

Ruční a strojní programování součástí pro CNC soustruh

Jiří Kovář

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří KOVÁŘ
Osobní číslo: T10270
Studijní program: B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení
Forma studia: prezenční

Téma práce: Ruční a strojní programování součástí pro CNC soustruh

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická rešerše na dané téma
2. Modelování rotačních součástí v CAD software
3. Programování zadaných rotačních součástí pro CNC soustruh s porovnáním metod strojního a ručního programování
4. Verifikace strategie obrábění při strojním programování a výroba součástí

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

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

JANDEČKA, K. Postprocesory a programování NC strojů. Ústí nad Labem, 2007.

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

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

MAREK, J. Konstrukce CNC obráběcích strojů. Praha: MM Publishing, 2010. 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

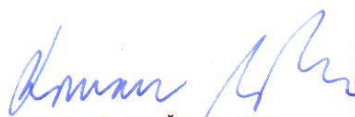
Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

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

.....

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 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, 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 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

Bakalářská práce se zabývá programováním zadaných součástí pro CNC soustruh Hanwha SL16S. Je použita metoda ručního programování a srovnávána s metodou strojního programování za pomoci CAD/CAM programu NX 8.0. Po provedení verifikace navržených obráběcích strategií jsou součásti vyrobeny.

Klíčová slova:

CNC, soustružení, CAD, CAM, NX, G-kód, programování

ABSTRACT

The Bachelor's thesis studied the programming methods of specified products for CNC lathe Hanwha SL16S. The G-code programming method is compared with programming in CAD/CAM software NX 8.0. Products are produced after verifying of programmed machining strategies.

Keywords:

CNC, Turning, CAD, CAM, NX, G-code, Programming

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za všechny rady, připomínky, kterým směrem by se měla má práce ubírat. Dále bych chtěl poděkovat panu Janu Cepelovi, který mi dodal potřebné materiály použité v práci.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ	12
1.1 HISTORIE TRÍSKOVÉHO OBRÁBĚNÍ.....	12
1.2 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍ METODY.....	13
1.3 ŘEZNÉ PODMÍNKY PŘI SOUSTRUŽENÍ.....	13
1.4 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY.....	14
1.4.1 Řezná rychlost.....	14
1.4.2 Řezné síly na noži.....	15
1.4.3 Řezný výkon.....	15
1.4.4 Příkon elektromotoru.....	15
1.4.5 Strojní čas.....	16
1.5 SOUSTRUŽNICKÉ NOŽE.....	16
1.5.1 Rozdělení soustružnických nožů.....	16
1.5.1.1 Podle tvaru.....	16
1.5.1.2 Podle způsobu obrábění.....	17
1.5.1.3 Podle druhu nástrojového materiálu.....	17
1.5.1.4 Podle postavení nože vzhledem k obrobku.....	17
1.5.1.5 Podle polohy hlavního ostří.....	17
1.5.1.6 Podle způsobu zhotovení.....	17
1.6 UPÍNÁNÍ NÁSTROJŮ A OBROBKŮ.....	17
1.6.1 Druhy upínacích zařízení.....	17
1.7 ZÁKLADNÍ PRÁCE NA SOUSTRUHU.....	18
1.7.1 Podélné a čelní soustružení.....	18
1.7.2 Vrtání a vystružování.....	18
1.7.3 Soustružení kuželů.....	19
1.7.4 Řezání závitů.....	19
1.7.5 Válečkování a vroubkování.....	19
1.8 DRUHY SOUSTRUHŮ.....	19
2 DEFINICE CNC STROJE	20
2.1 HISTORIE CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ.....	22
2.1.1 Vývojové stupně číslicových strojů.....	22
2.2 POJMY A ZKRATKY K CNC PROBLEMATICE.....	23
2.3 ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ.....	25
3 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ	29
3.1 CNC SOUSTRUHY.....	29
3.2 PRACOVNÍ PROSTOR CNC OBRÁBĚCÍHO STROJE.....	29
3.3 RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ.....	30
3.3.1 Struktura programu.....	31
3.3.2 Programování – použití nejdůležitějších funkcí G, M.....	33
3.4 STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ.....	35
3.4.1 Softwary CAM na trhu.....	36

4	CNC SOUSTRUŽNICKÉ STROJE	39
4.1	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ HLAVNÍCH ČÁSTÍ CNC SOUSTRUHŮ.....	39
5	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	CATIA V5	44
6.1	CHARAKTERISTIKA PROGRAMU	44
6.2	MODELOVÁNÍ SOUČÁSTI – KOLÍK Č. V. UTB-20122013-01	44
6.3	MODELOVÁNÍ SOUČÁSTI – BOLZEN Č. V. UTB-201221013-02	45
7	SPECIFIKACE STROJE CNC HANWHA SL 16S	46
7.1	IDENTIFIKACE STROJE.....	46
7.2	SPECIFIKACE STROJE	46
8	RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ	48
8.1	PROGRAMOVÁNÍ SOUČÁSTI KOLÍK Č. V. UTB-20122013-01.....	48
8.2	PROGRAMOVÁNÍ SOUČÁSTI BOLZEN Č. V. UTB-20122013-02	52
8.3	NÁSTROJE POUŽITÉ PŘI SOUSTRUŽENÍ	58
9	STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ – NX 8.0	62
9.1	CHARAKTERISTIKA PROGRAMU	62
9.2	ZÁKLADNÍ FUNKCE.....	62
9.2.1	Manufacturing	62
9.2.2	Turning	62
9.2.3	Operation navigator.....	63
9.2.4	Verify	63
9.2.5	Postprocess	64
9.3	PROGRAMOVÁNÍ SOUČÁSTI KOLÍK Č. V. UTB-20122013-01.....	64
9.3.1	Nastavení základních parametrů	64
9.3.2	Vytvoření obráběcích nástrojů a řezných operací	66
9.4	PROGRAMOVÁNÍ SOUČÁSTI BOLZEN Č. V. UTB-20122013-02	70
9.4.1	Nastavení základních parametrů	70
9.4.2	Vytvoření obráběcích nástrojů a operací.....	72
10	VÝROBA A VERIFIKACE ROTAČNÍCH SOUČÁSTÍ.....	81
	ZÁVĚR	83
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	84
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK.....	89
	SEZNAM PŘÍLOH.....	90

ÚVOD

CNC obrábění dnes patří k nejvýznamnějším způsobům automatizace výroby. Její počátky se datují do poloviny 20. století, kdy se do výroby dostala NC technika. Samotné počítačově řízené stroje (CNC) se dostávají do povědomí po roce 1970. Tím došlo k urychlení a zpřesnění výroby. Díky stále se rozvíjejícímu technickému pokroku, se i CNC stroje zdokonalují a inovují. V dnešní době by si strojírenský průmysl nedokázal představit výrobu bez CNC techniky.

Co se týče srovnání s klasickými konvenčními stroji, jsou CNC stroje dražší, ale přesnost a efektivnost výroby je neporovnatelně lepší.

Při výběru bakalářské práce jsem se rozhodl pro porovnání typů programování z toho důvodu, že mě už od prvopočátku, kdy studuji technický obor, zaujalo, že lze vyrobit stejná součástka různými způsoby.

Ve své práci nejdříve rozeberu CNC soustružení z teoretického hlediska pro lepší pochopení tématu. Vysvětlím pojmy, které budou důležité pro řešení experimentu praktické části práce.

Praktická část se zabývá vymodelováním zadaných součástí, naprogramování pomocí G-kódu a poté naprogramování v programu NX 8.0. Tyto typy programování se pokusím porovnat a zjistit, který způsob je pro jaký druh výroby výhodnější. Součásti nakonec vyrobím.

I. TEORETICKÁ ČÁST

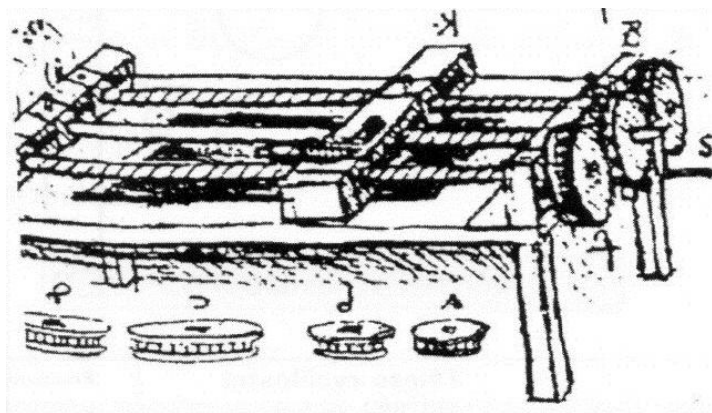
1 TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ

Soustružení patří do nejrozšířenější skupiny třískového obrábění rotačních součástí jednobřítým nástrojem (většinou soustružnický nůž). Lze obrábět vnější i vnitřní rotační plochy válcové, kuželové i obecné, čelní rovinné plochy, řezat závity, vrtat, vyvrtávat, vystružovat atd.

1.1 Historie třískového obrábění

Nejstarší doklady o soustružení pocházejí ze starého Egypta. Tehdy používaný druh soustruh měl osu otáčení zřejmě svislou, a poháněl se lukem. Obvyklejší variantu s vodorovnou osou používali Etruskové, Keltové i Římané. Pohon byl řešený buď lukem, nebo provazem se dvěma držadly, za které střídavě tahal pomocník.[7]

Postupným vývojem se ve středověku začal používat pružinový soustruh, ale největší měrou zasáhl do vývoje Leonardo da Vinci, který vynalezl princip otáčení soustruhu v jednom směru (se setrvačником poháněný pedálem). Zachoval se náčrt stroje na řezání závitů do dřeva se dvěma vodící zkrutami.



Obr. 1. Náčrt stroje na řezání závitů z pera Leonarda da Vinciho [2]

Dalším důležitým milníkem byl roku 1839 vynález J. G. Bodmera a to karuselový soustruh se svislým vřetenem.

Roku 1873 zdokonalil CH. M. Spencer v USA revolverový soustruh na „obráběcí automat Hartford“, na kterém vačky ovládají páky posouvající obrobky a vyměňují nástroje. Na jeho automatu se zpočátku sériově vyráběly zkrutky, matice a ozubená kola do šicích strojů. Krátce nato založil společnost Hartford Machine Screw Company, jejíž obráběcí automaty přispěly k rozvoji ručně ovládaných obráběcích strojů na celém světě.

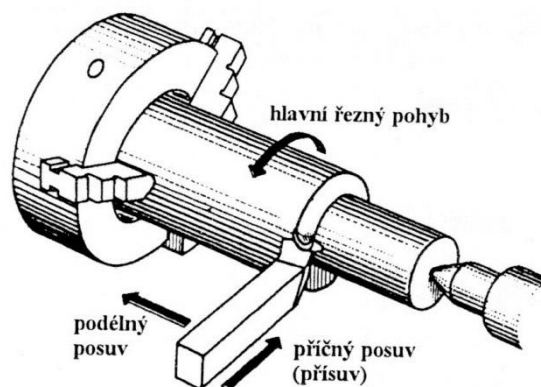
Transmisní parní pohon neměl dlouhého trvání. Už na počátku 20. Století ho nahradil elektrický pohon. U soustruhů vznikala řešení založená na použití jednoho elektromotoru, který pohání všechny základní funkce, Převod je řešen stupňovitým převodem ozubenými koly. [2]

1.2 Charakteristika výrobní metody

Soustružení je způsob obrábění vnějších i vnitřních rotačních ploch. Na soustruhu můžeme vrtat, vystružovat, řezat závity, podsoustružovat zuby fréz, vyrábět vačky apod. Základem tohoto způsobu obrábění je rotační pohyb obrobku (hlavní řezný pohyb). Obvodová rychlost obrobku je řeznou rychlostí v [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]. Nástroj koná nejčastěji přímočarý pohyb (vedlejší řezný pohyb):

- Podélný posuv je rovnoběžný s osou rotace, stopa po noži je šroubovice.
- Příčný posuv je kolmý na osu rotace, slouží obvykle k nastavení hloubky řezu, stopa po noži je spirála

Velikost podélného i příčného posuvu je dána dráhou nože na jednu otáčku obrobku s [$\text{mm}\cdot\text{ot}^{-1}$]. [3]



Obr. 2. Hlavní řezné pohyby při soustružení [3]

1.3 Řezné podmínky při soustružení

Řezná rychlost v [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$] – závisí především na vlastnostech materiálu obrobku (obrobitelnost) a na materiálu nože. Dále závisí na průřezu třísky, posuvu, geometrie břitu (především na úhlech α , γ a χ), trvanlivosti, druhu práce (hrubování, dokončování, řezání závitů), tuhosti stroje.

Tab. 1. Rozsahy řezných rychlostí při soustružení [4]

Materiál obrobku	Hrubování $f > 0,3$ mm		Soustružení na čisto $f = 0,3$ až $0,05$ mm		Jemné soustružení $f < 0,05$ mm	
	materiál nástroje		materiál nástroje		materiál nástroje	
	RO	SK	RO	SK	RO	SK
Nelegovaná ocel $R_m < 800$ MPa	17 až 45	65 až 155	25 až 70	100 až 200	70 až 120	170 až 300
Nelegovaná ocel $R_m > 800$ MPa	12 až 40	45 až 110	20 až 55	80 až 160	60 až 90	150 až 250
Legované oceli	10 až 40	40 až 120	20 až 55	50 až 180	35 až 70	70 až 170
Litina	17 až 35	35 až 100	25 až 55	70 až 110	-	70 až 130
Slitiny hliníku	25 až 90	90 až 220	45 až 120	140 až 350	100 až 150	150 až 600

Posuv f [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$] – velikost posuvu se řídí požadovanou jakostí obrobku. Zásadně se posuv volí co největší tak, aby odpovídal daným požadavkům.

Hloubka řezu t – závisí především na obrobitelnosti materiálu obrobku, jeho tuhosti a na způsobu obrábění. Vzhledem k využití břitu nástroje se volí poměr $s : t = 1 : 3$ až $1 : 10$.

Průřez třísky S [mm^2] – je určen velikostí řezné síly a potřebným výkonem stroje. [3,4]

1.4 Základní výpočty

1.4.1 Řezná rychlost

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

D – obráběný průměr [mm]

n – otáčky obrobku [min^{-1}]

1.4.2 Řezné síly na noži

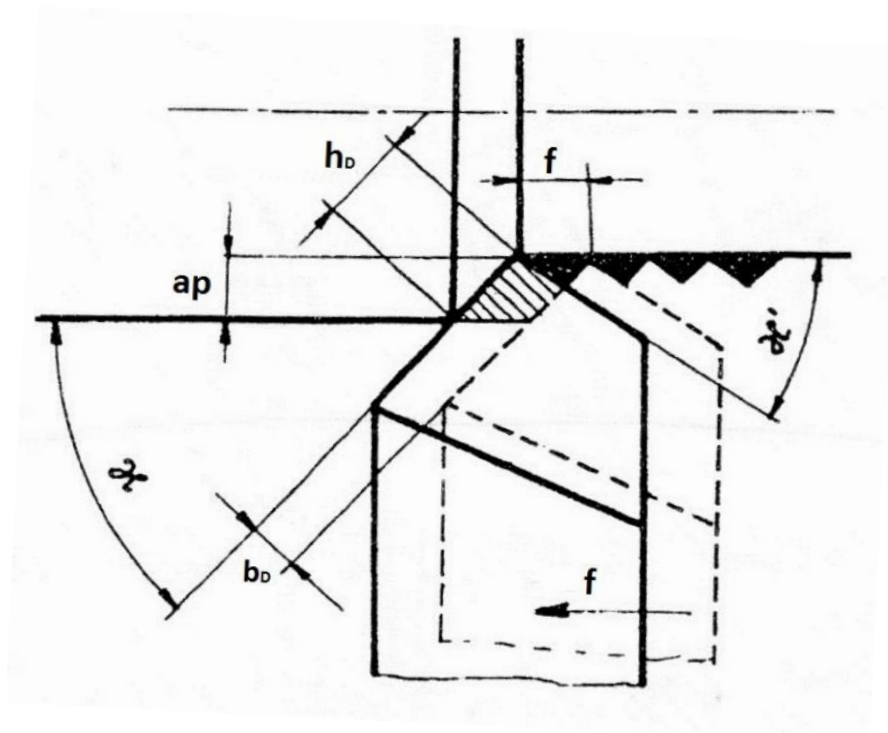
$$F_c = A_D \cdot p \text{ – hlavní řezná síla} \quad [\text{N}]$$

$$A_D = f \cdot a_p \text{ – průřez třísky} \quad [\text{mm}^2]$$

$$f \text{ – posuv na otáčku obrobku} \quad [\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}]$$

$$a_p \text{ – hloubka třísky} \quad [\text{mm}]$$

$$p = (4 - 6) \cdot R_m \text{ – řezný odpor} \quad [\text{MPa}]$$



Obr. 3. Základní hodnoty pro výpočet řezných podmínek [3]

1.4.3 Řezný výkon

$$P = F_c \cdot \frac{v_c}{60} \quad [\text{W}]$$

1.4.4 Příkon elektromotoru

$$P_e = \frac{P}{\eta} = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot \eta} \quad [\text{W}]$$

η – účinnost dosahuje hodnot 0,5 až 0,7

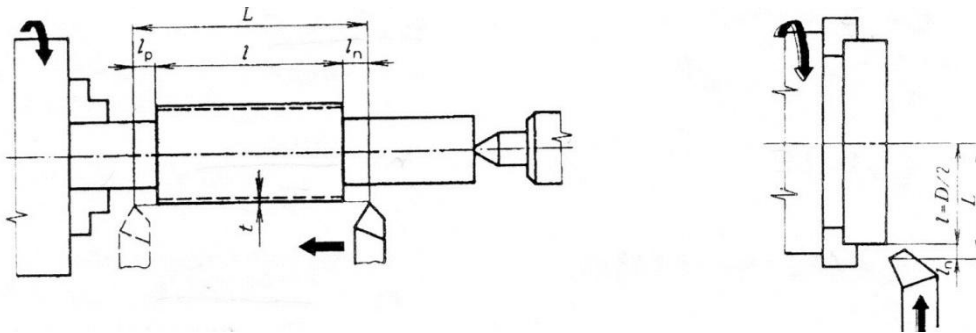
1.4.5 Strojní čas

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

$$i = \frac{h}{t} - \text{počet třísek}$$

h – celkový jednostranný přídavek

$$L = l_n + l + l_p$$



Obr. 4. Příklad výpočtu strojních časů [3]

1.5 Soustružnické nože

Soustružení je metoda, kde se uplatňuje velký počet různých druhů nástrojů. Geometrie břitu pro běžné soustružení je stanovena ČSN. Úhel břitu α se pohybuje v rozmezí 5 až 12°, úhel řezu δ od 65 do 100°, úhel λ pro měkké materiály +5°, pro velmi tvrdé až – 20°. Při obrábění houževnatých materiálů vznikají dlouhé plynulé třísky, které poškozují povrch a špatně se odstraňují. Pro lepší utváření třísek se doplňuje čelní plocha žlábkem, tzv. utvářečem třísky. [3]

1.5.1 Rozdělení soustružnických nožů

1.5.1.1 Podle tvaru

- přímé
- stranové
- ohnuté
- osazené
- kotoučové
- prizmatické

1.5.1.2 Podle způsobu obrábění

- ubírací
- upichovací a zapichovací
- tvarové

1.5.1.3 Podle druhu nástrojového materiálu

- rychlořezná ocel
- slinuté karbidy
- keramické materiály a diamanty

1.5.1.4 Podle postavení nože vzhledem k obrobku

- radiální
- tangenciální

1.5.1.5 Podle polohy hlavního ostří

- pravé
- levé
- souměrné

1.5.1.6 Podle způsobu zhotovení

- celistvé
- s připájenou, přivařenou, přilepenou řeznou částí
- s mechanicky upínanou řeznou destičkou [3]

1.6 Upínání nástrojů a obrobků

Nástroje musí mít co nejmenší vyložení a dosedat co největší plochou. Nože se upínají do nožové hlavy, která je otočná a dovoluje upnout více nástrojů v technologickém sledu.

Upnutí obrobku má zajistit spolehlivé přenášení kroutícího momentu z pracovního vřetene na obrobek. Upnutí musí být tuhé, jednoduché a rychlé. [3]

1.6.1 Druhy upínacích zařízení

- sklíčidla
- kleštiny

- mezi hroty
- trny
- lícní desky

1.7 Základní práce na soustruhu

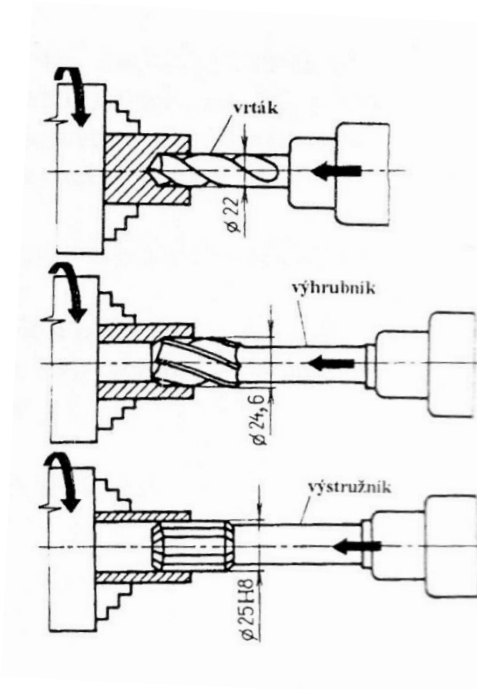
1.7.1 Podélné a čelní soustružení

U podélného soustružení se nůž posouvá rovnoběžně s osou otáčení vřetene, obrábí se vnější i vnitřní válcové plochy.

Čelní soustružení – nůž se posouvá kolmo k ose vřetene, zhotovujeme rovinné plochy, např. zarovnání čela. [3]

1.7.2 Vrtání a vystružování

Na soustruhu můžeme vrtat do plného materiálu nebo díry rozšiřovat (vyvrtávat, vyhrubovat, stružit). Pro zajištění souososti díry a povrchem obrobku, se vrtání provádí až po soustružení ostatních ploch obrobku. Před vlastním vrtáním je nutno nejdříve zarovnat čelo a navrtat. Vrtací nástroje se upínají do pinoly koníku. Díry je možno vyvrtávat také vnitřními soustružnickými noži. Posuv a hloubka třísky je menší než u vnějšího soustružení z důvodů pružení nože. [3]



Obr. 5. Tvorba děr na soustruhu [3]

1.7.3 Soustružení kuželů

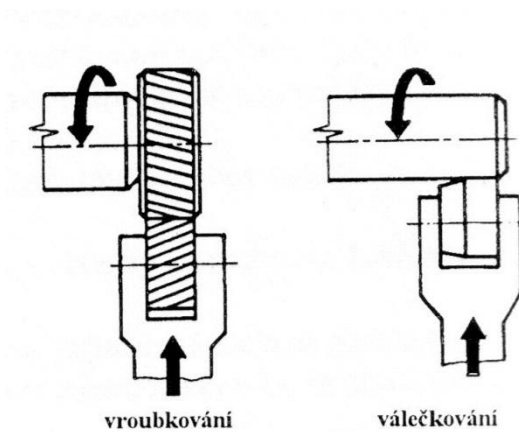
Krátké kužely soustružíme nastavením nože, dlouhé vyosením koníku. Strmé kužely soustružíme natočením nožových saní podle úhlové stupnice o polovinu vrcholového úhlu. [3]

1.7.4 Řezání závitů

Pro řezání závitů používáme závitníky, závitové čelisti nebo závitové nože. Závitníky a závitové čelisti se upínají do koníku a používají se hlavně pro metrické závity. Tento způsob je rychlý a levný. Pro závity různého tvaru a velikosti používáme závitové nože. [3]

1.7.5 Válečkování a vroubkování

Válečkováním se získává hladký zpevněný povrch. Účelem vroubkování je zdrsnění povrchu. Vroubkování se provádí jako podélné, příčné nebo křížové. [3]



Obr. 6. Hlavní pohyby u vroubkování a válečkování [3]

1.8 Druhy soustruhů

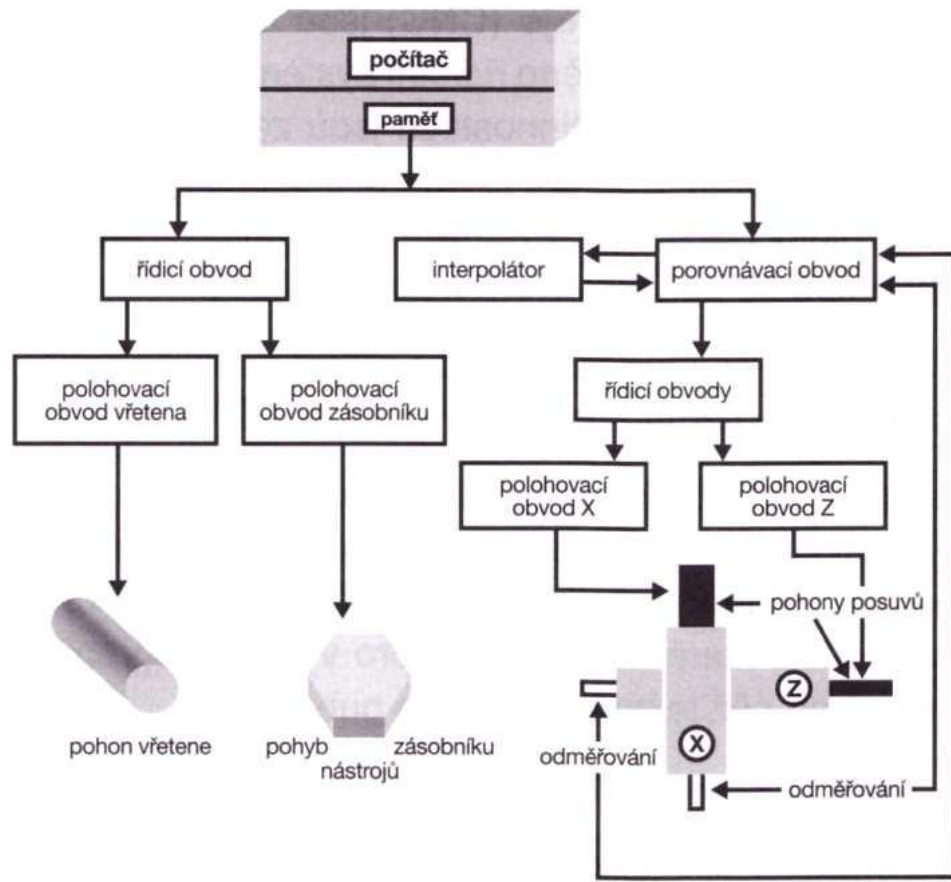
Soustruhy se vyrábí v různých velikostech a mají různá technická řešení podle požadavků výroby. Rozdělují se na: hrotové, čelní, revolverové, svislé, poloautomatické, automatické, číslicově řízené. [3]

2 DEFINICE CNC STROJE

Číslicově řízené výrobní stroje (CNC) jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfa-numerických znaků. Vlastní program je dán posloupností oddělených skupin znaků, které se nazývají bloky nebo věty. Program je určen pro řízení silových prvků stroje a zaručuje, aby proběhla požadovaná výroba součástí.

Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na:

- Geometrické – popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry obráběné součásti, způsoby jejího obrábění a popisují příjezd a odjezd nástroje k obrobku a od něho. Jde tedy o popis drah nástroje v kartézských souřadnicích, kdy pro tvorbu programu potřebujeme rozměry z výrobního výkresu. V programu je uveden popis v osách X,Z u soustruhu, v osách X, Y, Z u frézky, danými funkcemi, které stanoví norma ISO a také jednotlivý výrobci řídicích systémů.
- Technologické – stanovují technologii obrábění z hlediska řezných podmínek (jsou to zejména otáčky nebo řezná rychlost, posuv, případně hloubka třísky).
- Pomocné – Jsou to informace, povely pro stroj pro určité pomocné funkce (např. zapnutí čerpadla chladící kapaliny, směr otáček vřetene atd.) [5]



Obr. 7. Blokové schéma CNC obráběcího stroje – zjednodušené (např. soustruhu) [5]

- Počítač - průmyslový počítač s nahaným řídicím systémem (je součástí stroje)
 - skládá se z obrazovky a ovládacího panelu
 - CNC program lze vytvořit přímo na stroji nebo mimo stroj a do jeho řídicího systému nahrát
- Řídící obvody – převádí logické signály na silnoproudé elektrické signály, pomocí kterých ovládáme jednotlivé části stroje (motory vřetene a posuvů, ventily atd.)
- Interpolátor - řeší dráhu nástroje, zadaná geometrií
 - výpočty délkových a rádiusových korekcí
 - vypočítá ekvidistantnu pohybu bodu výměny nástroje
 - zaručuje geometrickou přesnost výrobku
- Porovnávací obvod - stroj je vybaven zpětnou vazbou, která přenáší informace o geometrických hodnotách. Tyto hodnoty jsou porovnávány s hodnotami v programu. Dojde-li ke zjištění rozdílu, pohony posuvů dostanou příkaz k dosažení požadovaného

dovaných hodnot. Stroj musí být vybaven odměřováním (pravítka umístěná na suportech)

- Řídicí panel
 - vstup dat – alfanumerická část pomocí, které zapisujeme ručně např. program
 - ovládání stroje – pomocí této části se pohybuje nástrojem nebo obrobkem, spouští se otáčky vřetene, ovlivňuje se ručně velikost posuvů nebo otáček atd.
 - volba režimu práce – ruční režim, automatický, dílenské programování
 - aktivace paměti – vyvolání jednotlivých druhů paměti
 - aktivace testů – vyvolání testů (program, stroj)
 - obrazovka
 - přenosný panel – zapojuje se při seřizování a umožňuje obsluze dostat se do míst, které poskytují lepší kontrolu [5]

2.1 Historie CNC obráběcích strojů

Hlavní vývoj CNC strojů je zaznamenán ve 20. století. Jako první byly vynalezeny tzv. NC stroje a to v 50. letech. Označení NC pochází z anglického názvu Numerical Control (číslicově řízené).

Příkazy pro NC stroje byly uloženy na:

- děrné pásce
- děrném štítku – 5-ti stopá, 8-mi stopá
- magnetické pásce

Po roce 1970 byly vynalezeny CNC stroje. Označení pochází z názvu Computer Numerical Control (počítačové číslicové řízení). Tyto stroje mají vlastní počítač, který řídí výrobní proces.

2.1.1 Vývojové stupně číslicových strojů

1. Stroje první vývojové generace

Zde zahrnujeme ty NC stroje, které byly odvozeny od běžných konvenčních strojů a přizpůsobeny pro NC řídicí systémy. Tento typ strojů přestal posléze vyhovovat,

protože nebyly u něj užity charakteristické znaky pro konstrukci NC obráběcích strojů.

2. Stroje druhé vývojové generace

Tyto stroje již byly konstruovány speciálně pro číslicové řízení. Stroje byly vybaveny systémem automatické výměny nástrojů, kdy výměna opotřebovaných nástrojů v zásobníku je ruční. Některé stroje (zejména soustružnické) měly dopravník třísek. Jde převážně o stroje nesplňující podmínky pro zařazení do automatizovaných výrobních soustav.

3. Stroje třetí vývojové generace

Důležitým znakem této skupiny strojů je jejich uzpůsobení pro provoz automatizovaných výrobních soustavách. Proto se tyto stroje vyznačují použitím systému automatické výměny obrobků. Zásobníky nástrojů mají větší kapacitu s ruční výměnou opotřebovaných nástrojů. Výrazným rysem těchto strojů je jejich stavebnicovost, což umožňuje slevit výrobu.

4. Stroje čtvrté vývojové generace

U těchto strojů je vyřešeno napojení na automatickou výměnu opotřebovaných nástrojů ze zásobníku. Tuto vývojovou generaci lze prohlásit za zcela automatickou jak v oblasti výměny nástrojů a obrobků, manipulaci s třískami, tak i v návaznosti na všechny druhy mezioperační dopravy.

5. Stroje páté vývojové generace

Po téměř uspokojivém vyřešení úplné automatizace základních funkcí CNC obráběcích strojů v předcházejících generacích se začaly uplatňovat v konstrukcích mechatronické prvky.

6. Stroje šesté vývojové generace

Tyto stroje mají konstrukci založenou na zkušenostech z předcházejících generací.
[2]

2.2 Pojmy a zkratky k CNC problematice

CAD (Computer Aided Design) – počítačová podpora konstrukčního procesu.

CAM (Computer Aided Manufacturing) – počítačová podpora pro návrh drah nástrojů při obrábění a vytváření CNC programů pro automatizované řízení strojů.

CAE (Computer Aided Engineering) – počítačová podpora inženýrských, projekčních činností.

CAP (Computer Aided Production) – počítačová podpora technologické přípravy výroby.

CAPP (Computer Aided Process Planing) – počítačová podpora pro funkce plánování v oblasti operativního řízení výroby.

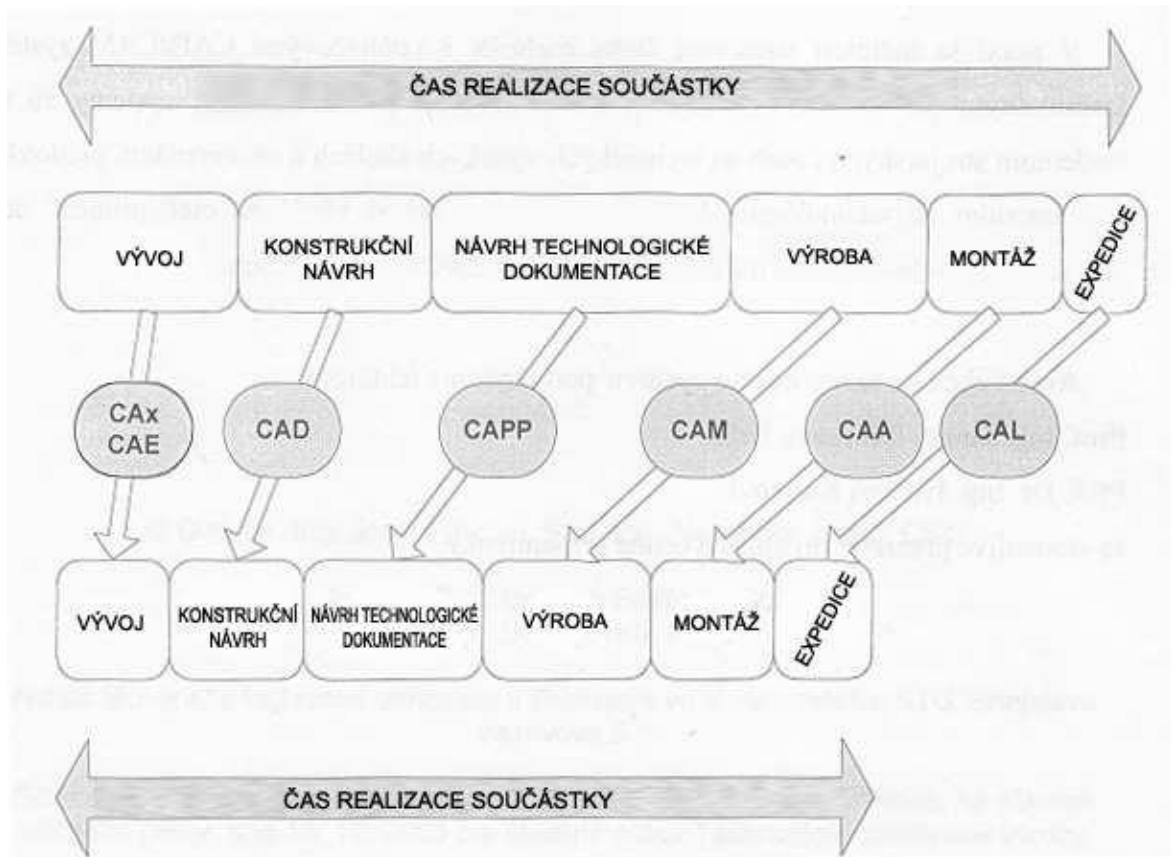
NC (Numerical Control) – číslíkově řízené stroje (v praxi je to označení pro stroje, které ke svému řízení používaly děrnou pásku či děrný štítek).

CNC (Computerized Numerical Control) – počítačem (číslíkově) řízené stroje (stroj je řízen a ovládán počítačem, do kterého mohou být též zaváděny již hotové programy např. pomocí diskety nebo přenosem dat po lince).

DNC (Direct Numerical Control) – direktivně řízené stroje, tj. stroje řízené z centrálního počítače (může řídit i více strojů současně).

CAT (Computer Aided Trstiny) – ve spojení s CAM je to počítačová podpora kontrola.

CAD/CAM – propojení systémů CAD a CAM zasahující od CAE (např. Profi nástavba Autocadu) přes CAD, CAP, případně CAPP až po výrobu CAM. V tomto procesu mohou být zařazeny prvky CAT (mezioperační kontrola), dále prvky pro plánování a řízení dílny (programové vybavení umožňuje např. zjištění času výroby součásti, zjištění času opotřebení nástroje apod.). V běžném výkladu se často pojem CAD/CAM zužuje na vygenerování výkresu součásti (data rozměrů součásti jsou uložena v digitalizované formě výkresu) v CNC programu včetně přiřazení určitých technologií (např. upínání, rozměr polotovaru, řezné podmínky atd.). Jedná se tedy o propojení práce konstruktéra a technologa. [6]



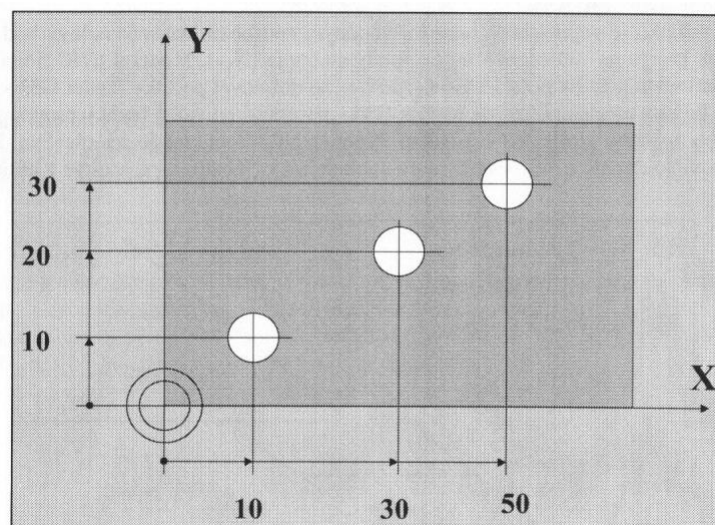
Obr. 8. CA systémy [5]

2.3 Řídicí systémy CNC obráběcích strojů

Rozdělení CNC strojů dle řídicích systémů:

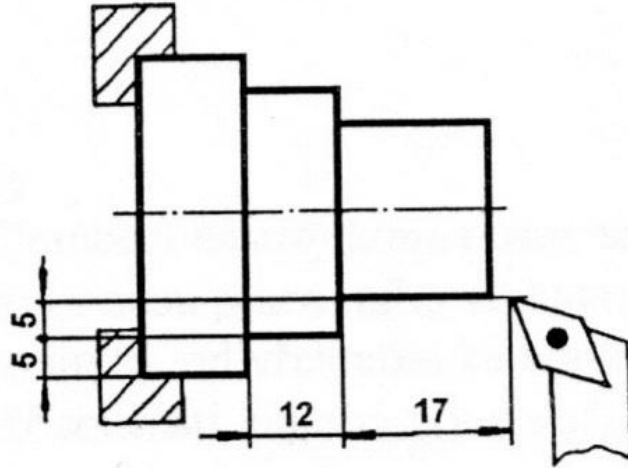
1. Podle zpětné vazby:
 - Bez zpětné vazby – zadávací signál je převeden na pohyb, přičemž není zpětně hlášena skutečná poloha nebo rychlost pohybujících se částí.
 - Se zpětnou vazbou – zadávací signál je stále pozorován se zpětnovazebním signálem a odchylka zjištěná tímto porovnáním je poté převáděna na pohyb.
2. Podle pohybu v souřadnicích:
 - Řídicí systémy s přetržitým řízením
 - Systém stavění souřadnice – při práci nezáleží na vykonané dráze, tzn. že nejdříve dojde do koncového bodu jedna osa a až poté se začne pohybovat osa druhá. Pokud se pohybují obě osy současně, pohybují se pod úhlem 45°, tak dlouho než dosáhne osa jedna naprogramované hodnoty. Druhá osa jede dál až ke koncovému bodu.

- Pravoúhlé řízení – přestavování nástroje dochází rovnoběžně se souřadnými osami. Po skončení pohybu v jedné souřadnici, může začít pohyb v další souřadnici. S tímto řízením se můžeme setkat např. u vrtaček, soustruhů, lisů, nůžek, pil).
 - Řídící systémy se souvislým řízením
 - Souvislé řízení 2D - na soustruhu umožňuje pohyb nástroje v rovině ve dvou osách současně a můžeme zhotovovat libovolné úhly a kruhové oblouky.
 - Souvislé řízení 2,5D – má význam pro frézky a umožňuje lineární interpolaci ve všech osách (X, Y, Z). Pro kruhovou interpolaci platí omezení pohybu po šroubovici.
 - Souvislé řízení 3D – můžeme na frézkách obrábět libovolné obrysy a prostorové plochy. Přitom musí interpolátor vypočítat pohyb ve dvou osách v závislosti na další ose. Zde je zapotřebí více výpočetních operací než u řízení 2D, to znamená, že je nutný mikroprocesor s vysokým výkonem.
 - Souvislé řízení 4D příp. 5D – mluvíme o něm, jestliže jsou vedle pohybů v osách X, Y a Z možné ještě další současné pohyby (např. otočný pohyb kolem osy X nebo Y). [6]
3. Podle způsobu programování:
- Absolutní programování – popisuje cílový bod pojezdu nástroje vztažený k předem zvolenému počátku souřadnic, tj. k nulovému bodu obrobku. Jedná se tedy o určení souřadnic cílového bodu vůči základně.



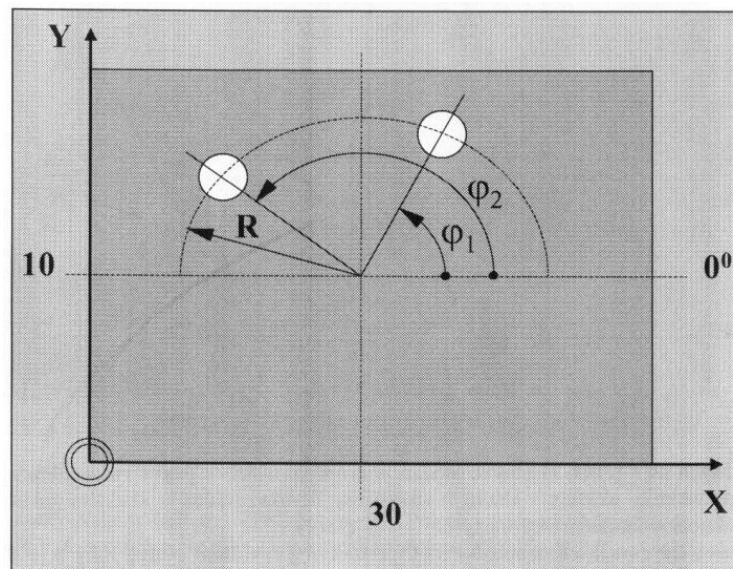
Obr. 9. Absolutní programování (zapisují se souřadnice cílového bodu) [1]

- Přírůstkové programování – souřadnice všech bodů se udávají v hodnotách měřených vzhledem k předchozímu bodu. Součet všech hodnot souřadnic je nula, pokud se nástroj vrací do cílové polohy.



Obr. 10. Přírůstkové programování (inkrementální) [6]

- Programování v kartézských souřadnicích – poloha bodu je určena jeho vzdáleností od nulového bodu souřadného systému v jednotlivých osách.
- Programování pomocí polárních souřadnic – cílový bod je popsán vzdáleností a úhlem od počátečního bodu. [6]



Obr. 11. Polární souřadný systém [1]

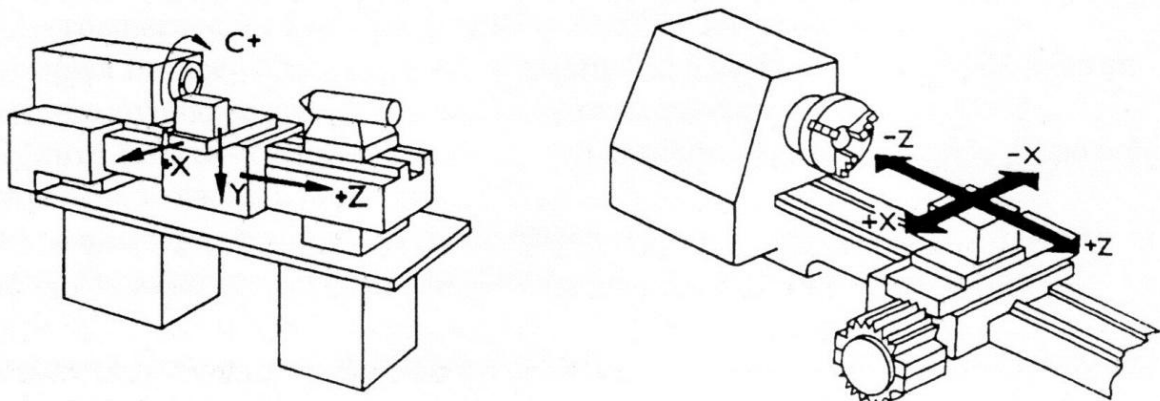
- Programování pomocí parametrů – používá se v systému absolutního i přírůstkového programování. Rozměrová část adres X, Y, Z a případně další je v programu nahrazena parametry. [6]

3 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ

CNC stroje lze programovat, buď ručně (G-kód) nebo strojně (softwarově). V dnešní době jsou používány oba způsoby programování. V období ekonomické krize je ruční programování spíše výhradou menších výrobců z důvodu finanční náročnosti softwarových programů. Nákup softwarových programů vychází v řádech statisících (Kč), tudíž dovolit si jej můžou jen velké firmy.

3.1 CNC soustruhy

Pracovní vřeteno je nosičem rotujícího obrobku. Obráběcí nástroj koná posuvné pohyby ve směru osy X a osy Z. Osa Z je osa rotace vřetena, přičemž pohyb v kladném smyslu je vždy míněn směrem od materiálu (tj. od vřeteníku ke koníku). Osa X je kolmá na osu Z a je to osa průměrová. Kladný směr osy X probíhá od středu otáčení obrobku k držáku nástroje. [6]



Obr. 12. Hlavní pracovní osy CNC soustruhu [6]

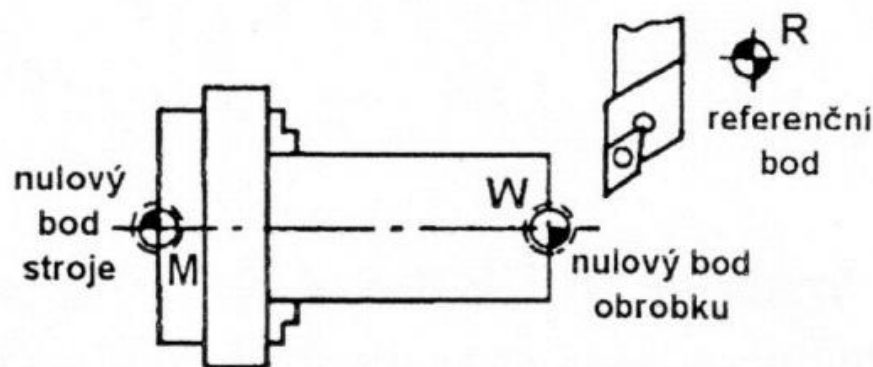
3.2 Pracovní prostor CNC obráběcího stroje

V pracovním prostoru CNC obráběcího stroje jsou určeny některé základní vztažné body, jejichž znalost je důležitá i pro vlastní programování. Jsou to zejména:

Referenční bod stroje R – je přesně stanoven výrobcem a jeho aktivací dochází k sjednocení mechanické a výpočetní části stroje. Slouží k přesnému nastavení odměřovacího systému po zapnutí stroje a zařazení referenčního bodu do CNC programu také vede k odstranění chyb, které mohou vznikat interpolací (pokud stroj nemá zpětnou vazbu). Je realizován mechanickým způsobem, tj. pomocí koncových spínačů.

Nulový bod stroje M – je druhý pevný bod v systému, a je tudíž stanoven výrobcem. Je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy a vztažené body na stroji. Ve většině případů výrobci řídicích systémů používají variantu, kdy spojnice nulového bodu M a referenčního bodu stroje R je úhlopříčkou pracovního prostoru stroje (např. frézky, vrtačky). U soustruhů je nulový bod stroje umístěn v ose rotace obrobku v místě zakončení vřeteníku přírubou. Vzdálenosti nulového bodu stroje M a referenčního bodu stroje R jsou výrobcem přesně odměřeny a vloženy do paměti řídicího systému jako strojní konstanty.

Nulový bod obrobku W – lze nastavit pomocí speciálních funkcí řídicích systémů v libovolném místě pracovního prostoru stroje – to znamená, že si ho určuje programátor sám. Tento nulový bod obrobku W se s výhodou umísťuje do takového místa, aby se co nejvíce zjednodušil výpočet přechodových míst jednotlivých konstrukční technologických prvků, a do těch míst na obrobku, od kterých např. začíná kótování na výkrese, a tím je umožněno zjednodušení práce programátora – nemusí dopočítávat kóty a rozměry obrobku. [6]



Obr. 13. Základní vztažné body CNC stroje a obrobku [6]

3.3 Ruční programování

Na začátku každého programu je uveden znak %, za tímto znakem je číslo programu. Tento znak se vkládá na začátek programu z důvodu, že před znak můžeme uvádět informace, které stroj nezaregistruje. Jsou to informace především jako název programu, název součásti, jméno programátora, datum apod. Tyto informační údaje jsou však nepovinné.

3.3.1 Struktura programu

Výhody dodržování programové struktury:

- dodržení tvaru a posloupnosti instrukcí a dodržení pravidel syntaxe umožňuje kontrolnímu systému nalézt a oznámit případnou formální chybu
- snadnější orientace v programu
- snadnější provedení změn [6]

Program CNC strojů se skládá z bloků, které jsou složeny z tzv. slov. Každé slovo se skládá z adresy (písmeno) a významové části (číslíce).

Tab. 2. Složení programu (bloku) [5]

Příklad				Název	Poznámka
N 40 G 00 X 100 Z-50				blok (věta)	Doporučené pořadí adres jednotlivých slov ve větě je N G (M) X Y Z F S T D, nemusí se dodržovat, záleží na daném řídicím systému. Doporučuje se dodržovat pro větší přehlednost a kontrolu.
N 40	G00	X 100	Z-50	příkaz (slovo)	
N	G	X	Z	adresa	
40		00		významová část	
100		50		rozměrová část	

Tab. 3. Význam nejpoužívanějších adres [5]

Písmeno	Význam	Poznámka
X Y Z	Základní osy souřadného systému – pohyby v osách.	Některá z uvedených písmen abecedy jsou pro výrobce řídicích systémů závazná, některá doporučená.
A B C	Rotace kolem základních os.	
I J K	Parametry interpolace nebo stoupání závitu ve směru os.	
P Q R	Pohyb paralelně podél základních os.	
R	Některé systémy používají R jako parametr v podprogramech	
U V W	Druhý pohyb paralelně se základními osami.	

T	Nástroj	Neobsazená písmena abecedy jsou volná, výrobci je obsazují dle specifik svých řídicích systémů, podle možnosti daných strojů pro které jsou především určena.
D	Paměť korekce nástrojů.	
G	Přípravná (geometrická) funkce.	
M	Pomocná (přídavná) (strojní) funkce.	
N	Číslo bloku (věty).	
F	Posuv.	
S	Otáčky vřetene. Konstantní řezná rychlost.	
L	Volání podprogramu.	

Tab. 4. Přehled funkcí [5]

Název a příklad	Užití
<p>Věta (blok)</p> <p>Věta musí začít písmenem N a číslem např. N 40</p> <p>Př. N 40 G 00 X 100 Z-50 (obvyklé u výfukových systémů, ale nemusí u většiny systémů ve výrobní praxi)</p>	<p>Čísly se obvykle po desítkách, aby bylo možné dodatečné vložení dalších vět například při opravě programu. Řídicí systém obvykle seřazuje bloky podle čísel vzestupně a v tomto pořadí je čte a stroj vykonává zadané příkazy. vzestupnost čísel slouží též pro lepší orientaci programátora v programu. Pokud by následující věta(y) obsahovala některé stejné instrukce, nemusí se psát, jsou platné do té doby, než budou přepsány = modální funkce.</p>
<p>Přípravné (hlavní) funkce</p> <p>G (Go)</p> <p>Př. G00; G01; G42</p> <p>Př. G0; G1; G42</p>	<p>Zpracovávají geometrické informace. Některé systémy připouštějí vložit i více G funkcí do jedné věty. Dvojmístné číslo se nemusí použít, pokud je první číslo 0.</p> <p>Některé systémy používají více než dvoumístná čísla G a také M.</p>
<p>Pomocné funkce</p> <p>M (Machine)</p> <p>Př. M04; také M4</p>	<p>Vyvolávají činnosti mechanismu stroje.</p> <p>Některé se také týkají řídicího systému.</p>

Informace o dráze Př. X20 Z-30	Jsou zadány cílovým bodem v souřadnicích absolutně – G90 nebo přírůstkem – G91.
Funkce nástroje T (Tool) Korekce nástroje D Př. T01 D01	T a D se udávají obvykle dvojmístným číslem vzájemně souvisejícím. Př. T01 D01 současně zpracovává, přiřazuje k danému nástroji dané korekce. Některé řídicí systémy mají jiné řešení přiřazování korekcí k nástroji.
Posuvové funkce F (Feed)	Velikost posuvů je zadána v: mm za otáčku u soustruhu [mm.ot ⁻¹]
Otáčkové funkce S (Speed)	Velikost otáček je zadána, za minutu [min ⁻¹], řezné rychlosti [m.min ⁻¹]

3.3.2 Programování – použití nejdůležitějších funkcí G, M

Tab. 5. Souhrn nejpoužívanějších funkcí G, M i s komentářem [5]

Označení funkce	Název funkce		Použití
G00	Lineární interpolace	Rychloposuvy	Programuje se v souřadnicích os, uvádí se cílový bod v souřadnicích, případně další adresy.
G01		Pracovní posuvy	
G02	Kruhová interpolace (zhotovení rádiusů)	Ve směru hodinových ručiček	
G03		Protí směru hodinových ručiček	

U rádiusů je nutné rozlišit směr pohledu: u soustruhu – pohled za osu rotace

G17	Pracovní rovina	X-Y	Určení roviny, ve které se provádí pracovní posuvy a rychloposuvy (použití u frézek, u soustruhů se používá jen jedna rovina).
G18		Z-X	
G19		Y-Z	
G33	Řezání závitů		Určuje se proměnlivá hloubka třísky a počet hlazení bez přídavku.

Programátoři softwaru poskytují i cykly pro řezání závitů – programování je jednodušší, ale často neodpovídá požadavkům praxe.

G40	Zrušení korekcí	Vypnutí matematického aparátu výpočtu ekvidistatnty.	
G41	Zapnutí korekce	Výpočet dráhy nástroje, (její ekvidistatny)	Ekvidistanta, nástroj vlevo od kontury.
G42	rádiusů		Ekvidistanta, nástroj vpravo od kontury.

Je nutné rozlišit směr pohledu – dívat se ve směru pohybu nástroje.

G45, G46, G47	Nájezdy nástrojem	Realizují se po přímce, rádiusu, oblouku – pokud se požaduje plynulý přechod nástroje do řezu nebo z řezu.
G54-59	Posuny nulového bodu	Posuny absolutně i přírůstkově, na začátku i v průběhu programu.
G90	Absolutní	Programování – popis drah nástroje v souřadnicové soustavě.
G91	Přírůstkové	Programování – popis dráhy nástroje, o kolik se posune v osách.
G92 (G50)	Omezení otáček (dle řídicího systému)	Stanoví velikost otáček, které neohrozí bezpečný chod stroje – to v závislosti na konkrétním stroji, obrobku – použití spolu s G96.
G96	Konstantní řezná rychlost	Je zadaná řezná rychlost – mění se otáčky vřetene se změnou průměru na kterém je špička nástroje. (Užití při soustružení).

G 92 (firma Mikromex) – poloha nástroje v absolutních souřadnicích – je nutné provést najetí na obrobek, najetí nástrojem do bodu, který definuje polohu nástroje a aktivovat nulový bod obrobku.

Označení funkce	Název funkce	Použití	
M03	Otáčky vřetene	Ve směru hodinových ručiček	Při pohledu do vřetene stroje, nikoli ze strany obsluhy.
M04		Proti směru hodinových ručiček	

Pro stanovení je nutné rozlišit směr pohledu – vždy pohled ze směru vřetene stroje - nikoliv od obrobku.

M05	Zastavení vřetene	
M06	Výměna nástroje	Do této funkce se doplňuje délková korekce.

Používá se při ruční výměně nástroje, nepoužívá se v případě zásobníků.

M07-08	Zapnutí čerpadla	Chlazení, mazání obrobku při obrábění (možnost více čerpadel).
M09	Vypnutí čerpadla	
M17	Konec podprogramu	Vrací do hlavního programu – (hlavní programy mohou užívat podprogramy, v těchto je odvolání, které vyvolá podprogram).
M30	Konec hlav. programu	Návrat na začátek hlavního programu.

3.4 Strojní programování

Pro strojní, nebo-li softwarové programování se nejčastěji využívají CAD/CAM systémy, které realizují vyšší stupeň počítačové podpory než ruční CNC programování.

CAD (Computer Aided Design) – počítačová podpora konstrukčního procesu

CAM (Computer Aided Manufacturing) – počítačová podpora pro návrh drah nástrojů při obrábění

CAD/CAM – propojení systémů CAD a CAM

Výkres vytvořený v systému CAD se kopíruje pro další práci v modulu CAM. Programátorské rutinní vědomosti jako funkce G, M, popis dráhy, možnosti cyklů apod. není třeba uvádět. Vygenerují se automatizovaně pomocí zadávaných příkazů z převzaté kontury CAD ve 2D výkresu nebo z modelu ve 3D. [5]

CAD/CAM programování vyžaduje od uživatele vyšší znalosti obsluhy modulu často CAM. Výše znalostí programátora CAM zaručuje kvalitu výsledného programu. Při složitějším programování programátor zhotoví více variant programů, ze kterých následně vybere ten, jehož výroba je časově méně náročná, aniž by docházelo k ničení nástroje a stroje

a byla zaručena požadovaná kvalita výroby. Modul CAM pracuje v dialogu s programátorem.

Nabídka modulu CAM je směřována na tyto body:

1. Strategie obrábění – značí postup zhotovení dílce. Volba druhu operace a jejich pořadí (hrubování, hlazení, závity atd.)
2. Volba nástroje a bod výměny nástroje – řezné podmínky vztažené na nástroj a na obrobek pro danou strategii obrábění
3. Podmínky vlastního obrábění
 - strategie obrábění daného operačního úseku vázaný na jeden nástroj
 - poloha obrábění ke kontuře
 - způsob obrábění
 - chlazení, mazání nástroje
4. Simulace zhotoveného programu – provádí se především pro zjištění možných chyb
5. Výběr postprocesoru (překladače) – pro daný řídicí systém CNC stroje, na kterém zhotovíme daný výrobek
6. Vyhotovení programu CNC v modulu CAM – program se archivuje a následně přenáší na určený stroj
7. Program je do stroje nahrán a lze jej na stroji číst a opravovat. [5]

3.4.1 Softwary CAM na trhu

- AlphaCAM

AlphaCAM je CAD/CAM systém pro programování NC strojů. Patří do skupiny tzv. „středních“ systémů. Byl vytvořen a je výlučným vlastnictvím firmy Licom Systems Limited of Coventry, Anglie. Systém AlphaCAM je modulární s následujícími technologickými moduly a to frézování, obrysově frézování, 3D frézování, soustružení, řezání laserem, řezání plamenem, drátořez, prostřihování, opracování kamene a vysekávání. [1]

- ArtCAM

ArtCAM je určen pro programování a gravitování tvarově složitějších výrobků např. ornamenty. Dělí se do tří skupin, podle finanční náročnosti a složitosti programu: ArtCAM Insignia E, ArtCAM Insignia, ArtCAM PRO (seřazeno od nejlevnějšího a nejjednoduššího).

- **CatiaV5**

CATIA, nebo-li Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application CAD/CAM systém je produktem francouzské firmy Dassault Systemes. Je softwarem pro počítačovou podporu technické přípravy výroby ve 3D. Umožňuje pokrytí celého procesu životního cyklu produktu od návrhu, přes konstrukci, simulace, analýzy, až po vlastní údržbu. [1]
- **EdgeCAM**

EdgeCAM poskytuje podporu pro široké spektrum obráběcích strojů, od 2-osých soustruhů, přes stroje s více hlavami, stroje s protivřetenem, až po soustružnicko/frézovací centra poslední generace.
- **Kovoprogram**

Jedná se o český, technologicky orientovaný programovací systém pro tvorbu NC dat ve 2D a 2.5D. Systém, jako ostatně všechny tyto systémy, je stavěn modulárně. V současnosti existují tyto moduly:

 - soustružení-frézování
 - svislé soustružení (karusely)
 - drátové řezání
 - lisování [1]
- **Pro/Engineer**

Moduly pro podporu NC obrábění:

 - Expert Machinist Option
 - Production Machinist Option
 - Complete Machining Option
 - NC Verification Option
 - NC Optimization Option
 - NC Simulation Option
- **SolidCAM**

SolidCAM je plně integrovaný v SolidWorksu. Podporuje funkce typu 2 až 5-ti osé frézování, soustružení, soustružení s poháněnými nástroji pro vícevřetenové stroje a stroje s více obráběcími hlavami, drátové řezání.

- SurfCAM
 - Představuje vospělý CAM systém pro řízení CNC technologií umožňující řídit 2 až 5-ti osé frézky, soustruhy a soustružnická centra, vyvrtávačky, drátořezy atd.

4 CNC SOUSTRUŽNICKÉ STROJE

Tab. 6. Rozdělení soustružnických strojů [2]

CNC obráběcí centra (soustruhy)				
vodorovná osa	svislá osa	univerzální stroje	multifunkční stroje	speciální stroje
- produkční soustruhy a obráběcí centra - vícevřetenové automaty	- karusely a obráběcí centra - inverzní karusely	- s vodorovnou i svislou osou	- s vodorovnou i svislou osou	- jednoúčelové soustruhy

4.1 Konstrukční řešení hlavních částí CNC soustruhů

Konstrukční řešení CNC soustruhů je odlišné oproti klasickým obráběcím strojům. Základní části CNC soustruhu jsou:

- Nosné struktury
CNC stroje vyžadují podstatně zvýšenou tuhost, kterou především zajišťují tuhé rámy. Tradiční litina již často nestačí, bývají to svařence, plněné polymerbetony, kovovými pěny apod.
- Lože
Je základní nosnou částí stroje, která musí zajišťovat vysokou tuhost zejména v ohybu a kroucení. Speciálním požadavkem je tuhost tvaru, kterou lze dosáhnout vhodným upevněním na tuhý betonový základ s příslušně dimenzovanými základovými šrouby. Dobrá tuhost v ohybu a kroucení se docílí vhodným profilem lože, pokud možno uzavřenými a vyztuženými žebry.
- Lože u soustruhů
Je řešeno jako šikmé, se suporty za osou rotace pro tak zvané za osové nástroje. Výhoda spočívá nejen v tuhosti, ale také se usnadnil odvod třísek a manipulace s obrobky. Suport soustruhu je spojovacím článkem mezi nástrojem a ložem.
- Vřeteníky

Běžné stroje dosahují otáček 6000 až 8000/min, ale také 10000 až 12000 ot/min. Elektro vřetena a vřetena s vlastním pohonem, dosahují až 20000 ot/min. Vysoké otáčky jsou vyžadovány nejen pro brousící operace ale také pro vrtací a frézovací operace – postupně se uplatňuje technologie HSC. Vřeteníky vyžadují nové řešení ložisek, jejich mazání a chlazení. Zde jsou nutností snímače teploty a zatížení ložisek, snímače chvění atd.

- Hlavní pohon vřetena

Musí zajistit plynulou změnu otáček při zatížení stroje při obrábění, vysoké zrychlení a zpomalení. Úkolem vřetena je dát obrobku přesný otáčivý pohyb.

- Pohony posuvů

- Servomotory posuvů a kuličkové šrouby patří k nutnému vybavení stroje. Pohyb motoru přenášený pomocí kuličkového šroubu na suport s nástrojem dává stroji požadovanou přesnost do tisícin milimetru. Servomotor je konstrukčně dán počtem impulzů na otáčku motoru a může být vybaven snímačem zrychlení. Kuličkové šrouby zajišťují rychlý a přesný pohyb bez vůle s minimálním třením. Šroub a matice s kuličkami jsou vzájemně předepjaty, tím je odstraněna vůle. Takto je zaručen plynulý přesný pohyb na souřadnice, které programátor zadal programem do řídicího systému CNC stroje. Pro současně požadované rychlosti posuvů dodávají výrobci do strojů kuličkové šrouby s vysokým stoupáním a šrouby vícechodé.

- Lineární pohony posuvů stále více nahrazují krokové motory a kuličkové šrouby tam, kde je požadována vysoká rychlost posuvů. Mají své nevýhody, zahřívají se, tedy vyžadují chlazení.

- Odměrování dráhy

- Interferenční způsob vyhodnocení – když se rozteč rysek na pravítku blíží vlnové délce světla, využívá se ohybu světla.

- Interferenční způsob vyhodnocení laserovým paprskem – je přesnější než předchozí.

- Absolutní snímače

- Snímače na magnetickém principu

- Koník
Slouží především k upínání obrobků mezi hroty. Bývá posouván servometrem. Stejným způsobem se posouvá i pinola.
- Lunety
Používají se k podepření dlouhých obrobků se štíhlostním poměrem L/D 10 mezi hroty nebo místo koníku při obrábění dutiny.
- Revolverové hlavy
Soustruhy jsou konstruovány často s několika revolverovými hlavami, pohybující se nezávisle na svých supotech. Používají se pro obrábění před osou a za osou, též mohou obrábět proti sobě. Mohou obrábět současně, mimo soustružnických nástrojů obsahují i nástroje rotační např. pro vrtání mimových děr, frézování tvarů na obráběné součásti. To ovšem vyžaduje osu „C“, tzn. Možnost přesného natočení vřetene stroje a jeho zablokování pro tyto práce. Soustruhy používají různě konstruované revolverové hlavy s různým počtem nástrojů včetně rotačních.
- Další příslušenství stroje
 - Příslušenství pro odvod třísek
 - Krytování stroje
 - Upínače polotovarů
 - Systém automatické výměny nástrojů
 - Chlazení mazání nástrojů
 - Systém automatické výměny obrobků [2,5]

5 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V teoretické části bakalářské práce se zabývalo soustružením a jeho základními teoretickými poznatky. Dále byly definovány pojmy k bližšímu pochopení CNC programování, obrábění pomocí CNC strojů, vysvětlení pojmů jako CAD/CAM a druhy softwarových programů. Podrobně byl popsán G-kód a pomocné funkce. V poslední řadě byly popsány základní části CNC soustruhu.

Cílem praktické části bakalářské práce je vymodelování rotačních součástí v CAD software. Naprogramování zadaných rotačních součástí pro CNC soustruh a porovnáním metod strojního a ručního programování. Nakonec zadané součásti verifikujeme při strojním programování a rotační součásti vyrobíme.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CATIA V5

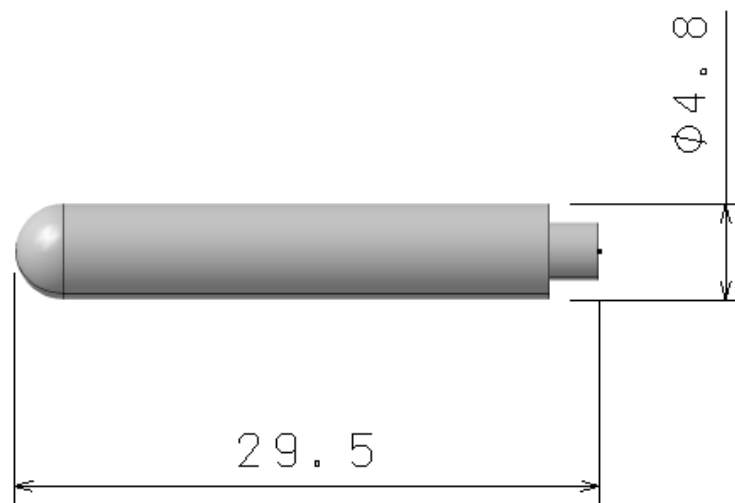
V programu CATIAV5 byly vytvořeny součásti v základním módu Part. Tyto součásti byly dále využity pro softwarové programování v programu NX 8.0. Výrobní výkresy obou součástí jsou součástí Přílohy.

6.1 Charakteristika programu

CATIA, nebo-li Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application CAD/CAM systém je produktem francouzské firmy Dassault Systemes. Je softwarem pro počítačovou podporu technické přípravy výroby ve 3D. [1]

6.2 Modelování součásti – Kolík č. v. UTB-20122013-01

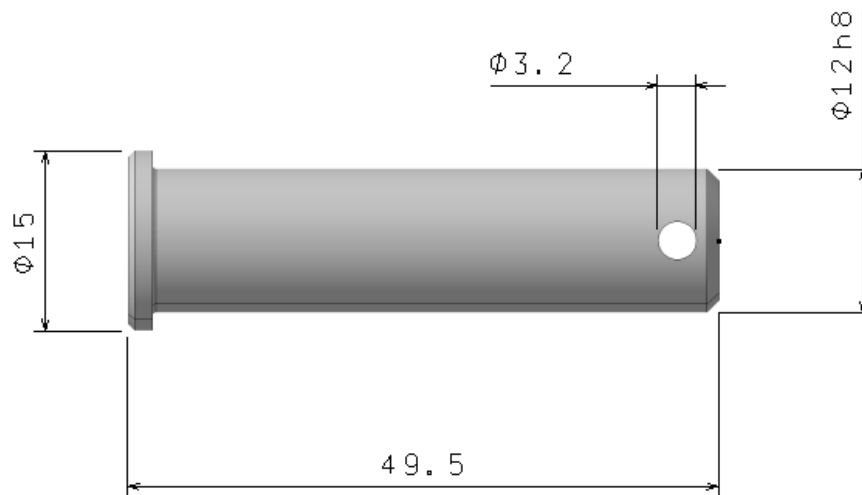
Součást byla vytvořena přes SKETCH, kde příkazem PROFILE byl vytvořen tvar výrobku. Dále se už jen pomocí SHAFT součást orotovala.



Obr. 14. Kolík č. v. UTB-20122013-01

6.3 Modelování součásti – Bolzen č. v. UTB-201221013-02

Opět přes SKETCH pomocí příkazu PROFILE byl vytvořen odpovídající tvar součásti. Dále byly použity příkazy SHAFT pro orotování, CHAMFER pro zkosení $1 \times 45^\circ$ a $0,5 \times 45^\circ$, zaoblení $R = 0,3$ mm přes EDGE FILLET. Další SKETCH vytvořila $\varnothing 3,2$ mm a příkaz POCKET vytvořil díru stejného rozměru.



Obr. 15. Bolzen č. v. UTB-20122013-02

7 SPECIFIKACE STROJE CNC HANWHA SL 16S

CNC soustruh HANWHA je stroj švýcarské výroby. Tento soustruh je složen z jednotek hlavního/proti vřetena, posuvových os, nožových hlav, nádrže chladiva a lapače nečistot.

7.1 Identifikace stroje

- CNC (počítačově číslicově řízený) automatický soustruh
- Název modelu: SL16S
- Rozměry: 1830 x 1200 x 1720 (mm)



Obr. 16. HANWHA SL16S [8]

7.2 Specifikace stroje

Tab. 7. Kapacita obrábění [8]

Maximální soustružený průměr	Ø 16 mm
Zdvih hlavního vřetena	140 mm
Maximální vrtaný průměr	Ø 7 mm
Maximální průměr závitování	M6
Maximální frézovací průměr	Ø 10 mm
Maximální drážkování	Šířka 1,5 mm x hloubka 2,0 mm

Tab. 8. Rozměry [8]

Délka x šířka x výška	1830 x 1200 x 1720 (mm)
Výška středu	1000 mm
Hrubá hmotnost	1900 kg

Tab. 9. Hlavní vřeteno [8]

Otáčky vřetena	200 – 12000 ot/min
Výkon indexance	1/1000°
Výkon motoru	3,1 kW
Vrtání vřetena	Ø 20 mm

Tab. 10. Protivřeteno [8]

Maximální upínací délka	Ø 16 mm
Maximální čelní výstupní délka	70 mm
Otáčky vřetena	200 – 8000 ot/min
Výkon motoru	3,1 kW – 3,8 kW
Průměr otvoru vřetena	Ø 18 mm

8 RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ

Součásti Kolík č. v. UTB-20122013-01 a Bolzen č. v. UTB-20122013-02 jsou programovány pomocí ISO kódu, nebo-li G-kódu absolutním programováním. Jednotlivé G-kódy jsou rozděleny do bloků k lepšímu pochopení a popisu. Každý blok obsahuje vlastní obrázek pro názornou představu, co se v dané chvíli děje, a která část dílce je obráběna. Výkresy součástí viz. Příloha.

8.1 Programování součásti Kolík č. v. UTB-20122013-01

Blok č. 1

Nastavení základních parametrů a nulových bodů.

%	Název programu.
BARDIAM=5	Ø materiálu, polotovaru.
BEGIN:	
M92	Vyvolání podprogramu pro výměnu tyče.
G300 (1, -2, 40, 140)	Návrat do počátku obrobku.
TRANS Z0.3	
G95 G90	Posuv na otáčku a zadávání v absolutních souřadnicích.
G0 X30	
M66	Vypnutí kontroly průtoku chladiva.
M8	Zapnutí chladiva.

Blok č. 2

V této části byl vybrán kopírovací nůž T4, který zarovná čelo polotovaru a následně obrobí radius $R = 2,4$ mm. Označení ISO nástroje T4 je SVJC R 1616 H11, vyměnitelná břitová destička nese označení VCGT 110302EN.

N	G	M	X	Z	R	F	S	T	
N004		M6						T4	Výběr nástroje.
N008	G95	M3					S4000		Otáčky hl. vřetena.
N012	G90								Absolutní souř.
N016	G0		X6	Z0					
N020	G1		X-1			F0.06			
N024	G0		X0	Z-0.05					
N028	G1			Z0		F0.1			
N032	G2		X4.8	Z2.6	R=2.7	F0.02			
N036	G1		X4.9	Z2.9		F0.05			
N040	G0		X50						



Obr. 17. Obrobení $R = 2,4$ mm

Blok č. 3

Další fázi obrábění vykonává nůž T1, což je zapichovací nůž pro čelní a podélné soustružení. Tento nůž obrobí polotovar na $\varnothing 2,9$ mm a délku 2,5 mm. Dále provede ojehlení hrany na $\varnothing 4,8$ mm. Označení nástroje T1 dle katalogu je pro monolitní držák E16 R 0012-1616K-GX16-1 a pro zapichovací destičku GX 16-1 E2.00 N 0.20.

N044		M6						T1	
N048	G95	M3					S6000		
N052	G90								
N056	G0		X6	Z27.5					
N060	G1		X4.6			F0.1			
N064	G0		X5.5						
N068	G0			Z26.53					
N072	G1		X4.55	Z27		F0.03			
N076	G1		X2.9						
N080	G1			Z27.7		F0.05			
N084	G0		X40						



Obr. 18. Obrobení hran na $\varnothing 4,8$ mm a $\varnothing 2,9$ mm

Blok č. 4

V poslední části, kdy se bude dílec upichovat, se použije opět nůž T1. Mimo upíchnutí dílce se zde provede i ojhlení hrany na $\varnothing 2,9$ mm.

N088		M6						T1	
N092	G95	M3					S6000		
N096	G90								
N100	G0		X6	Z29.7					

N104	G1		X2.5			F0.08			
N108	G0		X3.5						
N112	G0			Z29.05					
N116	G1		X2.2	Z29.7		F0.02			
N120	G0		X8						
N124	G0			Z29.5					
N128	G0		X5						
N132	G1		X3.5			F0.1			
N136	G1		X-2			F0.04			



Obr. 19. Obrobení $\varnothing 2,9$ mm a upichnutí dílce

Blok č. 5

Ukončení programu.

M5	Zastavení hlavního vřetene.
TRANS	
M97	Počítadlo dílů.
M92	Vyvolání podprogramu pro výměnu tyče.
M11	Otevření hlavního sklíčidla.
M30	Konec programu a návrat nahoru.

8.2 Programování součásti Bolzen č. v. UTB-20122013-02

Blok č. 1

Nastavení základních parametrů a nulových bodů programu.

%	Název programu (číslo výrobku).
BARDIAM=16	Ø materiálu, polotovaru.
BEGIN:	
M92	Vyvolání podprogramu pro výměnu tyče.
G300 (1, -2, 60, 140)	Návrat do počátku obrobku.
TRANS Z0.2	
G95 G90	Posuv na otáčku a zadávání v absolutních souřadnicích.
G0 X30	
M66	Vypnutí kontroly průtoku chladiva.
M8	Zapnutí chladiva.

Blok č. 2

Jako první dojde k zarovnání čela polotovaru. Dále se polotovar hrubuje na Ø12h8. Součástí tohoto bloku je i pohyb protivřetene, který zajišťují pomocné funkce M. Nástroj T5 má ISO označení DCLN R 1616 H09 a vyměnitelná břitová destička CNMG 090304EN.

N	G	M	X	Z	Y	F	S	T	
N004		M6						T5	Nástroj.
N008	G95	M3					S3000		Nastavení otáček.
N012	G90								Absolutní souř.
N016		M15							Zachytávač dílců je aktivní.
N020	G4					F0.5			Prodleva.
N024	G0	M21	X17	Z0	Y135				Otevření sklíčidla protivřet.

N028	G1	M78	X-1.5			F0.04	Vyrážeč dílců vpřed.		
N032	G1	M28	X10			F0.1	Proud vzduchu.		
N036	G1	M79	X11.99	Z1		F0.04	Vyrážeč dílců stáhnout.		
N040	G1	M16		Z7.1		F0.05	Zachytávač dílců.		
N044	G1		X11.98	Z7.5		F0.04			
N048	G1		X16			F0.1			
N052	G0		X60						
N056		M5					Hlavní vřeteno zastavit.		

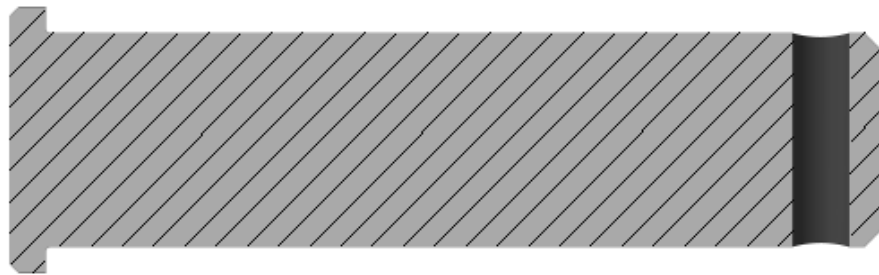
Obr. 20. Hrubování $\varnothing 12h8$ **Blok č. 3**

Zde dochází ke zhotovení díry $\varnothing 3,2$ mm. Nejdříve dojde k navrtání dílce z jedné strany, poté se otočí o 180° a navrtává se druhá strana. Navrtání se provádí nástrojem T7, což je NC navrtávák $\varnothing 6$ mm. Po navrtání dojde k výměně nástroje na T8. Vrták T8 má ISO označení TK DIN 6537.

N060		M6					T7		
N064		M50					Uzamknutí hlavního vřetene.		
N068		M23					Příčné vřeteno vpřed.		
N072	G94	M3					S2000		
N080	G0		X17	Z3.5					

N084	G1		X13			F400			
N088	G1		X9.6			F120			
N092	G4					F0.5			
N096	G0		X17						
N100	G1		X13			F400			
N104	G1		X9.6			F120			
N108	G4					F0.5			
N112	G0		X70						
N116		M6						T8	
N120		M23							
N124	G94	M3					S1300	Hl. vřet. vpřed.	
N128	G0		X17	Z3.5					
N132	G1		X12.5			F200			
N136	G1		X5			F65			
N140	G0		X13						
N144	G0		X6						
N148	G1		X-1			F65			
N152	G0		X13						
N156	G0		X1						
N160	G1		X-8			F65			
N164	G0		X13						
N168	G0		X-6						
N172	G1		X-16			F65			
N176	G4					F0.1			

N180	G1		X13			F500			
N184	G0		X30						
N188		M25							
N192		M51					Odblokování hl. vřetene.		

Obr. 21. Navrtání a vyvrtání $\varnothing 3,2$ mm**Blok č. 4**

V této části se dokončuje $\varnothing 12h8$. Nástroj T5 nese ISO označení DCLN R 1616 H09. Výměnná břitová destička má označení CNMG 090304EN.

N196		M6						T5	
N200	G95	M3					S3000		
N204	G90								
N208	G0		X17	Z7.3					
N212	G1		X12			F0.05			
N216	G1		X11.975	Z7.4		F0.02			
N220	G1		X11.99	Z8.2		F0.02			
N224	G1		X12	Z47.5		F0.05			
N228	G1		X11.8			F0.02			
N232	G1		X15			F0.06			
N236	G1			Z52		F0.06			

N240	G1		X16			F0.1			
N244	G0		X30						

Blok č. 5

V předposlední části ISO-kódu dojde k nastavení nástroje T1, což je nástroj pro upíchnutí dílce. Dále se zde dává do pohybu protivřeteno, pomocí kterého dojde k přechycení dílce a následného upíchnutí. Protivřeteno dopraví dílec k zachytávači dílů. Nástroj T1 má ISO označení ER16R 012-1616K-GX16-1. Výměnná břitová destička má GX16-1 E2.00 N020.

N248		M6						T1	
N252	G95	M3					S1500	Posuv na otáčku.	
N256	G90								
N260	G0			Z49,5					
N264	G96						S80	Konst. obv. rychlost.	
N268	G0		X18						
N272	G1		X16.2			F0.2			
N276	G1		X14			F0.03			
N280	G0		X16.2						
N284	G1		X48.9			F0.5			
N288	G1		X15.2			F0.08			
N292	G1		X14	Z49.5		F0.03			
N296	G0		X18		Y40				
N290		M54		Synchronizace hlavního a protivřetena. Rychlost.					
N294	G94								
N298	G1				Y5	F3000			
N302		M20							

N306	G95								
N310	G0		X16.2						
N314	G1		X14.2			F0.08			
N318	G1		X-2			F0.03			
N322	G0				Y140				
N326	G97			Zrušení konstantní obvodové rychlosti.					
N330		M55		Vypnutí synchronizace hlavního a protivřetena. Rychlost.					
N334		M105					Zastavení protivřetena.		



Obr. 22. Upíchnutí dílce

Blok č. 6

Ukončení programu.

M5	Zastavení hlavního vřetene.
TRANS	
M97	Počítadlo dílů.
M92	Vyvolání podprogramu pro výměnu tyče.
M11	Otevření hlavního sklíčidla.
M102	Maximální stažení.
M30	Konec programu a návrat nahoru.

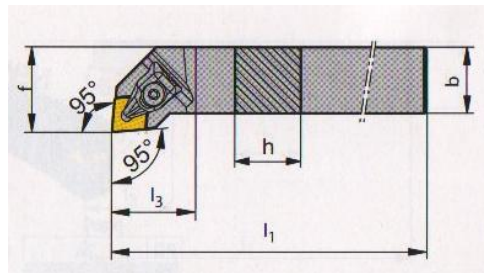
8.3 Nástroje použité při soustružení

Při obrábění byly použity nástroje mezinárodní firmy WNT. Všechny nástroje nesou ISO označení z katalogu WNT.

Pro hrubování byl použit nástroj DCLN R 1616 H09 s vyměnitelnou břitovou destičkou CNMG 090304EN.



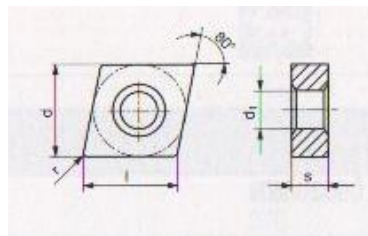
Obr. 23. Nástroj DCLN R 1616 H09 [9]



Obr. 24. Rozměry nástroje DCLN R 1616 H09 [9]

Tab. 11. Rozměry nástroje DCLN R 1616 [9]

Označení ISO	h [mm]	b [mm]	l ₁ [mm]	l ₃ [mm]	f [mm]
DCLN R 1616 H09	16	16	100	23	20



Obr. 25. Rozměry vyměnitelné břitové destičky CNMG 090304EN [9]

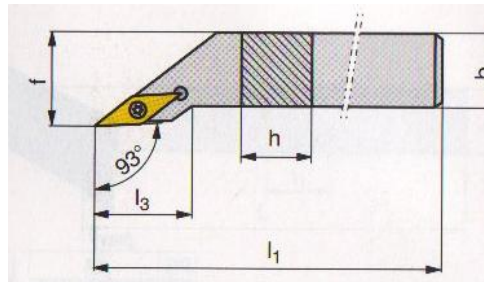
Tab. 12. Rozměry vyměnitelné břitové destičky CNMG 090304EN [9]

Označení ISO	l [mm]	s [mm]	d ₁ [mm]	d [mm]	r [mm]
CNMG 090304EN	9,7	3,18	3,81	9,525	0,4

Pro dokončování byl použit nástroj SVJC R 1616 H11 s vyměnitelnou břitovou destičkou VCGT 110302EN.



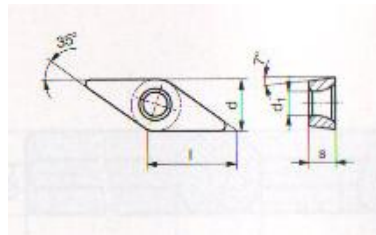
Obr. 26. Nástroj SVJC R 1616 H11 [9]



Obr. 27. Rozměry nástroje SVJC R 1616 H11 [9]

Tab. 13. Rozměry nástroje SVJC R 1616 H11 [9]

Označení ISO	h [mm]	b [mm]	l_1 [mm]	l_3 [mm]	f [mm]
SVJC R 1616 H11	8	8	100	21,5	8



Obr. 28. Rozměry vyměnitelné břitové destičky VCGT 110302EN [9]

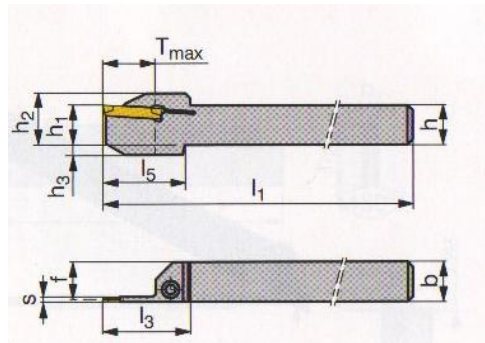
Tab. 14. Rozměry vyměnitelné břitové destičky VCGT 110302EN [9]

Označení ISO	l [mm]	s [mm]	d_1 [mm]	d [mm]	r [mm]
VCGT 110302EN	11,1	3,18	2,9	6,350	0,2

Pro upichování a tvorbu zápichů byl použit nástroj E16 R 0012-1616K-GX16-1 a výměnná břitová destička GX 16-1 E2.00 N 0.20.



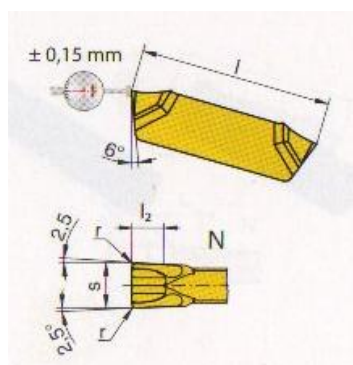
Obr. 29. Nástroj E16 R 0012-1616K-GX16-1 [9]



Obr. 30. Rozměry nástroje E16 R 0012-1616K-GX16-1 [9]

Tab. 15. Rozměry nástroje E16 R 0012-1616K-GX16-1 [9]

Označení ISO	$h = h_1$ [mm]	b [mm]	s [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	l_3 [mm]	l_5 [mm]	h_3 [mm]	T_{max} [mm]
E16 R 0012-1616K-GX16-1	12	12	2,00-2,75	11,35	125	26	24	4	12,0

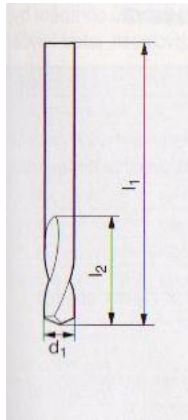


Obr. 31. Rozměry vyměnitelné břitové destičky GX 16-1 E2.00 N 0.20 [9]

Tab. 16. Rozměry vyměnitelné břitové destičky GX 16-1 E2.00 N 0.20 [9]

Označení ISO	l [mm]	s [mm]	r [mm]	l_2 [mm]
GX 16-1 E2.00 N 0.20	11,1	3,18	2,9	6,350

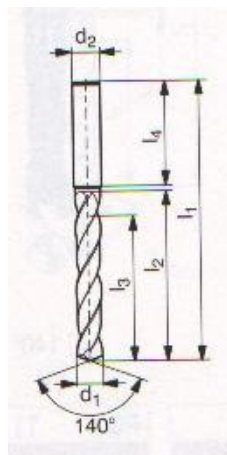
K zhotovení děr byl použit navrtávák a vrták. TK NC navrtávák je $\varnothing 6$ mm. Vrták nese ISO označení TK DIN 6537.



Obr. 32. Rozměry TK NC navrtáváku $\varnothing 6$ mm [9]

Tab. 17. Rozměry TK NC navrtáváku $\varnothing 6$ mm [9]

Označení ISO	$d_{1\ h6}$ [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
TK NC navrtávák	10	50	13



Obr. 33. Rozměry nástroje TK DIN 6537 [9]

Tab. 18. Rozměry nástroje TK DIN 6537 [9]

Označení ISO	$d_{1\ m7}$ [mm]	$d_{1\ h6}$ [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	l_3 [mm]	l_4 [mm]
TK DIN 6537	3,20	6	66	28	23	36

9 STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ – NX 8.0

Softwarové programování bylo provedeno v programu NX 8.0. Součásti kolík č. v. UTB-20122013-01 a bolzen č. v. UTB-20122013-02 byly vytvořeny soustružením (turning). Základem práce je podrobný popis použitých funkcí, tak aby bylo možné se dále v programu orientovat.

9.1 Charakteristika programu

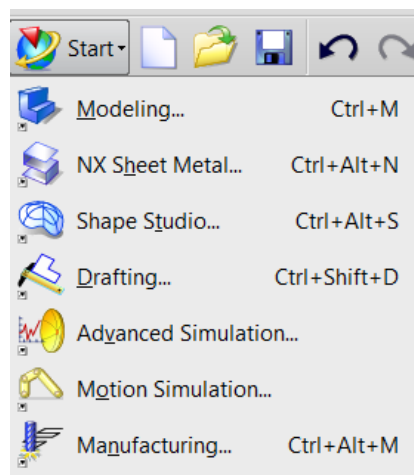
NX 8.0 je CAD/CAM/CAE program pro tvorbu, jak v konstrukci, tak výrobě. Program umožňuje provést první návrh, výpočty, simulace, analýzy, modelování dílů, modelování celých sestav, vytvářet výkresovou dokumentaci, programování NC obráběcích strojů a simulaci obrábění atd.

9.2 Základní funkce

Nejprve se převedou součásti vytvořené v programu CATIA V5 do programu NX 8.0.

9.2.1 Manufacturing

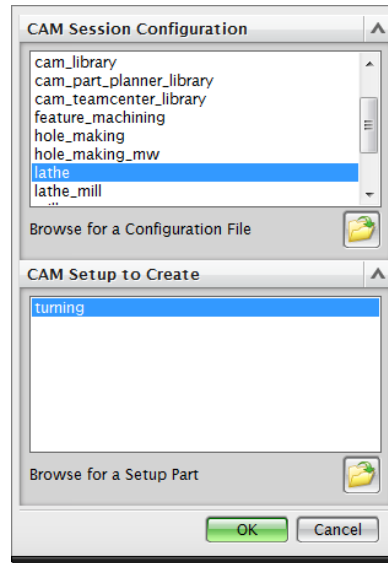
Manufacturing je aplikace NX, k vytváření NC kódu pro třískové obrábění.



Obr. 34. Nabídka start a aplikace manufacturing

9.2.2 Turning

Turning je operace pro soustružení součástí. Dělí se na Rough (hrubování), Finish (dokončování), Drill (vrtání) a Groove (tvorba zápichů).



Obr. 35. Operace soustružení (turning)

9.2.3 Operation navigator

Operation navigator se skládá ze čtyř částí a to Program Order View, Machine Tool View, Geometry View a Machining Method View.



Obr. 36. Program Order View, Machine Tool View, Geometry View a Machining Method View

Program Order – určuje v jakém pořadí budou operace prováděny

Machine Tool – zobrazuje operace dle použitých nástrojů

Geometry View – zobrazuje operace dle použité geometrie

Machining Method – zobrazí operace dle použitých technologických podmínek

9.2.4 Verify

Verifikace slouží k zjištění vytvořených drah nástroje a kontrole simulovaného obrábění.



Obr. 37. Verifikace

9.2.5 Postprocess

Postprocessor zajišťuje překlad interních dat NX do formátu, který je srozumitelný obráběcím strojům.



Obr. 38. Postprocessing

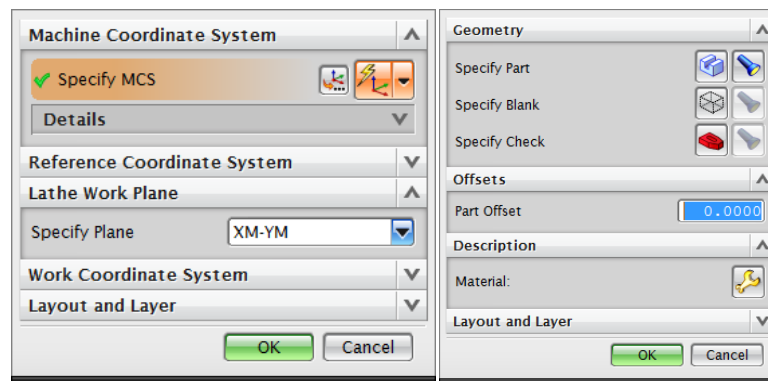
9.3 Programování součásti Kolík č. v. UTB-20122013-01

9.3.1 Nastavení základních parametrů

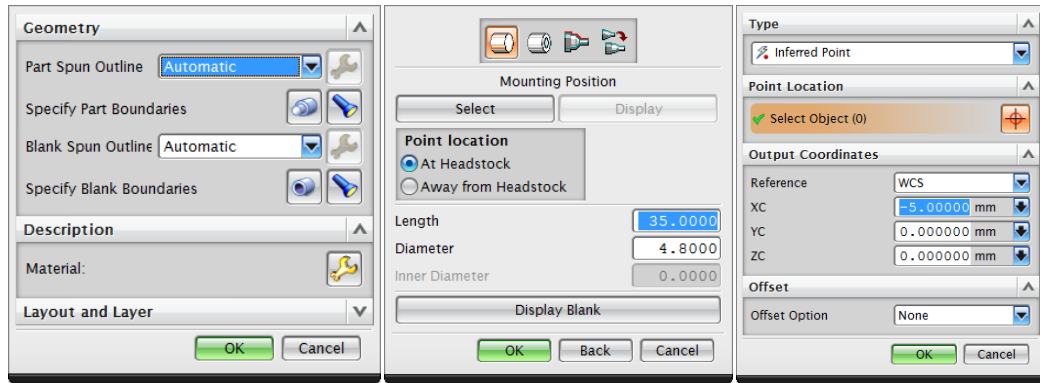
Nastavení nulových bodů přes **Geometry View** → **MCS_SPINDLE** → **Specify MCS**. Nastavený nulový bod lze vidět na Obr. 44, v levé části součásti, kde leží souřadný systém.

Upravení **WORKPIECE** → **Specify Part** (součást).

Polotovár se nastaví v **TURNING_WORKPIECE** → **Specify Blank Boundaries** (zde se nastaví polotovár z plného materiálu **Bar Stock** a dále délka (**Lenght**) a průměr (**Diameter**) → **Select** (nastavení místa upnutí polotovaru pomocí souřadného systému).



Obr. 39. Nastavení MCS_SPINDLE a WORKPIECE

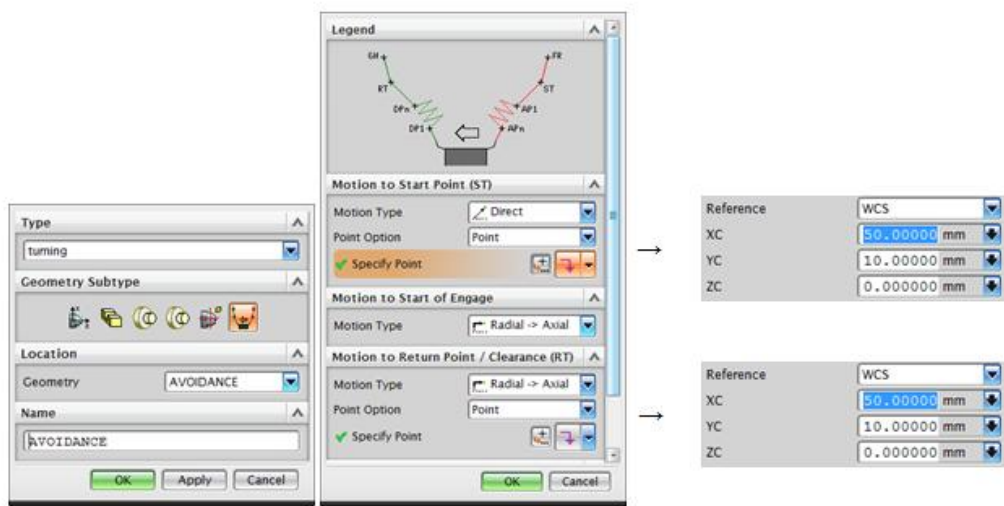


Obr. 40. Nastavení TURNING_WORKPIECE

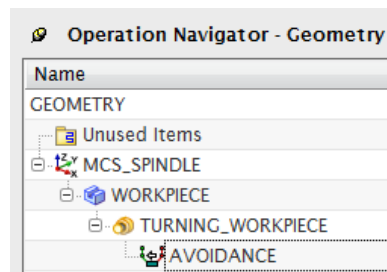
Dále se do TURNING_WORKPIECE vloží typ geometrie **AVOIDANCE** (zde se nastaví bod Start/Return – bod výměny nástroje).

Vytvoření přes **Insert** → **Geometry** → **Turning** → výběr ikony **AVOIDANCE**.

Nastavení se provede specifikování základních bodů. Dle Obr. 41.




Obr. 41. Vytvoření a nastavení AVOIDANCE




Obr. 42. Geometry View po nastavení základních parametrů

9.3.2 Vytvoření obráběcích nástrojů a řezných operací

Nejprve se vytvoří nástroj, který zhotoví radius $R = 2,4$ mm. Nástroj se vytvoří přes ikonu

Create Tool . Dále se zvolí typ **OD_80_R**, který se přejmenuje dle katalogu WNT na

SVJC_R1616_H11 .

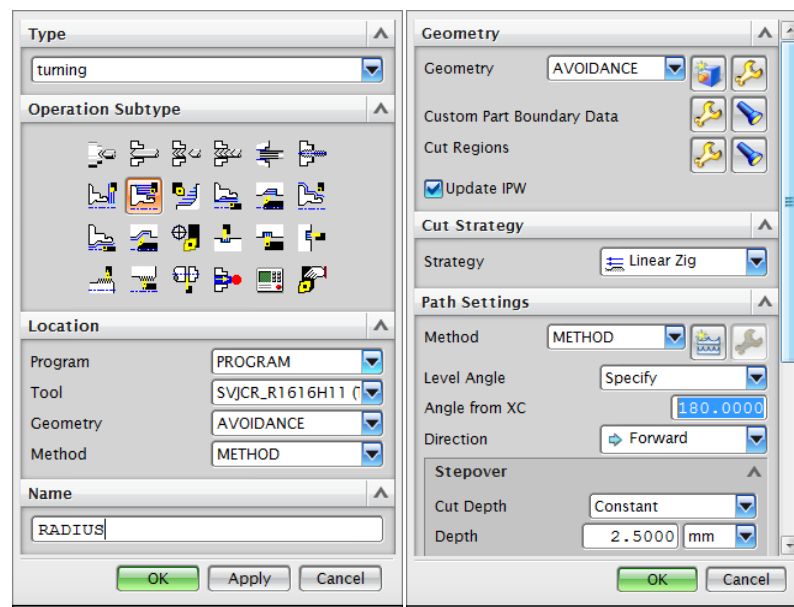
Po navrhnutí nástroje se přes ikonu **Create Operation**  vytvoří řezná operace. Pro vytvoření radiusu se použije operace **ROUGH_TURN_OD**. Dále se zvolí **Program, Tool, Geometry, Method** a **Name**.

Nyní se přejde do nastavení obráběcích parametrů operace **ROUGH_TURN_OD**. Zde jako

první se nastaví oblast obrábění, nebo-li **Cut Regions** .

V **Cut Regions** stačí nastavit jedna **Radial Trim Plane 1** a jedna **Axial Trim Plane 1**. **Radial Trim Plane 1** se nastaví pod osu obrobku, aby došlo k dosažení potřebného tvaru dílce a nedošlo k nedokonalému obrobení dílce.

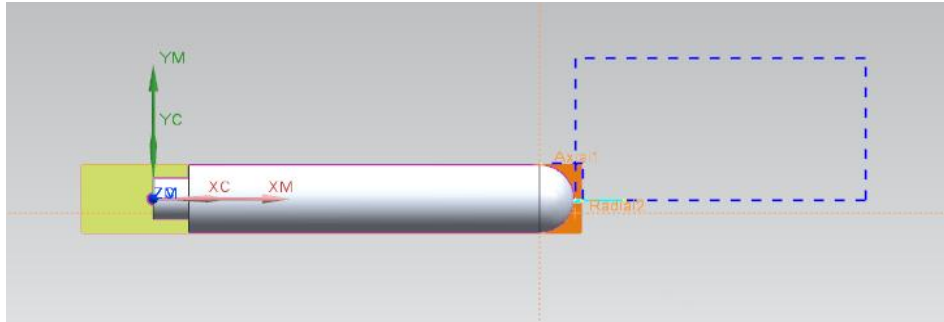
Dále se nastaví **Strategy, Stepmover**, což je hloubka řezu, v **Path Settings** směr obrábění a ve **Feed and Speeds** posuvovou rychlost. Posuvová rychlost se nastavila na 4000 ot/min.



Obr. 43. Nastavení metody obrábění **ROUGH_TURN_OD** a její parametrů


V poslední řadě se nechá generovat/verifikovat funkcemi **Generate** a **Verify**






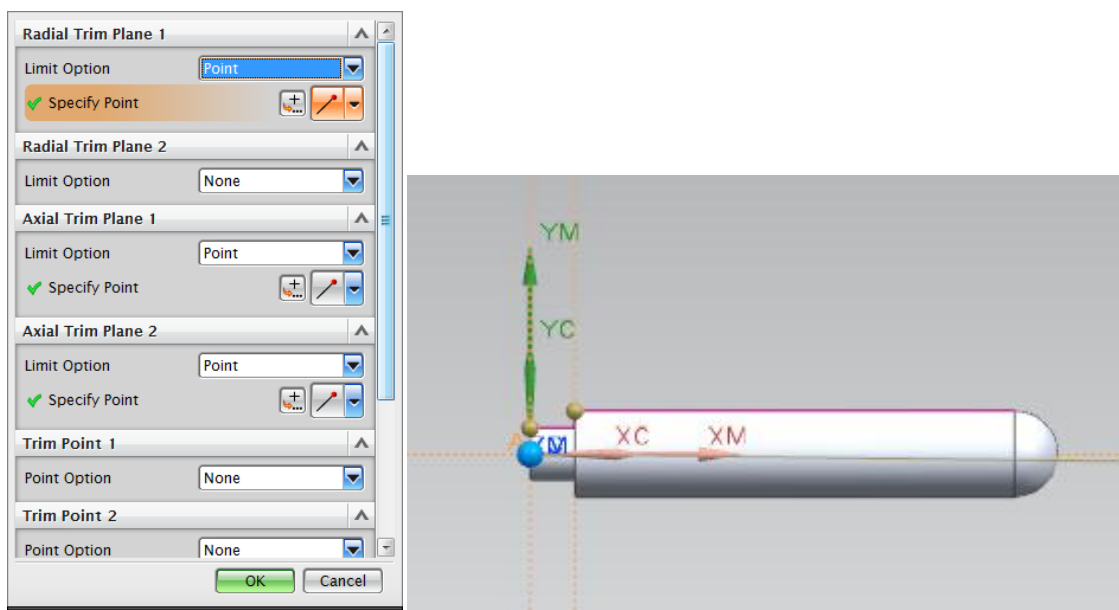
Obr. 44. Řezná plocha a pohyb nástroje při obrábění radiusu $R = 2,4 \text{ mm}$

Po obrobení zaoblení na čele součásti se vytvoří další nástroj a k němu příslušná operace. Dalším krokem je obrobení zápichu a následné upíchnutí dílce. To se provede jedním nástrojem

OD_GROOVE_L , který se pojmenuje E16R012_1616K_GX16_1. Zvolí se parametry nástroje a držáku. Vytvoří se operace pomocí

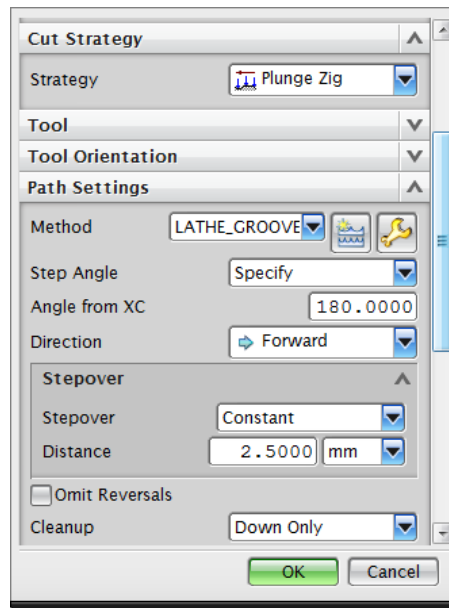
FACING . Opět se nastaví **Program, Tool, Geometry, Method a Name**. Nastavení je stejné až na **Tool** (nástroj), kde vybereme upichovací nůž označený jako E16R012_1616K_GX16_1. **Name** (název operace) změníme na ZAPICH.

Jako první se opět nastaví oblast řezu v **Cut Regions**. Vybereme body **Radial Trim Plane 1, Axial Trim Plane 1 a Axial Trim Plane 2**, díky kterým označíme ohraničení obráběné oblasti.



Obr. 45. Vybrání oblasti řezu v **Cut Regions**

Nastavení parametrů operace **FACING** je následovné.

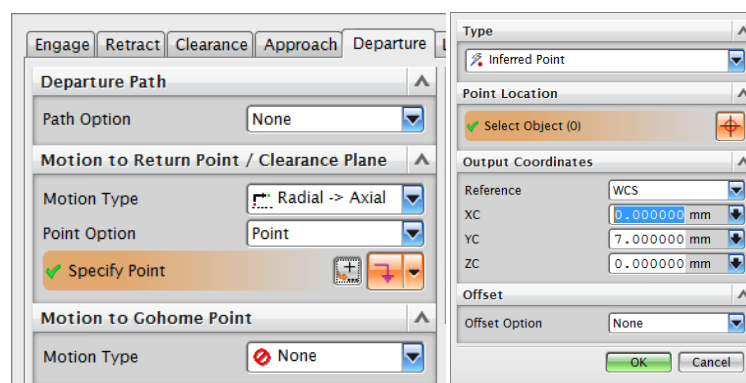


Obr. 46. Nastavení parametrů operace FACING


Dále se nastaví **Non Cutting Moves** a **Feed and Speeds**. Posuvová rychlost na 6000 ot/min.

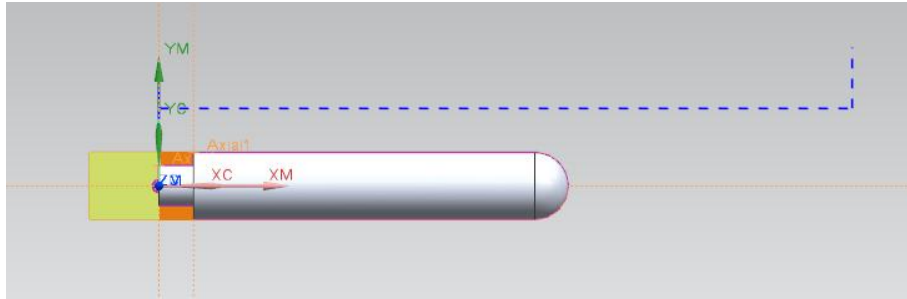
V **Non Cutting Moves** se přenastaví bod vrácení nástroje označený jako **Motion To Return Point**. Je to z důvodu toho, aby se nástroj nemusel vracet do počátečního bodu výměny nástroje, protože zápich a upíchnutí se provede stejným nástrojem. Tímto krokem se ušetří celkový čas operace.

Nastavení se provede dle Obr. 47.



Obr. 47. Přenastavení Non Cutting Moves

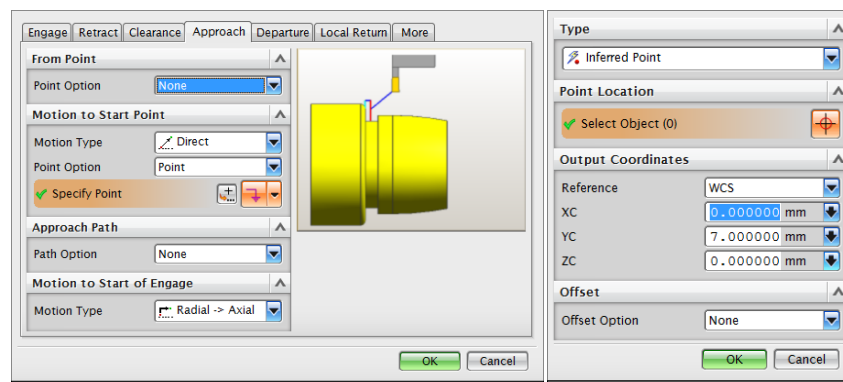
Vygenerujeme funkcí Generate .



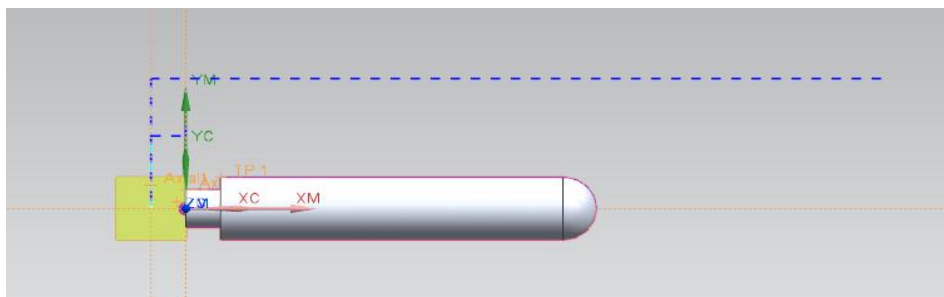
Obr. 48. Řezná plocha a pohyb nástroje při obrábění zápichu

Poslední operací je upichnutí dílce, to lze provést vícero způsoby, ale v tomto případě byla vybrána operace **FACING**. Upichnutí se provede opět stejným nástrojem. Změna se provede v oblasti řezu, kdy se posunou radiální a axiální body v **Cut Regions**. A dále se změní opět **Non Cutting Moves** a to teď místo počátku nástroje **Motion To Start Point**.


Nastavení se provede dle Obr. 49.



Obr. 49. Nastavení Motion To Start Point



Obr. 50. Dráha nástroje při upichnutí dílce

Nakonec se provede Postprocess . Poté by měly Program Order View a další aplikace mít u sebe zelené šipky. Tím se pozná, že je vše v pořádku.

Name	Toolchange	Path
NC_PROGRAM		
PROGRAM		
RADIUS	🔒	✓
ZAPICH	🔒	✓
UPICHNUTI		✓
Unused Items		

Obr. 51. Program Order po PostProcess

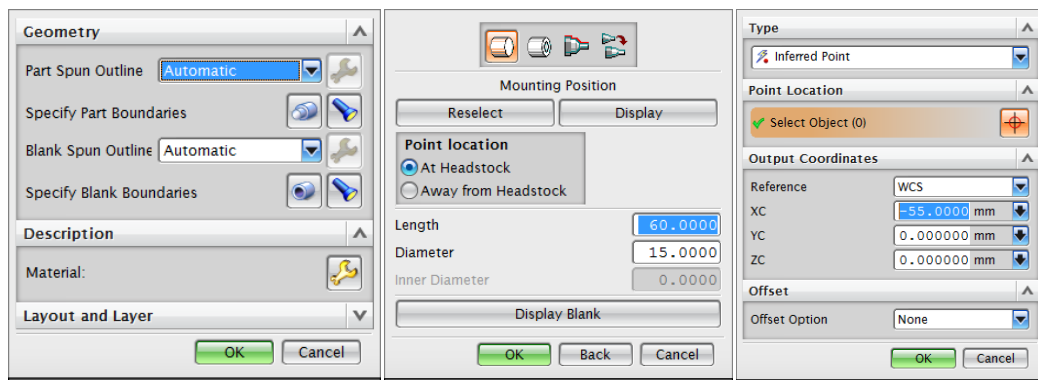
9.4 Programování součásti Bolzen č. v. UTB-20122013-02

9.4.1 Nastavení základních parametrů

Nastavení nulových bodů přes **Geometry View** → **MCS_SPINDLE** → **Specify MCS**.
Nastavený nulový bod lze vidět v Obr. 57, v pravé části obrobku.

Upravení **WORKPIECE** → **Specify Part** (součást).

Polotovár se nastaví v **TURNING_WORKPIECE** → **Specify Blank Boundaries** (zde se nastaví polotovár z plného materiálu **Bar Stock** a dále délka (**Length**) a průměr (**Diameter**) → **Select** (nastavení místa upnutí polotovaru pomocí souřadného systému).

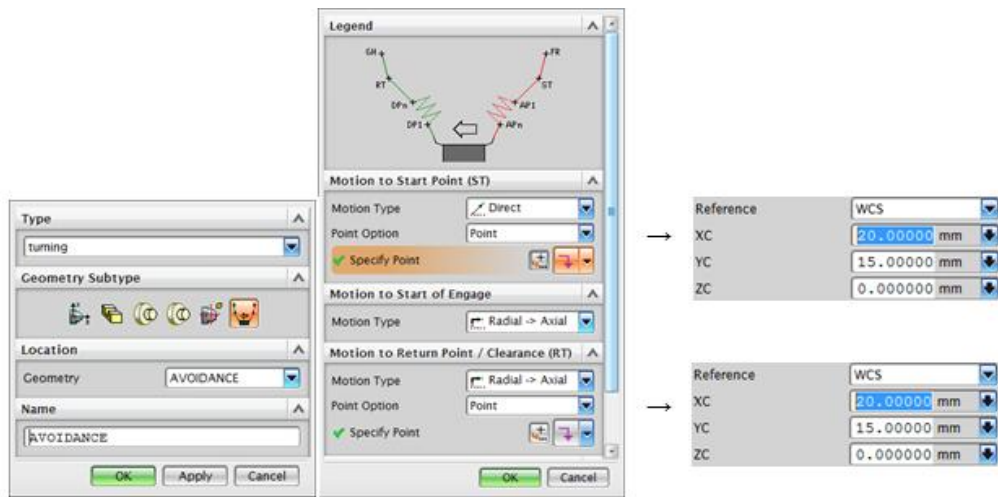


Obr. 52. Nastavení TURNING_WORKPIECE

Dále se do **TURNING_WORKPIECE** vloží typ geometrie **AVOIDANCE** (zde se nastaví bod Start/Return – bod výměny nástroje).

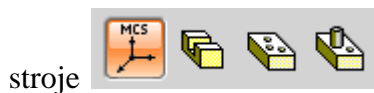
Vytvoření přes **Insert** → **Geometry** → **Turning** → výběr ikony **AVOIDANCE**.

Nastavení se provede specifikování základních bodů. Dle Obr. 53.




Obr. 53. Vytvoření a nastavení AVOIDANCE


Po vytvoření základních parametrů pro soustružení, se musí vytvořit souřadný systém pro navrtání a následné vrtání **MCS_DRILL_1**. **WORKPIECE_1** pro určení polotovaru. **DRILL_GEOM_1** k označení navrtávané/vrtané díry a také počátku a konce pohybu nástroje.



Všechny tyto parametry se vytvoří přes **Insert** → **Geometry** → **drill**.

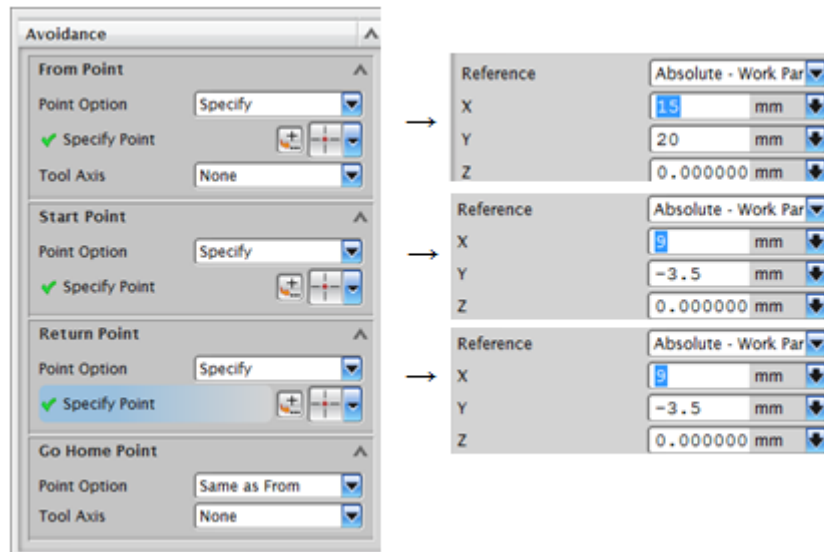
První se zvolí **MCS** . Geometry se zvolí **GEOMETRY**. Přejmenuje se na **MCS_DRILL_1**. Nastaví se souřadný systém, tak aby osa Z byla ve směru vedené díry. Následně je i potřeba nastavit **Safe Clearance Distance** (bezpečnostní rovina – z důvodu, aby nedošlo ke kolizi nástroje s obrobkem) a to 3 mm. V **Avoidance** se nastaví body dle Obr. 54.

Jako druhé se vytvoří **WORKPIECE_1** , které se vloží do **MCS_DRILL_1**. Zde se pouze vybere **Specify Part** a **Specify Blank**.

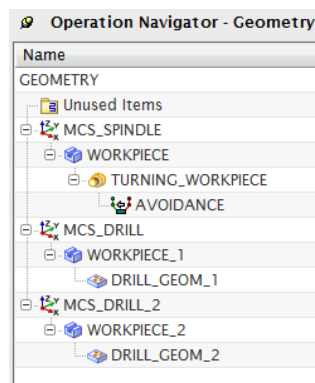
V poslední řadě se musí specifikovat díra (**Specify Holes**), horní povrch (**Specify Top Surface**), spodní povrch (**Specify Bottom Surface**) a to přes **DRILL_GEOM_1** , to se vloží do **WORKPIECE_1**.

Následně se vytvoří **MCS_DRILL_2**, **WORKPIECE_2**, **DRILL_GEOM_2**. To vše úplně stejným postupem jako předešlé operace. Rozdílem bude, že souřadný systém **MCS_DRILL_2** bude otočen o 180°. Důvodem je navrtání dílce z obou stran díry.

Tímto je dílec připraven pro vkládání nástrojů a operací.




Obr. 54. Nastavení Avoidance v MCS_DRILL_1




Obr. 55. Geometry View po nastavení základních parametrů

9.4.2 Vytvoření obráběcích nástrojů a operací

Jako první se vytvoří nástroj pro tvorbu Ø12h8. Ten se vytvoří přes **Create Tool** .

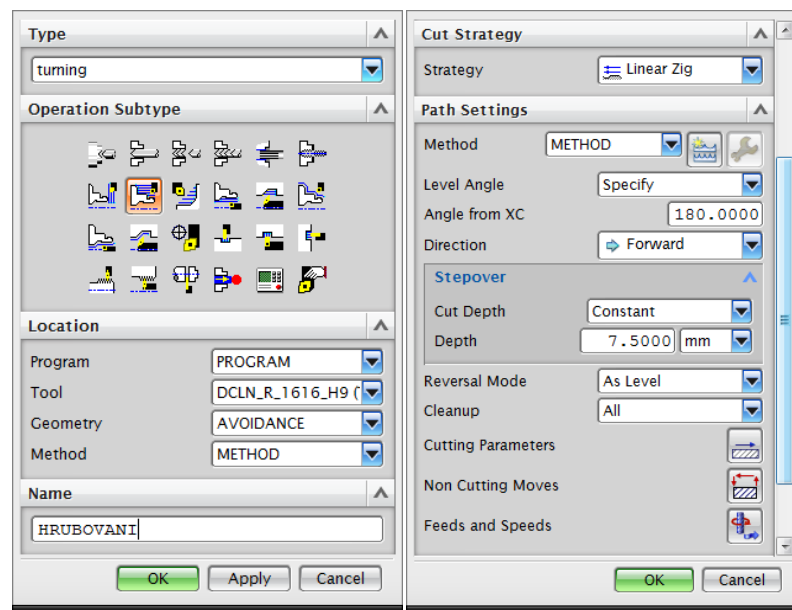
Zvolí se **Type** → **Turning** → **OD_80_R** . Nástroj se přejmenuje na DCLN_R_1616_H9. Rozměry nástroje se volí dle základních parametrů v katalogu WNT.

Po vytvoření daného nástroje, se vytvoří operace pro obrobení průměru do vzdálenosti 7,5 mm od okraje dílce. Operace se vytvoří přes **Create Operation** . Pro vytvoření radiusu se použije operace **ROUGH_TURN_OD**. Dále se zvolí **Program**, **Tool**, **Geometry**, **Method** a **Name**.

Nyní se přejde do nastavení obráběcích parametrů operace ROUGH_TURN_OD. Zde jako první se nastaví oblast obrábění, nebo-li **Cut Regions** .

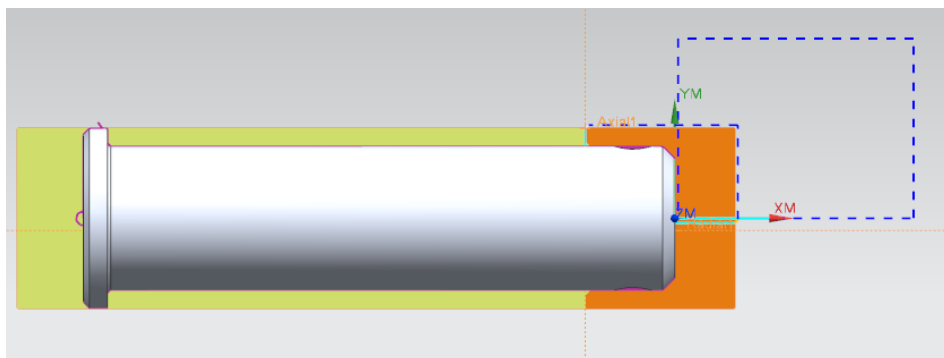
V **Cut Regions** stačí nastavit jedna **Radial Trim Plane 1** a jedna **Axial Trim Plane 1**. **Radial Trim Plane 1** se nastaví pod osu obrobku, aby došlo k dosažení potřebného tvaru dílce a nedošlo k nedokonalému obrobení dílce. U **Axial Trim Plane 1** se nastaví bod, dle WCS souřadného systému, na souřadnice [-7,5; 7,5; 0].

Dále se nastaví **Strategy**, **Stepover**, **Path Settings** a **Feed and Speeds**. Posuvová rychlost se nastaví na 3000 ot/min.



Obr. 56. Nastavení řezné operace ROUGH_TURN_OD

Po nastavení parametrů se součást nechá vygenerovat a verifikovat.



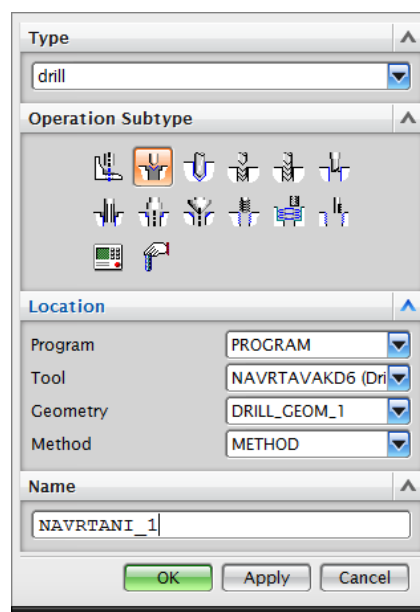
Obr. 57. Řezná plocha a pohyb nástroje při HRUBOVÁNÍ

Řezné operace se nastaví postupně jak jdou za sebou, i když to není nutné, neboť v Program Order lze operace přesouvat dle pořadí. Tedy další operací je navrtání díry Ø 3,2 mm.

Díra se navrtává z obou stran, tedy je nutné vytvořit dvě operace. První navrtání se vloží do souřadného systému MCS_DRILL_1 do DRILL_GEOM_1. Druhé navrtání se bude vkládat do MCS_DRILL_2 do DRILL_GEOM_2.

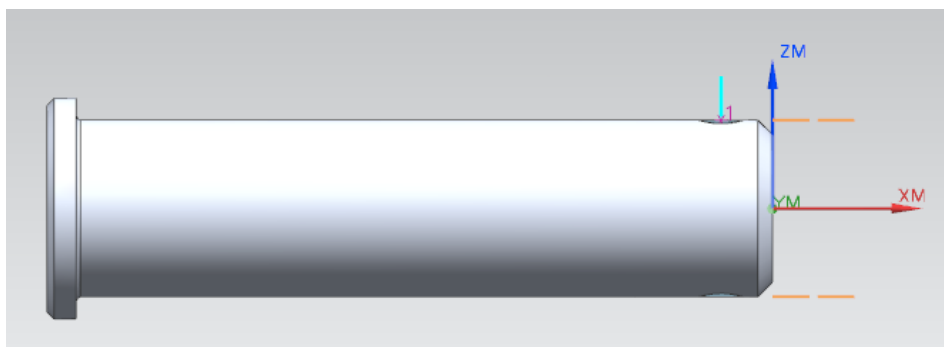
Přes **Create Tool** se vytvoří navrtávací Ø 6 mm. V typu nástrojů se vybere drill, kde se použije nástroj **SPOTDRILLING_TOOL**. Ten se přejmenuje na NAVRTAVAKD6. Rozměry nástroje se určí dle katalogu WNT.

Následně se vytvoří operace (**Create Operation**). V nastavení parametrů se změní pouze **Feeds and Speeds**. V **Spindle Speed** se zadá 2000 ot/min.



Obr. 58. SPOTDRILLING_TOOL operace k navrtání

Nechá se vygenerovat a verifikovat.



Obr. 59. NAVRTANI_1

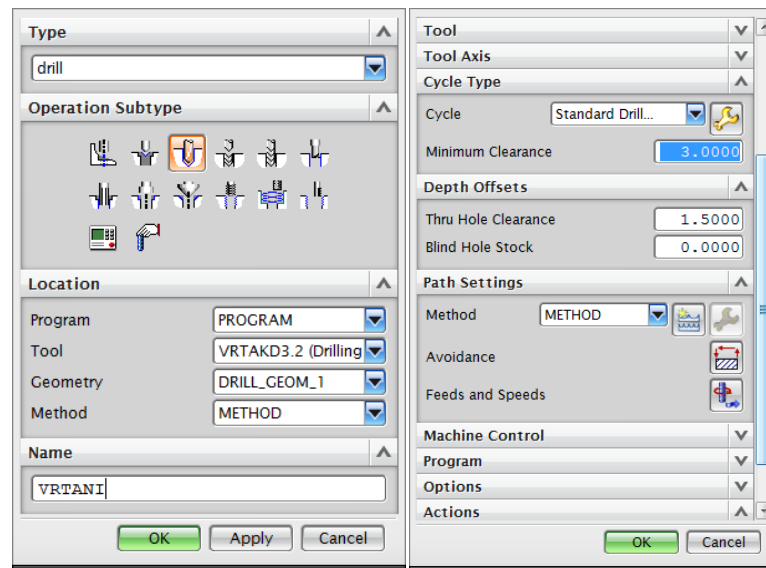
Navrtání otočené o 180° se nastaví stejně jako předchozí až na výběr **Geometry**, kde se vybere DRILL_GEOM_2. Tím se operace uloží do souřadného systému otočeného o 180°.



Obr. 60. NAVRTANI_2

Po navrtání, dojde k vrtání díry $\varnothing 3,2$ mm. Vytvoří se nástroj **DRILLING_TOOL**. Přejmenuje se na VRTAKD3.2. Rozměry se určí opět dle katalogu WNT.

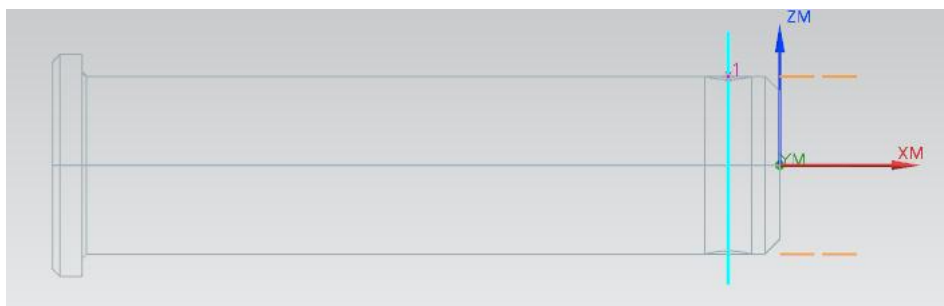
Vytvoření operace a parametrů přes Create Operation dle Obr. 61.



Obr. 61. Vytvoření operace DRILLING

Ve **Feeds and Speeds** se nastaví **Spindle Speed** na 1300 ot/min.

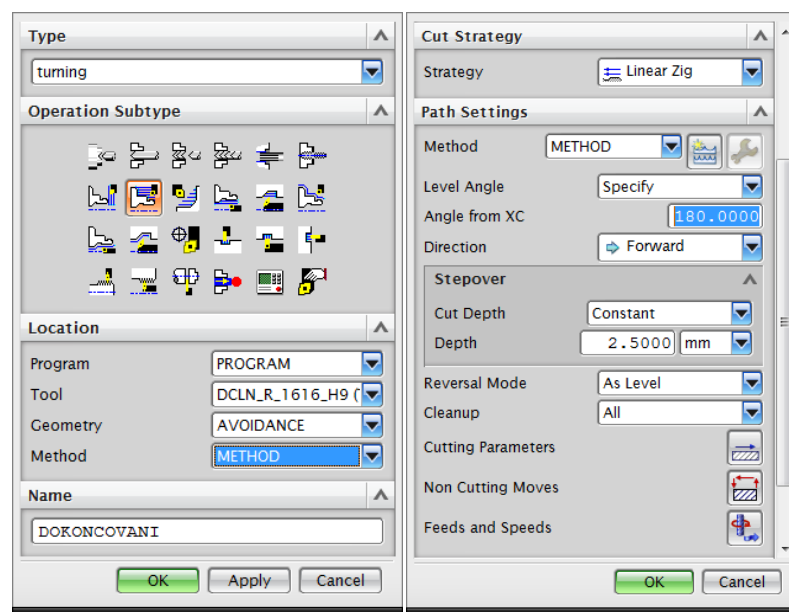
V poslední řadě vygenerujeme a verifikujeme.

Obr. 62. Pohyb nástroje při vrtání díry $\varnothing 3,2$ mm

Tímto se ukončilo vrtání a nyní se přejde zpět k soustružení dílce. Následné operace se budou vkládat do souřadného systému MCS_SPINDLE a to do podsložky AVOIDANCE.

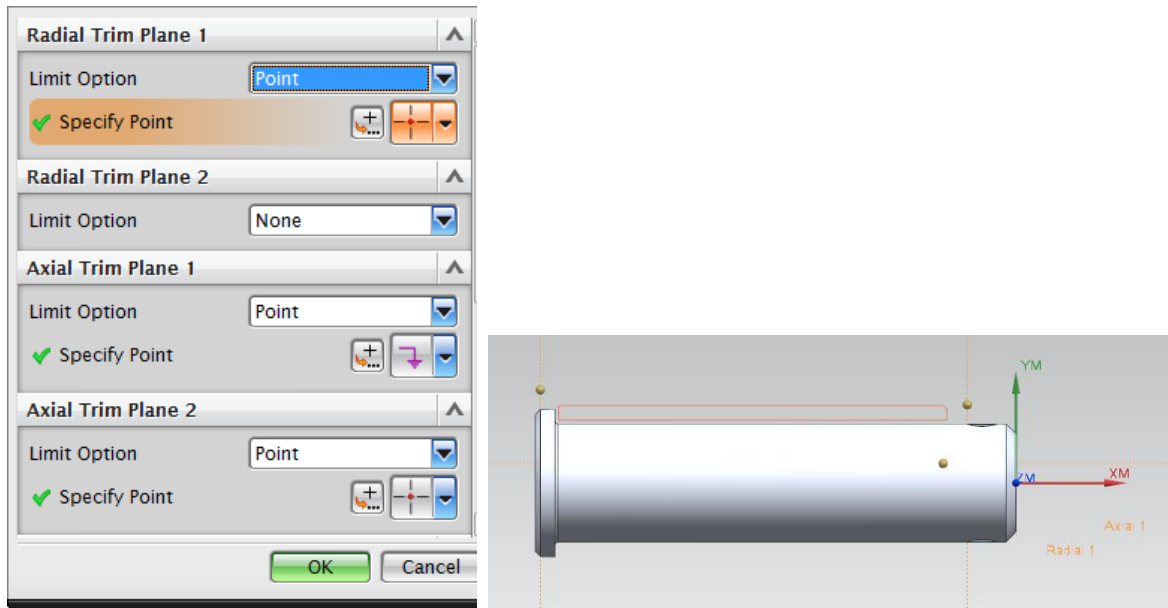
Soustružit se bude Ø12h8, který se dosoustruží. Nástroj se použije opět DCLN_R_1616_H9.

Vytvoří se operace **ROUGH_TURN_OD**, která se přejmenuje na DOKONCOVANI. Zvolí se správný nástroj. V parametrech nastavení operace jako první se zvolí **Cut Regions**, což je oblast řezné operace. Vyberou se body **Radial Trim 1**, **Axial Trim 1** a **Axial Trim 2**, tak aby nám ohraničily obráběnou oblast. Další nastavení se provede dle Obr. 63.



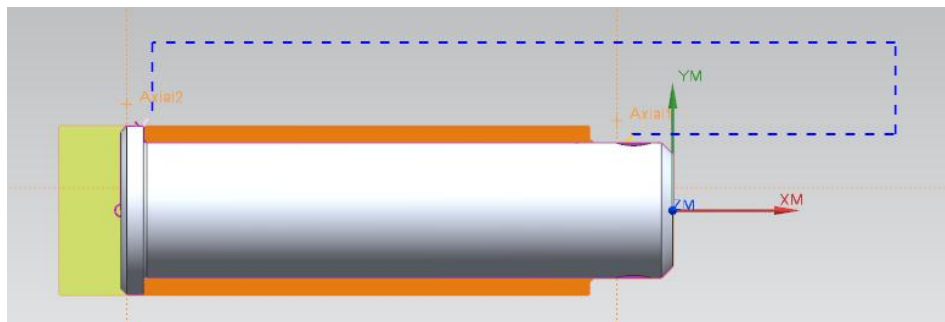
Obr. 63. Přesné nastavení operace ROUGH_TURN_OD

Feeds and Speeds se zadá 3000 ot/min.




Obr. 64. Ohraničení oblasti obrábění pomocí radiálních a axiálních bodů


Po vygenerování se dostanou potřebné dráhy. Verifikuje se.



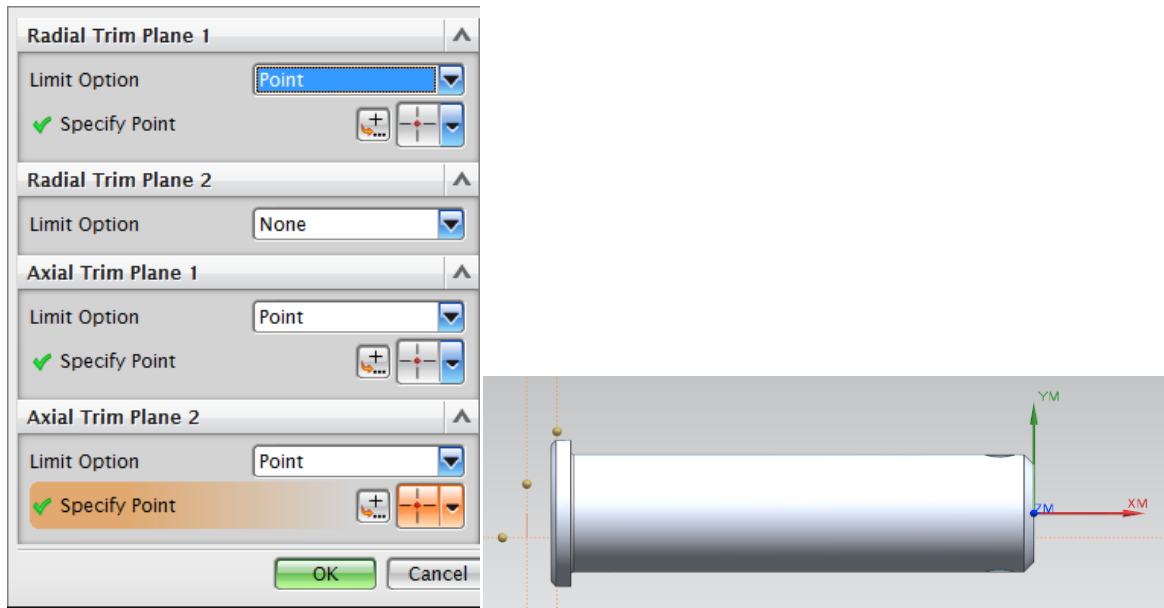
Obr. 65. Vygenerovaná a verifikovaná operace DOKONCOVANI

Na závěr dojde k upíchnutí dílce. Pro to se musí vytvořit upichovací nástroj

OD_GROOVE_L , který se pojmenuje E16R012_1616K_GX16_1. Zvolí se parametry nástroje a držáku. Z důvodu zkosení na

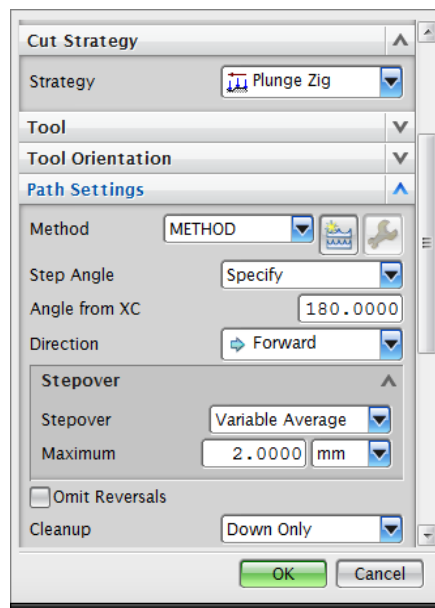
konci dílce se rozloží upíchnutí na dvě operace. Obě se vytvoří pomocí **FACING** . Jedna se pojmenuje ZKOSENI a druhá UPICHNUTI. Obě operace se budou vkládat do souřadného systému pro soustružení.

Jako první se nastaví **Cut Regions**, kde specifikujeme **Radial Trim 1**, **Axial Trim 1** a **Axial Trim 2** dle Obr. 66.

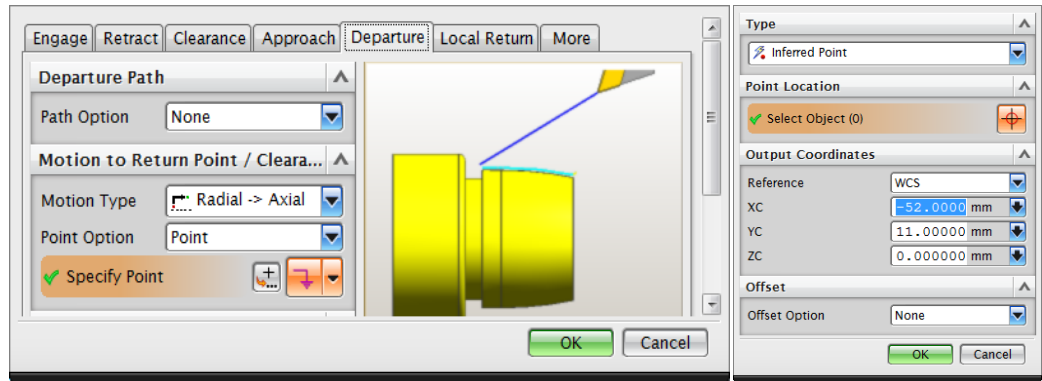


Obr. 66. Určení bodů Radial Trim 1, Axial Trim 1 a Axial Trim 2

Poté se stanoví parametry podle Obr. 67. Dále se provede změna v **Non Cutting Moves** v sekci **Departure**, kde se změní bod **Motion To Return Point**. **Feeds and Speeds** se určí na 3000 ot/min.

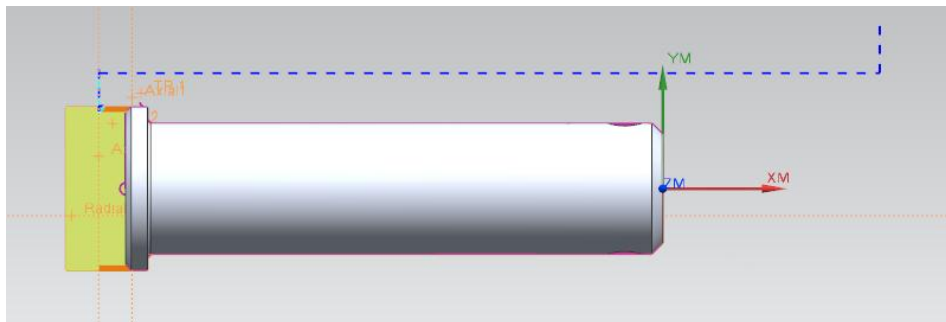


Obr. 67. Základní parametry operace FACING pojmenované ZKOSENI



Obr. 68. Změna v Non Cutting Moves

Operace se vygeneruje a verifikuje.

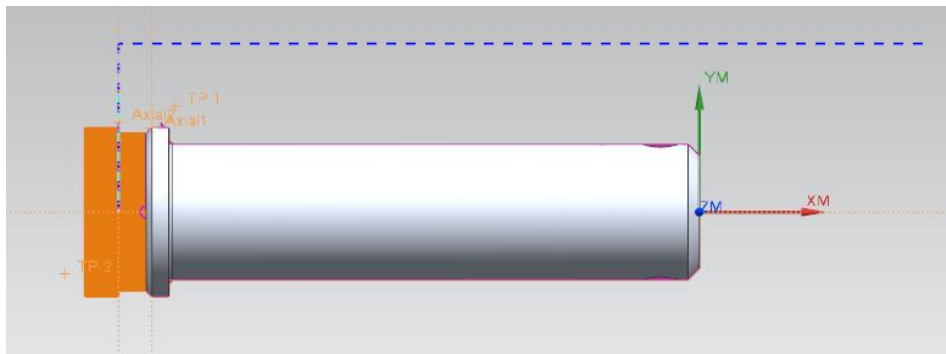


Obr. 69. Vygenerovaná operace ZKOSENI


Operace UPÍCHNUTI se nastaví stejně jako ZKOSENI až na upravení **Cut Regions** a **Non Cutting Moves**.

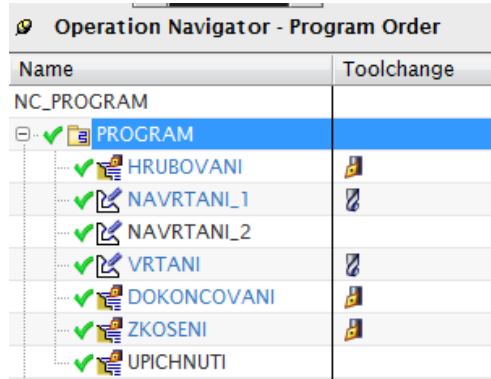
Cut Regions se určí tak, aby se ohraničila opět oblast upíchnutí. V **Non Cutting Moves** se v části **Approach** změní bod **Motion To Start Point**. Změní se tak, aby navazoval na předchozí bod v minulé operaci. Hodnoty bodu vidíme na Obr. 68 a jsou [-52; 11; 0].

Vygeneruje se a verifikuje.



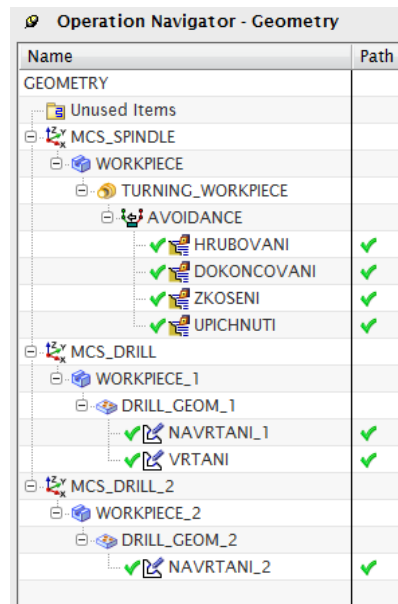
Obr. 70. Upíchnutí dílce

Nakonec se provede Postprocess . Poté by měly Program Order View a další aplikace mít u sebe zelené šipky. Tím je zaručeno, že je vše v pořádku.



Name	Toolchange
NC_PROGRAM	
PROGRAM	
HRUBOVANI	
NAVRTANI_1	
NAVRTANI_2	
VRTANI	
DOKONCOVANI	
ZKOSENI	
UPICHNUTI	

Obr. 71. Program Order View po Post process



Name	Path
GEOMETRY	
Unused Items	
MCS_SPINDLE	
WORKPIECE	
TURNING_WORKPIECE	
AVOIDANCE	
HRUBOVANI	✓
DOKONCOVANI	✓
ZKOSENI	✓
UPICHNUTI	✓
MCS_DRILL	
WORKPIECE_1	
DRILL_GEOM_1	
NAVRTANI_1	✓
VRTANI	✓
MCS_DRILL_2	
WORKPIECE_2	
DRILL_GEOM_2	
NAVRTANI_2	✓

Obr. 72. Program Geometry View po Post process

10 VÝROBA A VERIFIKACE ROTAČNÍCH SOUČÁSTÍ

Součásti kolík a bolzen byly vyrobeny na CNC stroji švýcarského původu HANWHA SL 16S. Je to CNC soustruh dlouhotočivého typu. Součásti byly vyrobeny dle výrobních výkresů viz. Příloha.



Obr. 73. Součást kolík, výrobní výkres č. UTB-20122013-01

Strojní čas této součásti naprogramované pomocí G-kódu a vyrobené na CNC soustruhu je 0:20 minuty. Po naprogramování strojním v programu NX8.0, strojní čas vyšel na 0:26 minuty. Tento rozdíl může být zapříčiněn rozdílným nastavením rychloposuvu CNC stroje vůči CAM programu. Dalším faktorem je, že při výrobě se používá soustruh dlouhotoč, kde pohyb vodorovně s osou obrobku vykonává stroj a ne nástroj. U strojního programování nám všechny pohyby vykonává nástroj. Tudíž dráhy nástroje jsou rozdílné.



Obr. 74. Součást bolzen, výrobní výkres č. UTB-20122013-02

Strojní čas u součásti bolzen naprogramované G-kódem je 1:26 minuty. U programování strojního vyšel 1:08 minuty. Opět rozdíl je způsoben rozdílným nastavením rychloposuvu

stroje a CAM programu. Dále také typologií stroje. Největší rozdíl ovšem zapříčiňuje nezařazení protivřetena do CAM programu. Funkce protivřetena bude dodána až po provedení Post – processingu. Tím bude program kompletní a připraven k použití.

ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce bylo rozebrání pojmů důležitých k pochopení programování ručního a strojního. Přiblížení problematiky ohledně soustružení a CNC strojů. Všechny tyto aspekty byly shrnuty v teoretické části, která sloužila jako podklad pro řešení praktické části práce.

Praktická část se zabývala v první části vymodelováním součástek v programu CATIAV5. Tyto výrobky byly přeneseny na výkresy, které jsou součástí přílohy (P I, P II). Dle výkresové dokumentace jsem naprogramoval obrobky ručně pomocí G-kódu. Programovanými součástkami byl bolzen a kolík; v obou případech jsem použil absolutního zadání souřadnic. Po naprogramování G-kódu jsem přešel k strojnímu programování. K tomu byl využit software společnosti Siemens NX 8.0. V obou způsobech programování jsem zachovával stejné řezné podmínky a nástroje, které byly od firmy WNT.

Program NX 8.0 byl součástí výuky předmětu Speciální technologie, kde se zaměřilo především na programování pro frézování. Z toho důvodu byly vybrány dané součásti pro soustružení, neboť pro individuální nastudování programování pro soustružení jsou vhodné.

Kdybych měl porovnat oba způsoby programování, tak jednoznačně pro dané výrobky je do výroby výhodnější programování ruční. Je to z důvodu toho, že cena softwaru NX je vysoká a pro daný druh výrobků se nevyplatí. Ovšem pomineme-li cenu, po nastudování a zautomatizování funkcí v NX, je tento program nepřekonatelný. Velkou výhodou NX je funkce Verify, kterou si dokážeme naprogramovanou součást zkontrolovat, zdali nám nástroj nekoliduje s obrobkem, či dochází k dokonalému obrobení a nezanechávají se nám zbytky materiálu na výrobku.

V poslední řadě jsem dané součásti vyrobil na stroji Hanwha SL16S. K vyrobení byl využit G-kód. Ten je používán i v samotné sériové výrobě. V závěru došlo k porovnání strojních časů, které se lehce lišily. Program NX nepočítá s kinematikou stroje a není zahrnuto protivřetení do výpočtu teoretického strojního času.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JANDEČKA, K. *Postprocesory a programování NC strojů*: 1. vyd.. Skalica : Fakulta výrobních technologií a managementu, UJEP, 2007. 244 p.
- [2] MAREK, J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*: 2. přeprac. a dopl. vyd.. Praha : MM Publishing, s. r. o., 2010. 420 p.
- [3] NEDBAL, R. *Strojírenská technologie : pracovní sešit*. Zlín, 104 p.
- [4] KOČMAN, K. *Speciální technologie: obrábění* : 3., přeprac. a dopl. vyd.. Brno : CERM, 2004. 227 p.
- [5] ŠTULPA, M. *CNC obráběcí stroje a jejich programování* : 1.vyd.. Praha : BEN - technická literatura, 2006. 126 p.
- [6] NEDBAL, R. *Programování CNC strojů*. Zlín, 66 p.
- [7] KAVAN, Petr. *Domácí soustružení*. [online]. [cit. 2012-12-12]. Dostupné z: <http://www.domaci-soustruzeni.cz/o-soustruzeni/historie.html>
- [8] *Manuál CNC soustruhu Hanwha*.
- [9] *Nástrojový katalog WNT : Česká republika*, 2013.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CNC	Computer Numerical Control – počítačem (číslicově) řízené stroje
CAD	Computer Aided Design – počítačem podporované projektování
CAM	Computer Aided Manufacturing – počítačová podpora obrábění
CAD/CAM	Propojení systémů CAD a CAM
NC	Numerical Control – číslicově řízené stroje
RO	Rychlořezné oceli
SK	Slinuté karbidy
ISO	International Organization for Standardization – Mezinárodní organizace pro standardizaci
DIN	Deutsches Institut für Normung – Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
NX	CAX program pro tvorbu strategie obrábění
VBD	vyměnitelná břitová destička

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Náčrt stroje na řezání závitů z pera Leonarda da Vinciho [2].....</i>	12
<i>Obr. 2. Hlavní řezné pohyby při soustružení [3]</i>	13
<i>Obr. 3. Základní hodnoty pro výpočet řezných podmínek [3]</i>	15
<i>Obr. 4. Příklad výpočtu strojních časů [3]</i>	16
<i>Obr. 5. Tvorba děr na soustruhu [3].....</i>	18
<i>Obr. 6. Hlavní pohyby u vroubkování a válečkování [3].....</i>	19
<i>Obr. 7. Blokové schéma CNC obráběcího stroje – zjednodušené (např. soustruhu) [5].....</i>	21
<i>Obr. 8. CA systémy [5].....</i>	25
<i>Obr. 9. Absolutní programování (zapisují se souřadnice cílového bodu) [1]</i>	26
<i>Obr. 10. Přírůstkové programování (inkrementální) [6].....</i>	27
<i>Obr. 11. Polární souřadný systém [1].....</i>	27
<i>Obr. 12. Hlavní pracovní osy CNC soustruhu [6]</i>	29
<i>Obr. 13. Základní vztažné body CNC stroje a obrobku [6]</i>	30
<i>Obr. 14. Kolík č. v. UTB-20122013-01.....</i>	44
<i>Obr. 15. Bolzen č. v. UTB-20122013-02</i>	45
<i>Obr. 16. HANWHA SL16S [8]</i>	46
<i>Obr. 17. Obrobení $R = 2,4 \text{ mm}$.....</i>	49
<i>Obr. 18. Obrobení hran na $\varnothing 4,8 \text{ mm}$ a $\varnothing 2,9 \text{ mm}$</i>	50
<i>Obr. 19. Obrobení $\varnothing 2,9 \text{ mm}$ a upíchnutí dílce.....</i>	51
<i>Obr. 20. Hrubování $\varnothing 12\text{h}8$</i>	53
<i>Obr. 21. Navrtání a vyvrtání $\varnothing 3,2 \text{ mm}$.....</i>	55
<i>Obr. 22. Upíchnutí dílce</i>	57
<i>Obr. 23. Nástroj DCLN R 1616 H09 [9].....</i>	58
<i>Obr. 24. Rozměry nástroje DCLN R 1616 H09 [9]</i>	58
<i>Obr. 25. Rozměry vyměnitelné břitové destičky CNMG 090304EN [9]</i>	58
<i>Obr. 26. Nástroj SVJC R 1616 H11 [9].....</i>	59
<i>Obr. 27. Rozměry nástroje SVJC R 1616 H11 [9].....</i>	59
<i>Obr. 28. Rozměry vyměnitelné břitové destičky VCGT 110302EN [9].....</i>	59
<i>Obr. 29. Nástroj E16 R 0012-1616K-GX16-1 [9]</i>	60
<i>Obr. 30. Rozměry nástroje E16 R 0012-1616K-GX16-1 [9].....</i>	60
<i>Obr. 31. Rozměry vyměnitelné břitové destičky GX 16-1 E2.00 N 0.20 [9]</i>	60
<i>Obr. 32. Rozměry TK NC navrtávacího $\varnothing 6 \text{ mm}$ [9].....</i>	61

<i>Obr. 33. Rozměry nástroje TK DIN 6537 [9]</i>	61
<i>Obr. 34. Nabídka start a aplikace manufacturing</i>	62
<i>Obr. 35. Operace soustružení (turning)</i>	63
<i>Obr. 36. Program Order View, Machine Tool View, Geometry View a Machining Method View</i>	63
<i>Obr. 37. Verifikace</i>	63
<i>Obr. 38. Postprocessing</i>	64
<i>Obr. 39. Nastavení MCS_SPINDLE a WORKPIECE</i>	64
<i>Obr. 40. Nastavení TURNING_WORKPIECE</i>	65
<i>Obr. 41. Vytvoření a nastavení AVOIDANCE</i>	65
<i>Obr. 42. Geometry View po nastavení základních parametrů</i>	65
<i>Obr. 43. Nastavení metody obrábění ROUGH_TURN_OD a její parametrů</i>	66
<i>Obr. 44. Řezná plocha a pohyb nástroje při obrábění radiusu $R = 2,4$ mm</i>	67
<i>Obr. 45. Vybrání oblasti řezu v Cut Regions</i>	67
<i>Obr. 46. Nastavení parametrů operace FACING</i>	68
<i>Obr. 47. Přenastavení Non Cutting Moves</i>	68
<i>Obr. 48. Řezná plocha a pohyb nástroje při obrábění zápichu</i>	69
<i>Obr. 49. Nastavení Motion To Start Point</i>	69
<i>Obr. 50. Dráha nástroje při upichnutí dílce</i>	69
<i>Obr. 51. Program Order po PostProcess</i>	70
<i>Obr. 52. Nastavení TURNING_WORKPIECE</i>	70
<i>Obr. 53. Vytvoření a nastavení AVOIDANCE</i>	71
<i>Obr. 54. Nastavení Avoidance v MCS_DRILL_1</i>	72
<i>Obr. 55. Geometry View po nastavení základních parametrů</i>	72
<i>Obr. 56. Nastavení řezné operace ROUGH_TURN_OD</i>	73
<i>Obr. 57. Řezná plocha a pohyb nástroje při HRUBOVÁNÍ</i>	73
<i>Obr. 58. SPOTDRILLING_TOOL operace k navrtání</i>	74
<i>Obr. 59. NAVRTANI_1</i>	74
<i>Obr. 60. NAVRTANI_2</i>	75
<i>Obr. 61. Vytvoření operace DRILLING</i>	75
<i>Obr. 62. Pohyb nástroje při vrtání díry $\varnothing 3,2$ mm</i>	75
<i>Obr. 63. Přesné nastavení operace ROUGH_TURN_OD</i>	76
<i>Obr. 64. Ohraničení oblasti obrábění pomocí radiálních a axiálních bodů</i>	77

<i>Obr. 65. Vygenerovaná a verifikovaná operace DOKONCOVANI.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 66. Určení bodů Radial Trim 1, Axial Trim 1 a Axial Trim 2</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 67. Základní parametry operace FACING pojmenované ZKOSENI</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 68. Změna v Non Cutting Moves</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 69. Vygenerovaná operace ZKOSENI.....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 70. Upíchnutí dílce</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 71. Program Order View po Post process</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 72. Program Geometry View po Post process</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 73. Součást kolík, výrobní výkres č. UTB-20122013-01</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 74. Součást bolzen, výrobní výkres č. UTB-20122013-02.....</i>	<i>81</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Rozsahy řezných rychlostí při soustružení [4]</i>	14
<i>Tab. 2. Složení programu (bloku) [5]</i>	31
<i>Tab. 3. Význam nepoužívanějších adres [5]</i>	31
<i>Tab. 4. Přehled funkcí [5]</i>	32
<i>Tab. 5. Souhrn nepoužívanějších funkcí G, M i s komentářem [5]</i>	33
<i>Tab. 6. Rozdělení soustružnických strojů [2]</i>	39
<i>Tab. 7. Kapacita obrábění [8]</i>	46
<i>Tab. 8. Rozměry [8]</i>	47
<i>Tab. 9. Hlavní vřeteno [8]</i>	47
<i>Tab. 10. Protivřeteno [8]</i>	47
<i>Tab. 11. Rozměry nástroje DCLN R 1616 [9]</i>	58
<i>Tab. 12. Rozměry vyměnitelné břitové destičky CNMG 090304EN [9]</i>	58
<i>Tab. 13. Rozměry nástroje SVJC R 1616 H11 [9]</i>	59
<i>Tab. 14. Rozměry vyměnitelné břitové destičky VCGT 110302EN [9]</i>	59
<i>Tab. 15. Rozměry nástroje E16 R 0012-1616K-GX16-1 [9]</i>	60
<i>Tab. 16. Rozměry vyměnitelné břitové destičky GX 16-1 E2.00 N 0.20 [9]</i>	60
<i>Tab. 17. Rozměry TK NC navrtáváku Ø6 mm [9]</i>	61
<i>Tab. 18. Rozměry nástroje TK DIN 6537 [9]</i>	61

SEZNAM PŘÍLOH

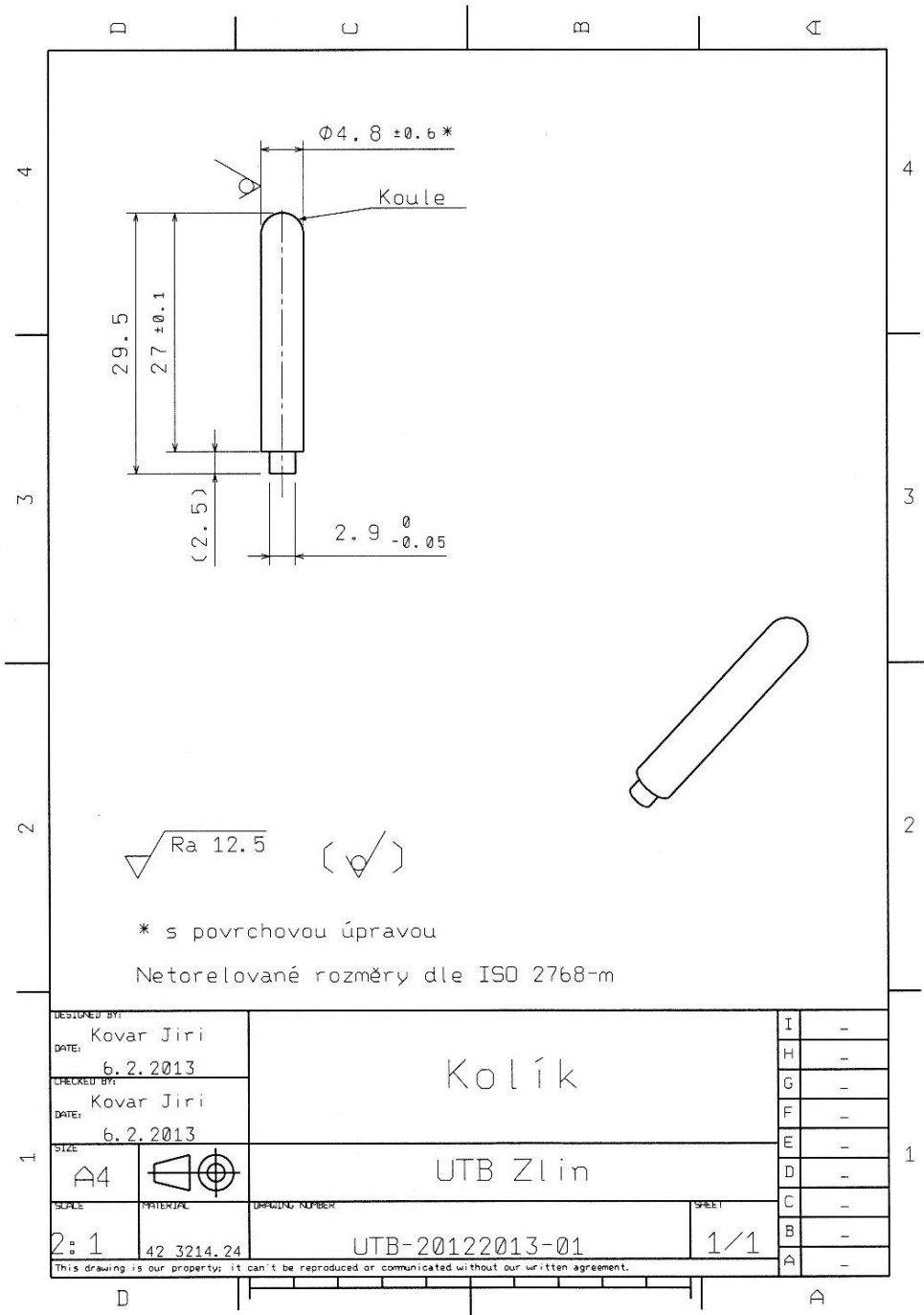
PŘÍLOHA P I: Výrobní výkres Kolík č. v. UTB-20122013-01

PŘÍLOHA P II: Výrobní výkres Bolzen č. v. UTB-20122013-02

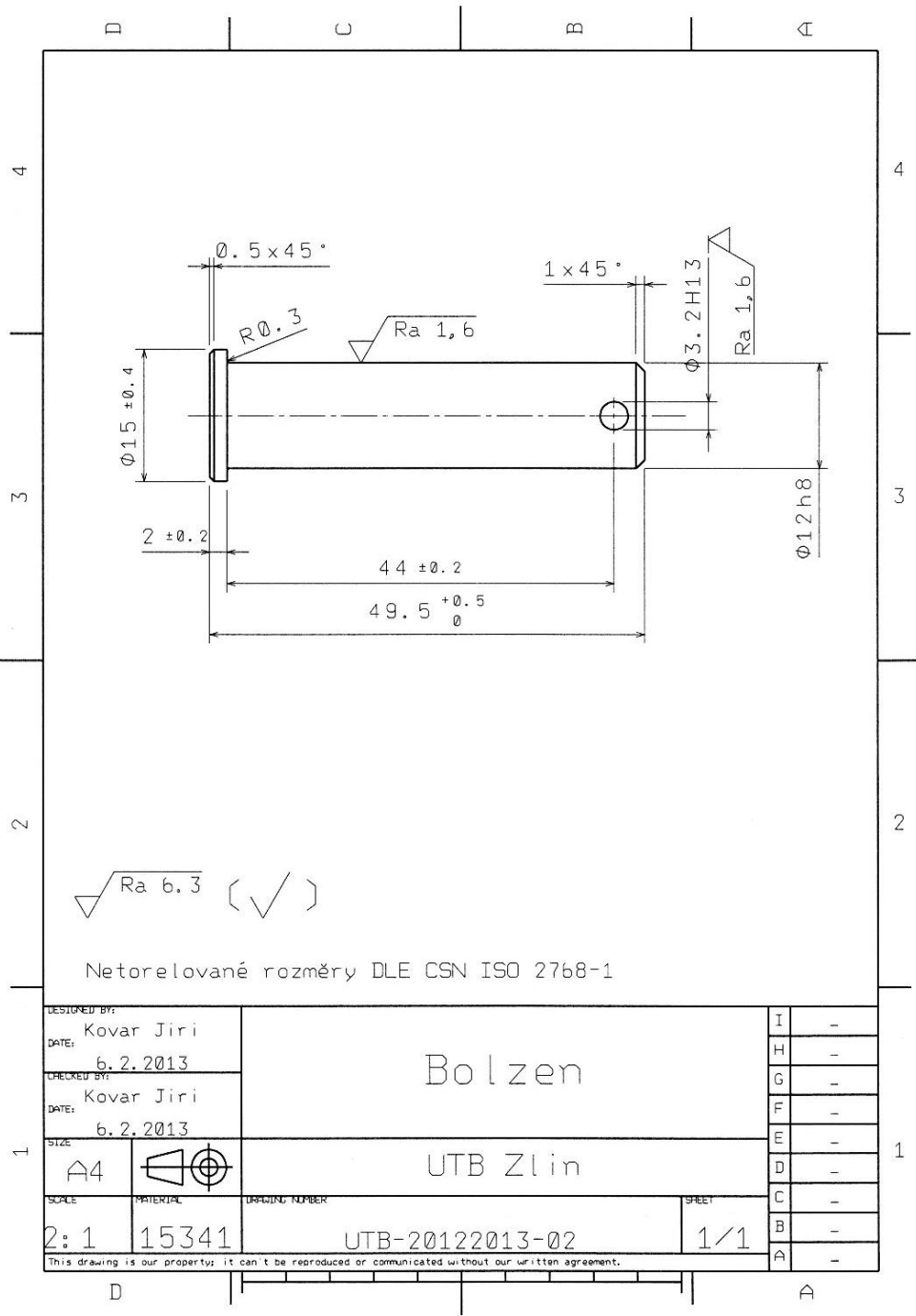
Na CD nosiči:

Adresář „CATIA_Model_Kolik“	vymodelovaná součást v CAD programu
Adresář „CATIA_Model_Bolzen“	vymodelovaná součást v CAD programu
Adresář „NX_Program_Kolik“	strojně programovaná součást v CAM
Adresář „NX_Program_Bolzen“	strojně programovaná součást v CAM

PŘÍLOHA P I: VÝROBNÍ VÝKRES KOLÍK Č. V. UTB-20122013-01



PŘÍLOHA P II: VÝROBNÍ VÝKRES BOLZEN Č. V. UTB-20122013-02



DESIGNED BY: Kovar Jiri	Bolzen	I	-
DATE: 6.2.2013		H	-
CHECKED BY: Kovar Jiri	UTB Zlin	G	-
DATE: 6.2.2013		F	-
SIZE: A4	UTB-20122013-02	E	-
SCALE: 2:1		D	-
MATERIAL: 15341	1/1	C	-
DRAWING NUMBER: UTB-20122013-02		B	-
SHEET: 1/1	A	-	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.