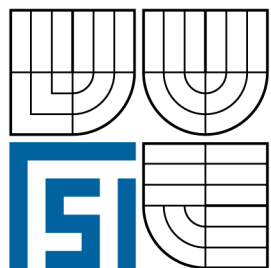


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ŘEŠENÍ CNC TECHNOLOGIE ZADANÉ SOUČÁSTI PRO ŘÍDICÍ SYSTÉM SINUMERIK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ FORBELSKÝ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MILAN KALIVODA

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Forbelský

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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

Řešení CNC technologie zadané součásti pro řídicí systém Sinumerik

v anglickém jazyce:

Solution CNC technology of part whit a CNC-unit Sinumerik

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor charakteristik součásti. Přiřazení řídicího systému Sinumerik z hlediska dané součásti. Sestavení CNC technologie ve 2 variantách. Doložení nástrojového vybavení. Pro vytipovanou část obráběcího cyklu doložit NC program. Provedení simulace NC programu. Uvedení podmínek pro ověření NC programu na stroji. Celkové zhodnocení.

Cíle bakalářské práce:

Rozpracování variant technologie pro potřebu TPV v oblasti CNC technologie. Vyhodnocování variant se zaměřením na navržený strojový park.

Seznam odborné literatury:

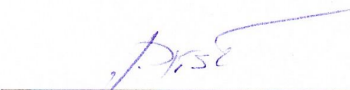
1. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOČMAN, K. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

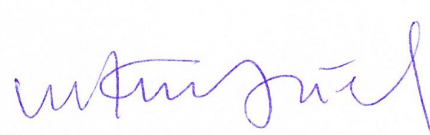
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 24.11.2010

L.S.


prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu




prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Práce se zabývá kompletní výrobou tvarové hřídele. Technologický postup výroby je navržen ve dvou variantách. Školní varianta využívá nářadí, materiál a CNC soustruh školní dílny. Doložení správnosti navrženého technologického postupu bylo prokázáno výrobou hřídele. Sériová výroba využívá nové a progresivní nástroje a stroj. Obě varianty jsou srovnány a zhodnoceny.

Klíčová slova

CNC programování, hřídel, soustruh SPN12 CNC, Sinumerik, technologie výroby, simulace výroby, strojový park

ABSTRACT

This bachelor thesis elaborates complete manufacturing process of a shape shaft. Technological procedure is designed in two variants. The practice variant employs tools, material and CNC lathe available at university workshop. The designed technological procedure has been verified by manufacturing the shaft. Series production utilizes modern tools and an industrial lathe. Both the described variants are compared and evaluated.

Key words

CNC programming, shaft, SPN12 CNC lathe, Sinumerik, manufacturing technology, manufacturing simulation, machinery

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FORBELSKÝ, Jiří. *Řešení CNC technologie zadané součásti pro řídicí systém Sinumerik*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 34 s., 3 přílohy. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Řešení CNC technologie zadané součásti pro řídicí systém Sinumerik vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 26. května 20011

.....
Jiří Forbelský

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi a technicko-hospodářskému pracovníkovi panu Jiřímu Čechovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

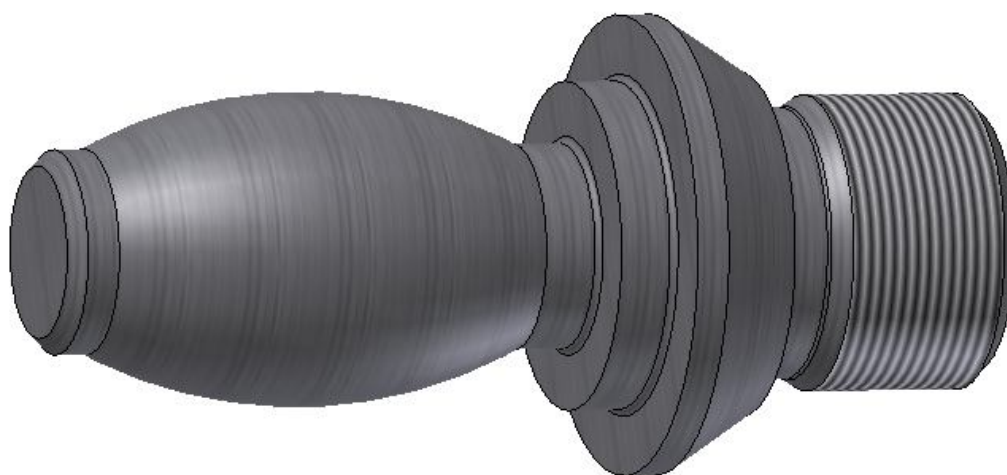
OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
Úvod	8
1 Teorie soustružení na CNC strojích.....	9
1.1 Historie CNC soustruhů.....	9
1.2 Využití.....	9
1.3 Sinumerik.....	10
2 Návrh tvaru součásti	11
2.1 Použitý materiál	11
2.2 Výkres navržené součásti.....	12
3 Školní varianta výroby	13
3.1 Popis obráběcího stroje SPN12 CNC.....	13
3.2 Soustružnické nože	14
3.3 Návodky	16
3.4 Simulace výroby Tvarové hřídele	16
3.5 Hrubování kontury	17
3.5.1 Dokončování kontury.....	18
3.5.2 Výroba výběhu závitu	18
3.5.3 Výroba závitu.....	19
3.5.4 Hrubování kontury druhé strany	19
3.5.5 Dokončování kontury druhé strany.....	20
3.6 Základní programové funkce použité při výrobě	21
3.7 Výroba závitů.....	22
4 Varianta pro sériovou výrobu	23
4.1 Stroj.....	23
4.2 Soustružnické nože	25
4.3 Návodky	27
5 Uvedení podmínek pro ověření.....	28
6 Porovnání variant.....	29
Závěr.....	30
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	33
Seznam příloh.....	34

ÚVOD

CNC stroje se stávají čím dál více cenově dostupnějšími. I menším firmám to umožňuje pořídit si tyto stroje bez většího zadlužení a nahradit tak konvenční výrobu. Běžnou součástí výrobní firmy je samozřejmostí propojení počítače se stroji. Tato výroba umožňuje extrémně šetřit čas ve spojení s některými CAD a CAM programy. Pro ekonomickou a technologickou úspěšnost výroby je nutné mít v této oblasti erudovaného pracovníka. Zkušený a vzdělaný pracovník může svému zaměstnavateli zvyšovat zisk a efektivitu ve výrobě. Proto jsem se rozhodl ve své bakalářské práci zabývat se CNC technologií s řídicím systémem Sinumerik.

Cílem mé bakalářské práce je rozpracování dvou variant technologie pro potřebu TPV v oblasti CNC technologie a vyhodnocení variant se zaměřením na navržený strojový park a demonstrace znalosti CNC programování. V předložené práci se řeší výroba technologické součásti s číslem dokumentu 1-BK-2011 (viz obr. 0.1) s využitím dostupných informací a mých dovedností. Navržená součást je ve tvaru hřídele. Program užívaný na školním stroji SPN12 CNC je Sinumerk 810D. Program Sinumerik umožňuje ověření naprogramovaného kódu na 2D nebo 3D simulaci. Seznámení s tímto programem je součástí bakalářské práce. Cílem technologického postupu je dosáhnout ekonomického a technologicky správného využití strojního zařízení, nástrojů a materiálu. Simulace výroby, srovnání s novou a progresivnější technologií je nedílnou součástí práce. V závěru práce je porovnání těchto variant.



Obr. 0.1 Tvarová hřídel 1-BK-2011

1 TEORIE SOUSTRUŽENÍ NA CNC STROJÍCH

1.1 *Historie CNC soustruhů*

Během průmyslové revoluce v 18. ale i v 19. století docházelo k velkému nárůstu výroby z kovu. Později- koncem 20. století- docházelo k automatizaci a využívání počítačů, k zjednodušování, urychlování a k efektivnějšímu hospodaření. K vyšší efektivnosti dopomáhal vznik jednotlivých CAD systémů na vyhotovení výkresů a později i CAM systémů. CAM systémy „...umožňují podstatně rychlejší a výrazně jednodušší přípravu NC programů.“ (1) Výhoda CAM spočívá v tom, že systém odhaluje chyby, snižuje množství odpadu a vygeneruje NC program. Ten po vložení do daného obráběcího stroje vykoná danou operaci a vyrobí produkt, pokud to stroj umožňuje, který byla nakreslena v původním CAD systému. (2)

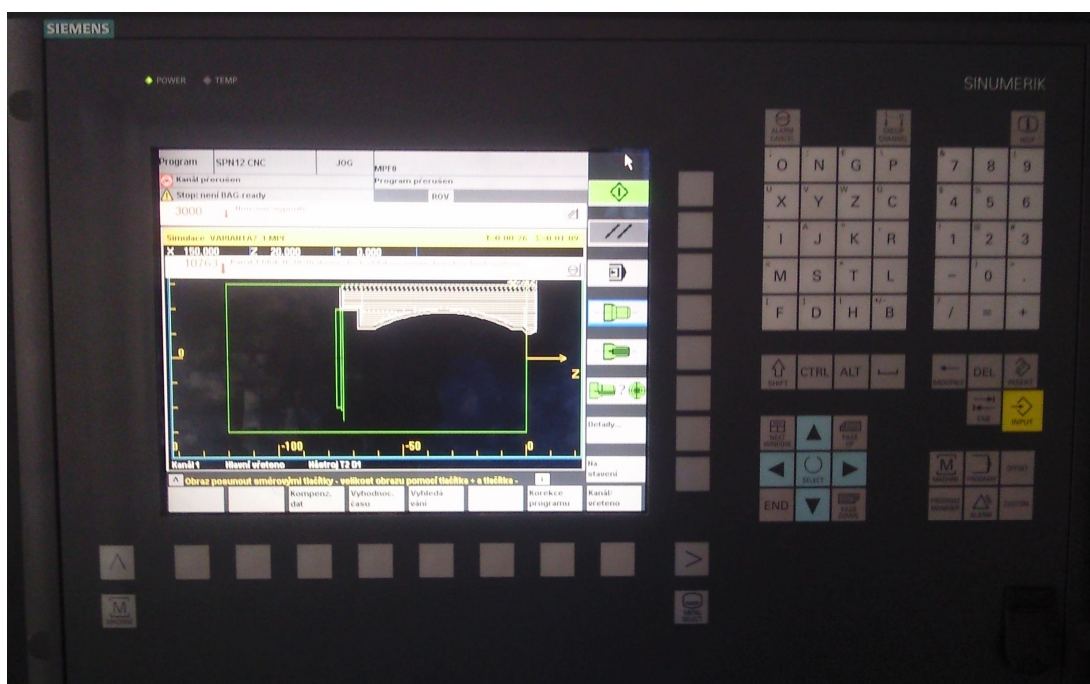
1.2 *Využití*

CNC stroje (Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem) se především využívají pro kusovou výrobu, tvarově složité součásti nebo malosériovou výrobu. Při výrobě jednoho kusu je nevýhodné vyrábět na CNC strojích, pokud výrobu umožňuje konvenční stroj. Je to z důvodu velkých nároků na čas, které musí operátor vynaložit na výrobu CNC programu. Může se stát, že výroba součásti bude rychlejší než naprogramování CNC programu. Samotná výroba součásti musí být rychlejší na plně automatizovaném stroji využívající pro výrobu počítač. Nepopiratelná výhoda je v opakovatelnosti. Dělník může být unavený a na konci směny nepozorný, což vede k snížení jakosti výrobku. Tyto faktory nemají vliv na výrobu u CNC strojů. V dnešní době nejsou výjimkou víceosé stroje. Takovéto stroje umožňují výrobu součástí velice komplikovaných tvarů. Při výrobě na konvenčních strojích by zhotovení bylo možné pouze za použití několika přípravků nebo dokonce nevyrobitelné.

1.3 Sinumerik

Sinumerik 810D (obr. 1.1) je program vyvinutý od firmy Siemens pro výrobu součástí na CNC strojích. V systému Sinumerik 810D lze vytvářet programy za pomoci základního ISO kódování, je doplněn o cykly a lze užít i parametry. V každém bloku se vyskytují 2 druhy informací. Geometrické informace udávají pozici, kam se má obrobek nebo nástroj přemístit. Technologické informace nám určují rychlost otáček, posuvu a další. Sinumerik umožňuje pro zkrácení programovacího času přenesení informací z předchozích bloků, pokud jsou stejné. Tyto informace se transformují do signálů, které dávají impulzy servomotorům a dalším přístrojům.

Nové verze systému Sinumerik se stále snaží zjednodušovat práci a zkracovat čas programování. Stávají se přehlednější a názornější, tím zvyšuje efektivitu výroby a stává se jedním z nejvíce užívaných systémů.



Obr. 1.1 Ovládací panel soustruhu SPN12 CNC se systémem Sinumerik 810D

2 NÁVRH TVARU SOUČÁSTI

Tvar součástí byl zvolen s ohledem na možnost výroby na školním soustruhu SPN12 CNC. Na tvarové hřídeli lze najít jednotlivé prvky:

- zkosení hran
- zaoblení hran
- tvar části kruhu
- šikmá plocha
- výběh pro vnější metrický závit
- metrický závit

2.1 Použitý materiál

Při volbě materiálu se zohledňovala jeho dostupnost a vhodnost k výrobě. Materiál z oceli 11600 (tab. 2.1) byl zvolen po dohodě s vedoucím školní dílny. Odpovídal všem kritériím. Polotovar o průměru 60 mm byl uříznut v délce 120 mm a navrtány středící důlky (obr. 2.1).

Tab. 2.1 Mechanické vlastnosti oceli (3)

Materiál	11600
Pevnost v tahu	od 590 MPa až 705 MPa
Zaručená pevnost v kluzu	295 MPa
Maximální tvrdost	205 HB
Třída odpadu	001

Vlastnosti a použití:

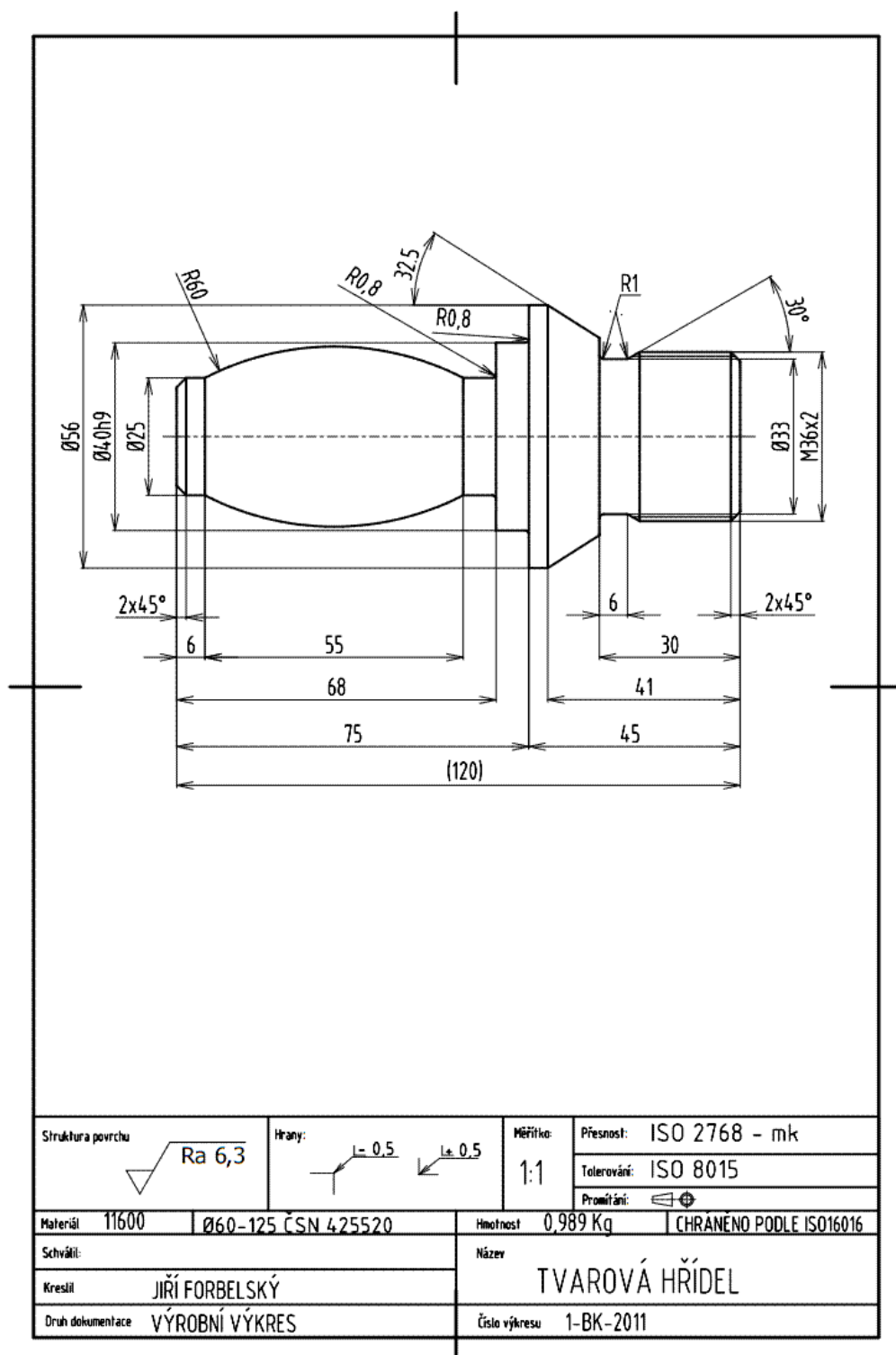
Tavná svažitelnost obtížná. Strojní součásti namáhané staticky i dynamicky: hřídele, ozubená kola, strojní součásti soustružené, čepy kolíky, předložky, příruby, pouzdra, základové desky, šrouby, matice, kladky, hrdla. Kované a lisované součásti vystavené velkému tlaku: klíny, čepy, pastorky, šneky, vřetena lisu. (3)



Obr. 2.1 Materiál 11600

2.2 Výkres navržené součásti

Tvarová hřídel s číslem dokumentu 1-BK-2011(obr. 2.2) byla navržena tak, aby vyhovovala velikosti pracovního prostoru soustruhu SPN12 CNC a byla možná výroba z hlediska použitelnosti dostupných nástrojů.



Obr. 2.2 Výrobní výkres tvarové hřídele

3 ŠKOLNÍ VARIANTA VÝROBY

Při výrobě bylo nutné využít koníku a hrotu, aby nedocházelo k vyosení. Nejefektivnější a nejrychlejší způsob upnutí byl vyhodnocen jako upnutí mezi hroty. Nebylo možné vyrobit obrobek na jedno upnutí z toho důvodu, že školní dílna nevlastní vhodný levý soustružnický nůž. Při koupi takového nože by samozřejmě byla možná výroba na jedno upnutí.

3.1 Popis obráběcího stroje SPN12 CNC

„Soustružnický poloautomat SPN12 (obr. 3.1) od firmy Kovosvit n.p., Sezimovo Ústí byl firmou S.O.S. Difak spol. s r.o. se sídlem v Želeči u Tábora zmodernizován. Vzhledem k poměrně rychle postupujícímu vývoji a současným vysokým nárokům na obráběcí stroje se zachovala pouze kostra původního stroje. Řídicí systém Dapos S-3G byl nahrazen modernějším, veškeré kapaliny i pohony stroje vyměněny a nově zapojena elektroinstalace. Nynější poloautomatický soustruh SPN12 CNC je vybaven řídicím systémem (RS) Sinumerik 810D.“ (4, str.5)



Obr. 3.1 Soustruh SPN12 CNC

3.2 Soustružnické nože

Revolverová hlava na poloautomatickém CNC soustruhu má 4 pozice pro nástroje. Při výrobě s pěti a více noži je nutné vyměňovat nože a nastavovat korekce. Nejen z důvodu zbytečných procesních kroků a plýtvání časem byl technologický postup přizpůsoben tak, aby byly použity maximálně 4 nože. Nože byly vybírány podle možností školní dílny. Při návrhu se uvažovalo se 4 nástroji. Hrubovací nůž nakonec nebyl použit z důvodu možné kolize s hrotem koníku. Na hrubování a dokončování byl tedy použit ubírací nůž stranový, dále upichovací nůž a závitový nůž. Při výrobě bylo dodržováno středních doporučených řezných podmínek nástroje, pokud není uvedeno jinak.

Ubírací nůž stranový (4)

Nůž (obr. 3.2) vykonával práci hrubovací i dokončovací. Při výrobě byly dodržovány řezné podmínky nástroje. Měnily se pouze způsoby soustružení k horní nebo dolní hranici.

Vyměnitelná břitová destička: DNMG 15 06 08 EM 6630

Držák nástroje: PDJNL 2525 M 15

Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří - $\kappa_r = 93^\circ$
- úhel nastavení vedlejšího ostří - $\kappa_r' = 32^\circ$
- poloměr zaoblení špičky nástroje - $r_\epsilon = 0.8 \text{ mm}$

Doporučené použití břitové destičky:

„Použití nástroje je vhodné pro polohrubovací a lehčí hrubovací soustružení ocelí, korozivzdorných ocelí a také litiny.“ (3, str.66)

Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost - $v_c = 170 \div 240 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- posuv - $f = 0.2 \div 0.4 \text{ mm}$
- šířka záběru - $a_p = 1 \div 3.5 \text{ mm}$



Obr. 3.2 Ubírací nůž stranový

Upichovací nůž (4)

Na obrázku (obr. 3.3) je nůž upnut v revolverové hlavě a otočen do pracovní polohy. Nůž je použit na výběh závitů.

Vyměnitelná břitová destička: LFUX 03 08 02 TN 535P

Držák nástroje: XLCFL 2520 K 03

Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří - $\kappa_r = 0^\circ$
- úhel nastavení vedlejších ostří - $\kappa_r' = 2^\circ$
- poloměr zaoblení špiček nástroje - $r_\epsilon = 0.2 \text{ mm}$
- šířka hlavního břitu nástroje = 3 mm

Doporučené použití břitové destičky:

„Obrábění běžných i ušlechtilých ocelí a ocelolitiny. Obrábění nižšími a středními řeznými rychlostmi při proměnlivé hloubce řezu. Střední až velké průřezy třísky.“ (3, str.65)

Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost - $v_c = 100 \div 140 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv - $f = 0.1 \div 0.2 \text{ mm}$



Obr. 3.3 Upichovací nůž

Závitový nůž (4)

Levý závitový nůž (obr. 3.4) vyrábí závit M36x2 a vykovává pracovní pohyb zleva doprava.

Vyměnitelná břitová destička TN 16 EL 200M 816

Držák nástroje SEL 2525 M 16

Parametry nástroje:

- poloměr zaoblení špičky nástroje - $r_\epsilon = 0.4 \text{ mm}$
- nástroj pro stoupání závitu 2 mm

Doporučené použití břitové destičky:

„Jemné, dokončovací a polohrubovací soustružení běžných, žárupevných a žáruvzdorných ocelí. Dále pak obrábění slitin Al a Cu a také litiny při použití nižších řezných rychlostí.“ (4, str.67)

Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost - $v_c = 50 \div 150 \text{ m.min}^{-1}$



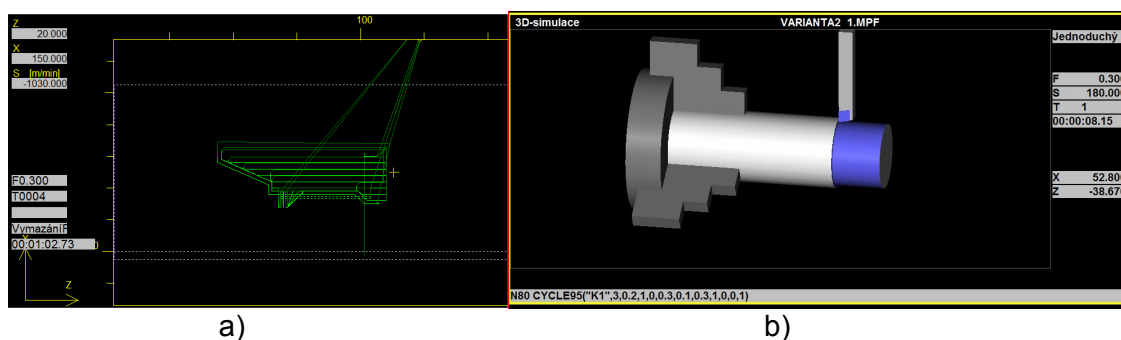
Obr. 3.4 Závitový nůž

3.3 Návodky

Způsob výroby pro součásti s číslem 1-BK-2011 je vložen v příloze číslo 1.

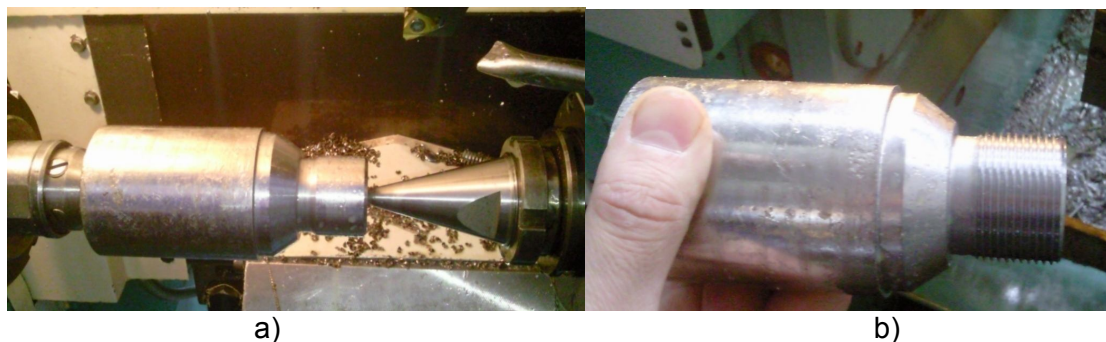
3.4 Simulace výroby Tvarové hřídele

Simulace, programování i výroba součásti byly provedeny v programu Sinumerik 840D. Program umožňuje simulovat soustružení ve dvojrozměrné (obr. 3.5a) nebo trojrozměrné (obr. 3.5b) dimenzi. Ve verzi použité pro simulaci nebylo možné nastavit unášecí hroty. Na obrázku (3.5 b) je sklíčidlo, ale v samotné výrobě se použily unášecí hroty.



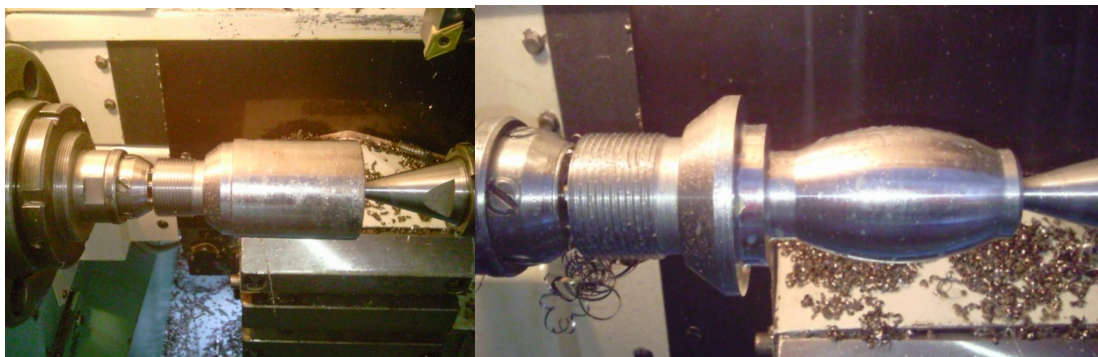
Obr. 3.5 Druhy simulací výroby

Na obrázku (obr. 3.6a) probíhá výroba tvarové hřídele, která je upnutá v unášecích hrotech. Na hřídeli byl proveden proces hrubování, dokončování a výběh závitu. Shora přijíždí závitový nůž. Vpravo (obr. 3.6b) je součást hotová z jedné strany. Následovat bude upnutí z druhé strany.



Obr. 3.6 Výroba tvarové hřídele z první strany

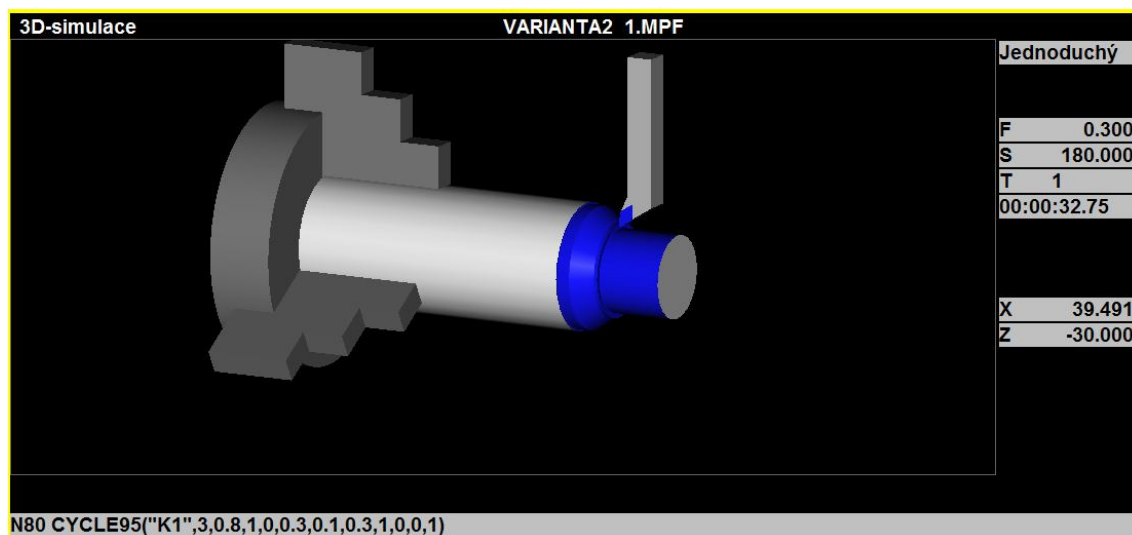
Hřídel je upnutá v unášecích hrotech (obr. 3.7a). Zprava se přibližuje soustružnický nůž. Vpravo (obr. 3.7b) je tvarová hřídel hotová. Za povšimnutí stojí krátká drobná tříška, která značí dobře nastavené výrobní parametry.



a) b)
Obr. 3.7 Výroba tvarové hřídele z druhé strany

3.5 Hrubování kontury

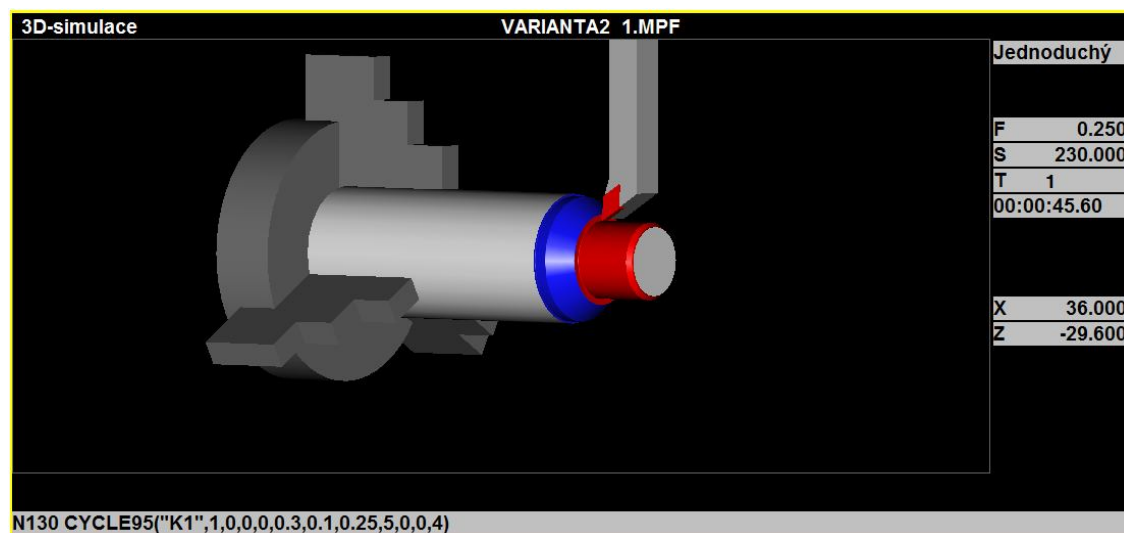
Na obrázku je uchycená hřídel a nůž objíždějící konturu (obr. 3.8). Modrá barva vyznačuje hrubování. Na pravé straně je ukázán posuv (0,3mm), konstantní řezná rychlost ($180\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$), číslo nože (1) a čas od začátku výroby (32,75 sec.). X a Z ukazuje vzdálenost od nulového bodu. Přídavky na obrábění vložené v cyklu se u tohoto ukazatele nezobrazují. Na spodní části obrázku se zobrazuje blok spolu s cyklem, který je prováděn.



Obr. 3.8 Hrubování kontury

3.5.1 Dokončování kontury

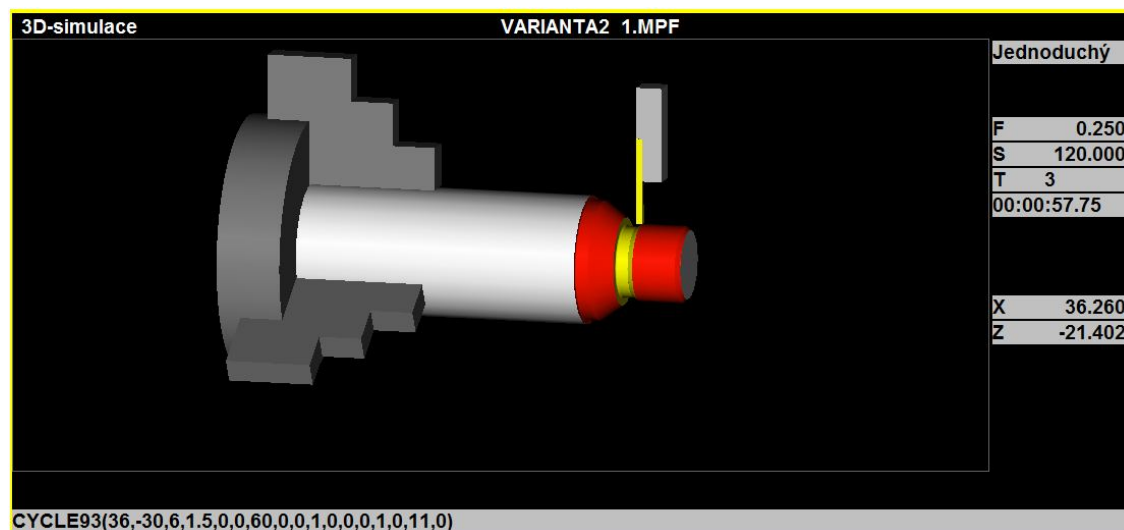
Červená barva vyjadřuje dokončování (obr. 3.9). Ve výrobě byl použit stejný nůž jako pro hrubování z důvodu možné kolize nože a koníku (viz kapitola 3.2.). U dokončování je třeba dosáhnout menší drsnosti, proto se zvyšují otáčky a snižuje se posuv.



Obr. 3.9 Dokončování kontury

3.5.2 Výroba výběhu závitu

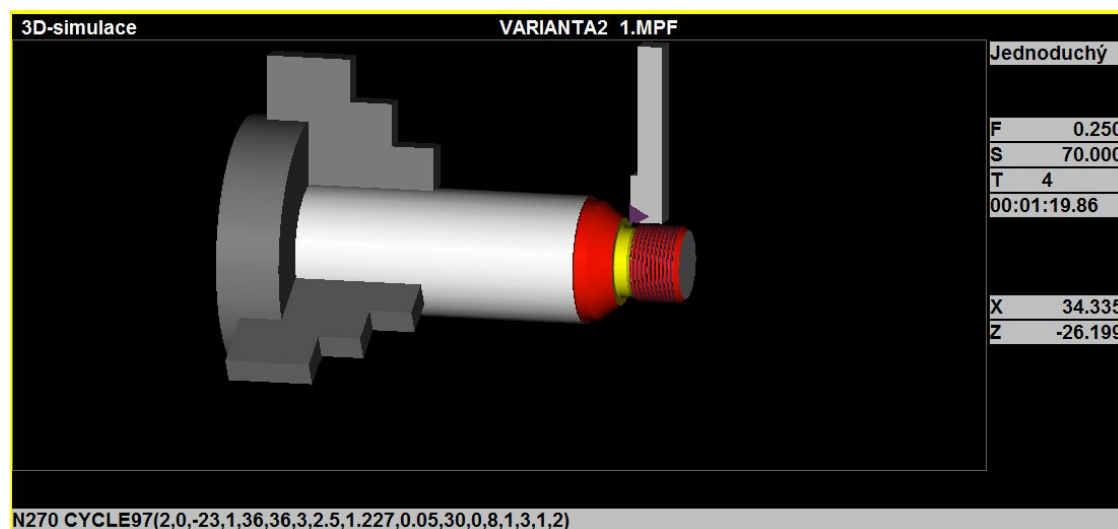
Pro demonstraci znalosti byl použit zapichovací cyklus. Výroba cyklu 93 je na obrázku (obr. 3.10) vyznačen žlutou barvou. V praxi by tento způsob nebyl použit, je příliš pomalý.



Obr. 3.10 Výroba výběhu závitu

3.5.3 Výroba závitu

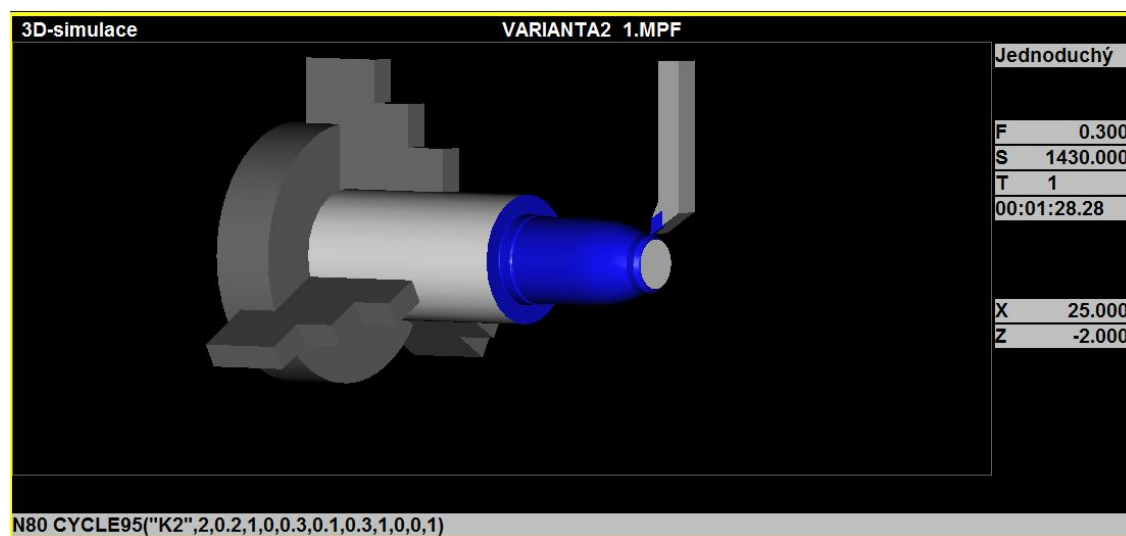
U výroby pravotočivého závitu (obr. 3.11) je nutný pracovní pohyb z leva doprava. Cyklus využívá konstantní hloubku třísky a je vyroben na 8 záběrů. Špička nože je 2 mm nad závitem při pracovním přejezdu.



Obr. 3.11 Výroba závitu

3.5.4 Hrubování kontury druhé strany

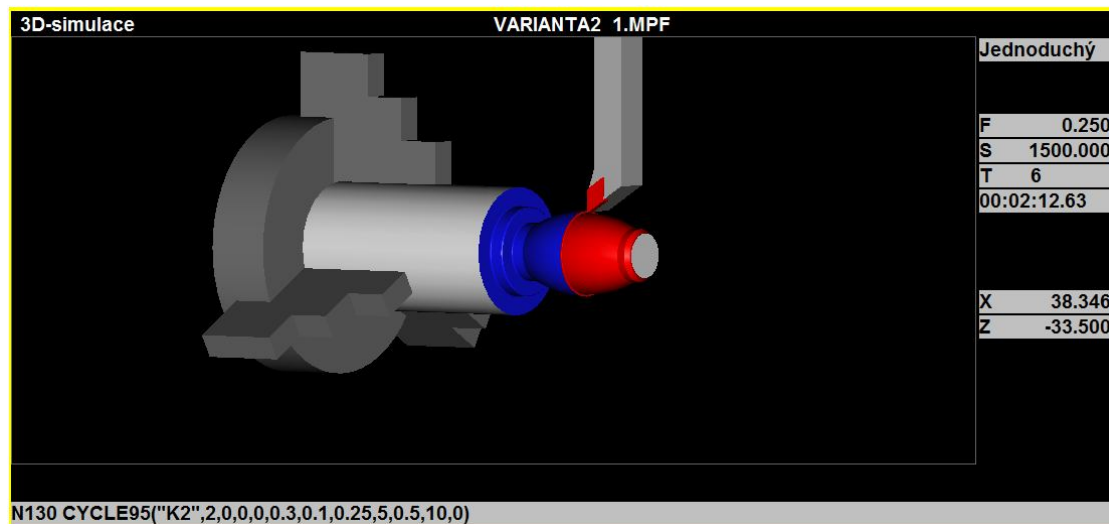
Výrobek je z první strany zhotoven a otočen (obr. 3.12.). Program neumožňuje vykreslení první strany. Druhá strana je, oproti předchozímu obrábění zhotovena konstantními řeznými otáčky, aby nedocházelo k velkému namáhání motoru. Z ekonomického hlediska, pokud by byl motor silně namáhán, je způsob soustružení s konstantními řeznými otáčkami výhodnější i za předpokladu vyššího opotřebení břitové destičky. Z důvodu zajištění nože šikmo do obrobku, při výrobě rotační části s poloměrem 60mm, je snížena hloubka třísky (viz. příloha 1- Návodka pro školní výrobu).



Obr. 3.12 Hrubování kontury druhé

3.5.5 Dokončování kontury druhé strany

Hotová část výrobku je vyznačená červenou barvou (obr. 3.13). Příklad na dokončení byl zvolen 1 mm v ose X a 0,2mm v ose Z.



Obr. 3.13 Dokončování kontury druhé strany

3.6 Základní programové funkce použité při výrobě

V programu Sinumerik 840D je umožněno programovat nejen v ISO kódu, ale také v cyklech a za pomoci parametrů. V následující tabulce (tab. 3.1) jsou zobrazeny funkce, které byly použity při výrobě tvarové hřídele.

Tab. 3.1 Funkce použité ve výrobě

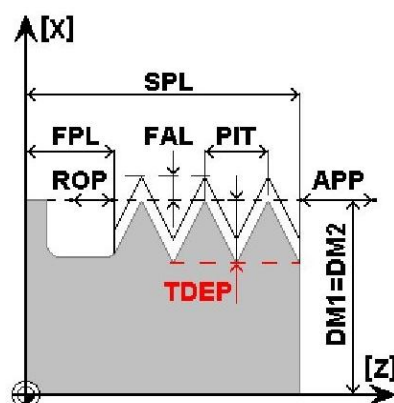
G0 X150 Z20	- lineární interpolace (rychloposuv)
X150 Z20	- souřadnice bodu v osách X a Z
G1	- pracovní posuv
G3	- kruhová interpolace (proti směru hodinových ručiček)
G54	- posuv nulového bodu
G95	- programování posuvu v mm na otáčku
G96	- konstantní řezná rychlost (mění se otáčky v závislosti na průměru)
S180	- rychlost otáček [mm/min]
G71	- rozměry v mm
G90	- programování absolutní
F0,2	- velikost posuvu [mm/ot]
H1 T1 D1	- číslo nože, číslo bříty
LIMS=3000	- maximální limit otáček
M4	- otáčky vřetena (proti směru hodinových ručiček)
M8	- chlazení kapalinou
M30	- konec programu
M17	- konec podprogramu
CHR=2	- zkosení hrany
RND=5	- zaoblení hran
CR60	- kruhové interpolace s poloměrem 60
CYCLE93	- cyklus zapichování
CYCLE95	- cyklus podélného soustružení (nutností vytvoření podprogramu)
CYCLE97	- cyklus řezání závitů

3.7 Výroba závitů

Cycle97 slouží k výrobě závitů. Hodnoty na obrázku (obr. 3.14a) byly použity v programu při výrobě závitu M36x2. Program Sinumerik 810D umožňuje v nastavení cyklu (obr. 3.14a) rozkliknout nápovědu (obr. 3.14b), kde jsou znázorněny jednotlivé parametry.

Param.cyklu:		CYCLE97
Stoup. závitu	PIT	2.
Velik. závitu	MPIT ☒	0.
Počáteční bod	SPL	-23.
Konc. bod	FPL	1.
Průměr 1	DM1	36.
Průměr 2	DM2	36.
Dráha vběhu	APP	3.
Dráha výběhu	ROP	2.5
Hloubka záv.	TDEP	1.227
Příd.na dok.	FAL	0.05
Úhel přísuvu	LANG	30.
Přem.startbod	NSP	0.
Řezy	NRC	8
Řezy naprázd.	NID	1
Opracování	VARI ☒	3
Počet otoček	NUMT	1
Dráha oddál.	VRT	2.

a)



b)

Obr. 3.14 Výroba závitu

Zkratky z obrázku (obr. 3.14)

- **PIT** - Stoupání závitu budou 2mm.
- **SPL** - Počáteční bod závitu v podélné ose je -23 mm. Soustruží se zleva doprava, aby se dosáhlo pravotočivého závitu.
- **FPL** - Koncový bod v podélné ose je 1.
- **DM1 a DM2** - Průměr 1 a 2 se rovnají 36. Z toho vyplývá, že to nebude závit na kuželové ploše, nýbrž na válcové.
- **APP a ROP** - Dráha vběhu se zadává bez znaménka a říká, že bude závitový nůž najíždět 3mm před začátkem závitu a vyjíždět 2,5mm ze záběru.
- **TDEP** - Hloubka závitu se uvádí bez znaménka a vypočítá se jako konstanta vynásobená roztečí. ($0,613435 \times 2 \div 1,227$).
- **FAL** - Přídavek na dokončení 0,05.
- **LANG** - Úhel, po kterém ostří zajíždí do materiálu je 30°.
- **NSP** - Přemístění počátečního bodu nelze u jednochodého závitu.
- **NID** - Určuje počet řezů na prázdno. Pro lepší rozměr nebo tvar a drsnost by se dalo zvolit vícekrát.
- **VARI** - Hodnota 3 značí výrobu vnějšího závitu s konstantním průřezem třísky.
- **Numt** - M36x2 je jednochodý závit (s počtem závitu 1).
- **VRT** - Při přejezdu nad obrobkem bude ostří nože 2mm nad závitem.

4 VARIANTA PRO SÉRIOVOU VÝROBU

Školní varianta výroby tvarové hřídele není vzhledem k dnešním technologiím, nástrojům a strojům příliš ekonomická. Byl vytvořen nový technologický postup s progresivními nástroji od firmy Sandvick Coromant a soustruhem Knuth Compact 480.

4.1 Stroj

U výběru stroje je důležitá cena. Při výběru bylo postupováno, tak aby na stroji bylo možné vyrobit hřídel. To znamená, aby odpovídala velikost pracovního prostoru soustruhu s velikostí obrobku, a zároveň nebyl nadbytečně velký (tab.4.1). Dále se kontroloval počet pozic soustružnické hlavy a s počtem nástrojů, rychlost otáček, koník a další parametry.



Obr. 4.1 Knuth Compact 480 (5)

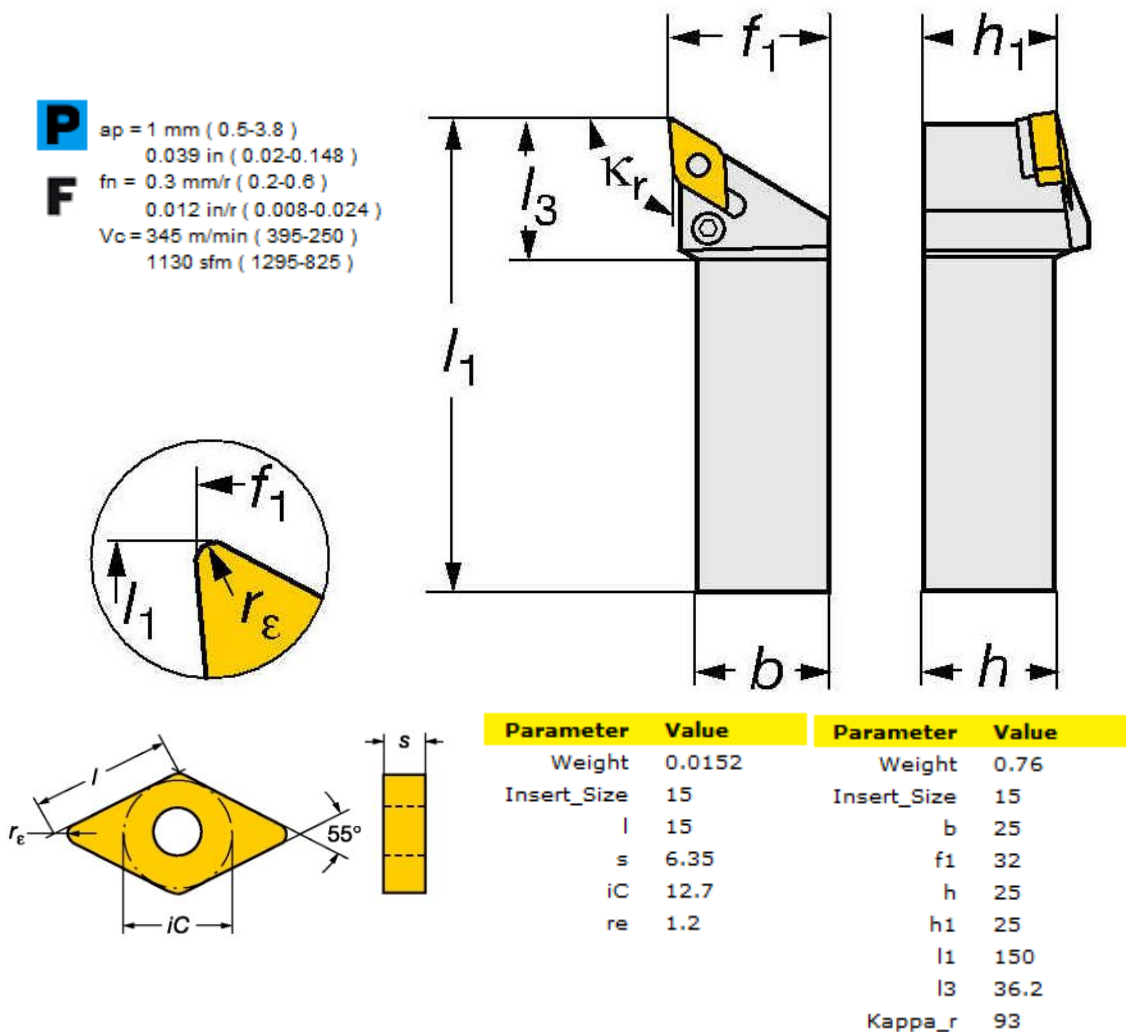
Tab.4.1 Základní parametry stroje (5)

Zkratka/Symbol	Jednotka
průměr obrobku nad suportem	321 mm
dráha pojezdu - osa X	124 mm
dráha pojezdu - osa Z	520 mm
standardní opracováváný Ø x délka	210x508 mm
šikmá poloha lože stroje	45 °
hlavní vřeteno	
otáčky vřetena	4500 min-1
otvor ve vřetenu	51 mm
hydraulické tříčelistové sklíčidlo	200 mm / 8"
posuv	
rychlý chod	30000 mm/min
nosič nástrojů	
držák vrtacích tyčí	40 mm
počet nástrojových míst	10 ks
rozměry tělesa nástroje	25x25 mm
koník	
kužel koníku	MK 4
průměr pinoly koníku	65 mm
dráha pojezdu pinoly koníku	50 mm
výkony pohonů	
výkon motoru hlavního pohonu	11/15 kW
míry a váhy	
rozměry	3099x1390x1690 mm
hmotnost	2900 kg

„Compact 480 je soustruh CNC pro všeobecné použití, na bázi těžké a tuhé konstrukce s šikmým nožem 45° z litiny Meehanite. Tím jsou zajištěny nejlepší výsledky soustružení i při velkém úběru.“ (5)

4.2 Soustružnické nože

Soustružnické nože byly vybírány na internetové stránce Sandvik Coromant, kde bylo možné zjistit jednotlivé parametry (obr. 4.2).



Obr. 4.2 Soustružnický nůž ubírací stranový pravý (6)

Hrubovací nůž levý (6)

Nůž byl vybrán s ohledem na práci, kterou má vykonávat. Nůž je určen na hrubování v podélném směru.

Vyměnitelná břitová destička: CNMG 16 06 12-MR 4225

Držák nástroje: PCLNL 2525M 16

Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří - $\kappa_r = 95^\circ$
- úhel nastavení vedlejšího ostří - $\kappa_r' = 5^\circ$
- poloměr zaoblení špičky nástroje - $r_\epsilon = 1,2 \text{ mm}$

Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost - $v_c = 240 \div 335 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv - $f = 0.32 \div 0.65 \text{ mm}$
- šířka záběru - $a_p = 1,2 \div 9.5 \text{ mm}$

Dokončovací nůž levý (6)

Nůž byl vybrán s ohledem na práci, kterou má vykonávat. Nůž je určen na dokončování v podélném směru.

Vyměnitelná břitová destička: DNMG 15 06 12-MF 422

Držák nástroje: PDJNL 2525 M 15

Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří - $\kappa_r = 93^\circ$
- úhel nastavení vedlejšího ostří - $\kappa_r' = 7^\circ$
- poloměr zaoblení špičky nástroje - $r_\epsilon = 1,2 \text{ mm}$

Doporučené řezné podmínky nástroje:

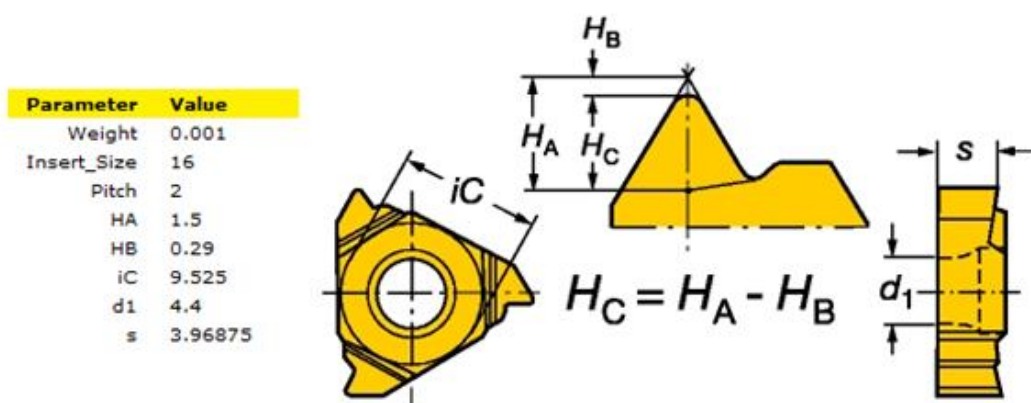
- řezná rychlost - $v_c = 250 \div 395 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv - $f = 0.2 \div 0.6 \text{ mm}$
- šířka záběru - $a_p = 0,5 \div 3.8 \text{ mm}$

Závitový nůž levý (6)

Nůž byl vybrán s ohledem na práci, kterou má vykonávat. Nůž je určen na soustružení závitů. Břitová destička je na obrázku (obr. 4.3).

Vyměnitelná břitová destička: L166.0G-16MM01-200 1020

Držák nástroje: L166.4FG-2525-16



Obr. 4.3 Břitová destička pro řezání závitů (zdroj)

Parametry nástroje:

- nástroj pro stoupání závitu 2 mm

Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost – $v_c = 120 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv – $f = 2 \text{ mm}$
- šířka záběru – $a_p = 1,21 \text{ mm}$

Hrubovací nůž pravý (6)

Nůž byl vybrán s ohledem na práci, kterou má vykonávat. Nůž je určen na hrubování v podélném směru s možností šikmo zajet do obrobku.

Vyměnitelná břitová destička: DNMG 15 06 12-MR 4225

Držák nástroje: PDJNR 2525 M15

Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří – $\kappa_r = 93^\circ$
- úhel nastavení vedlejšího ostří – $\kappa_r' = 7^\circ$
- poloměr zaoblení špičky nástroje – $r_\epsilon = 1,2 \text{ mm}$

Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost – $v_c = 220 \div 325 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv – $f = 0.35 \div 0.75 \text{ mm}$
- šířka záběru – $a_p = 2 \div 7,5 \text{ mm}$

Dokončovací nůž pravý (6)

Nůž byl vybrán s ohledem na práci, kterou má vykonávat. Nůž je určen na dokončování v podélném směru s možností šikmo zajet do obrobku.

Vyměnitelná břitová destička: DNMG 15 06 12-MF 4225

Držák nástroje: PDJNR 2525 M15

Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří – $\kappa_r = 93^\circ$
- úhel nastavení vedlejšího ostří – $\kappa_r' = 7^\circ$
- poloměr zaoblení špičky nástroje – $r_\epsilon = 1,2 \text{ mm}$

Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost – $v_c = 250 \div 395 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv – $f = 0.2 \div 0.6 \text{ mm}$
- šířka záběru – $a_p = 0,5 \div 0,38 \text{ mm}$

4.3 Návodky

Návodka pro výrobu sériové výroby je vložena do přílohy s číslem 2.

5 UVEDENÍ PODMÍNEK PRO OVĚŘENÍ

Před samotnou výrobou je potřeba nastavit několik parametrů:

- Program lze napsat na panelu CNC soustruhu nebo naprogramovat na počítači a exportovat na přenosný disk. Nahrávání do SPN12 CNC je umožněno pružným diskem (floppy disk) nebo USB flash diskem.
- Pozice nástrojů v programu musí odpovídat pozicím nástrojů upnutých v revolverové hlavě.
- Upnuté nože musí být změřené a jednotlivé hodnoty spolu s korekcemi musí být zaneseny do systému stroje (obr. 5.1a).
- Je třeba z daného a neměnného bodu vytvořit nulový bod, který se stane počátkem nulových (odměřovacích) souřadnic (obr. 5.1b). V programu lze tento bod přesunout do jiného místa, který by byl výhodnější pro programátora.

Korekce nástrojů

Číslo T	Typ nástr.	Číslo D	Hladič. nůž	Počet břitů
510	3	1	1	1

Korekce délek : Geometrie Opatření Zákl.

Délka 1 : 6.640 0.000 -0.550 mm

Délka 2 : 6.154 0.000 0.000 mm

Korekce poloměru : Poloměr 0.400 0.100 mm

Technologie : Úhel hlíbetu 45.000 Stup

DP25 res: 0.000

Nastavovatelné posunutí nulového bodu

SP_UIFR [	1]	Označení G	G54
Osa	Posunutí	jmenné	Pozice
X	0.000	0.000	40.000 mm
Z	46.174	0.000	181.000 mm

Otáčení (stupen) : 0.000 1.000

Měřitko : 0.000 1.000

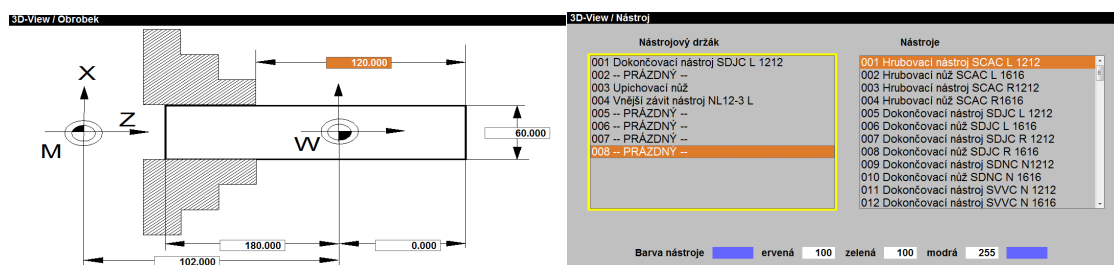
Zrcadlování : ☐

a)

b)

Obr. 5.1 Nástrojové nastavení a nastavení pozice nulového bodu

- Po vložení programu je třeba ověřit správnost. V nastavení polotovaru 3D simulace se nastavuje velikost a umístění polotovaru a pozice nulového bodu (obr. 5.2a).
- Další nutná podmínka pro ověření simulace je nastavení nožů v 3D simulaci (obr. 5.2b). Některé hodnoty si simulace převezme z nástrojového nastavení. Je ale nutné, aby pozice totožné. Ani samotné simulování výroby v programu nezabezpečí bezproblémovou výrobu.



a)

b)

Obr. 5.2 Nastavení polotovaru a vložení nástrojů

6 POROVNÁNÍ VARIANT

V tabulce (tab.6.1) jsou zanesené jednotlivé úseky výroby tvarové hřídele pro školní a sériovou výrobu. Obě varianty byly naprogramovány v systému Sinumerik 840D. Strojní čas T_{AS} byl odečten ze simulace. Porovnání celkových času je překvapující. Čistý čas práce u sériové výroby je snížen přibližně na 41% školní výroby. Pomocné práce výroby, obzvláště otočení hřídele u školní výroby, by tento rozdíl ještě zvýšily.

Tab. 6.1 Srovnání školní a sériové výroby tvarové hřídele

	Školní výroba				Sériová výroba			
	Řezná destička, držák nože				Řezná destička, držák nože			
	a_p [mm]	f [mm]	V_c [m.min ⁻¹]	t_{AS} [min]	a_p [mm]	f [mm]	V_c [m.min ⁻¹]	t_{AS} [min]
Hrubování 1. strany	VBD: DNMG 15 06 08 EM 6630 Držák: PDJNL 2525 M 15				VBD: CNMG 16 06 12-MR 4225 Držák: PDJNL 2525M 15			
	3	0,3	180	0,66	6	0,45	290	0,2
Dokončová ní 1. stran	VBD: DNMG 15 06 08 EM 6630 Držák: PDJNL 2525 M 15				VBD: DNMG 15 06 12-MF 4225 Držák: PDJNL 2525M 15			
	1	0,25	230	0,13	1	0,3	345	0,06
Zapichování (zhloubení)	VBD: LFUX 03 08 02 TN 535P Držák: XLCFL 2520 K 03				VBD: DNMG 15 06 12-MF 4225 Držák: PDJNL 2525M 15			
	1,5	0,2	120	0,16	1,5	0,3	345	0,01
Závít	VBD: TN 16 EL 200M 816 Držák: SEL 2525 M 16				VBD: L166.0G-16MM01-200 1020 Držák: L166.4FG-2525-16			
	1,22	2	70	1,03	1,22	2	120	0,85
Hrubování 2. strany	VBD: DNMG 15 06 08 EM 6630 Držák: PDJNL 2525 M 15				VBD: DNMG 15 06 12-MR 4225 Držák: PDJNR 2525 M15			
	2	0,3	112÷270*	2,08	4	0,5	275	0,53
Dokončová ní 2. strany	VBD: DNMG 15 06 08 EM 6630 Držák: PDJNL 2525 M 15				VBD: DNMG 15 06 12-MF 4225 Držák: PDJNR 2525 M15			
	1	0,25	117÷282 **	0,28	1	0,3	345	0,13
Celkový čas tas	4,31minut				1,78 minut			

* konstantní řezné otáčky (1430 min⁻¹)

** konstantní řezné otáčky (1500 min⁻¹)

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo rozpracování dvou variant technologie pro potřebu TPV v oblasti CNC technologie a vyhodnocení variant se zaměřením na navržený strojový park a demonstrace znalosti CNC programování. Znalosti z okruhu CNC programování se nejlépe ověří na samotné výrobě.

V souladu se zadáním byly vytvořeny dvě varianty výrobní technologie tvarové hřídele. První varianta byla nazvána školní, protože měla za cíl vyrobit součást na školním soustruhu SPN12 CNC. Před samotným navržením tvaru vyráběné součásti, bylo důležité seznámit se s nástrojovým vybavením školního soustruhu, aby byla hřídel vyrobitelná. Materiál byl vybrán tak, aby byl dobře obrobitelný.

Následoval výběr nástrojů pro výrobu, ze kterého byla poskládána výrobní návodka. S ohledem na dobrou kvalitu povrchu a vyšší přesnost, byly použity vždy hrubovací a dokončovací cykly. Dokončování probíhalo stejným nožem jako hrubování, pouze s menší tříškou, menším posuvem a větší řeznou rychlostí. Volba správných řezných podmínek potvrdila drobná tříška (obr. 3.7b), která odcházela po čele soustružnických nožů. Před samotnou výrobou, byly zjišťovány chyby simulací výroby. Samotná výroba na stroji proběhla v pořádku a odpovídá výrobnímu výkresu.

Druhá varianta byla uzpůsobena tak, aby odpovídala dnešním progresivním nástrojům. Tato varianta umožnila výrobu bez nutnosti otáčení obrobku a uspořila přibližně 59% strojního času oproti školní výrobě.

V další části bakalářské práce byly vysvětleny podmínky, aby stroj mohl být uveden do provozu.

V závěrečné kapitole je nepřímě poukázáno na rychlost vývoje v oblasti řezným materiálů. Školní výroba umožní výrobu složitých obrobků, ale v produktivitě by neobstála s nynějšími výrobními závody a nebyla by konkurenceschopná dnešním firmám. Oproti tomu druhá varianta je produktivní a konkurenceschopná by jistě byla.

Jak dokazuje samotný výrobek, v bakalářské práci se nenacházejí závažné chyby v oblasti návrhu technologie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. POLZER, Aleš. *Příklady úloh CNC programování*. [online]. [cit 2011-22-05] Dostupné na World Wide Web: <<http://techtydenik.cz/cadcam.php?part=4>>.
2. POLZER, Aleš. *Příklady úloh CNC programování*. [online]. [cit 2011-22-05] Dostupné na World Wide Web: <<http://www.techtydenik.cz/akademie.php>>.
3. LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 2. dopl. vyd. Praha: ALBRA, 2005. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
4. PÍŠKA, M. POLZER, A. *Popis poloautomatického soustruhu SPN12 CNC s řídicím systémem 810 D*. [online]. [cit. 2011-12-04]. Dostupný na World Wide Web: <http://cadcam.fme.vutbr.cz/sinutrain/SPN12CNC_Sinumerik810D.pdf>.
5. KNUTH Werkzeugmaschinen GmbH *Compact 480* [online]. [cit. 2011-03-04]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.knuth.de/produkt,17423.html> >.
6. AB SANDVIK COROMANT Online Product Catalogue (CoroGuide ® 2011.1) [online]. [cit. 2011-03-04]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.coromant.sandvik.com/cz>>.
7. CIHLÁŘOVÁ, P., HILL, M. and PÍŠKA, M. *Fundamentals of CNC Machining*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
8. KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
9. ŠTULPA, M. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
10. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cutting - A Practical Handbook*. ISBN 91-972299-4-6.
11. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
12. KOČMAN, K. *Speciální technologie obrábění*. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.
13. SVOBODA, Pavel, BANDEJS, Jan, PROKEŠ, František. *Základy konstruování*. AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno v roce 2008. ISBN 978 – 80–7204–584–6.

14. POLZER, Aleš. *Příklady úloh CNC programování*. [online]. [cit 2011-03-04]
Dostupné na World Wide Web:
<http://www.techtydenik.cz/priklady_cnc.php>.

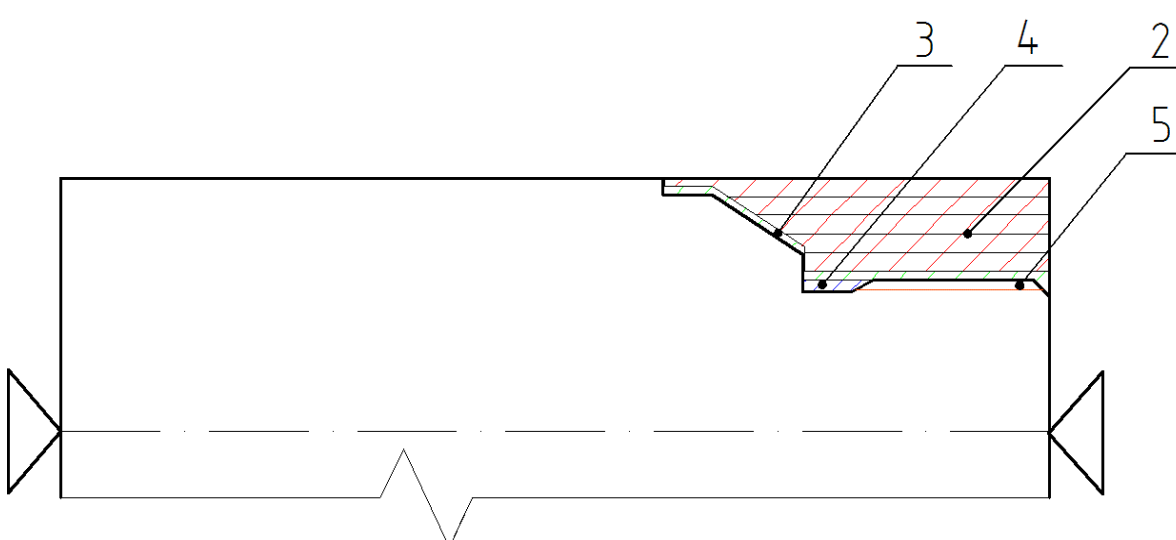
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
a_p	mm	Hloubka záběru
CAD	-	Computer-aided design
CAM	-	Computer-aided manufacturing
CNC	-	Computer Numeric Control
f	mm	Posuv na otáčku
κ_r	°	Úhel nastavení hlavního ostří
κ_r'	°	Úhel nastavení vedlejšího ostří
n	min^{-1}	Otáčky
r_ϵ	°	Poloměr zaoblení špičky nástroje
t_{AS}	min	Jednotkový strojní čas
VBD	-	Vyměnitelná břitová destička
v_c	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	Řezná rychlost

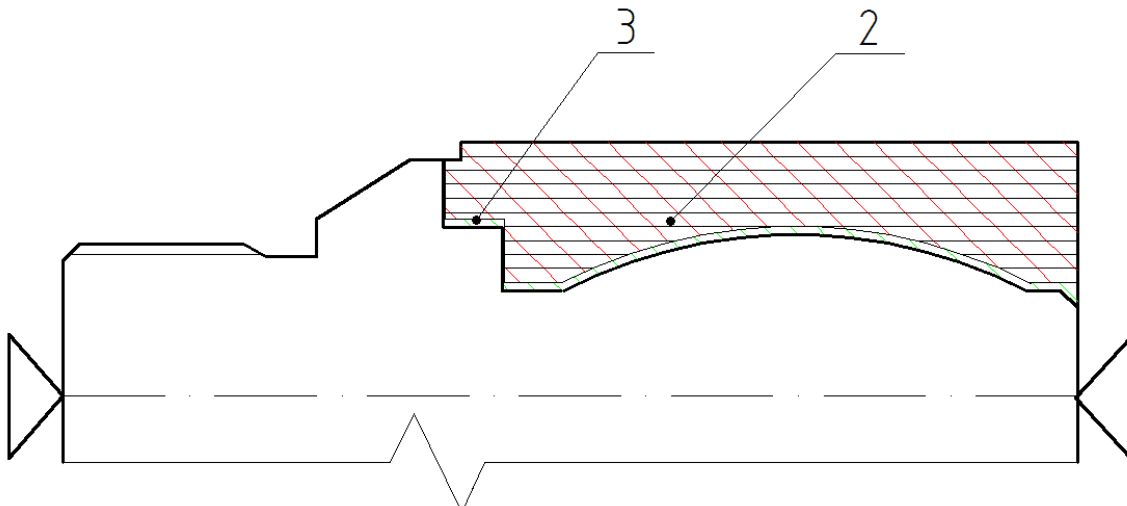
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Návodka pro školní výrobu
Příloha 2 Návodka pro sériovou výrobu
Příloha 3 CNC výrobní program

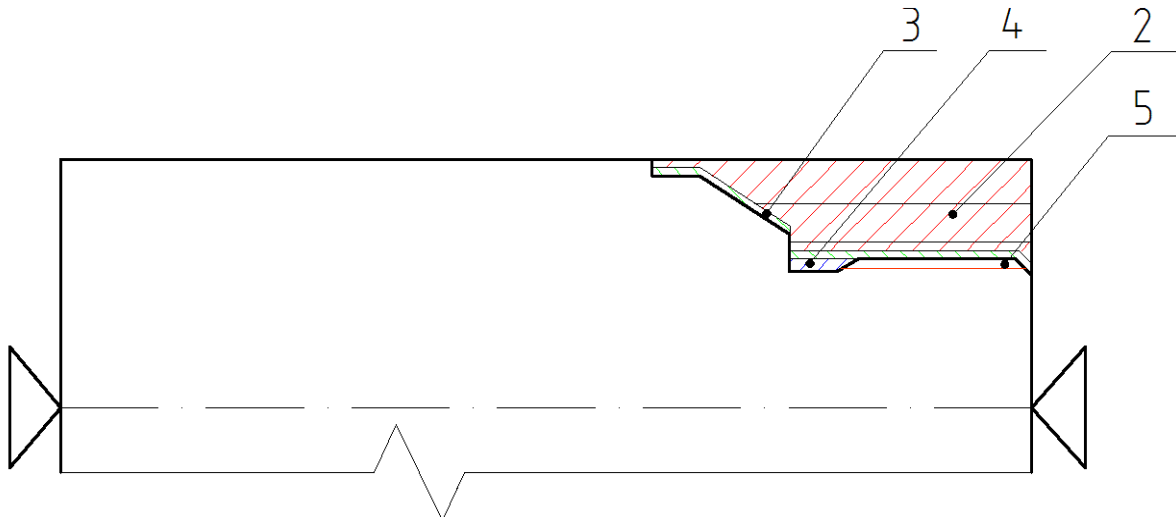
Příloha 1 (1/2)

Výrobní návodka pro školní výrobu 1/2							
Dílec		Výrobní místo		Popis operace		Operace	
Tvarová hřídel		Poloautomatický soustruh SPN12 CNC		Soustružení součásti		č. 1	
Náčrt obráběných ploch: 							
Úsek	Operace	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]
1	Upnout polotovar mezi hroty	-	-	-	-	-	-
2	Hrubovat konturu CYCLE95	180	955÷1592	0,3	3	47	0,66
3	Dokončovat konturu CYCLE95	230	1220÷2088	0,25	1	47	0.13
4	Zapichovat CYCLE93	120	1061÷1157	0,2	1	8	0,16
5	Řezat závit CYCLE97	70	619	2	1,227	22	1,03
Nástroje Podélné řezání: VBD: DNMG 15 06 08 EM 6630 Držák: PDJNL 2525 M 15 Zapichování: VBD: LFUX 03 08 02 TN 535P Držák: XLCFL 2520 K 03 Řezání závitů: VBD: TN 16 EL 200M 816 Držák: SEL 2525 M 16							
Vypracoval: Jiří Forbelský				Dne: 25. 3. 2011			

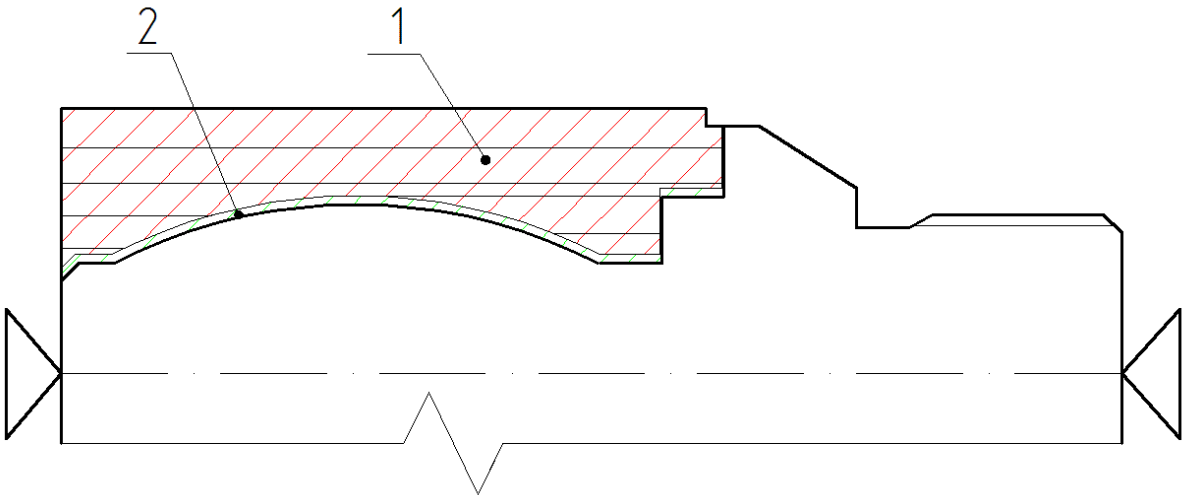
Příloha 1 (2/2)

Výrobní návodka pro školní výrobu 2/2							
Dílec Tvarová hřídel		Výrobní místo Poloautomatický soustruh SPN12 CNC		Popis operace Soustružení součásti		Operace č. 1	
Náčrt obráběných ploch: 							
Úsek	Operace	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{As} [min]
1	Upnout mezi hroty	-	-	-	-	-	-
2	Hrubovat konturu CYCLE95	112÷270	1430	0,3	2	75	2,08
3	Dokončovat konturu CYCLE95	117÷282	1500	0,25	1	75	0,28
Nástroje Podélné řezání: VBD: DNMG 15 06 08 EM 6630 Držák: PDJNL 2525 M 15							
Vypracoval: Jiří Forbelský				Dne: 25. 3. 2011			

Příloha 2 (1/2)

Výrobní návodka pro sériovou výrobu 1/2							
Dílec	Výrobní místo	Popis operace				Operace	
Tvarová hřídel	Poloautomatický soustruh SPN12 CNC	Soustružení součásti				č. 1	
Náčrt obráběných ploch: 							
Úsek	Operace	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{As} [min]
1	Upnout mezi hroty	-	-	-	-	-	-
2	Hrubovat konturu CYCLE95	290	1538÷2564	0,45	6	47	0,2
3	Dokončovat konturu CYCLE95	345	1830÷ 3432	0,3	1	47	0.06
4	Výběh závitů CYCLE96	345	3050÷3328	0,3	1,5	8	0,01
5	Řezat závit CYCLE97	250	1768	2	1,227	22	0,85
Nástroje Hrubovací nůž: VBD: CNMG 16 06 12-MR 4225 Držák: PDJNL 2525M 15 Dokončovací nůž: VBD: DNMG 15 06 12-MF 4225 Držák: PDJNL 2525M 15 Řezání závitů: VBD: R166.0G-16MM01-200 H13A Držák: L166.4FG-2525-16							
Vypracoval: Jiří Forbelský				Dne 21. 4. 2011			

Příloha 2 (2/2)

Výrobní návodka pro sériovou výrobu 2/2							
Dílec Hřídel		Výrobní místo Poloautomatický soustruh SPN12 CNC		Popis operace Soustružení součásti		Operace č. 1	
Náčrt obráběných ploch:							
							
Usek	Operace	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{As} [min]
1	Hrubovat konturu CYCLE95	275	1458÷3501	0,5	4	75	0,53
3	Dokončovat konturu CYCLE95	345	1830÷5229	0,3	1	75	0,13
Nástroje							
Hrubovací nůž: VBD: DNMG 15 06 12-MR 4225 Držák: PDJNR 2525 M15							
Dokončovací nůž: VBD: DNMG 15 06 12-MF 4225 Držák: PDJNR 2525 M15							
Vypracoval: Jiří Forbelský				Dne: 21. 4. 2011			

Příloha 3 1/2

CNC výrobní program

1Strana

N10; POL 60X120
N20 G54
N30 G71 G90 G95 F0.2
N50 H1 T1 D1
N60 G96 S180 M4 M8
N40 LIMS=3000
N70 G0 X62 Z2
N80 CYCLE95("K1",3,0.2,1,0,0.3,0.1,0.3,1,0,0,1)
N90 G0 X150 Z20
N100 G96 S230
N110 LIMS=3000
N120 G0 X40 Z2
N130 CYCLE95("K1",1,0,0,0,0.3,0.1,0.25,5,0,0,4)
N140 G0 X150 Z20
N150
N160 H2 T2 D1 M0
N170 G96 S120 M4 M8
N180 LIMS=3000
N190 G0 X38 Z2
N200 CYCLE93(36,-30,6,1.5,0,0,60,0,0,1,0,0,0,1,0,11,1)
N210 G0 X150 Z20
N220
N230 H4 T4 D1
N240 M0
N250 G96 S70 M4
N260 G0 X40 Z2
N270 CYCLE97(2,0,-23,1,36,36,3,2.5,1.227,0.05,30,0,8,1,3,1,2)
N280 G0 X140 Z20
N310 M30

Podprogram:

K1
G18 G90 DIAMON ;*GP*
G0 Z2 X32 ;*GP*
G1 Z0 ;*GP*
X36 CHR=2 ;*GP*
Z-30 ;*GP*
X40 RND=.5 ;*GP*
Z-41 X56 RND=.5 ;*GP*
Z-47 ;*GP*
X60 ;*GP*
M17

Příloha 3 2/2

CNC výrobní program

2 Strana:

```
;POL 60X120
N20 G54
N30 G71 G90 G95 F0.2 DIAMON
N50 H1 T1 D1 M6
N60 M0
M04 S1430 M8
N70 G0 X62 Z2
N80 CYCLE95("K2",2,0.2,1,0,0.3,0.1,0.3,1,0,0,1)
N90 G0 X80
N100 G0 X150 Z20 M8
N110 M4 S1500 M8
N120 G0 X62 Z2
N130 CYCLE95("K2",2,0,0,0,0.3,0.1,0.25,5,0.5,10,0)
N140 G0 X150 Z20
N150 M30
```

Podporgram

```
K2
G18 G90 DIAMON ;*GP*
G0 Z2 X21 ;*GP*
G1 Z0 ;*GP*
X25 CHR=2 ;*GP*
Z-6 ;*GP*
G3 Z-61 K=AC(-33.5) I=AC(-81.654) ;*GP*
G1 Z-68 RND=.8 ;*GP*
X40 CHR=.5 ;*GP*
Z-75 RND=.8 ;*GP*
X60 ;*GP*
M17
```