

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STROJNÍ**

**ÚSTAV**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Zpětné soustružení v CAM softwaru

Autor: Vomáčka Vítězslav

Studijní program: Výroba a ekonomika ve strojírenství

Vedoucí práce: Ing. Jan Tomíček Ph.D.

PRAHA 2020



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vomáčka** Jméno: **Vítězslav** Osobní číslo: **475024**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Zpětné soustružení v CAM systémech**

Název bakalářské práce anglicky:

**Back turning inside CAM software**

Pokyny pro vypracování:

Práce se zabývá problematikou zpětného soustružení - technologií Prime Turning kterou uvedla firma Sandvik-Coromant. Cílem práce je prezentovat tuto metodu, zhodnotit její vlastnosti a ukázat, jakým způsobem je možné tuto metodu programovat s využitím různých dostupných CAM software.

- 1) Provést rozbor technologie zpětného soustružení a zasadit ji do kontextu soustružení obecně.
- 2) Prezentovat nástroje a materiály nástrojů pro zpětné soustružení.
- 3) Shrnout možnosti programování obecně a pro strojní programování vyhodnotit možnosti použití různých CAM software (dle dostupnosti).
- 4) Navrhněte vhodnou součást pro tuto technologii.
- 5) Navrhněte postup výroby a realizujte programování ve vybraném CAM.
- 6) Vyhodnoťte na základě získaných dat použití metody zpětného soustružení pro vybranou součást.
- 7) Závěry práce a obecná doporučení.

Seznam doporučené literatury:

<https://www.sandvik.coromant.com/en-us/campaigns/primeturning/pages/default.aspx>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

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

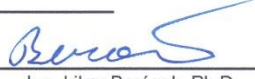
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:


Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2020**

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

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

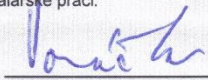
  
Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

23.6.2020  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Zpětné soustružení v CAM softwaru vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Jana Tomíčka Ph.D. s využitím použité literatury uvedené ve zdrojích.

V Praze dne:

Podpis:

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Tomíčkoví Ph.D. za pomoc, cenné rady, trpělivost a odborné vedení při mé práci.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá problematikou zpětného soustružení, metodou PrimeTurning a porovnání několika softwarů využívaných k naprogramování a aplikaci v CNC obráběcích strojích. Teoretická část se zabývá podstatou zpětného soustružení a výstupem je analýza a NC kód vkládající se do CNC obráběcího stroje.

## **Klíčová slova**

PrimeTurning, zpětné soustružení, CAD/CAM programy, analýza

## **Abstrakt**

The bachelor's thesis deals with the issue of back turning the PrimeTurning method and a comparison of several software used for programming and application in CNC machine. The theoretical part deals with the theory of back turning and the output is analysis and NC code inserted into the CNC machine.

## **Keywords**

PrimeTurning, back turning, CAD/CAM software, analysis

1.	Úvod.....	8
2.	Teoretická část.....	9
2.1	Soustružení.....	9
2.1.1	Obrobitelnost.....	9
2.1.2	Silové poměry při soustružení .....	10
2.2	Teorie zpětného soustružení metoda Prime turning.....	10
2.3	Soustružnické nože .....	11
2.3.1	Nástrojové materiály .....	11
2.3.1.1	Rychlořezné oceli.....	12
2.3.1.2	Slinuté karbidy.....	12
2.3.1.3	Řezná keramika .....	13
2.3.2	Držáky nástrojů pro metodiku PrimeTurning™ .....	13
2.3.3	Držáky nástrojů pro metodiku zpětného soustružení .....	15
2.3.3.1	Od firmy WNT Ceratizit group.....	15
2.3.3.2	Od firmy PM-Tech.....	16
2.3.4	Geometrie VBD .....	16
2.3.4.1	Prime turning™ .....	17
2.3.4.2	WNT Ceratizit group .....	17
2.3.4.3	PM-Tech.....	17
2.4	CNC řízené stroje.....	17
2.4.1	Programování.....	18
2.4.1.1	Ruční .....	18
2.4.1.2	Dílenské .....	18
2.4.1.3	Strojní .....	18

2.4.2	Příklady softwarů typu CAM .....	19
2.4.2.1	Kovoprog .....	19
2.4.2.2	Heidenhain software .....	19
2.4.2.3	Featurecam.....	19
2.4.2.4	Autodesk Fusion 360 .....	19
2.4.2.5	Software CoroPlus® .....	20
3.	Programování a postupy.....	21
3.1	Výkresová dokumentace.....	21
3.2	Postup programování v softwaru.....	23
3.2.1	CoroPlus ToolPath.....	23
3.2.2	Kovoprog.....	24
3.2.3	Fusion 360.....	26
4.	Vyhodnocení.....	28
5.	Závěr .....	29
6.	Seznam použité literatury.....	30
7.	Příloha.....	32

# 1. Úvod

V současné době se při obrábění vyžadují vysoké nároky jak na nástroj, tak na metodu a způsob obrábění. Je vysoká snaha o prodloužení životnosti nástrojů, snížení opotřebení, zrychlení a zpřesnění výroby.

Metoda zpětného soustružení a metoda PrimeTurning™ se na tyto požadavky zaměřuje a díky zvláštnímu, speciálnímu tvaru jak držáku, tak vyměnitelné břitové destičky a nové metodě obráběcího pohybu od sklíčidla, může zaručit vysokou přesnost a produktivitu. Díky své geometrii je odvod tepla během obrábění mimo špičku nástroje a tudíž nedojde tak rychle k opotřebení, tupení nástroje. Metoda má však i své požadavky a to na kvalitnější, výkonnější stroj, který musí mít dostatečný výkon a musí umožnit dostatečně tuhé upnutí součásti požadované metody.

Cílem této bakalářské práce je zanalyzovat metodu zpětného soustružení, PrimeTurning, pomocí CAM softwarů naprogramovat obrábění dané součásti, dle dané výkresové dokumentace a výstupy ze softwarů porovnat.

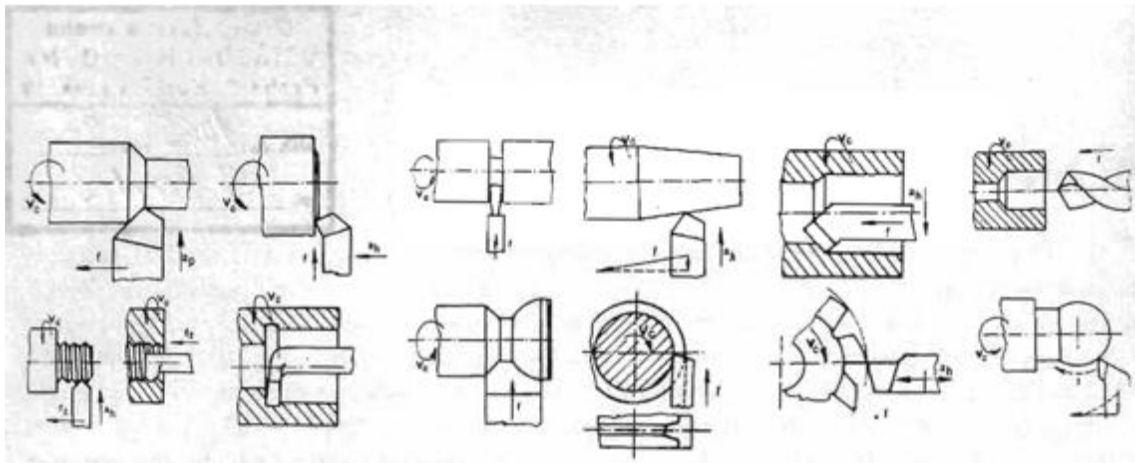


## 2. Teoretická část

### 2.1 Soustružení

Jedná se o třískové obrábění a je nejpoužívanější výrobní metoda pro výrobu rotačních ploch. Hlavní pohyb vykonává obrobek (jedná se o pohyb rotační) a vedlejší pohyb vykonává nástroj (jedná se o pohyb posuvný). Běžně lze vyrábět válcové, kuželové, rotační tvarové a šroubové plochy (závity) vnější i vnitřní, malé otvory v ose rotace (vrtání), rovinné plochy (čelně), dělit materiál (upichovat).

Na speciálních strojích je možno vyrábět složitější rotační tvary. Jedná se o způsob kopírováním za pomoci např. vaček. Přehled základních operací je naznačen na obrázku [1]

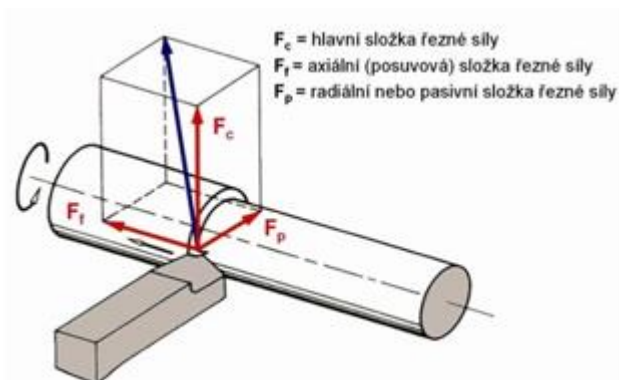


Obr. 1 základní práce při soustružení [1]

#### 2.1.1 Obrobitelnost

Obrobitelnost je vlastnost, která vyjadřuje, efektivnost při co nejnižších nákladech za daných technologických podmínek. Obrobitelnost je úzce spjata s ekonomikou výroby: vyprodukovat maximální výkon s dostupnými (omezenými) zdroji. Obrobitelnost ovlivňují a určují řezné síly, teplo a teplota v řezu, formování třísky, opotřebení a životnost nástroje a také integrita povrchu obrobené plochy. Všechny tyto faktory významně ovlivňují řezný proces a mohou snížit obrobitelnost. [2]

## 2.1.2 Silové poměry při soustružení



Obr. 2 Znáornění řezných sil při podélném soustružení.[2]

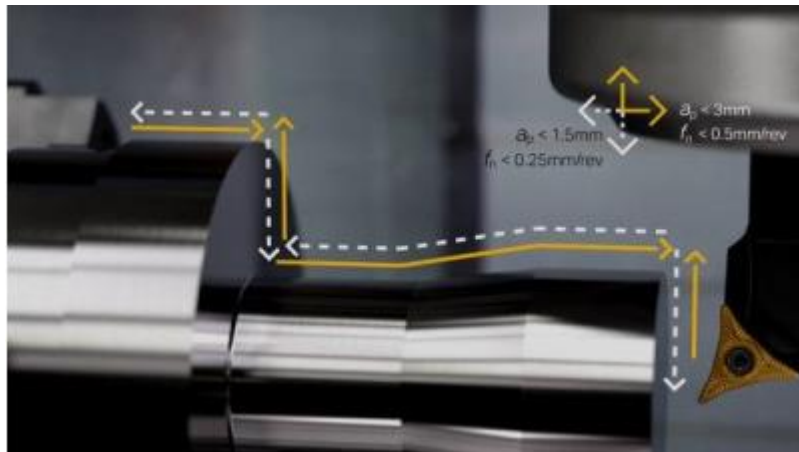
Řezné síly jsou limitující pro určení obrobiteľnosti. Ovlivňují spotřebu energie během procesu. Vysoké řezné síly znamenají vysoký potřebný výkon, ale použitelný výkon je vždy omezen. Vysoké řezné síly způsobí větší deformace řezných nástrojů a obrobků, důsledkem čehož jsou vibrace a deformace obrobku (ztrátu tolerance). A v případě, že jsou použité řezné síly příliš vysoké, může dojít ke značnému zkrácení životnosti, či zničení nástroje například vylomení řezné hrany. [2]

U konvenčního způsobu soustružení je nejvyšší tuhost upnutí ve sklíčidle. U delších součástí může dojít na volném konci k ohnutí součásti vlivem řezných sil, čemuž se předchází podepřením volného konce pinolou v koníku.

## 2.2 Teorie zpětného soustružení metoda Prime turning

Metodu soustružení PrimeTurning™ uvedla na trh firma Sandvik Coromant a je založena na bázi pohybu nástroje, který začíná odebírat materiál od sklíčidla a pokračuje v záběru až na konec obráběné součásti a ne jako je tomu u konvenčního způsobu soustružení, kde nástroj začíná obrábět od konce součásti a pohybuje se směrem ke sklíčidlu. Tato metoda a postup nástroje nám umožňuje soustružit ve všech směrech a to jak v podélném, tak čelním směru. Dále nám také umožňuje používat i tvarové soustružnické operace a to za využití jednoho nástroje. Díky malému úhlu nastavení ostří dochází k rozložení zatížení a odvodu tepla mimo špičku destičky, čímž nástroj dosahuje delší životnosti, nebo zde můžeme využít vyšších hodnot řezných parametrů, při kterých dochází ke zvýšení produktivity a výnosů. U metody PrimeTurning™ nenastávají

problémy s hromaděním a odváděním třísky, jelikož řez probíhá z rohu ven. Tato metoda ale požaduje stabilní upnutí součásti, kvůli vyšším radiálním silám. Je vhodná pro krátké, kompaktní, nebo štíhlé součásti podepřené pinolou v koníku. Metoda je vhodná pro velkosériovou výrobu, nebo tam, kde dochází k častému seřizování a výměně nástrojů. [8]

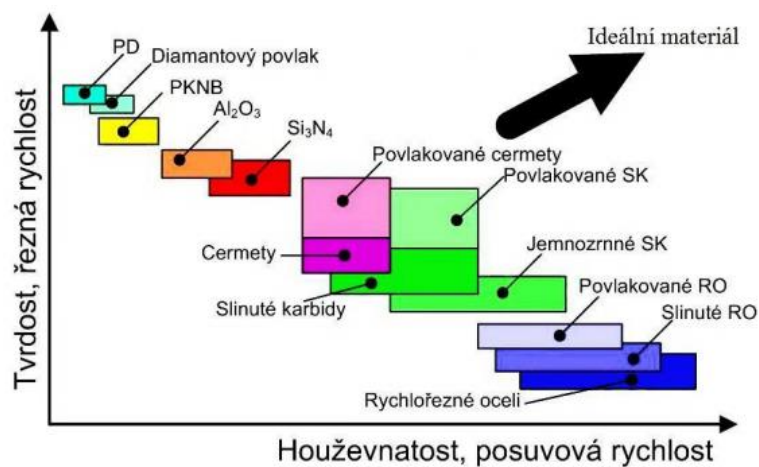


Obr. 3 Směry konvenčního (čárkovaně) a zpětného (plně) soustružení [8]

Nová technologie si vyžádala i inovaci softwaru, proto byly vyvinuty nové funkce v CAM softwaru pro zjednodušení programování drah nástrojů a dynamických posuvů požadovaných pro tento proces soustružení. [6]

## 2.3 Soustružnické nože

### 2.3.1 Nástrojové materiály



Obr. 4 Rozložení spektra nástrojových materiálů [3]

### 2.3.1.1 Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli (RO) nebo HSS – High speed steels jsou nejstaršími používanými materiály na výrobu nástrojů. Dříve z nich byla vyráběna velká škála nástrojů, ale v dnešní modernější době jsou již na ústupu, jelikož je nahrazují jiné materiály například vyměnitelné břitové destičky (VBD) ze slinutých karbidů, ale i přes to jsou u některých nástrojů nenahraditelné díky své vysoké houževnatosti, jednoduchému zpracování a ekonomické dostupnosti. Vyrábějí se z ní například závitníky.

Rychlořezné oceli jsou pro své specifické vlastnosti samostatnou skupinou vysoce legovaných nástrojových ocelí a dle normy mají svou vlastní třídu 19 8xx. Svou tvrdost získávají zakalením na martenzit za přítomnosti karbidů legujících prvků a jejich kombinací: wolframu, vanadu, chromu, nekarbidotvorného kobaltu a molybdenu. Rychlořezné oceli obsahují většinou méně než jedno procento uhlíku.

Dále se rychlořezné oceli dělí podle převažujícího množství legujících prvků na výkonné (HSS), vysoce výkonné (HSS-E) a oceli pro běžné použití. [1; 3; 4]

### 2.3.1.2 Slinuté karbidy

Jedná se o tuhé roztoky karbidů kovů v pojivu. Jsou vyráběny práškovou metalurgií spékáním wolframu a kobaltu. Slinuté karbidy využívané pro kovoobráběcí aplikace obsahují více než 80 % částic tvrdé fáze WC. Slinuté karbidy mají vysokou tvrdost, pevnost v tlaku a vysokou odolnost proti opotřebení až do cca 900°C. Nevýhodou je zde vyšší pořizovací cena než u rychlořezných ocelí, nižší houževnatost a malá tepelná vodivost.

Pro zvýšení požadovaných vlastností se slinuté karbidy ještě povlakuje. [1; 3; 4]

Označení skupiny	Určené použití
P (modrá)	Uhlíkové, slitinové a feritické korozivzdorné oceli
M (žlutá)	Lité oceli, austenitické oceli a tvárné litiny
K (červená)	Litiny, nezelezné a nekovové materiály
N (zelená)	Slitiny hliníku, hořčíku nebo mědi, plasty, kompozity, dřevo
S (hnědá)	Titan a žárovečné slitiny
H (šedá)	Zušlechtnuté a kalené oceli, tvrzené litiny

Obr. 5 základní rozdělení SK

### 2.3.1.3 Řezná keramika

Využitím řezné keramiky se snažíme nalézt dokonalejší nástrojový materiál, který nebude tak drahý a nebude zapotřebí drahých a nedostupných prvků, jako jsou například wolfram či kobalt. Snaha vývoje tohoto materiálu spočívá na zvýšení její houževnatosti a zabránění vydrolování ostří. Řezná keramika má dnes pouze velmi úzké využití a to na práci s šedou, tvárnou litinou a žáruvzdorných slitin. [5]

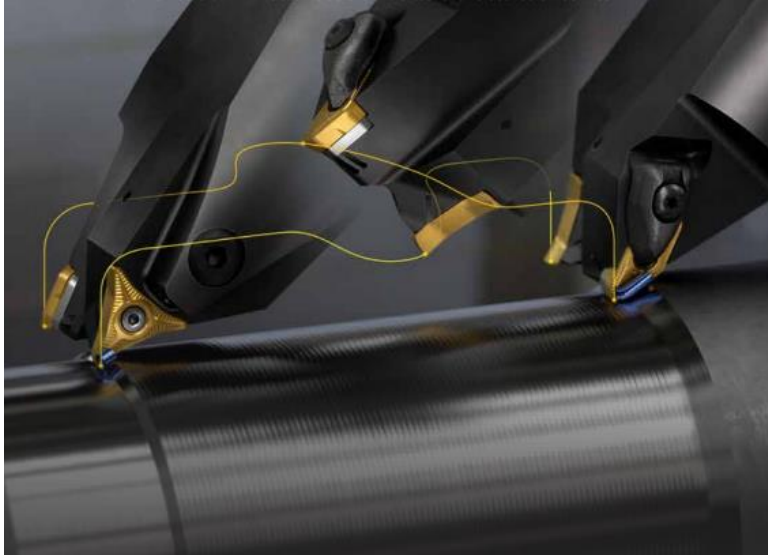
Rozdělení řezné keramiky:

- 1) Čistá oxidická keramika
- 2) Směsná oxidická keramika
- 3) Nitridová keramika
- 4) Povlakovaná řezná keramika
- 5) Vyztužená keramika

### 2.3.2 Držáky nástrojů pro metodiku PrimeTurning™

Společnost Sandvik Coromant vydala řadu držáků nástrojů pro víceúčelové axiální držáky nástrojů CoroTurn Prime. Držáky pomáhají prodejčům strojů s implementací nové metodiky PrimeTurning™, která umožňuje soustružení ve všech směrech. Díky této nové metodice se daří uživatelům maximalizovat produktivitu a tím i celkový ekonomický výnos. Společnost nabízí šest držáků, které jsou upevněny ve stroji pod úhlem 45°. Čtyři držáky umožňují upnutí pouze jedné vložky a dva dvojité držáky pro upnutí dvou vložek. Jedním z hlavních držáků této řady je CoroTurn Prime Twin pro víceúčelové stroje. Tyto držáky nástrojů jsou osazeny jak vložky Prime A, tak Prime B, které umožňují provádění hrubování VBD typu B a poté se dokončuje například VBD typu A. Moderní víceúčelové stroje většinou obrábí celou vyráběnou součást, ale čím víc nástrojů na součást použijeme, tím více času ztratíme mezi výměnami jednotlivých z nich. Často se dostáváme až na čas kolem 15 až 20 sekund mezi jednotlivými nástroji. Držák CoroTurn Prime Twin je určen pro zrychlení výroby tím, že použijeme pouze jeden nástroj s dvěma vyměnitelnými břitovými destičkami. Další výhodou je, že obrábění v ose B umožňuje obsluhu naprogramovat vlastní úhel nástroje v přesných přírůstcích. Díky neutrálnímu držáku se při obrábění v ose B zvýší přístupnost. Při kombinaci

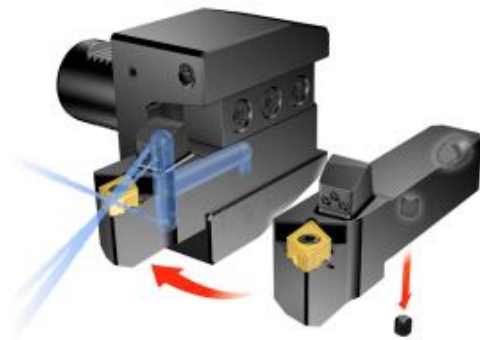
přístupnosti a efektivitě drah obráběcí operace se dostáváme k vysokým úsporám času a tím i ke zvýšení produktivity, díky čemuž se umožňuje snížit počet nástrojů ve firmě.



Obr. 6 Náhled držáku CoroTurn Prime Twin [7]

Problémy s chlazením byly odstraněny pomocí nového chladicího systému zavedeného přímo v nástroji. Dosahovaná kvalita povrchu a životnost je vyšší. [6]

Držáky nástrojů pro destičky CoroTurn Prime mají více otvorů pro vedení vnitřně přiváděného chladiva na ostří. Tyto vysokotlaké proudy jsou určeny k tomu, aby pomohly regulovat teplo a pomáhaly s odvodem třísek. Aplikace chladiva je zvláště důležitá pro vložku typu A, protože špička nástroje v každém rohu není tak masivní jako u typu B, takže její odolnost proti opotřebení a schopnost absorbovat teplo je poněkud nižší. Z tohoto důvodu, Držáky destiček typu A mají jeden zaměřený paprsek chladicího média v horní části destičky dva otvory po stranách. [10]



Obr. 7 Přívod chladicí kapaliny [9]

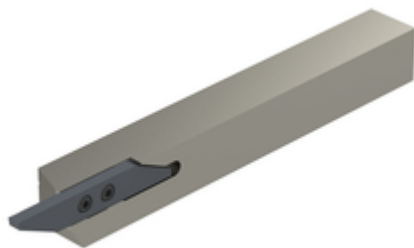


Obr. 8 Nástroj s destičkami CoroTurn Prime A-type a CoroTurn Prime B-type [9]

### 2.3.3 Držáky nástrojů pro metodiku zpětného soustružení

#### 2.3.3.1 Od firmy WNT Ceratizit group

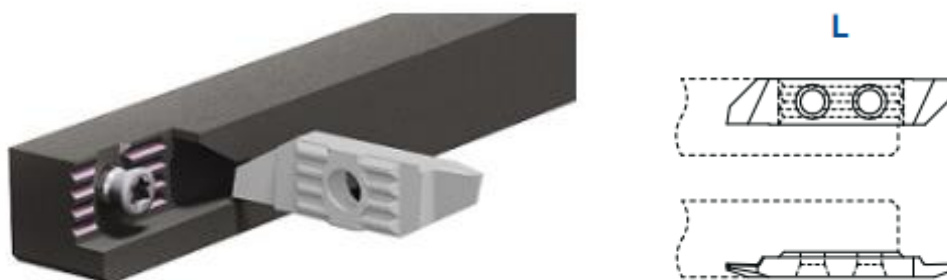
Firma WNT Ceratizit group se zaměřuje na výrobu nástrojů, držáků nástrojů a břitových destiček pro dlouhotočné automaty, ale i pro Ultra-mini obrábění a minicut. Pro upevnění VBD při zpětném soustružení využívají dva šrouby. [13]



Obr. 9 VertiClamp - standardní držák [13]

### 2.3.3.2 Od firmy PM-Tech

Firma PM-Tech se zaměřuje též na výrobu nástrojů pro zpětné soustružení, převážně však pro dlouhotočné automaty a to s dvěma systémy a to se systémem TOP-LINE kde je upnutí VBD řešeno pomocí dvou šroubů a ECO-LINE u kterého je upnutí VBD řešeno pomocí jednoho šroubu. Pomocí zubového upnutí dosahuje extrémně tuhého upnutí. Držák umožňuje výměnu VBD přímo ve stroji a není tudíž nutné celý nástroj ze stroje vyjímat. Oba systémy pracují s destičkami o různých šířkách a geometriích. [14]



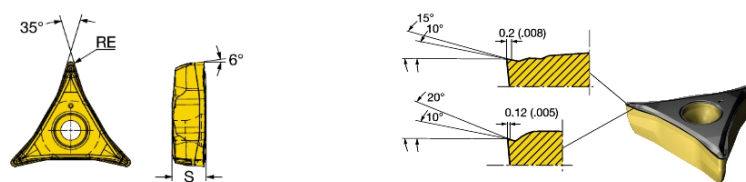
Obr 10 Držák systému ECO-LINE a ukázka upnutí pro levý nůž TOP-LINE [14]

### 2.3.4 Geometrie VBD

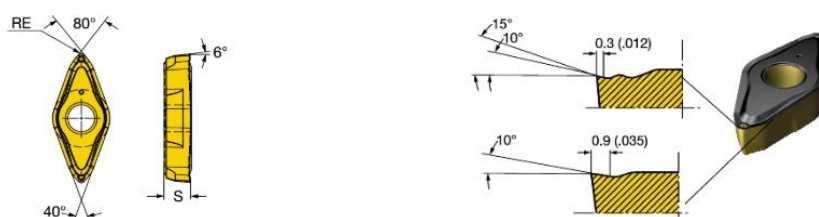
Geometrie VBD neodpovídá normám ISO a díky své jedinečné geometrii se jedná o nástroje se specifickým tvary dány výrobcem. Jak můžeme vidět na obrázcích níže, tak je patrné, že Sandvik Coromant má vlastní originální metodu a specifickou geometrii destiček. Další dva výrobci již pracují s velmi podobnými typy na základě stejného principu.



### 2.3.4.1 Prime turning™

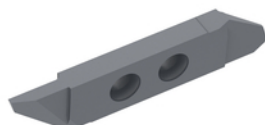


Obr. 11 Geometrie VBD typu A, CP-A1108-L3 4325 [16]



Obr. 12 Geometrie VBD typu B, CP-B1108-L4 4325 [16]

### 2.3.4.2 WNT Ceratizit group



Obr. 13 Destička VertiClamp - 3004 R [13]

### 2.3.4.3 PM-Tech



Obr. 14 Destička ECO-LINE [15]

## 2.4 CNC řízené stroje

Jde o stroje, u kterých jsou automatické či poloautomatické cykly ovládány řídicím systémem na bázi výpočetní techniky. Jedná se o stroje určené ke zvýšení produktivity a kvality výroby. Vyrábějí se jak stroje určené pouze k soustružení, tak i obráběcí centra pro větší variabilitu výroby jako například obráběcí centra.

## **2.4.1 Programování**

### **2.4.1.1 Ruční**

Jedná se o zapisování všech jednotlivých funkcí ručně technologem, dráhy a uzlové body musí být napočítány. Využití hlavně u pohybu ve 2D a 2,5D CNC strojů. Může dojít k chybě operátora. Program se skládá vždy z úvodní věty, těla programu a závěrečné věty zakončenou funkcí M30. U metody Primeturning je ruční programování možné, ale je složité, jelikož si operátor musí napočítat uzlové body všech drah (včetně atypických křivkových drah) sám a zadávat je učně.

### **2.4.1.2 Dílenské**

Jedná se o programování přímo v řídicím systému stroje, nebo na programovacích stanicích daného řídicího systému. V obou případech operátor zadává hodnoty již předem definovaných cyklů. Jedná se o programování HNC (Hand Numerical Control). Pro metodu Primeturning se nevyužívá, jelikož by bylo složité skoro, až nemožné naprogramovat cykli na programovací stanice a u operátora stroje by docházelo ke značným prodlevám a snížení produktivity.

### **2.4.1.3 Strojní**

Jedná se o využití mnoha CAM softwarů, které jsou k dispozici na trhu. Základním principem je naprogramování obrábění na místě nezávislém na stroji tudíž odkudkoli. Programovací software je umístění na počítači. Tento software přináší spoustu výhod, jako jsou například možnost simulace drah a času, díky které se dá předcházet kolizím, poškození nástrojům a hlavně zvýšit produktivita. Velikou nevýhodou je cena softwaru a nutnost aktualizací. Dále také potřebujeme školený personál. Hlavní nevýhodou je, že potřebujeme postprocesing ve kterém může dojít k chybě v konvertaci a poté ke kolizi na stroji. U metody primeturnig je tato metoda programování nejpoužívanější, z důvodu snazší manipulace s programem v rozhraní PC a možnost ověření výstupu přes simulaci. Některé dráhy jsou ale nedefinovatelné a je zapotřebí je tvořit ručním programováním.

## **2.4.2 Příklady softwarů typu CAM**

Softwarů je velké množství například:

### **2.4.2.1 Kovoprog**

CAM software Kovoprog již v sobě má implementovanou metodu zpětného soustružení pod jiným názvem, ale na mé upozornění a komunikaci v emailu metodu v další aktualizaci přejmenují na Primeturning.

### **2.4.2.2 Heidenhain software**

CAM software Heidenhain (jako jsou programovací stanice TNC nebo software pro přenos dat TNCremo) nemá v sobě implementovaný postup na metodu PrimeTurning, ale dají se ručně naprogramovat dráhy sloužící k metodě zpětného soustružení. [17]

### **2.4.2.3 Featurecam**

CAD/CAM software FeatureCAM má vlastní automatizační přístup k CNC programování frézek, soustruhů a drátových řezaček. Vysoký stupeň automatizace dokáže snížit čas přípravy výroby a zjednodušit celé programování. Je to jednoduché řešení pro programování operátory přímo u strojů. Tento software je schopen využívat metodu Primeturning od aktualizace 2019 [12]

### **2.4.2.4 Autodesk Fusion 360**

Fusion 360 pracuje od vysoce výkonného hrubování s adaptivním úběrem až po zjednodušené řízení víceosých strojů a orientaci nástrojů. Výroba s 2,5, 3, 4 a 5-osými frézovacími, sondovacími, soustružnickými a profilovacími operacemi umožňuje párovat výkonný pomocný motor s profesionální konstrukcí nástrojů. Software obsahuje funkce ke generování a definici pracovního prostoru, kde lze definovat funkční, výrobní či mechanické požadavky. Umí také renderovat výsledný reálný designový vzhled, animace sestavení jednotlivých komponent a simulaci obrábění.

#### 2.4.2.5 Software CoroPlus®

Jedná se o software od firmy Sandvik Coromant přímo určený pro metodu Primeturning, který dodává programovací kódy a techniky pro nastavení správných parametrů a proměnných pro danou aplikaci metody. To zajišťuje správnou dráhu nástroje, vstup do obrobku a poskytuje optimální produktivitu.

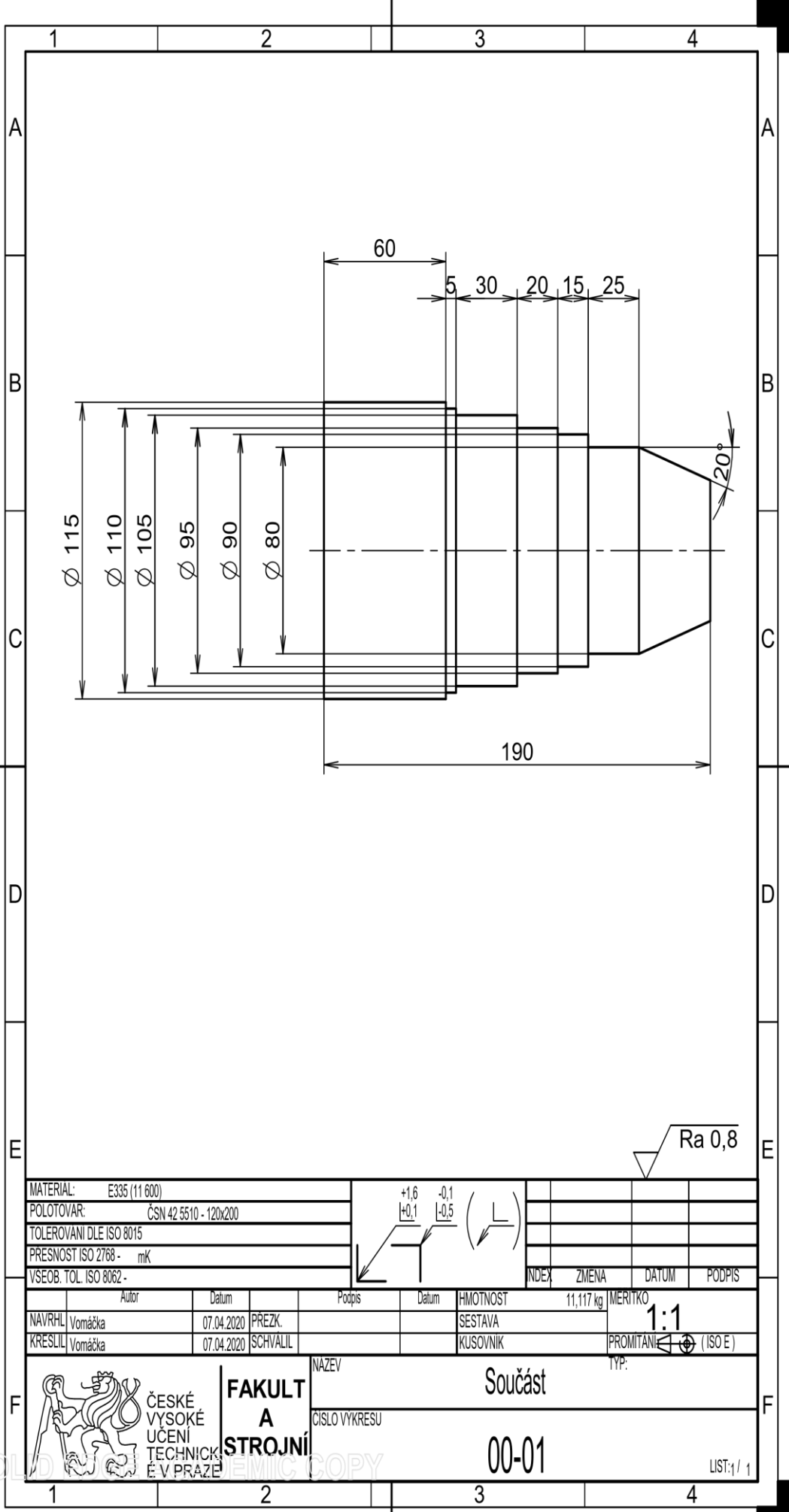
Funkce programu:

- Software dráhy nástroje PrimeTurning™ podporuje podélné soustružení, profil soustružení a soustružení čela pro vnější soustružení
- Poskytuje správný výběr stupně a geometrie pro doporučení řezných dat na základě nastavení předběžného obrábění
- Možnost importu CAD modelů (STEP / IGS) pro definování komponenty
- K dispozici je 3D simulace s detekcí kolizí. [11]

## **3. Programování a postupy**

### **3.1 Výkresová dokumentace**

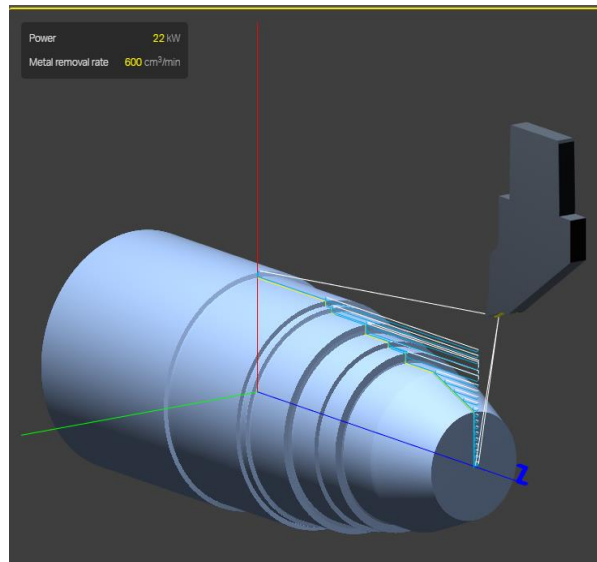
Pro ověření funkčnosti softwarů byl vytvořen výkres součásti. U součásti byly použity osazení i kuželové zakončení z důvodu komplexnosti využití metod. Celá součást je vyráběna s drsností povrchu Ra 0,8. Tolerance zaoblení vnitřních rohů byla zvolena do max. 1,6mm s tím, že špička nástroje je 0,8 mm, čímž je tolerance dostatečná. 3D model a výkres byly vytvořeny v akademické verzi softwaru SolidEdge od firmy Siemens. Model byl převeden do formátu .step, aby mohl být dále využit ve zvolených CAM softwarech. Součást je vyráběna z polotovaru plné kruhové tyče z materiálu 11 600. Jedná se o konstrukční ocel obvyklé jakosti s vyšším obsahem uhlíku. S ohledem na zvolený materiál se volí vyměnitelné břitové destičky a nástroje od firmy Sandvik Coromant.



## 3.2 Postup programování v softwaru

### 3.2.1 CoroPlus ToolPath

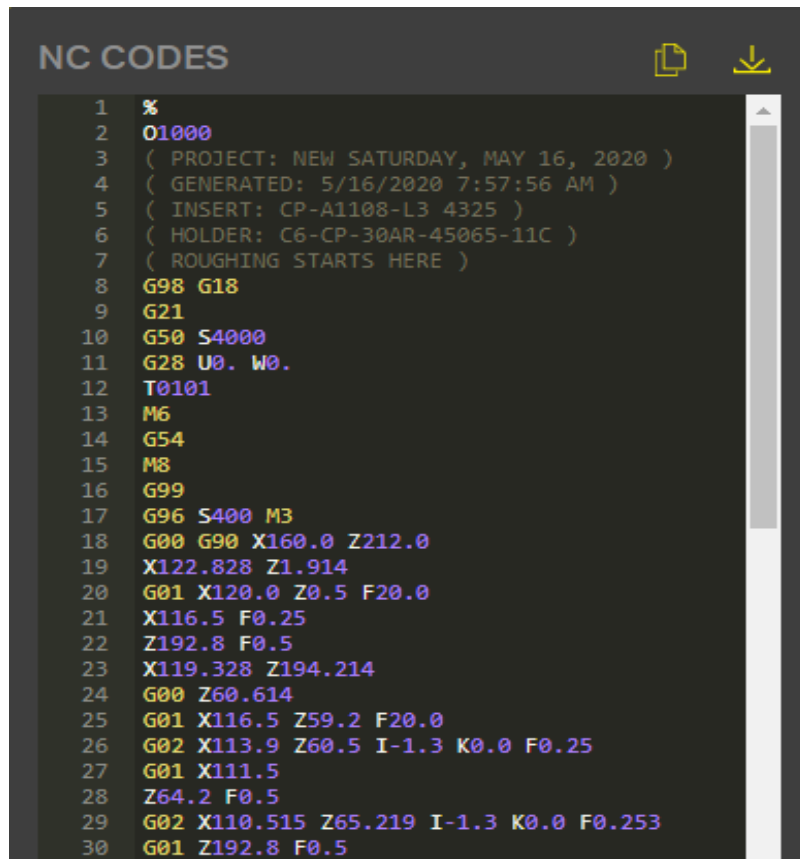
Tento software vyvinutý firmou Sandvik Coromant slouží k výběru nástroje, VBD, propočtu podmínek obrábění, simulaci postupu obrábění, k návržení vhodného doporučeného způsobu obrábění a k vygenerování NC kódu. Tento software se nestahuje jako většina jemu podobných, nýbrž se vše odehrává v prostředí internetového prohlížeče, což může být výhodou, při práci z PC s nízkou kapacitou místa na pevném disku. Před možností požití této aplikace se musí vytvořit přihlašovací účet a poté se postupuje, viz příloha. Aplikace je celá v anglickém jazyce, aby byla plošně dostupná.



Obr. 15 Simulace obrábění v CoroPlus ToolPath

Aplikace je velmi jednoduchá a intuitivní. Každý se v ní rychle zorientuje. Jediné co se stahuje, je následně vygenerovaný NC kód připravený k nahrání do stroje. Výhodou a zároveň nevýhodou jsou data, která jsou uložena pouze na vašem účtu na cloudovém úložišti, tedy až na NC kód. Dále bych rád vyzdvihnul ihned měnící se 3D zobrazení a přepočítání při každé, byť i nepatrné změně parametrů. Velikou nevýhodou aplikace je programování pouze jednoho nástroje. Kdybych chtěl využít více nástrojů, což v dané situaci potřebuji, minimálně dvou (na obrobení povrchu a na upíchnutí), tak to nelze naprogramovat. Dá se to řešit pomocí dalšího softwaru, kde by se to dalo

doprogramovat. Nicméně díky tomu, že je aplikace určena k metodě PrimeTurning™, tak jsou v aplikaci zabudovány speciální nástroje a není nutnost si je jakkoliv vytvářet či importovat. Komunikace s podporou nebyla díky jednoduchosti zapotřebí.



```
NC CODES
1 %
2 O1000
3 ( PROJECT: NEW SATURDAY, MAY 16, 2020 )
4 ( GENERATED: 5/16/2020 7:57:56 AM )
5 ( INSERT: CP-A1108-L3 4325 )
6 ( HOLDER: C6-CP-30AR-45065-11C )
7 ( ROUGHING STARTS HERE )
8 G98 G18
9 G21
10 G50 S4000
11 G28 U0. W0.
12 T0101
13 M6
14 G54
15 M8
16 G99
17 G96 S400 M3
18 G00 G90 X160.0 Z212.0
19 X122.828 Z1.914
20 G01 X120.0 Z0.5 F20.0
21 X116.5 F0.25
22 Z192.8 F0.5
23 X119.328 Z194.214
24 G00 Z60.614
25 G01 X116.5 Z59.2 F20.0
26 G02 X113.9 Z60.5 I-1.3 K0.0 F0.25
27 G01 X111.5
28 Z64.2 F0.5
29 G02 X110.515 Z65.219 I-1.3 K0.0 F0.253
30 G01 Z192.8 F0.5
```

Obr. 16 NC kód CoroPlus ToolPath

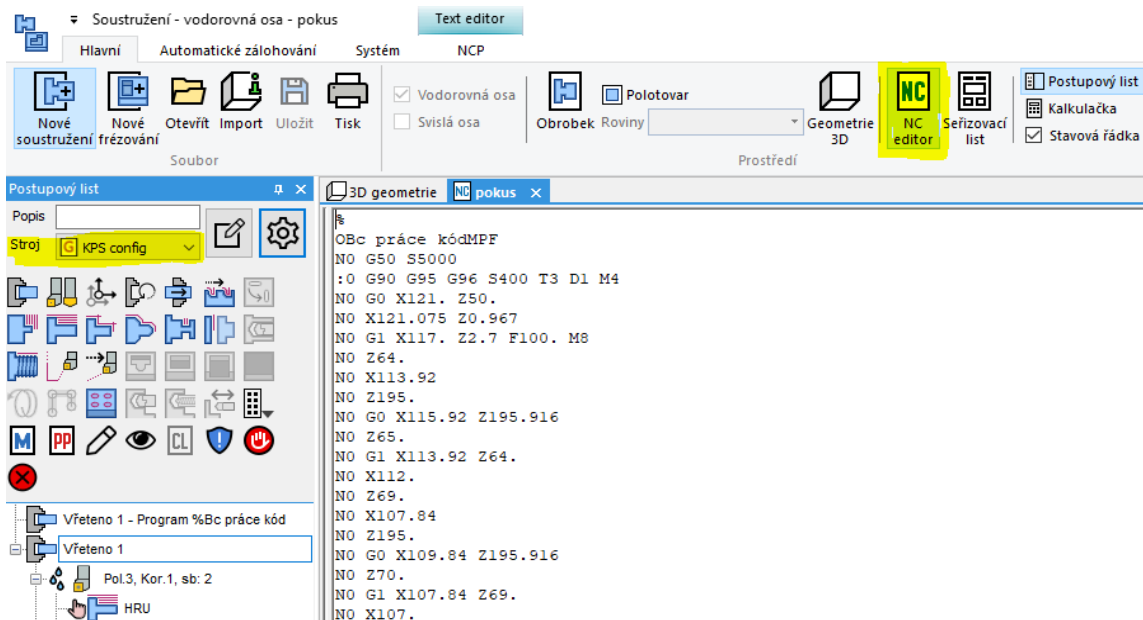
### 3.2.2 Kovoprogram

Software kovoprogram je licencovaný software ke kterému jsem získal licenci díky fakultě. Jedná se o stažený program, který umí importovat skici z formátu .dxf, nebo je lze vytvářet rovnou v prostředí softwaru.

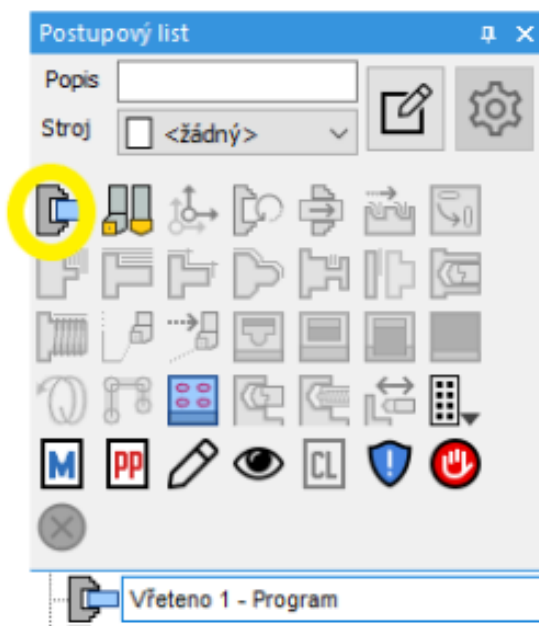
Tento program je dost propracovanější a časově náročnější. Dá se pracovat s více nástroji, definovat si nástroje vlastní, s více funkcemi, upravovat si dráhy ručně. Výhodou je i to, že Kovoprogram je v češtině. Funkce jsou dobře označeny a například v postupovém listě vás to nenechá vkládat nesmyslně funkce na přeskáčku a funkce se otvírají postupně.



Díky své propracovanosti je jednoduché se občas v programu ztratit, ale komunikace s podporou probíhá rychle a hlavně kvalitně. Odpovídají přesně na vámi zavedený problém či dotaz, bez problému a hlavně stručně a tak, že je vše hned pochopitelné.



Obr. 17 NC kód Kovoprogram



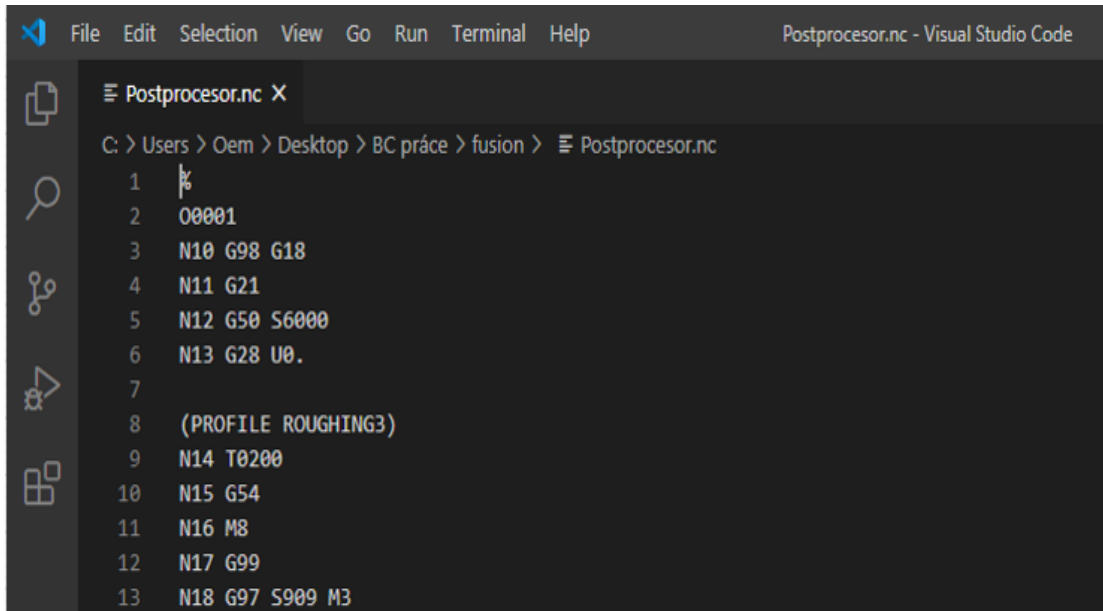
Obr. 18 ukázka postupně přístupných operací

### 3.2.3 Fusion 360

Software Fusion 360 od firmy Autodesk je v porovnání s ostatními testovanými softwary v mé práci nejmladší. Software je celý v anglickém jazyce.

Nejdůležitější je upozornit na to, že software má v sobě zabudovanou metodu zpětného soustružení, ale v knihovně nástrojů jsou pouze nástroje vhodné pro konvenční způsob obrábění. Nástroje nelze vytvářet a tím pádem není možnost dosáhnout požadované kvality povrchu na výkresové dokumentaci, či další požadovaných hodnot, jelikož software nepočítá, nesimuluje a nebere v úvahu vhodnost nástroje.

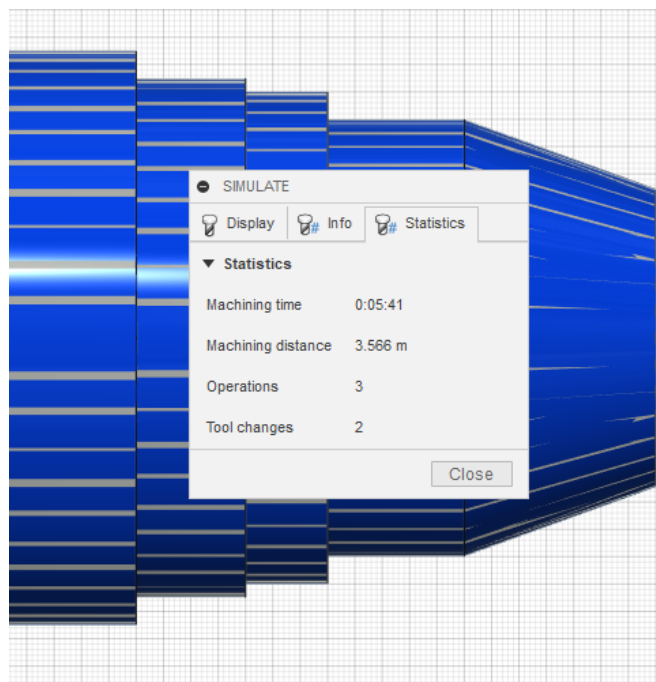
V porovnání s aplikací CoroPlus je software Fusion 360 propracovanější, jelikož funguje jak CAD modelář, tak jako CAM. Programátor však musí vědět, co dělá, jelikož je Fusion 360 o dost náročnější a není již tolik intuitivní.



```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help Postprocesor.nc - Visual Studio Code
Postprocesor.nc X
C: > Users > Oem > Desktop > BC práce > fusion > Postprocesor.nc
1 |%
2 00001
3 N10 G98 G18
4 N11 G21
5 N12 G50 S6000
6 N13 G28 U0.
7
8 (PROFILE ROUGHING3)
9 N14 T0200
10 N15 G54
11 N16 M8
12 N17 G99
13 N18 G97 S900 M3
```

Obr. 19 NC kód Fusion 360

V porovnání se softwarem Kovoprog je Fusion 360 stále pozadu. Výhodou Fusionu 360 je CAD modelář, ale jinak je v softwaru spousta věcí co zlepšovat. Například nelze vytvořit vlastní soustružnický nůž (frézovací nástroj lze vytvořit). I když software podporuje metodu zpětného soustružení, tak na ni nemá vhodné nástroje. Příklad na polotovaru se dá nastavit pouze rovnoměrně na obě strany rovnoměrně. Dále se vyskytují občasné problémy se simulací, kde se občas generují kolize, které při znovutevření simulace zmizí, nejde nastavit dráhy ručně, a proto může docházet k zbytečnému obrábění či obrábění vzduchu vzduch, což prodlužuje výrobu a tím zvyšuje cenu práce stroje.



Obr. 20 Výstup simulace s časem obrábění

Výstupy ze softwaru nelze fyzicky uložit pouze exportovat. V případě dodatečného zpoplatnění softwaru tak lze přijít o všechny svá data. V post Procesingu, kde software nabízí uložit výstup pod jménem či číslem, se musí zadat číslo, jelikož pod jménem to nelze, viz příloha 4) Generování NC kódu.

Komunikace s podporou byla zdlouhavá a odpovědi byly nedostatečné. Většinou mi bylo odpovězeno na něco jiného, než byl vznesen dotaz. Například dotaz na vytvoření vlastního soustružnického nástroje byl okomentován odpovědí a postupem tvorby nástroje frézovacího atd.

## 4. Vyhodnocení

Ze zvolených softwarů jsem udělal pro přehlednost tabulku jejich vlastností. Tabulka je brána z mého pohledu práce s nimi a komunikací s podporou, případným dohledáváním informací, či pomocných návodů na youtube a je v ní vyobrazen můj názor, jak se mi s danými softwary pracovalo.

Je vidět, že všechny splňovaly požadavek na metodu zpětného soustružení, ale například Fusion 360 k metodě nemá nástroje, aby byla možnost jí použít a to jak z důvodu chybějících nástrojů v knihovně, tak kvůli nemožnosti si nástroje vytvořit buď pomocí vlastnoručně nakreslené geometrie, nebo pomocí importu z výkresu.

Náročnost získávání informací je částečně zahrnuta ve složitosti práce, ze které vyplývá, že u aplikace CoroPlus nebylo potřeba nic dohledávat (krom nástrojů a držáků v širokém sortimentu nabízených firmou Sandvik Coromant) a nebyla zapotřebí ani komunikace s podporou.

U jednotlivých programů došlo též ke zhodnocení možností podrobných úprav jak nástrojů (křivkového zadávání), tak parametrů obrábění u kterého se nejlépe osvědčil program Kovoprog.

	Kovoprog	CoroPlus	Fusion 360
Složitost práce	středně náročná	nenáročná	náročná
zpětné soustružení	vlastní ikona	PrimeTurning	vlastní ikona
Změna parametrů	snadná detailní	snadná	snadná detailní
Knihovna nástrojů	ano	ano	ano
Knihovna nástrojů na zs	ne	ano	ne
Knihovna držáků	ano	ano	ne /nástroj jako celek
vlastní nástroje na zs	ne	ano	ne
tvoření nástroje	ano detailní	ne	ne
použití více nástrojů	ano	ne	ano
import součásti	ano	ano	ano
import polotovaru	ano	ano	ne
import geometrie nástroje	ano	ne	ne
simulace	podrobná	podrobná	podrobná / s problémy
komunikace s podporou	velmi dobrá	nebyla potřeba	velmi špatná

Tab. 1 Vyhodnocení softwarů

Z celkového porovnání a výsledků simulace jsem došel k závěru, že nejlepší volba ze zvolených softwarů je Kovoprog, jak pro jeho širokou využitelnost, vzhled prostředí, složitost a rozmanitost podmínek k programování, nastavování, simulování prostředí a jednotlivých úkonů, tak pro komunikaci a snadno dohledatelné informace.

## 5. Závěr

Využití metody zpětného soustružení a PrimeTurning bylo úspěšně provedeno a demonstrováno na vytvořené součásti, kde jsem z následujících softwarů vypracoval postupy, jak obrábění v jednotlivých softwarech funguje, jak se provádí, způsoby nastavení, zanášení hodnot dle požadavků a simulování procesu. Dále jsem se zaměřil na vytváření a použití nástrojů především od firmy Sandvik Coromant a vše jsem vyhodnotil. Z vyhodnocení vychází, že jeden software neprospěl kvůli použitým nástrojům. CoroTurn byl vyhovující pouze na metodu PrimeTurning, ale na další pokračování v obrábění nebyl vytvořen. Nejlépe obstál software Kovoprog, který svou komplexností, variabilitou a přijatelnou složitostí zvládl splnit všechny zadané požadavky.

Pro metodu zpětného soustružení byly zjištěny všechny potřebné požadavky. Povedlo se detailně zaznamenat jakými styly a způsoby se dá vytvořit soustružnický nástroj, jak vyměnitelná břitová destička, tak tělo nástroje. Zjištěna byla i rozsáhlost a využitelnost nožů ze základní implementované knihovny nástrojů jednotlivých softwarů a možnost její editace. Ověřil jsem funkčnost zvolených softwarů vhodnost pro užívání na metodiku zpětného soustružení a přiblížil základní pravidla použití a práce se softwary.

Jsem si vědom malého rozsahu zvolených softwarů. V dnešní době se využívají různé softwary na podobné bázi s jinými přednostmi a chybami. Vybral jsem tyto tři softwary, jelikož jsou aktuálně používány či jsou dostupné na Ú12134. Má práce popisuje základní programování metody zpětného soustružení a je možné ji využít k programování, porovnání, či poučení se při práci s ostatními softwary. Podařilo se mi tím vytvořit učební pomůcku, či postupový sled příkazů pro ostatní, kterým může pomoci naprogramovat i jiné softwary podobným způsobem.

## 6. Seznam použité literatury

- [1] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. Plzeň: Ediční středisko Vysoké školy strojní a elektrotechnické, 1989.
- [2] *Odborně-vzdělávací a zpravodajský portál z oblasti strojírenství a navazujících oborů: Příručka pro technology - Jak je to s řeznými silami?* [online]. Praha 10: MM průmyslové spektrum, 2012/3 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-jak-je-to-s-reznymi-silami.html>
- [3] Humár, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008. ISBN 9788025422502 802542250X.
- [4] ŘíčkaJ, Bulla V. :*Technologie obrábění a montáží*, VUT Brno 1988
- [5] Humár, A.: *Materiály pro řezné nástroje*, Vysoké Učení Technické V Brně
- [6] *Range of Toolholders for PrimeTurning Methodology*. Gardner Publications, 2018, **90**(8), s. -124, 124 s.. ISSN 00268003. Dostupné také z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=127278522&site=ehost-live&scope=site>
- [7] *Sandvik Coromant: Save time with Twin-tool holders* [online]. SE-811 81 Sandviken, Švédsko: AB Sandvik Coromant, 2018 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/brochures/en-gb/c-1040-193.pdf> *Sandvik Coromant: Metoda PrimeTurning™* [online]. SE-811 81 Sandviken, Švédsko: AB Sandvik Coromant, 2018 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/general-turning/pages/external-turning.aspx>
- [8] *Sandvik Coromant: RE-INVENTING TURNING* [online]. SE-811 81 Sandviken, Švédsko: AB Sandvik Coromant, 2018 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/technical%20guides/en-gb/c-1040-218.pdf>
- [9] *QS Shank: CoroTurn® TR* [online]. SE-811 81 Sandviken, Švédsko: AB Sandvik Coromant, 2018 [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: [https://www.sandvik.coromant.com/\\_layouts/15/tibp/downloadshandler.ashx?url=\https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/handlinginstructions/cs-cz/qs-shank-coroturn-tr-92027.pdf](https://www.sandvik.coromant.com/_layouts/15/tibp/downloadshandler.ashx?url=\https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/handlinginstructions/cs-cz/qs-shank-coroturn-tr-92027.pdf)
- [10] Modern Machine Shop. *Feature: Turning takes a new direction* [online]. 2017, **90**(1), 71-78 [cit. 2020-02-04]. ISSN 0026-8003. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=bba844a4-10e4-4a9c-a225-e47ddacfa209%40sdc-v-sessmgr02>
- [11] CoroPlus ToolPath for PrimeTurning. *Instruction manual CoroPlus® ToolPath for PrimeTurning™* [online]. 2019, **2019**(1), 2-3 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z:

- <https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/handlinginstructions/en-gb/coroplus-toolpath-for-primeturning-instruction-manual.pdf>
- [12] FEATURECAM [online]. Česká republika: CAD Studio, 2020 [cit. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.featurecam.cz/funkce-programu/>
- [13] WNT Ceratizit group [online]. Praha: © CERATIZIT Česká republika, 2010 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: [https://www.wnt.com/mastertool?fcode=m\\_cs\\_catdetail&m\\_cs\\_GV\\_ITMGUID=ohfzReS27jgSh3GBiJpEnm](https://www.wnt.com/mastertool?fcode=m_cs_catdetail&m_cs_GV_ITMGUID=ohfzReS27jgSh3GBiJpEnm)
- [14] PM-Tech [online]. Praha: PM-TECH, 2020 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.pm-tech.cz/produkty/soustruzeni/>
- [15] PM-Tech [online]. Praha: PM-TECH, 2020 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: [https://www.pm-tech.cz/wp-content/uploads/2020/02/PM-TECH\\_APPLITEC\\_ECO-LINE\\_CZ.pdf](https://www.pm-tech.cz/wp-content/uploads/2020/02/PM-TECH_APPLITEC_ECO-LINE_CZ.pdf)
- [16] Sandvik Coromant [online]. Praha: AB Sandvik Coromant, 2010 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: [https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coroturn\\_prime/pages/assortment.aspx#query=%7B%22n%22:%22INS\\_COR%22,%22i%22:%22INSTRNG\\_COR%22,%22r%22:%22c%22:%22%5B%5D%7D](https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coroturn_prime/pages/assortment.aspx#query=%7B%22n%22:%22INS_COR%22,%22i%22:%22INSTRNG_COR%22,%22r%22:%22c%22:%22%5B%5D%7D)
- [17] Home: Software - Heidenhain [online]. Praha 10: HEIDENHAIN, 2020 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: [https://www.heidenhain.cz/cs\\_CZ/software/](https://www.heidenhain.cz/cs_CZ/software/)

## 7. Příloha

Všechny obrázky jsou vytvořeny autorem bakalářské práce.