
<i>Obr. 79 Příkaz Post Process sloužící k vytvoření kódu pro frézku</i>	66
<i>Obr. 80 Výstupní soubor po použití post processoru</i>	66
<i>Obr. 81 Výsledek testování hloubky řezu</i>	67
<i>Obr. 82 Výsledek testování šířky záběru</i>	68
<i>Obr. 83 Výsledek testování fontů</i>	68
<i>Obr. 84 Výsledek testování grafiky</i>	69
<i>Obr. 85 Použití informační cedule na skleněných dveřích</i>	69
<i>Obr. 86 Použití vygravírovaného loga na přepážce úctárny</i>	69
<i>Obr. 87 Použití informační cedule na poštovní schránce</i>	70
<i>Obr. 88 Příklad použití štítků na dveřích</i>	70

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Parametry frézky HWT C-442 [10]</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 2. Vlastnosti materiálu Gravoply 1 [2]</i>	<i>40</i>

SEZNAM PŘÍLOH