

Technická univerzita v Liberci  
Fakulta strojní



Jan Tauchman

**SIMULACE OBRÁBĚNÍ V CAD/CAM SYSTÉMU  
EDGE CAM PRO CNC SOUSTRUH E-120P**

Bakalářská práce

2009

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: Strojírenství

Zaměření: Výrobní systémy

**SIMULACE OBRÁBĚNÍ V CAD/CAM SYSTÉMU  
EDGECAM PRO CNC SOUSTRUH E-120P**

KVS – VS – 070

Jan Tauchman

Vedoucí práce: Ing. Petr Keller, Ph.D.

Počet stran: 32

Počet příloh: 0

Počet obrázků: 21

Počet tabulek: 0

Počet modelů

nebo jiných příloh: 0

**TÉMA: SIMULACE OBRÁBĚNÍ V CAD/CAM SYSTÉMU EDGE CAM  
PRO CNC SOUSTRUH E-120P**

**ANOTACE:** Tato práce popisuje tvorbu postprocesoru v prostředí EdgeCAM pro školní CNC soustruh Emco Turn E-120P. To zahrnuje tvorbu zjednodušeného modelu stroje v objemovém modeláři Pro/Engineer, definování vlastností stroje a formátu příkazů v aplikaci Konstruktor postprocesorů, kompilaci postprocesoru, jeho odladění a zkoušení funkčnosti na vybrané součásti.

**THEME: SIMULATION OF CUTTING IN CAD/CAM SYSTEM EDGE CAM  
FOR CNC LATHE E-120P**

**ANNOTATION:** This work describes creation of postprocessor in EdgeCAM environment for school CNC lathe Emco Turn E-120P. It includes creation of simplified machine model in solid modeler Pro/Engineer, definition of machine features and format of orders in Constructor of postprocessors application, compilation of postprocessor, his debugging and function-testing on chosen component.

Desetinné třídění:

**Klíčová slova:** CNC SOUSTRUH, CAD/CAM SYSTÉMY, POSTPROCESOR,  
SIMULACE

**Zpracovatel:** TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

**Dokončeno:** 2009

**Archivní označení zprávy:**

**Počet stran:** 32

**Počet příloh:** 0

**Počet obrázků:** 21

**Počet tabulek:** 0

**Počet modelů  
nebo jiných příloh:** 0

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užití své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Datum

Podpis

## **Místopřísežné prohlášení**

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Liberci dne

.....

# OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
1.1 Současný stav .....	8
1.2 Postprocessor .....	8
1.3 Cíle práce .....	9
<b>2 TVORBA MODELU STROJE.....</b>	<b>10</b>
2.1 Měření rozměrů stroje .....	10
2.2 Tvorba 3D modelu stroje .....	10
2.2.1 Kryty stroje.....	10
2.2.2 Vřeteno se sklíčidlem .....	11
2.2.3 Uchycení osy Z.....	11
2.2.4 Uchycení osy X .....	12
2.2.5 Nástrojová hlava.....	12
2.2.6 Koník .....	13
2.2.7 Tvorba sestavy.....	13
2.3 Zajištění kompatibility modelu s Konstruktérem postprocesorů .....	14
<b>3 TVORBA POSTPROCESORU.....</b>	<b>15</b>
3.1 Úvod do tvorby postprocesoru .....	15
3.2 Definování geometrie stroje.....	15
3.3 Parametry stroje.....	16
3.4 Formáty NC adres .....	17
3.5 Funkce v NC kódu.....	18
3.6 Sekvence NC kódu.....	20
3.7 Kompilace .....	22
<b>4 TESTOVÁNÍ A SIMULACE .....</b>	<b>23</b>
4.1 Tvorba obráběcích nástrojů .....	23
4.2 Programování obrábění testovací součásti .....	24
4.2.1 Testovací součást.....	24
4.2.2 Definování geometrie obrobku.....	25
4.2.3 Tvorba obráběcího postupu .....	25

<b>4.3 Simulátor obrábění v EdgeCAMu .....</b>	<b>27</b>
<b>4.4 Ladění postprocesoru.....</b>	<b>28</b>
<b>4.5 Obrábění pokusné součásti.....</b>	<b>29</b>
<b>5 ZÁVĚR .....</b>	<b>31</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>32</b>

# 1 ÚVOD

## 1.1 Současný stav

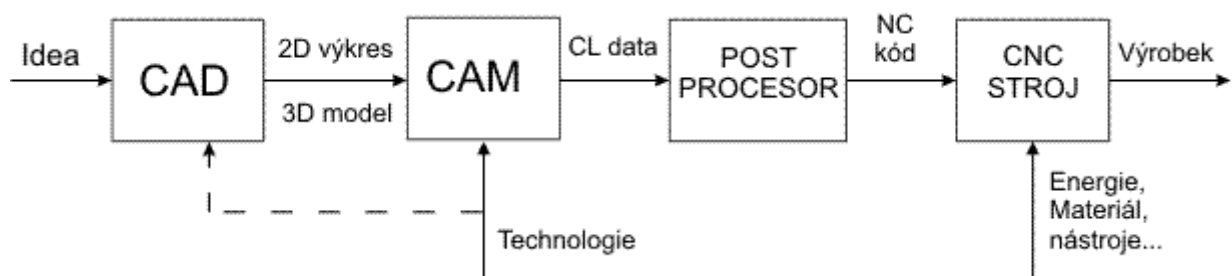
Obráběcím strojem, kterým se v této práci budu zabývat, je počítačem řízený (dále jen CNC) soustruh Emco Turn E-120P s řídicím systémem Emcotronic TM02, který se nachází v Laboratoři CNC strojů Katedry výrobních systémů. Jedná se o dvouosý stroj, který má souvislé řízení dráhy nástroje v obou osách (X, Z) se stálou polohovou zpětnou vazbou a synchronizací posuvových mechanismů. Osy jsou poháněny krokovými motory. Řízení dráhy nástroje je uskutečněno pomocí kuličkového šroubu s předepjatou kuličkovou maticí. Stroj je vybaven revolverovou hlavou s osou rovnoběžnou s osou vřetena, do které je možno upnout až 8 nástrojů, šikmým ložem, které umožňuje snadný odvod třísek, a bohatým příslušenstvím. Dále je vybaven pneumatickým koníkem a pneumatickým sklíčidlem, popř. kleštinami. Jeho přednostmi jsou vysoká přesnost, spolehlivost a jednoduchá obsluha. Díky tomu všemu je ideálním zařízením pro obrábění menších členitých součástí z barevných kovů a plastů s mnoha různými operacemi. Také se výborně hodí pro výukové účely. [3]

K programování tohoto soustruhu je na katedře využíván CAD/CAM systém AlphaCAM. Dále katedra disponuje podobným systémem EdgeCAM (verze 12.5), který ale nemá pro tento CNC soustruh vytvořen postprocesor, a tudíž není zatím možné EdgeCAM využít pro jeho programování. A právě tvorba tohoto postprocesoru je hlavním tématem této bakalářské práce.

## 1.2 Postprocesor

Aby CNC stroj mohl vůbec obrábět, je třeba mu do řídicího systému zadat tzv. NC kód. Ten popisuje pohyby obráběcích nástrojů, řezné podmínky, nastavení stroje apod. V současné době je možné ho vytvořit třemi způsoby:

- 1) Ruční programování – je to nejstarší způsob, kdy programátor píše kód ručně za pomoci výkresu součástí.
- 2) Dílenské programování – program je vytvářen řídicím systémem stroje na základě zadaných informací o polotovaru a konečném tvaru součástí. Tento způsob je vhodný pro součásti jednoduchého tvaru. Také záleží na řídicím systému, zda tento způsob programování podporuje.
- 3) Pomocí CAD/CAM systému – dnes nejrozšířenější způsob, pomocí něhož lze obrábět i ty nejsložitější tvary. Tento postup je znázorněn na následujícím schématu: [1]



Obr. 1 – Schéma obrábění pomocí CAD/CAM systému [1]

Na začátku procesu konstruktér vytvoří 2D geometrii nebo 3D model součásti, který lze následně vložit do CAM systému. Pokud se jedná o CAD/CAM systém, znamená to, že je možné geometrii vytvořit přímo v tomto programu. V CAM systému se převážně definují technologické části procesu – nástroje a jejich pohyby, řezné podmínky atd. Systém pak vytvoří tzv. CL data (Cutter Location data), která se vloží do postprocesoru (viz následující odstavec), který vygeneruje výsledný NC kód. Kód se pomocí např. diskety nebo DNC systému vloží do řídicího systému stroje, který podle něj obrobí součást.



Postprocesor je softwarový převodník dat z CAD/CAM systému (CL data) do datového jazyka konkrétního obráběcího stroje (NC kód) [2]. V případě EdgeCAMu obsahuje technické, technologické i geometrické údaje o stroji – z jakých částí se skládá, kolik má řízených os a jaké jsou jejich rozsahy, otáčkové řady, rychlosti posuvů a přísuvů apod. Dále obsahuje příkazy podporované řídicím systémem stroje a formáty jednotlivých bloků a příkazů v NC kódu.

Každý CNC stroj má odlišný formát kódů a různou podporu příkazů. Proto neexistuje žádný univerzální postprocesor, ale je potřeba ho vytvořit pro každý stroj zvlášť. Také pravděpodobnost, že by se vyskytovaly dvě identické konfigurace CNC obráběcího stroje, je téměř nulová. Navíc postprocesory nejsou ani přenosné mezi různými CAD/CAM systémy.

Pokud si pořídíme nový CNC stroj, je tedy třeba si k němu pořídít i odpovídající postprocesor. Existují celkem tři způsoby jeho získání:

- 1) Objednat si postprocesor na míru
- 2) Prohledat databázi existujících zákaznických postprocesorů CAM systému svého prodejce a porovnávat, který z nich v daných podmínkách bude pracovat dostatečně dobře
- 3) Sám si vytvořit vlastní postprocesor

První možnost je sice téměř bez práce, ale zato nejdražší a navíc dodací doby takto vytvořených postprocesorů bývají až půl roku. U druhého způsobu zase není záruka, že najdeme postprocesor přesně vyhovující našemu stroji, a často ho musíme ještě před použitím upravit. Třetí volba je sice zdánlivě nejtěžší a komplikovaná, ale zato vede k nejlepším výsledkům.[2] Výhodou tohoto způsobu je také to, že se při tvorbě dokonale seznámíme s každým detailem stroje a jeho řídicího systému. Právě tento způsob tvorby byl použit v této bakalářské práci.

### **1.3 Cíle práce**

Cílem této bakalářské práce je popsat všechny fáze tvorby funkčního postprocesoru pro školní CNC soustruh Emco Turn E-120P v prostředí CAD/CAM systému EdgeCAM. Nejprve se vytvoří zjednodušený 3D model stroje, který se následně vloží do postprocesoru v aplikaci Konstruktor postprocesorů. V této aplikaci se dále definují vlastnosti stroje, podporované příkazy a formáty NC adres. Závěrem celé práce je kompilace postprocesoru, jeho odladění a zkoušení funkčnosti nejprve simulací a nakonec i na skutečně obráběné součásti. Kromě samotného popisu jeho vývoje zde budou uvedeny teoretické informace, týkající se jednotlivých etap tvorby, vlastní poznatky, rady a doporučení, aby bylo možné tuto práci použít i jako jakýsi návod.

Přínosem tohoto postprocesoru nebude jen možnost tvorby NC kódu v EdgeCAMu pro zmíněný soustruh, ale také simulace celého obráběcího procesu. Běžně je při simulaci v CAM systémech vidět pouze obrobek a nástroj, takto bude možné vidět celý stroj „v akci“, pohyby os, výměnu nástrojů apod., což jistě přispěje k lepšímu představení si celého obrábění při výuce. Také bude možné při simulaci kontrolovat všechny pohyby nástrojů a os, zda odpovídají našim představám, a dále kolize nástrojů a nástrojové hlavy s ostatními částmi stroje nebo obrobkem dříve, než by k tomu došlo při reálném obrábění. Pokud tedy při simulaci všechno probíhá tak, jak má, samozřejmě za předpokladu, že je postprocesor správně sestaven, dá se teoreticky předpokládat, že bude bezproblémové i obrábění na skutečném stroji.

## 2 TVORBA MODELU STROJE

### 2.1 Měření rozměrů stroje

Plnohodnotný postprocesor s 3D modelem stroje má obsahovat i geometrické údaje o stroji (zjednodušený model). Protože bohužel tento 3D model nebyl k dispozici, bylo nutné ho vytvořit. Celá práce tedy začínala ručním měřením stroje a jeho jednotlivých součástí v Laboratoři CNC strojů Katedry výrobních systémů. Nejprve bylo nutné si každou část načrtnout tužkou do poznámkového bloku a ke každé skice následně přiřadit rozměry. Větší rozměry, které nejsou důležitou částí stroje (např. kryty stroje), byly měřeny obyčejným krejčovským metrem, menší a podstatné rozměry pomocí běžných dílenských měřících pomůcek – digitální posuvné měřítko, ocelové měřítko, úhelník. S pomocí úhelníku byla například změřena kolmá vzdálenost osy vřeteny od lože (podle špičky pinoly). Části, které by měly být proměřovány přesněji, jsou hlavně vřeteny se sklíčidlem, revolverová nástrojová hlava a pinola koníku, protože právě v prostoru mezi těmito součástmi se pohybuje nástroj a mohlo by zde docházet k případným kolizím. Naopak rozměry jako referenční poloha, poloha výměny nástroje, točná délka nebo oběžný průměr nad ložem je zbytečné měřit, protože se dají vyhledat v dokumentaci stroje.

Napoprvé je samozřejmě téměř nemožné změřit všechny rozměry tak, aby mohl být celý model bez problémů zkonstruován. Až při samotné tvorbě 3D modelu se zjistí, že nějaký rozměr chybí nebo je pravděpodobně špatně změřen. Proto bylo měření provedeno celkem dvakrát. Také byly pořízeny fotografie jednotlivých součástí stroje. Dobrá fotografie dává při tvorbě 3D modelu mnohem lepší představu o vzhledu součásti než skica. Fotografie jsou také použity ke srovnání modelu se skutečným strojem.

### 2.2 Tvorba 3D modelu stroje

K modelování stroje byla využita školní verze programu Pro/Engineer Wildfire 2. Jde o plnohodnotný parametrický modelář, často využívaný v průmyslu. Postupovalo se dle klasického způsobu, tzn. nejdříve bylo nutné vymodelovat jednotlivé součásti (Part – Solid, přípona \*.prt) a pak sestavit z těchto součástí sestavu (Assembly, přípona \*.asm). Součásti, které mají různou funkci (sklíčidlo s vřetenem, uchycení os, nástrojová hlava,...), je nutno modelovat zvlášť (jako samostatné součásti – Parts). Je to nutné z důvodu funkčnosti 3D modelu v postprocesoru. V něm se musí prvkům s různou funkcí přiřadit také různé modely součástí. Například pokud se simuluje pohyb nástroje v některé ose stroje, simulátor hýbe právě tou součástí, která je označena jako uchycení osy. Také je díky tomu možné při simulaci tyto jednotlivé součásti skrýt nebo zobrazit.

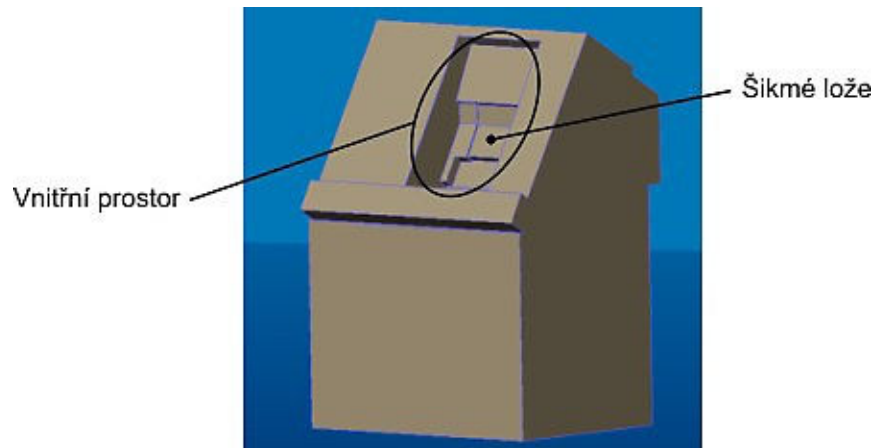
Tvary součástí stroje jsou velmi zjednodušené. Byla vynechána veškerá zaoblení, zkosení a nedůležitá osazení. Dále nebyly modelovány šrouby a nýty, přívod chladící kapaliny apod., při zachování hlavních a technologicky důležitých rozměrů. Podrobnější model by sice dával lepší představu o vzhledu, ale výsledný soubor postprocesoru by byl datově větší a také by zabíral vyšší množství operační paměti počítače při simulaci. Složitost modelu je také přímo úměrná náročnosti na výpočetní výkon PC.

V následujících podkapitolách budou popsány jednotlivé součásti, které byly modelované zvlášť, a také výsledná sestava.

#### 2.2.1 Kryty stroje

Na vnějších rozměrech stroje příliš nezáleží, takže nebyly modelovány úplně detailně. Přesnost krejčovského metru, kterým jsem tyto rozměry měřil, je navíc v řádech centimetrů. Vnější kryty stroje byly vytvořeny jednoduchým vytažením (Extrude) bočního profilu stroje. Vnitřní prostor, ve kterém se provádí obrábění (viz obrázek 2), byl vytvořen o něco přesněji než kryty, protože byl měřen prostředky, jejichž přesnost je v řádu milimetrů (ocelové

měřítka, posuvné měřítka). Byla použita stejná modelovací operace – vytažení, ale s odebráním materiálu. Do prostoru, vytvořeného touto operací, budou umístěny v sestavě všechny zbylé části. Uprostřed zadní části tohoto prostoru je šikmé lože, skloněné o 60° od vodorovné roviny, takže třísky neпадají na něj, ale do spodní části, která je rovněž skloněná.

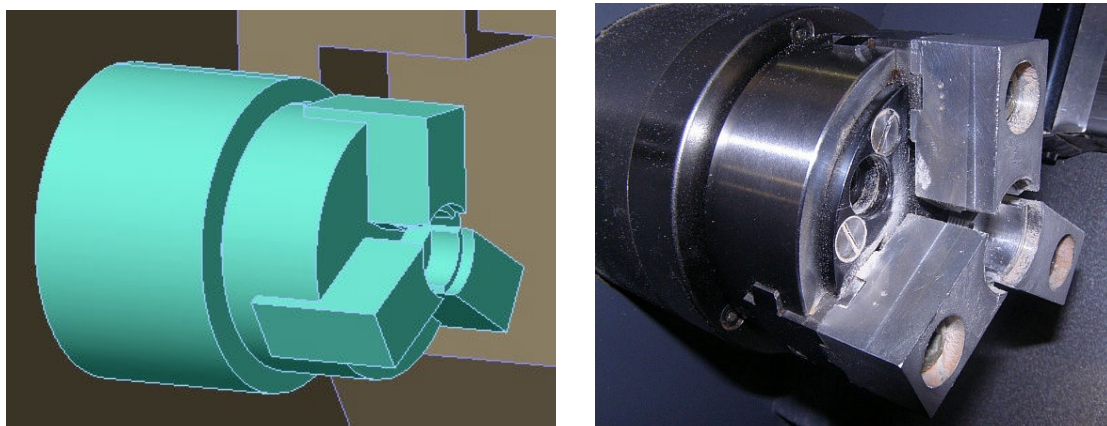


Obr. 2 – Model krytů stroje

Dveře, které normálně zakrývají obráběcí prostor, nebyly vymodelovány. Zbytečně by zvětšovaly datovou velikost výsledného souboru postprocesoru a nebylo by možné skrz ně vidět do obráběcí oblasti. Navíc se dveře na stroji ovládají ručně, takže by jejich zavírání nešlo ani simulovat.

### 2.2.2 Vřeteno se sklíčidlem

V levé části obráběcího prostoru se nachází vřeteno soustruhu, na které se nasazují upínací přípravky jako sklíčidlo, nebo kleštiny. Vřeteno je průchozí, s vrtáním 20.7 mm, lze tedy skrz něj podávat materiál k obrábění. Do sklíčidla, které je aktuálně na stroji, lze upnout maximální průměr 20 mm. Sklíčidlo, narozdíl od vřetena, není průchozí. V ose vřetena na jeho přední ploše je umístěn nulový bod stroje – M, výchozí počátek souřadného systému. Z důvodu jednoduchosti byla modelována pouze ta část vřetena, která vystupuje ze stroje do obráběcího prostoru, současně se sklíčidlem. Společný model těchto dvou součástí byl tedy zjednodušen na jeden osazený válec, do jehož přední části jsou zasazeny tři trochu složitěji modelované čelisti.

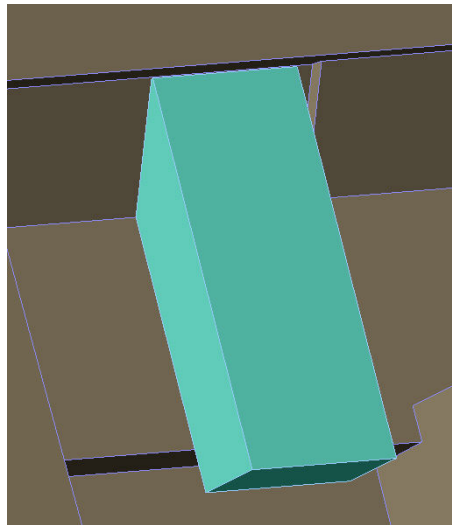


Obr. 3 – Porovnání modelu vřetena a skutečnosti

### 2.2.3 Uchycení osy Z

Součást, která v modelu reprezentuje uchycení hlavní osy stroje – posuvové osy Z, byla modelována vytažením jako jednoduchý hranol s lichoběžníkovou podstavou. Na stroji je sice tato součást přichycena k šikmému loži, které fyzicky koná posuv, ale pro zjednodušení se při

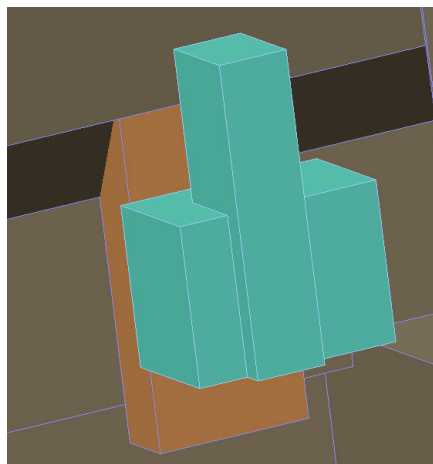
simulaci bude pohybovat uchycení osy Z po loži. Rozsah pohybu této osy je vzhledem k nulovému bodu nástrojového držáku (N) +19.5 až +195.5 mm v absolutních souřadnicích (od bodu M). Osa má kladný směr (při čelním pohledu na stroj) doprava.



Obr. 4 – Model uchycení osy Z

## 2.2.4 Uchycení osy X

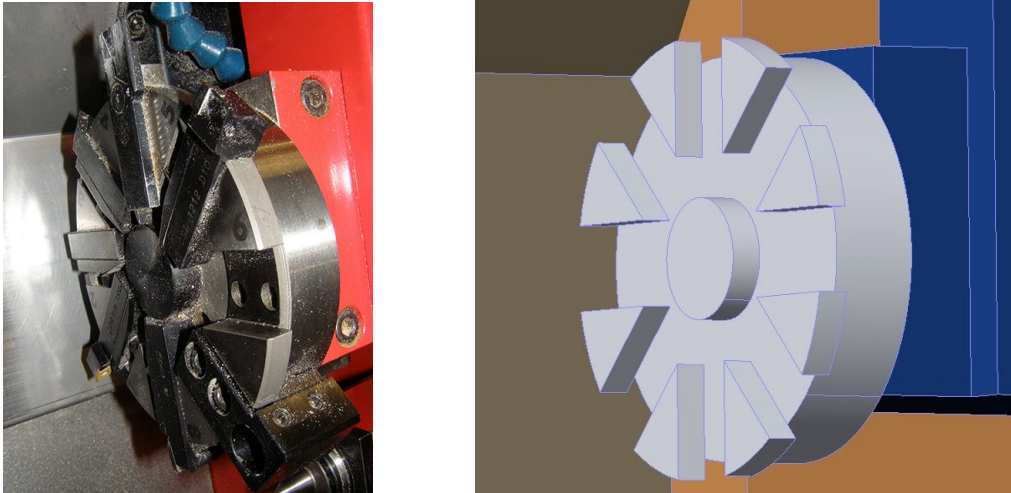
Součást, představující uchycení přísluvové osy X (hlavní osa v rovině upínání obrobku), je tvořena jako tři hranoly obdélníkového průřezu, jejichž spodní podstavy leží v jedné rovině. Tato součást je v modelu i fyzicky umístěna na uchycení osy Z a pohybuje se po této ose. Kladný směr má (při čelním pohledu na stroj) nahoru. Její rozsah je vzhledem k bodu N -4 až +52 mm absolutně. Programuje se ale průměrově, tj. že je zadána průměrová hodnota teoretického válce, na jehož povrch chceme nulovým bodem nástroje (P) najet (ne absolutní vzdálenost od osy vřetena).



Obr.5 – Model uchycení osy X

## 2.2.5 Nástrojová hlava

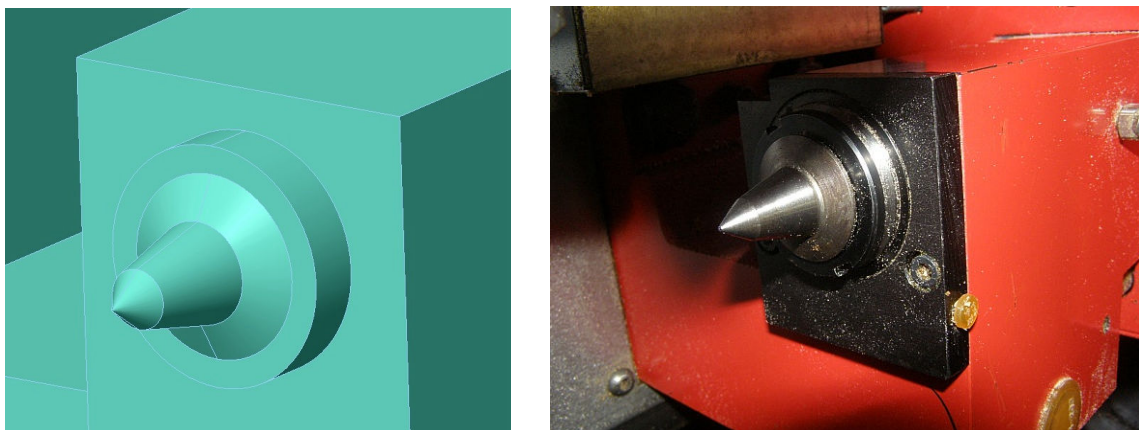
Nástroje (včetně referenčního) jsou na tomto stroji uchyceny na revolverové nástrojové hlavě s osou rovnoběžnou s osou vřetena, přičemž vzdálenost mezi osami je 123.2 mm. Hlava je umístěna na levé straně uchycení osy X. Do této hlavy je možno pomocí šroubů upnout až 8 nástrojů. Hlava je určena pro nástroje čtvercového průřezu (12×12 mm). 3D model je tvořen jednoduchým kotoučem, z kterého vystupují boční upínací plochy, jejichž vzdálenost od sebe je 24 mm, a trn o průměru 35 mm, na který se umístí zadní plochy nástrojů. Samotné nástroje nebylo nutné modelovat v systému Pro/Engineer, ale byly vytvořeny v modulu Zásobníku nástrojů v systému EdgeCAMu (viz kapitola 4.1).



Obr. 6 – Porovnání nástrojové hlavy s modelem

### 2.2.6 Koník

Koník se zde nachází jako na většině soustruhů v pravé části obráběcího prostoru; osa pinoly je totožná s osou vřetena. Koník je nepohyblivý, pouze pinola se pohybuje vpřed a vzad, a nelze jí zaměnit za jiný nástroj nebo přípravek. Její pohyb bohužel nejde v EdgeCAMu nijak simulovat. 3D model koníku byl vytvořen pomocí jednoduchého vysunutí pravoúhlých tvarů, pouze pinola je modelována přesněji, rotací jejího profilu.



Obr. 7 – Srovnání modelu koníku (pinoly) se skutečností

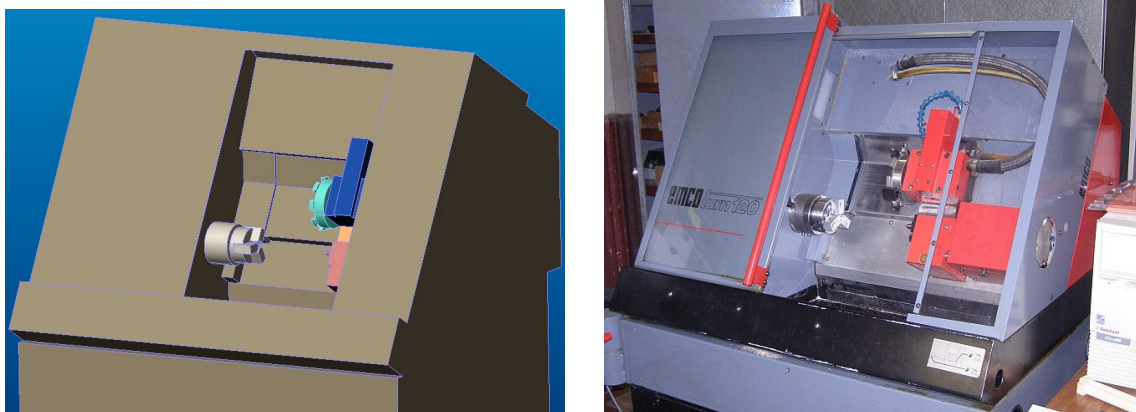
### 2.2.7 Tvorba sestavy

Ze všech výše uvedených částí byla nakonec vytvořena v Pro/Engineeru sestava stroje. Zde je potřeba zajistit, aby souřadný systém sestavy byl shodný se souřadným systémem stroje, tzn. aby se počátek soustavy souřadnic celé sestavy nacházel ve stejném místě jako nulový bod stroje (M), osa Z měla kladný směr doprava a osa X nahoru. Toho se dosáhne vhodným zavazbením první vložené součásti – krytů stroje, neboli zadáním vzdáleností určitých ploch krytů od základních rovin sestavy – Top, Front a Right. Rovina Top je tvořena osami X a Z, rovina Front osami X a Y a rovina Right osami Z a Y. Například bylo změřeno, že nulový bod stroje se nachází 67.5 mm vpravo od levého kraje obráběcího prostoru. Proto se při definici vazeb musí označit levá okrajová plocha tohoto prostoru a rovina Front, která s ní má být rovnoběžná, zvolit typ vazby Align a do hodnoty Offset (odsazení) zadat -67.5.

Dále byly vloženy ostatní části. Vložení koníku nebo vřetena se sklíčidlem, jehož osa je shodná s osou Z (průsečík rovin Top a Right) a levá strana přiléhá na levý okraj obráběcího prostoru, nebyl velký problém. Větší pozornost je třeba věnovat umístění uchycení os, protože se musí v modelu nacházet v referenční poloze, což je zároveň poloha výměny nástroje a



mezní poloha os. Číselně vyjádřeno, nulový bod nástrojového držáku (N) se musí nacházet v absolutních souřadnicích v bodě  $X = +104$  mm a  $Z = +195.5$  mm. Bod N slouží jako počátek pro určování polohy ostří nástrojů. Leží na čelní straně revolverové hlavy v ose otvoru pro upínání nástrojů pro vnitřní soustružení (referenční nástroj). Vypnutý stroj se nachází právě v této poloze, takže lze orientačně změřit vzájemné vzdálenosti uchycení os a nástrojové hlavy od krytů, ale je třeba je pak doladit do výše uvedené polohy.



Obr. 8 – Porovnání modelu stroje se skutečným strojem

### **2.3 Zajištění kompatibility modelu s Konstruktérem postprocesorů**

Model celého stroje byl vytvořen jako klasická sestava Pro/Engineeru s příponou .asm. Protože do aplikace Konstruktér postprocesorů nelze přímo vkládat takovýto model, je třeba ho tam vložit pomocí další aplikace systému EdgeCAM – EdgeCAM Part Modeler. Ani tato aplikace však neumí zpracovat formát .asm, proto bylo třeba exportovat model v jiném formátu, který Part Modeler podporuje. Zde byl použit formát Parasolid. Export se provede následujícím způsobem: File → Save a copy... , zadáme název souboru, umístění souboru a z rozbalovacího menu Type zvolíme Parasolid (\*.x\_t). Objeví se dialogové okno, ve kterém zvolíme za Coordinate system souřadný systém sestavy, zbylé možnosti necháme tak jak jsou a klikneme na OK.

Dále spustíme aplikaci EdgeCAM Part Modeler. Otevřeme nový soubor a jednoduše vložíme model pomocí Vložit → Soubor Parasolid a vybereme soubor s modelem. Po kontrole, zda se všechny části správně vložily, můžeme model zpřístupnit pro aplikaci Konstruktér postprocesorů, a to kliknutím pravým tlačítkem myši na vybraný prvek v levém sloupci (strom prvků) a volbou Výstup modelu. Lze vybrat i celý model stroje najednou.

Je také možné vytvořit model stroje v aplikaci Part Modeler, ale v systému Pro/Engineer byl vytvořen proto, že nabízí více možností než Part Modeler.

## 3 TVORBA POSTPROCESORU

### 3.1 Úvod do tvorby postprocesoru

Jak je již popisováno v kapitole 1.2, samotný postprocesor ke stroji Emco Turn E-120P byl vytvářel ručně v prostředí EdgeCAMu. Byla použita školní verze EdgeCAM 12.50 s českým překladem. Ke tvorbě postprocesorů má tento CAD/CAM systém výborný nástroj – aplikaci Konstruktor postprocesorů. Postprocesor stroje se v Konstruktoru tvoří v interaktivním dialogu s technologem, který svými volbami a nastavením vytvoří postprocesor odvozením od vzoru z databáze, který nejlépe vyhovuje jeho konkrétnímu stroji [4]. Pokud se zvolí k editaci stroj podobný tomu, který bude vytvářen, je pak méně práce s přizpůsobením tvořeného postprocesoru. Po spuštění Konstruktoru postprocesorů se tedy v úvodním dialogu zvolí Začít nový dokument. Objeví se okno pro výběr profesního typu stroje, podle kterého bude nový postprocesor tvořen, tj. bude od něj odvozen. V nabídce jsou soustruh, frézka a drátořez. Po vybrání typu (zde samozřejmě soustruh) se objeví okno výběru konkrétního vzoru, se kterým se bude dále pracovat. Pro tento postprocesor zde byl v dolní tabulce vybrán vzor adaptive-generic-iso.cgt. Dále se zaškrtně políčko Načíst výchozí parametrickou grafiku. Díky tomu se načte kompletní postprocesor včetně grafiky stroje a bylo možné ho začít editovat.

### 3.2 Definování geometrie stroje

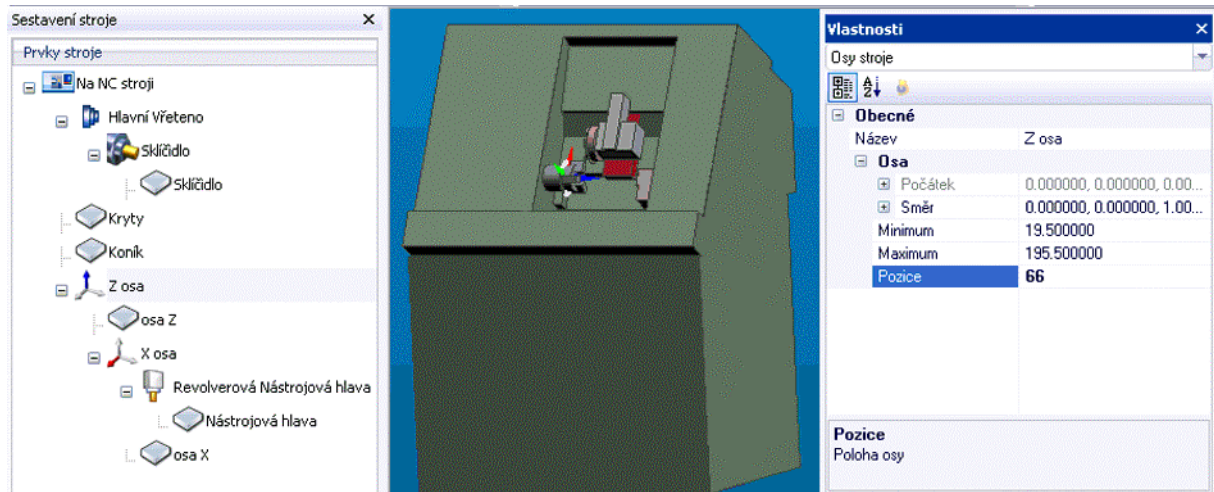
Pracovní okno aplikace Konstruktor postprocesorů se skládá z několika částí. Největší plochu zaujímá grafická zóna, která slouží k zobrazení 3D modelu stroje. Jednotlivé části stroje je možné zobrazit či skrýt pomocí panelu příkazových ikon Zobrazení. V levé části se nachází přesouvateľná okna pro sestavení stroje, upínače a držáky, vlastnosti, náhled a etapy zpracování postprocesoru.

Na začátku definování grafiky stroje je nutné smazat všechny nepoužité modely ze vzoru. V pracovních oknech Upínače a Sestavení stroje byly smazány všechny modely součástí předlohy, kromě sklíčidla. Díky tomu lze sklíčidlo stroje modelovat přímo v Konstruktoru postprocesorů, v okně Vlastnosti, zadáním parametrů jako průměr vřetena, jeho délka a vrtání, počet čelistí, rozměry čelistí apod. Dále je třeba zadat vzdálenost nulového bodu stroje od levého konce vřetena jako Z-ovou hodnotu v řádku Počátek. Výhodou takto vytvořeného sklíčidla je, že při simulaci lze zadat průměr obráběného polotovaru a čelisti se na něj samy nastaví.

Následně se pomocí aplikace Part Modeler (viz kapitola 2.3) zpřístupní 3D model stroje pro Konstruktor postprocesorů. Lze vložit buď celý model najednou, nebo po jednotlivých částech. Vložení se provede kliknutím pravým tlačítkem myši na daný prvek v okně Sestavení stroje a volbou Vložit model z kontextového menu. Pokud se vloží celý model najednou, je třeba přesunout modely jednotlivých částí k příslušným prvkům stroje (osy X a Z, vřeteno, nástrojová hlava). Vložené modely není třeba nijak posouvat, pokud je správně umístěn počátek souřadného systému, umístí se prvky do grafické zóny automaticky podle něj na stejnou pozici jako v Part Modeleru.

Dále je nutné vyplnit jednotlivým prvkům stroje jejich vlastnosti, a to kliknutím na vybraný prvek a zadáním hodnot v okně Vlastnosti. U os jsou to především jejich rozsahy, u nástrojové hlavy počet poloh. Posuvníkem pozice můžeme osami pohybovat v rámci jejich zadaného rozsahu. Po přiřazení typu součástí v řádku Obrábění (možnosti jsou Upínka, Kryty, Lože, Nástrojová hlava, Uchycení osy, Stůl) lze tyto typy zde v Konstruktoru postprocesorů nebo při simulaci zobrazit či skrýt. Pro přehlednost je také dobré jednotlivé grafické prvky vhodně pojmenovat, případně zadat barvu nebo průhlednost.

Tím jsou práce na grafice stroje hotovy. Na následujícím obrázku (Obr.9) je vidět strom prvků tohoto postprocesoru včetně modelu.



Obr. 9 – Strom prvků postprocesoru

### 3.3 Parametry stroje

Práce na postprocesoru pokračují zadáním parametrů NC stroje, jednotlivých voleb řídicího systému do okna, které se zobrazí po kliknutí na ikonu Parametry stroje. Zadávají se sem základní identifikační a nastavovací údaje o stroji, jako jsou např. informace o jeho nástrojové hlavě, vřetenu a otáčkových řadách. Většinu z nich lze nalézt v dokumentaci ke stroji (literatura [3]). Zde je vysvětlení některých důležitých položek v záložce **Parametry NC-stroje a řídicího systému**. V závorce jsou uvedeny hodnoty, které byly v příslušné kolonce při tvorbě postprocesoru vyplněny.

- *Název stroje* (EMCO TURN E-120P) – je vhodné ho volit výstižně, aby bylo při obrábění v EdgeCAMu možno odhadnout schopnosti postprocesoru.
- *Jednotky* (mm) – jednotky použité v partprogramu pro délkové rozměry (mm, palce).
- *Výchozí přípona NC souboru* (ANC) – přípona souboru s výstupním NC kódem. Zapisuje se bez předcházející tečky.
- *Maximální rychloposuv* (3000) – maximální možná rychlost posuvu stroje (funkce G00) v mm/min
- *Rozklad rychloposuvu* (zatrženo) – zatržením této možnosti probíhá rychloposuv nejkratší možnou úsečkou. Jinak je pohyb v obou osách stejně rychlý a dráha v ose s delším pohybem se „dotáhne“ ve směru této osy. [4]

Oddíl **Nástrojová hlava** je určen držákům obráběcích nástrojů. Sestava nastavovacích parametrů a voleb se může lišit podle vzoru postprocesoru. Kromě názvu je důležité vyplnit tyto parametry:

- *Počet poloh* (8) – počet indexovacích poloh hlavy (max. počet nástrojů v hlavě).
- *Poloha reference* (123.2; 0; 195.5) – souřadnice počáteční pozice nástroje (referenčního bodu R) v absolutních souřadnicích. Nemá význam, pokud má stroj absolutní odměřování polohy.
- *Poloha výměny nástroje* (123.2; 0; 195.5) – souřadnice standardní polohy pro výměnu nástroje. Ponechají-li se nulové, použijí se místo nich automaticky souřadnice referenční polohy.
- *Poloha seřízení nástroje* (71.2; 0; 0) – vzdálenost osy otáčení nástrojové hlavy od nulového bodu nástrojového držáku N. [4]

V oddílu **Vřeteno** se zadává například:

- *Název vřetena* (Hlavní)
- *Umístění počátku* (0; 0; 0) – vzdálenost počátku na vřetenu od nulového bodu stroje. U hlavního vřetena je standardně nastavena na nulu. Důležité hlavně u vícevřetenových soustruhů.

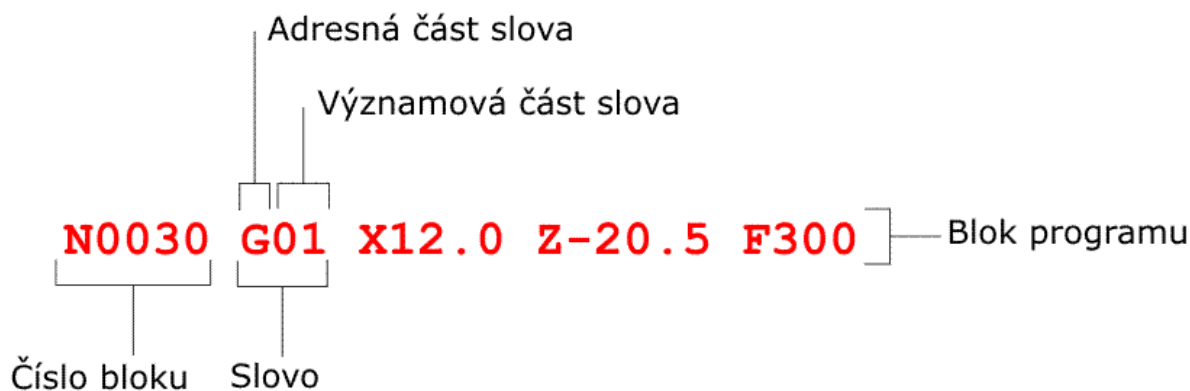


- *Výkon* (3) – výkon vřetena v koňských silách (HP). Možnost zadat výkon v kW tu bohužel není.
- *Od počátku k čelu upínače* (55) – vzdálenost (na ose Z, v mm) od počátku na vřetenu k vnější čelní ploše upínače, tedy tloušťka těla sklíčidla včetně vysunutí čelistí. Měla by odpovídat příslušnému rozměru na modelu. [4]

Řady otáček pro každé vřeteno stroje se nastavují v oddílu **Otáčky – řady**. Pro každou otáčkovou řadu se zadává hodnota nejnižších a nejvyšších možných otáček (za minutu), nejvyšší užívané otáčky a číslo M funkce pro řazení dané řady na stroji. Na tomto stroji je pouze jedna řada otáček, o rozsahu 150 až 4000 ot/min; M-kód není přiřazen.

### 3.4 Formáty NC adres

V etapě zpracování Formáty NC adres se definují výstupní formáty prvků bloků v sekvencích NC kódu. Bloky musí být v NC kódu zapsány přesně podle určitého formátu, protože jinak řídicí systém příkazy provede chybně nebo vůbec. Struktura programu a formát jednotlivých bloků je v současné době upraven normou ISO 14649 (vydána 2004). Proto se tento způsob také nazývá programování v ISO-kódu. Jak přesně mají bloky vypadat pro řídicí systém Emcotronic TM02, je popsáno v návodu k programování soustruhu (zde [3]). Na následujícím obrázku je příklad formátu jednoho bloku NC programu.



Obr. 10 – Příklad bloku NC kódu [1]

Každý blok (řádek programu, věta) se skládá z čísla bloku (označuje jednotlivé bloky, začíná písmenem N – number) a jednotlivých slov (například G01, F300, Z-20.5). Slova se dále skládají z tzv. adresné části tvořené jedním písmenem a významové části, tvořené posloupností číslic. Slova od sebe musí být oddělena právě jednou mezerou, mezi adresnou a významovou částí slova mezera není.

V tabulce Formáty NC adres je sekce Popis adres. Zde se vybere adresa pro funkci stroje nebo jiná číselná proměnná, kterou chceme upravovat. Úprava jejího výstupního formátu probíhá v sekcích Definuj formát adresy a Počet číslic. Pod seznamem je i možnost editovat písmeno adresy a její popis. U číslic se zde určuje maximální počet dekád před a za desetinnou tečkou. Například dráha pojezdu v ose X má mít před desetinnou tečkou 4 místa a za ní 3 místa. Proto se hodnota pole *Celá část* nastaví postranními šipkami na 4 a pole *Desetinná část* na 3. Je zde i rozlišení formátu čísel v palcích a milimetrech; pro tento soustruh má význam hlavně nastavování milimetrových rozměrů. V sekci Definuj formát adresy se zatrhnou požadované varianty výstupního formátu. Pokud se varianty formátu vzájemně vylučují, znepřístupní se vyloučená varianta. Lze to vidět na obr. 11, kde se u adresy Z-pohybu po zatržení volby Koncové nuly znepřístupnila volba Koncové mezery.

Například hodnoty X, Z, U, W, I, K se programují s desetinnou tečkou, ne čárkou. Proto se nezatrhne volba *Užij ", " místo "."*. Nezatrhne se ani možnost *Vedoucí nuly*, protože před desetinnou tečkou můžou být pouze platné číslice (ne např. X0013.100 – správně X13.100). Pokud ale bude zadaná hodnota v intervalu (-1; 1), musí před tečkou být nula, proto se zatrhne

možnost *Doplnit "0."* k číslům mezi  $-1$  a  $+1$ . Zatrhne se ale volba *Koncové nuly*, protože za desetinnou tečkou musí být právě 3 místa, i kdyby byla nulová. Pokud je hodnota kladná, nepíše se před ní +, proto se nezatrhne volba " $\pm$ " před kladná čísla.

Hodnoty strojních funkcí M a přípravných funkcí G musí být vždy dvojmístné, proto je u nich třeba zatrhnout *Vedoucí nuly*. U všech adres nesmí být zatržená volba *Vedoucí mezery*, protože mezi adresou a číslem nikdy mezery nejsou.

Nakonec je zde sekce *Otestuj si výstup*, kde se po zadání konkrétního čísla zobrazí v řádcích *Bude v mm* a *Bude v palcích* výstupní formát slova dle parametrů zadaných v ostatních sekcích.

Obr. 11 – Tabulka formátů adres

### 3.5 Funkce v NC kódu

Následuje etapa zpracování postprocesoru, ve které se postupně nabízí řada oken pro nastavení výchozích číselných hodnot adres pro funkce a řízení stroje a způsob jejich použití a zpracování v postprocesoru [4]. V následujících odstavcích jsou popsány významy a použití všech oddílů, které jsou důležité pro tento postprocesor. Platí zde - pokud stroj nějakou funkci nepodporuje, ponechá se u ní příslušné políčko pro číselný kód nevyplněné. Seznam podporovaných příkazů a jejich číselných kódů je v návodu na programování (literatura [3], str. 8).

Jedním z nejdůležitějších oddílů je G-funkce. Nastavují se zde hodnoty tzv. přípravných funkcí G, jako jsou rychloposuv (G00), lineární posuv (G01), kruhová interpolace (G02, G03), nastavení jednotek (mm – G71, palce – G70), korekce nástroje (zrušení – G40, levá korekce – G41, pravá korekce – G42), druh posuvu (za minutu – G94, na otáčku – G95) nebo přepínání mezi konstantní řeznou rychlostí (G96) a konstantní velikostí otáček (G97).

Okamžitý stop řídicí systém Emcotronic TM02 nepodporuje, proto není vyplněn, stejně jako přepínání mezi absolutními a relativními souřadnicemi. To se řeší jednoduše tak, že v místě, kde mají být použity relativní souřadnice, se místo souřadnice X použije U a místo souřadnice Z zase W. Pokud by stroj měl defaultně nastavené přírůstkové souřadnice, vybere se v oddílu *Obecné nastavení pro NC program* a jeho soubor v rozbalovacím seznamu u řádku *Zadávání souřadnic* volba *Přírůstkové*. U tohoto postprocesoru se samozřejmě použije volba *Absolutní*.

Přestože v NC kódu musí být číslo funkce vždy dvoumístné, stačí zde například u lineární interpolace zadat „1“ a ne „01“, protože podle nastavení formátu NC kódů (viz předchozí kapitola) se u G-funkcí přidá případná počáteční nula automaticky.

M-kódy pro chlazení	Obecné nastavení pro NC program a jeho soubor	Hlavička/Seřizovací list	Číslování bloků	Hlavní bloky v NC programu
Rychloposuv	Bloky kruhové interpolace	Řízení brzd vřetena	Číslo korekce nástroje	Konstantní řezná rychlosti (CSS)
Vrtací cykly	Výměna nástroje	Osové vyložení nástroje	NC podprogramy	Modální platnost (trvale do změny)
G-funkce odjetí do Reference/Výměny	G-funkce	Základní G funkce (posun počátku, registry)	M funkce	Ovládání chlazení
Režim ladění NC	G-funkce	G-funkce soustružení	G funkce pro vrtací cykly	G-funkce pro závitování
Rychloposuv	0	Lineární pohyb - interpolace	1	
Kruhová interpolace ve směru hodin (CLW)	2	Kruhová interpolace proti směru hodin (CCLW)	3	
Prodleva	4	Okamžitý stop		
Palec	70	Milimetry	71	
Zrušit korekci nástroje	40	Levá korekce nástroje	41	
Pravá korekce nástroje	42	Absolutní souřadnice		
Přírůstkové souřadnice		Posuv za minutu	94	
Posuv na otáčku	95	Konstantní řezná rychlost - vypnout	97	
Konstantní řezná rychlost - zapnout	96			

Obr. 12 – Vyplněná tabulka G-funkcí v NC kódu

Další důležité G-funkce se nastavují v oddílu Základní G-funkce. Do pole Maximální otáčky/nastavení registrů se zadá funkce G92, která zde má dvojitý význam. Je-li programována ve spojení s parametrem S, má význam omezení počtu otáček, jinak se jedná o zapsání nově zvoleného nulového bodu na pozici registru 5. Zrušení posunutí nulového bodu, provedeného funkcemi G54 a G55, se zapisuje do pole Základní souřadný systém stroje (kód G53). Kódy pro vyvolání posunutí pod registry 1 až 5 (G54, 55, 57, 58 a 59) se také zapisují do této tabulky.

Stejným způsobem se vyplňuje i oddíl s tabulkou pomocných (strojních) funkcí M. Díky tomu, že Emco Turn E-120P není příliš složitý soustruh, je v této tabulce vyplněno poměrně malé množství funkcí. Důležité funkce jsou zde například programové zastavení (M00), roztočení vřetena po směru (M03) nebo proti směru (M04) hodinových ručiček, zastavení vřetena (M05), konec programu (M30) nebo otevření/zavření sklíčidla (M25/M26). Další M-funkce se nastavují v oddílech Ovládání chlazení a M-kódy pro chlazení. Chlazení se zde zapíná funkcí M08 a vypíná M09.

Další důležitý oddíl je Číslování bloků. Zde se nastavuje použití a způsob číslování bloků v partprogramu stroje. Přestože není číslování bloků NC kódu u většiny moderních řídicích systémů pro NC stroje nutné, většinou se používá, protože podporuje přehlednost NC kódu. [4] Proto byla zatržena možnost Použít číslování bloků. Číslo prvního bloku programu bylo zvoleno 10, přírůstek číslování také 10, maximální číslo bloku je 9999, což odpovídá nastavení formátu této adresy v etapě zpracování Formáty NC adres (vždy 4 dekadý před desetinnou tečkou). Pokud by měl program více řádků, číslování začne znovu od čísla prvního bloku.

Pravidla pro bloky pohybu nástroje po oblouku se nastavují v oddílu Bloky kruhové interpolace. Pro tento postprocesor je důležité deaktivovat možnost Použij rádius místo IJK tam, kde to lze, protože stroj nepodporuje u kruhové interpolace parametr poloměru oblouku R, pouze parametry pro určení relativní pozice středu – I a K. Parametr I (K) se vypočítá jako vzdálenost od počátečního bodu oblouku k jeho středu v ose X (Z). Tento způsob výpočtu se sem zadá výběrem možnosti *Poč.bod-Střed + znam.* v rozbalovací nabídce v řádku Jestli IJK, tak určit střed.

V oddílu Modální platnost se zatrhávají funkce, které jsou modální. To znamená, že se v kódu objeví jen při změně hodnoty prvku. Důvodem je, že řídicí systém stroje hodnotu

modálního prvku, například souřadnice Z, uchovává v paměti a reaguje pouze na její změnu. Prvky nemodální, které nejsou zatrženy, vystoupí v NC kódu všude, kde jsou ve větě kódu uvedeny. Pro tento postprocessor byly zaškrtnuty všechny prvky kromě parametrů oblouku IJK.

Příklad rozdílu mezi modálními a nemodálními funkcemi:

<b>Nemodální:</b>	<b>Modální:</b>
N0040 G01 X12.3 Z-45.6 F250	N0040 G01 X12.3 Z-45.6 F250
N0050 G01 X12.3 Z-56.7 F250	N0050 Z-56.7

Čísla G-funkcí pro různé způsoby odjezdů nástroje do reference nebo do polohy pro výměnu nástroje se nastavují v oddílu G-funkce pro odjetí do reference/výměny. Volba Výstup pohybů XY v jednotlivých blocích znamená, že nástroj odjíždí nejprve v jedné a potom v druhé ose řízení stroje (pořadí se určí v obrábění EdgeCAM). Přestože řídicí systém stroje nepodporuje funkce G20 až G24 (různé způsoby odjetí), byly zde vyplněny, protože je potřeba tyto pohyby nějak zajistit. Způsob vyřešení tohoto problému je popsán v následující kapitole.

### 3.6 Sekvence NC kódu

V této etapě se určuje obsah a uspořádání bloků NC kódu pro stroj, tedy které prvky a v jakém pořadí se objeví v kódu při zadání určitého příkazu. Po kliknutí na příslušnou ikonu se zobrazí tabulka Skupiny sekvencí NC kódu. Je zde 9 skupin vzájemně souvisejících bloků, které můžeme začít upravovat po dvojkliku na název skupiny.

Okno pro definování sekvencí NC kódu se skládá z následujících oblastí:

- Název upravované funkce včetně pořadí ve skupině (například 1 ze 4)
- Seznam blok-prvků – jsou zde označeny jménem blok-prvky, které lze pro danou sekvenci ve větách použít
- Popis blok-prvků – po kliknutí na prvek v seznamu se zde objeví jeho popis
- Zóna pro sestavení vět sekvence NC kódu – zadává se do ní náplň a formát vět pro funkce stroje a ucelené části NC kódu v partprogramu pro stroj
- Zóna pro upozornění Konstruktora – zde se zobrazí případná upozornění a informace Konstruktora postprocesorů pro definici dané sekvence
- Zóna pro poznámky technologa-programátora – sem si může programátor postprocesoru vložit komentáře, které se zobrazí při pozdějších úpravách dokumentu postprocesoru. [4]

Mezi jednotlivými sekvencemi můžeme přepínat tlačítka < Zpět a Další > v dolní části okna. Po upravení všech sekvencí ve skupině tvorbu ukončíme tlačítkem *Dokončit* a můžeme upravovat další skupinu. Pro přehlednost se zobrazuje v úvodním okně u dokončených skupin černé zatržítka.

Jednotlivé blok-prvky se do zóny pro sestavení vět zadávají dvojklikem na vybraný prvek v seznamu (kurzor musí být na místě, kam chceme prvek vložit), přetažením prvku ze seznamu do příslušného místa bloku nebo pomocí Kopírovat a Vložit. Dále sem můžeme zapisovat text, který se v nezměněné podobě objeví ve výstupním kódu, například funkce (G, M), komentáře apod. Technolog-programátor má také možnost zapsat do zdrojového programu postprocesoru svoje vlastní programovací úseky, kterými definuje různé speciální funkce stroje (řídicího systému), které zde jinak nejdou definovat, nebo uživatelské proměnné (textové i číselné). Každý řádek takového úseku začíná příkazem ;*CODE*: . [4]



## Obsah výstupního NC bloku

```
;CODE:%IF #FEEDMODEGCODE=94 @SKIP
;CODE:#FEED=#FEED*1000
;CODE:@SKIP
[DELETE][BLKNUM][FEEDMODEGCODE][COMPGCODE][FEEDGCODE][XMOVE][ZMOVE][FEED][SPEED][SPINDIR][COOLANT]
```

Obr. 13 – Sekvence bloku lineární interpolace

Na obrázku výše je sestavení sekvence kódu pro lineární interpolaci (funkce G01) v tomto postprocesoru. Nejprve vysvětlení posledního řádku, který je celý sestaven z blok-prvků ze seznamu pro tuto funkci. Prvky [DELETE] a [BLKNUM] se nachází na začátku většiny bloků. Jedná se o lomítko vypouštění bloků a číslo řádku programu. [FEEDMODEGCODE] vloží G-kód pro typ posuvu (za minutu / na otáčku), [COMPGCODE] G-funkci pro řazení korekce nástroje. Samotný kód pro lineární interpolaci vkládá prvek [FEEDGCODE]. Za ním následuje sekvence kódu přesně podle Návodu na programování. Nejprve souřadnice koncového bodu v ose X [XMOVE] a Z [ZMOVE], poté velikost posuvu [FEED]. Následující blok-prvky [SPEED], [SPINDIR] a [COOLANT] označují kódy pro nastavení otáček vřetena, smysl otáčení vřetena a zapnutí/vypnutí chlazení. Většinou se ale v tomto bloku nevyskytují, stejně jako funkce pro typ posuvu a řazení korekce na začátku sekvence, protože se jedná o funkce modální, vyskytující se hlavně na začátku programu nebo po výměně nástroje.

Určitou zvláštností stroje je, že jednotky pro posuv za minutu má v milimetrech, ale posuv na otáčku se programuje v mikrometrech. Tyto technologické podmínky lze v obrábění EdgeCAMu zadávat pouze v milimetrech. Proto je třeba vytvořit speciální kód, který umožňuje zadávat velikost posuvu v milimetrech, ale pokud se použije posuv na otáčku, zadaná hodnota se přepočítá na mikrometry. Proto byl na začátek každé sekvence, která má v sobě blok-prvek [FEED], vložen programovací kód s podmínkou IF (viz obrázek 13). Funkce kódu je následující: jestliže (IF) hodnota proměnné #FEEDMODEGCODE (typ posuvu) je rovná 94 (G94 = posuv na otáčku), vykoná se druhý řádek. V něm se aktuální hodnota proměnné #FEED (posuv), zadaná v milimetrech, vynásobí 1000, tzn. převede na mikrometry, a pokračuje se posledním řádkem s novou hodnotou posuvu. Pokud podmínka v prvním řádku nebude splněna (kód typu posuvu bude G95 – minutový posuv), druhý řádek se neprovede, hodnota #FEED zůstane v milimetrech a vykoná se pouze poslední řádek.

```
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 20 %THEN $USER = $USER2
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 21 %THEN $USER = $USER1
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 22 %THEN $USER = $USER1
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 23 %THEN $USER = $USER2
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 24 %THEN $USER = $USER3
[DELETE][BLKNUM] G53 G56[TURRETNO]00
[DELETE][BLKNUM] G00 [USER-STRING][SPINSTOP][COOLANT OFF]
[SECOND_LEG]
[DELETE][BLKNUM][TURRETNO][USER-1] G53 G59

;CODE:%IF #HOMEGCODE = 20 @SKIP
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 21 @SKIP
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 22 %THEN $USER = $USER2
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 23 %THEN $USER = $USER1
;CODE:%IF #HOMEGCODE = 24 @SKIP
[DELETE][BLKNUM] G00 [USER-STRING]
;CODE:@SKIP
```

Obr. 14 – Sekvence bloku Rychloposuv do výměny/reference + sekundární sekvence

Na obrázku výše je sekvence kódu, která umožňuje různé způsoby odjetí rychloposuvem do referenční polohy nebo bodu výměny nástroje. Protože řídicí systém stroje nepodporuje tyto funkce, je třeba naprogramovat, jak se má chovat při zadání jednoho z těchto způsobů v Obrábění EdgeCAMu. Opět je to řešeno pomocí programovacích úseků s podmínkami IF. V etapě Funkce v NC kódu jsou jednotlivým způsobům odjetí přiřazeny funkce G20-G24, které se však ve výsledném kódu neobjeví. Podle použité G-funkce (hodnota proměnné #HOMEGCODE – G-funkce pro pohyb do reference/výměny) se do textové uživatelské proměnné \$USER vloží jedna z hodnot, které jsou definovány v sekvenci na začátku programu – souřadnice bodu výměny/reference (\$USER1 = "X75.000", \$USER2 = "Z190.000", \$USER3 = "X75.000 Z190.000"). Další řádky se v kódu objeví vždy. Nejprve se zruší posunutí nulového bodu funkcemi G53 a G56 a korekce aktuálního nástroje [TURRETNO] přidáním koncového dvojčíslí 00. Poté se rychloposuvem (G00) odjede na

souřadnice podle zadaného G-kódu funkce odjetí, které se sem vloží pomocí uživatelské proměnné [USER-STRING]. Pokud se použije funkce G20 (odjezd pouze v ose Z; X je zakázáno), vloží se hodnota Z-souřadnice reference (\$USER2) a pokračuje se sekundární sekvencí [SECOND\_LEG]. Ta do kódu už nevloží nic, protože pohyb je pouze v Z. Při zadání G21 (odjezd pouze v ose X; Z je zakázáno) se program chová podobně, jen místo souřadnice Z se použije souřadnice X. Pokud budeme chtít odjet nejprve v ose X a pak v Z (funkce G22), vloží se pomocí primární sekvence do kódu souřadnice X a poté pomocí sekundární sekvence na další řádek souřadnice Z včetně kódu G00. Při použití funkce G23 (odjezd nejprve v Z a pak v X) se vloží podobný kód, jen je prohozené pořadí os. Jestliže budeme chtít odjet v obou osách současně (G24), vloží se do kódu pomocí primární sekvence obě souřadnice najednou a ze sekundární sekvence se už nevloží nic.

### **3.7 Kompilace**

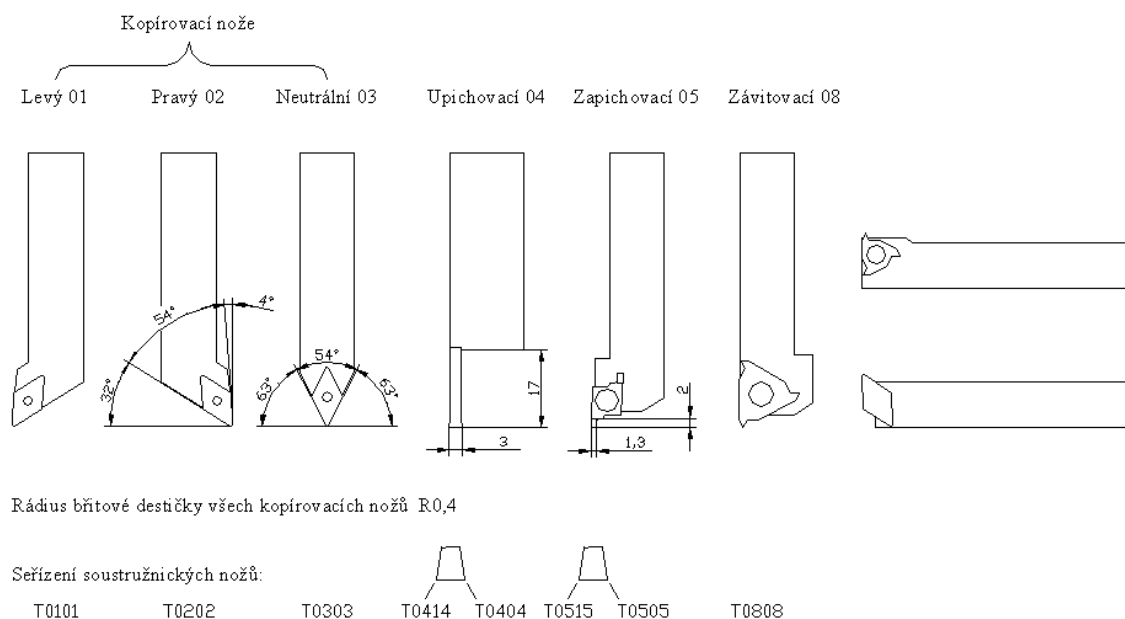
Závěrem celé práce na postprocesoru je jeho kompilace. Po vytvoření nebo dokončení úprav postprocesoru a uložení výsledného dokumentu (přípona .cgd) se dokument zkompiluje v *Kompilátoru postprocesorů EdgeCAM* kliknutím na ikonu *Zkompilovat* z panelu Standardní. Díky tomu se v adresáři pro postprocesory (například C:\Program Files\Edgecam\Cam\Machdef) vytvoří vlastní provozní soubory postprocesoru, kterých je celkem 5, nazvané podle názvu souboru postprocesoru, s příponami 2xt, doc, tcp, tmc a top.

Při testování nebo ladění postprocesoru je výhodné použít příkaz *Kompilovat a vytvořit kód* kliknutím na příslušnou příkazovou ikonu z panelu *Standardní*. Tímto příkazem se dokument postprocesoru v Konstruktéru nejen zkompiluje, ale zároveň se podle nového postprocesoru vytvoří kód NC-stroje z naposled provedeného obrábění v EdgeCAM. Při testování výsledného formátu kódu pak není třeba přecházet do obrábění v EdgeCAM a testování postprocesoru se výrazně zkrátí.

## 4 TESTOVÁNÍ A SIMULACE

### 4.1 Tvorba obráběcích nástrojů

Před začátkem prací v Obrábění EdgeCAMu (programování obrábění testovací součásti, simulace, ladění) bylo třeba vytvořit v aplikaci Zásobník nástrojů soustružnické nože, které jsou používány na stroji. Je to důležité k tomu, aby bylo možné opravdu věrně simulovat obrábění. Nástroje lze po vytvoření přímo zavádět do zpracování v EdgeCAM. K dispozici byly zjednodušené výkresy těchto nožů (viz obrázek níže), takže nebylo nutné fyzicky měřit jejich rozměry a tvorba probíhala poměrně snadno a rychle.



Obr.15 – Soustružnické nože, používané na stroji, včetně pozice a seřízení

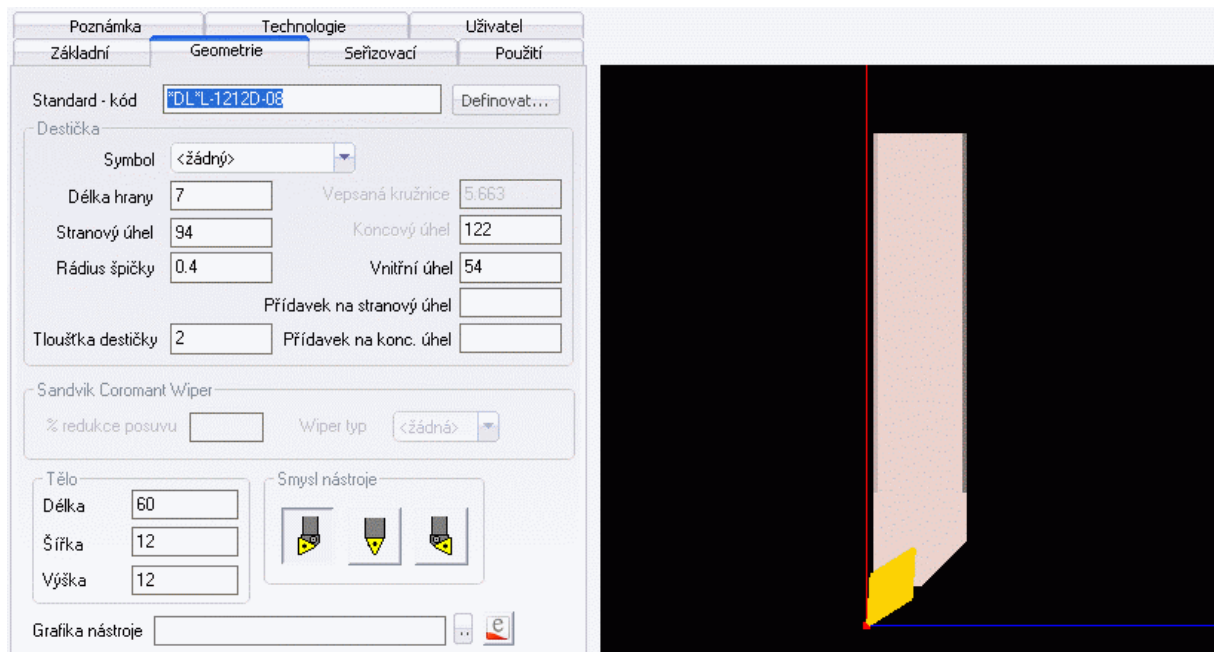
Po spuštění Zásobníku nástrojů (ToolStore) se objeví seznam nástrojů v aktuálním zásobníku. Nástroje lze filtrovat kliknutím na Použít filtry a volbou příslušného typu nástroje nebo jeho jednotek (palce/mm) pomocí ikon pod seznamem. Nahoře se přepíná mezi nástroji soustružnickými, frézovacími a vrtacími. Nový nástroj se vytvoří kliknutím na Vytvořit vpravo nahoře v sekci Nástroje. Také zde můžeme nástroje upravovat, kopírovat či smazat.

Okno pro tvorbu nového nástroje má v levé části sedm oddílů pro nastavení parametrů. V pravé části můžeme vidět náhled vytvářeného nože. Změna parametrů se v náhledu projeví ihned. Šedě je zobrazen držák nože, žlutě břitová destička a červeně seřizovací bod. V oddílu Základní se zadávají hlavně název a popis nástroje, použité jednotky, pozice v zásobníku a číslo délkové korekce. Dále zde příslušnou ikonou vybereme typ nástroje (stranový, vnitřní, zapichovací, závitovací apod.). Podle toho se pak mění dialogová okna v dalších oddílech (druhy potřebných parametrů). Nejdůležitější oddíl je Geometrie. Kliknutím na Definovat můžeme nástroj vytvořit pomocí jeho ISO-kódu. Ten sestává z několika písmen a číslic, z nichž každé označuje nějaký normalizovaný tvar či rozměr. Nože použité na soustruhu E-120P nejsou úplně standardní, takže byly vytvořeny přímým zadáním parametrů do příslušných políček v oddílu Geometrie. V sekci Destička se zadávají údaje o použité vyměnitelné břitové destičce (úhly, rádus špičky, tloušťka apod.). Dále zadáme do sekce Tělo rozměry těla nože (výška, šířka, délka). Délka se zde uvažuje od špičky po zadní část těla. Nakonec v sekci Smysl nástroje určíme, zda se jedná o nůž levý, pravý nebo neutrální. Také existuje možnost načíst grafiku nástroje ve formátu CSV (výhodné u složitějších nástrojů).

V oddílu Seřizovací zvolíme řídicí bod nástroje, orientaci nástroje vůči ose a případně zapíšeme délkové korekce v jednotlivých osách. Úpichovací a zapichovací nůž mají dva řídicí

body - levý a pravý. Proto byly tyto nože vytvořeny každý dvakrát, ale pokaždé s jiným řídicím bodem.

Nakonec je možné přiřadit nástroj ke konkrétnímu stroji, a to výběrem příslušného postprocesoru v oddílu Použití.



Obr.16 – Okno pro definování geometrie nástroje (levý nůž)

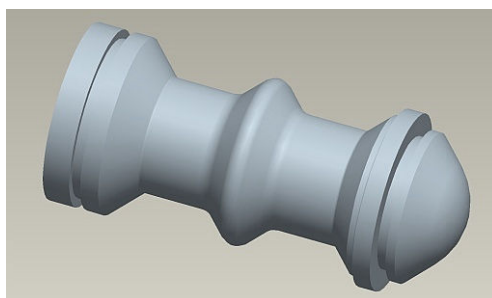
Pro operace s celými zásobníky nástrojů slouží aplikace Správce zásobníku nástrojů. Pokud je třeba přenést zásobník z jednoho počítače na druhý, vybereme ho v úvodním seznamu zásobníků, v následující nabídce vybereme Zálohovat zásobník nástrojů, zadáme umístění výsledné zálohy a klikneme na Zálohovat. Vytvoří se soubor zálohy s příponou TDB. V této aplikaci lze dále vytvářet nové zásobníky, importovat je ze zálohy apod.

## 4.2 Programování obrábění testovací součásti

Pro kontrolu, zda je vytvořený postprocesor správně sestaven, je třeba otestovat jeho funkci. Nejlepší způsob kontroly je samozřejmě jeho přímé použití k tvorbě NC kódu pro obrábění nějaké testovací součásti. Nejprve se provede simulace obrábění v CAD/CAM systému. Pokud bude úspěšná a vygenerovaný kód bude souhlasit s potřebami řídicího systému, ověří se funkčnost obráběním přímo na stroji.

### 4.2.1 Testovací součást

Jako testovací obrobek jsem zvolil rotační součást – šachovou figurku. Obsahuje v sobě válcové, kuželové i zaoblené plochy, které je třeba obrábět zleva i zprava, rádiusy i zápichy, takže na ní bude možno vyzkoušet většinu běžných soustružnických operací. 3D model součásti jsem vytvořil v systému Pro/Engineer rotací (Revolve) jejího profilu.



Obr. 17 – 3D model testovací součásti



## 4.2.2 Definování geometrie obrobku

Po spuštění aplikace EdgeCAM se automaticky začne nová úloha s prázdnou grafickou zónou. Zobrazí se okno pro práci s grafikou obráběné součásti. Nejprve je třeba se přesvědčit, že pracujeme v soustružnickém prostředí. V Nastavení by měla být zatržena volba ZX-soustružení. Dále je třeba definovat design obráběné součásti. Jsou 3 hlavní možnosti, jak získat tuto geometrii:

- 1) Vytvořit jí přímo v EdgeCAMu
- 2) Vložit 2D geometrii
- 3) Vložit 3D model

EdgeCAM 12.50 podporuje celou řadu formátů souborů pro import modelů z externích CAD systémů [4]. Lze vkládat objemové, plošné i drátové modely součástí. Zde byl využit 3D model vytvořený v modeláři Pro/Engineer (viz kap. 4.2.1). Vložení se provede kliknutím na Soubor → Vložit → Model. V následném dialogovém okně vybereme soubor modelu po kliknutí na Vyhledat. Můžeme zde také nastavit rotaci, měřítko či barvu vkládaného modelu. Zaškrtnutím možnosti Podle počátku se dá při vkládání určit bod, na který se umístí i počátek souřadnic na vkládaném modelu. Jinak se model automaticky vloží tak, že jeho počátek souřadnic bude na nulovém bodu stroje. Pokud byl model vytvářen správně orientovaný (více viz kap. 2.2.7), vloží se po kliknutí na OK model do grafického prostoru v poloze, ve které pak bude i obráběn.

Po vložení modelu se na něm musí vytvořit tzv. soustružnické útvary. Jedná se o úseky profilu modelu v rovině obrábění ZX, které jsou následně použity při generování drah nástroje (nelze bohužel vybrat jednotlivé plochy na obrobku). Po kliknutí na ikonu Soustružnický útvar a zadání názvu útvaru se označí plochy na modelu, jejichž profil bude tvořit výsledný útvar. Je dobré vytvořit útvar pro každou operaci zvlášť, tj. vytvořit útvar pro soustružení zleva, zprava, pro zapichování apod.

Dále se modelu přiřadí polotovary. Dialogové okno pro tvorbu polotovaru se vyvolá kliknutím na ikonu Polotovary/Upínka. V něm se po odtržení volby Autopolotovary vybere tvar polotovaru (Válec) a zadá jeho poloměr (10mm). Po potvrzení tlačítkem OK se v grafické zóně vybere počáteční a koncový bod polotovaru (1 mm od pravého čela a 30 mm od levého – kvůli upnutí). Výsledný polotovar je pak zobrazen okolo vloženého modelu, a to buď drátově, nebo průhledně.

## 4.2.3 Tvorba obráběcího postupu

Nyní už je možné přejít do obráběcí (technologické) části EdgeCAMu. Provede se to například kliknutím na ikonu Přejít do technologie v pravém horním rohu okna. Při prvním přepnutí se objeví dialogové okno Zavedení obráběcího postupu. Zde se vyplní název postupu, vybere profese (soustružení) a postprocesor stroje, na kterém pak bude obrábění probíhat. V oddílu Pro soustruh je důležité vyplnit hodnotu Vysunutí dílce. Jde o vzdálenost (v ose Z) mezi přední plochou čelistí sklíčidla a nulovým bodem obrobku. Průměr, na který se mají nastavit vnitřní plochy čelistí, aby mohly upnout polotovar, se zadá do pole Průměr uchopení součásti v oddílu Nastavení upínače. Po potvrzení tlačítkem OK už lze definovat jednotlivé operace, vedoucí k obrobku výsledné součásti.

Nejprve se zvolí obráběcí nástroj, kterým budeme provádět následující operaci. Z nabídky Nástroje se vybere požadovaný typ nástroje (vnější, vnitřní, závitový, ...). Zobrazí se okno s několika oddíly, ve kterých se upřesňují vlastnosti a nastavení nože. Nejdříve vybereme konkrétní nůž z aktuálního zásobníku nástrojů (viz kapitola 4.1) kliknutím na tlačítko Vyhledat z oddílu Základní. V tomto oddílu dále můžeme zvolit např. typ posuvu (na otáčku/za minutu). Dále můžeme zadat v oddílu Seřízení hodnoty vzdáleností seřizovacího bodu nože od nulového bodu držáku nástrojů v jednotlivých osách. Maximální otáčky vřetena (za minutu), stejně jako jeho smysl otáčení nebo použití konstantní řezné rychlosti se nastavují v oddílu Vřeteno. Kliknutím na OK se vybraný nástroj zobrazí v nástrojové hlavě

v pozici připravené na obrábění. Dokud se nezadá do postupu další nástroj, bude k obrábění použit tento.

Následuje tvorba první obráběcí operace. Jako první byla hrubováním obrobena tvarová plocha od čela k prvnímu zápichu. K obrobení ploch, které nejsou pravouhlé, se zde používá cyklus Hrubování na profil z menu Soustružení. Po kliknutí na příslušnou ikonu se otevře okno, do kterého se zadají řezné podmínky a další upřesnění tohoto cyklu.

Základní		Úpravy přejíždění		Provedení	
Posuv (mm/ot)	0.2	Otáčky/Řezná rychlost (Metry/min)	100		
Hloubka záběrů	1	Tříska v % délky ostří			
Úbytek záběrů		Přídavek Z	0.2		
Přídavek X	0.2	Bod ukončení cyklu	Start cyklu		
<input type="checkbox"/> Nedojíždět profil		<input checked="" type="checkbox"/> Rozložit nájezd do os			
Soustružení	<Označit>	Název aplikace cyklu			
Doplňky profilu					
Předjezd na začátku	0	Dojezd na konci	0		

Obr. 18 – Okno ke stanovení podmínek pro Hrubování na profil

Řezné podmínky v celém postupu výroby testovací součásti byly stanoveny zkušenostmi z předchozích obrábění na tomto stroji. Posuv byl stanoven na 0.2 mm/ot., hloubka třísek na 1 mm. Protože při volbě nástroje byla zvolena konstantní řezná rychlost, zapíše se do pole Otáčky/Řezná rychlost velikost řezné rychlosti (zde 100 m/min). Pokud by konstantní rychlost nebyla zvolena, zapsal by se sem počet otáček za minutu. Dále byl zvolen přídavek na dokončení na čele i na obvodě 0.2 mm. Po potvrzení tohoto okna je třeba vybrat obráběné plochy. Provede se to kliknutím na příslušný soustružnický profil. Výběr se potvrdí pravým tlačítkem myši. Dále program vyzývá k určení startovního bodu cyklu, případně polotovaru. Po kliknutí na Označování (vpravo dole) můžeme vybrat příslušný polotovar a poté celou tvorbu ukončit opět pravým tlačítkem myši. V prostoru mezi polotovarem a obráběným profilem se zobrazí dráhy nástroje, respektive jeho řídicího bodu. Plnou čarou jsou naznačeny interpolace, při kterých je odebírána tříska, čárkovaně přejezdy mimo obráběný materiál.

Následně se stejným nožem provede dokončení profilu. K tomu byl použit cyklus Nové dokončení dle profilu. Posuv byl zvolen 0.1 mm/ot., řezná rychlost 120 m/min. Stejně řezné podmínky byly použity i v dalších dokončovacích operacích. Korekce byla zvolena Poloměrová, proto se ve výsledném kódu objeví korekce zprava (G42). Zatřetí volby Vynechat zápichy se potlačí zajíždění nože do zápichů a vybrání na soustruženém profilu. V oddílu Najetí/Vyjetí/Přejíždění se zadávají pohyby nástroje pro přiblížení nástroje na začátku cyklu, najetí a vyjetí do řezu (úhel a poloměr najetí, přejezd na začátku, dojezd na konci). Po potvrzení tlačítkem OK se vybere požadovaný profil (stejný jako při hrubování). Následuje možnost posunout body startu (šipka) a konce (hvězdička) kliknutím levým tlačítkem na příslušný symbol a posunutím hledáčkem do žádané polohy. Dráha nože pro dokončení profilu se zobrazí opět po kliknutí pravým tlačítkem myši.

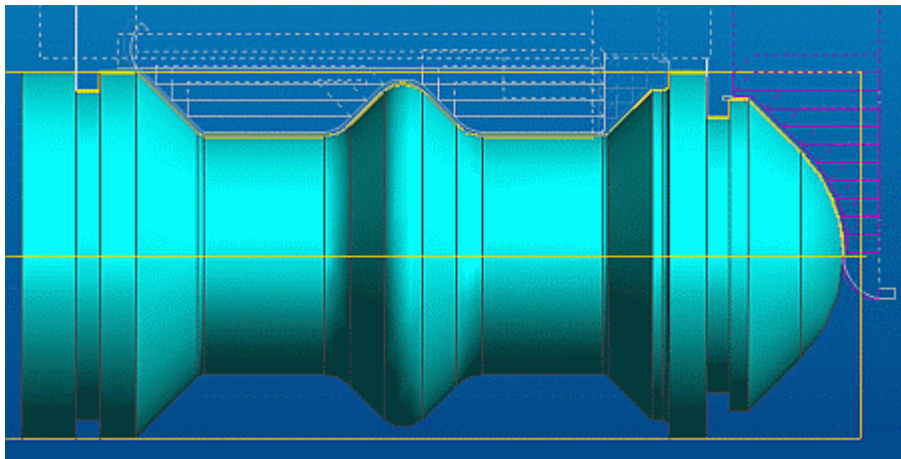
Protože bude pro další operace použit jiný nůž, je třeba tím stávajícím odjet do polohy výměny nástroje. Provede se to kliknutím na ikonu Do výměny. V následujícím dialogu se určí první pohyb nástroje. U tohoto postprocesoru se bez ohledu na vybraný způsob odjede v obou osách současně (více viz kapitola 4.5). Tyto pohyby se následně zobrazí jako dráha nástroje (čárkovaně).

Pro další operace byl zvolen neutrální nůž. Nejprve byl použit k hrubování dvou „kapes“ v prostřední části figurky. Protože pravá část pravé kapsy by tímto nožem nemohla být obrobená celá, vede soustružnický tvar pro tuto operaci jen k rádiu u pravé kuželové plochy. Řezné podmínky jsou stejné, jako u předchozího hrubování, včetně přídavku na dokončení. Dokončovací operace následovala hned za hrubovací, opět stejným nožem. Úhel vyjetí byl nastaven na 90° a poloměr vyjetí na 0 mm, aby nůž nezasahoval do vedlejšího profilu.

Po odjetí neutrálním nožem do polohy výměny byl zvolen pravý stranový nůž. Jím bylo provedeno hrubování i dokončení profilu v pravé části pravé kapsy, které nemohlo být provedeno neutrálním nožem.

Nakonec byly zapichovací nožem s korekcí 15 (levý seřizovací bod) vytvořeny oba zápichy. Řezná rychlost byla zvolena 50 m/min. Protože program nedokáže obrobit zápich o stejné šířce jako je šířka destičky, byla v okně nastavení nože v oddílu Základní nastavena Šíře řezu na 1.25 mm.

Tímto je dokončena tvorba obráběcího postupu a je možné ho odsimulovat.



Obr. 19 – Dráhy nástrojů při obrábění testovací součásti

### 4.3 Simulátor obrábění v EdgeCAMu

Simulátor je nástroj systému EdgeCAM, který umožňuje reálně vizualizovat celý proces obrábění na CNC stroji. Lze v něm zobrazit všechny součásti stroje, použité v příslušném postprocesoru. Důležitou funkcí Simulátoru je kontrola kolizí. V případě, že je v rozbalovací nabídce Volby pro přerušení nastaveno Při každé kolizi, přerušit se simulace při následujících kolizních situacích:

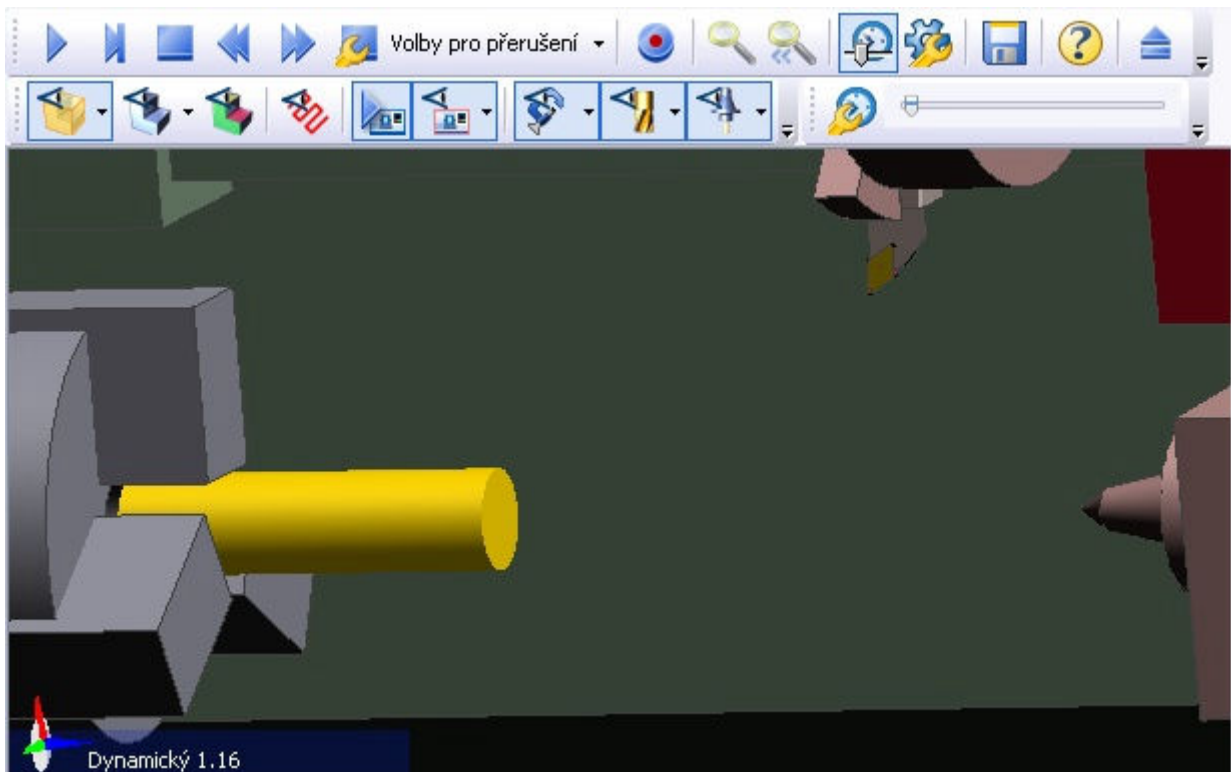
- Kolize nástroj/držák – pokud nástroj narazí rychloposuvem do polotovaru, nebo držák nástroje narazí do polotovaru,
- Podřezání – v případě, že se nástroj dostane do podřezu,
- Menší polotovar – cílová geometrie je mimo polotovar. [4]

Plochy, na kterých došlo ke kolizi, se zobrazí červeně. V záložce Upozornění je tabulka kolizí, které během simulace nastaly, včetně podrobností (např. typ kolize, poloha řídicího bodu nástroje).

Simulovat lze v jakékoliv fázi tvorby obráběcího postupu, a to kliknutím na ikonu Simulátoru v hlavním menu EdgeCAMu. Zobrazí se okno, jehož výřez (nejdůležitější součásti okna) je na obr. 20. V nástrojové liště Zobrazení můžeme zobrazit či skrýt nejen součásti sestavení stroje, obsažené v postprocesoru, ale i obráběcí nástroje a jejich dráhy. Simulace se spustí po kliknutí na ikonu Start. Dále se zde nacházejí ikony pro zastavení simulace, spuštění po jednotlivých krocích, znovunačtení na začátek nebo rychlý posun na konec obráběcího postupu. Rychlost simulace můžeme ovládat posuvníkem v liště Ovládání rychlosti. Také je možné zachytit celou simulaci nebo některý její úsek jako video ve formátu AVI, například

pro potřeby prezentace. Nahrávání spustíme po kliknutí na ikonu Zachycení snímků AVI a spuštění simulace. Po dojetí simulace na konec nebo kliknutí na Stop se ukládání automaticky pozastaví.

Na konci simulace lze provést srovnání výsledného obrobku s modelem vloženým do Obrábění EdgeCAMu. Po kliknutí na ikonu Porovnání se zeleně zobrazí plochy, které mají správný rozměr, modře plochy, kde materiál přebývá, a červeně plochy, u kterých došlo k podříznutí. Pokud tedy simulace proběhne bez problémů a výsledný obrobek odpovídá požadavkům, je možné předpokládat, že i obrábění na stroji proběhne v pořádku. To vše za předpokladu, že je postprocesor správně sestaven.



Obr. 20 – Okno simulátoru EdgeCAMu

#### 4.4 Ladění postprocesoru

Pro kontrolu, zda postprocesor správně zpracovává CL data z EdgeCAMu do NC kódu, je třeba tento kód vygenerovat. V Obrábění EdgeCAMu se to provede jednoduše kliknutím na ikonu Generovat NC kód. Do následně zobrazeného dialogového okna se buď zadá umístění a název výsledného souboru s kódem, nebo se zaškrtně Použít název součásti. Po zatržení volby Otevřít editor a kliknutí na OK se otevře okno Editoru. V něm lze zobrazit či upravit NC kód, vygenerovaný pomocí aktuálního postprocesoru.

Nyní je třeba tento kód projít řádek po řádku a zkontrolovat, zda odpovídá požadavkům řídicího systému (použité funkce, formát bloků apod.). K tomu je dobré mít příslušný postprocesor otevřený v Konstruktéru postprocesorů. Užitečnou funkcí Konstruktéra je příkaz Kompilovat a vytvořit kód. Ten kromě kompilace postprocesoru promítne provedené změny do aktuálně otevřeného NC kódu v Editoru.

Tímto postupem je třeba ladit kód pokusné součásti, dokud nebude odpovídat nárokům řídicího systému. Další ladění nastane při obrábění pokusné součásti na stroji, které odhalí případné další chyby v postprocesoru.

## 4.5 Obrábění pokusné součásti

Závěrečnou fází tvorby postprocesoru je jeho použití na obrábění skutečné součásti na stroji. Nejprve je nutné přenést vygenerovaný NC kód testovací součásti do řídicího systému. U CNC soustruhu Emco Turn E-120P se to v současné době provádí pomocí stolního PC, které je umístěné poblíž řídicího systému a propojené s ním sériovou linkou (RS 232). Do tohoto počítače byl soubor s NC kódem přenesen pomocí USB klíčenky.

Na začátku kódu (před číslem programu) musí být slovo START. Podle toho program pozná, od jakého místa kódu má začínat přenos, protože úvodní poznámky na začátku kódu by řídicí systém vyhodnotil jako chybu. To bylo třeba doplnit v postprocesoru do sekvence Začátek NC programu. Při přenosu dat řídicí systém Emcotronic TM02 kontroluje syntaxi přenášeného kódu, zda odpovídá jeho požadavkům. U této pokusné součásti se podařilo kód přenést hned napoprvé bez problémů.

Nejprve bylo provedeno obrábění naprázdno (Dryrun), tedy bez polotovaru a otáčení vřetena, pouze osy se pohybují. Spouští se v automatickém režimu (tlačítko Automatic) aktivováním volby Dryrun v dolním řádku na displeji tlačítkem 4. Běh programu se spouští tlačítkem Cycle start. Velikost posuvu je možné regulovat otočným knoflíkem v pravé dolní části panelu řídicího systému. Stupnice je v procentech programovaného posuvu. Běh programu můžeme zastavit tlačítkem Feed hold.

Při běhu naprázdno bylo zjištěno, že se kruhová interpolace provádí v opačném směru než by měla. Dále se běh programu zastavil při odjezdu do polohy výměny nástroje s chybovou hláškou, že koncový bod je mimo rozsah. Bylo třeba tyto chyby v postprocesoru opravit, než se přejde ke skutečnému obrábění.

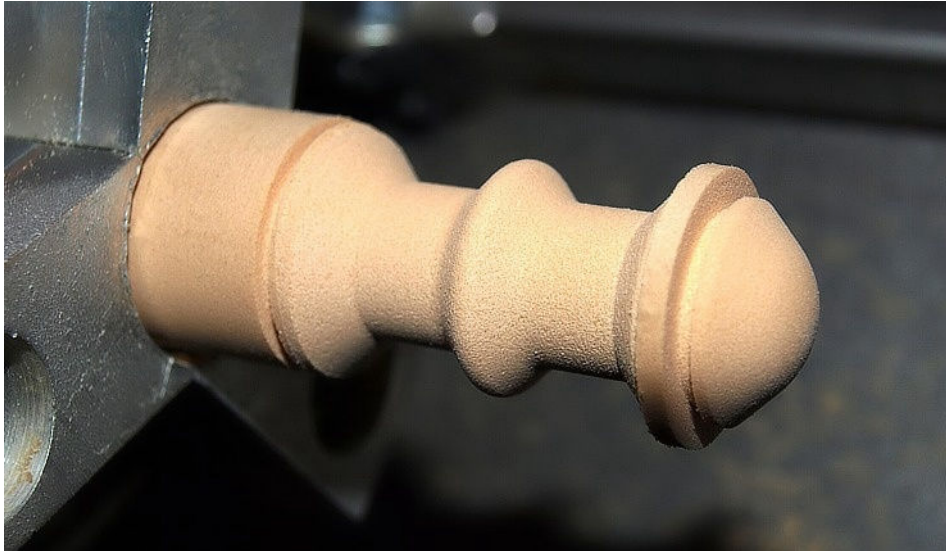
U kruhové interpolace byla chyba ve způsobu výpočtu parametrů I a K. Tyto parametry se sice počítají jako vzdálenost v X/Z od počátečního bodu oblouku s jeho středem, ale tomu odpovídá volba *Poč.bod-Střed + znam.* v oddíle Bloky kruhové interpolace v etapě zpracování Funkce v NC kódu. Původně tam byla volba *Střed-Poč.bod + znam.*, protože pomlčka byla chybně interpretována jako znaménko minus, ale jedná se o směr, ne vzorec výpočtu.

Problém při odjetí do polohy výměny nástroje (reference) byl složitější. Při těchto pohybech totiž program ruší korekce nástroje i posunutí nulového bodu obrobku. Bezprostředně po tomto zrušení pak řídicí systém „neví“, na jakých souřadnicích se právě nachází nulový bod nástrojového držáku. Potřebuje tedy zadat obě souřadnice koncového bodu dráhy, ne jen jednu. Pokud tedy chceme odjet do reference nebo přijet po výměně nástroje k obrobku nejprve jen v jedné ose, nastává problém. Bohužel vhodné řešení pro daný řídicí systém stroje neexistuje. Proto bude možné odjet od obrobku do bodu výměny pouze v obou osách současně, bez ohledu na způsob, zadaný v obráběcím postupu. Bylo by vhodné mít v systému EdgeCAM možnost zablokovat volby odjíždění do reference v jednotlivých osách zvlášť, ale to je v silách pouze programátorů tohoto systému. Dále bude třeba po výměně nástroje zadat pohyb rychloposuvem k počátečnímu bodu následujícího obráběcího cyklu také v obou osách najednou. EdgeCAM totiž tento pohyb automaticky realizuje nejdřív jedné a pak v druhé ose.

Po těchto změnách byl postprocesor znovu zkompileován a byl upraven i obráběcí postup (s ohledem na výše zmíněná omezení). Následně vygenerovaný NC kód řídicí systém bez problémů přijal, a proto bylo možné přistoupit ke skutečnému obrábění. Jako polotovar byl použit váleček z tzv. umělého dřeva. Po vložení polotovaru do sklíčidla se čelisti upnou tlačítkem se symbolem sklíčidla. Nejdříve se v režimu Manual provedlo ruční orovnění čela, aby bylo možno přesně určit nulový bod obrobku. Po stisknutí tlačítka Man., výběru levého stranového nože a roztočení vřetena se pomocí šipek na panelu (za současného stisknutí tlačítka Man. jog) ručně zarovná čelo. Po dojetí nože do osy vřetena se tato pozice uložila jako nulový bod obrobku do registru 5 (kód G59).



Nyní už bylo možné spustit obrábění testovací součásti automaticky podle vloženého programu, a to stisknutím tlačítek Automatic a Cycle start. Celý proces proběhl v pořádku, bez chybových hlášek nebo kolizí. Také výsledný obrobek odpovídal požadavkům, jak je vidět na obrázku 21. Byly odhaleny pouze drobné chyby v technologii obráběcího postupu, které však nijak nesouvisí s postprocesorem.



Obr. 21 – Obrobená testovací součást

## 5 ZÁVĚR

Tvorba postprocesoru rozhodně není jednoduchou záležitostí. Model stroje je nutné konstruovat s ohledem na možnosti postprocesoru, tj. co vše je možné simulovat. Už od začátku je třeba mít promyšleno, jak podrobně chceme celé obrábění simulovat. Složitý model je sice přesnější a vypadá lépe, ale měření rozměrů stroje a modelování zabere také mnohem více času, nehledě na velké nároky na výpočetní techniku. Tvorba jednoduchého modelu trvá kratší dobu a i nároky na výpočetní výkon PC jsou menší, ale výsledek nedává tak dobrou představu o skutečnosti. Také je třeba počítat s určitou rezervou při pohybech nástroje blízko součástí stroje, se kterými by mohl kolidovat.

Nástroje, které systém EdgeCAM nabízí pro vytváření postprocesorů, jsou uživatelsky přívětivé a velmi jejich tvorbu usnadňují. Zvláště bych vyzdvihl manuály, vytvořené českým distributorem EdgeCAMu. Podrobně popisují všechny etapy zpracování postprocesoru a funkci jednotlivých nastavení, a jsou doplněny názornými ilustracemi a příklady. Přesto se neobejdeme bez důkladných znalostí daného CNC stroje a jeho řídicího systému. Je třeba definovat pouze ty funkce, které stroj podporuje, a přesně dodržet jejich syntaxi, popsanou v návodu k programování.

Nezbytnou součástí tvorby je ladění a testování postprocesoru. Pokud možno by se měly otestovat všechny funkce, které stroj nabízí a je možné je zadat v Obrábění v EdgeCAMu. Teprve když je stroj schopen bez problémů obrábět součásti podle NC kódu, vygenerovaného pomocí vytvořeného postprocesoru, lze tvorbu považovat za úspěšnou a skončenou.

Cíle této práce byly všechny splněny. Byl vytvořen středně složitý model CNC soustruhu Emco Turn E-120P, který o něm dává dobrou představu při simulaci, a zároveň není příliš náročný na výpočetní techniku. Postprocesor umožňuje používat většinu funkcí, které stroj nabízí. Pouze se nepodařilo dobře vyřešit odjetí do reference/výměny nástroje a přijetí k obrobku po výměně nástroje pouze v jedné ose. Neznamená to ale, že by nebylo možné tyto funkce při obrábění používat, pouze je třeba na tato omezení pamatovat při tvorbě obráběcího postupu. Úspěšná výroba testovací součásti je důkazem, že vytvořený postprocesor je funkční a plně použitelný pro výukové i jiné účely. Nyní lze využívat tento soustruh efektivněji, než umožňoval prozatím používaný systém AlphaCAM.

Přínosem této práce je i to, že zkušenosti z tvorby je možné využít pro konstrukci dalších postprocesorů v prostředí EdgeCAM.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KELLER, P. Programování a řízení CNC strojů. Prezentace přednášek, 2. část. KVS, FS, TUL. Liberec 2005.
- [2] SADÍLEK, M.: Postprocesor – slabé místo CAM systému?. In: *MM Průmyslové spektrum*, 2005, č. 4, str. 46. Dostupný z WWW:  
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/postprocesor-slabe-misto-cam-systemu>>
- [3] VALIŠ, L. Návod na programování CNC soustruhu E 120/120P s řídicím systémem EMCOTRONIC TM02, IPM, Brno 1992.
- [4] Manuály k programu EdgeCAM 12.5