



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## **MOŽNOSTI SOFTWARE SINUTRAIN OPERATE 2.6 PŘI PROGRAMOVÁNÍ CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ**

SINUTRAIN OPERATE 2.6 TOOLS FOR PROGRAMMING OF CNC MACHINE  
TOOLS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

Bc. Pavel Švagera

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Pavel Švagera

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Možnosti softwaru SinuTrain Operate 2.6 při programování CNC obráběcích strojů**

v anglickém jazyce:

#### **SinuTrain Operate 2.6 tools for programming of CNC machine tools**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při programování obráběcích strojů je možno využít různých programovacích jazyků, postupů a různé nástrojové vybavení. Ke zvolené součásti jízdního kola - Náboj - je nutno připravit veškerou dokumentaci, která umožní její výrobu.

Cíle diplomové práce:

- stručné začlenění řídicího systému Sinumerik 840D mezi ostatní řídicí systémy obráběcích strojů a metodiky NC programování
- zpracování technické dokumentace obráběné součásti jízdního kola
- návrh výroby s použitím nástrojového vybavení od firmy ISCAR
- vytvoření NC programu a jeho ověření simulací

Seznam odborné literatury:

SRIKANTH, T. A KAMALA V. Optimization of Cutting Parameters in Turning. International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562 Volume 3, Number 5 (2008), pp. 725–73.

SIVAKUMAR, K., SARAVANAN, R., NOORUL HAQ, A., Cost-tolerance modelling and optimisation of machining tolerance design through intelligent techniques In: International Journal of Machining and Machinability of Materials Volume 3, Number 1-2 / 2008, pp. 162-189.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1.ed., Praha, MM publishing s.r.o., 2008, 235 s.

SHAW, M.C. Metal Cutting Principles. Oxford University Press, 2nd ed., 2005, pp. 651, ISBN 0-19-514206-3.

QUESADA, Robert. Computer numerical control. Prentice Hall, 2005, 1st ed., pp. 547, ISBNB - 0-13-048867-4.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 11.11.2011

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Diplomová práce ukazuje možnosti softwaru SinuTrain Operate 2.6 při programování CNC obráběcích strojů. V první části práce je provedeno začlenění řídicího systému Sinumerik 840D mezi ostatní nejpoužívanější řídicí systémy obráběcích strojů a popsány metody NC programování. Další část práce zahrnuje zpracování technické dokumentace obráběné součásti (přední náboj na jízdní kolo) a návrh výroby s použitím nástrojového vybavení od firmy ISCAR. Závěrečná část práce se věnuje vytvoření NC programu a jeho ověření simulací.

### Klíčová slova

SinuTrain Operate 2.6, Sinumerik 840D, NC programování, ISCAR ČR s.r.o

## ABSTRACT

The master's thesis demonstrates the SinuTrain Operate 2.6 tools for programming of CNC machine tools. In the first part is done integrating the control system Sinumerik 840D to the most widely used control systems of CNC machine tools and described NC programming methods. The next part of the thesis involves the preparation of technical documentation machined component (front hub on a bicycle) and production design created by using ISCAR company tools. The final part of the thesis is dedicated to creating the NC program and verification of simulation.

### Key words

SinuTrain Operate 2.6, Sinumerik 840D, NC programming, ISCAR ČR s.r.o

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVAGERA, P. *Možnosti softwaru SinuTrain Operate 2.6 při programování CNC obráběcích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 75 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Možnosti softwaru SinuTrain Operate 2.6 při programování CNC obráběcích strojů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Bc. Pavel Švagera

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Aleši Polzerovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Mé poděkování rovněž patří všem mým blízkým za velkou podporu.

**Obsah**

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Úvod.....	9
1 Definice CNC .....	10
1.1 Rozdělení.....	10
1.2 Historie CNC obráběcích strojů.....	12
2 Začlenění řídicího systému Sinumerik 840D mezi ostatní řs obráběcích strojů .	14
2.1 Řídicí systémy Sinumerik.....	14
2.2 Řídicí systémy Heidenhain.....	16
2.2.1 Řídicí systém pro soustružení .....	16
2.2.2 Řídicí systémy pro frézování .....	17
2.3 Řídicí systémy Fagor .....	18
2.3.1 Řídicí systémy řady 100 .....	18
2.3.2 Řídicí systémy řady 800 .....	19
2.3.3 Řídicí systémy řady 8025 .....	20
2.3.4 Řídicí systémy řady 8055 .....	21
2.4 Řídicí systémy Fanuc.....	22
3 Metody NC programování.....	24
3.1 ISO programování.....	24
3.2 Dílensky orientované programování.....	25
3.3 CAD/CAM softwary .....	26
4 Základy NC programování .....	27
4.1 O programování .....	27
4.2 Souřadnicový systém stroje .....	28
4.3 Vztažné body CNC stroje.....	29
4.4 Rozdělení programování dle souřadnic.....	30
4.5 Struktura NC programu .....	31
5 Zpracování technické dokumentace obráběné součásti jízdního kola .....	32
5.1 Materiál součásti .....	34
5.2 Pevnostní výpočty .....	35
5.3 Volba polotovaru .....	38
6 Návrh výroby s použitím nástrojového vybavení od firmy ISCAR .....	39
6.1 Volba stroje .....	39
6.2 Upínání obrobků .....	41

6.3	Návrh upnutí obráběné součásti .....	43
6.4	Volba nástrojů a řezných podmínek .....	44
7	Vytvoření NC programu a jeho ověření simulací.....	55
7.1	Přehled použitých funkcí a znaků .....	55
7.2	Tvorba nového nástroje v SinuTrain Operate .....	56
7.3	Simulace obrábění .....	59
7.4	Použité programové cykly .....	60
7.4.1	Definice polotovaru .....	60
7.4.2	Navrtávání středícího důlku .....	61
7.4.3	Obrábění kontrury.....	62
7.4.4	Tvorba zápichu .....	63
7.5	CNC program .....	65
8	Ekonomické zhodnocení .....	68
9	Závěr.....	70

## ÚVOD

V dnešní době se ve strojírenském průmyslu klade stále větší důraz ke zvyšování produktivity, přesnosti a kvality obráběných ploch. V neposlední řadě také ekonomičnosti výroby. Na tyto stránky je potřeba se zaměřit, pokud chce podnik přežít v nelehkém konkurenčním prostředí.

Jako východisko z tohoto problému se jeví využití nových moderních technologií v podobě CNC obráběcích strojů, které se dnes již zcela běžně využívají v malosériové a středně sériové výrobě. A to díky rychlé možnosti změnit typ obráběné součásti a využití poloautomatického či automatického chodu CNC stroje.

Práce ukazuje možnosti softwaru SinuTrain Operate 2.6 pro obrábění předního náboje na jízdní kolo. Před samotnou tvorbou NC programu je nutno udělat několik nezbytných úkolů. Za prvé vytvořit technickou dokumentaci součásti (náboje) a zvolit vhodný materiál. Dále vybrat vhodný stroj, zvolit nástroje od firmy ISCAR ČR s.r.o. a na závěr vytvořit funkční NC program, který je potřeba ověřit pomocí grafické simulace.



Obr. 1.1 Vyráběná součást (náboj)

## 1 DEFINICE CNC

Číslicově řízené obráběcí stroje (CNC – Computer Numerical Control) jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfanumerických znaků. Program je určen pro řízení prvků stroje a zaručuje, aby proběhla požadovaná výroba součásti. Vzhledem ke schopnosti rychle měnit program, jsou tyto stroje považovány za pružné a pracují v automatizovaném cyklu. Používají se ve všech oblastech strojírenské výroby. [1]

### 1.1 Rozdělení

CNC obráběcí stroje rozdělujeme, podle šesti hledisek viz obrázek 1.2. Mimo uvedeného členění na obrázku mohou také vzniknout kombinace. Například jednoprofesní CNC frézka se sériovou kinematikou pro vysokovýkonné obrábění. Pro jednoprofesní CNC obráběcí stroje je charakteristické, že pro technologii třískového obrábění využívají jeden druh operace: [2]

- frézování,
- soustružení,
- vrtání, zahlubování, závitování,
- vyvrtávání,
- broušení,
- výroba ozubení (zejména odvalováním). [2]

počet technologických operací	druh operace	hlavní pohyb (obrobek)	hlavní pohyb (nástroj)	kinematika	technologie odebrání třísek
jednoprofesní stroje obráběcí centra	vrtací a závitovací vyvrtávací	soustruh bruska	vrtáčka a závitovačka vyvrtávačka	sériová paralelní	vysokorychlostní (HSC) vysokovýkonné (HPC) suché
víceúčelová obráběcí centra	soustružnické frézovací brousící ozubárenská	frézka	ozubárenský stroj	smíšená	obvyklé

Obr. 1.2 Rozdělení CNC obráběcích strojů [2]

V poslední době se začínají objevovat jednoúčelové CNC stroje i s automatickou výměnou nástrojů a obrobků, jedná se většinou o jednodušší obráběcí centra, kde jsou převládající operace dle typu jednoúčelového CNC stroje, a tím dojde k velkému snížení ceny. Tyto stroje jsou konstruovány podle požadavků zákazníka.

Pokud stroj provádí různé druhy operací a má automatickou výměnu nástrojů a obrobků, pak hovoříme o obráběcím centru. Obráběcí centrum můžeme definovat jako číslicově řízený stroj, který: [2]

- může provádět různé druhy operací,
- pracuje v automatickém cyklu,
- je vybaven automatickou výměnou nástrojů,
- je vybaven automatickou výměnou obrobků,
- může pracovat v bezobslužném provozu,
- je vybaven prvky diagnostiky a měření. [2]

Pod pojmem víceúčelové obráběcí centrum na obrázku 1.3 rozumíme CNC obráběcí stroj, splňující definici jednoúčelového obráběcího stroje a obráběcího centra, vybaveného navíc možností obrábět kromě skříňových a deskových i rotační součásti a dále měnit skupinu nástrojů. [2]



Obr. 1.3 Multifunkční obráběcí centrum MCV 1800MULTI [3]

## 1.2 Historie CNC obráběcích strojů

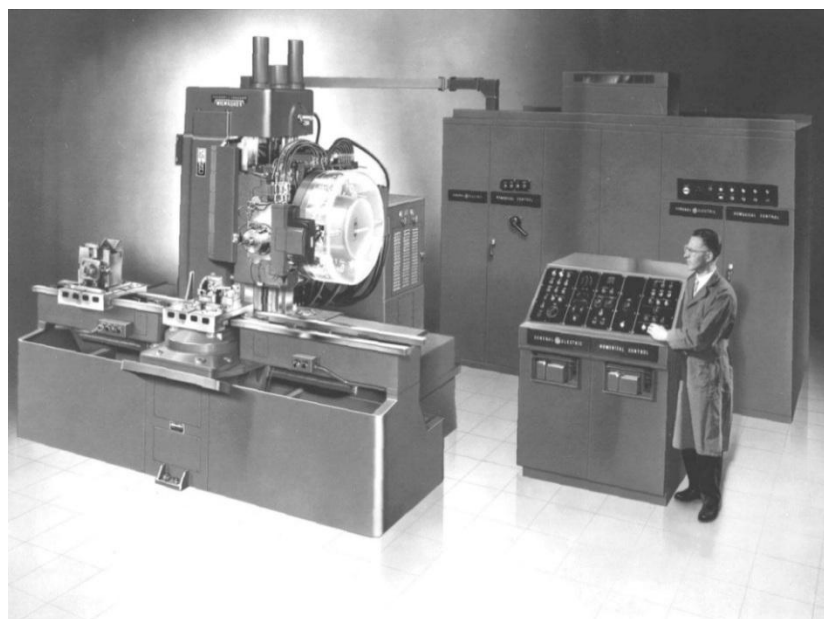
Za vynálezce CNC obráběcích strojů je považován strojný inženýr John. T. Parson. Ten potřeboval vyrábět složité součásti pro americkou armádu, které konvenčními stroji do té doby nebylo možné vyrobit. Konstrukce CNC obráběcích strojů se odehrávala ve čtyřech paralelních oblastech: stavební komponenty, vlastní stroje, řídicí systémy a výrobní soustavy. Dále jsou uvedeny důležité milníky vývoje. [17]

### 1950

Pro pohony se začínají užívat elektricky řízené hydromotory a později byly aplikovány elektricky řízené motory. Pro odměřování při polohování se využívalo optických principů. Řídicí systém pracuje na principu Record play back (pomocí vakuových lamp). [2] [24]

### 1960

Vzniká první obráběcí centrum na nerotační součásti od společnosti Kearny & Trecker na obrázku 1.4. Začínají se objevovat tranzistorové NC systémy. Před rokem 1970 přicházejí na trh integrované obvody s možností parabolických a splineových interpolací. [2] [24]



Obr. 1.4 CNC obráběcí centrum Kearny & Trecker [7]

**1970**

Ke stavbě strojů se začínají používat kuličkové šrouby a hydrostatické vedení. Objevuje se první soustružnické centrum s rotujícími nástroji pro frézování a vrtání od firmy Herbert. Koncem 70. let se objevují první CNC centra s vestavěným minipočítačem. Firma Kearny & Trecker přišla s prvním FMS-PVS (Flexible Manufacturing System – pružný výrobní systém). [2] [24]

**1980**

U strojů se začínají objevovat zásobníky obrobků a nástrojů. Do konstrukce strojů jsou aplikovány senzory pro sledování pohonů a jednotlivých mechanismů. Dochází k obrovskému nasazování frézovacích a soustružnických center do výroby. [2] [24]

**1990**

Stroje jsou vybaveny velkokapacitní zásobníky s mezioperační dopravou nástrojů i obrobků. CNC centra dosahují vysokých parametrů obrábění. Dochází ke zvýšení produktivity u všech typů výrobních operací. Začínají se používat systémy s otevřenou architekturou a integrované CAD/ CAM systémy s využitím PC. [2] [24]

**21. století**

Dochází k zahájení vývoje nové generace obráběcích center. Jsou vytvářeny především multifunkční stroje. Při programování se začíná používat logických příkazů, známých jako parametrické programování. [2] [24]

## **2 ZAČLENĚNÍ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU SINUMERIK 840D MEZI OSTATNÍ ŘS OBRÁBĚCÍCH STROJŮ**

Každý CNC obráběcí stroj je vybaven řídicím systémem. Řídicí systém zpracovává informace uložené v programu a ovládá pracovní funkce stroje. Na trhu existuje celá řada výrobců řídicích systémů. Mezi nejznámější výrobce řídicích systémů v České republice patří systémy od firem Siemens, Heidenhain, Fagor a Fanuc. Jednotlivé řídicí systémy od těchto firem budou popsány v dalších podkapitolách.

### **2.1 Řídicí systémy Sinumerik**

Výrobcem je německá firma Siemens AG. Název Sinumerik dostal tento řídicí systém v roce 1964. Dnes více jak po padesáti letech vývoje je využíván v řadě výrobních podniků po celém světě. Sinumerik se využívá ve všech průmyslových odvětvích, zejména v automobilovém průmyslu, letectví nebo medicínské technice. [8]

Siemens nabízí dnes celou řadu řídicích systémů Sinumerik od základní 802D k Sinumerik 828D BASIC T a BASIC M, jež jsou určeny pro základní soustružení a frézování. Dále nabízí kompaktní Sinumerik 828 D a v neposlední řadě CNC 840D sl. Dále budou uvedeny základní vlastnosti řídicích systémů. [9]

#### **SINUMERIK 802C/802S**

- ovládací panel oddělen od NC části,
- kompaktní rozměry,
- pro nastavení stačí velmi málo konfiguračních údajů,
- jednoduché programování a uživatelsky přívětivá činnost garantuje rychlé nasazení ve výrobě a optimální správu,
- řízení až tří os a analogového vřetene,
- určen pro jednodušší a nenáročné stroje. [9]

**SINUMERIK 802D sl**

- řízení až pěti os (4 posuvy, 1 vřeteno nebo 3 posuvy a 2 vřetena),
- jednoduchá obsluha,
- vysoká spolehlivost,
- volitelná technologie frézování/soustružení. [9]

**SINUMERIK 828D BASIC T**

- určen pro soustružnická centra,
- řízení až pěti os / vřeten. [9]

**SINUMERIK 828D BASIC M**

- určen pro frézovací centra,
- řízení až pěti os / vřeten. [9]

**SINUMERIK 828D**

- vhodný pro soustružení i frézování,
- pro kusovou i sériovou výrobu,
- řízení až osmi os / vřeten. [9]

**SINUMERIK 840D**

- vhodné pro složité obráběcí funkce,
- řízení až jednatřiceti os,
- využití pro mnoho technologických operací. [9]

**SINUMERIK 840Di sl**

- řízení až dvaceti os,
- robustní průmyslové PC,
- komunikace přes USB a Ethernet rozhraní,
- vhodný pro obráběcí stroje a speciální stroje. [9]

**SINUMERIK 840D sl**

- vysoký výkon a flexibilita,
- integrované bezpečnostní funkce pro člověka a stroj Safety integrated,
- technologie frézování, soustružení, vrtání, broušení,
- řízení až jedna třiceti os. [9]

**2.2 Řídicí systémy Heidenhain**

Firma Heidenhain byla založena v roce 1948 v Traunteutu. Postupným vývojem a zdokonalováním se došlo k řídicímu systému TNC. Řídicí systémy TNC s dialogovým programováním (Klartext) se staly evropským standardem pro výrobu nástrojů a forem.

Heidenhain nabízí řídicí systémy jak pro soustruhy MANUALplus 620, tak i pro frézování. [10]

**2.2.1 Řídicí systém pro soustružení****MANUALplus 620**

- pro soustruhy s vřetenem, jedním suportem (X a Z osou), C osou nebo polohovatelným vřetenem,
- pro horizontální i vertikální soustruhy,

- snadno pochopitelné programování pomocí cyklů. [10]

## **2.2.2 Řídicí systémy pro frézování**

### **TNC 124**

- pravoúhlé řízení pro frézky, vrtačky a vyvrtávačky,
- možnost manuálního obrábění,
- možnost použití externího paměťového zařízení. [10]

### **TNC 320**

- souvislé řízení pro frézky, vrtačky a vyvrtávačky,
- možnost řídit až pět os,
- vhodné pro kusovou i sériovou výrobu. [10]

### **TNC 620**

- kompaktní souvislé řízení pro frézky a vyvrtávačky,
- možnost řídit až pět os,
- možnost dílenského orientovaného programování. [10]

### **iTNC 530**

- výkonné souvislé řízení pro frézky, vyvrtávačky i obráběcí centra,
- možnost dílenského orientovaného programování,
- možnost řízení až třinácti os. [10]

### **TNC 640**

- určeno pro soustružení a frézování,
- možnost dílenského orientovaného programování,
- možnost ovládat až osmnáct os. [10]

## **2.3 Řídicí systémy Fagor**

Firma FAGOR vyrábí řídicí systémy pro různé druhy obráběcích a tvářecích strojů ve čtyřech základních řadách za použití nejmodernějších technologií.

Všechny CNC řídicí systémy firmy FAGOR umožňují DNC řízení (vytváření a archivace obráběcích programů, ovládání CNC a monitorování jeho činnosti pomocí připojeného počítače PC), archivaci obráběcích programů a systémových tabulek (nástrojů a posunutí nulového bodu) na externí disketové mechanice FAGOR a vzájemnou komunikaci v síti FAGOR LAN. [11]

### **2.3.1 Řídicí systémy řady 100**

Jednoduché řídicí systémy, které využívají ISO programování. Uplatňují se především pro aplikace na jednoúčelových obráběcích jednotkách, manipulačních a polohovacích zařízení, atd.

#### **CNC101**

- pro řízení jedné osy a otáček vřetena,
- možnost řídit asynchronní motor pomocí diskrétních signálů. [11]

#### **CNC101S**

- pro řízení jedné osy a otáček vřetena,
- možnost připojit JOG panel (korekce rychlosti, JOG posuvy) s externími tlačítky pro posuvy a vřeteno a DNC komunikaci s externím PC. [11]

#### **CNC102**

- pro řízení dvou os v lineární i kruhové interpolaci a otáček vřetena,
- možnost řídit asynchronní motor pomocí diskrétních signálů. [11]

**CNC102S**

- pro řízení dvou os v lineární i kruhové interpolaci a otáček vřetena,
- možnost připojit JOG panel (korekce rychlosti, JOG posuvy) s externími tlačítky pro posuvy a vřeteno a DNC komunikaci s externím PC. [11]

**2.3.2 Řídicí systémy řady 800**

Systém zaměřený především na jednoduchost obsluhy a programování. Programování pomocí speciálních obráběcích cyklů dialogovým způsobem, při kterém se zadávají parametry cyklu. Je možné také využít programování v ISO kódu.

**CNC800M**

- určen pro frézky,
- možnost řízení posuvu ve třech osách pomocí lineární a kruhové interpolace,
- má integrované pevné frézovací a vrtací cykly s názornou grafickou nápovědou. [11]

**CNC800MG**

- určen pro frézky
- možnost řízení posuvu ve třech osách v lineární a kruhové interpolaci,
- má integrovány pevné frézovací a vrtací cykly s názornou grafickou nápovědou,
- umožňuje grafickou 3D simulaci dráhy nástroj. [11]

**CNC800T/TG**

- určen pro soustruhy,
- možnost řízení posuvu ve dvou osách v lineární a kruhové interpolaci,
- má integrovány pevné soustružnické cykly s názornou grafickou nápovědou. [11]

### 2.3.3 Řídicí systémy řady 8025

Programování se provádí pomocí dialogového způsobu s grafickou nápovědou nebo pomocí ISO kódu. Upravování a simulace obráběcích programů je možno provádět současně s obráběním jiné součásti. Systém umožňuje 3D grafické zobrazení s možností zvětšení a zmenšení.

#### CNC8025M

- určen pro frézky, vrtačky a laserové dělicí stroje,
- možnost řízení posuvu čtyř os v lineární 3D a kruhové 2D interpolaci,
- má integrované pevné frézovací a vrtací cykly s názornou grafickou nápovědou. [11]

#### CNC8025MG

- určen pro frézky, vrtačky a laserové dělicí stroje,
- možnost řízení posuvu čtyř os v lineární 3D a kruhové 2D interpolaci,
- má integrované pevné frézovací a vrtací cykly s názornou grafickou nápovědou,
- umožňuje grafickou 3D simulaci dráhy nástrojů. [11]

#### CNC8025T

- určen pro soustruhy,
- možnost řízení posuvu čtyř os v lineární 3D a kruhové 2D interpolaci,
- má integrované pevné soustružnické cykly s názornou grafickou nápovědou. [11]

**CNC8025P**

- určen pro niblovací a vysekávací stroje,
- možnost řízení posuvu čtyř os v lineární 3D a kruhové 2D interpolaci,
- má integrované pevné vysekávací a niblovací cykly s názornou grafickou nápovědou. [11]

**CNC8025GP**

- určen pro vrtačky, brusky a různá polohovací zařízení,
- neobsahuje žádné speciální obráběcí cykly,
- možnost řízení posuvu čtyř os v lineární 3D a kruhové 2D interpolaci. [11]

**2.3.4 Řídicí systémy řady 8055**

32 bitový řídicí systém s otevřenou architekturou s možností rozšiřování, generování uživatelských cyklů. Programování se provádí pomocí dialogového způsobu s grafickou nápovědou nebo pomocí ISO kódu. Upravování a simulace obráběcích programů je možno provádět současně s obráběním jiné součásti. Systém umožňuje 3D grafické zobrazení s možností zvětšení a zmenšení. Podpora hospodaření s nářadím. [11]

**CNC8055M**

- určen pro frézky a obráběcí centra,
- možnost řízení posuvu šesti os v lineární 5D a kruhové 2D interpolaci,
- má integrované pevné frézovací a vrtací cykly s názornou grafickou nápovědou. [11]

**CNC8055MC**

- určen pro frézky,
- možnost přepínat obsluhu stroje mezi cykly a plným CNC ovládním. [11]

**CNC8055T**

- určen pro soustruhy a soustružnická centra s jednou nebo dvěma revolverovými hlavami,
- možnost řízení posuvu šesti os v lineární 5D a kruhové 2D interpolaci,
- má integrované pevné soustružnické cykly s názornou grafickou nápovědou. [11]

**CNC8055TC**

- určen pro soustruhy,
- možnost přepínat obsluhu stroje mezi cykly a plným CNC ovládním. [11]

**CNC8055GP**

- určen pro vrtačky, brusky, laserové dělicí stroje a různá polohovací zařízení,
- možnost řízení posuvu šesti os v lineární 5D a kruhové 2D interpolaci,
- neobsahuje žádné speciální obráběcí cykly. [11]

**2.4 Řídicí systémy Fanuc**

Japonská firma vyvíjející a vyrábějící řídicí systémy CNC pro obráběcí stroje a další aplikace. Dosud prodal Fanuc více než dva miliony řídicích systémů CNC po celém světě a tím se tak stal největším světovým výrobcem řídicích systémů. [19] [20]

**Série 30i/31i/32i**

- optimální pro nejnovější a nejnáročnější obráběcí stroje,
- možnost řídit až čtyřicet os a osm vřeten,
- nanometrická přesnost řízení. [19]

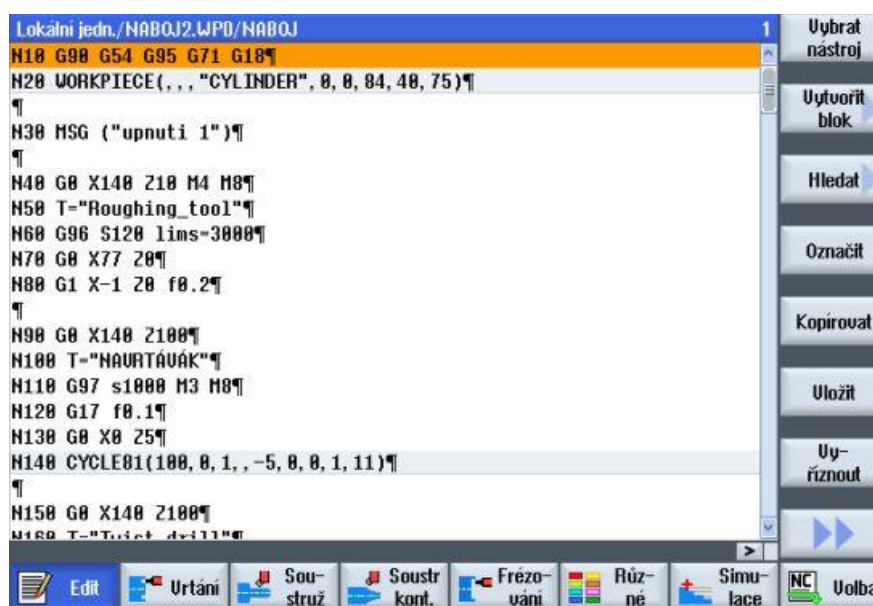
**Série 0i Model D**

- možnost řídit až jedenáct os a čtyři vřetena,
- maximálně čtyři současně řízené osy,
- určen pro vrtačky, soustruhy, frézky a obráběcí centra,
- pro vysokorychlostní obrábění. [19]

**Série 35i**

- možnost řídit až dvacet os,
- maximálně čtyři současně řízené osy,
- řízení může probíhat až ve čtyřech kanálech,
- určen pro jednoduché obrábění při vysokých rychlostech. [19]





Obr. 3.2 ISO programování v SinuTrain SINUMERIK Operate 2.6.

### 3.2 Dílensky orientované programování

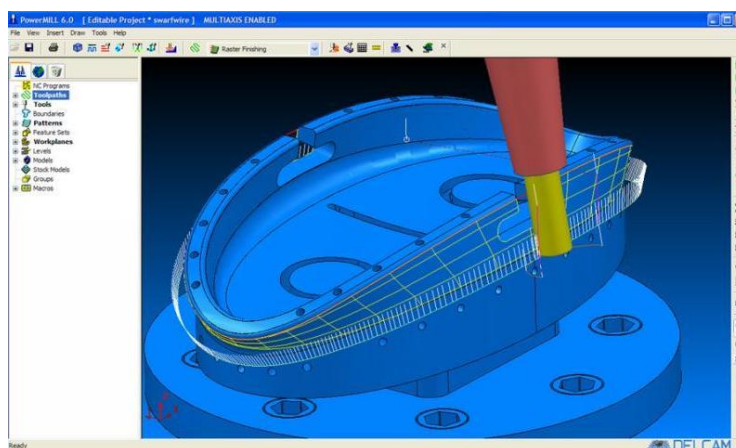
Jednotlivé řádky programu je možno tvořit přímo na panelu obráběcího stroje. Při dílensky orientovaném programování není potřeba znát význam jednotlivých slov programové věty. Programátor vyplňuje pouze dialogová okna viz obrázek 3.3.



Obr. 3.3 Ukázka dílensky orientovaného programování

### 3.3 CAD/CAM softwary

Nejmodernější způsob programování, které využívá model vytvořený v CAD systému nebo přímo v daném programu. Programátor dále volí postup obrábění a dráhy nástrojů viz obrázek 3.4. Na trhu existuje celá řada softwaru pro CAD/CAM programování např. CATIA, PowerMILL, SurfCAM. Tento způsob programování se volí pro tvarově složité součásti, které se dají jen velmi obtížně nebo vůbec vyrobit pomocí ISO programování nebo dílensky orientovaného programování. Je třeba také zmínit, že cena programů se pohybuje v řádech deseti až sto tisíců Kč.



Obr. 3.4 Využití CAD/CAM technologie [16]

## 4 ZÁKLADY NC PROGRAMOVÁNÍ

V této kapitole budou probrány principy a možnosti NC programování, které je nutno znát pro tvorbu NC programů.

### 4.1 O programování

Programování NC strojů je náročná a vysoce kvalifikovaná činnost, která je zařazována do oblasti technické přípravy výroby. Kvalita řídicích programů je ovlivňována stupněm znalosti programátora funkce jím programovaných NC strojů a jejich řídicích systémů. Se zvyšující se technickou úrovní a složitostí techniky se zvyšují adekvátně i nároky na kvalifikaci a úroveň znalostí programátora.[4]

Vysoká náročnost a složitost řídicích programů pro souvislé řídicí systémy, kde je u CNC strojů nutné předpokládat i více současně řízených souřadných os, stále více vyžaduje soustředěnost práce programátora. Proto je pozornost zaměřována na možnost tvorby a generování řídicích programů pomocí počítačové podpory (CAD/CAM). [4]

#### **Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na:**

**Geometrické** – popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry obráběné součásti, způsoby jejího obrábění a popisují nájezd a odjezd nástroje k obrobku a od něho. Jde tedy o popis drah nástroje v kartézských souřadnicích, kdy pro tvorbu programu potřebujeme data z výrobního výkresu. V programu je uveden popis v osách X, Z u soustruhu a X,Y,Z u frézky. [1]

**Technologické** – stanovují technologii obrábění z hlediska řezných podmínek. Jedná se obvykle o otáčky, posuv, řeznou rychlost, případně hloubku řezu.

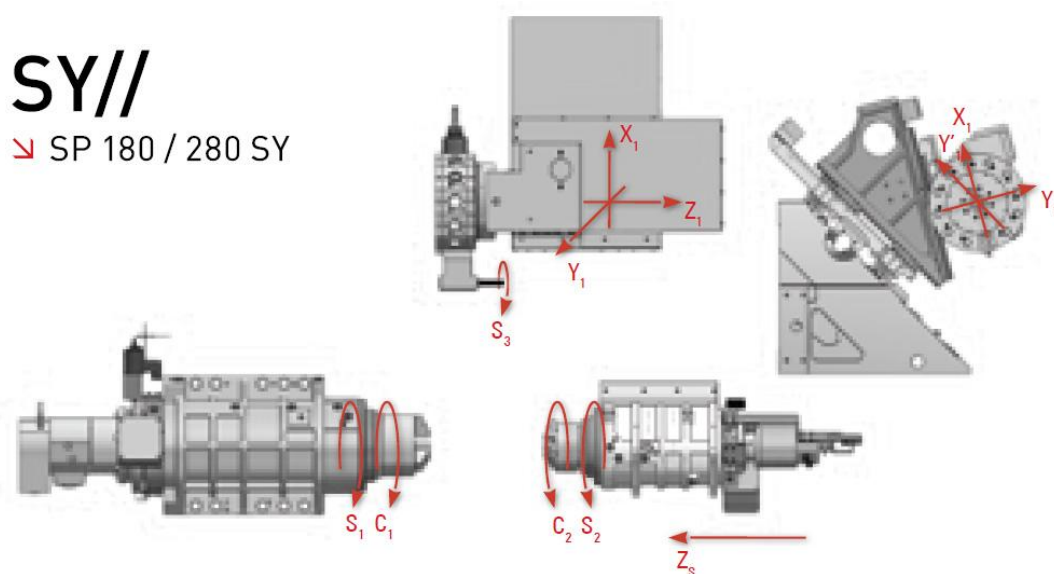
**Pomocné** – jsou to informace, povely pro stroj pro určité pomocné funkce. Například směr otáček vřetene, zapnutí čerpadla chladicí kapaliny, atd. [1]

## 4.2 Souřadnicový systém stroje

Výrobní stroje využívají kartézský systém souřadnic. Definice je uvedena v normě ČSN ISO Terminologie os a pohybu. Systém je pravotočivý, pravoúhlý s osami X, Y, Z, otáčivé pohyby, jejichž osy jsou rovnoběžné s osami X, Y, Z, se značí jako A, B, C. Na obrázku 4.1. je zobrazen souřadný systém pro použitý stroj SP 280 SY.

Vždy platí, že osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetene, přičemž kladný smysl probíhá od obrobku k nástroji.

Kartézský systém souřadnic je potřebný pro řízení stroje, nástroj se v něm pohybuje podle zadaných příkazů z řídicího panelu CNC stroje nebo dle příkazů uvedených v CNC programu. Je nutný pro měření nástrojů. Podle potřeby lze souřadnicový systém posunovat a otáčet. V případě měření nástrojů (tj. zjišťování korekcí) je systém umístěn v bodě výměny nástrojů nebo na špičce nástrojů. [1]



Obr. 4.1 Souřadnicový systém u stroje SP 280 SY [15]

### 4.3 Vztažné body CNC stroje

Po zapnutí CNC stroje řídicí systém aktivuje souřadnicový systém. Souřadnicový systém má svůj počátek – nulový bod, který musí být přesně stanoven. Podle použití mají vztažné body své názvy. Schéma vztažných bodů je na obrázku 4.2. [1]

**M - nulový bod stroje** – Je stanoven výrobcem. Je to výchozí bod pro všechny další souřadnicové systémy a vztažné body na stroji. U soustruhů je nulový bod stroje M umístěn v ose rotace obrobku v čele vřetene. [1]

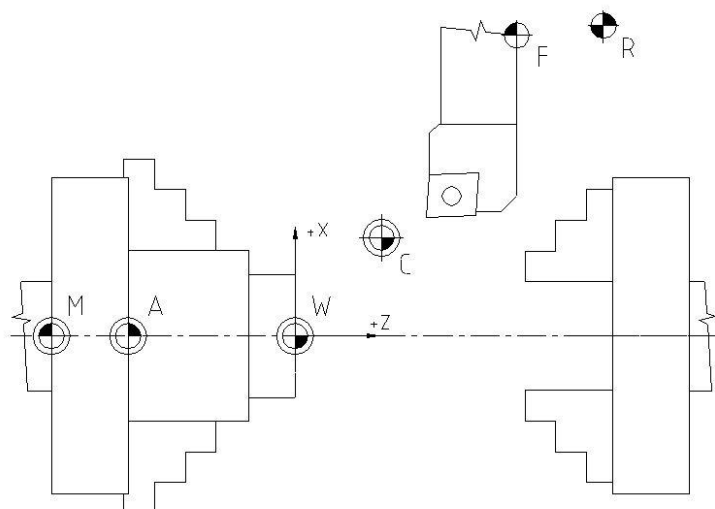
**R - referenční bod** - Jediný pevný bod, na který je stroj schopen automaticky najet a jehož polohu vzhledem k nulovému bodu stroje systém zná. Po zapnutí stroje je nutno zadat příkaz najetí referenčního bodu. [5]

**W - nulový bod obrobku** - Pozici stanovuje programátor. Je možno libovolně měnit souřadnici Z. Zpravidla se jedná o bod na součásti, ke kterému jsou vztaženy výkresové kóty. [5]

**C - výchozí bod programu** - Počáteční bod programu. Jeho poloha je stanovena programátorem mimo součást, aby mohla bez problémů proběhnout např. výměna nástroje. [5]

**A - dorazový bod** - Jedná se o bod, na který dosedá součást např. v upínacím přípravku.

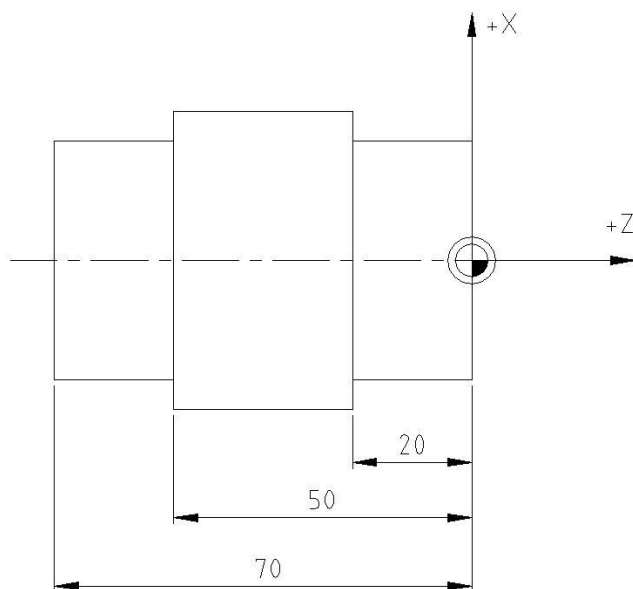
**F - nulový bod nástroje** - Stanovuje se např. střed držáku nástroje. K tomuto bodu jsou vztahovány korekce nástroje. [5]



Obr. 4.2 Schéma vztažných bodů[5]

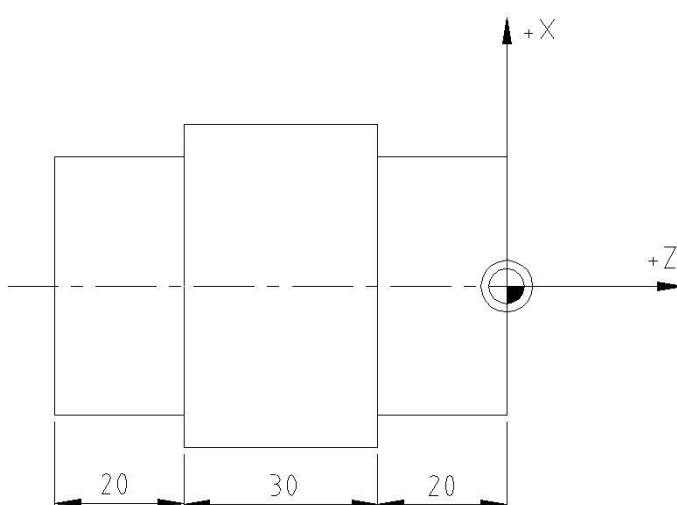
#### 4.4 Rozdělení programování dle souřadnic

**Absolutní programování** – Při zadávání absolutních souřadnic jsou všechny rozměry staženy k počátku soustavy souřadnic viz obrázek 4.4.



Obr. 4.4 Absolutní programování

**Inkrementální (přírůstkové) programování** – Souřadnice každého cílového bodu se zadávají jako velikost přírůstku od předchozího bodu. Tento způsob programování se využívá u výrobních výkresů, které obsahují řetězové kóty viz obrázek 4.5.



Obr. 4.5 Inkrementální programování

#### 4.5 Struktura NC programu

Struktura a obsah NC programů řídicího systému Sinumerik vychází z normy DIN 66025. [6] Tyto programy jsou sestaveny z posloupnosti bloků (vět), přičemž každý blok charakterizuje jeden krok v postupu opracovávání součásti. Do bloků jsou zapisovány příkazy (funkce) ve formě jednotlivých slov viz obrázek 4.3. První slovo v NC programu není u řídicího systému Sinumerik striktně předepsáno. Poslední blok v postupu opracování obrobku však musí vyjadřovat konec. Použitelných slov pro ukončení programu je ovšem několik a mezi nejužívanější je možno řadit M30, M17 nebo M2. Jednotlivá slova „NC jazyka“ se dále dělí na adresnou část a numerickou část. [21]

Adresový znak je zpravidla jedno písmeno. Numerická část slova může obsahovat znaménko plus nebo mínus, číslice, desetinnou tečku a další číslice. Kladné znaménko není nutné psát, pokud se za desetinnou tečkou objevují jen nuly, rovněž je není nutné vypisovat (ani psát desetinnou tečku). Blok musí obsahovat veškeré informace nezbytné pro provedení jednoho kroku pracovního postupu. V případě, že některá slova zapisovaná pro provedení kroku jsou shodná se slovy v bloku (nebo blocích) předchozích, není nutné je znovu zapisovat (tzv. není používán pevný formát bloku). [21]

Blok	Slovo	Slovo	Slovo	...	; komentář
Blok	N10	G0	X20	...	; 1. blok
Blok	N20	G2	Z37	...	; 2. blok
Blok	N30	G91	...	...	; ...
Blok	N40	...	...	...	...
Blok	N50	M30	...	...	; konec programu

Obr. 4.3 Struktura NC programu

## 5 ZPRACOVÁNÍ TECHNICKÉ DOKUMENTACE OBRÁBĚNÉ SOUČÁSTI JÍZDNÍHO KOLA

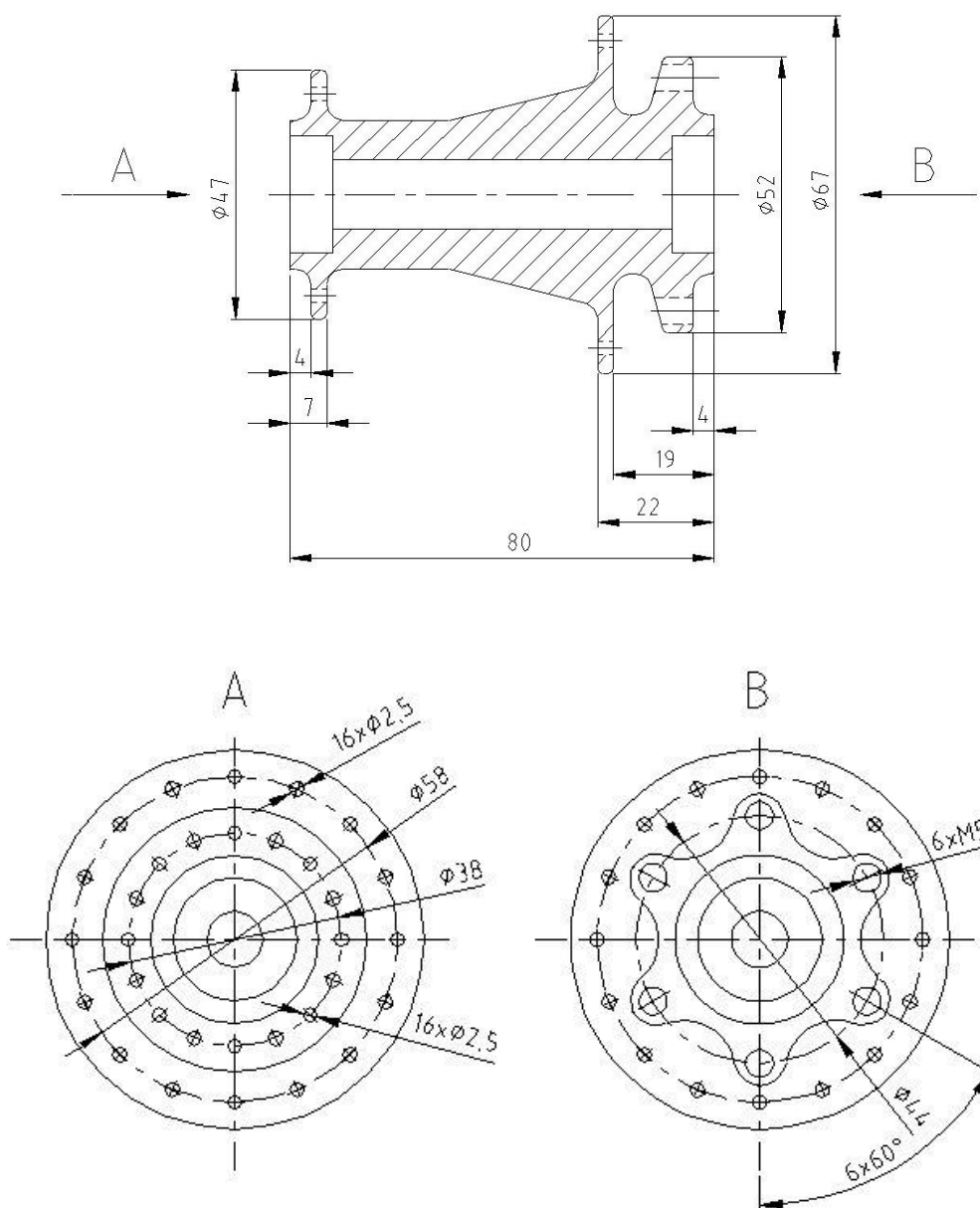
Jedná se o součást (přední náboj), která se používá na jízdních kolech viz obrázek 5.1. Snahou bylo vytvoření náboje s co nejmenší hmotností a největší tuhostí. Grafické znázornění navrhovaného náboje je na obrázku 5.2. Při navrhování součásti náboj bylo potřeba dodržet určité rozměrové kóty, které jsou dané na obrázku 5.3. Výkres náboje je v příloze 3. Dále bylo potřeba zvolit vhodný materiál součásti, zkontrolovat součást na namáhání a určit velikost polotovaru.



Obr. 5.1 Umístění předního náboje na jízdním kole



Obr. 5.2 Grafický návrh náboje



Obr. 5.3 Klíčové rozměry na náboji

Náboj je součástí přední vidlice, která má přesně danou rozteč proto je třeba dodržet určitý rozměr. To samé platí pro roztečné kružnice ( $\phi 58$  mm,  $\phi 38$  mm) na kterých se nacházejí díry pro špice ( $16 \times \phi 2,5$  mm), které se na druhém konci upevňují do ráfku. Dále bylo třeba dodržet roztečnou kružnici ( $\phi 44$  mm) na které se nachází šest děr se závity ( $6 \times M5$ ). Tyto závity slouží pro upnutí kotoučové brzdy.

### 5.1 Materiál součásti

Materiál obrobku je dural, který patří do skupiny slitin hliníku a kromě ocelí je nejpoužívanějším kovovým konstrukčním materiálem. Surovinou pro výrobu hliníku je minerál bauxit, v čistém stavu oxid hlinitý. Z taveniny tohoto oxidu ve směsi s kryolitem se elektrolyticky získává kovový hliník. Patent na výrobu hliníku byl udělen v roce 1886 a průmyslová výroba začala v roce 1890. Dural (AlCu4Mg) byl vyvinut v roce 1906 jako první slitina hliníku. Znamenal převrat ve stavbě vzducholodí a letadel. Dnešní základní řada nejvíce používaných slitin hliníku je celosvětově unifikována a její vývoj je dnes v podstatě ukončen. [12]

K přednostem slitin hliníku lze počítat zejména nízkou měrnou hmotnost a poměrně dobrou pevnost, což znamená, že měrné pevnostní charakteristiky (například  $R_m / \rho$ ) některých slitin hliníku jsou srovnatelné s obdobnými charakteristikami ocelí, popřípadě jsou lepší. Slitiny hliníku, pokud neobsahují měď, velmi dobře odolávají korozi v atmosféře a látkám kyselé povahy. Odolnost slitin hliníku proti působení alkalických látek je naopak malá. Dobře se svařují v ochranné atmosféře, mají dobrou elektrickou a tepelnou vodivost, jsou vyráběny v širokém sortimentu hutních produktů. [12]

Hlavním nedostatkem slitin hliníku je jejich nízká tvrdost a tedy snadné zhmoždění povrchu zpracovaného materiálu a výrobků, obtížné třískové obrábění a mechanické leštění měkkých slitin (materiál se maže). [12]

### Zvolený materiál součásti

Jak již bylo naznačeno v předchozí kapitole, materiál součásti je hliníková slitina. Existuje celá řada hliníkových slitin viz tabulka 5.1, které se dnes dají na trhu sehnat. Pro výběr nejvhodnějšího materiálu, je nutné znát základní požadavky na materiál, ty jsou dobrá obrobiteľnosť, odolnosť proti korozi, možnosť povrchové úpravy.

Jako nejvhodnější materiál splňující všechna kritéria byl zvolen materiál EN AW 5754, ten je ovšem špatně obrobiteľný v měkkém stavu. Proto jako alternativu navrhuji použít materiál EN AW 6082.



## 5.2 Pevnostní výpočty

Náboj je nejvíce namáhán na krut mezi největším vnějším průměrem a přírubou pro upnutí kotoučové brzdy viz obrázek 5.4 proto je ho potřeba zkontrolovat v daném místě. Výsledek simulace namáhání krutem je na obrázku 5.5.



Obr. 5.4 Místo na náboji namáhané krutem

### Určení velikosti napětí v krutu

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \quad (5.2.1)$$

$$\tau_k = \frac{74\,556}{4870,6} = 15,31 \text{ MPa}$$

kde:

$M_k$  [N.mm] – krouticí moment

$W_k$  [mm<sup>2</sup>] - modul průřezu v krutu

### Určení krouticího momentu

$$M_k = F \cdot r \quad (5.2.2)$$

$$M_k = 932,80 = 74\,556 \text{ N.mm}$$

kde:

F [N] – síla

r [mm] – délka ramene

Určení modulu průřezu pro mezikruží

$$W_k = \frac{\pi}{16} \cdot (D^3 - d^3) \quad (5.2.3)$$

$$W_k = \frac{\pi}{16} \cdot (30^3 - 13^3) = 4870,6 \text{ mm}^3$$

kde:

D [mm] – vnější průměr mezikruží

d [mm] - vnitřní průměr mezikruží

### Vyhodnocení výpočtu

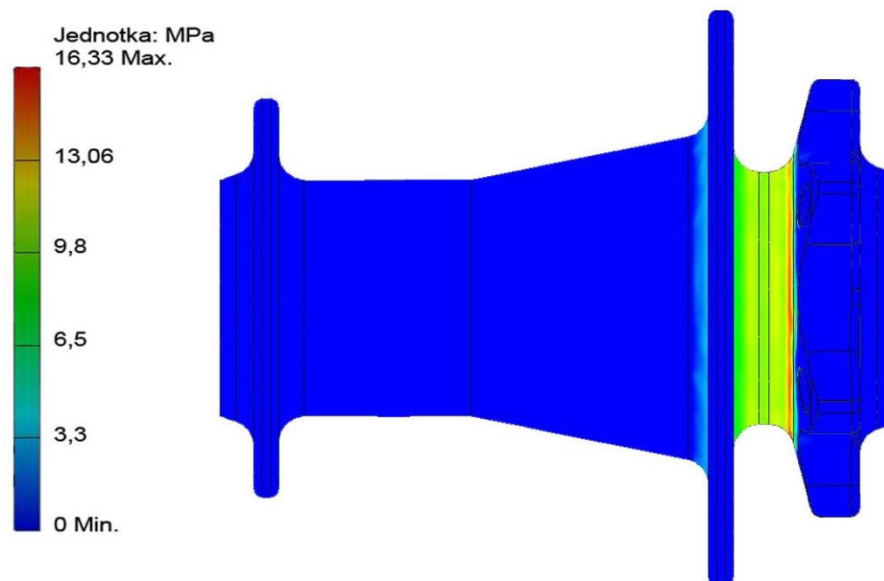
Dovolené napětí pro materiál EN AW 6082 je  $\tau_{kmax} = 55 \text{ MPa}$ .

Vypočtené napětí  $\tau_k = 15,33 \text{ MPa}$

$$\tau_k \leq \tau_{Dkmax} \quad (5.2.4)$$

$$15,33 \text{ MPa} \leq 55 \text{ MPa}$$

Kontrolovaná součást (náboj) **vyhoví** na namáhání v krutu.



Obr. 5.5 Simulace namáhání krutem

### 5.3 Volba polotovaru

Vzhledem k rotační charakteristice obrobku je zvolen tyčový polotovar. Pomocí vzorce (5.3.1) je určen přírůstek na průměr. Přírůstek na délku je zvolen 4 mm.

#### Rozměr součásti Ø67 – 80 mm

$$D_p = \frac{5xD}{100} + 2 \quad (5.3.1)$$

$$D_p = \frac{5 \times 67 \text{ mm}}{100} + 2 \text{ mm} = 5,35 \text{ mm}$$

kde:

$D_p$  - přírůstek na průměr [Kč],

$D$  - největší průměr obrobku [mm],

$$D = D_s + D_p \quad (5.3.2)$$

$$D = 67 + 5,35 = 72,35 \text{ mm}$$

#### Rozměr a norma polotovaru

Pro danou součást (náboj) volím polotovar **Ø75 – 84 EN 755-3**.

#### Cena polotovaru

$$N_p = m_p \cdot p_{kg} \quad (5.3.3)$$

$$N_p = 1,070 \cdot 119 = 127 \text{ Kč}$$

kde:

$m_p$  - hmotnost polotovaru [kg],

$p_{kg}$  – cena polotovaru za 1 kg [Kč/kg],

Cena polotovaru Ø75 – 84 z materiálu EN AW 6082 vychází na **127 Kč**.

## 6 NÁVRH VÝROBY S POUŽITÍM NÁSTROJOVÉHO VYBAVENÍ OD FIRMY ISCAR

Vzhledem k rotační charakteristice součásti (náboje) viz výkresová dokumentace příloha číslo 3. Bylo zvoleno soustružnické centrum SP 280 SY. Polotovar náboje je tyčový přířez, který byl připraven na pásové pile. Nebylo možné využít protažení tyče sklíčidlem, kvůli velkému průměru tyče (75 mm). Součást se bude obrábět na tři upnutí. Celý technologický postup je k dispozici v příloze číslo 2.

### 6.1 Volba stroje

Soustružnické centrum SP 280 SY na obrázku 6.1. je vybaveno řídicím systémem Sinumerik 840 sl. Pět technologických variant stroje dovolí ideální volbu vašeho technologického řešení od malosériové až po specializovanou hromadnou výrobu. Stroj je schopen obrábět polotovary do maximálního průměru 280 mm. Díky robustnímu základu stroje a lože má stroj vysokou tuhost. Vřetenové jednotky umožňují velký obráběcí výkon. Programovatelný pohyb tělesa koníka redukuje jinak nutné zásahy obsluhy do obráběcího procesu. Stroj má snadnou obsluhu včetně integrovaného dílenského programování. [15]

Soustružnické centrum SP 280 SY je vybaveno hlavním vřetenem a protivřetenem, které umožňují polohování os – C1,C2. Nástroje se upínají do revolverové hlavy, která poskytuje použití poháněných nástrojů. [15]



Obr. 6.1 Soustružnické centrum SP 280 SY [15]

**Zvláštní příslušenství**

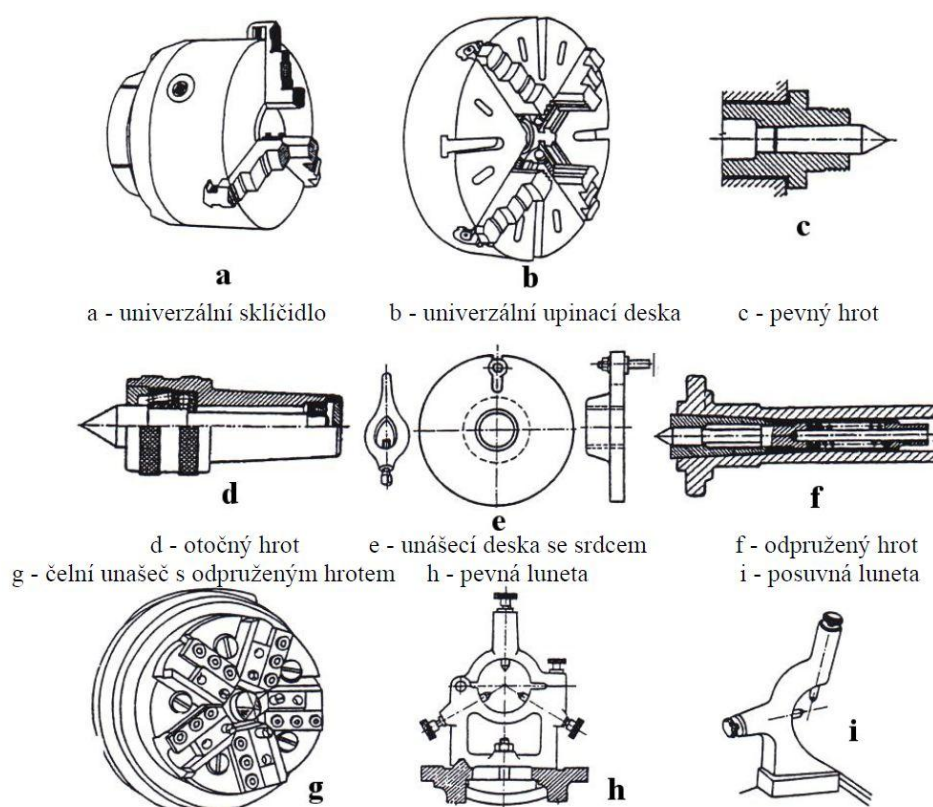
- sklíčidla A5, A6, A8,
- vysokotlaké chlazení nástrojů,
- ofukování levého sklíčidla,
- vyfukování upínače,
- vyhazování dílce z pravého vřeteníku,
- podavač tyčí,
- automatická kontrola nástrojů,
- dálková diagnostika,
- automatické odsouvání krytu pracovního prostoru. [15]

Tabulka 6.1 Technické parametry stroje SPN280 SY [15]

<b>Pracovní prostor</b>	
Oběžný průměr nad ložem [mm]	570
Max. délka soustružení [mm]	450
Max. průměr soustružení [mm]	280
<b>Pojezdy os</b>	
Osy X1 / Z1 [mm]	194 / 640
Osa Y1 [mm]	±50
Max. vzdálenost mezi vřeteny [mm]	725
<b>Rychloposuv</b>	
Osy X1 / Z1 [m.min <sup>-1</sup> ]	30/30
<b>Hlavní vřeteno</b>	
Max.otáčky [min <sup>-1</sup> ]	4700
<b>Protivřeteno</b>	
Max.otáčky [min <sup>-1</sup> ]	6000
<b>Nástrojová hlava</b>	
Počet poloh	12
Průměr otvoru VDI [mm]	40
Max. otáčky nástrojového vřetena [min <sup>-1</sup> ]	4000
<b>Rozměry a hmotnost stroje</b>	
Délka × šířka × výška [mm]	3 875 × 2 122 × 2 345
Hmotnost [kg]	7900

## 6.2 Upínání obrobků

Upnutí obrobku musí být spolehlivé, má vykazovat dostatečnou tuhost a má zajistit jednoznačnou polohu obrobku vzhledem k funkčním částem obráběcího stroje. Pro upnutí obrobků na soustružnických strojích se používá celá řada upínacích elementů buď jednotlivě, nebo ve vzájemné kombinaci viz obrázek 6.2. [4]



Obr. 6.2 Základní upínací elementy pro upnutí obrobku při soustružení [4]

Způsob upnutí obrobku při soustružení závisí na jeho tvaru a hmotnosti, požadované přesnosti soustružení a na druhu soustruhu. Obrobky s poměrem délky a průměru větším než 2÷3 se upínají mezi hroty, jež zasahují do středících důlků navrtaných na čelech obrobku. [4]

Ve vřetenu stroje se používá pevný hrot, v koníku většinou hrot otočný. Kroučící moment vřetena se přenáší na obrobek unášecí deskou a srdcem, které je připevněno šroubem na začátku obrobku. U soustružnických poloautomatů

a automatů se používá odpružených hrotů, které usnadňují upínání obrobku. Mezi hroty se také upíná při vyšších požadavcích na přesnost obrábění. [4]

U soustružnických poloautomatů a automatů se též používají samosvorná sklíčidla, která obrobek automaticky sevřou, jakmile se začínají otáčet. Na těchto strojích lze rovněž použít čelní unašeče s odpruženým hrotem, které přenášejí krouticí moment řezným odporem nožů namáčknutých do čela obrobku. V tomto případě se dá obrobek soustružit v celé délce. [4]

Nejpoužívanějším upínacím zařízením na soustruhu je univerzální sklíčidlo, které se používá jak pro dvoustranné upínání dlouhých obrobků (jeden konec je upnut ve sklíčidle, druhý konec se opírá o hrot koníku), tak pro letmé upínání. Současného soustředného pohybu upínacích čelistí (obvykle 3, někdy i více, výjimečně 2) se dosahuje nejčastěji ručně, u automatizovaných soustruhů i pneumaticky, hydraulicky, nebo elektricky. [4]

Těžší a kratší obrobky nepravidelných tvarů se upínají např. na univerzální upínací desku se samostatně stavitelnými čelistmi. Univerzální upínací desku lze rovněž využít v případech upínání komplikovaných tvarů, kdy obrobek nelze upnout mezi čelisti. [4]

Tyčový materiál menších a středních průměrů se upíná do přesných upínacích pouzder - kleštín. Kleštiny jsou rozříznuty několika podélnými drážkami a vtahováním do kuželové dutiny pouzdra materiál upnou. U menších průměrů jsou odstupňovány po 0,5 mm, u větších průměrů po 1 mm. [4]

Štíhlé obrobky s velkým poměrem délky k průměru se podpírají při soustružení lunetami, které jsou buď pevně upnuty na loži stroje (pevné lunety), nebo jsou připevněny k suportu, s nímž se posouvají po loži (pohyblivé lunety). [4]

### 6.3 Návrh upnutí obráběné součásti

Při použití soustružnického centra SP 280 SY je potřeba zvolit polotovar z přířezů, jelikož sklíčidlem soustruhu projde tyč o maximálním průměru 61 mm (maximální průměr polotovaru je 75 mm).

Obrobení celé součásti se bude provádět na tři upnutí dle technologického postupu (příloha č. 2). První dvě upnutí se realizují pomocí tříčelistového sklíčidla viz obrázek 6.3. Třetí upnutí je provedeno způsobem mezi hroty na obrázku 6.4.



Obr. 6.3 Upnutí pomocí tříčelistového sklíčidla



Obr. 6.4 Upnutí mezi hroty

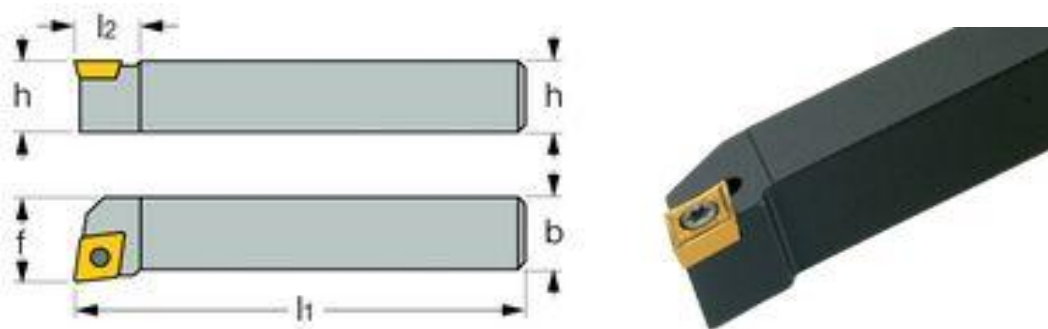
#### 6.4 Volba nástrojů a řezných podmínek

Dle zadání práce jsou nástroje voleny od Izraelské firmy ISCAR. Zbylé nástroje, které bylo nutno použít, jsou od firmy WNT Česká republika s.r.o. Řezné podmínky jsou voleny podle pokynů výrobce.

#### Ubírací nůž stranový pro vnější soustružení

- určen pro hrubování
- úhel nastavení hlavního ostří -  $\kappa_r = 93^\circ$  [13]

**Držák: SCLCL 1616H-09**

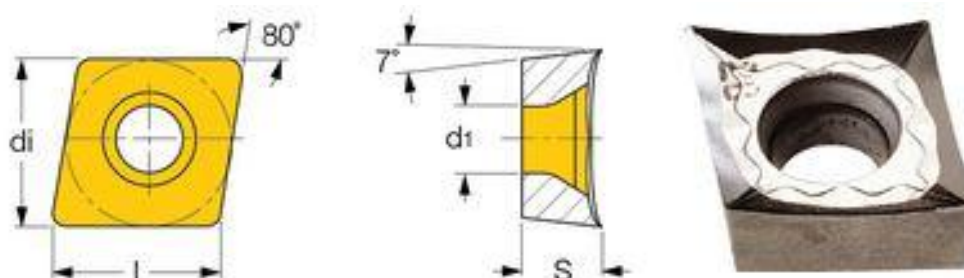


Obr. 6.5 Schéma držáku [13]

Tabulka 6.2 Rozměry držáku [13]

h [mm]	b [mm]	l1 [mm]	l2 [mm]	f [mm]
16	16	100	14	20

**Vyměnitelná břitová destička: CCGT 09T304-AS**



Obr. 6.6 VBD CCGT 09T304-AS [13]

Tabulka 6.3 Parametry VBD CCGT 09T304-AS [13]

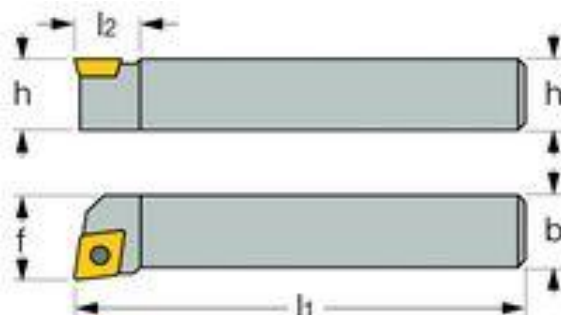
l [mm]	di [mm]	S [mm]	r [mm]	d1	povlak	typ
9,7	9,53	3,97	0,4	4,4	PVD	TiCN + TiN

**Doporučené řezné podmínky:**

- řezná rychlost -  $v_c = 300 - 1000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0,10 - 0,25 \text{ mm}$
- šířka záběru -  $a_p = 0,5 - 2,5 \text{ mm}$

**Ubírací nůž stranový pro vnější soustružení**

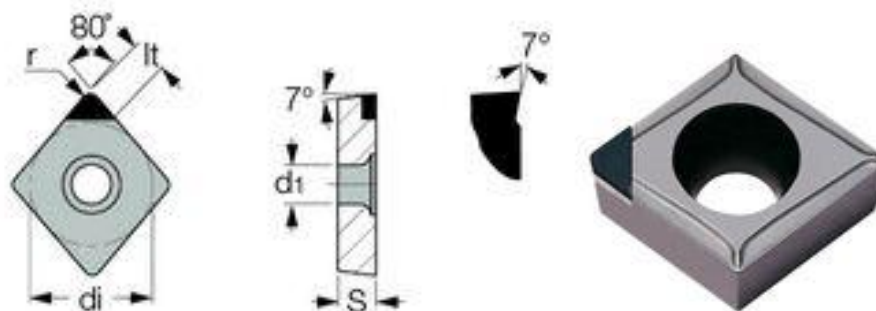
- určen pro dokončování
- úhel nastavení hlavního ostří -  $\kappa_r = 93^\circ$  [13]

**Držák: SCLCL 1616H-09**

Obr. 6.7 Ubírací nůž stranový pro dokončování [13]

Tabulka 6.4 Rozměry držáku [13]

h [mm]	b [mm]	l1 [mm]	l2 [mm]	f [mm]
16	16	100	14	20

**Vyměnitelná břitová destička: CCMT 09T304D**

Obr. 6.8 VBD CCMT 09T304D [13]

Tabulka 6.5 Parametry VBD CCMT 09T304D [13]

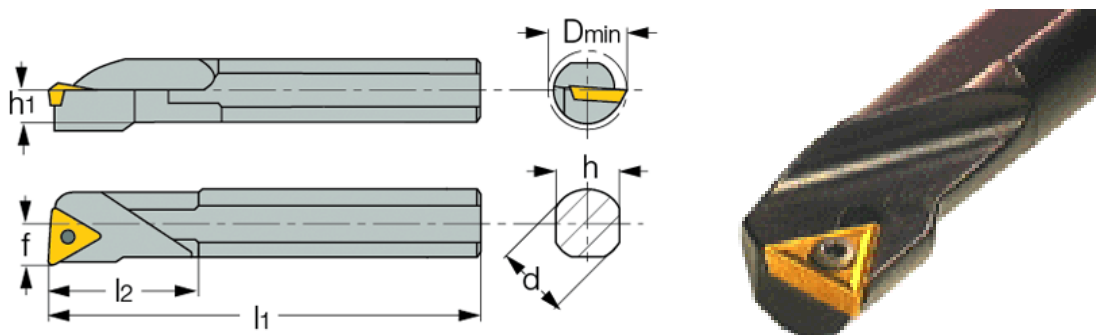
l [mm]	d1 [mm]	S [mm]	r [mm]	d1	povlak
9,7	9,53	3,97	0,4	4,4	PCD

**Doporučené rezné podmínky:**

- rezná rychlost -  $v_c = 600 - 2500 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0,05 - 0,25 \text{ mm}$
- šířka záběru -  $a_p = 0,1 - 3,0 \text{ mm}$

**Ubírací nůž pro vnitřní soustružení**

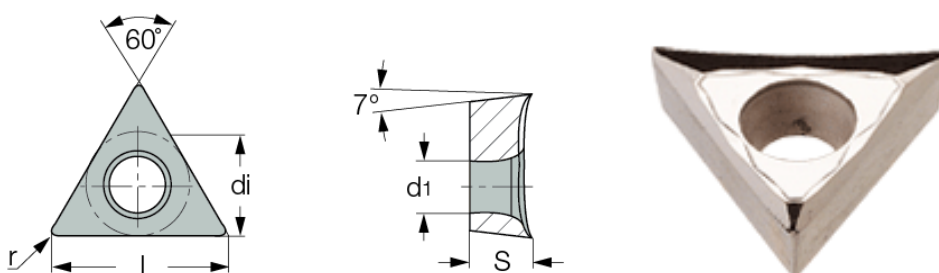
- určen pro hrubování
- úhel nastavení hlavního ostří -  $\kappa_r = 91^\circ$

**Držák: S10K STFCL-11**

Obr. 6.9 Vnitřní ubírací nůž [13]

Tabulka 6.6 Rozměry držáku [13]

d [mm]	l1 [mm]	l2 [mm]	h [mm]	h1 [mm]	Dmin [mm]	f [mm]
10,00	125,00	29,0	9,0	4,5	7,0	7,0

**Vyměnitelná břitová destička: TCGT 110204-AS**

Obr. 6.10 VBD TCGT 110204-AS [13]

Tabulka 6.7 Rozměry VBD TCGT 110204-AS [13]

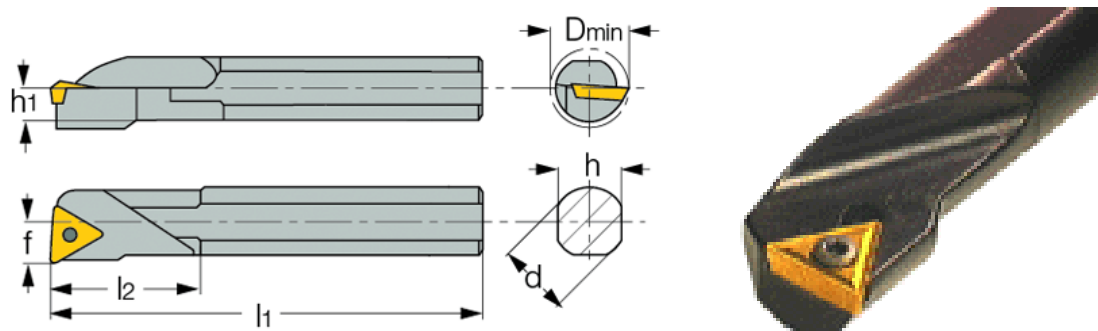
l [mm]	di [mm]	S [mm]	r [mm]	povlak	typ
11,00	6,35	2,38	0,40	PVD	TiCN

**Doporučené řezné podmínky:**

- řezná rychlost -  $v_c = 300 - 1000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0,05 - 0,30 \text{ mm}$
- šířka záběru -  $a_p = 0,2 - 3,0 \text{ mm}$

**Ubírací nůž pro vnitřní soustružení**

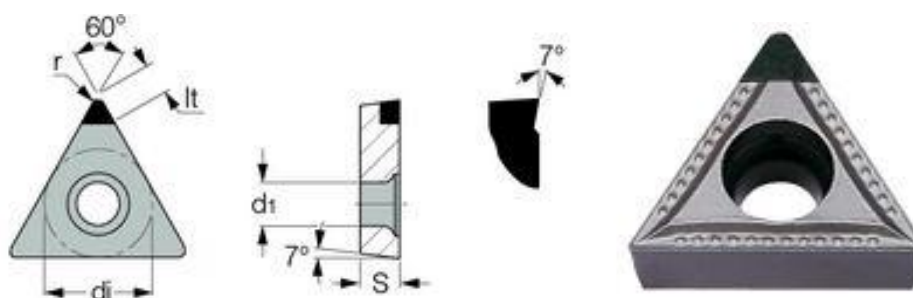
- určen pro dokončování
- úhel nastavení hlavního ostří -  $\kappa_r = 91^\circ$

**Držák: S10K STFCL-11**

Obr. 6.11 Vnitřní ubírací nůž [13]

Tabulka 6.8 Rozměry držáku [13]

d [mm]	l1 [mm]	l2 [mm]	h [mm]	h1 [mm]	Dmin [mm]	f [mm]
10,00	125,00	29,0	9,0	4,5	7,0	7

**Vyměnitelná břitová destička: TCMT 110204D**

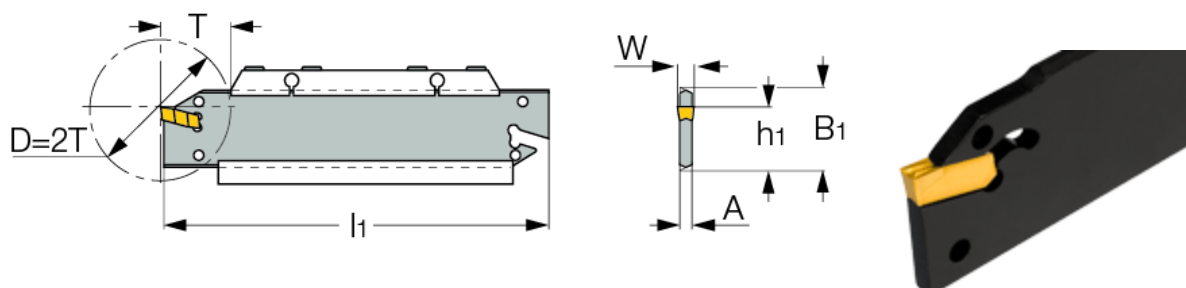
Obr. 6.12 VBD TCMT 110204D [13]

Tabulka 6.9 Rozměry VBD TCMT 110204D [13]

l [mm]	di [mm]	S [mm]	r [mm]	Povlak
11,00	6,35	2,38	0,40	PCD

**Doporučené řezné podmínky:**

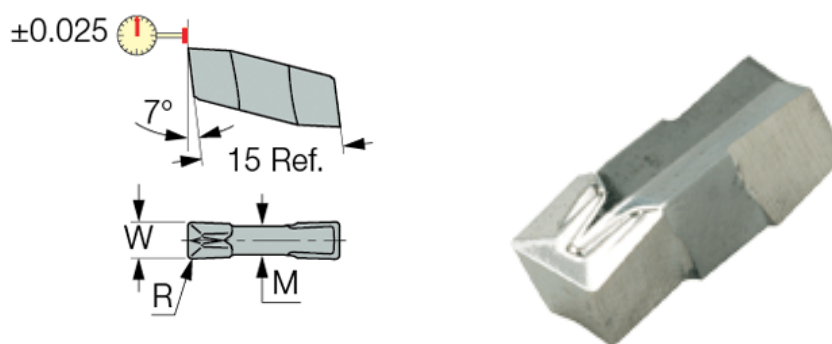
- řezná rychlost -  $v_c = 600 - 2500 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0,05 - 0,30 \text{ mm}$
- šířka záběru -  $a_p = 0,1 - 3,0 \text{ mm}$

**Zapichovací nůž****Držák: CGHN 32-3DG**

Obr. 6.13 Schéma zapichovacího nože [13]

Tabulka 6.10 Rozměry držáku [13]

B1 [mm]	W <sub>min</sub> [mm]	W <sub>max</sub> [mm]	T <sub>soustr.</sub> [mm]	T <sub>zápich</sub> [mm]	h1 [mm]	l1 [mm]	A [mm]
10,00	125,00	29,0	9,0	4,5	7,0	7,0	2,4

**Vyměnitelná břitová destička: GIPA 3.00-0.20**

Obr. 6.13 VBD pro zapichovací nůž [13]

Tabulka 6.11 Rozměry destičky [13]

W±0.02 [mm]	R±0.03 [mm]	M [mm]	Povlak
3	0.2	3.97	PCD

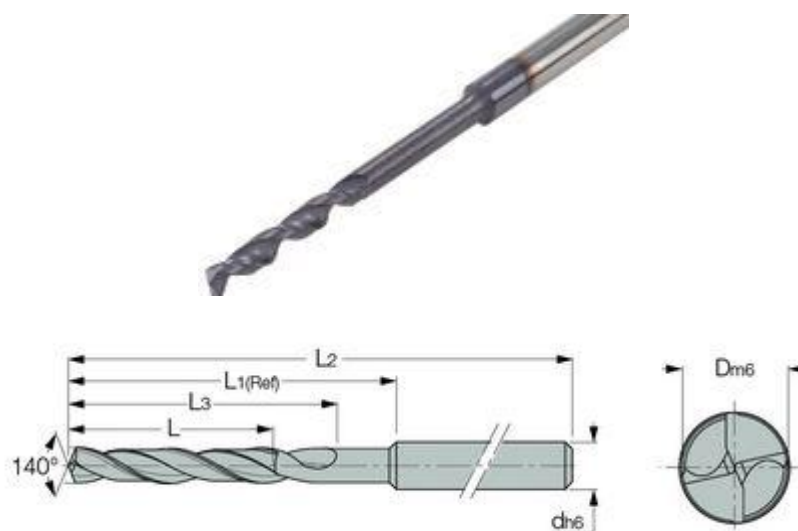
**Doporučené řezné podmínky:**

- řezná rychlost -  $v_c = 100 - 300 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv -  $f_g = 0,09 - 0,16 \text{ mm}$   
     -  $f_t = 0,12 - 0,25 \text{ mm}$

**Vrták ve šroubovici Ø2,5 DIN 6537**

Standardní vrták s válcovou stopkou pro měkké a houževnaté materiály.

- označení: SCD 025-015-030 AP6
- vrcholový úhel  $140^\circ$



Obr. 6.14 Schéma vrtáku Ø2,5 DIN 6537 [13]

Tabulka 6.12 Rozměry vrtáku [13]

D [mm]	d [mm]	L [mm]	L2[mm]	L3[mm]	Povlak	Typ
2,5	3	15	20	66	PVD	TiAlN

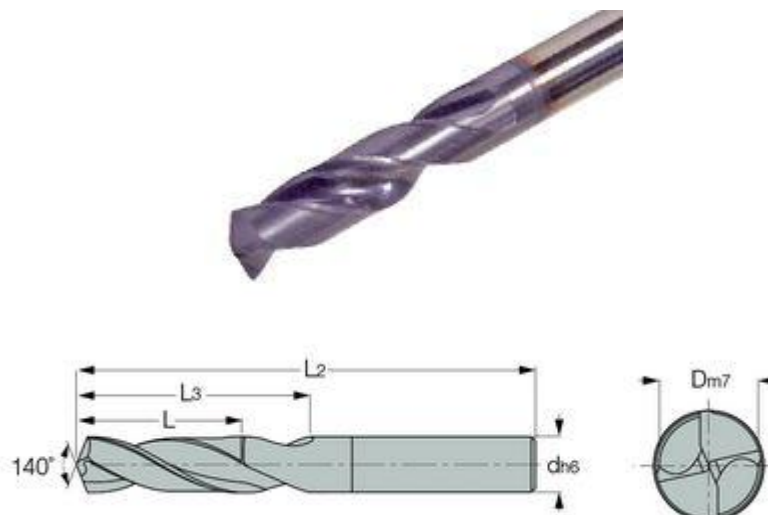
**Doporučené řezné podmínky:**

- řezná rychlost -  $v_c = 80 - 150 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0,08 - 0,2 \text{ mm}$

### Vrták ve šroubovici Ø4,2 DIN 6537

Standardní vrták s válcovou stopkou pro měkké a houževnaté materiály.

- označení: SCD 040-017-060 AP3
- vrcholový úhel  $140^{\circ}$



Obr. 6.15 Schéma vrtáku Ø4,2 DIN 6537 [13]

Tabulka 6.13 Rozměry vrtáku

D [mm]	d [mm]	L [mm]	L3[mm]	L2[mm]	Povlak	Typ
4,2	6	17	24	66	PVD	TiAlN

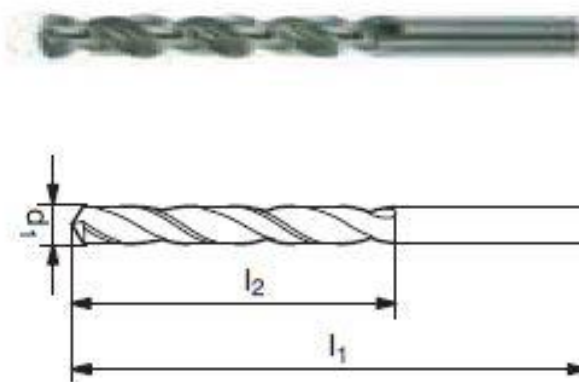
#### **Doporučené řezné podmínky:**

- řezná rychlost -  $v_c = 70 - 300 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0,1 - 0,25 \text{ mm}$

### Vrták ve šroubovici Ø13 DIN 338

Standardní vrták s válcovou stopkou pro měkké a houževnaté materiály

- označení: SCD 025-015-030 AP6
- vrcholový úhel  $130^{\circ}$



Obr. 6.16 Schéma vrtáku [14]

Tabulka 6.14 Rozměry vrtáku [14]

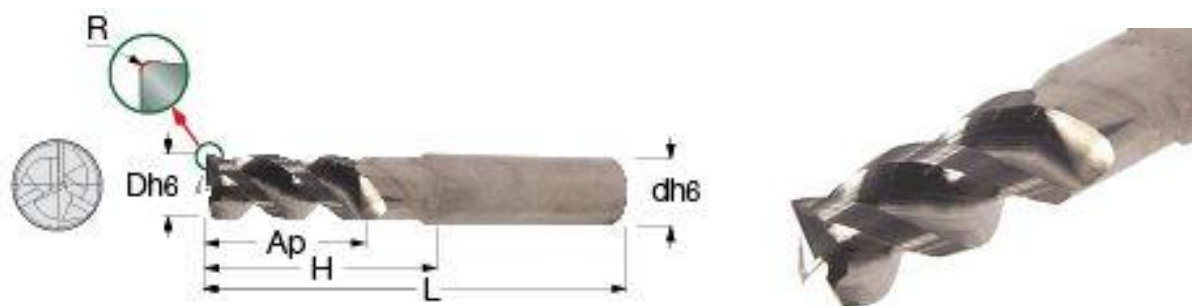
d [mm]	l1 [mm]	l2 [mm]
13	151	101

**Doporučené řezné podmínky:**

- řezná rychlost -  $v_c = 63 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0,35 \text{ mm}$

**Válcová fréza**

- Počet zubů 3
- Označení: ECA-H3 16-24/48C16CF-R08



Obr. 6.17 Válcová fréza [13]

Tabulka 6.15 Rozměry frézy [13]

D [mm]	ap [mm]	H [mm]	L [mm]	d [mm]	r [mm]
10	15	30	72	10	0,8

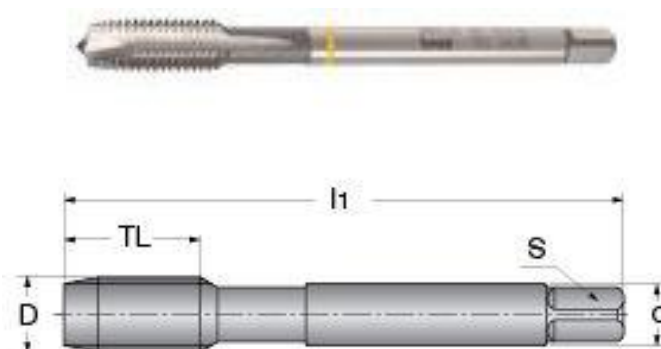
**Doporučené řezné podmínky:**

- řezná rychlost -  $v_c = 800 - 900 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv -  $f_z = 0,03 - 0,1 \text{ mm}$

**Závitník M5 DIN 376**

Závitník z rychlořezné oceli.

- označení: TP2 M5X0.8-6H-GBW-HE
- určen pro průchozí díry



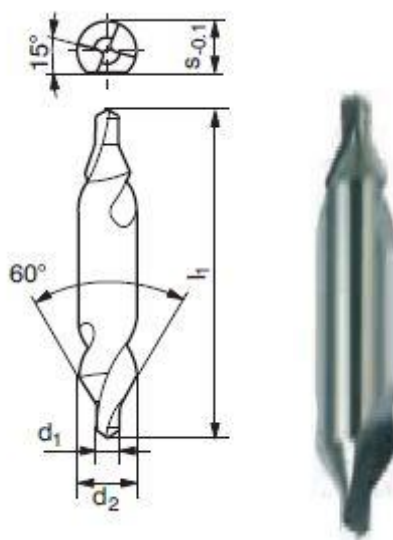
Obr. 6.18 Schéma závitníku M5 DIN 376 [13]

Tabulka 6.16 Rozměry závitníku M5 DIN 376 [13]

D	rozteč [mm]	l1 [mm]	TL [mm]	d [mm]	S [mm]	Typ
M5	6	70	15	3,5	2,7	TiAlN

**Doporučené řezné podmínky:**

- řezná rychlost -  $v_c = 20 - 100 \text{ m.min}^{-1}$

**Středící vrták s drážkami ve šroubovici typ A, DIN 333**

Obr. 6.19 Schéma středícího vrtáku [14]

Tabulka 6.17 Rozměry středícího vrtáku [14]

d1 [mm]	d2 [mm]	l1 [mm]	s [mm]
2	5	40	4,2

## 7 VYTVOŘENÍ NC PROGRAMU A JEHO OVĚŘENÍ SIMULACÍ

Program vznikl pomocí ISO programování tzv. G-kódu s využitím cyklů pro tvorbu tvarových ploch. Vycházelo se z výkresové dokumentace, která je součástí přílohy 3. Spolu s hlavním programem nalezneme i podprogramy, kde jsou zaznamenány tvary kontur. Na začátek kapitoly budou uvedeny všechny použité funkce a znaky v programu viz tabulky 7.1, 7.2, 7.3. Cykly v programu budou probrány v samostatných podkapitolách.

### 7.1 Přehled použitých funkcí a znaků

Tab. 7.1. Vybrané přípravné funkce

Název	Význam
G0	Lineární interpolace rychloposuvem
G1	Lineární interpolace pracovním posuvem
G18	Volba pracovní roviny Z/X
G54	1. nastavitelné posunutí nulového bodu
G71	Zadávání dráhy v mm
G90	Absolutní programování
G96	Zapnutí konstantní řezné rychlosti
G97	Vypnutí konstantní řezné rychlosti (konstantní velikost otáček)

Tab. 7.2. Vybrané pomocné funkce

Název	Význam
M0	Programovatelný stop programu
M4	Start vřetena proti směru hodinových ručiček
M5	Zastavení vřetena
M8	Zapnutí chlazení
M9	Vypnutí chlazení
M17	Konec podprogramu
M30	Konec programu a návrat na začátek programu

Tab. 7.3 Vybrané adresové znaky

Název	Význam
F	Posuv
N	Číslo vedlejšího bloku
S	Velikost otáček vřetene
T	Číslo nástroje
X	Nastavitelný identifikátor adresy
Y	Nastavitelný identifikátor adresy
Z	Nastavitelný identifikátor adresy

## 7.2 Tvorba nového nástroje v SinuTrain Operate

Po prvním spuštění programu SinuTrain Operate je na výběr z dvaceti předdefinovaných druhů nástrojů. Pro obrábění náboje je potřeba změnit určité parametry nástrojů a přidat nové nástroje. Toto nastavení se provádí v seznamu nástrojů, do kterého se dostaneme přes horizontální tlačítko edit a vertikální tlačítko vybrat nástroj a dále přes tlačítko seznam nástrojů viz obrázek 7.1.



Obr. 7.1 Vstup do seznamu nástrojů

Pro vytvoření nového nástroje je potřeba kliknout na prázdné políčko v seznamu nástrojů dále vybrat z vertikálního menu tlačítko nový nástroj viz obrázek 7.2.

Seznam nástrojů								MAGAZIN1			
Místo	Typ	Název nástroje	ST	D	Délka X	Délka Z	Rádus				
1		hrubovací_nuz	1	1	50.000	20.000	0.400	←	93.0	55	11.0
2		dokoncovací_nuz	1	1	50.000	40.000	0.200	←	93.0	55	11.0
3		urtak13	1	1	0.000	100.000	6.000		118.0		
4											

On the right side of the table, there is a vertical menu with a button labeled 'Nový nástroj'.

Obr. 7.2 Tvorba nového nástroje

Dále máme na výběr z pěti skupin nástrojů:

- favority (výběr nejpoužívanějších nástrojů),
- frézy,
- vrtáky,
- soustružnické nože,
- speciální nástroje.

Při výběru nástroje volíme také polohu bříty nástroje. Po zvolení požadovaného nástroje a polohy bříty stiskneme tlačítko ok.

Vybraný nástroj se přidá do seznamů nástrojů a rovnou můžeme upravit jeho parametry. Pro příklad je uveden nový soustružnický nůž na obrázku 7.3. Po úpravě parametrů nástroje je možné vložit nástroj do zásobníku pomocí tlačítka na vertikální liště.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Do programu
Místo	Typ	Název nástroje	ST	D	Délka X	Délka Z	Rádus			Dél dest			
2		Finishing_tool	1	1	50.000	40.000	0.200	←		93.0	55	11.0	
10		Finishing_tool_C2	1	1	50.000	10.000	0.200	→		93.0	30	11.0	
16		freza10	1	1	0.000	50.000	5.000	3					
		HRUBOVACÍ NŮŽ	1	1	0.000	0.000	0.000	←		93.0	55	11.0	

Obr. 7.3 Úprava parametrů nástroje

### Význam parametrů

- 1 – číslo místa v zásobníku
- 2 – typ nástroje, poloha bříty
- 2 – identifikační jméno nebo číslo
- 4 – číslo náhradního nástroje
- 5 – číslo bříty
- 6 [mm] – délka nástroje v ose x
- 7 [mm] – délka nástroje v ose z
- 8 [mm] – rádus nástroje
- 9 – nastavení polohy nástroje
- 10 [°] - úhel nastavení hlavního ostří
- 11 [°] – úhel bříty
- 12 [mm] – délka destičky soustružnického nože
- 13 – směr otáčení vřetene

## Opotřebení nástrojů

V seznamu nástrojů je také možnost zadávat korekce nástrojů (opotřebení nástrojů) na obrázku 7.4. Ty jsou zapotřebí při delším používání nástroje. Nástroj během obrábění mění svoji geometrii a pomocí délkových popřípadě rádiusových korekcí obrábíme se stále stejnou přesností rozměrů.

Můžeme také nastavit, aby životnost nástroje byla monitorována prostřednictvím počtu kusů, doby používání nebo opotřebení.

Opotřebení nástroje										MAGAZIN1		Seřadit	
Místo	Typ	Název nástroje	ST	D	$\Delta$ DélkaX	$\Delta$ DélkaZ	$\Delta$ rádius	T	C				Filtrovat
2		dokoncovací_nuz	1	1	0.000	0.000	0.000						
15		dokoncovací_nuz_vnitř	1	1	0.000	0.000	0.000						
18		dokoncovací_nuzp	1	1	0.000	0.000	0.000	T		20.0	60.0		Hledat
16		freza10	1	1	0.000	0.000	0.000						
1		hrubovací_nuz	1	1	0.000	0.000	0.000						
18		hrubovací_nuz_vnitřni	1	1	0.000	0.000	0.000						Detaily
17		navrtavak	1	1	0.000	0.000	0.000						
9		Roughing_tool_C2	1	1	0.000	0.000	0.000						
3		urtak13	1	1	0.000	0.000	0.000						
19		urtak2,5	1	1	0.000	0.000	0.000						
8		urtak4	1	1	0.000	0.000	0.000						
5		zapichovak	1	1	0.000	0.000	0.000						
20		zavitnik	1	1	0.000	0.000	0.000						

Seznam nástř.
**Opotř. nástř.**
Zásobník
Posun. počát.
R Uživat. proměn
SD Setting data

Obr. 7.4 Úprava parametrů opotřebení nástroje

### 7.3 Simulace obrábění

Pomocí simulace zjišťuje programátor, zda vytvořený program správně funguje. Simulací se snižuje riziko havárie stroje s obrobkem, snižuje se množství zmetků, poškození nebo zničení nástroje a poškození stroje. Simulace umožňuje kontroly dráhy pohybu nástroje, rozměrů obrobku, kontrolu strategie obrábění. [1]

#### Simulace obrábění poskytuje následující možnosti

- pracovní pohyb i rychloposuv může být zrychlen nebo zpomalen,
- možnost spustit simulaci B-B (blok po bloku), programátor má čas sledovat dráhu nástroje,
- simulaci je možno provádět jak na stroji samotném, tak na PC mimo stroj,
- vykreslit dráhy nástroje na obrazovce.

Základní ovládaní simulace obrábění v programu SinuTrain Operate je naznačeno a popsáno na následujícím obrázku 7.5.



Obr. 7.5 Základní ovládaní simulace

## 7.4 Použité programové cykly

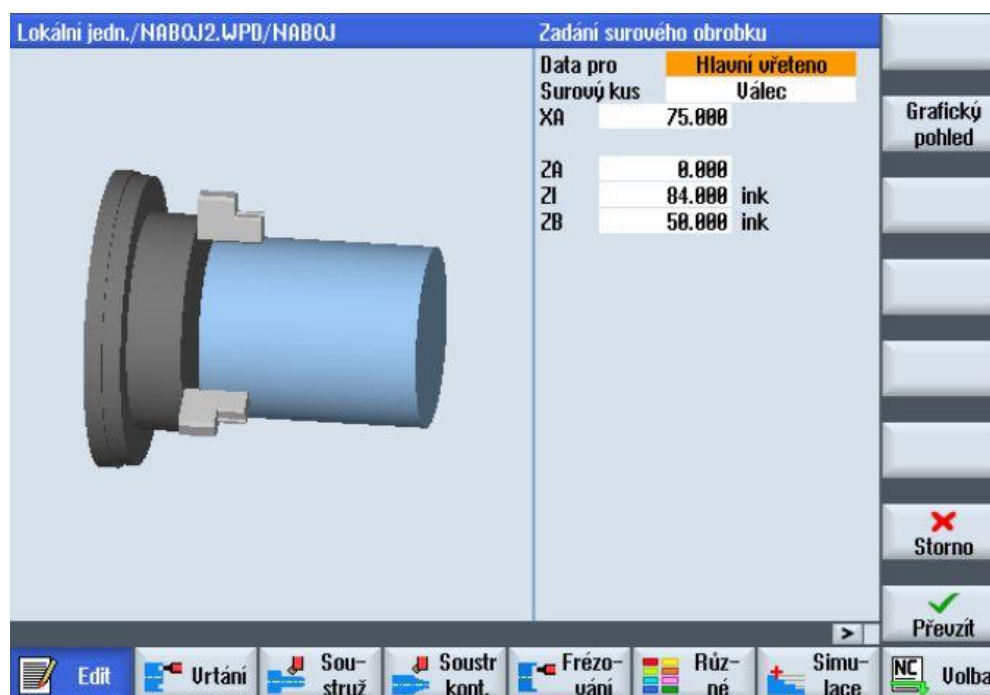
Při programování pomocí ISO kódu lze použít programové cykly, které ulehčují práci programátora. Programátor již nemusí zadávat dráhy nástrojů ručně, vše za něj vypracuje cyklus. Ke každému popsanému cyklu je přidáno schéma, na kterém je zvýrazněno kde se daný cyklus využívá při obrábění viz obrázky 7.8, 7.10, 7.12.

### 7.4.1 Definice polotovaru

Pomocí grafického zobrazení je možnost snadno nadefinovat polotovar viz obrázků 7.6. Definice polotovaru se provede kliknutím na tlačítko různé v horizontální nabídce a poté na tlačítko surový obrobek ve vertikální. Obvykle se volba polotovaru provádí ve druhém řádku programu.

#### Zápis volby polotovaru v programu:

WORKPIECE(,,,“CYLINDER“,0,0,80,60,70)



Obr. 7.6 Volba polotovaru

**Význam parametrů u volby polotovaru:**

Data pro – na výběr z hlavního vřetene, protivřetene

Surový kus – na výběr z kvádrů, trubky, válce, N-hranu

XA [mm] – vnější průměr

ZA [mm] – počáteční rozměr

ZI [mm] – konečný rozměr

ZB [mm] – obráběcí rozměr

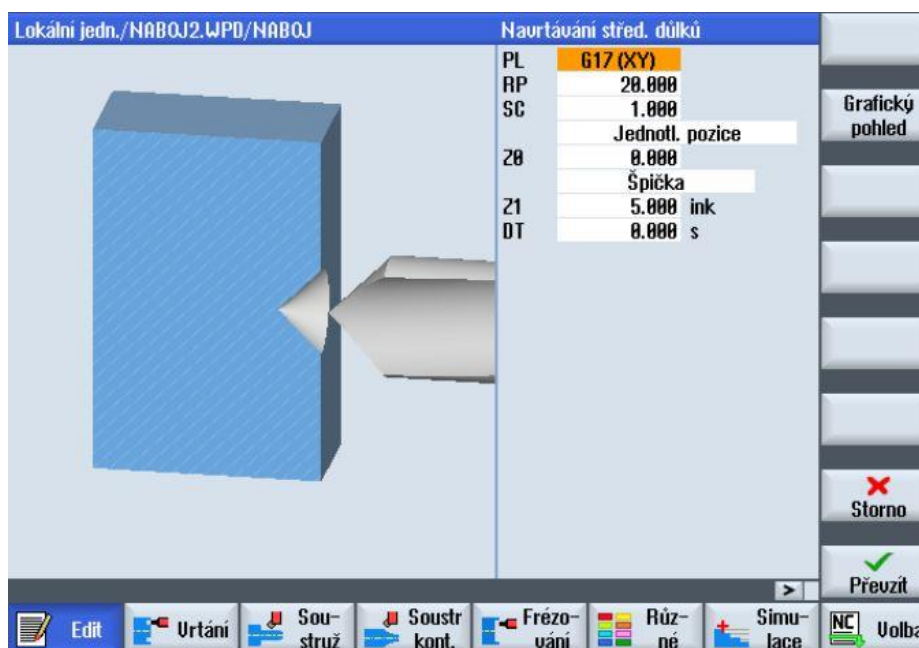
**7.4.2 Navrtávání středícího důlku**

Navrtávání graficky znázorněno v programu na obrázku 7.7. je definováno cyklem 81 a je možno zvolit ze dvou typů:

- na naprogramovanou konečnou hloubku (zvoleno v programu),
- tak hluboko, dokud není dosaženo naprogramovaného středícího důlku.

**Zápis cyklu 81 v programu:**

CYCLE81(100,0,1,,5,0,0,1,11)



Obr. 7.7 Navrtávání středícího důlku



**Význam parametrů u cyklu 952:**

PL – rovina obrábění

RP [mm] – návratová rovina

SC [mm] – bezpečná vzdálenost

F [mm] – posuv

RP [mm] – návratová rovina

D – číslo břitu

PRG – název programu, který se bude generovat

UX [mm] – přídavek pro obrábění na čisto v ose X

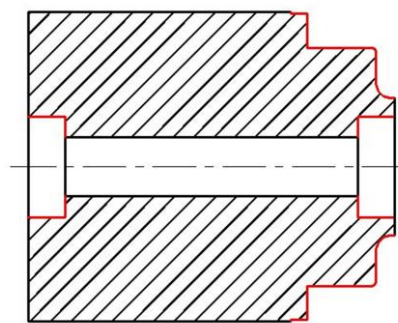
UZ [mm] - přídavek pro obrábění na čisto v ose Z

DI [mm] – spojitý průchod nástroje

BL – popis polotovaru

XD [mm] – přídavek rozměru v ose X

ZD [mm] – přídavek rozměru v ose Y



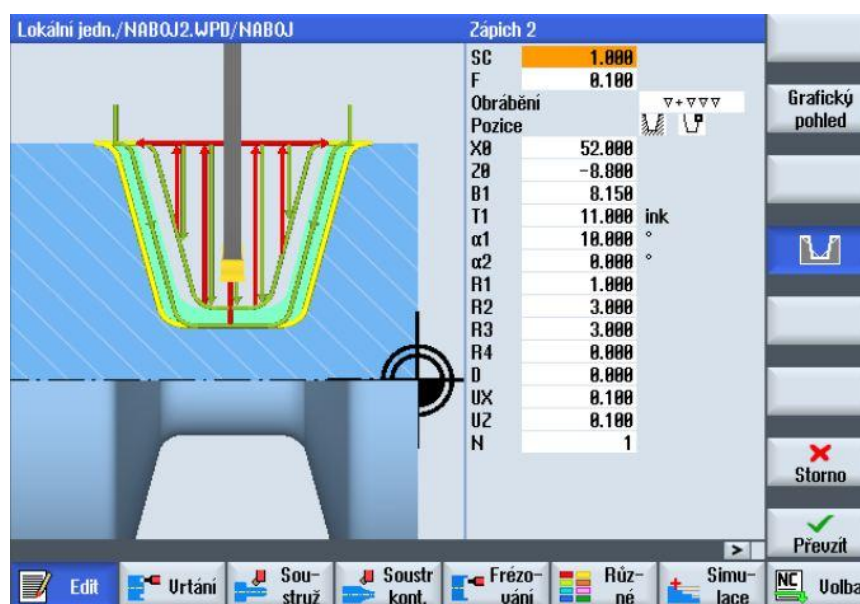
Obr. 7.10 Schéma soustružení

**7.4.4 Tvorba zápichu**

Pomocí cyklu 930 tvoříme symetrické a asymetrické zápichy na libovolných přímých konturových prvcích viz obrázek 7.11. Můžeme vyrábět vnější nebo vnitřní zápichy v podélném nebo příčném směru.

**Zápis cyklu 930 v programu:**

```
CYCLE930(52,-8.8,8.15,10.089597,11,,0,10,0,1,3,3,0,0.2,0,1,1053)
```



Obr. 7.11 Obrábění pomocí cyklu 930

**Význam parametrů u cyklu 930:**

SC [mm] – bezpečná vzdálenost

F [mm/min] – posuv

B1 [mm] – šířka zápichu

T1 [mm] – hloubka zápichu

$\alpha_{1,2}$  [°] – úhel sklonu stěny

R [mm] – velikost rádiusu

D – nastavení střídavého záběru nástroje

X0 [mm] – souřadnice počátečního bodu v ose X

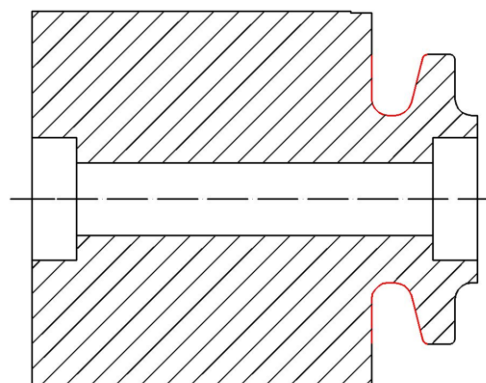
Z0 [mm] – souřadnice počátečního bodu v ose Z

UX [mm] – přídavek pro obrábění na čisto v ose X

UZ [mm] - přídavek pro obrábění na čisto v ose Z

N – počet zápichů

Obrábění – na výběr z hrubování, dokončování nebo hrubování + dokončování



Obr. 7.12 Schéma soustružení zápichu

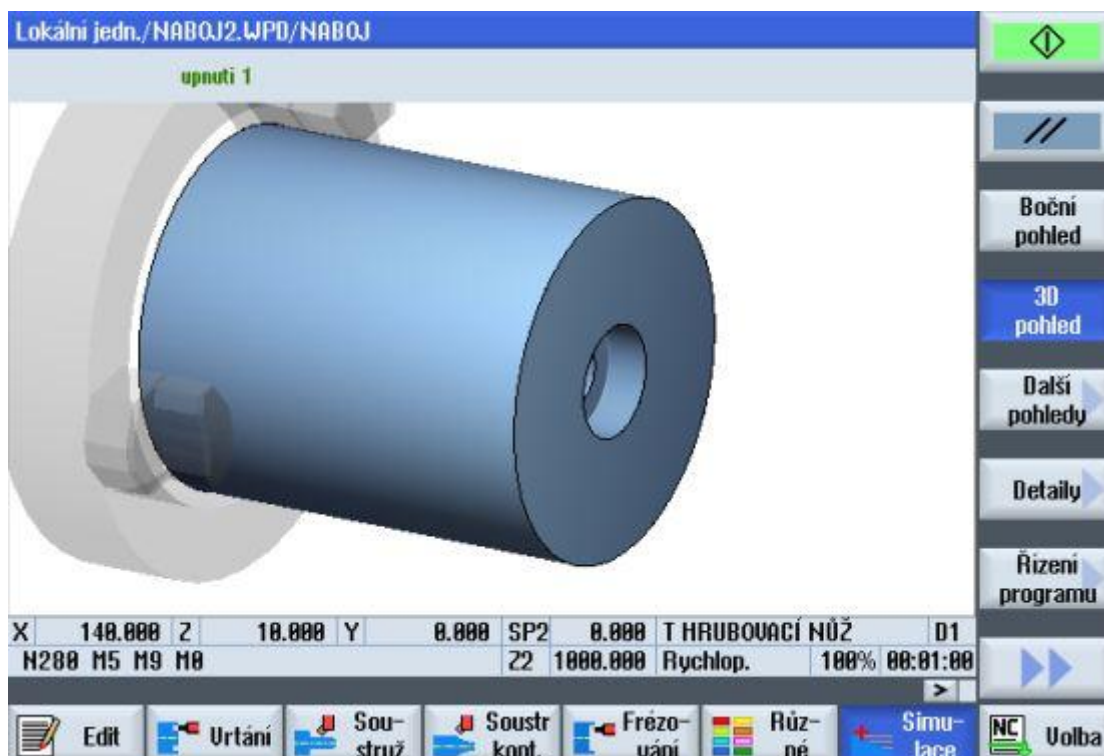
## 7.5 CNC program

Na ukázkou je zde zobrazena pouze první část programu pro obrábění při prvním upnutí. Celý CNC program je vložen do přílohy. Grafické výstupy ze simulací celého programu jsou uvedeny na obrázcích 7.13, 7.14 a 7.15.

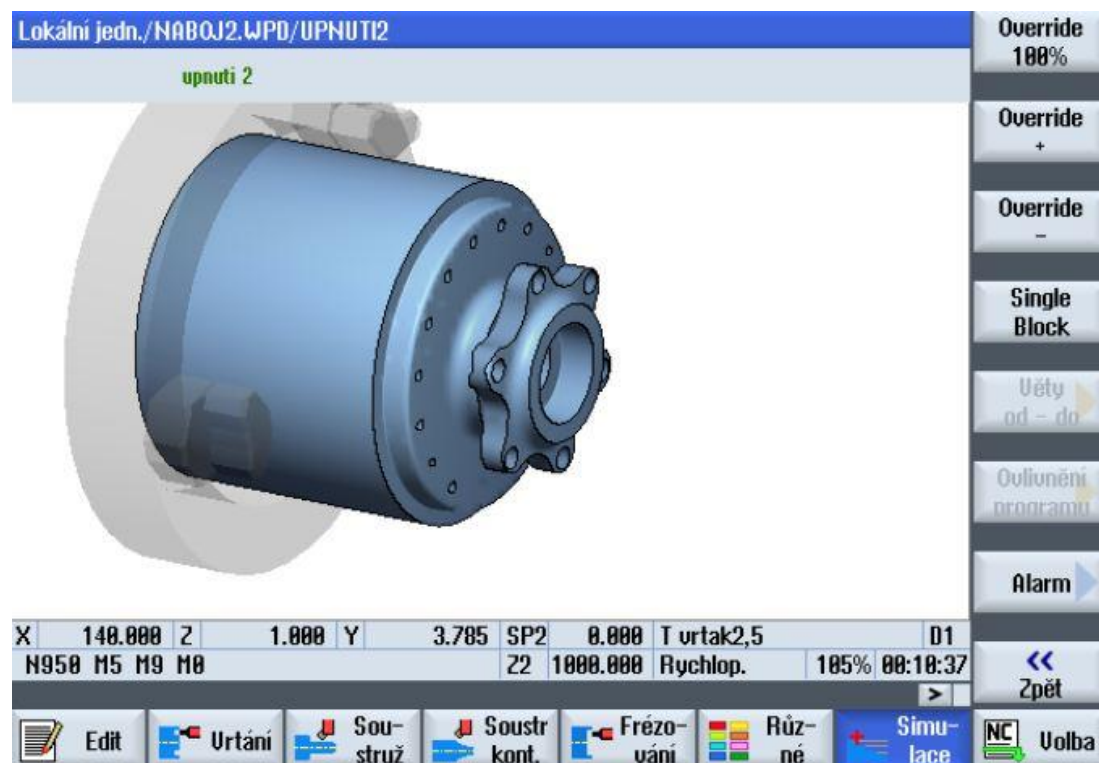
### Hlavní obráběcí program pro první upnutí

N10 G90	absolutní programování
N20 G54	posunutí nulového bodu
N30 G95	posuv nástroje v mm/otáčku
N40 G71	zadávání dráhy v mm
N50G18	volba roviny obrábění ZX
N60 WORKPIECE(,,"CYLINDER",0,0,84,50,75)	nadefinování polotovaru
N70 MSG ("upnutí 1")	textová poznámka zobrazována v místě alarmů
N80 G0 X290 Z190	nájezd nástroje do bodu pro výměnu
N90 T="hrubovaci_nuz"	výměna nástroje (ubírací nůž stranový levý)
N100 G96 S500 LIMS=3000 M4 M8	konstantní řezná rychlost s limitem otáček
N110 G0 X77 Z0	pohyb nástroje rychloposuvem
N120 G1 X-1 Z0 F0.2	lineární interpolace pracovního posunu
....	
N170 T="navrtavak"	výměna nástroje (středící vrták)
N180 G97 s1000 M3 M8	konstantní řezné otáčky
N190 G17 F0.1	volba roviny obrábění XY
N200 G0 X0 Z5	pohyb nástroje rychloposuvem
N210 CYCLE81(100,0,1,,-5,0,0,1,11)	navrtávání středícího důlku
....	
N260 T="hrubovaci_nuz_vnitri"	výměna nástroje (středící vrták)
N270 G96 S500 LIMS=3000 M4 M8	výměna nástroje (Ubírací nůž vnitřní)
N280 G0 X10 Z5	pohyb nástroje rychloposuvem
N290 CYCLE62("VKONTURA",1,,)	volání kontury
N300CYCLE952("VKONTURA1",,"",2102311,0.1,0,0,1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,12,1100110)	cyklus pro obrábění kontur
N360 M5 M9 M0	stop programu, zastavení vřetene a chlazení

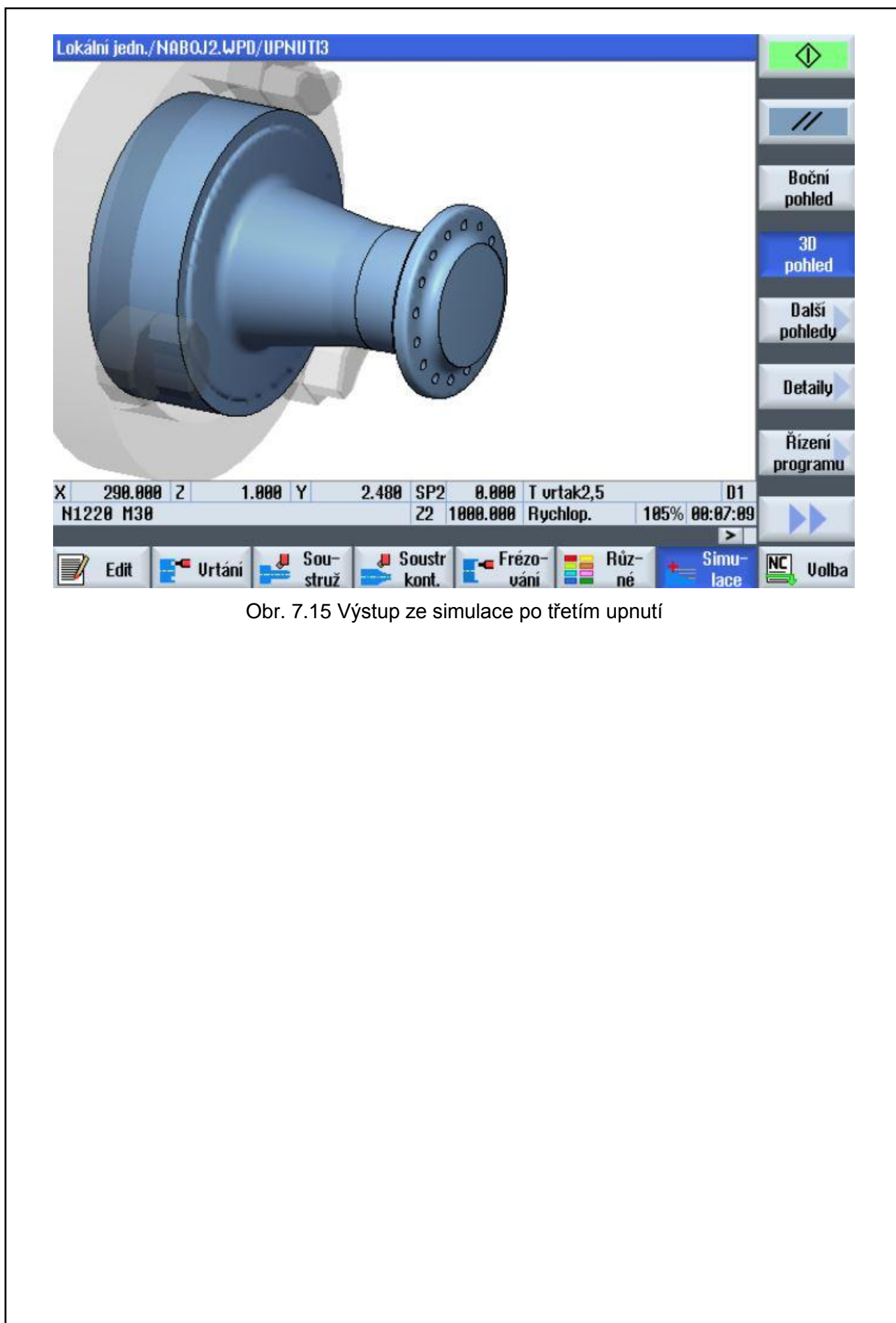
## Grafická simulace



Obr. 7.13 Výstup ze simulace po prvním upnutí



Obr. 7.14 Výstup ze simulace po druhém upnutí



Obr. 7.15 Výstup ze simulace po třetím upnutí

## 8 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při ekonomickém hodnocení byla vypočtena celková cena součásti. Abychom dospěli k této hodnotě je potřeba znát jednotkové strojní časy pro obrábění součásti. Tyto časy jsme zjistili pomocí simulace. Je ovšem mít na paměti, že tyto časy jsou pouze orientační. K simulovaným jednotkovým strojním časům bylo potřeba připočítat čas potřebný pro výměnu nástroje (5s pro každý nástroj). V tabulce 6.2. jsou uvedeny strojní časy pro jednotlivá upnutí. K celkovým jednotkovým strojním časům byl ještě připočítán čas na upnutí a odepnutí součásti.

Tab. 6.2. Strojní časy

Číslo a způsob upnutí	Simulovaný strojní čas [min]	Čas na výměnu nástrojů [min]	Jednotkový strojní čas [min]
1. pomocí sklíčidla	$t_{s1} = 1$	$5 \times 0,083 = 0,42$	$t_{mA41} = 1,42$
2. pomocí sklíčidla	$t_{s2} = 10,37$	$9 \times 0,083 = 0,75$	$t_{mA42} = 11,12$
3. mezi hroty	$t_{s3} = 7,09$	$4 \times 0,083 = 0,33$	$t_{mA43} = 7,42$

### Jednotkový strojní čas $t_{mA}$

Vztahuje se k jednotce výroby, zpravidla k jednomu kusu obráběné součásti a k dané operaci.

$$t_{mA} = t_{mA4} + t_{mA5} + t_{mA6} \quad (7.6.1)$$

$$t_{mA} = (1,42 + 11,12 + 7,42) + 2 + 0 = 21,96 \text{ min}$$

kde:

$t_{mA4}$  – jednotkový čas chodu stroje (čas obráběcího procesu)

$t_{mA5}$  – jednotkový čas klidu stroje (čas na upínání a odepínání obrobku, ruční měření)

$t_{mA6}$  – jednotkový čas interference stroje (používá se při vícestrojové obsluze) [18]

**Náklady na hodinu provozu stroje  $N_{hs}$** 

$$N_{hs} = S_f + \frac{C_s + N_i + N_d - L}{Z \cdot F_{ef}} \quad (7.6.2)$$

$$N_{hs} = 1100 + \frac{450\,000 + 15\,000 + 10\,000 - 100\,000}{10.4032} = 1110 \text{ Kč.hod}^{-1}$$

kde:

$C_s$  [Kč] - cena stroje

$S_f$  [Kč.hod<sup>-1</sup>] - fixní hodinová sazba

$N_i$  [Kč] - náklady na instalaci stroje

$N_d$  [Kč] - náklady na demontáž stroje

$L$  [Kč] - likvidační hodnota

$Z$  [r] - doba životnosti

$F_{ef}$  [hod] - efektivní časový fond stroje na rok

**Celková cena součásti  $N$** 

$$N = N_p + \left( (t_{mA}) \cdot \frac{N_{hs}}{60} \right) \cdot \left( 1 + \frac{R}{100} \right) \quad (7.6.3)$$

$$N = 127 + \left( (21,96) \cdot \frac{1110}{60} \right) \cdot \left( 1 + \frac{20}{100} \right) = 615 \text{ Kč}$$

kde:

$N_p$  [Kč] - cena polotovaru

$R$  [%] - režie (v našem případě 20 %)

$N_{hs}$  [Kč.hod<sup>-1</sup>] - náklady na hodinu provozu stroje

$t_{mA}$  [min] - jednotkový strojní čas

## 9 ZÁVĚR

Práce vysvětluje metody, principy a možnosti NC programování. Byly ukázány a popsány nejpoužívanější řídicí systémy v České republice od firem Siemens, Heidenhain, Fagor a Fanuc.

V práci byl vytvořen funkční program pomocí ISO programování s využitím cyklů pro obrábění součásti (předního náboje na jízdní kolo) pomocí softwaru SinuTrain Operate 2.6. od firmy Siemens. Byly vypracovány:

- Samotná součást byla navržena s ohledem na klíčové rozměry.
- Byl zvolen vhodný materiál. Hliníková slitina s označením EN AW 6082.
- Součást byla kontrolována na namáhání krutem v nejkritičtějších místech a vyhověla.

$$\tau_k \leq \tau_{Dkmax}$$

$$15,33 \text{ MPa} \leq 55 \text{ MPa}$$

- Vzhledem k rotační charakteristice součásti bylo pro obrábění zvoleno soustružnické centrum SP 280 SY od firmy KOVOSVIT MAS, a.s.
- Nástrojové vybavení bylo použito od firmy ISCAR ČR s.r.o. Doplnující nástroje byly použity od firmy WNT Česká republika s.r.o.
- Součást byla naprogramována a simulace proběhla úspěšně. Celkový čas obrábění vyšel 21,96 min.

Navíc byla provedena ekonomická kalkulace nákladů na výrobu jedné součásti. Součást se vyráběla z tyčových přířezů. Celková cena součásti včetně polotovaru vyšla na 615 Kč. Tato cena nezahrnuje práci dělníka a úpravu povrchu.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ŠTULPA, Miloslav. *CNC: obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, s. 126. ISBN 80-7300-207-8.
2. MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha: MM publishing, 2010. ISBN 978-80-254-7980-3.
3. *TAJMAC-ZPS, a.s.* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/MCV-1800MULTI>
4. KOČMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
5. CNC. *Příručka CNC programování*. © 2003. Dostupné z: <http://cnc.fme.vutbr.cz/>
6. POLZER, Aleš. Technický týdeník [online]. 2009 [cit. 2012-04-09]. Akademie CNC obrábění. Dostupné z WWW: <http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=4>
7. *ASME Milwaukee* [online]. © 1997 - 2011 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://sections.asme.org/milwaukee/history/21-ncmachine/v.html>
8. Sinumerik. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sinumerik>
9. *SIEMENS* [online]. 2012 [cit. 2012-03-01]. CNC controls. Dostupné z WWW: <http://www.automation.siemens.com/mcms/mc/en/automation-systems/cnc-sinumerik/Pages/cnc-systems.aspx>
10. *HEIDENHAIN* [online]. © 2012 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: [http://www.heidenhain.cz/cs\\_CZ/produkty-a-pouziti/rizeni-obrabcich-stroju/](http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty-a-pouziti/rizeni-obrabcich-stroju/)
11. *INTO CNC* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-4]. Dostupné z: <http://www.into.cz/cnc.htm>

12. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-248-3.
13. *ISCAR Cutting tools* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/ecat/open.asp/Multlang/Y/country/EN/lang/EN/ECommerce/N/GFSTYP/M>
14. *WNT* [online]. © 2011 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.wnt.de/cs-cs/WNT-Katalog.htm>
15. *OBRÁBĚCÍ STROJE KOVOSVIT MAS* [online]. © 2009 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/sp-280/>
16. *Delcam* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.delcam.cz>
17. Numerical control. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Numerical\\_control](http://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_control)
18. PROKOP, J. Přednáška 14.12.2011 Technologická příprava výroby, VUT-FSI.
19. *FANUC FA* [online]. © 2010 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.fanucfa.com/cz-cz/broker?uMen=58c3e416-c564-01e5-945c-c948b7234fed>
20. *FANUC CORPORATION* [online]. © 2011-2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.fanuc.co.jp/en/product/cnc/index.html>
21. CNC Community: SINUMERIK CNC4you. *User Guide* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://www.cnc4you.siemens.com/root/img/pool/fachthemen/downloads/my-sinumerik-operate-userguide-en.pdf>
22. *Hliníkové profily, hliníkové plechy, hliníkové systémy* [online]. © 2009 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://www.proal.cz/info/424413.htm>
23. *ThyssenKrupp Ferrosta* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.thyssenkrupp-ferrosta.cz/nezelezne-kovy-vlastnosti.php>

24. POLZER, Aleš. Technický týdeník [online]. © 2009 [cit. 2012-04-09].  
Akademie CNC obrábění.  
Dostupné z WWW: <http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=1>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/symbol	jednotka	Popis
CNC		Computer Numerical Control (počítačem číslicově řízený)
ISO		Mezinárodní organizace pro standardizaci (Internacionál Organisation for Standardization)
CAD		Computer Aided Design (počítačem podporované kreslení)
CAM		Computer Aided Manufacturing (systém počítačové podpory výroby)
VBD		Vyměnitelná břitová destička
DIN		německá průmyslová norma (Deutsche Industrie Norm)
$\tau_k$	[MPa]	napětí v krutu
$M_k$	[N.mm]	krouticí moment
$W_k$	[mm <sup>2</sup> ]	modul průřezu v krutu
F	[N]	síla
r	[mm]	délka ramene
D	[mm]	vnější průměr mezikruží
D	[mm]	vnitřní průměr mezikruží
$D_p$	[Kč]	přídavek na průměr
D	[mm]	největší průměr obrobku
$m_p$	[kg]	hmotnost polotovaru
$p_{kg}$	[Kč/kg]	cena polotovaru za 1 kg
$K_r$	[°]	úhel nastavení hlavního ostří
$v_c$	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost
f	[mm]	posuv
$a_p$	[mm]	šířka záběru ostří
$t_{m_{A4}}$	[min]	jednotkový čas chodu stroje
$t_{m_{A5}}$	[min]	jednotkový čas klidu stroje
$t_{m_{A6}}$	[min]	jednotkový čas interference stroje

$C_s$	[Kč]	cena stroje
$S_f$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	fixní hodinová sazba
$N_i$	[Kč]	náklady na instalaci stroje
$N_d$	[Kč]	náklady na demontáž stroje
$L$	[Kč]	likvidační hodnota
$Z$	[r]	doba životnosti
$N_p$	[Kč]	cena polotovaru
$R$	[%]	režie
$N_{hs}$	[Kč.hod <sup>-1</sup> ]	náklady na hodinu provozu stroje

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 NC program součásti

Příloha 2 Technologický postup

Příloha 3 Výkres součásti

## **PŘÍLOHA 1 – NC PROGRAM SOUČÁSTI**

### **HLAVNÍ PROGRAM**

```
N10 G90 G54 G95 G71 G18
N20 WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,84,50,75)
N30 MSG ("upnutí 1")
N40 G0 X290 Z190
N50 T="hrubovaci_nuz"
N60 G96 S500 lims=4000 M4 M8
N70 G0 X77 Z0
N80 G1 X-1 Z0 f0.2
N90 G0 X-1 Z2
N100 G0 X74 Z2
N110 G1 X74 Z-40
N120 G0 X290 Z190
N130 T="navrtavak"
N140 G97 s1000 M3 M8
N150 G17 f0.1
N160 G0 X0 Z5
N170 CYCLE81(20,0,1,,5,0,0,1,11)
N180 G0 X290 Z190
N190 T="vrtak13"
N200 G97 s1500 M3 M8
N210 G17
N220 f0.3
N230 G0 X0 Z5
N240 CYCLE82(100,0,1,,85,0,10,1,11)
N250 G0 X290 Z190
N260 T="hrubovaci_nuz_vnitri"
N270 G96 S500 lims=4000 M4 M8
N280 G0 X10 Z5
N290 CYCLE62("VKONTURA",1,,)
```



N580 CYCLE62("VNEJSIKONTURAV",1,,)  
N590 CYCLE952  
("vnejsikonturav1",,"",2101311,0.1,0,0,1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,12,1  
100110)  
N600 G0 X290 Z190  
N610 T="dokoncovaci\_nuz"  
N620 G96 S800 lims=4000  
N630 G0 X30 Z5  
N640 CYCLE952  
("vnejsikonturav1",,"",2101321,0.1,0,0,1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,12,1  
100110)  
N650 G0 X290 Z190  
N660 T="zapichovak"  
N670 G96 S120 lims=4000  
N680 G0 X60 Z5  
N690 CYCLE930  
(52,-8.8,8.15,10.089597,11,,0,10,0,1,3,3,0,0.2,0,1,10530,,1,30,0.1,1,0.1,0.1,2,110)  
N700 G0 X290 Z190  
N710 T="freza10"  
N720 G96 S150 lims=4000  
N730 G0 X60 Z5  
N740 CYCLE62("FREZ",1,,)  
N750 CYCLE72  
("",100,-4,1,-10,10,0.5,0.5,0.1,0.1,102,41,1,0,0.1,1,0,0,1,2,101,1011,100)  
N760 G0 X290 Z190  
N770 T="vrtak4"  
N780 G97 s1000 M3 M8  
N790 G17  
N800 f0.10  
N810 G0 X44 Z5  
N820 MCALL CYCLE82(1,-4,1,,-10,0,0,1,11)  
N830 HOLES2(0,0,22,30,30,6,1000,0,,,1)  
N840 G0 X290 Z190  
N850 T="zavitnik"  
N860 G97 s1000 M3 M8  
N870 G17

N880 f0.12  
N890 MCALL CYCLE840  
(2,-4,1,,6,0.7,0,5,20,,0.8,0,1,0,, "ISO\_METRIC", "M5",,1001,1)  
N900 HOLES2(0,0,22,30,30,6,1000,0,,1)  
N910 G0 X290 Z190  
N920 T="vrtak2,5"  
N930 G97 s1000 M3 M8  
N940 G17  
N950 f0.12  
N960 G0 X58 Z-15  
N970 MCALL CYCLE82(1,-20,1,, -25,0,0,1,11)  
N980 HOLES2(0,0,29,30,30,16,1000,0,,1)  
N990 G0 X140 Z100 ;jen kvuli simulaci  
N1000 M5 M9 M0  
N1010 MSG ("upnuti 3 (mezihroty)")  
N1020 G0 X290 Z190  
N1030 T="hrubovaci\_nuz"  
N1040 G96 S500 lims=4000 M4 M8  
N1050 G0 X75 Z5  
N1060 CYCLE62("VNEJSIKONTURAMALA",1,,)  
N1070 CYCLE952  
("vnejsikonturamala1", "",,2101311,0.1,0,0,1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,  
12,1100110)  
N1080 G0 X290 Z190  
N1090 T="hrubovaci\_nuz"  
N1100 G96 S500 lims=4000 M4 M8  
N1110 G0 X75 Z5  
N1120 CYCLE952  
("vnejsikonturamala1", "",,2101321,0.1,0,0,1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,  
12,1100110)  
N1130 G0 X290 Z190  
N1140 T="zapichovak"  
N1150 G96 S125 lims=4000  
N1160 G0 X50 Z-5  
N1170 CYCLE930  
(47,-8,15,19.907477,8.5,,0,0,30,1,3,0,0,0.2,0,1,10530,,1,30,0.1,1,0.1,0.1,2,1111110)

N1180 G0 X290 Z190

N1190 T="hrubovaci\_nuz"

N1200 G96 S500 lims=4000

N1210 G0 X50 Z-15

N1220 CYCLE62("VNEJSIKONTURAMALA2",1,,)

N1230 CYCLE952

("vnejsikonturamala2b",,"",2101311,0.1,0,0,1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,12,1100110)

N1240 G0 X290 Z190

N1250 T="dokoncovaci\_nuz"

N1260 G96 S500 lims=4000

N1270 G0 X50 Z-15

N1280 CYCLE952

("vnejsikonturamala2b",,"",2101321,0.1,0,0,1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,12,1100110)

N1290 G0 X290 Z190

N1300 T="vrtak2,5"

N1310 G97 s1000 M3 M8

N1320 G17

N1330 f0.12

N1340 G0 X38 Z5

N1350 MCALL CYCLE82(1,0,1,,-10,0,0,1,11)

N1360 HOLES2(0,0,19,30,30,16,1000,0,,1)

N1370 M30

## PODPROGRAMY

N1380 E\_LAB\_A\_VKONTURA: ;#SM Z:4

;**#7\_\_DlGK** contour definition begin - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

G18 G90 DIAM90;\*GP\*

G0 Z0 X22 ;\*GP\*

G1 Z-8 ;\*GP\*

X13 ;\*GP\*

Z-21 ;\*GP\*

X22 ;\*GP\*

Z-41 ;\*GP\*

;**CON**,V64,2,0.0000,1,1,MST:3,2,AX:Z,X,K,I;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;**S**,EX:0,EY:22,ASE:90;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;**LL**,EX:-8;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;**LD**,EY:13;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;**LL**,EX:-21;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;**LU**,EY:22;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;**LL**,EX:-41;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;**#End** contour definition end - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

E\_LAB\_E\_VKONTURA:

N1390 E\_LAB\_A\_VNEJSIKONTURAV: ;#SM Z:6

;**#7\_\_DlGK** contour definition begin - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

G18 G90 DIAM90;\*GP\*

G0 Z0 X30 ;\*GP\*

G1 Z-4 X31.124 RND=3 ;\*GP\*

X52 RND=1 ;\*GP\*

Z-19 RND=1 ;\*GP\*

X67 RND=1 ;\*GP\*

Z-25 ;\*GP\*

X75 ;\*GP\*

;**CON**,V64,2,0.0000,5,5,MST:3,2,AX:Z,X,K,I;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;**S**,EX:0,EY:30,ASE:90;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;LA,EX:-4,ASE:-188;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;R,RROUND:3;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LU,EY:52;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;R,RROUND:1;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LL,EX:-19;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;R,RROUND:1;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LU,EY:67;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;R,RROUND:1;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LL,EX:-25;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LU,EY:75;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;#End contour definition end - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
E\_LAB\_E\_VNEJSIKONTURAV:

N1400 E\_LAB\_A\_VNEJSIKONTURAMALA: ;#SM Z:7  
;#7\_\_DlGK contour definition begin - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
G18 G90 DIAM90;\*GP\*  
G0 Z0 X30 ;\*GP\*  
G1 Z-4 RND=3 ;\*GP\*  
X47 RND=1 ;\*GP\*  
Z-58 ;\*GP\*  
X67 RND=1 ;\*GP\*  
Z-63 ;\*GP\*  
;CON,V64,2,0.0000,5,5,MST:3,2,AX:Z,X,K,I;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;S,EX:0,EY:30,ASE:90;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LL,EX:-4;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;R,RROUND:3;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LU,EY:47;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;R,RROUND:1;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LL,EX:-58;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LU,EY:67;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;R,RROUND:1;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LL,DEX:-5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;#End contour definition end - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

E\_LAB\_E\_VNEJSIKONTURAMALA:

N1410 E\_LAB\_A\_VNEJSIKONTURAMALA2: ;#SM Z:10  
;#7\_\_DlGK contour definition begin - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
G18 G90 DIAM90;\*GP\*  
G0 Z-20 X30 ;\*GP\*  
G1 Z-30 ;\*GP\*  
Z-58 X40 RND=3 ;\*GP\*  
X49 ;\*GP\*  
;CON,V64,2,0.0000,3,3,MST:3,2,AX:Z,X,K,I;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;S,EX:-20,EY:30,ASE:90;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LL,EX:-30;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LA,EX:-58,EY:40;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;R,RROUND:3;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;LU,EY:49;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;#End contour definition end - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
E\_LAB\_E\_VNEJSIKONTURAMALA2:

N1420 E\_LAB\_A\_FREZ: ;#SM Z:4  
;#7\_\_DlGK contour definition begin - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
G17 G90 DIAMOF;\*GP\*  
G0 X-4.7 Y21.8 ;\*GP\*  
G2 X4.7 I=AC(0) J=AC(20.094) ;\*GP\*  
G3 X16.7 Y14.9 I=AC(13.568) J=AC(23.337) ;\*GP\*  
G2 X21.2 Y6.8 I=AC(17.306) J=AC(9.937) ;\*GP\*  
G3 Y-6.8 I=AC(27.096) J=AC(0) ;\*GP\*  
G2 X16.7 Y-14.9 I=AC(17.306) J=AC(-9.937) ;\*GP\*  
G3 X4.7 Y-21.8 I=AC(13.568) J=AC(-23.337) ;\*GP\*  
G2 X-4.7 I=AC(0) J=AC(-20.094) ;\*GP\*  
G3 X-16.7 Y-14.9 I=AC(-13.568) J=AC(-23.337) ;\*GP\*  
G2 X-21.2 Y-6.8 I=AC(-17.306) J=AC(-9.937) ;\*GP\*  
G3 Y6.8 I=AC(-27.096) J=AC(0) ;\*GP\*  
G2 X-16.7 Y14.9 I=AC(-17.306) J=AC(9.937) ;\*GP\*

G3 X-4.7 Y22.8 I=AC(-13.681) J=AC(23.379) ;\*GP\*  
;CON,0,0.0000,12,12,MST:0,0,AX:X,Y,I,J;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;S,EX:-4.7,EY:21.8;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACW,DIA:0/35,EX:4.7,EY:21.8,RAD:5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACCW,DIA:0/35,EX:16.7,EY:14.9,RAD:9;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACW,DIA:0/35,EX:21.2,EY:6.8,RAD:5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACCW,DIA:0/235,EX:21.2,EY:-6.8,RAD:9;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACW,DIA:0/235,EX:16.7,EY:-14.9,RAD:5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACCW,DIA:0/235,EX:4.7,EY:-21.8,RAD:9;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACW,DIA:0/235,EX:-4.7,EY:-21.8,RAD:5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACCW,DIA:0/35,EX:-16.7,EY:-14.9,RAD:9;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACW,DIA:0/35,EX:-21.2,EY:-6.8,RAD:5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACCW,DIA:0/35,EX:-21.2,EY:6.8,RAD:9;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACW,DIA:0/235,EX:-16.7,EY:14.9,RAD:5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;ACCW,DIA:0/235,EX:-4.7,EY:22.8,RAD:9;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
;#End contour definition end - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*  
E\_LAB\_E\_FREZ:

## PŘÍLOHA 2 – TECHNOLOGICKÝ POSTUP

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		Název součástky: NÁBOJ	Číslo výkresu součásti: 1 - 2012
Dne: 1. 5. 2012		Vyhotoval: Švagera		Kontroloval:	Polotovár: Ø75 - 84 ČSN 42 5551
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	
Orientační:	Třídící číslo:				
1/1	Pásová pila 05963	Dělna	Upnout obrobek  Řezat Ø75 na délku 84±0,5	Posuvné měřítko ČSN 25 1238	
2/2	Soustružnické centrum SP 280 SY 34441	Obrobna	Upnout obrobek do sklíčidla  Soustružit tvar podle výkresu	Posuvné měřítko ČSN 25 1238  Čelní unašeč typ 8410  Ubírací nůž stranový kr = 93° (hrubovací) Držák: SCLCL 1616H-09 VBD: CCGT 09T304-AS Vnitřní ubírací nůž kr = 91° (hrubovací) Držák: S10K STFCL-11 VBD: TCGT 110204-AS Vnitřní ubírací nůž kr = 91° (dokončovací) Držák: S10K STFCL-11 VBD: TCMT 110204D Středící vrták typ A DIN 333 vrták Ø13 DIN 338	

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		Název součástky: NÁBOJ	Číslo výkresu součásti: 1 - 2012
Dne: 1. 5. 2012		Vyhotoval: Švagera		Kontroloval:	Polotovár: Ø75 - 84 ČSN 42 5551
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	
Orientační:	Třídící číslo:				
3/3	Soustružnické centrum SP 280 SY 34441	Obrobna	Upnout obrobek do sklíčidla  Soustružit tvar podle výkresu	Ubírací nůž stranový kr = 93° (hrubovací) Držák: SCLCL 1616H-09 VBD: CCGT 09T304-AS Vnitřní ubírací nůž kr = 91° (hrubovací) Držák: S10K STFCL-11 VBD: TCGT 110204-AS Zapichovací nůž kr = 0° Držák: CGHN 32-3DG VBD: GIPA 3.00-0.20 válcová fréza Ø16 vrták Ø6 DIN 338 Posuvné měřítko ČSN 25 1238 Vnitřní ubírací nůž kr = 91° (dokončovací) Držák: S10K STFCL-11 VBD: TCMT 110204D vrták Ø2,5 DIN 338 závitník M5 DIN 376	

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		Název součástky: NÁBOJ	Číslo výkresu součásti: 1 - 2012
Dne: 1. 5. 2012		Vyhotoval: Švagera		Kontroloval:	Polotovár: Ø75 - 84 ČSN 42 5551
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	
Orientační:	Třídící číslo:				
4/4	Soustružnické centrum SP 280 SY 34441	Obrobná	Upnout obrobek mezi hroty pomocí čelního unašeče  Soustružit tvar podle výkresu	Posuvné měřítko ČSN 25 1238  Ubírací nůž stranový kr = 93° Držák: SCLCL 1616H-09 VBD: CCGT 09T304-AS Zapichovací nůž kr = 0° Držák: CGHN 32-3DG VBD: GIPA 3.00-0.20 Ubírací nůž stranový kr = 93° Držák: SCLCL 1616H-09 VBD: CCMT 09T304D Ubírací nůž stranový kr = 93° Držák: SCLCR 1616H-09 VBD: CCMT 09T304D	
5/5	kontrola  09863	OTK	Celkově kontrolovat dle výkresu	Posuvné měřítko ČSN 25 1238  válečkový kalibr 22H7 DIN 7162	