

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNOLOGIE, PROJEKTOVÁNÍ A METROLOGIE



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technologické možnosti soustruhů s poháněnými nástroji  
Technological possibilities of lathe with powered tools

AUTOR: Marek Cejpek

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Tomíček Jan, Ph.D.

PRAHA 2018



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Cejpek** Jméno: **Marek** Osobní číslo: **457279**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Technologické možnosti soustruhů s poháněnými nástroji**

Název bakalářské práce anglicky:

**Technological possibilities of lathe with powered tools**

Pokyny pro vypracování:

1. Použití strojních cyklů moderního CNC soustruhu
2. Analýza možných a návrh vhodných výrobků pro 4D soustruhu
3. Návrh postupu obrábění s využitím strojních cyklů
4. Realizace na stroji

Seznam doporučené literatury:

Billík, Oldřich; Vrabec, Martin : Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů, VŠB TUO, Ostrava, 2002  
Štulpa, Miroslav: CNC: obráběcí stroje a jejich programování, BEN - Technická literatura, Praha, 2006

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

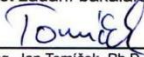
**Ing. Jan Tomíček, Ph.D., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**

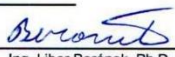
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **09.04.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

  
Ing. Jan Tomíček, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

  
Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
prof. Ing. Michael Valásek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

24. 4. 2018  
Datum převzetí zadání

Marek Cejpek  
Podpis studenta

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne: .....

.....  
Marek Cejpek

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Janu Tomíčkoví Ph.D., za pomoc, vedení a cenné rady při zpracování této práce.

## Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá technologickými možnostmi využití soustruhů s poháněnými nástroji a jejich dílenskému programování. Jsou v ní stručně popsány hlavní aspekty čtyřosého soustružení, poháněné nástroje a strojní cykly moderních soustruhů. Součástí práce jsou také simulace využití poháněných nástrojů při čtyřosém soustružení.

## Klíčová slova

Soustružení, čtyřosé soustružení, poháněné nástroje, strojní cykly, dílenské programování, CNC soustruh, Okuma

## Annotation

This bachelor thesis deals with the technological possibilities of using lathes with driven tools and their workshop programming. There are briefly described the main aspects of four-axis turning, driven tools and machine cycles of modern lathes. Part of the thesis is also simulation of the use of driven tools in four-axis turning.

## Keywords

Turning, four-axis turning, driven tools, machine cycles, workshop programming, CNC lathe, Okuma

# Obsah

1	Úvod.....	9
2	Soustružení 4D.....	10
2.1	Technické parametry strojů pro 4D soustružení.....	10
3	Osa Y.....	12
4	Poháněné nástroje.....	13
4.1	Upnutí do pracovního vřetene stroje.....	13
4.2	Upnutí do revolverové hlavy.....	14
5	Použití strojních cyklů moderního CNC soustruhu.....	16
5.1	Příklady strojních cyklů.....	16
5.1.1	Pevné řezání podélného závitu (G31,G33).....	17
5.1.2	Sdružený cyklus podélného řezání závitu (G71).....	17
5.1.3	Složené pevné cykly pro drážkování (G73).....	18
5.1.4	Cykly pro frézování pravotočivých závitů (G77).....	18
5.1.5	Složený pevný cyklus postupné odebírání třísky Key Way (G190).....	19
5.1.6	Složitě tvary.....	19
6	CNC soustruh Okuma Genos L-200E-M.....	20
6.1	Analýza možných a vhodných výrobků.....	21
6.2	Držák na vyměnitelné břitové destičky.....	21
6.3	Klikový hřídel.....	22
6.4	Součást s tvarovou plochou.....	22
7	Návrh postupu obrábění.....	23
7.1	Návrh postupu držáku na VBD.....	23
7.1.1	Volba polotovaru.....	23
7.1.2	Zarovnání čela a soustružení.....	24
7.1.3	Frézování podélných kapes.....	25

7.1.4	Frézování kapes pro VBD .....	26
7.1.5	Frézování závitů .....	27
7.1.6	Výsledná simulace.....	28
7.2	Návrh klikové hřídele .....	28
7.2.1	Volba polotovaru .....	28
7.2.2	Soustružení přední a zadní válcové plochy.....	29
7.2.3	Frézování drážkování .....	29
7.2.4	Frézování drážky podél zadní válcové plochy.....	30
7.2.5	Frézování bočních ploch klikové hřídele.....	31
7.2.6	Frézování kapsy pro mimoosový válec .....	32
7.2.7	Tvorba mimoosového válce .....	33
7.2.8	Výsledná simulace.....	33
7.3	Návrh součásti s tvarovou plochou .....	33
7.3.1	Volba polotovaru .....	33
7.3.2	Tvorba tří bočních ploch .....	34
7.3.3	Tvorba tvarové plochy .....	35
7.3.4	Tvorba tvarové kapsy.....	36
7.3.5	Frézování čtyř závitů .....	37
7.3.6	Frézování trojhranu na předku obrobku .....	38
7.3.7	Frézování tvarové drážky .....	39
7.3.8	Srážení hran na nerotačním tvaru .....	40
7.3.9	Výsledná simulace.....	41
8	Realizace na stroji .....	42
9	Závěr .....	46
10	Seznam použité literatury.....	47
11	Seznam obrázků.....	50

12	Seznam tabulek.....	51
13	Seznam příloh .....	52
13.1	Seznam textových příloh .....	52
13.2	Seznam elektronických příloh .....	52



# 1 Úvod

Klasickým soustružením není možné v dnešní době vyrobit komplikovanější výrobky. Proto se v mé práci zabývám čtyřosým soustružením, díky kterému můžeme vyrábět komplikovanější výrobky, které by na klasickém tříosém soustruhu vyrobit nešly.

V první části práce popisuji čtyřosé soustružení a technologické parametry CNC soustruhů. Dále osu Y, která je hlavní součástí čtyřosého soustruhu, poháněné nástroje a jejich způsoby upnutí a využití strojních cyklů pro dílenské programování.

V druhé části se zabývám analýzou vhodných výrobků pro CNC soustruh Okuma Genos L-200E-M a jejich následným programováním a simulací.

Cílem práce je poukázat na rozdíl mezi tříosým a čtyřosým soustružením a pomocí strojních cyklů naprogramovat ukázky výrobků pro soustruh se čtyřmi osami a následně jeden výrobek reálně soustružit.

## 2 Soustružení 4D

Čtyřosé soustružení probíhá na obráběcím centru, které je na bázi soustruhu. Stroje tohoto typu jsou vybaveny kombinací až dvou vřeteníků, dvou revolverových hlav a hlavně osou Y. Oproti klasickým soustruhům, využívající pracovní osy X, Z a C, pracují čtyřosé soustruhy s osami čtyřmi, X, Z, rotační osu C a již zmíněnou osu Y. Obráběcí centra tohoto typu pro dlouhé součásti jsou vybaveny koníkem a také lunetou.

Kromě využití běžných os X a Z se při 4D soustružení využívá osy C, díky ní lze zastavit vřeteno v patřičném úhlu, který potřebujeme nebo obrobek v krátkých intervalech indexovat, například pro vrtání řady děr. Zastavené vřeteno umožňuje mimoosé vrtání poháněnými nástroji nebo mimoosé frézování drážek, ploch, kapes apod. Kromě samotného natáčení vřetene lze řídit posuv osy C vzhledem k poháněným nástrojům. Můžeme tedy vrtat nebo frézovat na čele, na válcové ploše, na boční ploše a jiné kapsy a drážky libovolného tvaru.

Pro výškové nastavení poháněného nástroje (vrtáku, frézy atd.) jsou tato soustružnická centra vybavena osou Y. Pohyb nástroje v ose Y je prováděn pomocí suportů ve tvaru klínů, které pohybují revolverovou hlavou. Kromě klínů se k pohybu osy Y využívá konstrukční forma pomocí pilíře. Pilíř pohybuje osou Y podél osy Z soustruhu. Při obou konstrukčních variantách je zachována kolmost pohybu soustružnického nože v ose X vůči ose Y. [1] [2]

### 2.1 Technické parametry strojů pro 4D soustružení

Existuje velké množství výrobců CNC strojů a strojů pro 4D soustružení. Mezi největší dodavatele patří firmy Haas Automation, Doosan, Misan, Citizen Machinery, Emco Group. Kromě těchto velkých společností existuje i spousta menších.

Nejsledovanějšími parametry čtyřosých soustruhů jsou velikost stroje, výkony a otáčky vřetene a poháněných nástrojů, rozsahy pohybů v osách C a Y a maximální velikost a hmotnost výrobků.

Velikosti 4D strojů se pohybují v rozmezí od nejmenších o rozměrech 2188x1748x2040 mm až po největší s rozměry 5300x2850x2360 mm. Otáčky vřetene jsou v rozsahu od 3500 do 7000 otáček za minutu, výkony vřetene od 7,5 kW do 29,8 kW. Pro poháněné

nástroje se mezi výrobci pohybují otáčky mezi 4000 až 6000 otáčky za minutu a výkony od 4 kW do 7,8 kW. U všech čtyřosých soustruhů je pohyb v ose C 360° a v ose Y se udává mezi 80–120 mm. Výrobci nabízí stroje o maximálním průměru obrábění od 200 do 500 mm a maximální délky od 100 do 1020 mm. [10] [12] [13] [14] [16]

### 3 Osa Y

Osa Y byla poprvé představena na konstrukci obráběcího stroje v roce 1996 na jednovřetenovém soustruhu. Myšlenka, přidat osu Y na CNC stroje, vychází z kvalitativního omezení polární interpolace a z obtížného programování. Nikoliv z vývoje elektrického ovládání nebo servomotorové technologie, jak by se mohlo zdát.

Hlavní nevýhodou polární interpolace bylo, že řezaná nebo frézovaná plocha byla vydutá neboli konkávní.

Použitím osy Y byla tato hlavní nevýhoda odstraněna, a navíc poskytla další výhodu přidáním offsetových funkcí. Přidáním této osy vyloučilo z procesu velké množství nepotřebných sekundárních operací a umožnilo dokončení mnoha částí na jedno upnutí.

Z hlediska čtenějších a složitějších částí se osa Y stává v podstatě nezbytnou součástí CNC soustruhů. Jelikož vyrábět součást na jedno upnutí nám dnes zaručí rapidní snížení strojního času na výrobu různých součástí. [3] [4]

Je přidávána k soustružnickým centrům pro efektivní a rychlé obrábění tvarově složitých obrobků. Její pohyb obstarává revolverová hlava, která se pohybuje na klínovém nosném dílci a současně v ose X. Toto spojení navzájem šikmých pohybů nám udává pohyb revolverové hlavy ve virtuální ose Y, ale jen s malým zdvihem. Pro větší zdvih v ose Y se využívá ortogonální konstrukční řešení os. Při tomto řešení je osa Y přímo fyzicky kolmá na osu X.

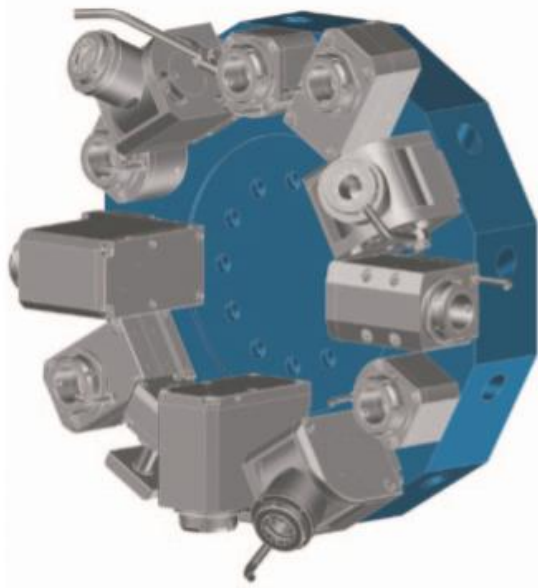
Rostoucí parametry pohonů rotačních nástrojů umožňují plnohodnotné a výkonné frézování. [19]

Technologické možnosti soustružení s osou Y spočívají v mimoosých operacích. Od mimoosého vrtání, vyvrtávání, vystružování děr a mimoosového frézování děr a závitů, přes tvorbu mimoosých drážek, tvarových drážek a srážení hran na nerotačních součástech, až po tvorbu mimoosých tvarových ploch, kapes a dalšího frézování.

## 4 Poháněné nástroje

V oblasti obrábění představují poháněné nástroje rapidní zlepšení technologických využití CNC obráběcích center a dále velkým způsobem umožňují obrábět obrobek na jediné upnutí. Poháněné nástroje vlastně představují na stroji další řízenou osu. Přenositelnost těchto nástrojů z jednoho stroje na druhý je značně omezená. Důvodem je propojení s konkrétním strojem a výrobcem, z toho vyplývají různé způsoby upnutí, zdroje a rychlosti pohybu a v neposlední řadě prostory pracovní plochy CNC strojů.

Jelikož jsou všechny poháněné nástroje přídatné součásti, nejsou tedy zcela spojeny se strukturou obráběcího centra. Proto musíme počítat s jinými vlastnostmi a omezeními, jako je například rozdílná tuhost. Konstrukčně existují dvě řešení. Upnutí poháněného nástroje do pracovního vřetene stroje nebo upnutí do revolverové hlavy. [6]



Obrázek č.1 Poháněné nástroje v revolverové hlavě [20]

### 4.1 Upnutí do pracovního vřetene stroje

Upnutí poháněných nástrojů do pracovního vřetene stroje se provádí pomocí kuželu do kuželové dutiny vřetene. Pro možnost automatické výměny nástroje mohou být opatřeny přírubou. Kužely mohou být realizovány jako vrtací hlavy, které mohou obrábět či vrtat kuželové otvory, otvory obecného typu nebo obrábět čela otvorů. Kromě vrtacích hlav se využívají také zrychlovací hlavy. Ty mají za úkol značné zvýšení

otáček v práci stroje směrem nahoru. Mezi další typy kuželových hlav patří hlavy úhlové, přestavitelné úhlové a vícevřetenové.



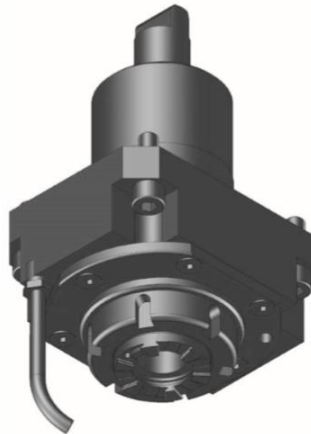
*Obrázek č.2 Hlava pro upnutí poháněného nástroje pracovního vřetene, BENZ [7]*

Tyto poháněné nástroje mohou být vybaveny vlastním elektrickým pohonem a dálkovým napájením, například pro systémy řízení os. Upnutí těchto nástrojů se nijak neliší od běžného upínání nástrojů. Upínají se do vřetene, které s nimi následně rotuje. Takováto obráběcí hlava obsahuje přímý absolutní odměřovací systém na příčných osách a servomotor pro diagonální posun řezného nástroje. Dále obsahuje zařízení pro bezdotykový infračervený příjem dat a pro indukční příjem elektrické energie. Příslušné vysílače jsou umístěny v pracovním prostoru stroje nebo na vřeteníku. [6]

#### 4.2 Upnutí do revolverové hlavy

Poháněné nástroje upnuté do revolverové hlavy mají přímé spojení s revolverovou hlavou. Revolverová hlava dokáže zastavit v určité poloze, poté přichází na řadu hlava s poháněným nástrojem. Díky tomuto využití více os dokážeme zhotovit komplexně složitější obrobky. Kvůli čím dál větší snaze obrobit danou součást jen na jedno upnutí, existuje velké množství těchto nástrojů a jejich různých typů. Na revolverové hlavě mohou být poháněné nástroje umístěny radiálně nebo axiálně. Vyskytují se ve třech variantách. Přímé, úhlové a speciální hlavy se dvěma řeznými nástroji, s běžným přívodem řezné kapaliny buď středem nástroje nebo vnějším přívodem. Podle situování hlavy rozlišujeme jiné axiální a radiální tuhosti a samozřejmě i řezné rychlosti. Zatížení hlav a jejich řezné rychlosti jsou vždy udány v technické specifikaci k danému nástroji. Způsoby upnutí jednotlivých hlav se vždy liší vzhledem k danému stroji nebo spíše k dané

revolverové hlavě. Obvyklý způsob upnutí (poháněný nástroj + revolverová hlava) je realizován válcovým polohovacím čepem nástroje. Čep v sobě ukrývá příčné drážky, které sloučí k navedení poháněného nástroje do revolverové hlavy. Při spojení poháněného nástroje a revolverové hlavy se propojí hnaný hřídel poháněného nástroje s hnacím hřídelem revolverové hlavy. Správný přenos kroutícího momentu hlídají jeden nebo více ustavovacích čepů.



*Obrázek č.3 Příklad hlavy na poháněný nástroj od stroje Okuma [20]*

Největší problém je v rozměrech polohového válcového čepu a spojení hnacího a hnaného hřídele u revolverových hlav různých výrobců a jejich strojů. Můžeme to vidět například mezi stroji Okuma a Mazak. Ty se liší hlavně ve tvaru propojení poháněného hřídele nástroje s pohonným elementem revolverové hlavy. Upínání je v Evropě dáno specifikovanými normami VDI DIN 1809, DIN 5482 a DIN 5480. Firma Sandvik Coromant doporučuje využívání polygonálního kužele Coromant Capto. Výhodou je jeho stabilita, tuhost a stejné provedení jak pro poháněné, tak pro statické nástroje. Lepší vlastnosti ještě dosahuje se spojením s upínáním typu Sandvik Coromant Quick Change. Jeho hlavní výhodou je velmi snadné upnutí a možnost polohování řezného nástroje do upínacího bloku jen pomocí upínací páky. Celý proces výměny nástroje tímto stylem velice urychlíme. Zbavíme se zdlouhavých prostojů, které se vyskytují například při upnutí nástroje do kleštiny. [6]

## 5 Použití strojních cyklů moderního CNC soustruhu

Cykly pro obrábění se používají pro usnadnění práce programátora a tím i zrychlení vytvoření programu pro obrábění. Výrobci řídicích systémů soustruhů je tvoří podle potřeb při obrábění. Každý výrobce má svoje označení cyklů. Značí je ISO kódem G a čísly, které má daný výrobce neobsazené. Proto se stává, že stejné cykly mají u jiných výrobců pokaždé jiný kód. Jelikož dochází k prudkému rozvoji CNC obrábění, řídicí systémy již používají třímístná čísla.

Cykly lze označit jako podprogramy (makra), které jsou parametricky naprogramované, na spuštění dané obráběcí funkce. Obvykle jsou naprogramované, aby končily ve stejném bodě, kde začínaly. Vyspělejší cykly si samy nastavují pohyb, kterým se přibližují k obrobku, není však vždy jasné, po jaké dráze a jakým posuvem. Proto je výhodnější, z hlediska času výroby, si naprogramovat posuv nástroje v daném cyklu do startovací polohy ručně.

Hlavní využití nacházejí v dílenském programování. Obsluha stroje programuje přímo na pracovišti, koná dozor u obrábění CNC stroje a může využít svůj čas pro přípravu dalšího programu pro obrábění. V dílně u stroje se programují spíše jednodušší programy, usiluje se o co nejkratší čas a nejjednodušší výrobu. Díky přístrojovým deskám vybavenými simulátory jde provádět kontroly a korekce jednotlivých cyklů přímo na pracovišti. [1] [2]

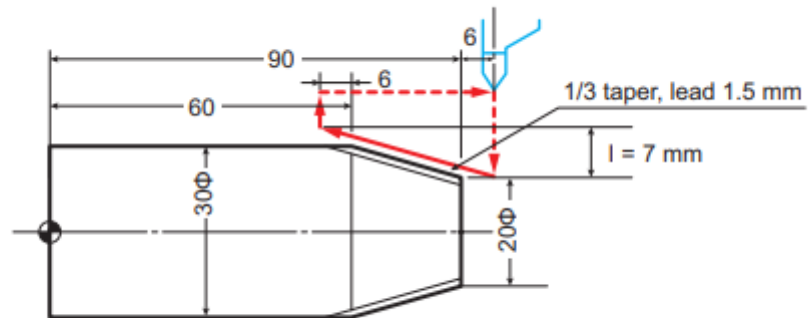
### 5.1 Příklady strojních cyklů

Výčet všech strojních cyklů je obsažen v příloze.



### 5.1.1 Pevné řezání podélného závitu (G31,G33)

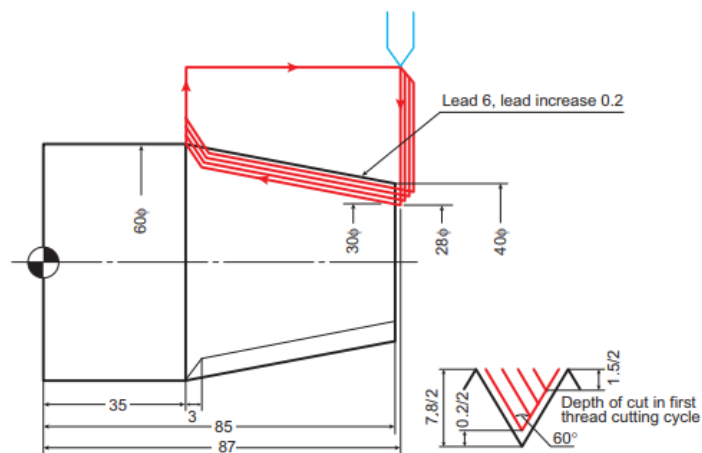
Cyklus G31 se používá pro pevné řezání závitů, ale může se také použít pro pevné řezání podélných závitů jako cyklus G33. [5]



Obrázek č. 4 Příklad strojního cyklu pro podélné řezání závitů [5]

### 5.1.2 Sružený cyklus podélného řezání závitu (G71)

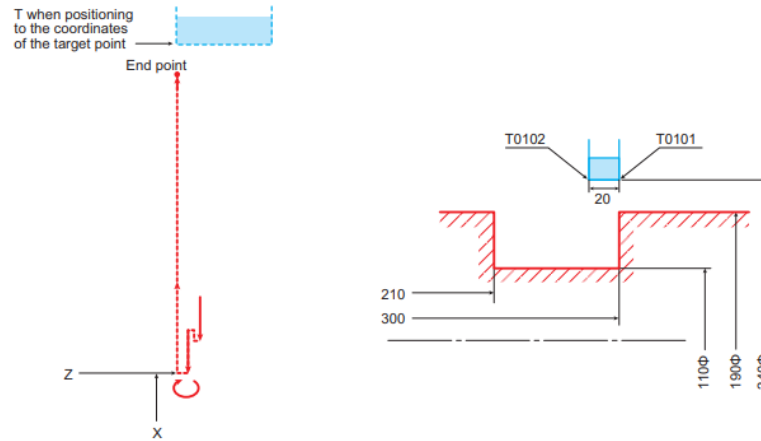
Cyklus G71 provádí postupné řezání závitu až do jeho finální podoby. [5]



Obrázek č.5 Příklad cyklu G71 [5]

### 5.1.3 Složené pevné cykly pro drážkování (G73)

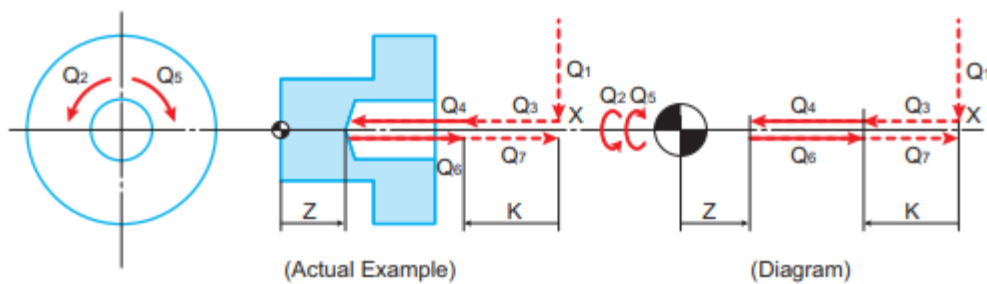
Cyklus G73 je určen pro drážkování, jeho funkce je znázorněna na obrázku č.6. [5]



Obrázek č.6 Příklad cyklu G73 [5]

### 5.1.4 Cykly pro frézování pravotočivých závitů (G77)

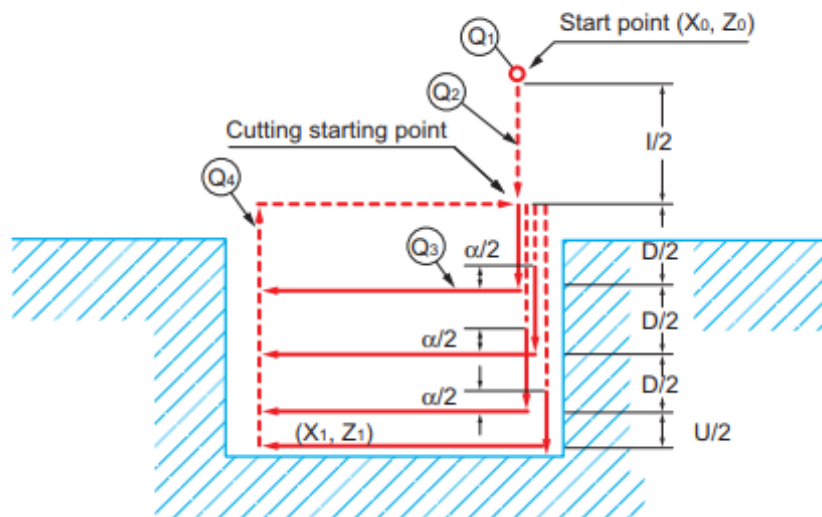
Cyklus G77 je složený cyklus, který provádí frézování pravotočivých závitů. [5]



Obrázek č.7 Příklad cyklu G77 [5]

### 5.1.5 Složený pevný cyklus postupné odebrání třísky Key Way (G190)

Cyklus G190 se dá využít jak pro boční frézování, tak pro čelní frézování/soustružení. [5]



Obrázek č.8 Příklad cyklu G190 [5]

### 5.1.6 Složité tvary

Strojní programování pomocí cyklů nepokryje všechny možnosti 4D soustružení. Pro složitější operace slouží CAD/CAM programování. CAD/CAM programování umožňuje obrábět mimoosé válce, složité tvarové plochy, kapsy a drážky proměnných hloubek, frézování ozubení a další složité operace.

## 6 CNC soustruh Okuma Genos L-200E-M

CNC soustruh Okuma Genos L-200E-M patří do skupiny strojů Genos L, které disponují dobrým výkonem při nízké ceně stroje. Jednoduchá struktura stroje využívá snadného ovládání pro dosažení vysoké kvality výroby. Jedná se o soustruh se čtyřmi řízenými osami X, prodlouženou osou Z, rotační osou C a osou Y a navíc je vybaven poháněnými nástroji a koníkem. [12]

Tabulka č.1 Parametry stroje [12]

Pracovní prostor	
Maximální $\varnothing$ obrábění	200 mm
Maximální délka obrábění	380 mm
Velikost sklíčidla	8"
Maximální oběžný průměr	450 mm
Pojezdy	
Osa X	165 mm
Osa Z	400 mm
Osa Y	80 mm
Osa C	360°
Vřeteno	
Otáčky	79 – 4500 ot/min
Zakončení vřetene	JIS A2-6
Vrtání vřetene	66 mm
Revolverová hlava	
Počet nástrojových míst	12
Upnutí pro vnější obrábění	20 x 20 mm
Upnutí pro vnitřní obrábění	$\varnothing$ 32 mm
Indexace	0,1 s
Výkony	
Vřeteno	7,5/5,5 kW
Revolverová hlava	4/1,8 kW
Osa X	2,5 kW

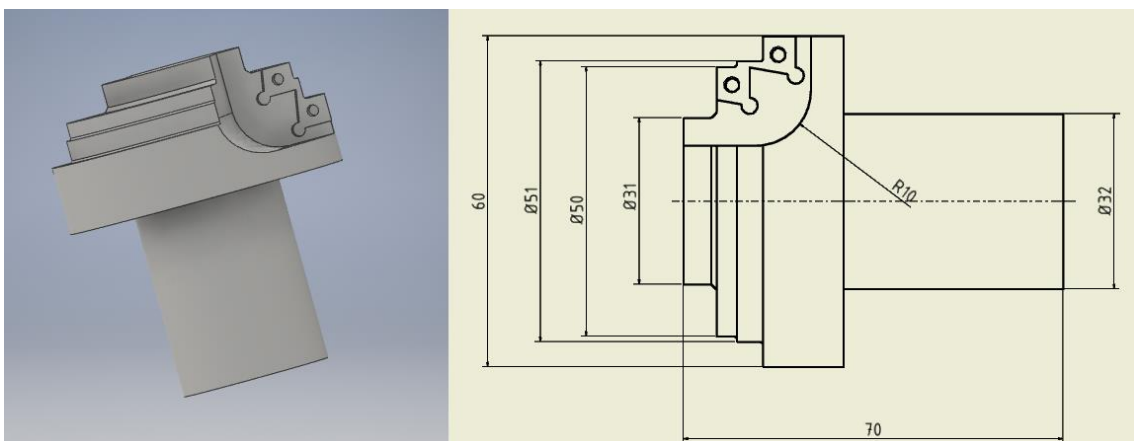
Osa Z	2,7 kW
Osa Y	3 kW
Strojní data	
Výška	1569 mm
Šířka	2075 mm
Hloubka	1550 mm
Hmotnost	3800 kg

### 6.1 Analýza možných a vhodných výrobků

Vzhledem k možnostem našeho stroje Okuma Genos L – 200E-M musím volit obrobky s maximálním průměrem 200 mm a s maximální délkou obrobku 380 mm.

### 6.2 Držák na vyměnitelné břitové destičky

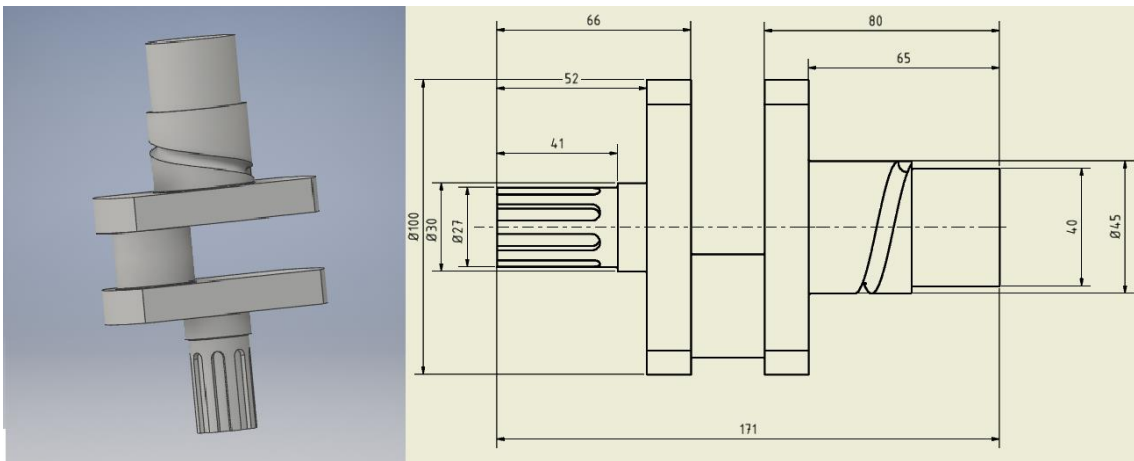
Držák na vyměnitelné břitové destičky vychází z válce o průměru 60 mm. Skládá se z osazení s průměry 51 mm, 49 mm a 30 mm. V osazení je vyfrézovaná kapsa na obou stranách délky 24 mm a hloubky 20 mm. V každé kapse jsou vyfrézovány dvě menší kapsy pro vyměnitelné břitové destičky (později jen VBD). Ve všech čtyřech kapsách jsou frézovány závitové pro dané šroubky pro vyměnitelné destičky.



Obrázek č.9 Model držáku VBD

### 6.3 Klikový hřídel

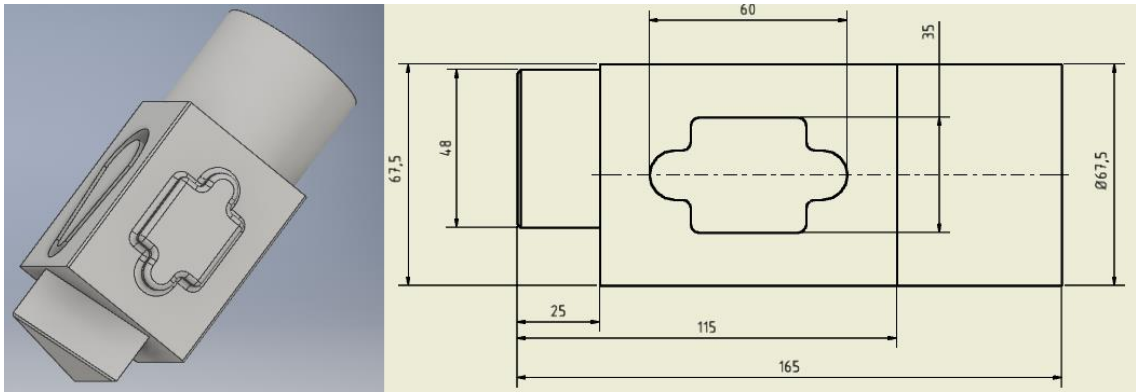
Klikový hřídel vychází z válce o průměru 100 mm, což je maximální průměr obrábění stroje Okuma. Z jedné části má středící důlek pro koník, z druhé osazení pro upnutí. Na hřídeli se vyskytuje drážkování 8 x 23 x 27, a drážka podél válcové plochy. Model je navržen pro plnou vzdálenost obráběcí plochy, což je pro využití technologických možností zbytečné. Proto je v simulaci a ve výkrese velikost součásti zmenšena o polovinu.



Obrázek č.10 Model klikové hřídele

### 6.4 Součást s tvarovou plochou

Základním polotovarem je válec s osazením pro upnutí do vřetene a středícím důlkem pro koník. Z válce je vyfrézován čtyřhran, který má z jedné strany tvarovou plochu a z protilehlé strany vyfrézován tvarovou kapsu. Na straně kapsy jsou čtyři mimoosové závity. Na volné ploše je vyfrézována tvarová uzavřená drážka. Čelo obrobku je obráběno ze čtyřhranu do tvaru trojhranu. Model je navržen pro plnou vzdálenost obráběcí plochy a průměru, což je pro využití technologických možností zbytečné. Proto v simulaci a ve výkrese velikost součásti o polovinu zmenším.



Obrázek č.11 Model součásti s tvarovou plochou

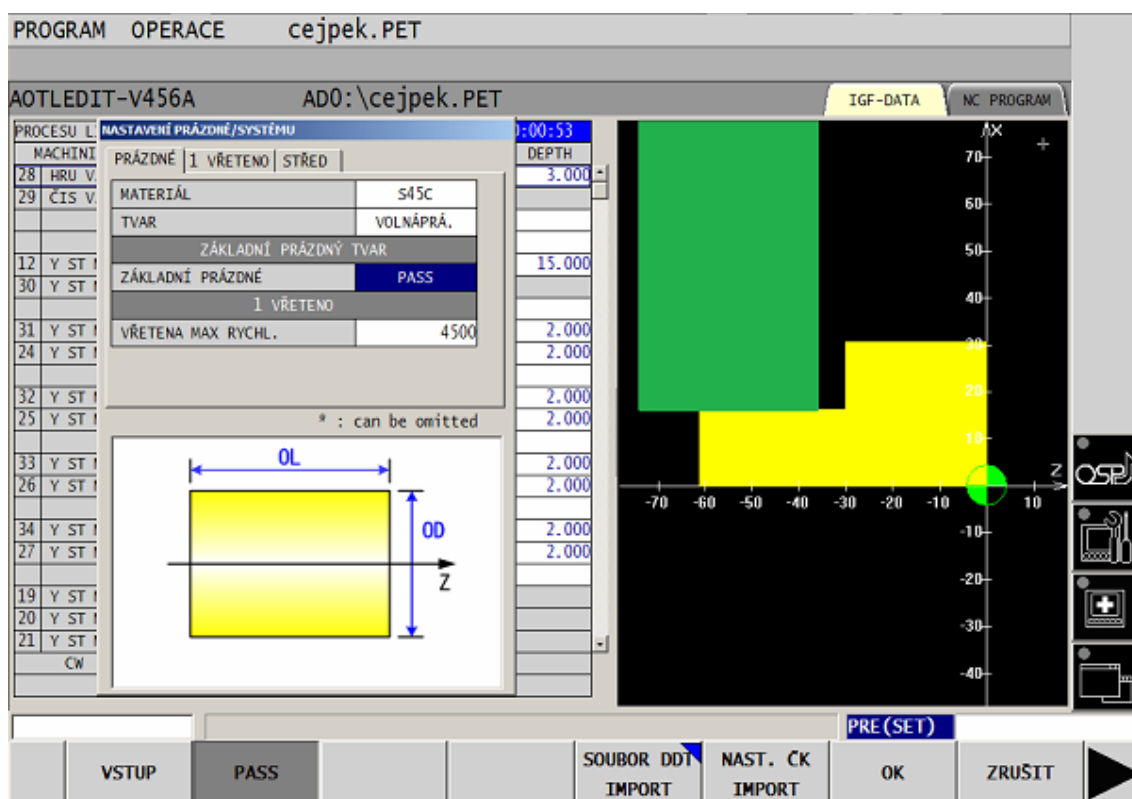
## 7 Návrh postupu obrábění

Návrh postupu soustružení provádím na simulátoru dílenského programování OPS Okuma Genos L-200E-M.

### 7.1 Návrh postupu držáku na VBD

#### 7.1.1 Volba polotovaru

Přes požadavek PRÁZDNÝ/SYSTÉM jsem se dostal do nastavení výchozího polotovaru. Je zde možné zvolit materiál, který ovšem na simulaci nemá žádný vliv, proto jsem nechal materiál S45C. Tvar polotovaru jsem nastavil volný, dále v sekci základní prázdný tvar aktivoval položku PASS. Pomocí tlačítka VOLNÝ ČISTÝ TVAR jsem si pomocí příkazů ČELO, KUŽEL, DLOUHÝ apod. nastavil výchozí polotovar, který se skládá ze dvou válců o průměru 32 mm, dlouhý 31 mm a o průměru 61 mm, dlouhý 30 mm.



Obrázek č.12 Volba polotovaru

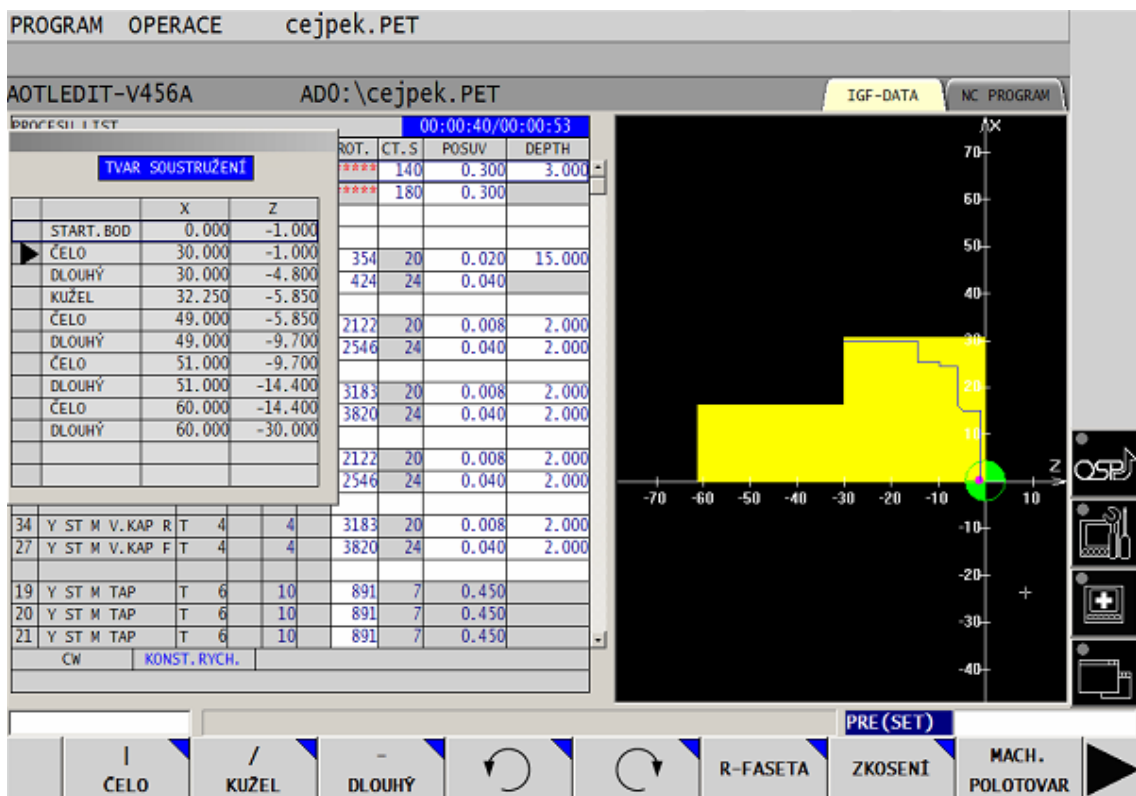
Změním průměr upnutí odpovídající mému polotovaru, tedy na průměr upnutí 31 mm.

### 7.1.2 Zarovnání čela a soustružení

Pro zarovnání čela a následné soustružení válcových ploch jsem využil kategorii SOUSTRUŽENÍ. Nejprve cyklus HRUBĚ směrem VJ <, což znamená soustružení zleva doprava. Volbu nástroje a řezné podmínky jsem nechal takové, jaké doporučil sám program.

Nastavení průměrů soustružení umožňují příkazy ČELO, KUŽEL, DLOUHÝ. Pomocí těchto příkazů jsem vytvořil virtuální dráhu nože pro soustružení.



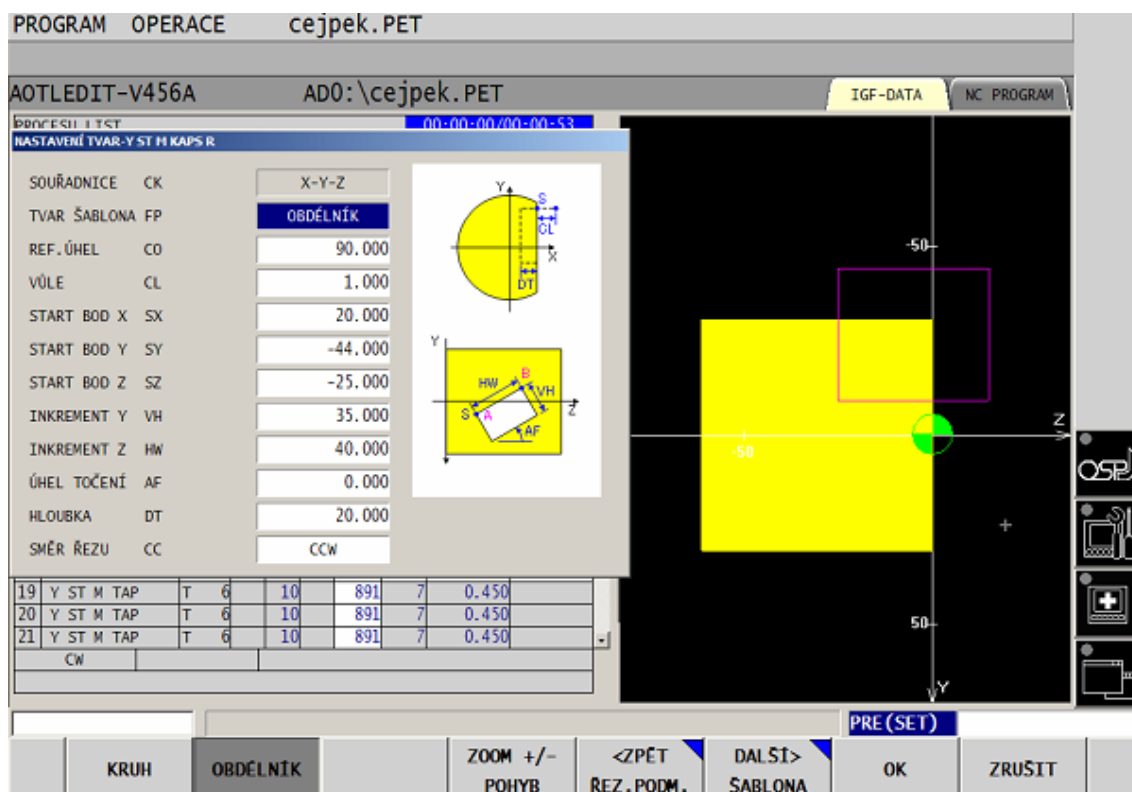


Obrázek č.13 Vytvoření tvaru soustružení

Poté jsem celý cyklus zopakoval pomocí cyklu ČISTĚ.

### 7.1.3 Frézování podélných kapes

Pro frézování dvou podélných kapes jsem využil skupinu MULTIOBRÁBĚNÍ a jeho podskupinu OBLAST. V možnosti OBLAST jsem naprogramoval nejprve cyklus KAPSA typem PROSTÝ HRUBĚ. Následně při volbě nástroje jsem zvolil plochou stopkovou frézu o průměru nástroje 18 mm, kvůli délce nástroje, aby nedocházelo ke kolizi upínacího bloku s obrobkem. V nastavení tvaru kapsy jsem pomocí tlačítka OBDELNÍK nadefinoval velikost kapsy. V dalším kroku, v šabloně, jsem nastavil opakování na 2 a rozteč na 180°, aby se vytvořila i druhá kapsa. Oproti původnímu návrhu jsem změnil referenční úhel první kapsy z 270° na 90°, z důvodu vytvoření pravotočivého nástroje namísto levotočivého, kvůli jednoduššímu následnému obrábění.

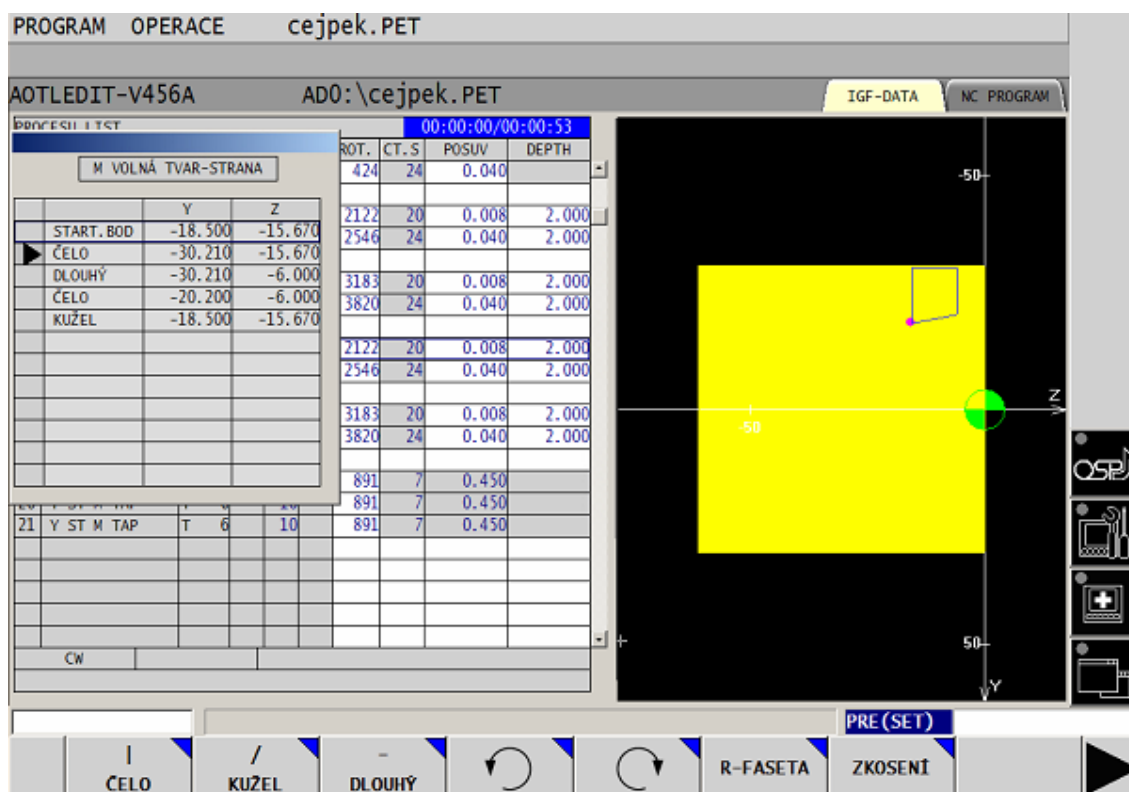


Obrázek č.14 Nastavení tvaru kapsy

Celý cyklus se zopakuje v režimu čistého obrábění PROSTÝ ČISTĚ.

#### 7.1.4 Frézování kapes pro VBD

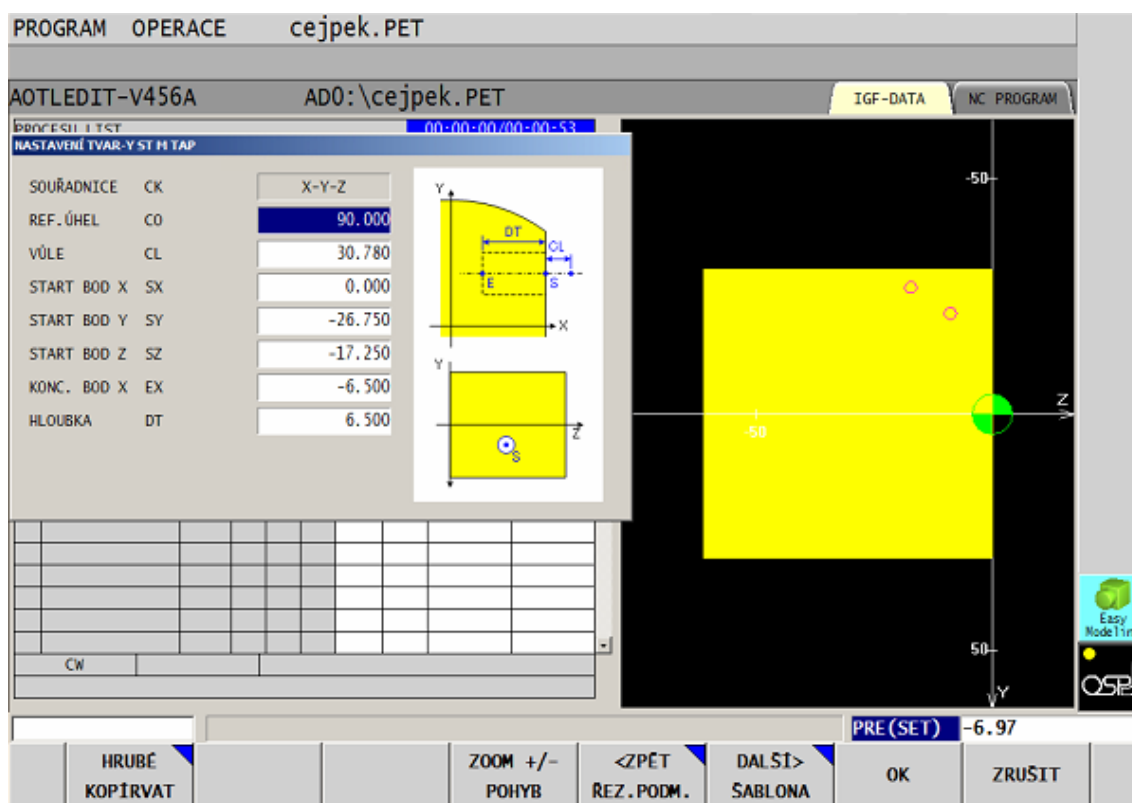
Frézování všech čtyř mimoosových kapes pro VBD jsem programoval pomocí MULTIOBRÁBĚNÍ a jeho podskupin OBLAST. V sekci OBLAST jsem volil cyklus KAPSA metodou VOLNÁ TVAR HRUBĚ. Nástroj jsem zvolil kvůli malým rozměrům kapes jen o průměru 3 mm. Následně jsem díky tomuto cyklu nastavil všechny čtyři kapsy pomocí volného vytvoření tvaru přes příkazy ČELO, KUŽEL, DLOUHÝ. Při zadávání počátečního bodu jsem musel nastavit referenční úhel u dvou drážek 90° a u následných dvou 270°. To proto, aby fréza frézovala kolmo k požadovaným plochám v ose X.



Obrázek č.15 Nastavení volného tvaru kapsy

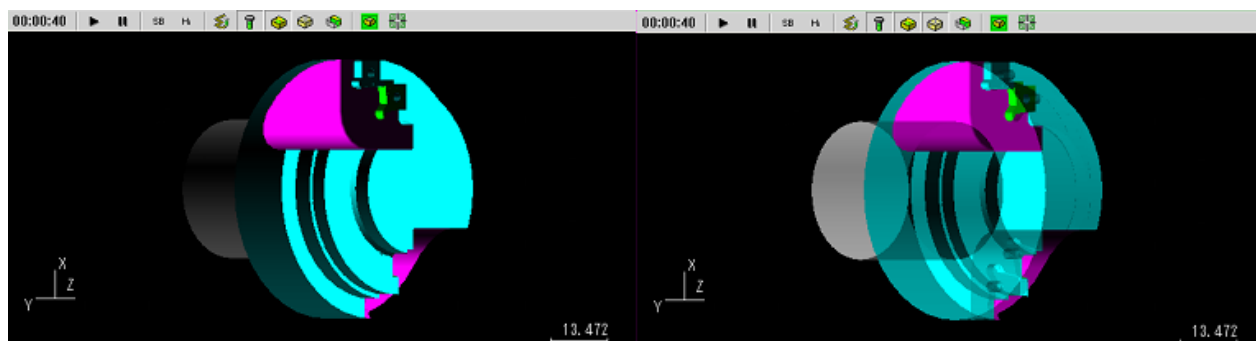
### 7.1.5 Frézování závitů

Frézování závitů do vyfrézovaných kapes na vyměnitelné břitové destičky jsem využil cyklu TAP, který se nachází ve skupině MULTIOBRÁBĚNÍ a podskupině DÍRA. Pro zvolený závit M2,5 bohužel nebyl k dispozici patřičný závitník. Proto jsem si pro účel simulace vytvořil vlastní. Vlastní závitník jsem si vymodeloval ve funkci Easy Modeling, která umožňuje vytvářet všechny nástroje potřebné pro obrábění i obrobky. Pro první závit jsem nastavil počáteční hodnotu společně s referenčním úhlem 90°. Druhý závit jsem k němu přidal v sekci šablony a tam mu nastavil počáteční hodnoty. Zbylé dva závity jsem udělal úplně stejně, akorát referenční úhel volím 270°.



Obrázek č.16 Nastavení tvaru závitů

## 7.1.6 Výsledná simulace



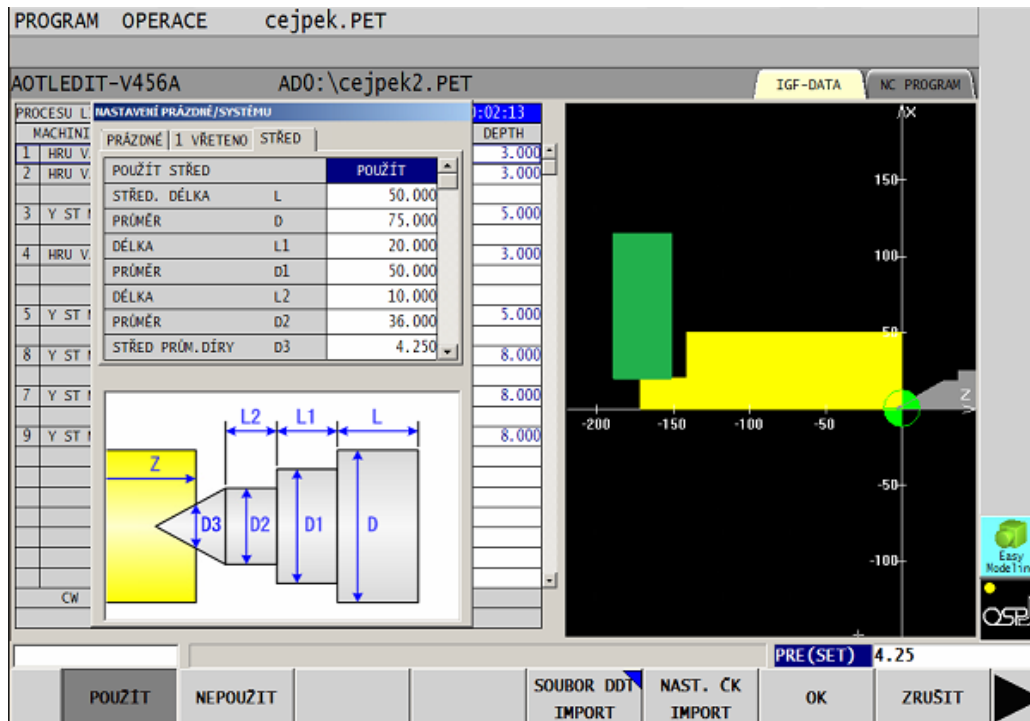
Obrázek č.17 Výsledná simulace držáku VBD

## 7.2 Návrh klikové hřídele

### 7.2.1 Volba polotovaru

Přes požadavek PRÁZDNÝ/SYSTÉM jsem se dostal do nastavení výchozího polotovaru. Tvar polotovaru jsem nastavil volný, dále v sekci základní volný tvar jsem aktivoval položku PASS. Pomocí tlačítka VOLNÝ ČISTÝ TVAR si pomocí příkazů ČELO, KUŽEL, DLOUHÝ apod. lze nastavit výchozí polotovar, který se v mém případě skládá ze dvou válců. První o průměru 40 mm, dlouhý 30 mm sloužící pro upnutí do vřetene a druhého o průměru 100 mm, dlouhý 141 mm.

Vřeten jsem posunul na délku upnutí 20 mm a na průměr upnutí 40 mm. Jelikož se jedná o dlouhou součást musí mít nastaven středící důlek pro koník o předepsaných parametrech.



Obrázek č.18 Nastavení polotovaru

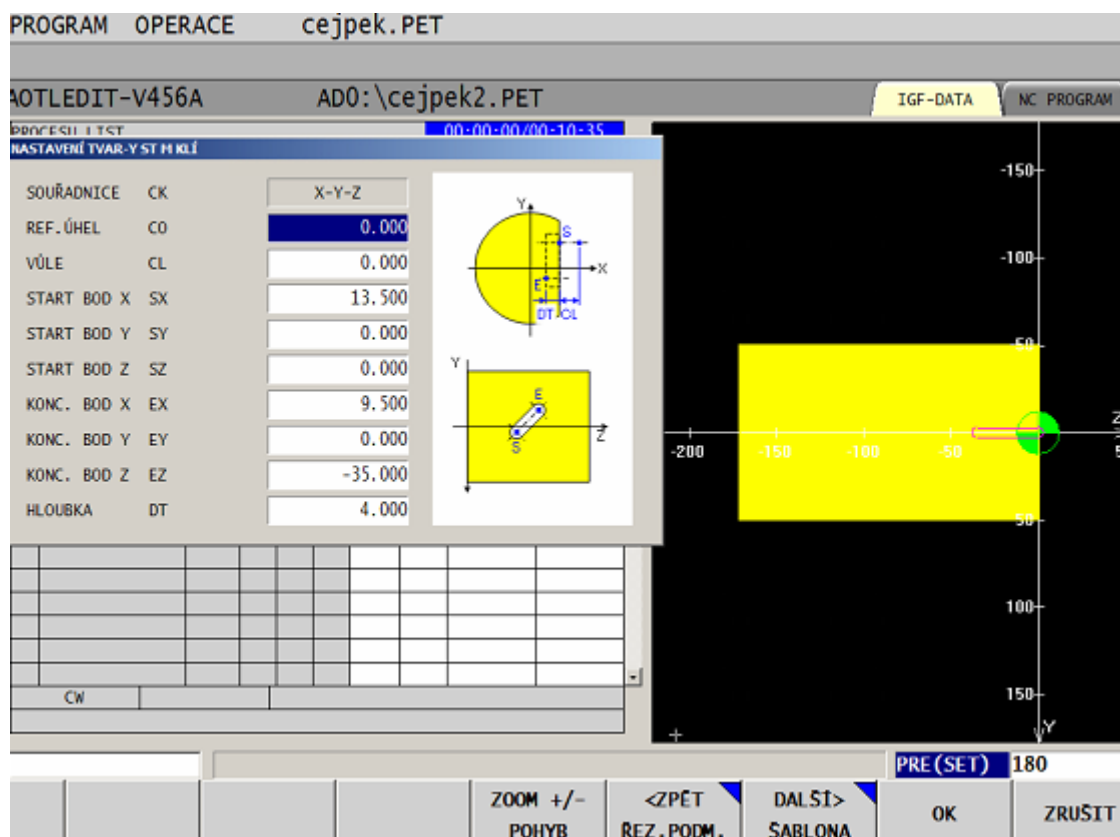
### 7.2.2 Soustružení přední a zadní válcové plochy

Soustružení přední válcové plochy jsem provedl pomocí cyklu HRUBĚ ve směru VJ < v sekci SOUSTURŽENÍ a zadní válcové plochy také pomocí cyklu HRUBĚ VJ >. Pomocí příkazů ČELO a DLOUHÝ jsem nastavil velikost soustružené plochy. Stejně příkazy jsem nastavil i pro čisté soustružení pomocí cyklu ČISTĚ.

### 7.2.3 Frézování drážkování

První drážku jsem vytvořil pomocí cyklu KLÍ. DRÁŽKA, možností ze strany, ze skupiny MULTIOBRÁBĚNÍ s podskupinou ŘÁDEK. Drážku jsem naprogramoval ve směru osy Y, jelikož se mi to takto programuje lépe.

Nastavil jsem startovací body drážky a celé drážkování vytvořil pomocí šablony, která drážky rozprostře po obvodu soustruženého obrobku.

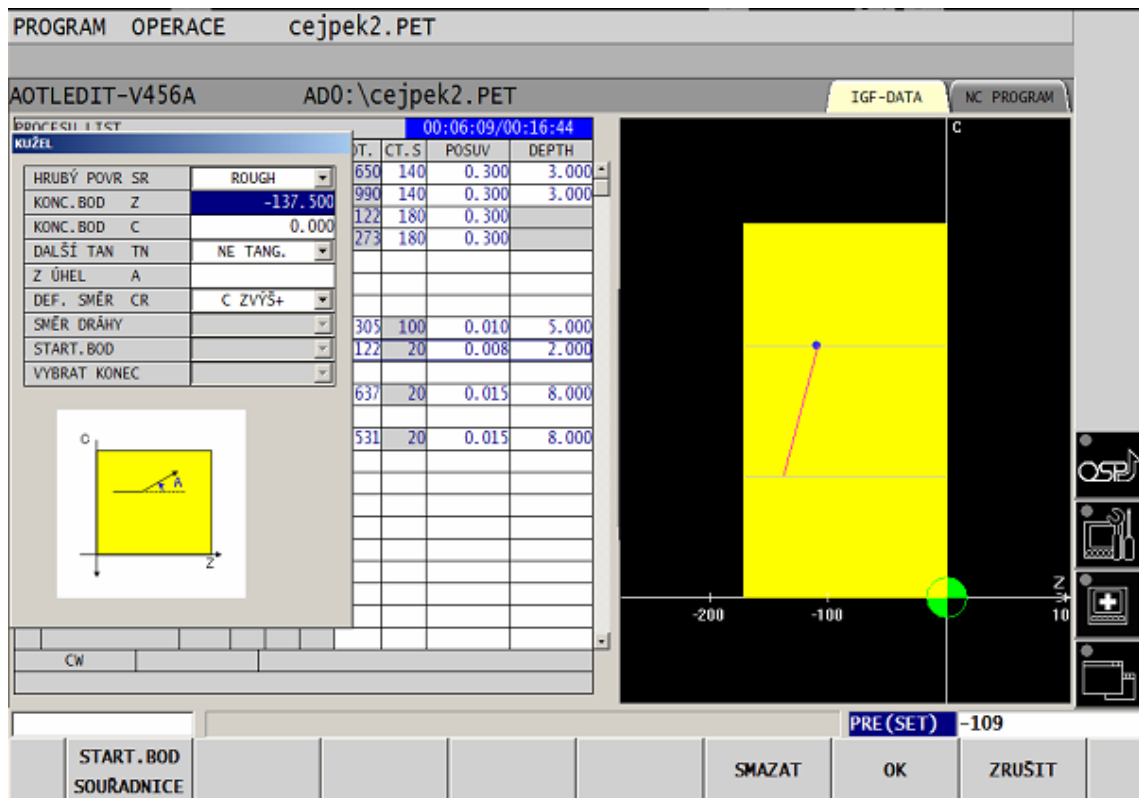


Obrázek č.19 Tvorba drážkování

#### 7.2.4 Frézování drážky podél zadní válcové plochy

Drážku, která se táhne ve smyčce po obvodu, jsem vytvořil pomocí cyklu M-DRÁŽKA. Ten se nachází v sekci MULTIOBRÁBĚNÍ v procesu ŘÁDEK. Drážka se točí kolem válce dlouhém 35 mm. Aby se drážka protočila po celém válci, zvolil jsem za nástroj plochou stopkovou frézu o průměru 3 mm.

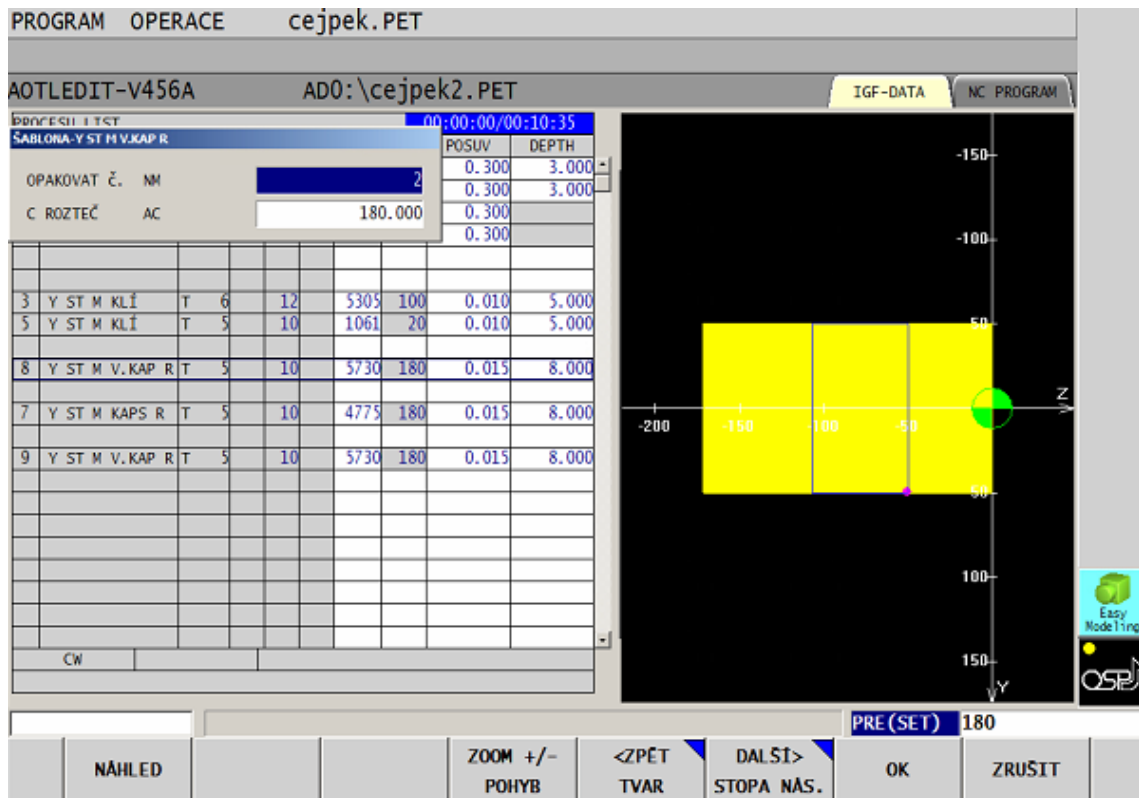
Při nastavení startovacího bodu jsem nastavil počáteční bod v ose C, Z a požadovanou hloubku drážky. Následně pomocí příkazu KUŽEL jsem naprogramoval koncový bod osy C a Z a směr otáčení osy C na kladný.



Obrázek č.20 Tvorba podélné drážky v ose C

### 7.2.5 Frézování bočních ploch klikové hřídele

Boční plochy klikové hřídele jsem vyfrézoval pomocí cyklem KAPSA metodou VOLNÁ TVAR HRUBĚ. Pomocí příkazů ČELO a DLOUHÝ jsem nastavil délku plochy, která se bude frézovat, a pomocí nastavení referenčního úhlu na  $90^\circ$  a zadáním patřičné hloubky jsem vytvořil požadovanou boční plochu. V následujícím kroku jsem zadal druhou boční plochu díky šabloně s opakováním počtu 2 a zadáním rozteče  $180^\circ$ .

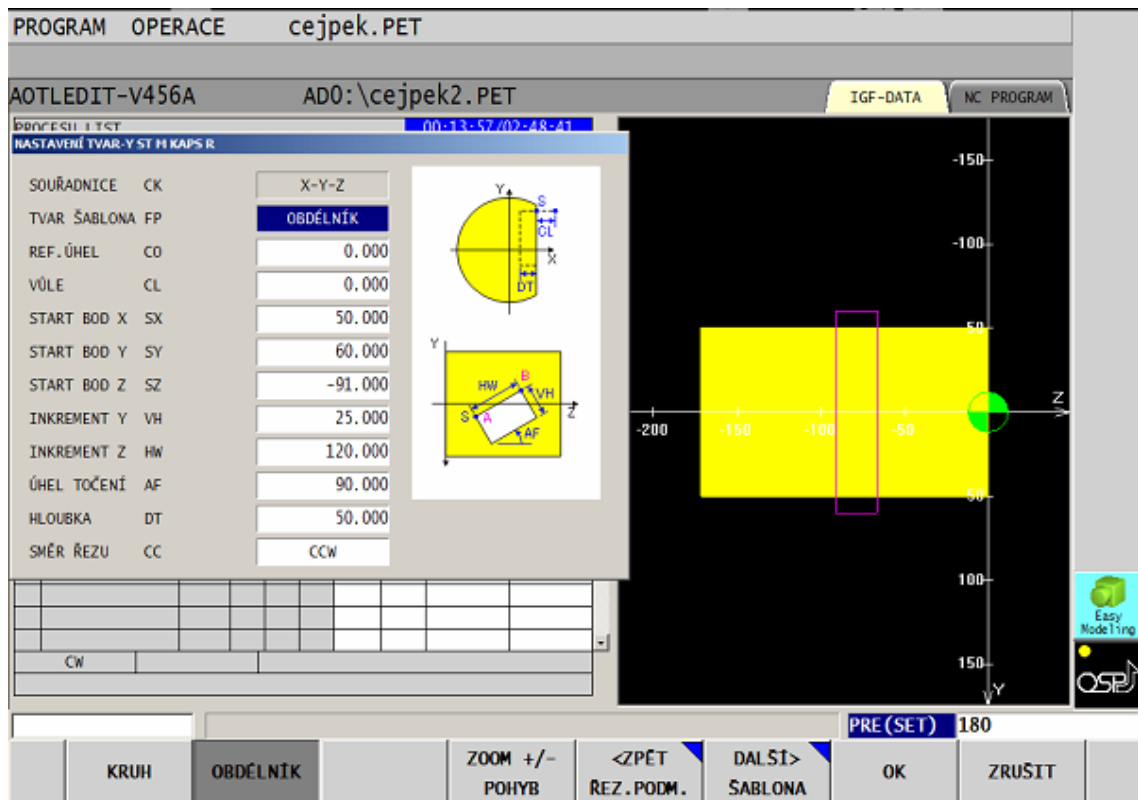


Obrázek č.21 Vytvoření druhé boční plochy

### 7.2.6 Frézování kapsy pro mimoosový válec

Kapsu pro následné frézování mimoosového válce jsem vytvořil cyklem KAPSA metodou PROSTÝ HRUBĚ. Po zadání startovacích bodů jsem zadal rozměry inkrementu Y a inkrementu Z, čímž jsem vytvořil požadovaný tvar kapsy.



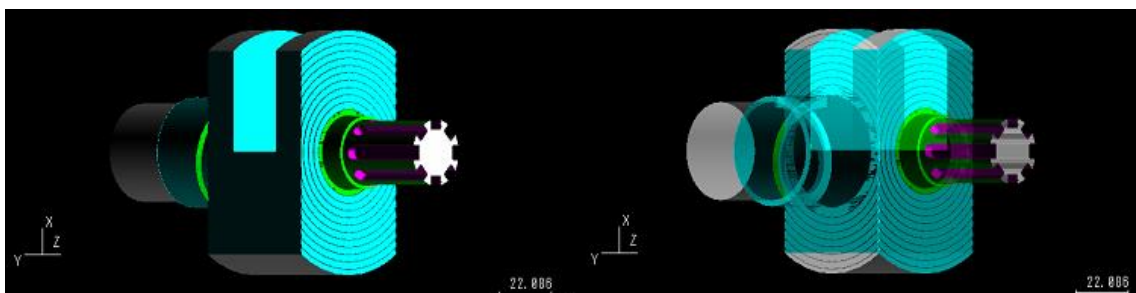


Obrázek č.22 Tvorba kapsy

### 7.2.7 Tvorba mimoosového válce

Bohužel při dílenském programování OPS Okuma nelze vytvořit mimoosový válecek pomocí metody turn-milling. Turn-milling je víceosová metoda, která lze dosáhnout jedině ručně nebo CAD/CAM programováním.

### 7.2.8 Výsledná simulace



Obrázek č.23 Simulace Klikové hřídele

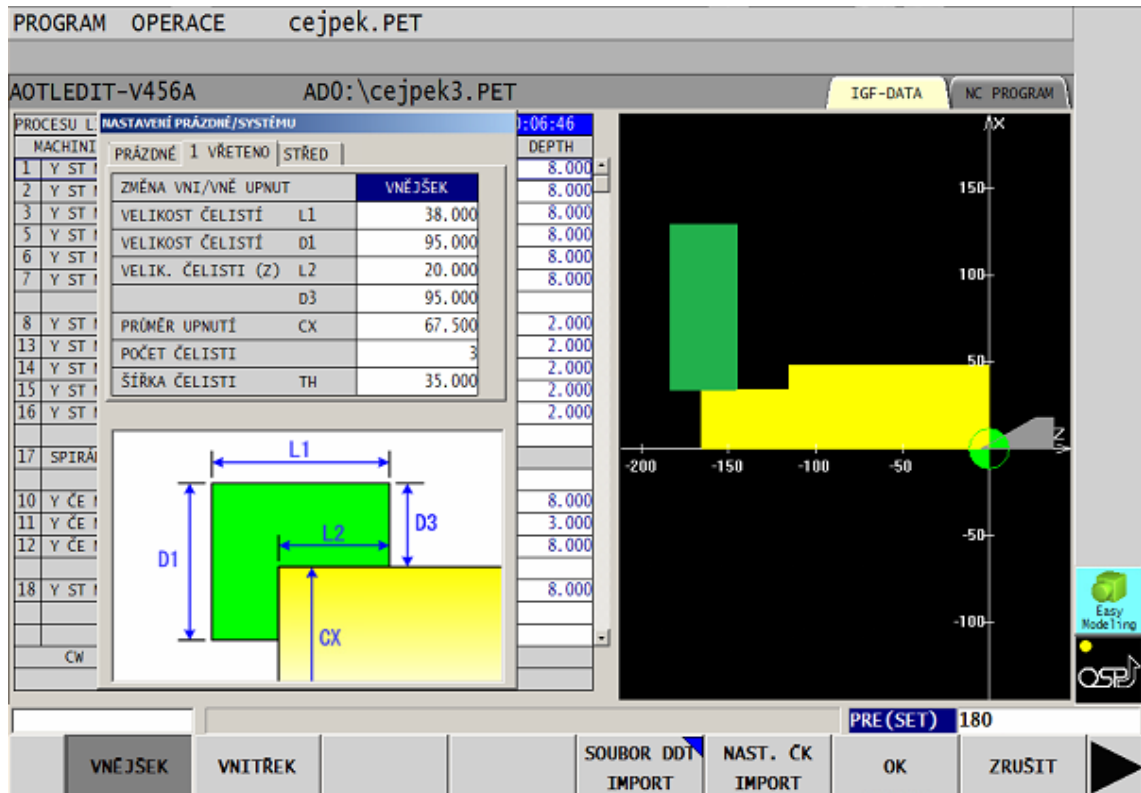
## 7.3 Návrh součásti s tvarovou plochou

### 7.3.1 Volba polotovaru

Přes požadavek PRÁZDNÝ/SYSTÉM v nastavení polotovaru jsem si pomocí funkce VOLNÝ ČISTÝ TVAR vytvořil výchozí polotovar pro obrábění. Příkazy ČELO a DLOUHÝ jsem navrhl

polotovaru o válci o průměru 67,5 mm a délky 50 mm pro uchycení do vřetene a válci pro obrábění o průměru 95 mm a délky 115 mm. Polotovaru musí být pro svoji délku opatřen středícím důlkem pro předepsaný koník.

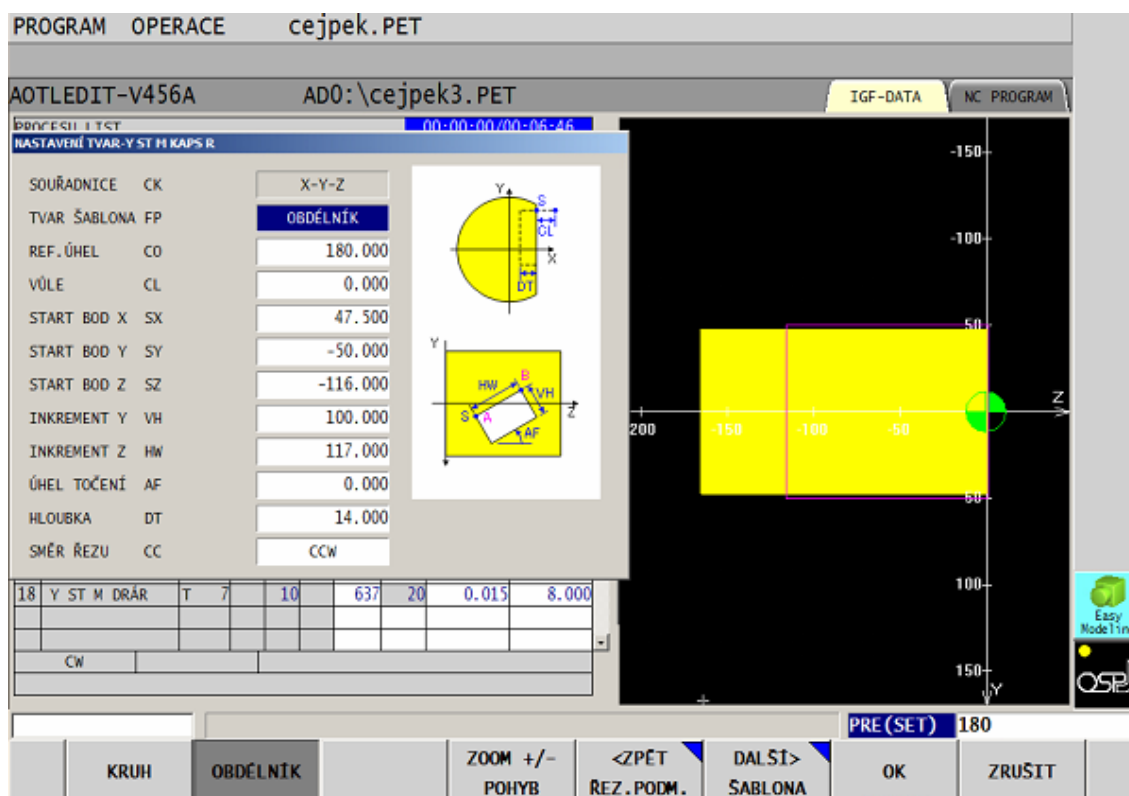
Vřeteno jsem posunul na délku uchycení 20 mm a průměr 67.5 mm.



Obrázek č.24 Volba polotovaru

### 7.3.2 Tvorba tří bočních ploch

Pro vytvoření výsledného čtyřstěnu s tvarovou plochou jsem musel nejprve vytvořit tři vedlejší plochy. Čtvrtá plocha se vytvoří až s tvarovou plochou. Plochy jsem naprogramoval pomocí cyklu KAPSA metodou PROSTÝ HRUBĚ. Počáteční souřadnice jsem pozměnil referenčním úhlem 180°, abych začínal obrábět ze spodu součásti. Inkrementy Y a Z nastavím celou frézovanou plochu. Pomocí šablony jsem zopakoval tuto akci třikrát s roztečí 90°.



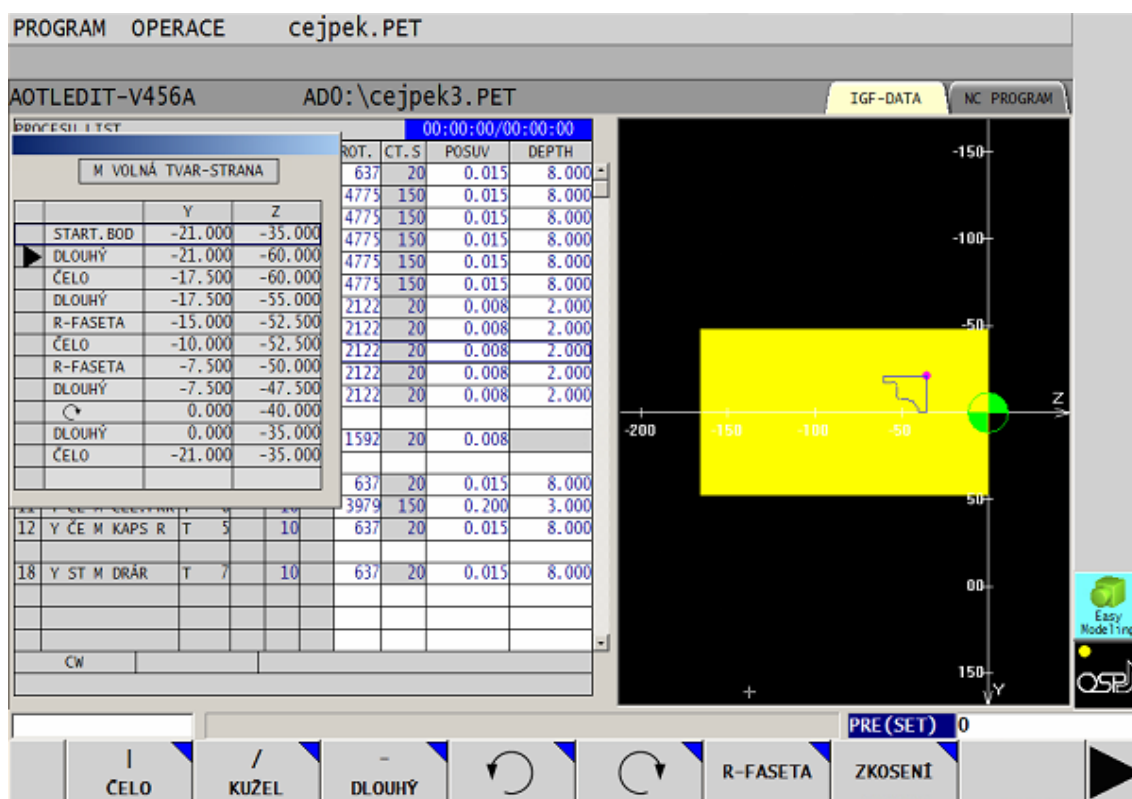
Obrázek č.25 Tvorba bočních ploch

### 7.3.3 Tvorba tvarové plochy

Jelikož u strojního programování nelze vytvořit najednou tvarovou plochu, musel jsem tuto plochu vytvořit pomocí několika cyklů KAPSA metodou VOLNÁ TVAR HRUBĚ.

Nejprve čtvrtou a poslední plochu čtyřhranu jsem pomocí tohoto cyklu zmenšil na požadovanou výšku tvarové plochy. Poté jsem pro přesnější frézování, a jednodušší způsob nastavení daných kapes, použil pro vytvoření tvarové plochy čtyři obdélníkové kapsy. Tyto čtyři kapsy ohraničí obdélník, který bude tvořit tvarovou plochu.

Zbylou tvarovou plochu jsem vytvořil čtyřmi malými kapsami pomocí příkazů ČELO, DLOUHÝ, rádiusi v rozích jsem zadal pomocí příkazu R-FAZETA a čtvrt kruhy pomocí příkazu pro kružnice.

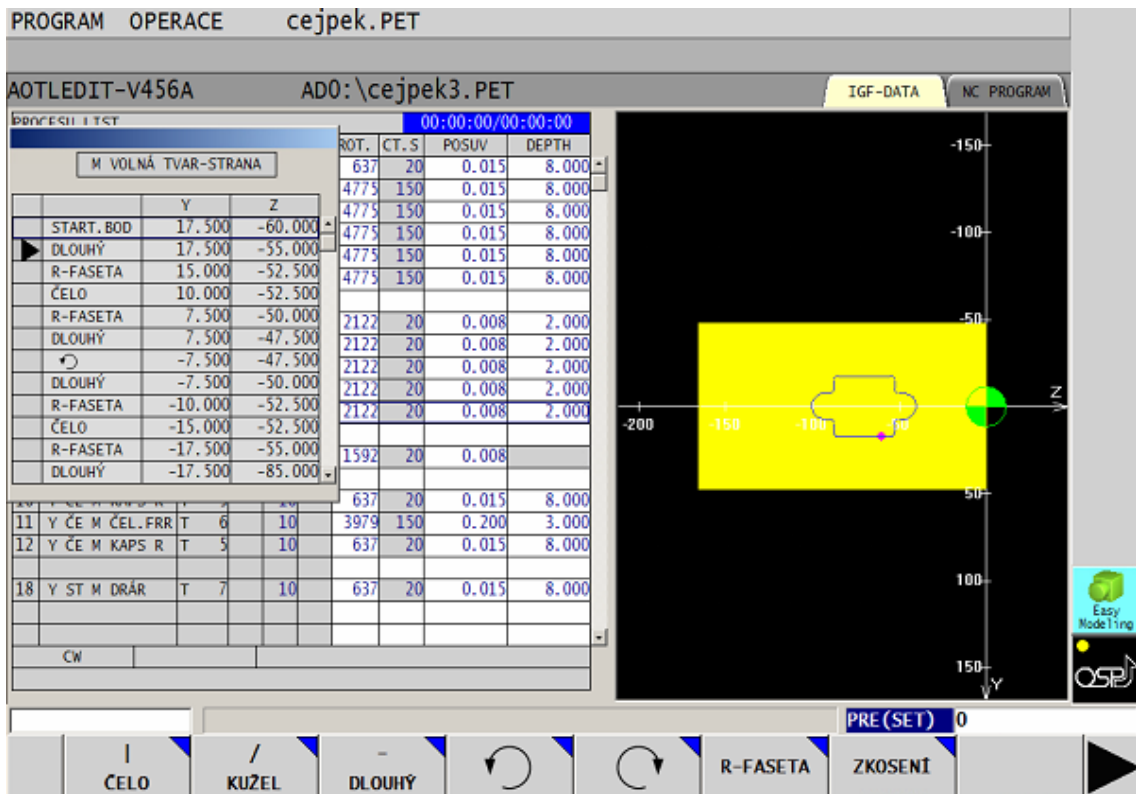


Obrázek č.26 Tvorba části tvarové plochy

### 7.3.4 Tvorba tvarové kapsy

Tvarovou kapsu z protilehlé strany tvarové plochy jsem naprogramoval pomocí cyklu KAPSA, jedinou možnou metodou VOLNÁ TVAR HRUBĚ. Základní souřadnice jsem musel pootočit o referenční úhel 270° a nastavit osu X na už obroubenou plochu.

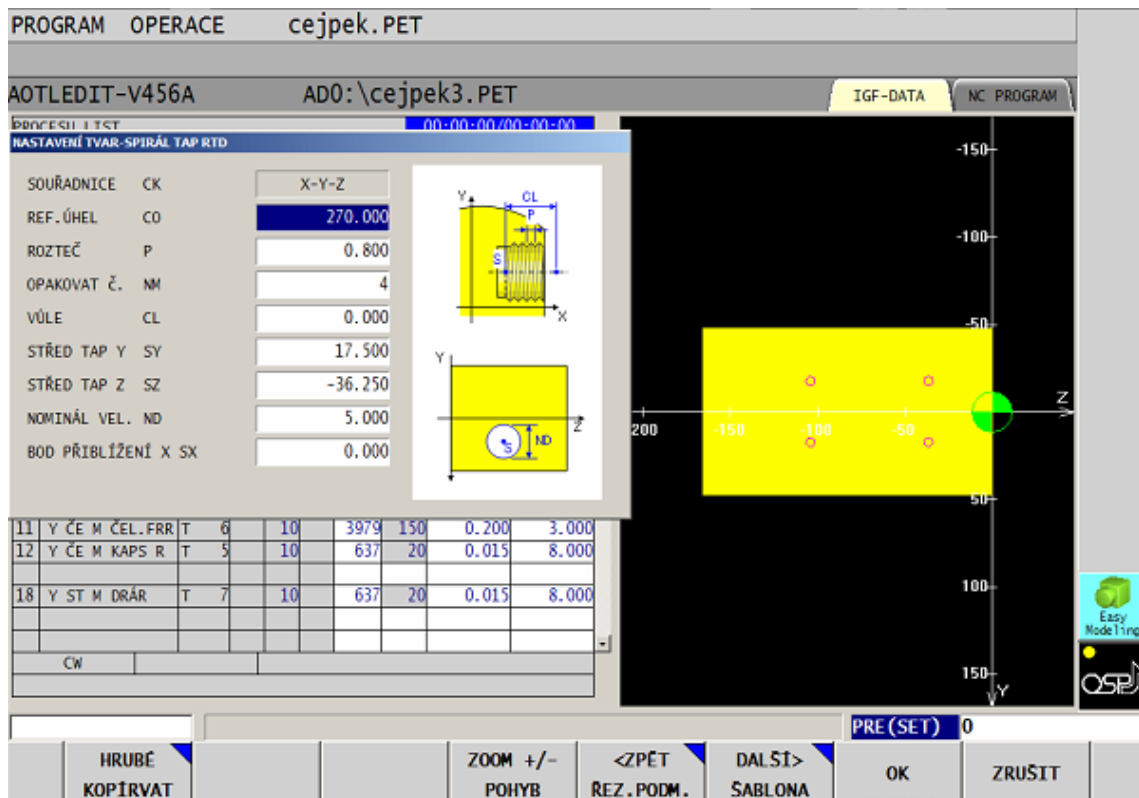
Příkazy ČELO, DLOUHÝ, R-FAZETA a příkazy pro kružnice v obou směrech jsem nastavil tvarovou plochu o určité hloubce.



Obrázek č.27 Tvorba tvarové kapsy

### 7.3.5 Frézování čtyř závitů

Čtyři závitů, vyskytující se na straně tvarové kapsy, jsem vytvořil pomocí cyklu SPIRÁL TAP. V sekci MULTIOBRÁBĚNÍ, v podskupině DÍRA. Závitů jsem naprogramoval na vrtání jako P.ZÁV. D tedy pravotočivé ve směru ze shora dolů. Základní souřadnice prvního závitů jsou pootočený o referenční úhel 270°. Zbylé tři závitů jsem nastavil v šabloně pomocí VOLNÉ POZ. na příslušná místa.

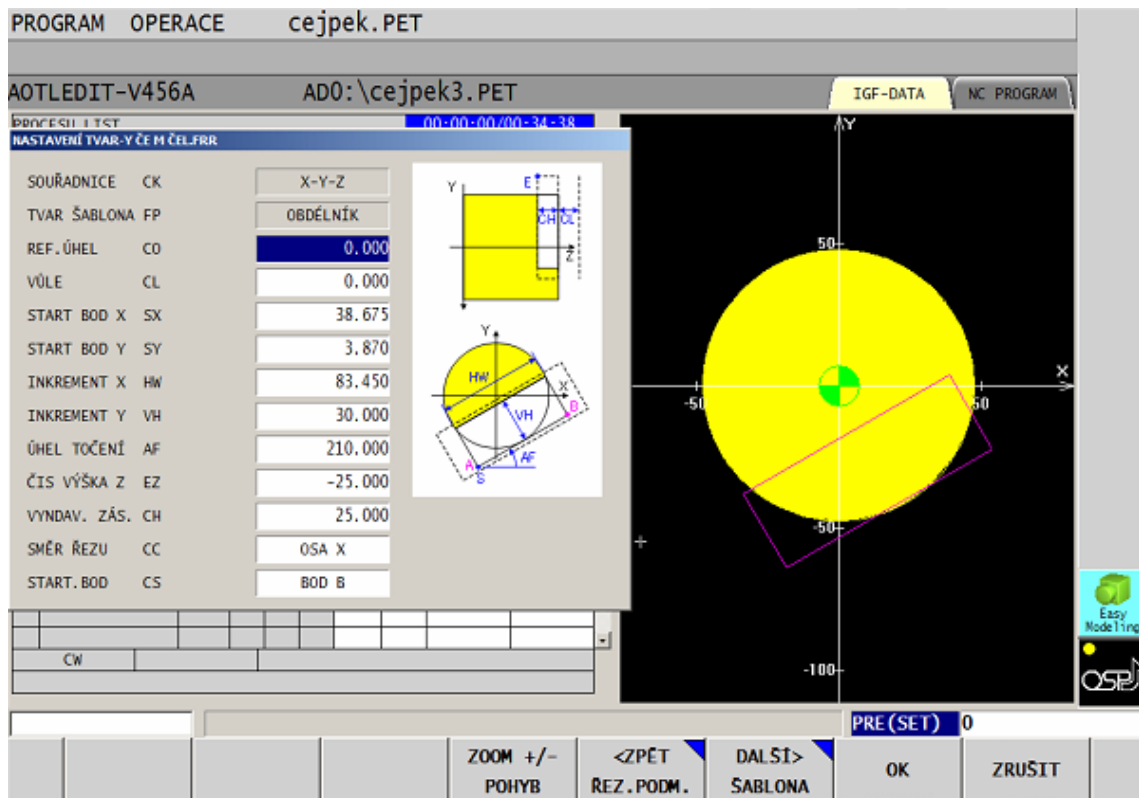


Obrázek č.28 Tvorba závitů

### 7.3.6 Frézování trojhranu na předku obrobku

Trojhran je naprogramován dvěma metodami. Dvě části trojhranu jsou vytvořeny cyklem KAPSA metodou PROSTÝ HRUBĚ ve směru osy Y. Třetí část je obráběna cyklem ČELNÍ FR. metodou HRUBĚ.

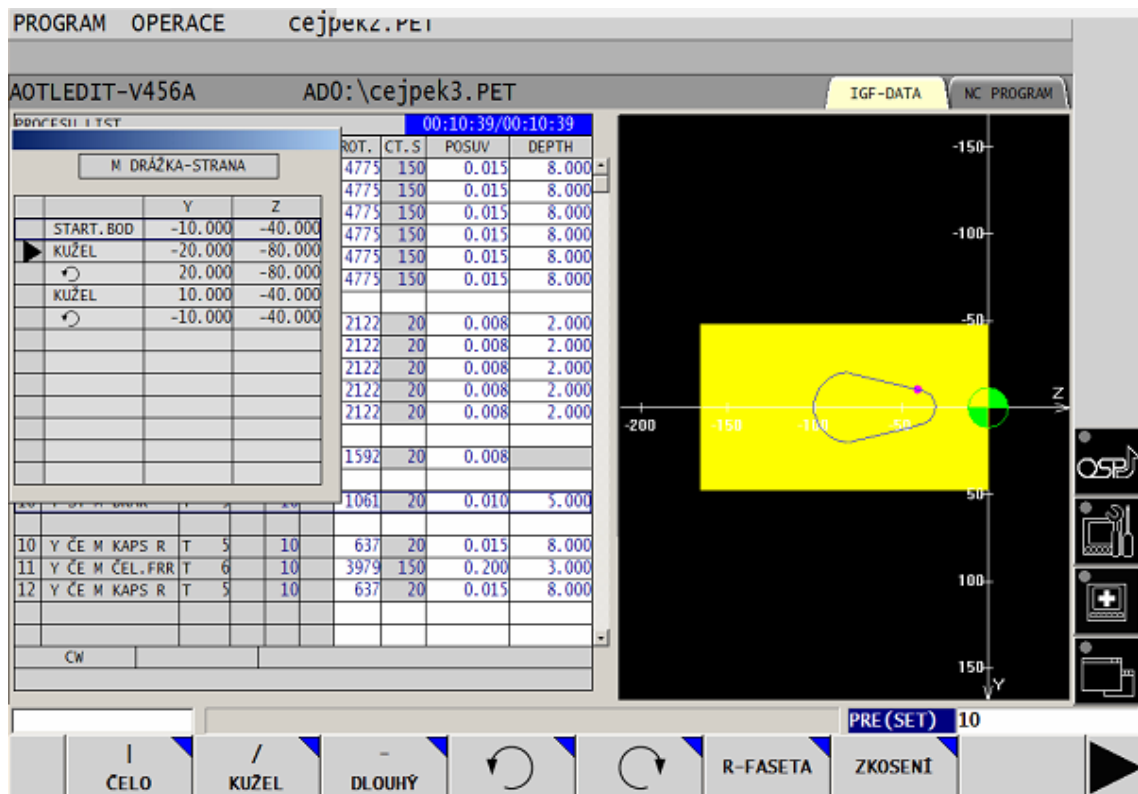
Jelikož se jedná o čelní frézování, nemusel jsem měnit referenční úhel, jen jsem nastavil počáteční souřadnice, inkrementy Y a Z a hloubku frézování. U cyklu ČELNÍ FR. jsem ještě určil, z jakého bodu začnu obrábět a v jakém směru. V mém případě na bodu nezáleží, ale směr řezu dávám ve směru X.



Obrázek č.29 Tvorba trojhranu ČELNÍ FR.

### 7.3.7 Frézování tvarové drážky

Na prázdné straně čtyřhranu jsem vytvořil pomocí cyklu M-DRÁŽKA metodou HRUBĚ mimoosovou tvarovou drážku. Jako nástroj jsem zvolil plochou stopovou frézu o průměru 6 mm, jelikož drážka se rozprostírá přes téměř celou vyfrézovanou plochu. Pomocí příkazů pro volný tvar m-drážky jsem následně vytvořil tvarovou drážku.

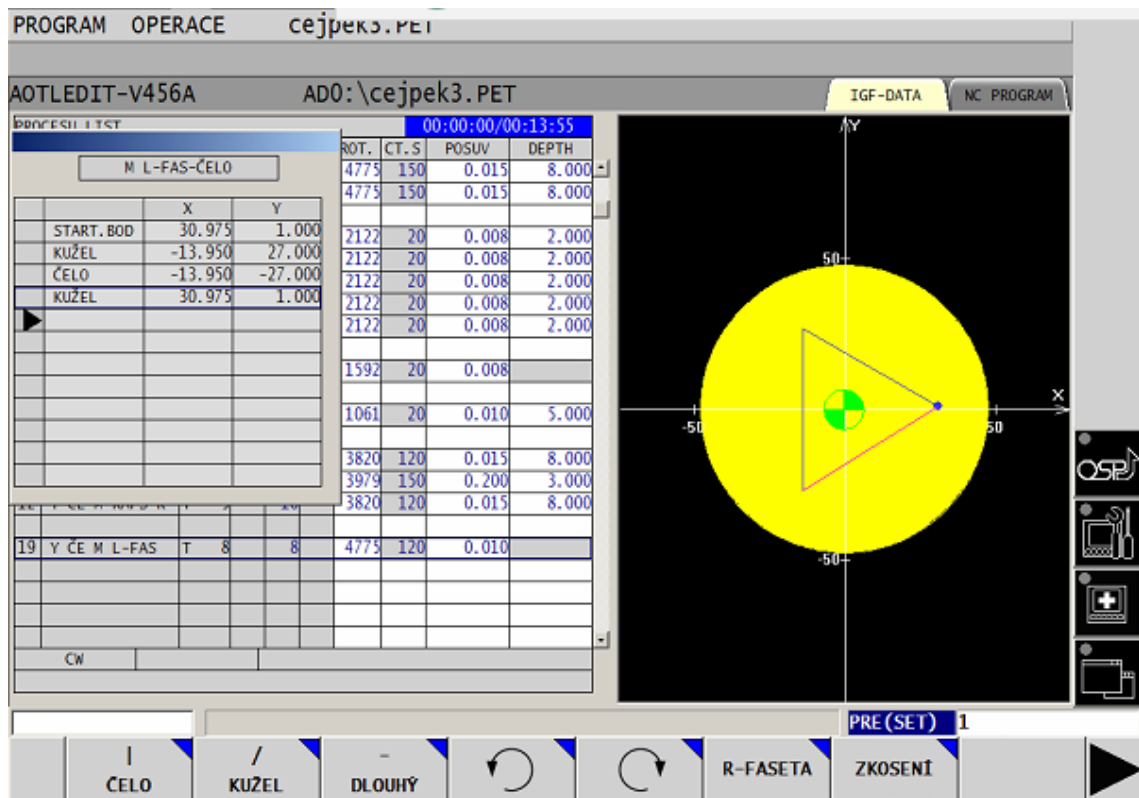


Obrázek č.30 Tvorba drážky

### 7.3.8 Srážení hran na nerotačním tvaru

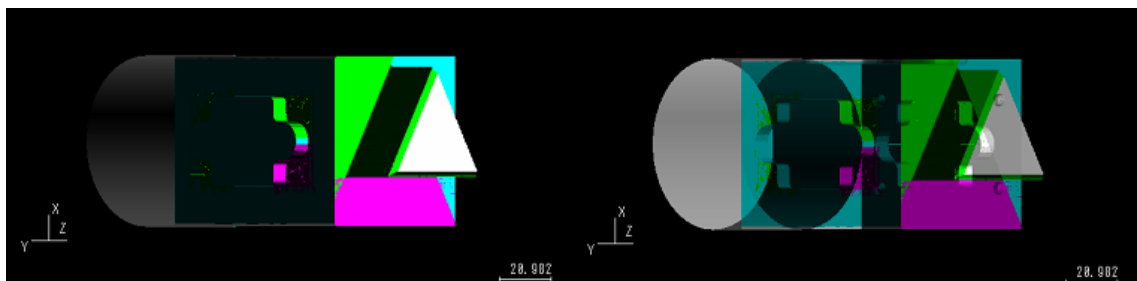
Sražení hrany na nerotačním tvaru jsem naprogramoval na dvou stranách předního trojhranu. Pomocí cyklu R-FASETA ze sekce MULTIOBRÁBĚNÍ, skupiny ŘÁDEK, jsem nastavil ve startovacích souřadnicích velikost zkosení, dále pomocí příkazů KOLMÝ a ČELO jsem nadefinoval dráhu, po které bude probíhat zkosení.





Obrázek č.31 Tvorba zkosení na nerotační ploše

### 7.3.9 Výsledná simulace

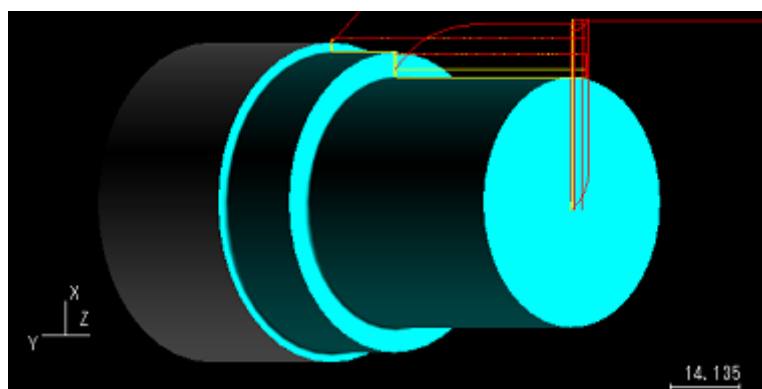


Obrázek č.32 Výsledná simulace součásti s tvarovou plochou

## 8 Realizace na stroji

Pro realizaci přímo na stroji Okuma Genos L-200E-M jsem vybral první součást, držák na VBD. Pro výrobu použiji polotovar z leteckého hliníku o průměru zhruba 63 mm, dlouhý 103 mm. Polotovar jsem nezmenšoval na velikost, kterou mám navrženou v simulaci. Díky většímu polotovaru jsem měl větší prostor pro obráběcí operace se stopkovou frézou 18 mm.

Nejprve jsem vytvořil program na upravení části obrobku pro upnutí do vřetene. Program pomocí flash disku jsem přenesl do stroje a upnul polotovar do vřetene. Průměr 63 mm jsem zmenšil soustružením na průměr 50 mm po délce 50 mm a poté na průměr 60 mm na délce 18 mm.



Obrázek č.33 Soustružení upínací části obrobku



Obrázek č.34 Soustružená upínací část

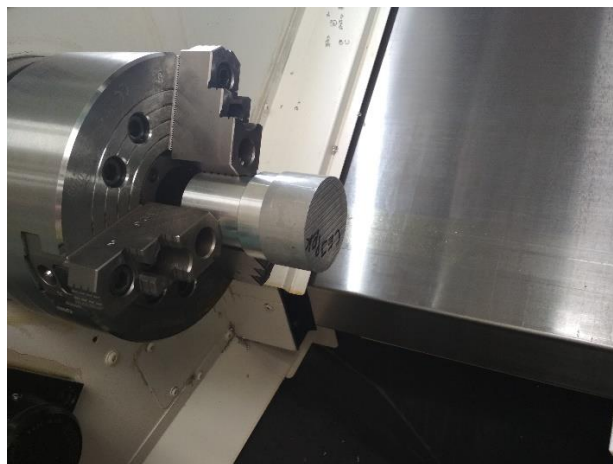
Obrobek jsem přeupnul za průměr 50 mm a spustil na stroji druhý program na soustružení držáku na VBD. V programu jsem nastavil pozice nástrojů, podle pozic nástrojů ve stroji. Soustružnický nuž PDJNL, stopkovou frézu s průměrem 18 mm a

stopkovou frézou s průměrem 3 mm. Pro všechny nástroje jsem musel upravit řezné podmínky, řeznou rychlost a posuv případně i hloubku řezu.

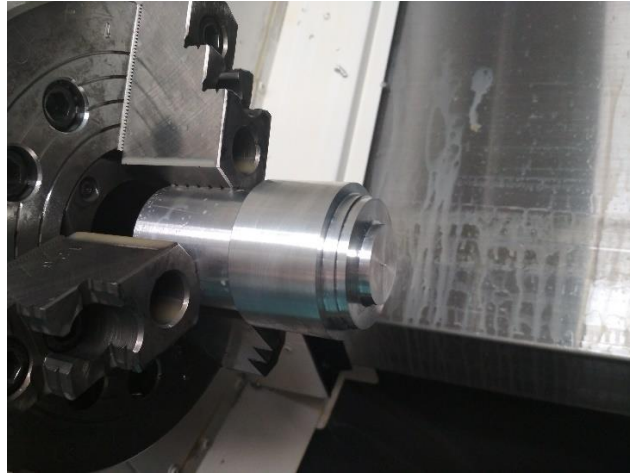
Pro reálné obrábění jsem musel upravit samotný program držáku. K soustružení válcových ploch jsem přidal soustružení čela obrobku, který jsem neměl v simulaci. Velké kapsy kolmé k ose X jsem musel zvětšit o 2 mm v ose Y a o 3 mm v ose Z. To kvůli velikosti osazení stopkové frézy o průměru 3 mm. Dále jsem válec z obou stran zfrézoval o 10 mm, kvůli technologičnosti výroby. Jinak by docházelo ke kolizi obrobku s upínacím mechanismem stopkové frézy. Bohužel frézování závitů v kapsách pro vyměnitelné břitové destičky neproběhlo, jelikož nemáme k dispozici požadovaný závitník.

Všechny operace proběhly tak, jak jsem naprogramoval v simulaci. Jediné, co bohužel neproběhlo podle představ bylo frézování jedné z kapes pro vyměnitelné břitové destičky, kdy jedna strana kapsy byla špatně naprogramovaná a nevyfrézovala se pod úhlem, který byl v návrhu.

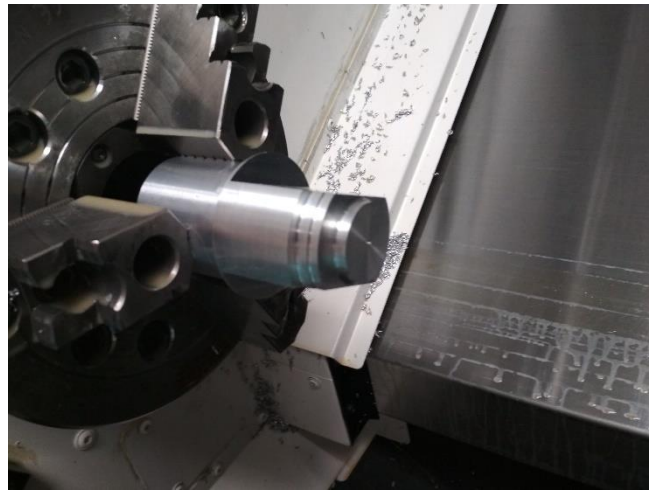
Celkový čas obrábění pracovní části nože vyšel na 48 minut 45 sekund.



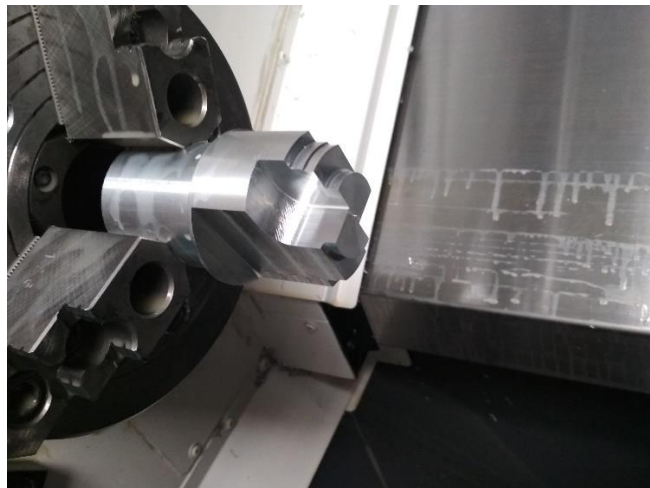
*Obrázek č.35 Upnutý obrobek připraven na obrábění*



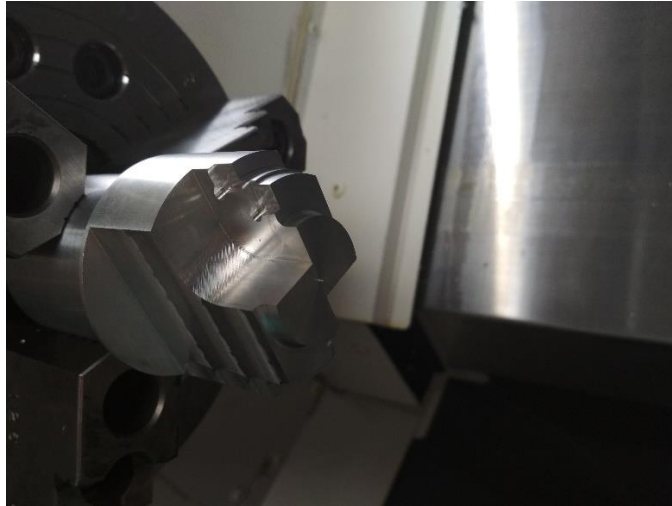
Obrázek č.36 Soustružení válcových ploch



Obrázek č.37 Frézování bočních ploch válce



Obrázek č.38 Frézování bočních kapes



*Obrázek č.39 Frézování kapes pro VBD*



*Obrázek č.40 Frézování kapes pro VBD*

## 9 Závěr

Cílem této práce bylo ukázat možnosti čtyřosého soustruhu s použitím osy Y a poháněných nástrojů v rámci dílenského programování. První část práce dává nahlédnout do problematiky čtyřosého soustružení, osy Y soustruhu, do poháněných nástrojů a jejich upnutí a do strojních cyklů soustruhu Okuma Genos L-200E-M.

Při návrhu všech tří výrobků jsem vycházel z teoretických možností, co by daný stroj mohl zvládnout vyrobit. Přes počáteční neúspěchy s navolením vlastního polotovaru do simulace jsem v simulacích využil všech strojních cyklů vztahujících se na možnosti osy Y a poháněných nástrojů.

Bohužel při programování klikové hřídele jsem objevil nedostatky dílenského programování. Pomocí dílenského programování nelze propojit navzájem pohyby v ose C a v ose Y. Takzvaný turn-milling neboli soustružení frézováním lze provádět jen za pomoci CAD/CAM programování nebo ručního programování.

Program pro realizaci na stroji, držák na VBD, jsem musel upravit, poněvadž simulace nebere v potaz osazení nástrojů a jejich držáku v revolverové hlavě, takže by docházelo ke kolizím. Kromě této úpravy došlo kvůli špatnému naprogramování k chybnému vyfrézování jedné strany kapsy pro vyměnitelnou břitovou destičku, kde se špatně vyfrézoval sklon boku kapsy.

Pomocí dílenského programování za pomoci strojních cyklů lze efektivně ukázat možnosti využití osy Y a poháněných nástrojů při čtyřosém soustružení, pro náročnější a složitější operace už ale musíme využít CAD/CAM programování

## 10 Seznam použité literatury

- [1] ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. Praha: BEN – technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.
- [2] ŠTULPA, Miloslav. *CNC: programování obráběcích strojů*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5269-3.
- [3] The Evolution of the Y Axis on Turn-Mill Machines. Production Machining [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://www.productionmachining.com/articles/the-evolution-of-the-y-axis-on-turn-mill-machines>
- [4] Why Y-Axis for Turn/Mill Machines?. Modern Machine Shop [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://www.mmsonline.com/articles/why-y-axis-for-turnmill-machines2>
- [5] OSP-P300S/P300L, OSP-P300S-R/P300L-R Programming Manual [online]. 2013 [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <http://www.misan.cz/download/20180420-CVUT/LE33-019-R03.pdf>
- [6] Poháněné nástroje a jejich upnutí. T-support [online]. 2012 [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://www.t-support.cz/kat/pohanene-nastroje-a-jejich-upinani-5>
- [7] Tooling technology. Sk technik [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: [http://www.sktechnik.cz/dokumenty/katalogy/Benz\\_Uhlove\\_hlavy\\_AngleHeads\\_en.pdf](http://www.sktechnik.cz/dokumenty/katalogy/Benz_Uhlove_hlavy_AngleHeads_en.pdf)
- [8] SMID, Peter. CNC programming techniques: an insider's guide to effective methods and applications. New York: Industrial Press, c2006. ISBN 0-8311-3185-3.
- [9] VRABEC, Martin a Jan MÁDL. *NC programování v obrábění*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03045-8.

- [10] Hyperturn 45. *Emco group* [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://www.emco-world.com/en/products/industry/turning/cat/6/d/2/p/1000170%2C6/pr/hyperturn-45.html>
- [11] Hyperturn 65. *Emco group* [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://www.emco-world.com/en/products/industry/turning/cat/6/d/2/p/1000331%2C6/pr/hyperturn-65.html>
- [12] Okuma Genos L200E-MY. *Misan* [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <http://www.misan.cz/okuma/katalog-detail/genos-l200e-my-okuma-genos-l200e-my/>
- [13] Okuma Genos L300E-MY. *Misan* [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <http://www.misan.cz/okuma/katalog-detail/genos-l300e-my-okuma-genos-l300e-my/>
- [14] Soustruhy s pojezdem v ose Y. *Haas Automation Inc* [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: [http://int.haascnc.com/mt\\_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=ST-10Y&webID=YAXIS\\_LATHE](http://int.haascnc.com/mt_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=ST-10Y&webID=YAXIS_LATHE)
- [15] Puma TT1800 series. *Doosan machine tools* [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <http://www.doosanmachinetools.com/brochure/turning-center/horizontal-multi-axis/puma-tt1800-series-english.pdf>
- [16] Puma TT2500 series. *Doosan machine tools* [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <http://www.doosanmachinetools.com/brochure/turning-center/horizontal-multi-axis/puma-tt2500-series-english.pdf>
- [17] Fixed Headstock Type CNC automatic Lathe BNA42MSY. *Citizen* [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://cmj.citizen.co.jp/english/product/miyano/bna-msy.html>



[18] Fixed Headstock Type CNC automatic Lathe ABX51/64THY. Citizen [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://cmj.citizen.co.jp/english/product/miyano/abxthy.html>

[19] Soustruhy s vodorovnou osou [online]. [cit. 2018-07-25]. Dostupné z: [https://www.czspos.cz/akce/20100225.emo2009/01\\_soustruhy\\_s\\_vodorovnou\\_osou.pdf](https://www.czspos.cz/akce/20100225.emo2009/01_soustruhy_s_vodorovnou_osou.pdf)

[20] Mimatic tool systems. *Mimatic* [online]. [cit. 2018-07-30]. Dostupné z: [https://www.mimatic.de/Portals/0/PDF/Allgemein/Gesamtkatalog\\_DE.pdf](https://www.mimatic.de/Portals/0/PDF/Allgemein/Gesamtkatalog_DE.pdf)

## 11 Seznam obrázků

Obrázek č.1 Poháněné nástroje v revolverové hlavě [20] .....	13
Obrázek č.2 Hlava pro upnutí poháněného nástroje pracovního vřetene, BENZ [7] .....	14
Obrázek č.3 Příklad hlavy na poháněný nástroj od stroje Okuma [20] .....	15
Obrázek č. 4 Příklad strojního cyklu pro podélné řezání závitů [5] .....	17
Obrázek č.5 Příklad cyklu G71 [5] .....	17
Obrázek č.6 Příklad cyklu G73 [5] .....	18
Obrázek č.7 Příklad cyklu G77 [5] .....	18
Obrázek č.8 Příklad cyklu G190 [5] .....	19
Obrázek č.9 Model držáku VBD .....	21
Obrázek č.10 Model klikové hřídele .....	22
Obrázek č.11 Model součásti s tvarovou plochou .....	23
Obrázek č.12 Volba polotovaru .....	24
Obrázek č.13 Vytvoření tvaru soustružení.....	25
Obrázek č.14 Nastavení tvaru kapsy.....	26
Obrázek č.15 Nastavení volného tvaru kapsy.....	27
Obrázek č.16 Nastavení tvaru závitů .....	28
Obrázek č.17 Výsledná simulace držáku VBD .....	28
Obrázek č.18 Nastavení polotovaru .....	29
Obrázek č.19 Tvorba drážkování.....	30
Obrázek č.20 Tvorba podélné drážky v ose C .....	31
Obrázek č.21 Vytvoření druhé boční plochy.....	32
Obrázek č.22 Tvorba kapsy .....	33
Obrázek č.23 Simulace Klikové hřídele .....	33
Obrázek č.24 Volba polotovaru .....	34
Obrázek č.25 Tvorba bočních ploch.....	35
Obrázek č.26 Tvorba části tvarové plochy .....	36
Obrázek č.27 Tvorba tvarové kapsy .....	37
Obrázek č.28 Tvorba závitů.....	38
Obrázek č.29 Tvorba trojhranu ČELNÍ FR.....	39
Obrázek č.30 Tvorba drážky.....	40

Obrázek č.31 Tvorba zkosení na nerotační ploše .....	41
Obrázek č.32 Výsledná simulace součásti s tvarovou plochou .....	41
Obrázek č.33 Soustružení upínací části obrobku .....	42
Obrázek č.34 Soustružená upínací část .....	42
Obrázek č.35 Upnutý obrobek připraven na obrábění .....	43
Obrázek č.36 Soustružení válcových ploch .....	44
Obrázek č.37 Frézování bočních ploch válce .....	44
Obrázek č.38 Frézování bočních kapes .....	44
Obrázek č.39 Frézování kapes pro VBD .....	45
Obrázek č.40 Frézování kapes pro VBD .....	45

## 12 Seznam tabulek

Tabulka č.1 Parametry stroje [12] .....	20
---	----

## 13 Seznam příloh

### 13.1 Seznam textových příloh

- A. Seznam strojních cyklů

### 13.2 Seznam elektronických příloh

- A. Model držáku na VBD (dostupné na CD)
- B. Model klikové hřídele (dostupné na CD)
- C. Model součásti s tvarovou plochou (dostupné na CD)
- D. Program pro držák na VBD (dostupné na CD)
- E. Program pro klikovou hřídel (dostupné na CD)
- F. Program pro součást s tvarovou plochou (dostupné na CD)
- G. Upravený program pro držák na VBD (dostupné na CD)

## Příloha A

### Seznam strojních cyklů

#### Cykly pro pevné řezání závitů

- Podélné závity – G33, G31
- Řezání čelní plochy závitu – G32
- Řezání nefixovaných závitů – G34, G35

#### Sdružené cykly řezání závitů

- Pevný cyklus podélného řezání závitu – G71
- Pevný cyklus příčného řezání závitu – G72

#### Složené pevné cykly pro drážkování/vrtání

- Pevný podélný cyklus drážkování – G73
- Pevný cyklus příčného drážkování/vrtání – G74

#### Cykly pro frézování závitů

- Cyklus pro frézování pravotočivých závitů – G77
- Cyklus pro frézování levotočivých závitů – G78

#### Složené pevné cykly

- Vrtací cyklus – G181
- Vyvrtávací cyklus – G182
- Cyklus vyvrtávání hlubokých děr – G183
- Cyklus pro frézování závitů – G184
- Podélný cyklus řezání závitů – G185
- Příčný cyklus řezání závitů – G186
- Cyklus přímého podélného řezání závitů – G187
- Cyklus přímého čelního řezání závitů – G188
- Cyklus pro vystružování/vyvrtávání – G189
- Cyklus pro postupné odebírání třísky Key Way – G190