

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715P270003 – Strojírenství

Studijní specializace: Programování NC strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Využití parametrického programování pro optimalizaci typového
výrobku**

Autor: Lukáš SLAVÍČEK

Vedoucí práce: Ing. Luboš KROFT, Ph.D.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lukáš SLAVÍČEK**
Osobní číslo: **S19B0091P**
Studijní program: **B0715P270003 Strojírenství**
Specializace: **Programování NC strojů**
Téma práce: **Využití parametrického programování pro optimalizaci výroby typového výrobku**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do problematiky a cíle řešení
2. Analýza současného stavu parametrického programování
3. Návrh technologie obrábění pro zadanou součást
4. Tvorba parametrického programu a jeho odlazení ve výrobě
5. Zhodnocení a závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Elektronické informační zdroje dostupné z www.knihovna.zcu.cz
- CIRP ANNALS – Manufacturing Technology: (<http://www.cirp.net/>)
- SANDVIK Coromant, Sandviken: Technická příručka obrábění, dostupné z <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/>
- Elektronické informační zdroje

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Luboš Kroft, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jindřich Sýkora**
Regionální technologický institut

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Slavíček	Jméno Lukáš	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715P270003 – Strojírenství		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kroft, Ph.D.	Jméno Luboš	
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Využití parametrického programování pro optimalizaci typového výrobku		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	67	TEXTOVÁ ČÁST	36	GRAFICKÁ ČÁST	26
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce je zaměřena na tvorbu parametrického programu pro typovou součást. NC program je zhotovený podle požadavků od firmy Streicher, spol. s r. o. a je určený pro řídicí systém Sinumerik. Parametrický program je navržen pro snadné nastavení obsluhou CNC stroje. Program byl vyzkoušen v simulaci i ve výrobě.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	NC programování, parametrické programování, R parametry, proměnné, Sinumerik

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Slaviček	Name Lukáš
STUDY PROGRAMME	B0715P270003 – Strojírenství	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kroft, Ph.D.	Name Luboš
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR
TITLE OF THE WORK	Use of parametric programming to optimize the production of a type product	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	67	TEXT PART	36	GRAPHICAL PART	26
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis is focused on the creation of a parametric program for a type component. The NC program is made according to the requirements of Streicher, spol. s r.o. and is designed for the Sinumerik control system. The parametric program is designed for easy setup by the CNC machine operator. The program has been tested in simulation and in production.
KEY WORDS	NC programming, parametric programming, R parameters, variables, Sinumerik

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	3
Seznam obrázků	4
Seznam tabulek	5
1 Úvod.....	6
2 Úvod do NC programování	7
2.1 Definice, popis a historie NC stroje.....	7
2.2 NC program	8
2.2.1 Programování v řídicích systémech	8
2.2.2 Struktura NC programu a podprogramu.....	9
2.2.3 Výhody a použití podprogramů.....	11
2.3 Proměnné a parametrizace	12
2.3.1 Použití proměnných.....	12
2.3.2 Základní rozdělení proměnných.....	12
2.3.3 Charakteristika parametrizace a typy proměnných	13
2.4 Programové skoky	16
2.4.1 GOTOS.....	16
2.4.2 GOTOB, GOTOF, GOTO a GOTOC	17
2.5 Řídící struktury	17
2.5.1 Programová smyčka (IF, ELSE, ENDIF).....	18
2.5.2 Nekonečná programová smyčka (LOOP, ENDLOOP).....	19
2.5.3 Smyčka s počítadlem (FOR...TO..., ENDFOR).....	19
2.5.4 Programová smyčka s podmínkou na začátku smyčky (WHILE, ENDWHILE)	19
2.5.5 Programová smyčka s podmínkou na konci smyčky (REPEAT, UNTIL)	19
2.6 Výstup hlášení (MSG).....	19
3 Praktická část.....	20
3.1 Úvod do problematiky a cíle řešení	20
3.2 Popis součásti	20
3.3 Prvky určené k opracování	21
3.4 Polotovar.....	22
3.5 Použité nástroje pro jednotlivé operace.....	23
3.5.1 Řezné podmínky.....	23
3.6 Popis současného stavu	25
3.7 Tvorba parametrického programu a podprogramů	25

3.7.1	Definice proměnných a volba řezných nástrojů.....	25
3.7.2	Výpočet řezných podmínek.....	26
3.7.3	Vstupní hodnoty a jejich kontrola	28
3.7.4	Vyvolání nástroje a spuštění cyklu.....	29
4	Simulace parametrického programu a jeho odlazení ve výrobě	31
4.1	Využití simulace parametrického programu.....	31
4.2	Odlazení parametrického programu na stroji	33
5	Závěr.....	35
	Seznam použitých zdrojů	36

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 - Hlavní program parametrického programu.....	P1
PŘÍLOHA č. 2 - Podprogramy parametrického programu s výpočty řezných podmínek	P9
PŘÍLOHA č. 3 - Kontrolní a výpočtové podprogramy parametrického programu.....	P16
PŘÍLOHA č. 4 - Podprogramy parametrického programu spouštějící cykly	P21

Přehled použitých zkratek, symbolů a veličin

NC	číslicové řízení
CNC	počítačově číslicové řízení
VBD	vyměnitelné břitové destičky
m	metr
mm	milimetr
min	minuta
spol. s r.o.	společnost s ručením omezeným
v_c	řezná rychlost
f_z	posuv na zub
f_n	posuv na otáčku
S	otáčky
F	posuv
ot	otáčky
č.	číslo
obr.	obrázek
tab.	tabulka
atd.	a tak dále
např.	například
USA	Spojené státy americké
CAD	počítačem podporované projektování
ISO	mezinárodní organizace pro standardizaci

Seznam obrázků

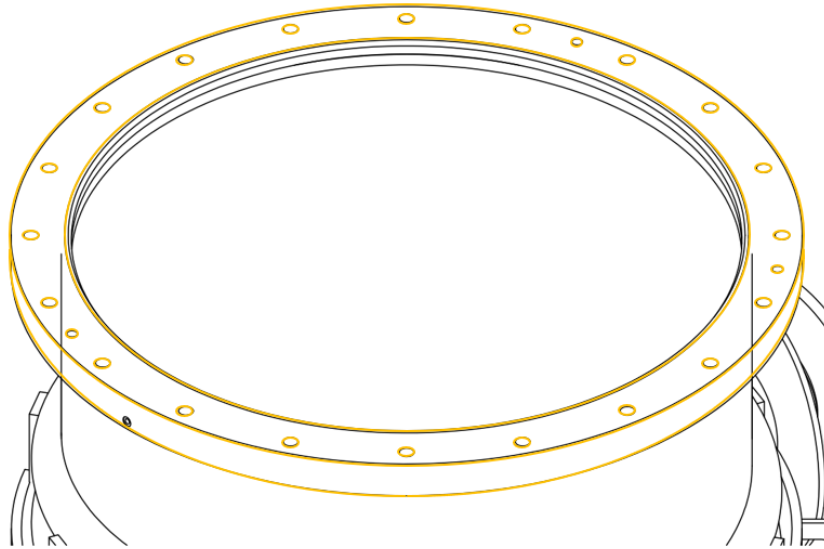
Obr. 1: Část výkresového modelu s vyznačenou koncovou přírubou zadané součásti.....	6
Obr. 2: Blokové schéma CNC obráběcího stroje – zjednodušené na příkladu soustruhu [1]....	7
Obr. 3: První NC stroj od výrobce Fanuc z roku 1951 [2].....	8
Obr. 4: Dílenské programování.....	9
Obr. 5: Schéma principu vnořených podprogramů [6]	11
Obr. 6: Tabulka R-parametrů	14
Obr. 7: Hloubka vnoření řídicích struktur [7]	18
Obr. 8: Diagram programové smyčky s alternativou [9]	18
Obr. 9: Část výkresového modelu s koncovou přírubou zadané součásti.....	20
Obr. 10: Vyznačené prvky k opracování na modelovém výkresu	22
Obr. 11: Ukázka zakótovaného polotovaru.....	23
Obr. 12: Parametrický program - Definice proměnných.....	25
Obr. 13: Parametrický program - Definice nástrojů.....	26
Obr. 14: Parametrický program - Definice materiálu	26
Obr. 15: Parametrický program - Kontrola záběru frézy v podprogramu.....	27
Obr. 16: Parametrický program - Výpočet řezných podmínek v podprogramu.....	27
Obr. 17: Parametrický program - Vstupní hodnoty v hlavním programu	28
Obr. 18: Parametrický program - Kontrolní a výpočtový podprogram.....	28
Obr. 19: Parametrický program - Vyvolání nástroje a cyklu v hlavním programu	29
Obr. 20: Parametrický program - Načítání souřadnic a volání cyklu v podprogramu	30
Obr. 21: Polotovar a možné opracování příruby parametrickým programem v simulaci.....	31
Obr. 22: Tabulka nástrojů z NC programu a opracování příruby v simulaci bez prvku tolerované díry.....	32
Obr. 23: Polotovar a možné opracování příruby s rozdílnými rozměry příruby.....	32
Obr. 24: Příruba před opracováním.....	33
Obr. 25: Příruba po opracování s vyznačenou tolerovanou dírou.....	34

Seznam tabulek

Tab. 1: Struktura NC bloku	9
Tab. 2: Význam jednotlivých adres v NC bloku	10
Tab. 3: Datové typy [7]	13
Tab. 4: Příklad přiřazení hodnoty R-parametru a použití R-parametrů v matematických funkcích [7]	14
Tab. 5: Základní matematické funkce [7]	16
Tab. 6: Příkazy skoku s cílem skoku [7]	17
Tab. 7: Řezné podmínky použitých nástrojů.....	24

1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je využití parametrického programování pro optimalizaci typového výrobku, který byl zvolen firmou Streicher, spol. s r.o. Plzeň. Tato firma se zabývá výrobou vakuových zařízení a jejich komponent pro chemický, farmaceutický, potravinářský a polovodičový průmysl, povlakování ve vakuu, vakuovou metalurgii, tepelné zpracování ve vakuu, vědu a výzkum. Typový výrobek je součástí kusové výroby a zvolená část pro opracování má funkci spojovací s jinými díly. Tuto část výrobku lze nazývat přírubou. [13]



Obr. 1: Část výkresového modelu s vyznačenou koncovou přírubou zadané součásti

Parametrizace se využívá pro zjednodušení programů a jejich zuniverzálění. Ta umožňuje snadnou změnu požadovaných vstupních hodnot a lze ji využít u opakujících se obdobných prvků. Vstupní hodnoty parametrů se přiřazují proměnným, které jsou nositelé informací.

Za pomocí parametrizace je cílem vytvořit a optimalizovat NC program, tak aby si jej mohla obsluha stroje sama doplnit a následně použít. Předpoklad je snížení času na vytvoření NC programu a samostatnost obsluhy stroje. Požadavkem je vytvořit NC program tak, aby mohly být spuštěny pouze některé operace v závislosti na jedinečnosti součásti, a také aby bylo zabráněno základním chybám kontrolou vstupních hodnot. Dalším požadavkem je automatické počítání řezných podmínek nástrojů, které se v závislosti na velikosti nástrojů a na druhu obráběného materiálu mohou měnit.

Tvorba této práce je přizpůsobena pro firmou používané řezné nástroje a pro vlastnosti CNC strojů s řídicím systémem Sinumerik, pro které je parametrický program určen.

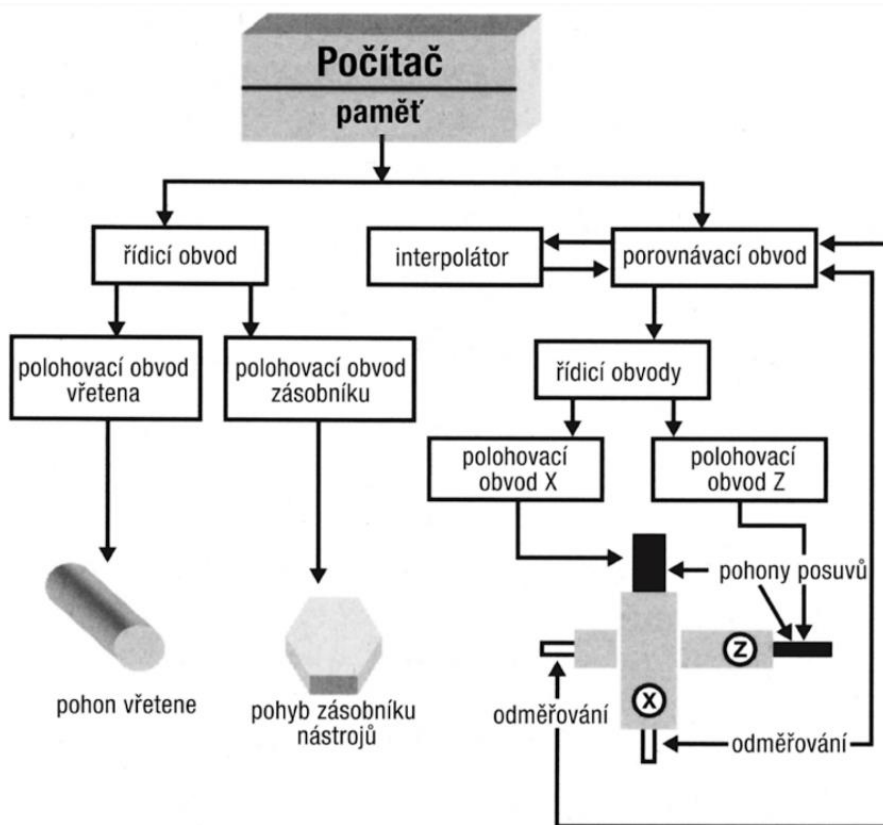
2 Úvod do NC programování

2.1 Definice, popis a historie NC stroje

Počítačem číslicově řízené stroje z anglického výrazu Computer Numerical Control (CNC) jsou charakteristické tím, že řídicí systém ovládá pracovní funkce stroje podle vytvořeného NC programu. Informace v NC programu o požadovaných činnostech stroje jsou ve formě příkazů zapsány pomocí alfanumerických znaků, které mají podobu pouze kombinace čísel a písmen. NC program tak řídí silové prvky stroje a zaručuje průběh požadované výroby součásti. [1]

CNC stroje lze rychle přizpůsobit k jiné nebo obdobné výrobě součásti. Pracují v automatizovaném cyklu, který ovládá číslicové řízení dle příslušného NC programu. V dnešní době se uplatňují automatizované procesy ve všech oblastech strojírenské výroby, ale typickými představiteli CNC strojů jsou frézky a soustruhy. [1]

Součástí CNC stroje je počítač s vlastní pamětí, obsahující řídicí systém od různých výrobců, který musí vyhovovat možnostem stroje. Ovládací panel a obrazovka počítače jsou určeny k obsluze, seřizování a také k samotnému programování CNC stroje. Řídicí systém podle čtení a zpracování NC programu ovládá jednotlivé části stroje jako jsou motory vřetene a posuvů, čerpadla rezných kapalin atd. Posuv je dán interpolátorem, který vypočítává jednotlivé dráhy mezi bloky NC programu neboli ekvidistantu pohybu nástroje. Ekvidistanta zahrnuje délkové a průměrové korekce naměřeného nástroje. Funkce interpolátoru je tedy zajistit geometrickou přesnost výrobku. Porovnávací obvody porovnávají souřadnice polohy nástroje s hodnotami, které jsou zadány programem a upraveny v interpolátoru. [1]



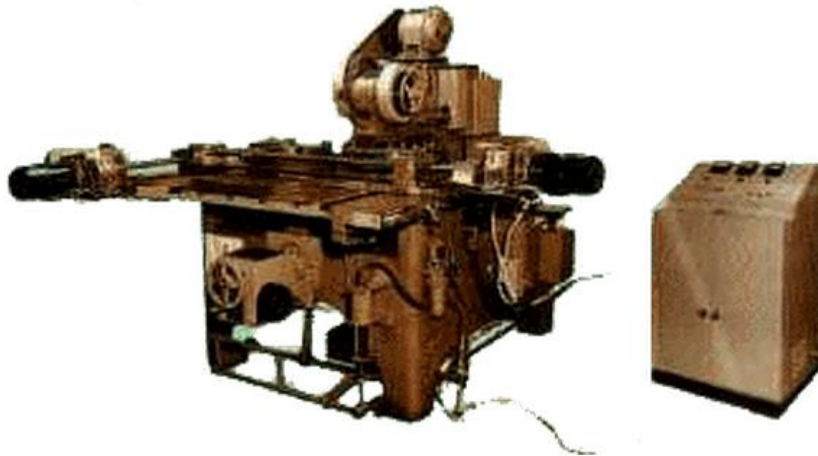
Obr. 2: Blokové schéma CNC obráběcího stroje – zjednodušené na příkladu soustruhu [1]

Historie a vývoj

První programové stroje se zkratkou NC od výrazu Numerical Control neboli Číslicově Řízené vznikly v 50. letech 20. století v USA a Japonsku. Jednalo se o klasický stroj opatřený jednoduchým řídicím systémem s elektronkovými obvody. V podobě šablon, vaček nebo mechanických zarážek byl ukládán program. Ukládání se postupně nahrazovalo optickými snímači a děrnými páskami. [2]

Limity NC strojů se časem projeví kvůli jejich pevně propojeným elektronickým prvkům, proto se začaly vybavovat počítači. V tu chvíli začali vznikat CNC stroje, schopné průběžně upravovat program během zkoušení. Urychlil a zjednodušil se proces tvorby programu a řízení stroje, zároveň vznikla možnost uchovat data programu k pozdějšímu využití. [2]

Záznamová média a způsob přenosu a uložení dat se měnila od děrných štítků, děrných nebo magnetofonových pásek až po flash disky. Nyní mohou být data přenášena a ukládána i mezi jednotlivými pracovišti přes intranetové a internetové sítě se servery. Jednotlivé vývoje u CNC strojů jsou snahou omezit zmetkovitost, snížit výrobní cenu produktu, zvýšit produktivitu a zvýšit bezpečnost pro obsluhu stroje. [2]



Obr. 3: První NC stroj od výrobce Fanuc z roku 1951 [2]

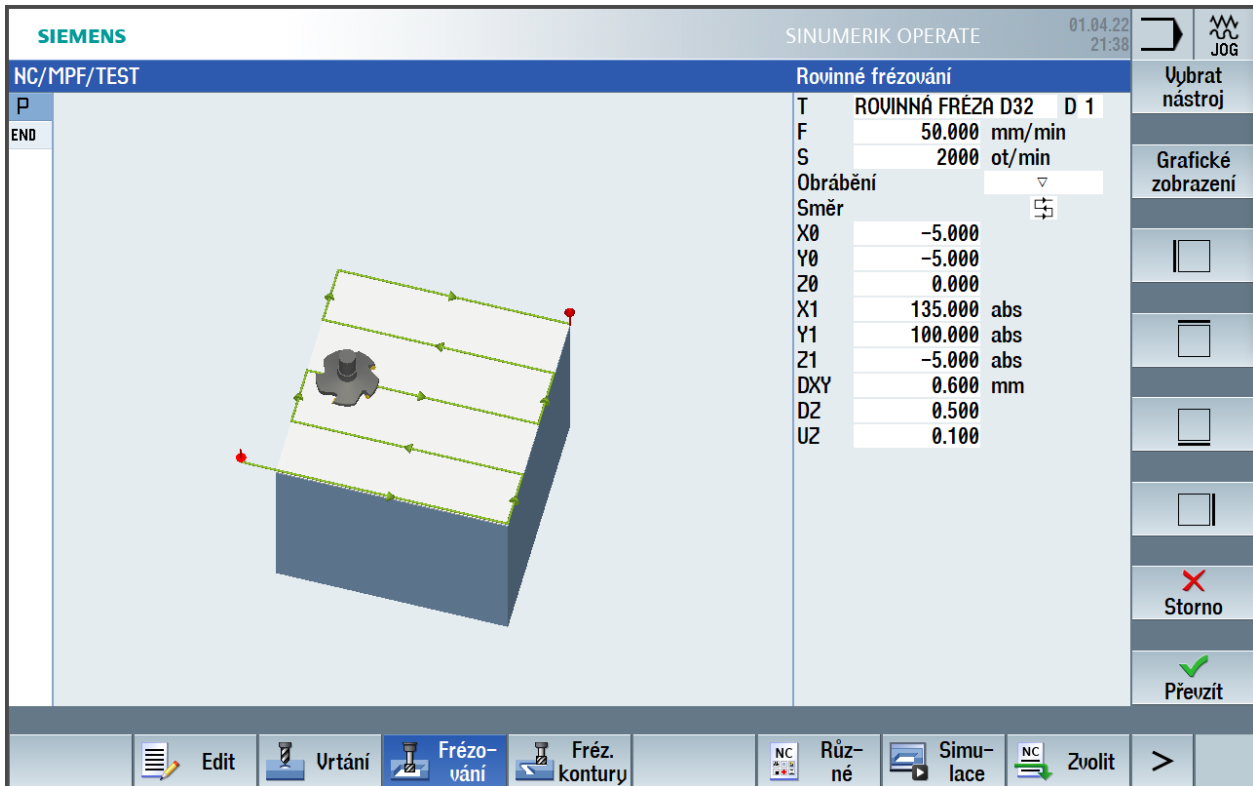
2.2 NC program

2.2.1 Programování v řídicích systémech

V praxi jsou nejpoužívanějšími řídicími systémy Sinumerik, Heidenhain, Mazatrol a Fanuc. Tyto řídicí systémy umožňují rychlé a jednoduché programování přímo na CNC strojích, takzvané dílenské programování, které doplňuje ISO kódy svými slovy. Dílenské programování napomáhá realizovat NC program v oblasti posloupnosti bloků a výpočetní techniky.

V systému Heidenhain je například nahrazeno L, line za G01. Každý řídicí systém má svoje specifika, ale principiálně jsou si všechny podobné. Základem v těchto systémech je programování v ISO kódu, který je pro obsluhu a programátora nezbytnou znalostí. Všechny tyto řídicí systémy zároveň umožňují tvorbu programu v kódu ISO.

Překážkou v dílenském programování mohou být nedostatečně zakótované výkresy, které nelze na počítači stroje přeměřit v CAD systémech. Při dílenském programování se převážně vyplňují tabulky, jejichž automatickým zpracováním jsou vytvářeny struktury programových bloků. [3] [4]



Obr. 4: Dílenské programování

2.2.2 Struktura NC programu a podprogramu

Struktura NC programu se skládá z posloupnosti NC bloků, taktéž programových vět. Každý blok může obsahovat informace geometrické, technologické a funkce pomocné. Informace určují provedení daných kroků pracovního postupu ke zhotovení součásti. Blok se skládá z minimálně jednoho příkazu ve formě slova, které se dále dělí na adresnou část a numerickou část. [3] [4]

Tab. 1: Struktura NC bloku

Slovo		Slovo		Slovo		Slovo	
Adresa	Číslice	Adresa	Číslice	Adresa	Číslice	Adresa	Číslice
N	10	G	01	X	90	F	300
Blok							

Informace obsažené v NC bloku

- a) **Geometrické informace** popisují dráhu nástroje v kartézských souřadnicích podle možných os příslušného stroje. Dráha je dána rozměry obráběné součásti a způsobem technologie jakým budeme součást obrábět.
- b) **Technologické informace** určují, jakými nástroji, jakým postupem vyrábět a jakou technologií obrábění v souvislosti s reznými podmínkami.
- c) **Pomocné informace** řídí určité pomocné funkce stroje, které například zapínají čerpadla chladicí kapaliny, otáčky vřetene nebo dávají pokyn stroji k výměně nástroje. [1]

Příkazy

Příkazy rozlišujeme dle platnosti na modální nebo blokové. Příkazům s modální platností zůstává naprogramovaná hodnota i v následujících blocích, dokud není změněna nebo zrušena dalším příkazem. Příkazům s blokovou platností zůstává naprogramovaná hodnota pouze v bloku, ve kterém je zapsána. [3] [4]

Posloupnost jednotlivých slov v bloku by se měla dodržovat podle doporučení normy DIN 66025 v tomto sledu: N... G... X... Y... Z... F... S... T... D... M... H... A to především z důvodu snadnější orientace. Určité adresy se v rámci jednoho bloku mohou použít vícekrát, např.: G..., M..., H... [1] [4]

Tab. 2: Význam jednotlivých adres v NC bloku

Adresa	Význam
N	Číslo bloku
G	Podmínka dráhy
X, Y, Z	Informace o dráze
F	Posuv
S	Otáčky
T	Nástroj
D	Korekční hodnoty nástroje
M	Doplňková funkce
H	Pomocná funkce

NC program by měl pro správnou funkci obsahovat některé příkazy. Mezi ně se řadí ukončení samotného programu a jednotlivých podprogramů. Program se ukončuje dle ISO kódu příkazem M2 nebo M30 a podprogram příkazem M17.

Podprogramy

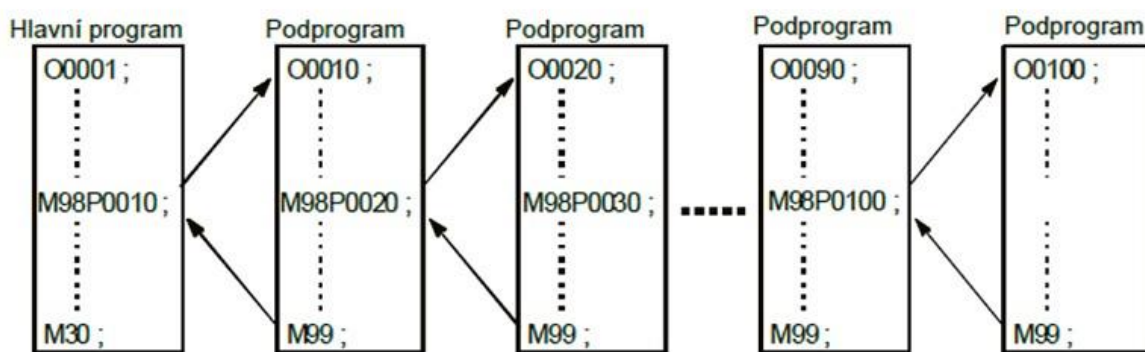
Podprogramy jsou programy nebo jen části programů na jiné úrovni, než se nachází hlavní program. Celkový program je pak jednodušší, čitelnější a kratší. Používá se především u programů s opakujícími se prvky, které významně zkracují program, a opravu chyby lze provést pouze na jednom místě.

Podprogramy se mohou vyvolat kdekoliv v programu bez omezení počtu vyvolání. Aby byl podprogram přečten řídicím systémem, musí být vyvolán v programu a zároveň musí být na konci samotného podprogramu ukončen.

Vnořené podprogramy

V podprogramech mohou být vyvolány další podprogramy, takzvané vnořené podprogramy, které jsou o úroveň dál. Počet úrovní je rozdílný u různých řídicích systémů a jejich vydání. Například u systému Sinumerik 810D/840D je k dispozici až 12 úrovní, z hlavního programu lze tedy vyvolat až 11 úrovní vnořených podprogramů, ale je třeba dbát na to, že cykly používají automaticky další 3 úrovně.

Na principiálním příkladu vnořených podprogramů (Obr. 4) je zobrazeno vyvolání až 10 úrovní podprogramů z hlavního programu, dohromady tedy 11 úrovní programů. Po ukončení podprogramu se systém vždy vrací o úroveň zpět na následující blok za vyvoláním původního podprogramu a pokračuje ve čtení bloků.



Obr. 5: Schéma principu vnořených podprogramů [6]

Ukončení programu a podprogramu v řídicím systému Sinumerik

V řídicím systému Sinumerik je možné zaměnit příkaz M17 za RET, M2 a M30. Dnešní systémy Sinumerik nemají pevně dané hlavní programy a podprogramy, proto se mohou tyto příkazy zaměnit a dle úrovně programu si je řídicí systém přečte jako M30, M2 nebo M17. Touto možností záměn příkazů vzniká možnost spustit pouze samostatný podprogram jako program hlavní.

2.2.3 Výhody a použití podprogramů

Mezi největší výhody podprogramů lze zařadit jejich použití u opakujících se prvků, ke kterým je přiřazen pouze jeden podprogram a může být opakovaně vyvoláván například pro různé polohy kapes, pro hrubovací a dokončovací operace kontury atd. Při zjištění chyby se snadno opraví pouze jeden podprogram pro všechny opakující se prvky. U NC programů se mimo jiné pomocí podprogramů významně zvyšuje čitelnost a přehlednost. Obsluha i programátor se proto mnohem lépe orientují v NC programu a úprava nebo oprava se stává jednodušší.

2.3 Proměnné a parametrizace

Další možností zjednodušení programů a jejich univerzálnosti je parametrizace. Ta umožňuje snadnou změnu požadovaných vstupních hodnot a lze ji využít u opakujících se obdobných prvků. Vstupní hodnoty parametrů se přiřazují proměnným, které jsou nositelé informací.

2.3.1 Použití proměnných

Proměnné mají přiřazenou hodnotu, která je uložena v paměti počítače a může se v průběhu programu a jeho výpočtu měnit. Změna nastává buď úpravou uživatelem, nebo při použití proměnné ve vzorcích, které jsou podobné matematickým, ale s odlišným významem. Na pravé straně vzorce mohou být číselné hodnoty a proměnné s přiřazenou hodnotou, výraz se vyhodnotí a výsledek je přiřazen proměnné na levé straně vzorce.

2.3.2 Základní rozdělení proměnných

Proměnné ve všech řídicích systémech fungují na stejném principu. Tato práce je zaměřena na řídicí systém Sinumerik, ve kterém se vyskytují níže uvedené základní druhy proměnných.

S použitím proměnných, především s matematickými funkcemi a řídicími strukturami, mohou být samostatně sestavovány flexibilní výrobní programy a cykly. K tomuto účelu jsou k dispozici v řídicím systému Sinumerik tři odlišné základní druhy proměnných. [7]

a) Systémové proměnné

Systémové proměnné jsou proměnné, které jsou definované v systému a mají pevně stanovený význam. Jsou k dispozici uživateli. Systém umožňuje jejich čtení a zápis. Do systémových proměnných patří například strojní parametry. [7]

b) Předdefinované uživatelské proměnné

Předdefinované uživatelské proměnné jsou proměnné, které jsou definované v systému. Uživatelem mohou být vlastnosti těchto proměnných z části přizpůsobeny. [7]

c) Uživatelem definované proměnné

Uživatelem definované proměnné jsou proměnné, které jsou definovány pouze uživatelem a v systému jsou vytvořeny až při zpracovávání jejich definice v programu. Uživatel definuje jejich počet, datový typ, možnosti zobrazování a jiné vlastnosti. [7]

Pomocí systémových proměnných lze v maximální míře předem pevně definovat vlastnosti systému.

Význam uživatelských proměnných není systému znám a proměnné nejsou systémem vyhodnocovány. Jejich význam určuje pouze uživatel.

2.3.3 Charakteristika parametrizace a typy proměnných

Parametrizací NC program je možné upravovat vstupní údaje za pomoci proměnných. Parametrické zadávání umožňuje definovat údaje o rozměrových velikostech prvku, jejich počtu, způsobu obrobení atd. v závislosti na parametrizaci samotného NC programu. Standardně se zadávají v hlavním programu.

Z hlediska zaměření této práce následuje podrobnější popis a rozdělení uživatelských proměnných v řídicím systému Sinumerik.

Do předem definovaných uživatelských proměnných jsou zařazeny Početní parametry (R-parametry) a Linkové proměnné. Dalším typem proměnných jsou uživatelem definované proměnné.

Předdefinované uživatelské proměnné: Početní parametry nebo R-parametry

R-parametry jejichž identifikátorem při použití je písmeno R jsou definované jako pole s datovým typem REAL pro reálné číslo. Číslo R-parametru je typu INT, tedy celočíselné hodnoty v rozsahu 0 – MAX_INDEX, který vyplývá z počtu R-parametrů a je definován parametrem stroje. Zápis čísla je přípustný s indexem pole, např. R[15] nebo bez indexu pole, např. R15. Výraz pole může být libovolný, pokud výsledek může být převeden na datový typ INT (INT, REAL, BOOL, CHAR).

Tab. 3: Datové typy [7]

Datový typ	Význam	Rozsah hodnot
INT	Celočíselné hodnoty se znaménkem	-2147483648...+2147483647
REAL	Reálné číslo	$\pm(\sim 2,2 \cdot 10^{-308} \dots \sim 1,8 \cdot 10^{+308})$
BOOL	Logická hodnota TRUE (1) a FALSE (0)	1, 0
CHAR	Znaky ASCII	Kód ASCII 0 ... 255
STRING	Řetězec znaků definované délky	Maximálně 200 znaků
AXIS	Identifikátor osy/vřetena	Identifikátor kanálové osy
FRAME	Geometrické údaje pro statické transformace souřadného systému	---

Tabulku R-parametrů (Obr. 5) s jejich přiřazenými hodnotami lze najít i upravit v počítači řídicího systému stroje. Přiřazené hodnoty zůstávají uloženy v tabulce stroje, dokud není jejich hodnota změněna. Rozsah hodnot proměnných při neexponenciálním zápisu je $\pm (0.000\ 0001 \dots 9999\ 9999)$.

Tab. 4: Příklad přiřazení hodnoty R-parametru a použití R-parametrů v matematických funkcích [7]

Programový kód	Komentář
R0=-3.268	Přiřazení hodnoty -3.268
R[3]=SIN(15)	Přiřazení hodnoty z funkce sin(15)
X=(R1+R2)	Přiřazená hodnota ose X ze součtu R1 a R2
R7=(R6/10)	Přiřazení hodnoty z podílu R6 ku 10
Z=SQRT(R1*R1+R2*R2)	Přiřazená hodnota osy Z z funkce $\sqrt{(R1^2 + R2^2)}$

R-parametry		Globální R param.	
R 0	0	R 25	0
R 1	0	R 26	0
R 2	0	R 27	0
R 3	0	R 28	0
R 4	0	R 29	0
R 5	0	R 30	0
R 6	0	R 31	0
R 7	0	R 32	0
R 8	0	R 33	0
R 9	0	R 34	0
R 10	0	R 35	0
R 11	0	R 36	0
R 12	0	R 37	0
R 13	0	R 38	0
R 14	0	R 39	0
R 15	0	R 40	0
R 16	0	R 41	0
R 17	0	R 42	0
R 18	0	R 43	0
R 19	0	R 44	0
R 20	0	R 45	0
R 21	0	R 46	0
R 22	0	R 47	0
R 23	0	R 48	0
R 24	0	R 49	0
		R 50	0
		R 51	0
		R 52	0
		R 53	0
		R 54	0
		R 55	0
		R 56	0
		R 57	0
		R 58	0
		R 59	0
		R 60	0
		R 61	0
		R 62	0
		R 63	0
		R 64	0
		R 65	0
		R 66	0
		R 67	0
		R 68	0
		R 69	0
		R 70	0
		R 71	0
		R 72	0
		R 73	0
		R 74	0

Obr. 6: Tabulka R-parametrů

Předdefinované uživatelské proměnné: Linkové proměnné

Linkové proměnné umožňují v rámci funkce „NCU-Link“ vyměňovat data mezi jednotkami NCU, které jsou propojeny pomocí sítě. Tyto jednotky vytvářejí přístup do paměti linkových proměnných. Velikost a typ dat v paměti linkových proměnných definuje uživatel nebo výrobce pro dané zařízení. [7]

Uživatелеm definované proměnné

Použitím příkazu DEF v samostatném bloku programu si může programátor definovat vlastní proměnné. V závislosti na oblasti, kde proměnná působí, jsou rozlišeny tři kategorie uživatelských proměnných.

K definování proměnných se používá stanovená syntaxe:

$$DEF < oblast > < datový\ typ > < název > [7]$$

Na začátku programu v samostatném bloku před vlastním použitím proměnných je nutný příkaz DEF pro jejich definici. Oblast platnosti se definuje pouze u GUD na NC systém nebo kanál. Následuje datový typ (Tab. 4), a poté samotný název proměnné.

Název může obsahovat maximálně 31 znaků, z toho první dva musí být písmena a/nebo znak podtržení. V každé definici může být větší počet proměnných o stejném datovém typu. Nesmí se používat znak "\$", který je vyhrazen pro systémové proměnné. [7]

a) Lokální uživatelské proměnné (LUD)

LUD jsou definované ve výrobním programu, který v okamžiku zpracování není hlavní. Proměnné jsou založeny při vyvolání výrobního programu a vymazány na konci programu nebo při resetu řídicího systému. Přístup k LUD je možný pouze v daném programu, kde jsou definovány. [7]

b) Programově globální uživatelské proměnné (PUD)

PUD jsou definované ve výrobním programu, který je využitý jako hlavní. Proměnné jsou založeny se spuštěním výrobního programu a vymazány na konci programu nebo při resetu řídicího systému. Přístup k PUD se nabízí v hlavním programu a pro všechny podprogramy. [7]

c) Globální uživatelské proměnné (GUD)

GUD jsou definovány v datovém modulu v NC systému, případně v kanálu. Proměnné zůstávají zachovány i po úplném vypnutí stroje a jsou k dispozici ve všech programech. [7]

Výhody

Při změně některého zadaného parametru se upraví výsledky všech vzorců, které počítají s daným parametrem, a tedy i celý parametrizovaný NC program. Uživatel není omezen pouze předdefinovanými proměnnými a název definované proměnné si může zvolit tak, aby bylo snadno zjistitelné, čeho se proměnná týká.

Použití

Parametry se mohou použít pro výpočty vzorců konečných výsledků. Použití parametrizace se doporučuje u opakovaných součástí velmi podobných typů, kde lze najít stejné prvky k obrábění, a zároveň se parametrizace používá k tvorbě cyklů.

Matematické funkce (Tab. 5) jsou výhradně použitelné pro R-parametry a proměnné typu REAL. [7]

Tab. 5: Základní matematické funkce [7]

Operátory / matematické funkce	Význam
+	Sčítání
-	Odečítání
*	Násobení
/	Dělení
DIV	celočíselné dělení, pro typ proměnných INT a REAL
MOD	zbytek po dělení, pouze pro typ INT
:	řetězcový operátor (u proměnných typu FRAME)
SIN ()	Sinus
COS ()	Kosinus
TAN ()	Tangens
ASIN ()	arkus sinus
ACOS ()	arkus kosinus
ATAN2 (,)	arkus tangens na druhou
SQRT ()	druhá odmocnina
ABS ()	absolutní hodnota
POT ()	2. druhá mocnina
TRUNC ()	celočíselná část
ROUND ()	zaokrouhlování na celá čísla
LN ()	přirozený logaritmus
EXP ()	exponenciální funkce
MINVAL ()	menší hodnota ze dvou proměnných
MAXVAL ()	větší hodnota ze dvou proměnných

2.4 Programové skoky

V návaznosti na parametrizaci mohou programové skoky a jiné příkazy reagovat na proměnné. Pomocí příkazů lze v programu provádět skoky na určité bloky v závislosti na použití druhu příkazu. Skoky se provádí za účelem opakovaného zpracování programu nebo naopak jeho přeskočení. Existují dvě základní rozdělení typů příkazů pro programové skoky. [7]

2.4.1 GOTOS

Prvním typem je skok zpátky na začátek programu označený jako GOTOS. Příkazem GOTOS se provede skok zpět na začátek hlavního programu nebo podprogramu, v závislosti na místě použití tohoto příkazu. Tento skok se používá za účelem opakovaného zpracování programu. [7]

2.4.2 GOTOB, GOTOF, GOTO a GOTOC

Druhým typem je skok na návěští skoku za pomoci příkazů GOTOB, GOTOF, GOTO a GOTOC. U těchto příkazů musí být definován cílový skok jednou z více možností.

Syntaxe

IF < podmínka skoku > = TRUE GOTOB < cíl skoku > [7]

Cíle skoku

Parametr cíle skoku lze definovat návěstím skoku, které je umístěné uvnitř programu a jehož název je definován uživatelem a zakončen dvojtečkou. Návěští skoku se vždy definuje na začátku bloku a název může obsahovat 2 až 32 znaků složených z písmen, číslic a znaků podtržení. [7]

Dále lze definovat parametr cíle skoku konkrétním číslem bloku a poslední možností je použití proměnné typu STRING, která představuje návěští skoku nebo číslo bloku. [7]

Tab. 6: Příkazy skoku s cílem skoku [7]

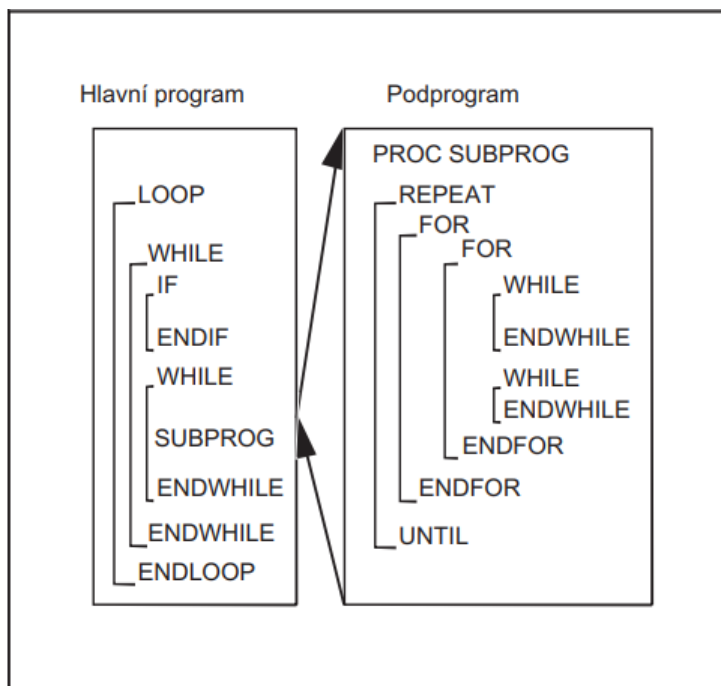
Příkazy	Cíl skoku
GOTOS	Cíl skoku je začátek programu.
GOTOB	Cíl skoku vyhledává směrem k začátku programu.
GOTOF	Cíl skoku vyhledává směrem ke konci programu.
GOTO	Cíl skoku vyhledává napřed směrem ke konci programu, potom směrem k začátku programu.
GOTOC	Cíl skoku vyhledává stejně jako příkaz GOTO, ale při jeho neúspěšném vyhledání se program nezastaví, ale pokračuje na dalším programovém řádku.

Pokud je před příkazem skoku zapsána podmínka skoku IF, potom se uskuteční programový skok pouze tehdy, je-li podmínka skoku splněna. Tato podmínka akceptuje všechny porovnávací a logické operátory.

2.5 Řídící struktury

NC bloky programu jsou standardně zpracovávány řídicím systémem v posloupnosti samotného naprogramování. Pomocí naprogramování alternativních programových bloků a smyček může být tato posloupnost změněna. [7]

K takovému naprogramování se využívají prvky řídicích struktur nebo též klíčových slov *IF...ELSE*, *LOOP*, *FOR*, *WHILE* a *REPEAT*. Tyto řídicí struktury lze používat jen v rámci příkazové části programu. Nelze je použít v hlavičce programu pro podmínění ani opakování definic. [7]



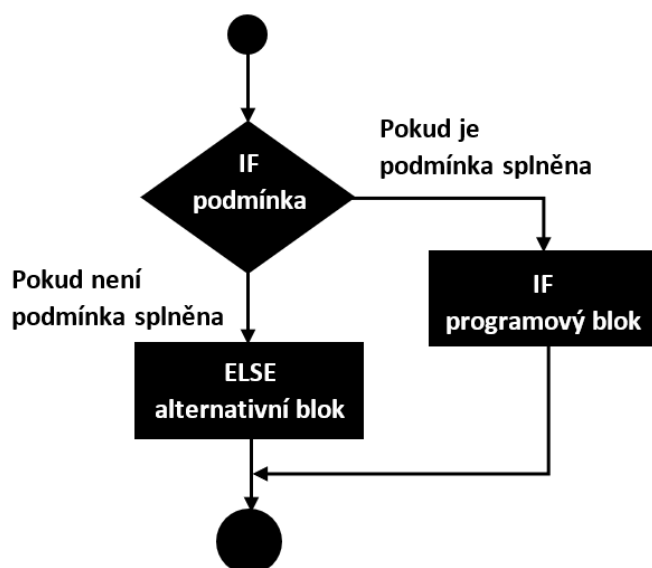
Obr. 7: Hloubka vnoření řídicích struktur [7]

Platnost struktur je v programu pouze lokální. Počet hloubek vnořených řídicích struktur je na každé úrovni podprogramu až 16 (viz Obr. 6). [7]

2.5.1 Programová smyčka (IF, ELSE, ENDIF)

Programová smyčka s alternativou obsahuje příkazy IF a ELSE. Používá se tehdy, pokud obsahuje programová smyčka alternativní blok. Když je podmínka u příkazu IF splněna, pak se uskuteční programový blok vyskytující se za příkazem IF. Pokud není podmínka IF splněna, poté se uskuteční alternativní blok následující za příkazem ELSE. [7]

Programová smyčka IF může být naprogramována i bez příkazu ELSE a bez alternativního programového bloku, jestliže není žádná alternativa zapotřebí. Příkaz ENDIF označuje konec smyčky IF, poté následuje blok za touto smyčkou. [7]



Obr. 8: Diagram programové smyčky s alternativou [9]

2.5.2 Nekonečná programová smyčka (LOOP, ENDLOOP)

Příkazem LOOP vzniká nekonečná smyčka v nekonečných programech. Na konci smyčky příkaz ENDLOOP provede skok zpět na její začátek. Využití nachází například u programových hlášení s použitím programového stopu v průběhu programu. [7]

2.5.3 Smyčka s počítadlem (FOR...TO..., ENDFOR)

Využití řídicí smyčky s počítadlem nastává, když má být opakovaně zpracován úsek programu s předem nastaveným počtem opakování.

Syntaxe

```
FOR < proměnná > = < počáteční hodnota > TO < konečná hodnota >  
...  
ENDFOR
```

 [7]

Příkaz FOR zahajuje průběh smyčky, TO se nachází mezi hodnotami počátečního a konečného počtu opakování. Příkaz ENDFOR označuje konec smyčky a provádí skok zpět na její začátek, dokud není naplněna koncová hodnota počítadla. Za příkazem FOR se uvádí proměnná typu INT nebo REAL, která počítá vzestupně od počáteční do koncové hodnoty a při každém průchodu se zvyšuje o hodnotu 1. Podmínka hodnot pro počítání je taková, že počáteční hodnota musí být menší než hodnota koncová. [7]

2.5.4 Programová smyčka s podmínkou na začátku smyčky (WHILE, ENDWHILE)

Řídicí smyčka WHILE uvádí programovou smyčku, u které se nachází podmínka, která musí být splněna pro průchod smyčkou. Dokud je podmínka splněna smyčka opakuje průchod od příkazu WHILE do konečného ENDWHILE. [7]

2.5.5 Programová smyčka s podmínkou na konci smyčky (REPEAT, UNTIL)

Programová smyčka REPEAT obsahuje podmínku až na konci smyčky u příkazu UNTIL. Příkaz UNTIL způsobuje skok zpět na začátek smyčky tak dlouho, dokud je podmínka splněna. [7]

2.6 Výstup hlášení (MSG)

Příkaz MSG umožňuje z výrobního programu odeslat řetězec znaků na monitor panelu stroje jako hlášení pro obsluhujícího pracovníka. Hlášení je vypsané po zpracování příkazu, dokud není přepsané jiným hlášením nebo smazané stejným příkazem bez textu.

Syntaxe

```
MSG ( "< text > "<< < proměnná > <<"< text > "
```

Do příkazu je možné vložit parametr provedení, který stanovuje časový okamžik uskutečnění zápisu. Operátorem zřetězení "<<<" lze v rámci textových hlášení vypisovat hodnoty proměnných. Maximální délka textu je 124 znaků.

3 Praktická část

3.1 Úvod do problematiky a cíle řešení

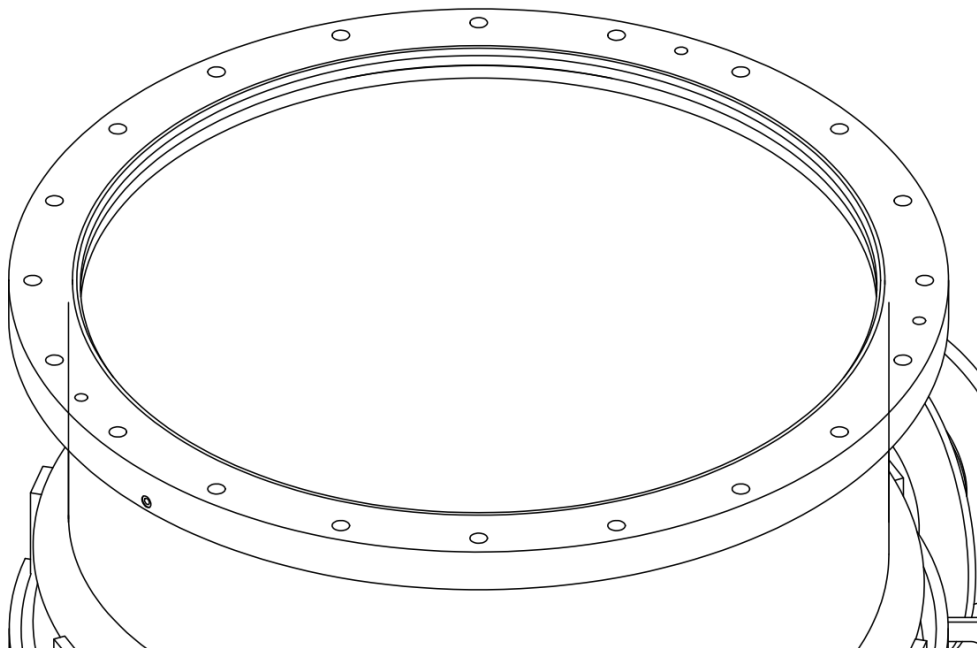
Praktická část bakalářské práce je zaměřena na parametrizaci NC programu pro optimalizaci výroby typového výrobku zadaného od firmy Streicher, spol. s r.o. Plzeň. V současné době se součást frézuje na horizontálních frézkách a NC program je upravován a tvořen programátory.

Za pomoci parametrizace je cílem zjednodušení NC programu, úprava stávajících parametrických programů a tvorba dalších parametrických programů tak, aby si jej mohla obsluha stroje sama doplnit a následně použít. Předpokladem je zkrácení času na vytvoření NC programu a samostatnost obsluhy stroje. Požadavkem je vytvořit NC program tak, aby mohly být spuštěny pouze některé operace v závislosti na jedinečnosti součásti a také, aby se předešlo základním chybám kontrolou vstupních hodnot. Dalším požadavkem je automatické počítání rezných podmínek nástrojů, které se v závislosti na velikosti nástrojů a na druhu obráběného materiálu mohou měnit.

3.2 Popis součásti

Zadaná součást je trubkovitého tvaru. Její průměr se pohybuje od stovek do tisíců milimetrů a délka je obvykle několik metrů. Jedná se o svařenec s různými vývody, otvory a jeho trubkovité tělo může být přeplátované. Jde o kusový typ výroby a velmi těžko se najdou dvě nebo více totožných součástí z hlediska celkových rozměrů, počtu, roztečí a velikosti děr, závitů, vývodů atd.

Na této součásti se opracovává celá řada ploch, jednou z nich je také koncová příruba sloužící pro správné dosednutí při montáži ostatních dílů celého výrobku. Příruba nemusí být symetricky stejná, protože se na její ploše může nacházet specificky umístěná tolerovaná jedna nebo více děr.



Obr. 9: Část výkresového modelu s koncovou přírubou zadané součásti

3.2.1 Materiál součásti

Materiál používaný pro přírubu na svařenci je buď konstrukční ocel (P355GH/1.0473), korozivzdorná ocel (1.4404, 1.4539, 1.4541 a 1.4571), nebo duplexní ocel (1.4462).

P355GH/1.0473

Na svoji třídu má tato konstrukční ocel dobrou odolnost proti korozi, vyšší teplotě a opotřebení. Má dobrou svařitelnost, obrobitelnost a je houževnatá. Používá se k výrobě kotlů, tlakových nádob a potrubí pro přepravu horkých kapalin. [10]

1.4404, 1.4539, 1.4541 a 1.4571

Materiály těchto nerezových ocelí jsou bez potíží svařitelné, hůře obrobitelné a jsou odolné proti korozi. Používají se především v chemickém průmyslu a pro tlakové nádoby pro svou chemickou odolnost. [11]

1.4462

Duplexní nerezová ocel má vysokou pevnost v tahu, odolnost proti korozi, dobrou svařitelnost a špatnou obrobitelnost. Uplatňuje se v chemickém a petrochemickém průmyslu a velmi dobře odolává v mořském prostředí. [12]

3.3 Prvky určené k opracování

Na přírubě součásti je několik prvků určených k opracování v závislosti na jejím konkrétním návrhu. Protože se jedná o kusovou výrobu podobných součástí, mají součásti na přírubě rozdílné nebo jen některé prvky. V bakalářské práci se budu zabývat pouze základními prvky pro obrábění bez rozšířených variant, které by se parametrizovaly principiálně stejně.

Vnější kontura

Vnější kontura, taktéž vnější obvod příruby se obrábí především pro dosažení požadovaných rozměrů a pro celkové srovnání vůči celému svařenci.

Horní plocha

Obráběním horní plochy se dosáhne geometrické tolerance kolmosti vůči ose svařence. Horní plocha se zarovná, připraví na operace vrtání a zajistí pro dosednutí protikusu při montáži.

Díry pro šrouby

Díry na horní ploše jsou průchozí skrz celou tloušťku příruby a pozice mají na roztečné kružnici se stejným úhlem mezi jednotlivými dírami. Vrtané díry jsou určeny pro šroubový spoj s jinou součástí dosedající na horní plochu kroužku.

Tolerované díry pro kolíky

Posledním prvkem jsou jedna nebo více tolerovaných děr na horní ploše příruby. Díry se provádí neprůchozí a jsou provedeny pouze do určité hloubky v materiálu, takzvaně do dna. Pro snazší montáž a demontáž kolíků jsou tolerované díry prohloubené průchozími dírami o menší průměru.

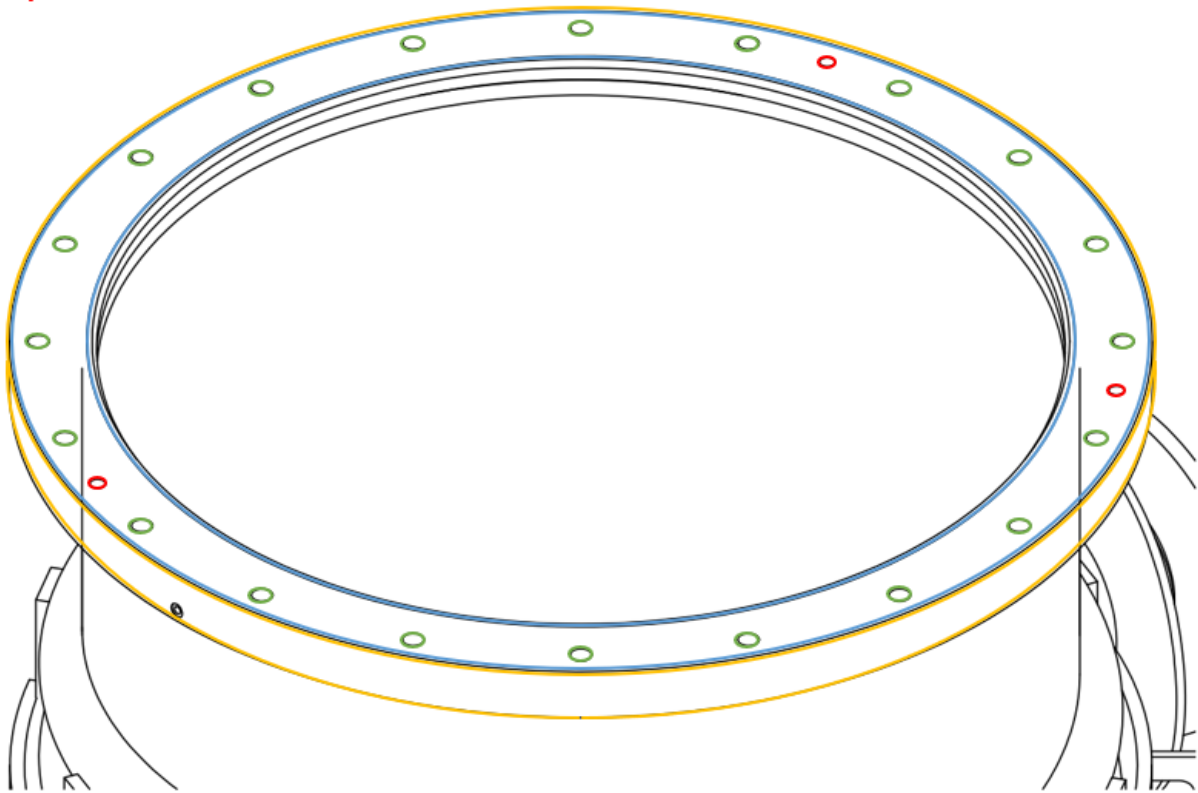
Jejich rozmístění na stanoveném průměru je atypické a nezaměnitelné, proto je třeba dbát zvýšené pozornosti při zhotovení na jejich pozici. Kolíky určují při montáži správnou polohu pro dosedající protikus.

1) VNĚJŠÍ KONTURA

2) HORNÍ PLOCHA

3) DÍRY PRO ŠROUBY

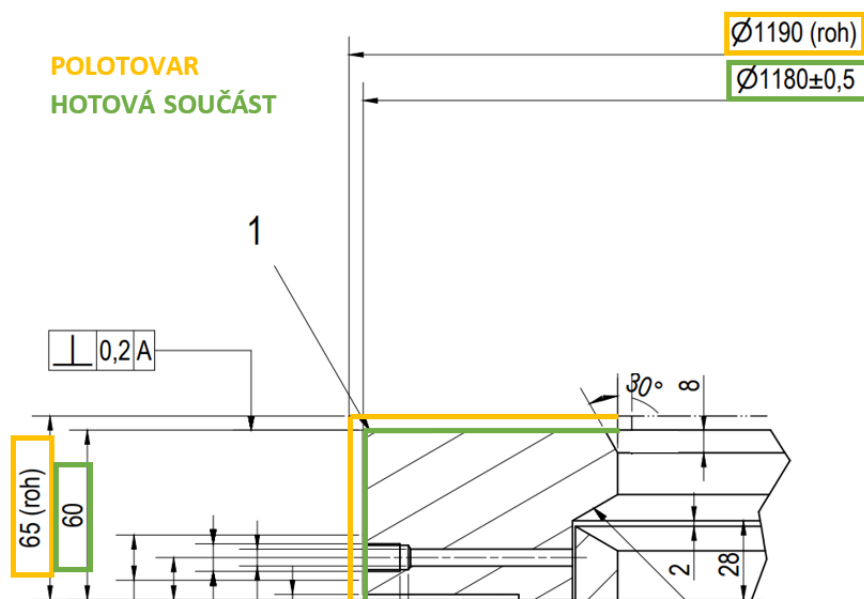
4) TOLEROVANÉ DÍRY PRO KOLÍKY



Obr. 10: Vyznačené prvky k opracování na modelovém výkresu

3.4 Polotovar

Pro opracování příruby je velikost přídavku na obrábění vždy velmi podobná. Na horní ploše příruby a na ploše kontury je okolo 5mm, podle přesnosti svaření s ostatními díly součásti.



Obr. 11: Ukázka zakótovaného polotovaru

3.5 Použité nástroje pro jednotlivé operace

Pro obrábění daných operací zůstávají již používané typy nástrojů. Požadavek na změnu není především z důvodu již optimalizovaného výběru nástrojů. Požadavkem byla možnost změn velikosti nástrojů na NC program, a to nejen pro vrtáky.

3.5.1 Řezné podmínky

Velikost nástrojů a materiál polotovaru se pro typové výrobky mohou měnit, takže otáčky a posuv nemohou zůstat stejné. Pro univerzálnost NC programu je tedy nutné, aby se otáčky a posuvy měnily podle průměru nástroje, řezné rychlosti a posuvu na zub nebo na otáčku. Proto byly řezné podmínky převzaty do NC programu, který si dopočte otáčky a posuv.

Vnější kontura

Vnější kontura s přírůstkem 10mm na průměru se nejprve hrubuje čelní vřetovou frézou s vyměnitelnými břitovými destičkami. Pak se kontura dokončuje monolitní vřetovou frézou.

Sražení ostří na kontuře probíhá jako poslední ze všech operací a provádí se korunkovým srážecem.

Horní plocha

Frézování horní plochy nahrubo s přírůstkem 5mm standardně provádí hrubovací čelní fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami. Plocha se dokončuje dokončovací čelní frézou s vyměnitelnými břitovými destičkami.

Díry pro šrouby

Díry pro šrouby jsou zhotovovány na stanovený průměr korunkovým vrtákem. Sražení děr se uskutečňuje monolitním srážecem.

Tolerované díry pro kolíky

Vrtání děr je prováděno monolitním vrtákem, kvůli menším průměrům děr. Poté se vrtá průchozí odvzdušňovací díra taktéž monolitním vrtákem. Následujícím krokem je sražení díry monolitním srážecem a nakonec se vystružuje tolerovaná díra výstružníkem.

Detailní řezné podmínky jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Tab. 7: Řezné podmínky použitých nástrojů

Nástroj		Materiál					
		Konstrukční oceli		Korozivzdorné oceli		Duplexní oceli	
Poř.	Název	Řezná rychlost $v_c[m/min]$	Posuv na zub $f_z[mm]$	Řezná rychlost $v_c[m/min]$	Posuv na zub $f_z[mm]$	Řezná rychlost $v_c[m/min]$	Posuv na zub $f_z[mm]$
1	Čelní válcová fréza s VBD	260	0.19	200	0.21	110	0.21
2	Monolitní válcová fréza	230	0.13	120	0.055	70	0.04
3	Hrubovací čelní fréza s VBD	260	0.19	200	0.21	110	0.21
4	Dokončovací čelní fréza s VBD	270	0.2	210	0.22	120	0.22
		Řezná rychlost $v_c[m/min]$	Posuv na otáčku $f_n[mm/ot]$	Řezná rychlost $v_c[m/min]$	Posuv na otáčku $f_n[mm/ot]$	Řezná rychlost $v_c[m/min]$	Posuv na otáčku $f_n[mm/ot]$
5	Korunkový vrták	210	0.15	190	0.1	100	0.08
6	Monolitní vrták	115	0.2	60	0.14	35	0.1
7	Výstružník	7	0.03	6	0.03	3	0.03
		Otáčky $S[ot/min]$	Posuv $F[mm/min]$	Otáčky $S[ot/min]$	Posuv $F[mm/min]$	Otáčky $S[ot/min]$	Posuv $F[mm/min]$
8	Monolitní srážec	1000	100	1000	100	1000	100
9	Korunkový srážec	3000	1000	3000	1000	3000	1000

3.6 Popis současného stavu

V současnosti je NC program pro zmíněnou přírubu vytvářen samotnými CNC programátory. Ti ho skládají z jednotlivých operací v hlavním programu, ke kterým přiřazují nástroje, řezné podmínky a vytvářejí i většinu podprogramů.

Takto pokaždé nově vytvořený NC program může pravděpodobně obsahovat některé nevytvořené dílčí části, mezi které se řadí například nepřesně zvolené řezné podmínky, vzniklé kvůli nepředání zpětné vazby od obsluhy stroje, nebo zvýšené riziko chybovosti v NC programu a podprogramech. O změně nástroje nebo úpravě technologie obrábění nemusí být všichni programátoři informováni a mohou nastat zpětné úpravy již hotového NC programu pro určitou součást.

Největší nevýhodou však zůstává časová náročnost při opakované tvorbě NC programu pro poměrně snadné opracování příruby na součásti.

3.7 Tvorba parametrického programu a podprogramů

NC program pro typovou součást v řídicím systému Sinumerik byl vytvořen pro snadné zadávání požadovaných vstupních hodnot. Hodnoty z výkresu se zapisují v NC programu do uživatelem definovaných proměnných nebo do předdefinovaných parametrů R.

S těmito přiřazenými hodnotami se ve většině případů dál pracuje ve výpočtech a podmínkách. Vytvořený NC program obsahuje možnost přeskočení operací, které nejsou požadované, a také obsahuje automatické vypočtení otáček a posuvů. Dále je program zaměřený na kontrolu zadaných vstupních dat tak, aby se předešlo kolizím nástroje s obráběnou součástí nebo aby se zabránilo chybně zadaným vstupním hodnotám.

Dva parametrizované podprogramy (FR_KR a VNE_KR) pro frézování ploch byly použity z firmy.

3.7.1 Definice proměnných a volba řezných nástrojů

Na začátku NC programu jsou definované proměnné s příkazem DEF. V bloku N10 to jsou celočíselné hodnoty pro proměnné s názvem WKZ o počtu čísel dosahujícího až 15. V blocích N20 a N30 jsou definované proměnné pro reálné číslo a jejich název byl volen zkratkami pro snazší rozpoznání.

```
% N_A1_MPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (===== DEFINICE =====)
N10 DEF INT WKZ[15]
N20 DEF REAL VRT_1K,VRT_2K,VRT_3K,VRT_4K,R_VRT_K,R_KRUZ_K,BEzp_VZD
_K,HLOUB_VRT_K,ROV_ODJET_K,REF_ROV_K,HLOUB_SRAZ_K,HLOUB_VYSTR_K,SR
AZ_HRAN_K,PRIJEZD_K,ROV_ODJETI_P,ROV_POL_P,KROK_Z_P,KONEC_ROV_P,BE
ZP_PR_P,VYCHOZI_D_P,KONECNY_D_P,MAX_TR_P,PRIDAVEK_P,PUVOD_ODJ_P,RO
V_ODJETI_FK,KROK_Z_FK,ROV_FR_FK,BEzp_PR_FK,VYCHOZI_D_FK,KONECNY_D
_FK,MAX_TR_FK,PRIDAVEK_FK,KROK_Z_SFK,KONECNY_D_SFK,KONEC_ROV_FK,REF
_ROV_FK,PRIDAVEK_D_FK,AKT_Z_FK
N30 DEF REAL UHEL_START,UHEL_ROZTEC,BEzp_VZD_S,HLOUB_VRT_S,ROV_ODJ
ETI_S,REF_ROV_S,POCET_S,R_ROZTEC_S,HLOUB_SRAZ_S,ROV_SRAZ_S,R_VRT_S
,SRAZ_HRAN_S,SRAZ_VNE_K,S_01,F_01,KONEC_ROV_OK
; (=====)
```

Obr. 12: Parametrický program - Definice proměnných

Následuje část hlavního programu, kde je nutné přiřadit hodnoty k proměnným. Čísla nástrojů se přiřazují k proměnným WKZ, kde poznámka v bloku určuje typ nástroje nebo typ operace. Tento způsob je ponechán dle zavedení ve firmě.

```
; ===== NASTROJE =====  
; (WKZ[_]=0 => operace neproběhne)  
N40 WKZ[1]=25 ; (JEZEK D50 ;hrubovat konturu)  
N50 WKZ[2]=10 ; (FREZA D20 SLICHT ;dokoncit konturu)  
N60 WKZ[3]=50 ; (QUATTROMILL D100 ;hrubovat plochu)  
N70 WKZ[4]=50 ; (OCTOMILL D100 SLICHT ;dokoncit plochu)  
N80 WKZ[5]=11 ; (VRTAK KORUNKA ;vrtat pro srouby)  
N90 WKZ[6]=8 ; (VRTAK D9.8/D11.8/... TVR ;predvrtat "H" diru)  
N100 WKZ[7]=4 ; (VRTAK D5/D8/... TVR ;vrtat odvzdušnění "H" der)  
N110 WKZ[8]=301 ; (SRAZEC HEULE ;srazit vrtane diry)  
N120 WKZ[9]=8 ; (VYSTRUZNIK D10H_/D12H_/... ;vystruzit)  
N130 WKZ[10]=1 ; (SRAZEC KORUNKA D21 (NAMERIT D21);srazit konturu)  
; =====
```

Obr. 13: Parametrický program - Definice nástrojů

Pro neprovedení operace se za číslo nástroje zadává hodnota 0, díky které je v hlavní části NC programu podmíněno vynechání příslušné operace.

3.7.2 Výpočet řezných podmínek

Požadavkem na parametrický NC program byl automatický výpočet otáček a posuvů pro nástroje podle příslušné poloměrové korekce a podle druhu materiálu polotovaru. Pro zvolení materiálu se přiřazuje hodnota parametru R80. Hodnota může nabývat čísla 1 (konstrukční ocel), 2 (nerezová ocel) a 3 (duplexní ocel).

```
; ===== MATERIAL POLOTOVARU =====  
N150 R80=1 ; R80=1 - zezezo (P355GH)  
; R80=2 - nerez (1.4404/1.4539/1.4541/1.4571)  
; R80=3 - duplex (1.4462)
```

Obr. 14: Parametrický program - Definice materiálu

Vyvolání podprogramu pro výpočet řezných podmínek se nachází až za vyvoláním nástroje, díky kterému se přiřadí hodnota systémové proměnné pro korekci poloměru nástroje (\$P_TOOLR). S touto proměnnou a se zvolenými hodnotami řezných rychlostí a posuvů (Tab. 8) vypočítává příslušný podprogram řezné podmínky ke každému nástroji.

V následující ukázce jednoho z podprogramů počítajícího řezné podmínky pro hrubování čelní frézou s VBD je na začátku vytvořena podmínka IF. Podmínka je splněna, pokud je záběr frézy (R31) větší než 80% ($R31 > (1.6 * \$P_TOOLR)$). Při splnění podmínky se zobrazí na monitoru panelu stroje hlášení (MSG) s informací o velikosti záběru frézy a o jejím průměru a zároveň se zastaví zpracování programu příkazem M0. Obsluha je tímto způsobem upozorněna a může pokračovat v programu.


```
% N_REZPODM_P_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO HRUBOVANI PLOCHY)
N10 IF R31>(1.6*$P_TOOLR)
N20 MSG ("FREZOVANI PLOCHY: ZABER FREZY="<<R31<<"mm PRO NASTROJ
D="<<$P_TOOLR<<"mm")
N30 M0
N40 MSG ()
N50 ENDIF
```

Obr. 15: Parametrický program - Kontrola záběru frézy v podprogramu

V řídicí struktuře IF, která je ukončena příkazem ENDIF, se nachází výpočty řezných podmínek. Pro volbu správného výpočtu v závislosti na materiálu obráběné součásti je použita řídicí struktura CASE.

Parametr R80 obsahuje informaci zadaného materiálu a podle přiřazené hodnoty nastane programový skok GOTOF na příslušné návěští (blok N70, N110, N150 nebo N190). Návěští VC_1 až VC_3 počítají zaokrouhlené konkrétní řezné podmínky. Skok na návěští CHYBA nastane tehdy, pokud číselná hodnota parametru R80 neodpovídá žádné hodnotě z materiálu (1, 2 nebo 3). Poté se na monitoru stroje zobrazí hlášení o chybném zadání materiálu polotovaru (N200) a zastaví se další zpracování programu (M0).

Při správném zadání materiálu a po výpočtu podmínek nastane skok na návěští KONEC (N230), kde je podmínka o maximálních možných otáčkách (N240) podle možností stroje. Pokud je podmínka splněna a vypočtené otáčky mají hodnotu vyšší než 3000, hodnota se sníží na 3000 otáček. Následuje konec podprogramu příkazem M17.

```
N60 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N70 VC_1:
N80 S_01=ROUNDUP(1000*260/3.14/2/$P_TOOLR)
N90 F_01=ROUNDUP(S_01*5*0.19)
N100 GOTOF KONEC
N110 VC_2:
N120 S_01=ROUNDUP(1000*200/3.14/2/$P_TOOLR)
N130 F_01=ROUNDUP(S_01*5*0.21)
N140 GOTOF KONEC
N150 VC_3:
N160 S_01=ROUNDUP(1000*110/3.14/2/$P_TOOLR)
N170 F_01=ROUNDUP(S_01*5*0.21)
N180 GOTOF KONEC
N190 CHYBA:
N200 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N210 M0
N220 MSG()
N230 KONEC:
N240 IF S_01>3000
N250 S_01=3000
N260 ENDIF
N270 M17
```

Obr. 16: Parametrický program - Výpočet řezných podmínek v podprogramu

3.7.3 Vstupní hodnoty a jejich kontrola

Vstupní hodnoty převzaté z výkresu nebo stanovené obsluhou stroje se zapisují k proměnným v hlavním programu. Příslušné proměnné předchází nadpisy pro jednoznačné určení typu operace.

Některé použité parametry zůstávají stejně označené podle zvyku ve firmě. Poznámka na konci bloku popisuje význam hodnoty proměnné v daném bloku.

```
; ===== VRTAT DIRY PRO SROUBY =====
N350 R99=22 ; - prumer diry
N360 R2=10 ; - bezpecna vzdalenost
N370 R3=-67 ; - hloubka vrtani
N380 R12=0 ; - referencni rovina
N390 R27=20 ; - pocet der
N400 R30=1120 ; - prumer roztece kruznice
N410 UHEL_START=9 ; - pocatecni uhel od osy "+X" proti smeru hod.
r.
N420 UHEL_ROZTEC=18 ; - uhel mezi dirami
; (srazit hrany pro srouby)
N430 R81=0.3 ; - velikost srazeni hrany
;
N440 KONTROLA_S ;NEMENIT!!!
```

Obr. 17: Parametrický program - Vstupní hodnoty v hlavním programu

Za přiřazením hodnot k proměnným pro stanovenou operaci následuje podprogram s názvem KONTROLA s příslušným indexem pro rozlišení jednotlivých operací. Tyto podprogramy obsahují převzetí potřebných hodnot R parametrů do proměnných, výpočty nezbytných hodnot pro další použití a kontroly zadaných hodnot.

```
% N_KONTROLA_S_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KONTROLA, VÝPOCTY A DEFINICE PRO DIRY PRO SROUBY)
N10 BEZP_VZD_S=R2
N20 HLOUB_VRT_S=R3
N30 ROV_ODJETI_S=R10
N40 REF_ROV_S=R12
N50 POCET_S=R27
N60 SRAZ_HRAN_S=R81
;
N70 R_ROZTEC_S=(R30/2) ;R ROZTEC. KRUZNICE
N80 R95=(360/UHEL_ROZTEC) ;POCET DER DLE UHLU MEZI
N90 R_VRT_S=(R99/2) ;POLOMER NASTROJE PRO SRAZENI
N100 HLOUB_SRAZ_S=(REF_ROV_S-(R_VRT_S+SRAZ_HRAN_S)) ;HLOUBKA
SRAZENI
;
N110 IF R95<>R27
N120 MSG ("VRTAT DIRY PRO SROUBY: CHYBNY POCET DER NEBO UHEL MEZI
DIRAMI")
N130 M0
N140 MSG ()
N150 ENDIF
N160 M17
```

Obr. 18: Parametrický program - Kontrolní a výpočtový podprogram

V ukázce podprogramu KONTROLA_S je v bloku N10 až N60 převzetí hodnot od parametrů, N70 až N100 obsahují nezbytné výpočty se zadanými hodnotami z hlavního programu a v posledních blocích je vytvořena kontrola.

Při zjištění chyby se zobrazí na monitoru stroje hláška a zastaví se další zpracování programu. Chyba se zjišťuje podle splnění podmínky u příkazu IF. V ukázce je podmínka splněna, pokud je rozdílná hodnota zadaného počtu děr a vypočteného počtu děr dle určeného úhlu mezi nimi (N80). Hláška pro obsluhu o chybném zadání vstupních hodnot obsahuje text s informací o typu operace a o konkrétních zadaných hodnotách.

3.7.4 Vyvolání nástroje a spuštění cyklu

Vyvolání nástroje a další zpracování programu pro příslušnou operaci proběhne tehdy, pokud je na začátku programu k proměnné WKZ přiřazeno číslo nástroje. V ukázce níže se tato podmínka nachází v bloku N1080 a je stanovená příkazem IF. V dalších blocích následuje volba a vyvolání nástroje, odjetí, výpočet řezných podmínek a spuštění otáček.

V bloku N1140 následuje načtení a vyvolání modálního cyklu vrtání, ve kterém jsou proměnné s přiřazenými hodnotami z podprogramů s názvem KONTROLA. Modální cyklus proběhne na každé další zadané souřadnici a je ukončen příkazem MCALL. V dalším bloku za cyklem se proto nachází podprogram RASTR_S, ve kterém probíhá načtení souřadnic s vyvoláním cyklu.

```
; (VRTAT DIRY PRO SROUBY)
N1080 IF WKZ[5]>0
N1090 T=WKZ[5]
N1100 L6 ; (VRTAK TVR)
N1110 G0 Z200 ;W0
N1120 REZPODM_S
N1130 S=S_01 F=F_01 M3
N1140 MCALL
CYCLE81(ROV_ODJETI_S,REF_ROV_S,BEzp_VZD_S,HLOUB_VRT_S,,0.6,0,1,12)
N1150 RASTR_S
N1160 G0 Z200 ;W0
N1170 WEPU
N1180 ENDIF
```

Obr. 19: Parametrický program - Vyvolání nástroje a cyklu v hlavním programu

Podprogram RASTR_S pracuje v polárních souřadnicích. Pól (G111), od něhož kótování vychází, je nastavený do osy příruby. Následuje blok s nastavením polárního rádiusu roztečné kružnice (RP) a polárního úhlu (AP) v kladném směru proti směru hodinových ručiček od osy „X“. V tomto bloku se tedy poprvé vykoná vrtací cyklus dle definovaných souřadnic.

V následujícím bloku N30 je vloženo návěští a inkrementálně změněna hodnota polárního úhlu. Vykoná se tedy další vrtací cyklus na změněných souřadnicích. Příkazem REPEATB proběhne zpracování programu opakováním na návěští, kde se přičte další hodnota úhlu a vykoná se vrtací cyklus.

```
% N RASTR S SPF  
; $PATH=/ N WKS DIR/ N PROG 7 WPD  
; (RASTR - SROUBY)  
N10 G111 X0 Y0  
N20 RP=R ROZTEC S AP=UHEL START  
N30 POSITION1: AP=IC (UHEL ROZTEC)  
N40 REPEATB POSITION1 P=(POCET S-2)  
N50 MCALL  
N60 M17
```

Obr. 20: Parametrický program - Načítání souřadnic a volání cyklu v podprogramu

Příkazem P je nastavený počet opakování příkazu REPEATB pomocí proměnné obsahující vstupní hodnoty bez dvou, které již proběhly před začátkem opakování. Po splnění počtu opakování pokračuje zpracování programu na další řádky, kde je ukončení modálního cyklu (MCALL) a ukončení podprogramu.

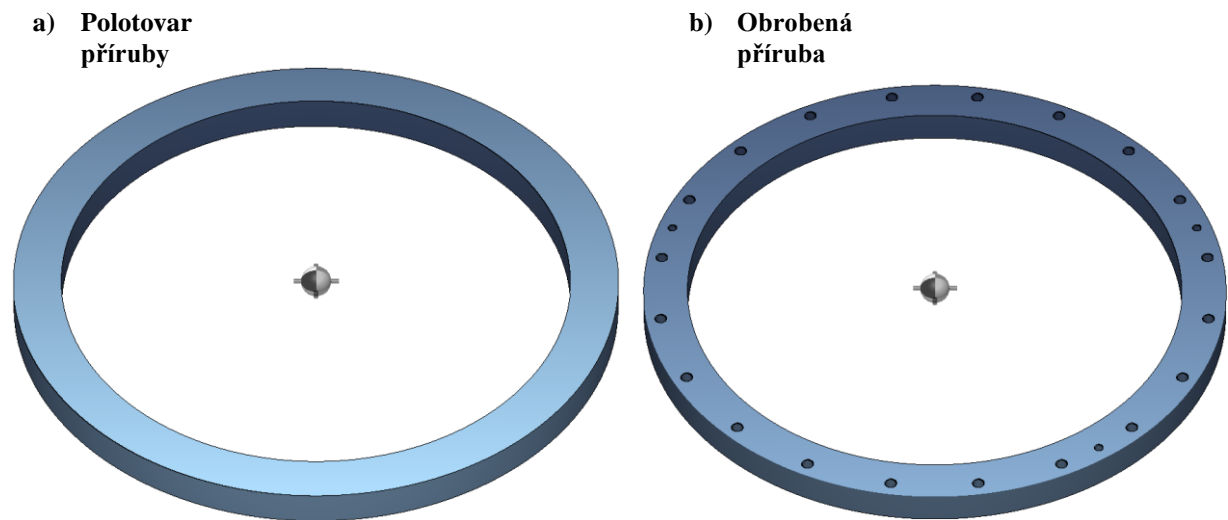
4 Simulace parametrického programu a jeho odlazení ve výrobě

4.1 Využití simulace parametrického programu

Při tvorbě parametrického programu jsem v simulaci stroje samostatně testoval jednotlivé parametrizované operace a pak i celý NC program, zda fungují správně. Simulaci jsem prováděl v dílenském softwaru Sinutrain s řídicím systémem Sinumerik.

Pomocí simulace jsem objevil některé chyby v NC programu, jako jsou například překlepy v adresných částech slova, nesprávná syntaxe u některých příkazů nebo špatně zvolený výpočet s proměnnými. Výhodou použití simulace je, že chyby a nedostatky lze opravit, aniž by vznikla vada na součásti při případném obrábění. Ověřil jsem různé varianty zadání parametrického programu (včetně chybných) pro správnou funkci kontrol vstupních hodnot.

Následují ukázky použití parametrického programu v simulaci pro různé varianty opracování i se změnou velikosti součásti.



Obr. 21: Polotovár a možné opracování příruby parametrickým programem v simulaci

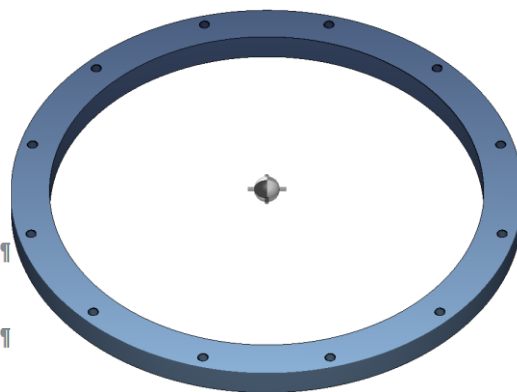
Na obrázku č. 21 je vidět součást ze simulace před a po opracování parametrickým programem. Nastavení vstupních hodnot bylo provedeno dle náhodně zvoleného výkresu typové součásti, která obsahovala všechny prvky z parametrického programu pro opracování.

V simulaci tedy proběhlo opracování vnější kontury včetně sražení ostří, horní plochy, zhotovení dvaceti vrtaných průchozích děr pro šrouby se sražením hran a tří vystružených děr pro kolíky včetně vrtání odvodušnění a sražení děr před vystružením.

```

; ===== NASTROJE =====
; (UKZ[_]=0 => operace neprobekne)
N40 UKZ[1]=25 ; (JEZEK D50 ; hrubovat konturu)
N50 UKZ[2]=10 ; (FREZA D20 SLICHT ; dokoncit konturu)
N60 UKZ[3]=50 ; (QUATTROMILL D100 ; hrubovat plochu)
N70 UKZ[4]=50 ; (OCTOMILL D100 SLICHT ; dokoncit plochu)
N80 UKZ[5]=11 ; (VRTAK KORUNKA ; vrtat pro srouby)
N90 UKZ[6]=0 ; (VRTAK D9.8/D11.8/... TVR ; predvrtat "H" diru)
N100 UKZ[7]=0 ; (VRTAK D5/D8/... TVR ; vrtat odvzdušneni "H" der)
N110 UKZ[8]=301 ; (SRAZEC HEULE ; srazit vrtane diry)
N120 UKZ[9]=0 ; (VYSTRUZNIK D10H_/D12H_/... ; vystruzit)
N130 UKZ[10]=1 ; (SRAZEC KORUNKA D21 (NAMERIT D21) ; srazit konturu)
; =====

```

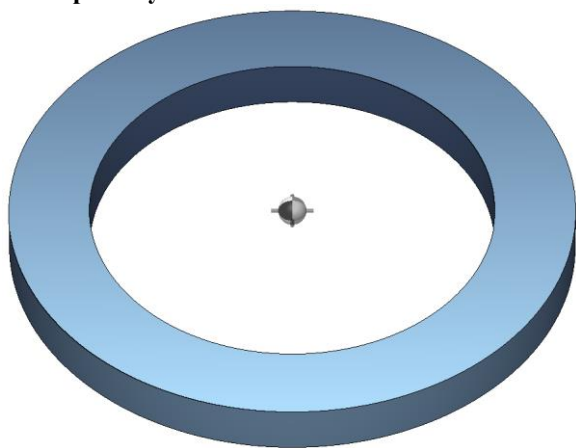


Obr. 22: Tabulka nástrojů z NC programu a opracování příruby v simulaci bez prvku tolerované díry

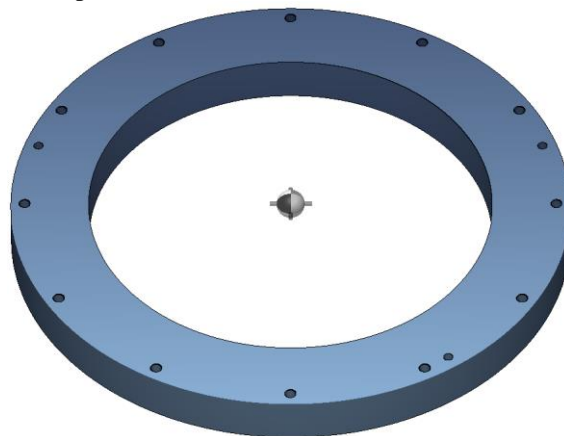
Na obrázku č. 22 je znázorněna použitá tabulka nástrojů pro opracování příruby na pravé části obrázku. V tabulce pro čísla nástrojů jsou červeně vyznačené proměnné a k nim přiřazené vstupní hodnoty o velikosti 0. Z vysvětlení z předchozí kapitoly plyne, že tyto operace nebude řídicí systém zpracovávat a nebudou tedy provedeny.

Opracování příruby proběhne pouze na vnější kontuře včetně sražení ostří, na horní ploše a dvanácti průchozích dírách pro šrouby se sražením hran. Výchozí úhel vrtání pro šrouby je nenulový oproti zhotoveným díram na obrázku č. 23. Díry nejsou umístěny na osách příruby.

a) Polotovar příruby



b) Obrobená příruba

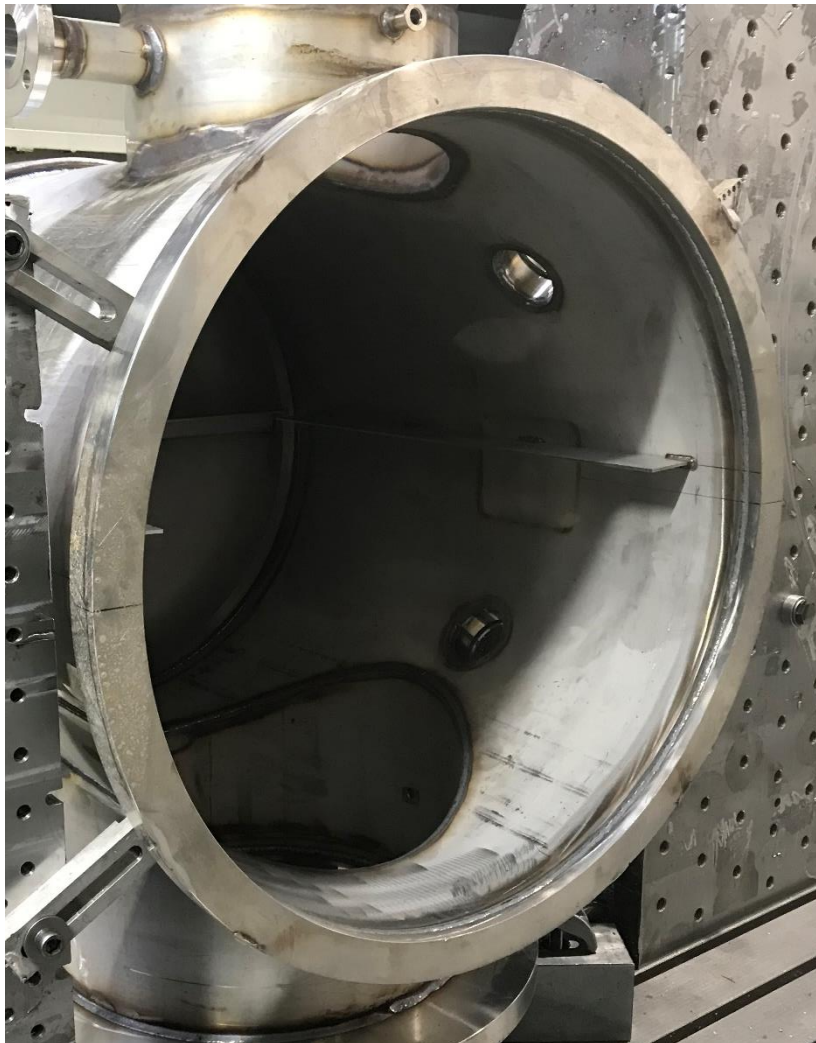


Obr. 23: Polotovar a možné opracování příruby s rozdílnými rozměry příruby

Obrobení za pomoci parametrického programu (Obr. 23) se přizpůsobí změně velikosti mezikruží i tloušťce příruby podle zadaných vstupních hodnot. Na obrobené přírubě jsou vidět rozdílné polohy dvanácti děr pro šrouby s výchozím úhlem nula, proto jsou díry umístěny na osách příruby. Tři díry pro kolíky jsou zde náhodně rozmístěny.

4.2 Odlazení parametrického programu na stroji

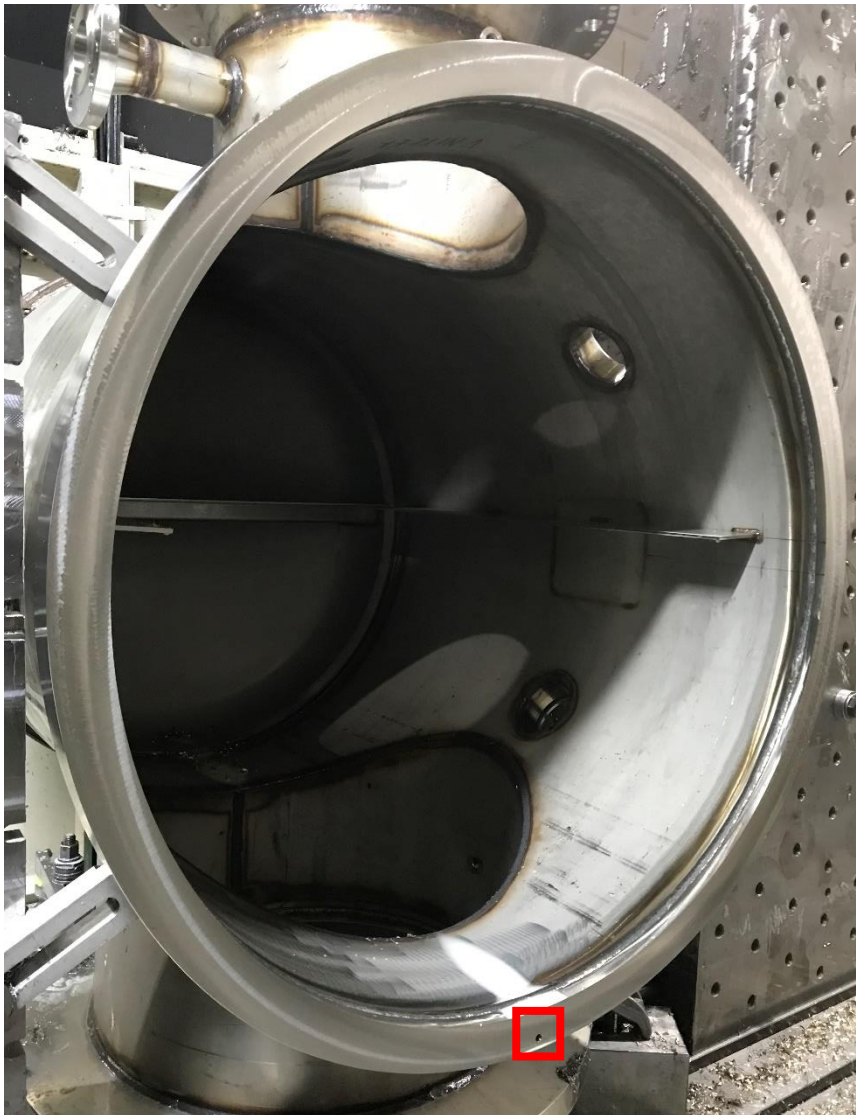
Parametrický program byl vyzkoušen pro odladění ve firmě na horizontální CNC frézce s řídicím systémem Sinumerik. Program jsem připravil pro zadanou součást a zúčastnil jsem se i samotného použití NC programu na stroji. Obsluze stroje jsem vysvětloval použití vytvořeného parametrického programu a při opracování součásti jsme konzultovali možná zlepšení.



Obr. 24: Příruba před opracováním

Na přírubě proběhly jen operace pro opracování vnější kontury se sražením hrany, opracování plochy a vytvoření jedné tolerované díry s odvodušněním.

Opracování proběhlo bez větších komplikací. Jednou z věcí, která v NC programu chyběla, byla možnost předdokončení plochy dokončovacím nástrojem neboli možnost dokončení na více třisek. Poté se ještě upravovaly rezní podmínky pro dokončovací válcovou frézu a zadaná hloubka vystružení. Tyto úpravy a případně i další změny budou zpracovány v další verzi programu po domluvě s oddělením technologie.



Obr. 25: Příruba po opracování s vyznačenou tolerovanou dírou

Automatické sražení hrany kontury a hrany díry před vystružením proběhlo ideálně a nebylo třeba upravovat jeho velikost.

Úroveň odlazení parametrického programu

Tím, že byl parametrický program použit prozatím jen jednou, a to pouze s některými operacemi, takže nelze říci, že by byl program zcela odladěn. Předpoklad odladění parametrického programu je až po použití na několika různých typech příruby. Během dalších testování parametrického programu se předpokládá použití upravených verzí.

5 Zhodnocení a závěr

Pro firmu Streicher, spol. s r.o. Plzeň byl vytvořen parametrický program pro typovou součást, kterou byla příruba. Parametrizace programu umožňuje zuniverzálění NC programu a používá se u cyklů nebo u opakujících se podobných součástí, které se častěji opakují a program k nim lze snadno uzpůsobit.

Tento program by měl sloužit především obsluze stroje, která ho snadno a rychle přizpůsobí požadované velikosti a danému opracování příruby. Oproti původní tvorbě a úpravě NC programu, které se věnovali NC programátoři, by mělo být použití parametrického programu snadnější, rychlejší, a především by měla být omezena chybovost vlivem lidského faktoru.

Požadavky firmy byly po konzultaci a upřesnění obsaženy v samotném programu. Patří mezi ně možnost spuštění vybraných operací k opracování vzhledem k jedinečnosti příruby a automatický výpočet řezných podmínek v závislosti na druhu obráběného materiálu součásti a na volbě velikosti řezného nástroje. Dalším požadavkem bylo omezit chybovost programu kontrolou zadaných vstupních dat. Parametrický program byl vytvořen pro řídicí systém Sinumerik s ohledem na vlastnosti stroje.

Pomocí simulace stroje byl ověřován správný chod parametrického programu s různými variantami. Takto mohly být napraveny případné nesrovnalosti v syntaxi nebo chyby v samotném naprogramování bez nutnosti spuštění stroje a obrábění.

Ve firmě se podařilo použít parametrický program na horizontální CNC frézce. Na přírubě se nenacházeli všechny prvky k obrábění, které program umožňuje, a obrobění proběhlo bez větších problémů. Některé menší úpravy parametrického programu budou konzultovány a případně zpracovány do další verze.

NC program po jednom použití na stroji není zcela odladěn a předpokládá se ještě několik testování na různých typech přírub s upravenými verzemi parametrického programu.

Parametrický program byl vyzkoušen pro odladění ve firmě na horizontální CNC frézce s řídicím systémem Sinumerik. Program jsem připravil pro zadanou součást a zúčastnil jsem se i samotného použití NC programu na stroji. Obsluze stroje jsem vysvětloval použití vytvořeného parametrického programu a při opracování součástí jsme konzultovali možná zlepšení.

Protože byl parametrický program použit prozatím jen jednou, a to pouze s některými operacemi, nelze říci, že by byl zcela odladěn. K opravdovému odladění parametrického programu dojde až po jeho použití na několika různých typech přírub. Během dalších testování parametrického programu se počítá s použitím upravených verzí.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ŠTULPA, Miloslav. *CNC: programování obráběcích strojů*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-802-4752-693.
- [2] SVOBODA, Rostislav. *Co jsou CNC stroje? Zjistěte, co dovedou* [online]. 29. srpna 2014 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/co-jsou-to-cnc-stroje-zjistete-co-umi/>
- [3] SINUMERIK. *Sinumerik 840D sl / 828D Základy: Programovací příručka*. 2015.
- [4] POLZER, Aleš. *Akademie CNC obrábění* [online]. 2009 [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: https://www.technickydenik.cz/rubriky/serialy/akademie-cnc/akademie-cnc-obrabeni-4_8539.html
- [5] POLZER, Aleš. *Akademie CNC obrábění (41)* [online]. 16. říjen 2010 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: https://www.technickydenik.cz/rubriky/serialy/akademie-cnc/akademie-cnc-obrabeni-41_8576.html
- [6] KUBÍČEK, Lubomír. *Nebojte se FANUC programování – seznamte se s CNC systémy bez hranic (III)* [online]. 19. červen 2019 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: https://www.technickydenik.cz/rubriky/priklady-z-programovani-ridici-system-fanuc/nebojte-se-fanuc-programovani-seznamte-se-s-cnc-systemy-bez-hranic-iii_47315.html
- [7] SINUMERIK. *Sinumerik 840D sl / 828D Pro pokročilé: Programovací příručka*. 2011.
- [8] MICHÁLEK, Ondřej. *Úvod do funkcionálního programování* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/programovani/haskell/uvod-do-funkcionalniho-programovani>
- [9] C - if...else statement: Flow Diagram. In: *Tutorialspoint* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://www.tutorialspoint.com/cprogramming/if_else_statement_in_c.htm
- [10] EN 10028 – P355GH. *Masteel* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://masteel.co.uk/en-10028-p355gh/>
- [11] ARMAT: *SPECIFIKACE NEREZOVÝCH MATERIÁLŮ* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://armat.cz/pdf/specifikace-nerezovych-oceli-chemicke-slozeni.pdf>
- [12] AALCO: *Stainless Steel - Duplex - 1.4462 (2205) Bar* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://www.aalco.co.uk/datasheets/Stainless-Steel-14462-2205-Bar_347.ashx
- [13] STREICHER, SPOL S R O, Plzeň. *Profil společnosti* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.streicher-machinery.cz/nase-spolecnost/profil-spolecnosti>

PŘÍLOHA č. 1

Hlavní program parametrického programu

% **N_A1_MPF**

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
;(===== DEFINICE =====)
N10 DEF INT WKZ[15]
N20 DEF REAL
VRT_1K,VRT_2K,VRT_3K,VRT_4K,R_VRT_K,R_KRUZ_K,BEŽP_VZD_K,HLOUB_VRT_K,
ROV_ODJET_K,REF_ROV_K,HLOUB_SRAZ_K,HLOUB_VYSTR_K,SRAZ_HRAN_K,PRIJEZD
_K,ROV_ODJETI_P,ROV_POL_P,KROK_Z_P,KONEC_ROV_P,BEŽP_PR_P,VYCHOZI_D_P
,KONECNY_D_P,MAX_TR_P,PRIDAVEK_P,PUVOD_ODJ_P,ROV_ODJETI_FK,KROK_Z_FK
,ROV_FR_FK,BEŽP_PR_FK,VYCHOZI_D_FK,KONECNY_D_FK,MAX_TR_FK,PRIDAVEK_F
K,KROK_Z_SF,K,KONECNY_D_SF,K,KONEC_ROV_FK,REF_ROV_FK,PRIDAVEK_D_FK,AKT
_Z_FK
N30 DEF REAL
UHEL_START,UHEL_ROZTEC,BEŽP_VZD_S,HLOUB_VRT_S,ROV_ODJETI_S,REF_ROV_S
,POCET_S,R_ROZTEC_S,HLOUB_SRAZ_S,ROV_SRAZ_S,R_VRT_S,SRAZ_HRAN_S,SRAZ
_VNE_K,S_01,F_01,KONEC_ROV_OK
;(=====)
;
;<>>>>>>> VYPLN NASTROJE A PARAMETRY <<<<<<<<
;
; ===== NASTROJE =====
; (WKZ[_]=0 => operace neprobegne)
N40 WKZ[1]=25 ; (JEZEK D50 ;hrubovat konturu)
N50 WKZ[2]=10 ; (FREZA D20 SLICHT ;dokoncit konturu)
N60 WKZ[3]=50 ; (QUATTROMILL D100 ;hrubovat plochu)
N70 WKZ[4]=50 ; (OCTOMILL D100 SLICHT ;dokoncit plochu)
N80 WKZ[5]=11 ; (VRTAK KORUNKA ;vrtat pro srouby)
N90 WKZ[6]=8 ; (VRTAK D9.8/D11.8/... TVR ;predvrtat "H" diru)
N100 WKZ[7]=4 ; (VRTAK D5/D8/... TVR ;vrtat odvdzdušení "H" der)
N110 WKZ[8]=301 ; (SRAZEC HEULE ;srazit vrtane diry)
N120 WKZ[9]=8 ; (VYSTRUZNIK D10H_/D12H_/... ;vystruzit)
N130 WKZ[10]=1 ; (SRAZEC KORUNKA D21 (NAMERIT D21) ;srazit konturu)
; =====
N140 R61=2000 ; (ODJETI X NA VYMENU G54)
;
; ===== MATERIAL POLOTOVARU =====
N150 R80=1 ; R80=1 - zezezo (P355GH)
; R80=2 - nerez (1.4404/1.4539/1.4541/1.4571)
; R80=3 - duplex (1.4462)
;
; ===== FREZOVAT KONTURU =====
; (hrubovat (s krokem v "z") + dokoncit)
N160 R10=100 ; - rovina odjeti (pro vsechny operace)
N170 R17=70 ; - krok dolu kladne (1 krok: R17>=|R18|)
```

N180 R18=-65 ; - konecna rovina frezovani
N190 R20=20 ; - bezp. prijezd k vychozimu D=R30
N200 R29=1180 ; - konecny MALY D
N210 R30=1190 ; - vychozi VELKY D
N220 R31=2 ; - max. triska/plochu - ZABER FREZY
N230 R39=1 ; - pridavek na prumeru na dokonceni
;
N240 KONTROLA_FK ;NEMENIT!!!
;
; ===== FREZOVAT PLOCHU =====
; (hrubovat + dokoncit)
N250 R12=5 ; - rovina polotovaru
N260 R17=2 ; - krok dolu kladne
N270 R18=0 ; - konecna rovina frezovani
N280 R20=15 ; - bezp. prijezd k vychozimu D
N290 R29=1000 ; - vychozi - predvrtany D
N300 R30=1185 ; - konecny D
N310 R31=47 ; - max. triska/plochu
N320 R39=0.5 ; - pridavek v ose "z" na dokonceni
; (srazit ostri vnejsi kontury)
N330 R81=0.3 ; - velikost srazeni hrany
;
N340 KONTROLA_P ;NEMENIT!!!
;
; ===== VRTAT DIRY PRO SROUBY =====
N350 R99=22 ; - prumer diry
N360 R2=10 ; - bezpecna vzdalenost
N370 R3=-67 ; - hloubka vrtani
N380 R12=0 ; - referencni rovina
N390 R27=20 ; - pocet der
N400 R30=1120 ; - prumer roztecne kruznice
N410 UHEL_START=9 ; - pocatecni uhel od osy "+X" proti smeru hod. r.
N420 UHEL_ROZTEC=18 ; - uhel mezi dirami
; (srazit hrany pro srouby)
N430 R81=0.3 ; - velikost srazeni hrany
;
N440 KONTROLA_S ;NEMENIT!!!
;
; ===== VRTAT DIRY PRO KOLIKY A ODVZDUSNENI =====
N450 R98=16 ; - prumer tolerovane diry
N460 R97=8 ; - prumer odvdusnovaci diry
;

```
N470 R3=-27 ; - hloubka vrtani "H" diry
N480 R12=0 ; - referencni rovina
N490 R27=3 ; - pocet der
N500 R30=1120 ; - prumer roztecne kruznice
; (pozice 1-4; VRT_2K az VRT_4K=0 => nevrtat)
N510 VRT_1K=18 ; - pocatecni uhel od osy "+X" proti smeru hod. r.
N520 VRT_2K=144 ; - dalsi navazujici uhel proti smeru hod. r.
N530 VRT_3K=162 ; - || -
N540 VRT_4K=0 ; - || -
; (srazit hrany pro vystruzeni)
N550 R81=0.4 ; - velikost srazeni hrany
; (vystruzit)
N560 R41=-22 ; - hloubka vystruzeni
;
N570 KONTROLA_K ;NEMENIT!!!
;
;>>>>>>> KONEC ZMEN <<<<<<<<
;
N580 WORKPIECE(,"",,"PIPE",320,ROV_POL_P,KONEC_ROV_FK,-
80,VYCHOZI_D_FK,VYCHOZI_D_P)
N590 WP=R61
N600 G0 G17 G54 B0 ;V0
N610 WEPU
;
; (HRUBOVAT KONTURU)
N620 IF WKZ[1]>0
N630 T=WKZ[1]
N640 L6 ; (JEZEK D50)
N650 G0 Z200 ;W0
N660 REZPODM_FK
N670 S=S_01 F=F_01 M3
N680 RADIUS(1,0)
N690 UNT1="VNE_KR"
N700 KROK_FK
N710 G0 Z200 ;W0
N720 WEPU
N730 ENDIF
;
; (KONTURA NA CISTO)
N740 IF WKZ[2]>0
N750 T=WKZ[2]
N760 L6 ; (FREZA D20 SLICHT)
```

```
N770 G0 Z200 ;W0
N780 REZPODM_SFK
N790 S=S_01 F=F_01 M3
N800 RADIUS(1,0)
N810 UNT1="VNE_KR"
N820 KROK_SFK
N830 G0 Z200 ;W0
N840 WEPU
N850 ENDIF
;
; (HRUBOVAT PLOCHU)
N860 IF WKZ[3]>0
N870 T=WKZ[3]
N880 L6 ; (QUATTROMILL D100)
N890 G0 Z200 ;W0
N900 REZPODM_P
N910 S=S_01 F=F_01 M3
N920 UNT1="FR_KR"
N930 KROK_P
N940 G0 Z200 ;W0
N950 WEPU
N960 ENDIF
;
; (PLOCHA NA CISTO)
N970 IF WKZ[4]>0
N980 T=WKZ[4]
N990 L6 ; (OCTOMILL D100 SLICHT)
N1000 G0 Z200 ;W0
N1010 REZPODM_SP
N1020 S=S_01 F=F_01 M3
N1030 UNT1="FR_KR"
N1040 KROK_SP
N1050 G0 Z200 ;W0
N1060 WEPU
N1070 ENDIF
;
; (VRTAT DIRY PRO SROUBY)
N1080 IF WKZ[5]>0
N1090 T=WKZ[5]
N1100 L6 ; (VRTAK TVR)
N1110 G0 Z200 ;W0
N1120 REZPODM_S
```

```
N1130 S=S_01 F=F_01 M3
N1140
CYCLE81 (ROV_ODJETI_S, REF_ROV_S, BEZP_VZD_S, HLOUB_VRT_S, , 0.6, 0, 1, 12)
N1150 RASTR_S
N1160 G0 Z200 ;W0
N1170 WEPU
N1180 ENDIF
;
; (PREDVRTAT DIRY PRO KOLIKY)
N1190 IF WKZ[6]>0
N1200 T=WKZ[6]
N1210 L6 ; (VRTAK TVR)
N1220 G0 Z200 ;W0
N1230 REZPODM_K
N1240 S=S_01 F=F_01 M3
N1250
CYCLE81 (ROV_ODJET_K, REF_ROV_K, BEZP_VZD_K, HLOUB_VRT_K, , 0.6, 0, 1, 12)
N1260 DIRY_KOLIK
N1270 R_VRT_K=(R98/2) ;POLOMER VRTAKU PRO SRAZENI
N1280 HLOUB_SRAZ_K=(REF_ROV_K-(R_VRT_K+SRAZ_HRAN_K)) ;HLOUBKA
SRAZENI
N1290 G0 Z200 ;W0
N1300 WEPU
N1310 ENDIF
;
; (VRTAT ODVZDUSNENI PRO "H" DIRY)
N1320 IF WKZ[7]>0
N1330 T=WKZ[7]
N1340 L6 ; (VRTAK TVR)
N1350 G0 Z200 ;W0
N1360 REZPODM_OK
N1370 S=S_01 F=F_01 M3
N1380
CYCLE81 (ROV_ODJET_K, HLOUB_VRT_K, BEZP_VZD_K, KONEC_ROV_OK, , 0.6, 0, 1, 12)
N1390 DIRY_KOLIK
N1400 G0 Z200 ;W0
N1410 WEPU
N1420 ENDIF
;
; (SRAZIT DIRY)
N1430 IF WKZ[8]>0
N1440 T=WKZ[8]
N1450 L6 ; (SRAZEC HEULE)
```



```
N1460 G0 Z200 ;W0
N1470 S1000 F100 M3
N1480 ROV_SRAZ_S=(REF_ROV_S-(R_VRT_S/2)) ;POSUNUTI PRIJEZDU
N1490
CYCLE81 (ROV_ODJETI_S,ROV_SRAZ_S,BEzp_VZD_S,HLOUB_SRAZ_S,,0.6,0,1,12) MCALL
N1500 RASTR_S
N1510 PRIJEZD_K=(REF_ROV_K-(R_VRT_K/2)) ;POSUNUTI PRIJEZDU
N1520
CYCLE81 (ROV_ODJET_K,PRIJEZD_K,BEzp_VZD_K,HLOUB_SRAZ_K,,0.6,0,1,12) MCALL
N1530 DIRY_KOLIK
N1540 G0 Z200 ;W0
N1550 WEPU
N1560 ENDIF
;
; (VYSTRUZIT DIRY)
N1570 IF WKZ[9]>0
N1580 T=WKZ[9]
N1590 L6 ; (VYSTRUZNIK)
N1600 G0 Z200 ;W0
N1610 REZPODM_VK
N1620 S=S_01 F=F_01 D1 M3
N1630
CYCLE81 (ROV_ODJET_K,REF_ROV_K,BEzp_VZD_K,HLOUB_VYSTR_K,,0.6,0,1,12) MCALL
N1640 DIRY_KOLIK
N1650 G0 Z200 ;W0
N1660 WEPU
N1670 ENDIF
;
; (SRAZIT HRANY KONTURY)
N1680 IF WKZ[10]>0
N1690 T=WKZ[10]
N1700 L6 ; (SRAZEC KORUNKA D21 (NAMERIT NA D21))
N1710 G0 Z200 ;W0
N1720 S3000 F1000 M3
N1730 RADIUS(1,0)
N1740 UNT1="VNE_KR"
N1750 OSTRI_VNE
N1760 G0 Z200 ;W0
N1770 WEPU
N1780 ENDIF
;
N1790 T0
N1800 L6
```

N1810 M30

;

PŘÍLOHA č. 2

Podprogramy parametrického programu s výpočty řezných podmínek

% _N_REZPODM_FK_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO HRUBOVANI KONTURY)
N10 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N20 VC_1:
N30 S_01=ROUNDUP(1000*260/3.14/2/$P_TOOLR)
N40 F_01=ROUNDUP(S_01*4*0.19)
N50 GOTOF KONEC
N60 VC_2:
N70 S_01=ROUNDUP(1000*200/3.14/2/$P_TOOLR)
N80 F_01=ROUNDUP(S_01*4*0.21)
N90 GOTOF KONEC
N100 VC_3:
N110 S_01=ROUNDUP(1000*110/3.14/2/$P_TOOLR)
N120 F_01=ROUNDUP(S_01*4*0.21)
N130 GOTOF KONEC
N140 CHYBA:
N150 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N160 M0
N170 MSG()
N180 KONEC:
N190 IF S_01>3000
N200 S_01=3000
N210 ENDIF
N220 M17
```

;

% _N_REZPODM_K_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO VRTANI PRO KOLIKY)
N10 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N20 VC_1:
N30 S_01=ROUNDUP(1000*115/3.14/R98)
N40 F_01=ROUNDUP(S_01*0.2)
N50 GOTOF KONEC
N60 VC_2:
N70 S_01=ROUNDUP(1000*60/3.14/R98)
N80 F_01=ROUNDUP(S_01*0.14)
N90 GOTOF KONEC
N100 VC_3:
N110 S_01=ROUNDUP(1000*35/3.14/R98)
N120 F_01=ROUNDUP(S_01*0.1)
```

```
N130 GOTOF KONEC
N140 CHYBA:
N150 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N160 M0
N170 MSG()
N180 KONEC:
N190 IF S_01>3000
N200 S_01=3000
N210 ENDIF
N220 M17
;
%_N_REZPODM_OK_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO VRTANI PRO ODVZDUSNENI)
N10 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N20 VC_1:
N30 S_01=ROUNDUP(1000*115/3.14/R97)
N40 F_01=ROUNDUP(S_01*0.2)
N50 GOTOF KONEC
N60 VC_2:
N70 S_01=ROUNDUP(1000*60/3.14/R97)
N80 F_01=ROUNDUP(S_01*0.14)
N90 GOTOF KONEC
N100 VC_3:
N110 S_01=ROUNDUP(1000*35/3.14/R97)
N120 F_01=ROUNDUP(S_01*0.1)
N130 GOTOF KONEC
N140 CHYBA:
N150 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N160 M0
N170 MSG()
N180 KONEC:
N190 IF S_01>3000
N200 S_01=3000
N210 ENDIF
N220 M17
;
%_N_REZPODM_P_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO HRUBOVANI PLOCHY)
N10 IF R31>(1.6*$P_TOOLR)
```

```
N20 MSG ("FREZOVANI PLOCHY: ZABER FREZY="<<R31<<"mm PRO NASTROJ
D="<<$P_TOOLR<<"mm")
N30 M0
N40 MSG ()
N50 ENDIF
;
N60 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N70 VC_1:
N80 S_01=ROUNDUP(1000*260/3.14/2/$P_TOOLR)
N90 F_01=ROUNDUP(S_01*7*0.19)
N100 GOTOF KONEC
N110 VC_2:
N120 S_01=ROUNDUP(1000*200/3.14/2/$P_TOOLR)
N130 F_01=ROUNDUP(S_01*7*0.21)
N140 GOTOF KONEC
N150 VC_3:
N160 S_01=ROUNDUP(1000*110/3.14/2/$P_TOOLR)
N170 F_01=ROUNDUP(S_01*7*0.21)
N180 GOTOF KONEC
N190 CHYBA:
N200 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N210 M0
N220 MSG()
N230 KONEC:
N240 IF S_01>3000
N250 S_01=3000
N260 ENDIF
N270 M17
;
%_N_REZPODM_SFK_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO FREZOVANI KONTURY NA CISTO)
N10 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N20 VC_1:
N30 S_01=ROUNDUP(1000*230/3.14/2/$P_TOOLR)
N40 F_01=ROUNDUP(S_01*4*0.13)
N50 GOTOF KONEC
N60 VC_2:
N70 S_01=ROUNDUP(1000*120/3.14/2/$P_TOOLR)
N80 F_01=ROUNDUP(S_01*4*0.055)
N90 GOTOF KONEC
```

```
N100 VC_3:
N110 S_01=ROUNDUP(1000*70/3.14/2/$P_TOOLR)
N120 F_01=ROUNDUP(S_01*4*0.04)
N130 GOTOF KONEC
N140 CHYBA:
N150 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N160 M0
N170 MSG()
N180 KONEC:
N190 IF S_01>3000
N200 S_01=3000
N210 ENDIF
N220 M17
;
%_N_REZPODM_SP_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO DOKONCENI PLOCHY)
N10 IF R31>(1.6*$P_TOOLR)
N20 MSG ("FREZOVANI PLOCHY: ZABER FREZY="<<R31<<"mm PRO NASTROJ
D="<<$P_TOOLR<<"mm")
N30 M0
N40 MSG ()
N50 ENDIF
;
N60 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N70 VC_1:
N80 S_01=ROUNDUP(1000*270/3.14/2/$P_TOOLR)
N90 F_01=ROUNDUP(S_01*7*0.2)
N100 GOTOF KONEC
N110 VC_2:
N120 S_01=ROUNDUP(1000*210/3.14/2/$P_TOOLR)
N130 F_01=ROUNDUP(S_01*7*0.22)
N140 GOTOF KONEC
N150 VC_3:
N160 S_01=ROUNDUP(1000*120/3.14/2/$P_TOOLR)
N170 F_01=ROUNDUP(S_01*7*0.22)
N180 GOTOF KONEC
N190 CHYBA:
N200 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N210 M0
N220 MSG()
N230 KONEC:
```

```
N240 IF S_01>3000
N250 S_01=3000
N260 ENDIF
N270 M17
;
%_N_REZPODM_S_SPF
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO VRTANI PRO SROUBY)
N10 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N20 VC_1:
N30 S_01=ROUNDUP(1000*210/3.14/R99)
N40 F_01=ROUNDUP(S_01*0.15)
N50 GOTOF KONEC
N60 VC_2:
N70 S_01=ROUNDUP(1000*190/3.14/R99)
N80 F_01=ROUNDUP(S_01*0.1)
N90 GOTOF KONEC
N100 VC_3:
N110 S_01=ROUNDUP(1000*100/3.14/R99)
N120 F_01=ROUNDUP(S_01*0.08)
N130 GOTOF KONEC
N140 CHYBA:
N150 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N160 M0
N170 MSG()
N180 KONEC:
N190 IF S_01>3000
N200 S_01=3000
N210 ENDIF
N220 M17
;
%_N_REZPODM_VK_SPF
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (REZNE PODMINKY PRO VYSTRUZENI)
N10 CASE(R80) OF 1 GOTOF VC_1 2 GOTOF VC_2 3 GOTOF VC_3 DEFAULT
GOTOF CHYBA
N20 VC_1:
N30 S_01=ROUNDUP(1000*7/3.14/R98)
N40 F_01=ROUNDUP(S_01*0.03)
N50 GOTOF KONEC
N60 VC_2:
N70 S_01=ROUNDUP(1000*6/3.14/R98)
```



```
N80 F_01=ROUNDUP(S_01*0.03)
N90 GOTOF KONEC
N100 VC_3:
N110 S_01=ROUNDUP(1000*3/3.14/R98)
N120 F_01=ROUNDUP(S_01*0.03)
N130 GOTOF KONEC
N140 CHYBA:
N150 MSG("CHYBNE ZADANI MATERIALU POLOTOVARU")
N160 M0
N170 MSG()
N180 KONEC:
N190 IF S_01>3000
N200 S_01=3000
N210 ENDIF
N220 M17
;
```

PŘÍLOHA č. 3

Kontrolní a výpočtové podprogramy parametrického programu

%_N_KONTROLA_FK_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KONTROLA, VYPOCTY A DEFINICE PRO FREZOVANI KONTURY)
N10 ROV_ODJETI_FK=R10
N20 REF_ROV_FK=KONEC_ROV_P
N30 KROK_Z_FK=R17
N40 KONEC_ROV_FK=R18
N50 BEZP_PR_FK=R20
N60 KONECNY_D_FK=R29
N70 VYCHOZI_D_FK=R30
N80 MAX_TR_FK=R31
N90 PRIDAVEK_FK=R39
N100 KROK_Z_SFK=R40
;
N110 KONECNY_D_SFK=KONECNY_D_FK
N120 PRIDAVEK_D_FK=KONECNY_D_FK+PRIDAVEK_FK
;
N130 IF R17<=1
N140 MSG("FREZOVANI KONTURY: KROK V OSE Z PRILIS MALY")
N150 M0
N160 MSG()
N170 ENDIF
;
N180 IF REF_ROV_FK<=R18
N190 MSG("FREZOVANI KONTURY: CHYBNA HODNOTA ROVINY R12 NEBO R18")
N200 M0
N210 MSG()
N220 ENDIF
;
N230 IF R30<=R29
N240 MSG("FREZOVANI KONTURY: CHYBNA HODNOTA R29 NEBO R30")
N250 M0
N260 MSG()
N270 ENDIF
N280 M17
```

%_N_KONTROLA_K_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KONTROLA, VYPOCTY A DEFINICE PRO H-DIRY)
N10 BEZP_VZD_K=R2
N20 HLOUB_VRT_K=R3
N30 ROV_ODJET_K=R10
```

```
N40 REF_ROV_K=R12
N50 HLOUB_VYSTR_K=R41
N60 SRAZ_HRAN_K=R81
N70 R_KRUZ_K=(R30/2) ;R ROZTECNE KRUZNICE
N80 R_VRT_K=(R98/2) ;POLOMER VRTAKU PRO SRAZENI
N90 HLOUB_SRAZ_K=(REF_ROV_K-(R_VRT_K+SRAZ_HRAN_K)) ;HLOUBKA SRAZENI
N100 KONEC_ROV_OK=KONEC_ROV_FK-2 ;HLOUBKA VRTANI ODVZDUSNENI
;
N110 IF R3>=R41-3
N120 MSG ("CHYBNA HLOUBKA VRTANI NEBO VYSTRUZOVANI")
N130 M0
N140 MSG ()
N150 ENDIF
;
N160 IF ((WKZ[9]>1)AND(WKZ[8]==0))
N170 MSG ("VYSTRUZIT BEZ SRAZENI DER???")
N180 M0
N190 MSG ()
N200 ENDIF
;
N210 IF ((R27<2)AND(VRT_2K>0))OR((R27>1)AND(VRT_2K==0))
N220 MSG ("VRTAT PRO KOLIKY: CHYBNY POCET DER NEBO UHEL MEZI DIRAMI")
N230 M0
N240 MSG ()
N250 ENDIF
N260 IF ((R27<3)AND(VRT_3K>0))OR((R27>2)AND(VRT_3K==0))
N270 MSG ("VRTAT PRO KOLIKY: CHYBNY POCET DER NEBO UHEL MEZI DIRAMI")
N280 M0
N290 MSG ()
N300 ENDIF
N310 IF ((R27<4)AND(VRT_4K>0))OR((R27>3)AND(VRT_4K==0))
N320 MSG ("VRTAT PRO KOLIKY: CHYBNY POCET DER NEBO UHEL MEZI DIRAMI")
N330 M0
N340 MSG ()
N350 ENDIF
N360 M17
;
%_N_KONTROLA_P_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KONTROLA, VYPOCTY A DEFINICE PRO FREZOVANI PLOCHY)
```

```
;
N10 IF R18>=R12
N20 MSG ("FREZOVANI PLOCHY: CHYBNE ZADANE ROVINY)
N30 M0
N40 MSG (
N50 ENDIF
;
N60 IF R17>=3
N70 MSG ("FREZOVANI PLOCHY: KROK DOLU="<<R17)
N80 M0
N90 MSG (
N100 ENDIF
;
N110 IF ((R39==0)AND(WKZ[4]>0))OR(R39<0))
N120 MSG ("FREZOVANI PLOCHY: CHYBNE ZADANI PRIDAVKU NA DOKONCENI")
N130 M0
N140 MSG (
N150 ENDIF
;
N160 PUVOD_ODJ_P=R10
N170 ROV_ODJETI_P=R10
N180 ROV_POL_P=R12
N190 KROK_Z_P=R17
N200 KONEC_ROV_P=R18
N210 BEZP_PR_P=R20
N220 VYCHOZI_D_P=R29
N230 KONECNY_D_P=R30
N240 MAX_TR_P=R31
N250 PRIDAVEK_P=R39
N260 SRAZ_VNE_K=R81
N270 M17
;
%_N_KONTROLA_S_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KONTROLA, VYPOCTY A DEFINICE PRO DIRY PRO SROUBY)
N10 BEZP_VZD_S=R2
N20 HLOUB_VRT_S=R3
N30 ROV_ODJETI_S=R10
N40 REF_ROV_S=R12
N50 POCET_S=R27
N60 SRAZ_HRAN_S=R81
;
```

```
N70 R_ROZTEC_S=(R30/2) ;R ROZTEC. KRUZNICE
N80 R95=(360/UHEL_ROZTEC) ;POCET DER DLE UHLU MEZI
N90 R_VRT_S=(R99/2) ;POLOMER NASTROJE PRO SRAZENI
N100 HLOUB_SRAZ_S=(REF_ROV_S-(R_VRT_S+SRAZ_HRAN_S)) ;HLOUBKA SRAZENI
;
N110 IF R95<>R27
N120 MSG ("VRTAT DIRY PRO SROUBY: CHYBNY POCET DER NEBO UHEL MEZI
DIRAMI")
N130 M0
N140 MSG ()
N150 ENDIF
N160 M17
```

PŘÍLOHA č. 4

Podprogramy parametrického programu spouštějící cykly

%_N_DIRY_KOLIK_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KOLIKY - POLOHA)
N10 G111 X0 Y0
N20 RP=R_KRUZ_K AP=VRT_1K
N30 IF VRT_2K>0
N40 AP=IC(VRT_2K)
N50 ENDIF
N60 IF VRT_3K>0
N70 AP=IC(VRT_3K)
N80 ENDIF
N90 IF VRT_4K>0
N100 AP=IC(VRT_4K)
N110 ENDIF
N120 MCALL
N130 M17
;
```

%_N_FR_KR_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (FREZOVANI PRUMERU z PREDVRTANEHO)
N10 PROC FR_KR SAVE DISPLOF
N20 DEF AXIS XX,YY,ZZ
N30 DEF REAL K_R,V_R,F_R,RP_K,E_F,Y_N,Y_D
N40 ROV_ODJETI_P=PUVOD_ODJ_P
N50 XX=$P_AXN1 YY=$P_AXN2 ZZ=$P_AXN3
N60 F_R=$TC_DP6[$P_TOOLNO,$P_TOOL]
N70 V_R=VYCHOZI_D_P/2
N80 K_R=KONECNY_D_P/2
N90 Y_D=ABS(BEZP_PR_P)
N100 IF Y_D>(V_R-F_R)
N110 Y_D=0
N120 ENDIF
N130 IF Y_D==0
N140 Y_N=0
N150 ELSE
N160 Y_N=V_R-F_R-Y_D
N170 ENDIF
N1800 MSG("Kruh D "<<(KONECNY_D_P-$TC_DP15[$P_TOOLNO,$P_TOOL]*2)<<"
z D "<<VYCHOZI_D_P<<" X="<<(TRUNC($P_PFRAME[X,TR]*1000)/1000)<<"
Y="<<(TRUNC($P_PFRAME[Y,TR]*1000)/1000)<<"
Z="<<(TRUNC($P_PFRAME[Z,TR]*1000)/1000)<<" Freza
D"<<(F_R*2))
N190 SOFT G0 AX[XX]=0 AX[YY]=Y_N+0.05
```



```
N200 CFTCP
N210 G64 G41 AX[XX]=0 AX[YY]=Y_N-F_R
N220 AX[ZZ]=R19
;
N230 REPEAT
N240 RP_K=V_R+MAX_TR_P
N250 IF RP_K>K_R
N260 RP_K=K_R
N270 ENDIF
N280 E_F=(RP_K+F_R-Y_N)/2
N290 G3 AX[XX]=0 AX[YY]=RP_K CR=E_F
N300 MSG("Kruh D"<<KONECNY_D_P-$TC_DP15[$P_TOOLNO,$P_TOOL]*2<<"
aktualni triska na D"<<(RP_K-$TC_DP15[$P_TOOLNO,$P_TOOL])*2)
N310 G3 AX[XX]=0 AX[YY]=-RP_K CR=RP_K
N320 G3 AX[XX]=0 AX[YY]=RP_K CR=RP_K
N330 G3 AX[XX]=0 AX[YY]=Y_N-F_R CR=E_F
N340 V_R=RP_K
N350 UNTIL RP_K==K_R
N360 G0 G60 AX[ZZ]=ROV_ODJETI_P
N370 SOFT G40 AX[XX]=0 AX[YY]=Y_N+0.05
N380 MSG()
N390 M17
;
%_N_KROK_FK_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KROK - HRUB. FREZOVAT KONTURU)
N10 DEF REAL K_P_FK,Z_O_FK
N20 AKT_Z_FK=REF_ROV_FK Z_O_FK=ROV_ODJETI_FK K_P_FK=KROK_Z_FK
KONECNY_D_FK=PRIDAVEK_D_FK
N30 REPEAT
N40 ROV_ODJETI_FK=AKT_Z_FK AKT_Z_FK=AKT_Z_FK-K_P_FK
N50 IF AKT_Z_FK<=KONEC_ROV_FK
N60 AKT_Z_FK=KONEC_ROV_FK ROV_ODJETI_FK=Z_O_FK
N70 ENDIF
N80 CALL UNT1
N90 UNTIL AKT_Z_FK==KONEC_ROV_FK
N100 ENDIF
N110 M17
;
%_N_KROK_P_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KROKOVANI - PLOCHA)
N10 DEF REAL K_P,Z_O
```

```
N20 IF PRIDAVEK_P==0 ; KROK BEZ PRIDAVKU
N30 R19=ROV_POL_P Z_O=ROV_ODJETI_P K_P=KROK_Z_P
N40 REPEAT
N50 ROV_ODJETI_P=R19 R19=R19-K_P
N60 IF R19<=KONEC_ROV_P
N70 R19=KONEC_ROV_P ROV_ODJETI_P=Z_O
N80 ENDIF
N90 CALL UNT1
N100 UNTIL R19==KONEC_ROV_P
; NASLEDUJE KROK S PRIDAVKEM
N110 ELSE
N120 R19=ROV_POL_P Z_O=ROV_ODJETI_P K_P=KROK_Z_P
N130 REPEAT
N140 ROV_ODJETI_P=R19 R19=R19-K_P
N150 IF R19<=KONEC_ROV_P+PRIDAVEK_P
N160 R19=KONEC_ROV_P+PRIDAVEK_P ROV_ODJETI_P=Z_O
N170 ENDIF
N180 CALL UNT1
N190 UNTIL R19==KONEC_ROV_P+PRIDAVEK_P
N200 ELSE
N210 R19=KONEC_ROV_P+PRIDAVEK_P
N220 CALL UNT1
N230 ENDIF
N240 M17
;
%_N_KROK_SFK_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KROK - NACISTO FREZOVAT KONTURU)
N10 AKT_Z_FK=KONEC_ROV_FK KONECNY_D_FK=KONECNY_D_SFK
VYCHOZI_D_FK=PRIDAVEK_D_FK
N20 CALL UNT1
N30 M17
;
%_N_KROK_SP_SPF
; $PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (KROKOVANI SLICHT - PLOCHA)
N10 IF PRIDAVEK_P<>0
N20 R19=KONEC_ROV_P
N30 CALL UNT1
N40 ENDIF
N50 M17
;
```

%_N_OSTRI_VNE_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (SRAZIT OSTRI VNEJSI KONTURY)
N10 VYCHOZI_D_FK=KONECNY_D_FK
N20 MAX_TR_FK=2
N30 AKT_Z_FK=(KONEC_ROV_P+1.5-SRAZ_VNE_K)
N40 KONECNY_D_FK=(KONECNY_D_FK-3)
N50 CALL UNT1
N60 M17
```

;

%_N_RASTR_S_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (RASTR - SROUBY)
N10 G111 X0 Y0
N20 RP=R_ROZTEC_S AP=UHEL_START
N30 POSITION1: AP=IC(UHEL_ROZTEC)
N40 REPEATB POSITION1 P=(POCET_S-2)
N50 MCALL
N60 M17
```

;

%_N_VNE_KR_SPF

```
;$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_PROG_7_WPD
; (FREZOVANI VNEJSIHO PRUMERU
; Z VETSIHO POLOTOVARU)
N10 PROC VNE_KR SAVE DISPLOF
DEF AXIS XX,YY,ZZ
DEF REAL K_R,V_R,F_R,RP_K,E_F,Y_N,Y_D
N20 XX=$P_AXN1 YY=$P_AXN2 ZZ=$P_AXN3
N30 F_R=$P_TOOLR
N40 V_R=VYCHOZI_D_FK/2
N50 K_R=KONECNY_D_FK/2
N60 Y_D=ABS(BEZP_PR_FK)
N70 RP_K=V_R-MAX_TR_FK
IF RP_K<K_R
N80 RP_K=K_R
ENDIF
N90 Y_N=(V_R-RP_K)+Y_D
N100 G0 G40 AX[XX]=V_R+Y_D+F_R AX[YY]=Y_N
N110 AX[ZZ]=AKT_Z_FK
N120 CFIN
N130 G1 AX[ZZ]=AKT_Z_FK OVR=30
N140 RP_K=V_R
```

```
REPEAT
N150 RP_K=RP_K-MAX_TR_FK
IF RP_K<K_R
N160 RP_K=K_R
ENDIF
N170 Y_N=(V_R-RP_K)+Y_D E_F=Y_N+F_R
N180 G0 G41 AX[XX]=RP_K+E_F AX[YY]=E_F
N190 G3 G64 AX[XX]=RP_K AX[YY]=0 CR=E_F OVR=100
N200 MSG("Kruh D"<<KONECNY_D_FK+$TC_DP15[$P_TOOLNO,$P_TOOL]*2<<"
aktualni triska na D"<<(RP_K+$TC_DP15[$P_TOOLNO,$P_TOOL])*2)
N210 G2 AX[XX]=-RP_K AX[YY]=0 CR=RP_K
N220 G2 AX[XX]=RP_K AX[YY]=0 CR=RP_K
N230 G3 AX[XX]=RP_K+E_F AX[YY]=-E_F CR=E_F
N240 G0 G40 AX[YY]=-Y_N
UNTIL RP_K==K_R
N250 G0 G60 AX[ZZ]=ROV_ODJETI_FK
N260 MSG()
N270 M17
;
```