

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

Bakalářská práce

Parametrizovaná víceosá distribuce obráběcích programů lůžek VBD pro výrobu
řezného nástroje

Autor: Pavel Pekárek

Vedoucí práce: Ing. Jiří Vyšata, Ph. D.

Akademický rok: 2016/2017

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel PEKÁREK**
Osobní číslo: **S15B0283P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Název tématu: **Parametrizovaná víceosá distribuce obráběcích programů
lůžek VBD pro výrobu řezného nástroje**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Specifikace problému
3. Ověření možností distribuce jednoduchého frézovacího programu
4. Zhodnocení možností řízené distribuce bez nutnosti zásahů do postprocesoru
5. Návrh a pokus o realizaci co nejdostupnějších možností distribuce
6. Závěr

Katedra technologie obrábění

Pavel Pekárek

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- VRABEC, M., MÁDL, J.: NC programování v obrábění. Praha : ČVUT,2004.
- JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KOŽMÍN, P.: Programování NC strojů. Plzeň : ZČU, 2000.
- STANĚK, J., NĚMEJC, J.: Metodika zpracování a úprava diplomových prací. Plzeň : ZČU, 2005.
- Haidenhain iTNC 530 - uživatelská příručka.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Vladimír Kapinus**
Hofmeister s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 19. října 2016

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:

Autorská práva

Podle zákona o právu autorském. Č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Poděkování:

Velmi děkuji svému vedoucímu práce Ing. Jiřímu Vyšatovi, Ph.D., za jeho cenné rady, inspirace, připomínky, trpělivost a metodické vedení bakalářské práce.

Pavel Pekárek

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Pekárek	Jméno Pavel	
STUDIJNÍ OBOR	Strojírenská technologie obrábění		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Vyšata Ph.D.	Jméno Jiří	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Parametrizovaná víceosá distribuce obráběcích programů lůžek VBD pro výrobu řezného nástroje		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	59	TEXTOVÁ ČÁST	59	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Cílem práce je vytvořit program v systému Heidenhain 530 pro distribuci lůžek. Práce se věnuje problematice transformace ve více osách.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Heidenhain, Tabulka preset, CNC

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Pekarek	Name Pavel
FIELD OF STUDY	Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Vyšata Ph.D.	Name Jiří
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Paramaterized multi-axis distribution of machining programs of housing for indexable inserts at work piece	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	59	TEXT PART	59	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The goal of this thesis is to create the program in Heidenhain system for The housings of indexable inserts. This thesis is focused on the issue of multiaxis transformation.
KEY WORDS	Heidenhain, Preset table, CNC

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. SPECIFIKACE PROBLÉMU.....	11
3. ANALÝZA PROgramů FIRMY HOFMEISTER S.R.O. Chyba! Záložka není definována.	
3.1 Pohyb nástroje.....	16
3.2 Q-parametry	17
3.3 Použité technologie.....	17
3.4 Přídavné funkce M.....	17
3.5 Speciální funkce.....	20
4. TESTOVÁNÍ TRANSFORMAČNÍCH FUNKCÍ.....	22
4.1 Náhradní program	23
4.2 Parametrizace.....	24
4.3 Transformační program	24
4.4 Kompenzace nežádoucího posuvu při transformaci	27
4.4.1 Posunutí v ose X při natočení kole osy Y.....	27
4.4.2 Funkce M128.....	28
4.4.3 Reset roviny obrábění.....	29
4.5 Shnutí výsledků testů transformace	31
5. Testování na obráběcím centru	32

5.1	Technické prostředky ke zkoušce	32
5.2	Náhradní program číslo 2	Chyba! Záložka není definována.
5.3	Programy s korekcí a bez korekce	36
5.4	Volání nulových bodů z preset tabulky	39
5.4.1	První varianta programu	40
5.4.2	Druhá varianta programu	42
6.	ZÁVĚR	43

1. Úvod

V současné době je ve strojírenství vyvíjen stále vyšší tlak na firmy. Ať už se jedná o množství produktů a jejich kvalitu, tak v neposlední řadě i jejich cenu. Využití CNC strojů společně s výkonným softwarem pomáhá reagovat na tyto stoupající požadavky. V praxi často dochází k situacím, kdy se hledá další zefektivnění práce s již existujícími programy. Toho lze, mimo jiné, dosáhnout pomocí jednoho či více programů. V programování CNC strojů se jedná o velmi účinný nástroj, který je možné využít při stále se opakujících činnostech jako je například frézování lůžek pro VBD. Kdy nedochází ke změně lůžka jako takového, ale pouze jeho umístění. V takovýchto případech se přímo nabízí využití relativně jednoduchého programu, který dokáže pomocí geometrické transformace umisťovat lůžka dál po spirále frézy a současně eliminuje nutnost individuálního programování každého z lůžek. Aby byl proprogram výše uvedeného schopen je nutná jeho parametrizace a musí pracovat jako cyklus.

V této práci jsou ukázány skutečnosti, které se projevily během vlastního zpracování. Návrhy některých programů se vzhledem k těmto skutečnostem mohou zdát pošetilé, nicméně během zpracování to nebylo zřejmé.

2. Specifikace problému

Firma Hofmeister s.r.o. zabývající se výrobou standardních a speciálních nástrojů pro kovoobrábění, výrobou přípravků, CNC obráběním, poradenstvím atd. si přeje ověřit v jakém rozsahu je možná distribuce obráběcích programů po obrobku a v návaznosti na to napsat program, který této distribuce bude schopen.

Cílem této práce je tedy vytvořit cyklicky pracující parametrizovaný program pro distribuci lůžek. Typickým uvažovaným obrobkem je tedy fréza, ale může to být i jiný nástroj, na kterém jsou cyklicky rozmístěny vyměnitelné břitové destičky. V konečném důsledku by se nemuselo jednat ani o cyklické rozmístění a při ještě větším zobecnění problematiky lze uvažovat o rozmisťování libovolného opakujícího se programu na různá místa obrobku při současné změně orientace.

Vzhledem k hojně užívaným termínům program a podprogram je nutné tyto termíny hned na počátku práce vysvětlit, protože při dalším čtení by se tato označení mohla jevit jako matoucí. Sada obráběcích programů lůžek je ve chvíli, kdy je volaná programem, v postavení podprogramu a program jenž tyto programy volá se dostává do pozici hlavního řídicího programu. Pro lepší orientaci zůstává názvosloví zachováno a obráběcí programy jsou dále v práci stále nazývány programy, až na situace kdy se hovoří o jejich spolupráci. V těchto situacích jsou obráběcí programy korektně nazývány podprogramy.

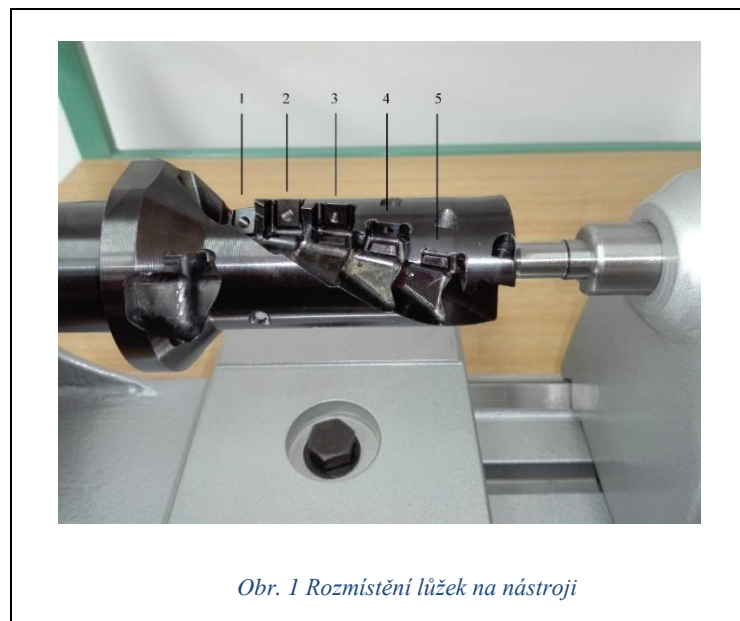
Z programu níže je vidět, že v současné podobě dokáže program zaslaný firmou Hofmeister s.r.o. pouze volat jednotlivé podprogramy pro frézování bez možnosti jejich transformace.

```
0 BEGIN PGM Vzor MM ; název programu, programováno v milimetrech
/1 STOP ; zastavení stroje, čeká na pokyn obsluhy
2 CALL PGM Vzor_01.H MM ; volání prvního programu
/3 STOP
4 CALL PGM Vzor_02.H MM ; volání druhého programu
/5 STOP
6 CALL PGM Vzor_03.H MM ; volání třetího programu
/7 STOP
8 M25 ; vypnutí dopravníku třísek
```

```
9 TOOL CALL 28 ;  
10 END PGM Vzor MM ; konec programu
```

PGM 1 Aktuální podoba distribučního programu

Lůžka bývají různě rozmístěna po obrobku. Jak je vidět z obrázku Obr. 1 Rozmístění lůžek na nástroji, lůžko se po spirále zubu opakuje na pozicích jedna až pět. Počet zubů u frézy na obrázku je tři, což znamená že situace vykreslená níže se dvakrát opakuje a celkový počet lůžek je tedy deset. Fréza byla při focení upnuta do hrotového přístroje, jak je vidět na fotografii. Jedná se o speciální tvarovou frézu s dírou s kuželovým zahloubením.



Pro každou jednu z destiček existuje celá sada unikátních programů, vycházejících z individuální pozice jednotlivých lůžek. Přičemž celá jedna sada je vztažena k dohodnutému lokálnímu nulovému bodu na vyměnitelné břitové destičce. Ten bývá zpravidla v ose díry pro šroub, jak je vidět na obrázku Obr. 2 Lůžko pro vyměnitelnou břitovou destičku. To znamená, že programy nejsou vztaženy k nástroji, ale k samotnému lůžku. Proto by mělo být možné lůžka vůči obrobku libovolně rozmisťovat. .



Při frézování lůžka vyměnitelné břitové destičky bývá využita celá řada nejrůznějších programů. Jako první bývá frézovaná kapsa pro celé lůžko, následované odlehčením díry v rohu. Další operací je hrubování lůžka a frézování lůžka na čisto. Zkosení boků lůžka bývá 7° . Poslední operací při tvorbě lůžka je vyvrtání díry pro šroub a vyříznutí závitu. V této chvíli je možné hovořit o hotovém lůžku. Vzhledem k různým parametrům vyměnitelných břitových destiček, jako je tvar, velikost a úhel boků se mohou výše popsané operace pro různá lůžka lišit. Vyměnitelné břitové destičky jsou standardních tvarů s příslušnými vrcholovými úhly. Mimo základního sortimentu ještě existuje speciální standardizovaný sortiment pro frézy např. destičky APKT ve tvaru „A“ apod.

V případě této práce je vhodné odhlédnout od všech konkrétních variant lůžek a napsat program v obecném formátu. To proto aby bylo možné obecně rozmisťovat již existující sady programů. Z tohoto důvodu je možné zaměnit programy od firmy Hofmeister s.r.o. za jiné a jednodušší programy pro obrábění, které budou kratší, jednodušší pro kontrolu a vizuálně zřetelnější. Přičemž další výhodou těchto programů je jejich snazší vytvoření. Náhradní programy tedy slouží pouze k testování jejich

distribuce ve více osách a musí se v principu podobat programům generovaným postprocesorem. S tím rozdílem, že postprocesor vygeneruje obrovské množství souřadnic po kterých se nástroj pohybuje. To je velké množství velmi krátkých úseků, jejichž kontrola by zabrala nepřehledné množství času. Zatímco v ručně psaném programu bude počet kontrolovaných úseků poměrně malý. Je tedy zřejmé, že takový program bude pro vizuální kontrolu přijatelnější. Pro potřeby testování je nutné, aby náhradní programy byly vizuálně zřetelné, jinými slovy, aby bylo na první pohled vidět, zda transformace proběhla úspěšně či nikoliv.

Rozeznání úspěšné transformace lůžek je vzhledem k úhlům vyměnitelných břitových destiček a jejich celkové složitosti, poměrně náročné. Situaci ovšem komplikuje skutečnost, že firma Hofmeister s.r.o. používá k programování lůžek postprocesor externě dodávaný firmou Technodat Engineering s.r.o. a to Heiddia_32_4_5, který vygeneruje program ve kterém se vyskytuje polohování lůžka pomocí funkce PLANE SPATIAL. Bližší analýze a prověření této skutečnosti se podrobněji věnuje kapitola Speciální funkce.

S ohledem na povahu transformace a účel programu byly jako vstupní parametry zvoleny posunutí ve třech osách (x,y,z) a natočení (A,B,C). Využití programu v této podobě si klade jako primární cíl časovou úsporu, která má v tomto případě řadu podob. Výrazné snížení doby programování a ladění, kdy postačí mít odladěné pouze první lůžko. Časové úspory u obrábění se dosáhne redukcí počtu výměn nástrojů, kdy program nevolá další program po skončení frézování prvního z lůžek, ale až poté co program proběhl na všech úrovních transformace. Jak již bylo zmíněno výše, dalším plusem programu v navržené podobě je jeho snadná aplikovatelnost na různé frézy jednoduchou změnou vstupních parametrů. Díky této vlastnosti může programátor vytvořit knihovnu lůžek, která v kombinaci s univerzálním programem pro transformaci jejich polohy generuje s přibývajícím dobou užívání stále vyšší celkovou časovou úsporu.

3. Analýza programů firmy Hofmeister s.r.o.

Pro budoucí výzkum o možnostech transformace je nejprve nutné analyzovat klíčové prvky, které obsahují programy zaslané z firmy Hofmeister s.r.o. Výtahy z těchto programů jsou k nahlédnutí v přílohách. Analýza se věnuje způsobům pohybu (v kolika osách pohyb probíhá), korekcím, M příkazům, cyklům a užitým funkcím. Při psaní programu, je třeba zohlednit očekávaná rizika, úskalí a problémy, které mohou nastat použitím některých výše zmíněných prvků. Tím samozřejmě není myšleno, že by to bylo chybou, ale některé z nich se při práci s těmito programy mohou stát překážkou limitující další postup nebo v horším případě prakticky znemožní jakoukoli další činnost ve vztahu program a program. Proto je důležité důsledně analyzovat zaslané programy a teprve na základě zevrubné analýzy se pokusit navrhnout a otestovat transformační program.

Problémy jako takové se mohou vyskytnout prakticky v každé etapě hledání správné verze programu, nicméně jako stěžejní se očekává kolize obráběcích programů generovaných postprocesorem a programy. Tím je myšleno kolize ve smyslu užití stejné funkce (například `plane spatial`, `cykl def 7`, apod.). V takovém případě by sice program dokázal volat obráběcí programy, dokázal by i natačet souřadný systém, nicméně ve chvíli, kdy by se rozběhl obráběcí program, bral by jako řídicí ty hodnoty, které udává v něm obsažený `CYKL DEF 7`, případně `PLANE SPATIAL`. Jinými slovy, pokud se v programu natočí souřadný systém a v obráběcím programu bude natočení nulováno, k žádanému natočení vůbec nedojde. V tuto chvíli se nabízí úvaha, že pokud by transformační funkce generované postprocesorem měly přírůstkový nikoli absolutní charakter, tak by předpokládaná komplikace vůbec nemusela nastat. Obráběcí program by vzal například natočení zadané program a jen by k němu přidal natočení vygenerované postprocesorem. Bohužel transformace v zaslaných obráběcích programech nejsou prováděny přírůstkově a tudíž dojde k zneplatnění shodně užitých transformací. Jednou z alternativních možností jak vyřešit problémy se shodně užitými funkcemi je použití

jakéhosi postpostprocesoru, který by obráběcí programy vygenerované postprocesorem upravil do podoby se kterou by bylo možné snadněji operovat.

Také je třeba brát v úvahu žádost, aby nebylo zasahováno do programů generovaných postproceserem. A to z důvodu externího postprocessingu pro firmu Hofmeister s.r.o., který by případné úpravy obráběcích programů značně komplikoval. Proto je cílem najít takové řešení, které do originálních programů zasahovat nebude. Nicméně pokud by se ukázalo, že takový postup není možný a že tedy neexistuje způsob jakým lze distribuovat obráběcí programy bez zásahu do vlastních programů, souhlasí firma Hofmeister s.r.o. s navržením řešení, které už do těchto programů zasahovat může. Za vyhovující je považován takový program, který dokáže spolehlivě posouvat programy ve třech osách a rotaci kolem jedné z os. Jedná se tedy o částečnou transformaci.

3.1 Pohyb nástroje

Pohyb nástroje, respektive charakter pohybu je jedním ze základních prvků programovacího jazyka. Počet os je jednou z důležitých zkoumaných vlastností. Transformace 3- případně 2,5-osých pohybů bývá zpravidla jednoduchá a bezproblémová. U komplexních víceosých plynulých pohybů dochází při transformaci k problémům vzniklých natočením. Při transformaci souřadnicového systému, korigování nástroje a dalších operacích je tedy nutné vždy počítat s různým chováním iTNC pro tří a víceosé programy.

Pohyb v programech Vzor_01, Vzor_02 probíhá po koordinátech standardními dráhovými funkcemi L a C, kterým v ISO kódu odpovídají příkazy G01, G02 a G03. Jedná se o pohyb pouze ve třech osách. V programu Vzor_03 se vyskytuje pohyb v pěti osách a to například:

```
18 L x59.17 y22.423 z-10.445 A-90. C-60
```


Pohyb v pěti osách je v tomto programu hojně využíván a tento fakt a je nutné brát v úvahu při psaní programu, protože takovýto pohyb je netriviální a z pohledu transformace mnohem komplikovanější.

3.2 Q-parametry

Heidenhain neobsahuje symbolické parametry, které by bylo možné libovolně pojmenovávat např. „Posunutí v ose X“. Naproti tomu nabízí Q-parametry skládající se vždy z písmene Q a čísla od 1 do 1999 a jsou rozděleny do skupin podle funkce. Q-parametry zastupují v obráběcím programu číselné hodnoty (hodnoty souřadnic, posuvy, otáčky, data cyklů). Díky tomu je s nimi možno i stejně nakládat a provádět nejrůznější matematické operace. Fungují jako nezávislé proměnné, kterým se na začátku nebo v průběhu programu přiřadí číselná hodnota např. $Q15 = 3$, $Q16 = 4$ apod., ale i jako závislé proměnné které dokáží pracovat s již nadefinovanými Q-parametry např. $Q17 = Q15 + Q16$. Takto parametrizované programy se už z principu stávají univerzálnějšími a to proto že při správně napsaném algoritmu postačí změna hodnot Q-parametrů na vstupu (například rozměry obrobku) a není nutné předělávat celý program. Q-parametry jsou v této podkapitole přiblíženy, protože v dalších kapitolách jsou hojně využívány při psaní programů a programů.

3.3 Použité technologie

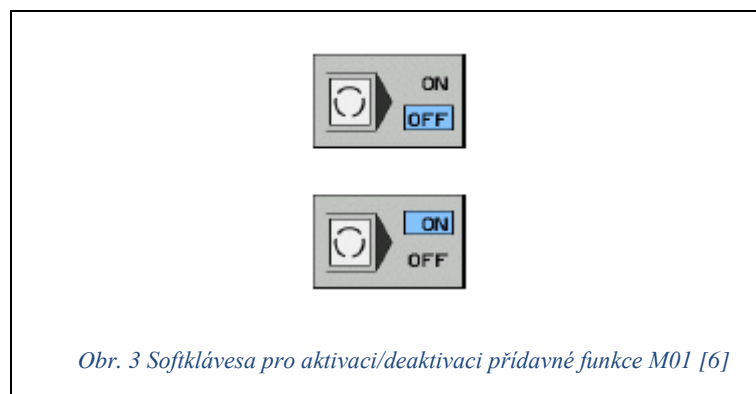
Posuv je v programech Vzor_01 a Vzor_03 řešen parametricky, kdy se dvěma parametrům Q1 (posuv nájezdový) a Q2 (posuv pracovní) přiřadí hodnota 750 a poté jsou podle potřeby volány jen jako FQ1 nebo FQ2. Program Vzor_02 obsahuje jen vrtací cykly a nájezdy na souřadnice, a proto využívá pouze rychloposuv. Otáčky vřetena jsou v prvním ze zmiňovaných programů navoleny na 7500 otáček za minutu a v druhých dvou na 7400 otáček za minutu.

3.4 Přídavné funkce M

V následující tabulce jsou shrnuty veškeré přídavné funkce M použité v analyzovaných programech. Tabulka byla zpracována pro snazší přehlednost

a vyhodnocení případných omezení plynoucích ze zvolených M funkcí. Jednotlivé přídatné funkce však mohou mít na různých strojích odlišné funkce.

V programu byl použit příkaz stop s lomítkem. V této podobě se jedná o tzv. volitelný stop, kdy na stroji lze nastavit přeskakování nebo nepřeskakování řádků začínajících lomítkem. To znamená, že se obsluha může rozhodnout, zdali bude spouštět programy jeden po druhém či nechá proběhnout všechny plynule za sebou. Nabízí se úvaha, proč byl stop v programu řešený tímto způsobem a ne příkazem M01, který též nabízí možnost být či nebýt přeskočen a to v závislosti na volbě ON/OFF u softklávesy na obrázku Obr. 3 Softklávesa pro aktivaci/deaktivaci přídatné funkce M01. Pokud je na softklávese navolena varianta OFF, tak TNC nepřerušuje chod programů ani testování u bloků s M01, naopak varianta ON přerušuje chod programů a testování u bloků s M01.



Varianta STOP namísto M01 byla pravděpodobně zvolena z důvodu snazší čitelnosti programu pro obsluhu a vnitřních konvencí firmy.

Pomocná funkce M120 se zadává v NC-bloku, ve kterém se nachází korekce rádia RR nebo RL. M120 je pak aktivní od tohoto místa až do doby, kdy je zrušena. Zadávaným parametrem je pouze počet dopředu zkoumaných bloků LA. Například v programu Vzor_01:

932 L Y-22.5 RL FQ2 M120 LA20

M01	Volitelný stop
M3	Vřeteno se začne otáčet ve směru hodinových ručiček.
M5	Dojde k elektrickému zabrždění motoru, odjetí do bodu výměny zásobníku a vypnutí vřetena.
M8	Zapnutí chladicí kapaliny, vnější chlazení
M9	Vypnutí chladicí kapaliny
M21	Uvolnění pinoly
M25	Zapnutí dopravníku třísek
M26	Zapnutí pulzního chodu dopravníku třísek
M91	V polohovacím bloku: souřadnice se vztahují k polohovacímu bodu nástroje
M120	Dopředný výpočet rádia s korekcí (LOOK AHEAD)
M126	Pojíždění rotačních os nejkratší cestou.
M128	Zachování polohy hrotu nástroje při polohování naklápěcích os (TCPM)
M129	Zrušení M128

Tabulka 1 Přehled přídavných funkcí M v zaslaných programech [6]

Není třeba se obávat, že by přídavné funkce M spojené s hardwarem měly činit potíže. Nicméně v některých případech, jako je například cyklické volání programu programem může nešťastná volba tvrdého stopu M30, M02 způsobit zastavení běhu. Ve chvíli kdy program dospěje k závěru ukončenému například příkazem M30, tak skončí a řízení se už z programu nepřesune zpátky na hlavní program. V případě nalezení těchto

přídavných funkcí by je bylo nutné z programů ručně vymazat nebo by se jako alternativa dal použít nepodmíněný programovací skok. Nepodmíněné programovací skoky jsou skoky jejichž podmínka je splněna vždy. Tuto funkci poté stačí doplnit o vždy platnou podmínku např.

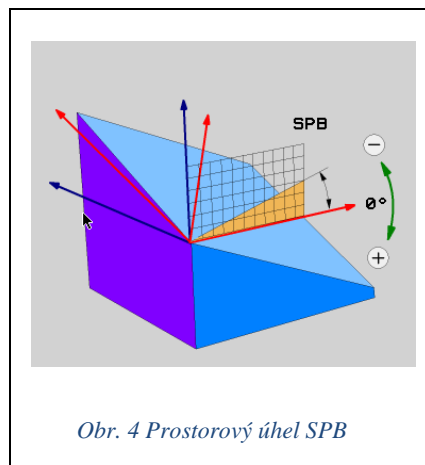
```
FN 5: IF+10 EQU+10 GOTO LBL1
```

Neboli pokud se 10 rovná 10 jdi na LABEL 1.

Přídavné funkce M se v každém obráběcím programu vyskytují několikrát. Komplikace z nich plynoucí jsou zapříčiněny spíše nešťastnou volbou, případně neuvažováním další práce s takovým programem.

3.5 Speciální funkce

Speciální funkcí použitou v obráběcích programech od firmy Hofmeister s.r.o. je funkce PLANE SPATIAL. Tato funkce se používá pro definování roviny obrábění pomocí až tří prostorových úhlů. Jeden z prostorových úhlů je vidět na obrázku Obr. 4 Prostorový úhel SPB.



Obr. 4 Prostorový úhel SPB

Ty jsou tvořeny natočeními kolem pevného souřadného systému stroje. Pořadí natočení je pevně dáno a probíhá abecedně SPA (natočení kolem osy X), SPB (natočení kolem osy Y, SPC (natočení kolem osy Z). Při programování je nutné všem těmto prostorovým úhlům přiřadit hodnotu. Pokud natočení kolem některé z os není žádoucí přiřadí se příslušnému prostorovému úhlu hodnota nula. Funkce PLANE RESET zruší

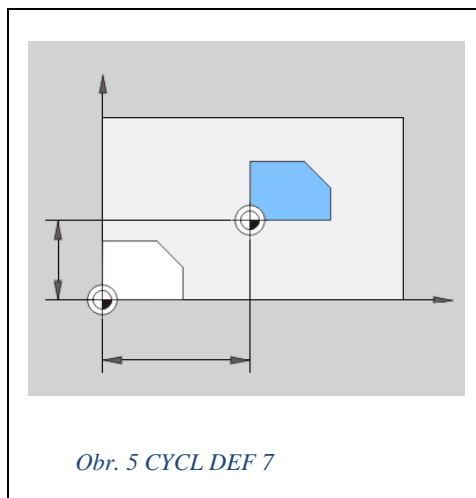
právě aktivní PLANE, v tomto případě PLANE SPATIAL. Jako příklad užití PLANE SPATIAL v zaslaných programech lze uvést řádek 23 z programu Vzor_01:

```
23 PLANE SPATIALSPA-90. SPB+0 SPC-60. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
```

Kde natočení kolem osy X je -90° , kolem osy Y 0° a kolem osy Z -60° . Posuv nástroje probíhá rychloposuvem FMAX, SEQ- udává v jakém smyslu zaujme hlavní osa polohu a TABLE ROT určuje funkci plane napolohování otočného stolu na definovaný úhel natočení. Kompenzace se provede natočením obrobku.

Přítomnost speciální funkce PLANE SPATIAL v obráběcích programech firmy Hofmeister s.r.o. eliminuje možnost tuto funkci v transformačních programech testovat. A to z již výše zmíněného důvodu, že obráběcí a transformační program nesmí obsahovat stejné transformační funkce, protože by obráběcí program jako řídicí bral hodnoty ze speciální funkce PLANE SPATIAL v něm užitě. A to z toho důvodu, že v podprogram užitá speciální funkce PLANE SPATIAL přijde na řadu později a podprogram se tedy bude řídit poslední speciální funkcí PLANE SPATIAL.

Naproti tomu ani jeden ze zaslaných obráběcích programů neobsahuje CYCL DEF 7. Ten se využívá na posunutí nulového bodu v osách x, y a z a natočení kolem těchto os. Natočení odpovídají hodnoty A, B a C. Pokud by byl CYCL DEF 7 použit v obráběcích programech, platila by pro něj stejná výše zmíněná omezení.



Obrázek Obr. 5 CYCL DEF 7 ukazuje posunutí nulového bodu ve dvou osách. Díky tomu, že tento cyklus v obráběcích programech nefiguruje, je ho možné využít v transformačním programu.

4. Testování transformačních funkcí

Testování se zaměřuje na možnosti distribuce existujících programů s požadovanými posunutími a natočeními. Pro tyto účely byl napsán náhradní program inspirovaný dle [1]. Aby bylo možné na tomto programu testovat různé transformační funkce, které TNC nabízí, a zároveň získat vypovídající výsledky pro účely transformace originálních programů, obsahuje náhradní program stejné základní funkce jako originální programy. Jsou to funkce jako vrtání, frézování lůžka a lineární posuv po souřadnicích.

K první fázi testování byla použita demoverze iTNC 530 verze 340494 volně dostupná na oficiálních stránkách firmy. V demoverzi je možné v plném rozsahu simulovat napsané programy, čehož je v následujících podkapitolách hojně využíváno pro doplnění kódu programů i o obrazové výsledky transformací. Simulace a následné vizuální zhodnocení výsledku jsou zároveň jediným kontrolním mechanismem. Z tohoto důvodu jsou posunutí a natočení záměrně volena tak, aby byla vizuálně zřetelná a případné nedostatky byly odhalitelné pouhým okem.

Využití krátkého náhradního programu je nezbytné především z důvodu velkého počtu simulací nutných během vývoje programu. Jelikož jsou programy generovány pomocí postprocesoru, tak by simulování každé varianty či dílčí úpravy programu volajícího originální programy, bylo časově velmi náročné. Díky volné dostupnosti demoverze také odpadá nutnost testování transformačních funkcí programu na strojích, případně osobních počítačích s plnou licencí iTNC 530. Jako zápor je třeba uvést omezení demoverze iTNC 530 na 100 bloků na program. Takovýto rozsah je pro účely programu a programu náhradního plně postačující. V následující části budou tyto funkce přiblíženy. Celý náhradní program je dispozici v přílohách práce.

4.1 Náhradní program

Náhradní program vznikl, jak již bylo naznačeno v kapitole S, proto aby usnadnil práci a zkrátil časy simulací na minimum. Tvar polotovaru v náhradním programu by se mohl zdát matoucí vzhledem k rotačnímu tvaru fréz. Náhradní program ale reprezentuje lůžko vyměnitelné břitové destičky, nikoli frézu jako takovou. V kapitole S je zmíněno, že hledaný program má být co nejjobecnějšího formátu, aby byl vzhledem k programům, které má transformovat, co nejuniverzálnější. Proto byl náhradní program napsán v této podobě.

Polotovarem uvažovaným v náhradním programu je kvádr o rozměrech 120×110×40 a jako nulový bod byl zvolen jeho roh. V kapitole S je řečeno, že lůžka mívají nulové body v ose díry pro šroub. Ale je zřejmé, že tomu tak nemusí být vždy. Proto byl nulový bod zvolen spodní roh kvádrů a ne jeho střed.

Jako klíčové se vzhledem k důvodu vzniku náhradního programu jeví funkce iTNC `cycl def 252` kruhová kapsa a `cycl def 200` vrtání. Program dále obsahuje lineární pohyb nástroje a zkosení hran. Aby náhradní program, co nejméněji reprezentoval program originální byla po jeho vzoru do náhradního programu přidána funkce `PLANE SPATIAL` a to za každý příkaz `tool call` stejně jako je tomu v obráběcích program zaslaných firmou Hofmeister s.r.o.

```
4 TOOL CALL 10 Z S4000 F500 DR +0.1  
5 PLANE RESET TURN FMAX
```

6 PLANE SPATIAL SPA+0 SPB+0 SPC+0 TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
7 M13

Potočení ve všech osách, reprezentované nulovou hodnotou přiřazenou prostorovým úhlům SPA, SPB, SPC, bylo záměrně zvoleno nulové pro snazší analýzu výsledků transformace uskutečněné pomocí programu. Zbylé parametry zůstaly zachovány po vzoru obráběcích programů. Jako například u programu Vzor_01 řádek 23.

23 PLANE SPATIAL SPA-90. SPB+0 SPC-60. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT

Program Vzor_02 obsahuje čtyři vrtací cykly a proto byl vrtací cyklus zahrnut i do programu náhradního. Vrtací cyklus náhradního programu je ukazuje příloha č.1 a vrtací cykly obráběcího programu příloha č.3. CYKL DEF 252 KRUHOVÁ KAPSA byl v náhradním programu zahrnut pro větší univerzálnost.

4.2 Parametrizace

V kapitole S je zmíněno, že cílem práce je parametrizovaný program. Z tohoto důvodu bylo v rámci této práce přikročeno k parametrizaci transformačního programu pomocí parametrů Q11 až Q16. Q-parametry jsou blíže specifikovány v kapitole Q-parametry. Parametrizace proběhla následujícím způsobem. Parametr Q11 zastupují posunutí v ose X, parametr Q12 posunutí v ose Y, parametr Q13 posunutí v ose Z. Parametr Q14 odpovídá natočení kolem osy X, parametr Q15 natočení kolem osy Y a parametr Q16 kolem osy Z. Tyto parametry jsou dále využívány pro parametrizaci transformačních funkcí a to z toho důvodu, aby bylo možné rozsah transformace volit pouze zadáváním hodnot těchto parametrů.

4.3 Transformační program

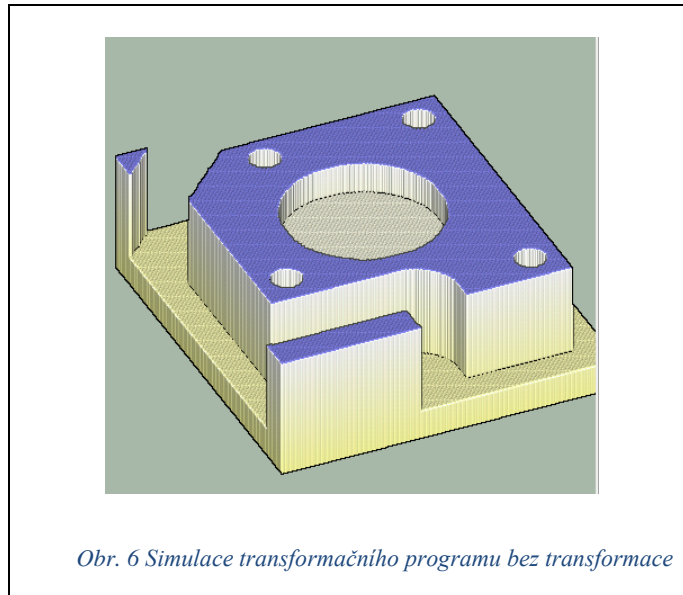
Hlavním cílem práce je tedy parametrizovaný program, ve kterém bude možné rozsah transformace volit pomocí parametrů bez zásahů do originálních programů. S přihlédnutím k těmto požadavkům byl napsán program, který volá program náhradní. Náhradní program je v tuto chvíli v postavení podprogramu, stejně jako by byly v tomto postavení původní programy generované pro obrábění lůžka. Na náhradním programu je

tedy možné testovat jednotlivé transformační funkce. Vzhledem k použití funkce PLANE SPATIAL ve volaném programu není již možné tuto funkci v programu znovu použít. Tato varianta byla již testována zadavatelem a vyhodnocena jako nevyhovující. Další z nabízených funkcí je CYCL DEF 7 nulový bod. Implementace CYCL DEF 7 do programu s parametricky zadávanými posunutími a pootočeními.

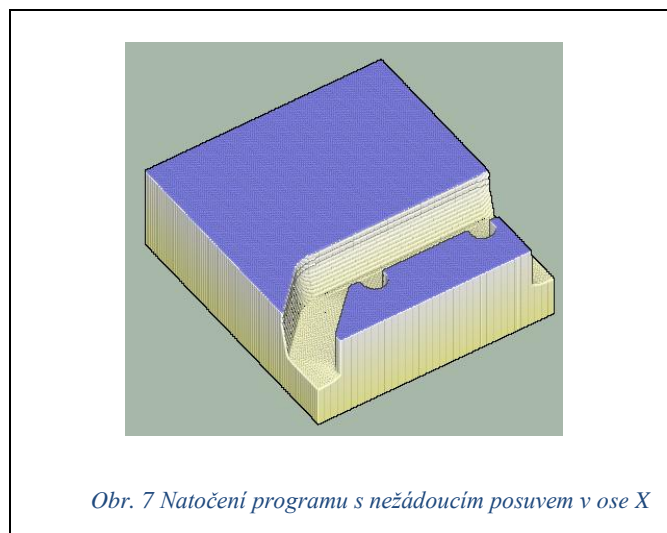
```
0 BEGIN PGM transformace MM
1 STOP
2 Q11 = 0
3 Q12 = 0
4 Q13 = 0
5 Q14 = 0
6 Q15 = 0
7 Q16 = 0
8 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
9 CYCL DEF 7.1 X+Q11 ; posunutí v mm v ose X
10 CYCL DEF 7.2 Y+Q12 ; posunutí v mm v ose Y
11 CYCL DEF 7.3 Z+Q13 ; posunutí v mm v ose Z
12 CYCL DEF 7.4 A+Q14 ; natočení kolem osy X ve stupních
13 CYCL DEF 7.5 B+Q15 ; natočení kolem osy Y ve stupních
14 CYCL DEF 7.6 C+Q16 ; natočení kolem osy Z ve stupních
15 CALL PGM test ; volání transformovaného programu
16 STOP
17 END PGM transformace MM
```

PGM 2 Transformační program

Pokud jsou posunutí ve všech osách navolena nulová, nedojde k posunutí ani natočení nulového bodu a náhradní program proběhne beze změny. Výsledek simulace viz. .



Ve chvíli kdy je navoleno natočení nulového bodu kolem osy Y například o 15° . V programu zapsáno jako $Q15 = 15$. Nedojde pouze k natočení, ale i celkovému posunutí v ose X viz. obrázek Obr. 7 Natočení programu s nežádoucím posuvem v ose X



Z obrázku Obr. 7 Natočení programu s nežádoucím posuvem v ose X je zjevné, že se iTNC snaží o kompenzaci. Posunutí v základních osách X, Y, Z stejně jako natočení kolem osy Z nevykazovalo při simulaci žádné nedostatky. Je možné, že k posunutí v ose X při natočení kolem osy Y dochází proto, že nula obrobku uvažovaná při transformaci se neshoduje s nulou stroje. To by znamenalo, že výsledné natočení je

stejně, ale změní se poloha obrobku vzhledem k jeho souřadnicovému systému. Vzdálenost těchto dvou počátků by v takovémto případě významným způsobem ovlivnila místo, na kterém bude frézování obrobku probíhat a dokompenzování natočení posunutím v ose X by tak nebylo univerzální, ale záleželo by na nastaveních specifických pro každý stroj.

4.4 Kompenzace nežádoucího posuvu při transformaci

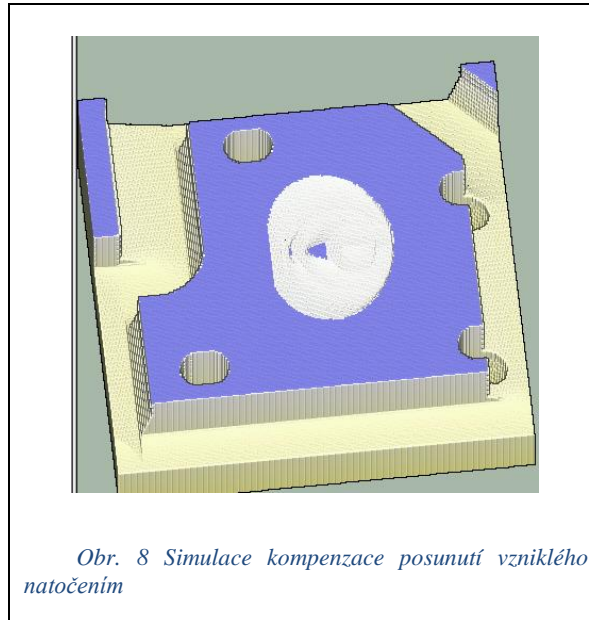
V předchozí kapitole byla hrubě nastíněna úvaha, že se iTNC snaží nějakým způsobem kompenzovat nepřesnosti vzniklé při natáčení. V takovéto situaci je na místě analyzovat příčiny způsobující nežádoucí kompenzaci. Je důležité si uvědomit, že v této fázi probíhá testování pouze v rámci demoverze softwaru iTNC530 a kontrola výsledků je jen vizuální. Nicméně odchylky vzniklé při simulaci jsou tak výrazné, že o chybě pozorovatele už dále není uvažováno. Další příčinou by mohlo být chybné zobrazení simulace. Snaha iTNC o kompenzaci by tak byla pouze v rámci zobrazení. To by znamenalo, že program užitý pro transformaci funguje správně. Proto je důležité provést sérii testů přímo na strojích.

4.4.1 Posunutí v ose X při natočení kole osy Y

Při natáčení kolem osy Y, kterému v programu odpovídá parametr Q15 dojde k nežádoucímu posuvu v ose X. Po vizuálním vyhodnocení situace byl realizován pokus o manuální dokompenzování korekce od iTNC. Kdy byla hledána hodnota parametru Q11 (posunutí v ose X), která by dokázala dorovnat kompenzaci iTNC. Po sérii pokusů byla jako nejbližší hodnota parametru Q11 pro dokompenzování v ose X zvolena délka 85 mm, jinými slovy $Q11 = 85$. Parametry programu pro výslednou simulaci tedy vypadají takto.

2	Q11 = +85	; posunutí v ose X o 85 mm
3	Q12 = 0	
4	Q13 = 0	
5	Q14 = 0	
6	Q15 = 15	; natočení kolem osy Y o 15°
7	Q16 = 0	

Proběhlou simulaci ukauje obrázek Obr. 8 Simulace kompenzace posunutí vzniklého natočením.



Z této simulace je vidět, že frézování již probíhá přibližně v místech, kde se uskutečňuje náhradní program bez transformace. Nicméně na vrtaných dírách si lze všimnout neúměrně velkého eliptického tvaru a špatného umístění děr. Kruhová kapsa uprostřed též nemá očekávaný tvar. Otázkou stále zůstává zdali jsou tyto výsledky problémem grafické stránky simulace nebo zdali by stroj skutečně frézoval tvar na obrázku Obr. 8 Simulace kompenzace posunutí vzniklého natočením.

4.4.2 Funkce M128

Při analýze příčin chybné transformace byla jako další možná příčina uvažována kompenzace rádia nástroje. Z tohoto důvodu byla do programu doplněna přídatná funkce M128. Doplnění znázorňuje program PGM 4 Doplnění přídatné funkce M128.

```
0 BEGIN PGM testM128 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-40
2 BLK FORM 0.2 X+120 Y+110 Z+0
3 * - fr-D20-platkova
4 TOOL CALL 10 Z S4000 F500 DR+0.1
5 PLANE REST TURN FMAX
6 PLANE SPATIALSPA+0 SPB+0 SPC+0 TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
7 M13 M128
8 L X-10 Y-20 Z+50 R0 FMAX ; PRIBLIZENI NASTROJE NA BEZPECNOU
  VYSKU
9 L Z+0 R0 FMAX
10 LBL1
11 L IZ-3 R0 FMAX
```

PGM 4 Doplnění přídavné funkce M128

Bohužel program napsaný v této podobě se po doplnění přídavné funkce M128 stane nefunkčním s chybovým hlášením na jedenáctém řádku „Přídavek na poloměr nedovolen 13“.

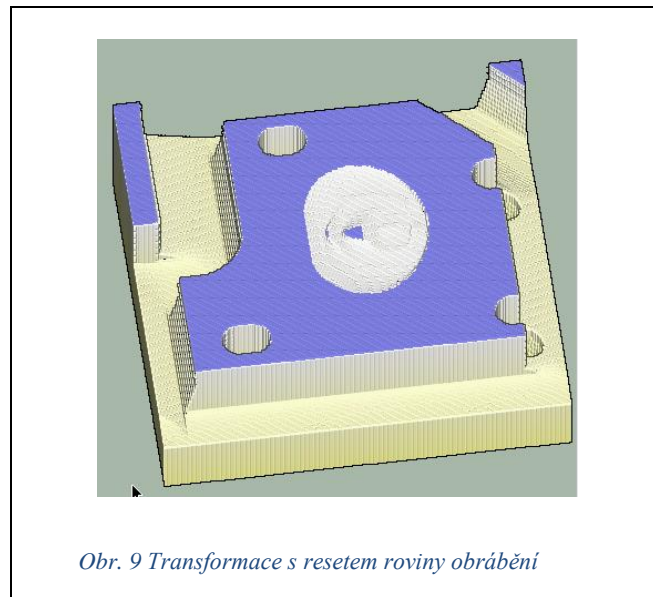
4.4.3 Reset roviny obrábění

Reset roviny obrábění byl uvažován jako způsob, jak vyřešit tvarové nesrovnalosti při natočení kolem osy Y za souběžného dokompenzování posunutí v ose X. Dokompenzování v ose X bylo do programu zahrnuto z toho důvodu, že nebylo předpokládáno, že tuto část problému by reset roviny obrábění vyřešil. Což se při simulaci potvrdilo.

```
0 BEGIN PGM transformaceroovinaobr MM
1 Q11 = 85
2 Q12 = 0
3 Q13 = 0
4 Q14 = 0
5 Q15 = 15
6 Q16 = 0
7 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
8 CYCL DEF 7.1 X+Q11 ; posunutí v mm v ose X
9 CYCL DEF 7.2 Y+Q12 ; posunutí v mm v ose Y
10 CYCL DEF 7.3 Z+Q13 ; posunutí v mm v ose Z
11 CYCL DEF 7.4 A+Q14 ; natočení kolem osy X ve stupních
12 CYCL DEF 7.5 B+Q15 ; natočení kolem osy Y ve stupních
13 CYCL DEF 7.6 C+Q16 ; natočení kolem osy Z ve stupních
14 M129 M126 ; M126 pojíždění sami natočení nejkratší cestou
14 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI
15 CYCL DEF 19.1
16 L B+Q15 C+Q16 R0 FMAX M128 F15000
17 M129 ; vypnutí sledování špičky nástroje
18 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABNI
19 CYCL DEF 19.1 A+Q14 B+Q15 C+Q16 VZDAL100
20 CALL PGM test ; volání transformovaného programu
21 END PGM transformace MM
```

PGM 5 Transformační program doplněný o reset roviny obrábění

Simulace programu na obrázku níže.



Z porovnání obrázku Obr. 9 Transformace s resetem roviny obrábění a obrázku Obr. 8 Simulace kompenzace posunutí vzniklého natočením je patrné, že reset roviny obrábění v této podobě nemá na obrábění žádný vliv a transformace probíhá stále stejným způsobem.

4.5 Shrnutí výsledků testů transformace

Dosavadními pokusy se podařilo dosáhnout pouze dílčích úspěchů. Tím je myšleno, že transformace náhradního programu pomocí cyklu 7 proběhla úspěšně pouze ve třech základních osách X, Y, Z. Natočení kolem osy X ani neproběhlo. Natočení kolem Y vyvolalo nežádoucí posunutí. A natočení kolem osy Z proběhlo v pořádku. Protože při transformaci obráběcích lůžek pro vyměnitelné břitové destičky jde především o natáčení, bude nutné přikročit k dalším testům.

5. Testování na obráběcím centru

První testování probíhalo s volně dostupným softwarem iTNC 530 verze 340494. Během těchto testů vyvstaly některé diskutabilní skutečnosti jako například vizuální spolehlivost simulací demoverze. Proto se přikročilo k variantě testování přímo na obráběcím centru DMU 65 monoblock ve vědecko-technickém parku. A to v časovém rozsahu jedné směny.

5.1 Technické prostředky ke zkoušce

Technické prostředky je důležité zmínit, aby byla možná rekonstrukce testování, jak z hlediska kontroly, tak pro srovnání při testování na jiných strojích a za jiných podmínek.

Strojem použitým na testování ve vědecko-technickém parku bylo DMU 65 monoBLOCK. Jedná se o víceosé obráběcí centrum. Technická specifikace stroje se nachází v tabulce pod obrázkem Obr. 10 Obráběcí centrum DMU 65 monoBLOCK



Níže uvedená technická specifikace je platná pro stroj ve vědecko-technickém parku v Plzni. Údaje se mohou na různých strojích lišit, protože DMU 65 monoBLOCK je stavebnicový pružně rozšiřitelný stroj. To znamená, že ve své nejjednodušší 3-osé verzi disponuje stolem o rozměrech 1000 x 650 mm. V nabídce je i 5-osá verze s dynamickým naklápěcím otočným stolem. Toto univerzální obráběcí centrum zvládá všechny disciplíny frézovací technologie od hrubování až po obrábění na čisto.

Počet řízených os	5
Řídicí systém	Heidenhain iTNC530, Siemens 840D
Výkon vřetena	13 KW
Maximální otáčky	10 000 ot/min

vřetena	
Velikost upínacího kužele	SK 40
Rozsah posuvů X,Y,Z	730, 650, 560 mm
Maximální posuv	40 000 mm/min
Rozměr upínacího stolu	1000 x 650 mm

Tabulka 2 Technické parametry obráběcího centra DMU 65 monoBLOCK

Využití 5-osého obráběcího centra bylo nutné vzhledem k povaze testování. Výkon vřetena určuje jakou hloubku řezu, při jakých otáčkách, posuvu na otáčku a při jakém měrném řezném odporu, lze použít. Parametry postačují potřebám testování.

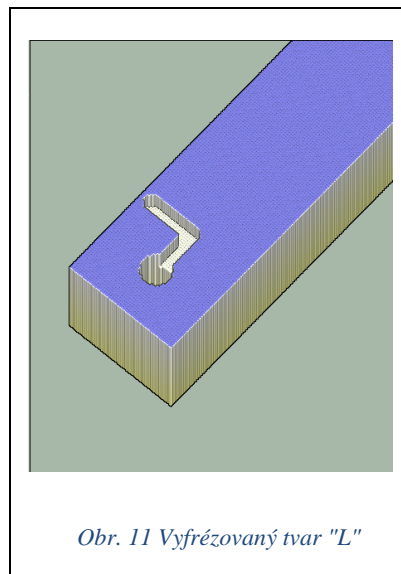
Použitými nástroji jsou vrták o průměru 12 mm pro vyvrtání díry, fréza o průměru 6 mm pro frézování stupínků na obrázku **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a kulová réza o průměru 8 mm pro výsledné projetí tvaru „L“, které nebylo realizováno.

5.2 Nový náhradní program

Pro účely testování přímo na stroji byl napsán další náhradní program obsahující pouze vrtání a lineární posuv bez kompenzace rádia nástroje. Napsání dalšího náhradního programu bylo nutné, aby proces obrábění trval co nejkratší dobu a bylo tak možné v případě neúspěšné transformace provést co největší počet testů. Program je k vidění v příloze č.5

Testování probíhalo ve vědecko-technickém parku v Plzni. Materiál na testování poskytly dílny západočeské univerzity v Plzni a nástroje poskytlo pracoviště vědecko-technického parku. Opět je důležité, aby program byl co nejjednodušší, ať už kvůli

vizuální zřetelnosti jakýchkoli nedostatků vzniklých transformací, tak i vzhledem k omezenému sortimentu nástrojů.



Testovací program tedy obsahuje pouze jeden vrtací cyklus reprezentovaný vyvrtanou dírou a lineární posuv ve tvaru písmene „L“. Simulace náhradního programu s výše popsánymi elementy je vidět na obrázku Obr. 11 Vyfrézovaný tvar "L". Který je v této podobě v programu právě pro větší zřetelnost.

5.3 Programy s korekcí a bez korekce

Aby bylo možné při testování programů ve vědecko-technickém parku dosáhnout výsledků s co nejvyšší vypovídající hodnotou, bylo potřeba program přepracovat. První úpravou prošel hned samotný začátek programu, kdy bylo třeba upravit zadání polotovaru. Polotovarem použitým při frézování ve vědecko-technickém parku byla kruhová hliníková tyč o průměru 50 mm uchycená v ose Z. V původní verzi programu si lze všimnout, že uvažovanou osou pomyslné tyče je osa X. Dalším prvkem, o který byl původní program rozšířen, je stupňovité frézování. V původní verzi programu vjela fréza o průměru 6 mm do vyvrtané díry a začalo frézování tvaru „L“. V této verzi programu začne stupňovitě frézovat v intervalech o výšce 2 mm, které následně projede kulová fréza o průměru 8 mm. Program byl také doplněn o speciální funkci PLANE

SPATIAL. Jedním z doplněných prvků je také korekce rádia nástroje RR k vidění v PGM 6 Ukázka korekce.

57	L	X+2	RR	F
AUTO				

PGM 6 Ukázka korekce

Důležité je také zmínit čísla nástrojů. Ta byla změněna obsluhou na místě, aby korespondovala s aktuálním umístěním nástrojů v obráběcím centru.

12	L	X+0	Y+0	Z+30	R0	FMAX
13	L	Z+23	F	AUTO		
14	L	X+18	R0			
15	L	Z+23.2				
16	L	X+0	FMAX			
17	L	Z+21				
18	L	X+16	F	AUTO		
19	L	Z+21.2				
20	L	X+0	FMAX			
21	L	Z+19				
22	L	X+14	F	AUTO		

PGM 7 Ukázka naprogramovaných stupňů

V této části programu PGM 7 Ukázka naprogramovaných stupňů začíná stupňovité frézování. Celou část stupňovitého frézování i celý program je k nahlédnutí v příloze č. 6. Fréza nejprve autoposuvem sjede na požadovanou výšku ve vyvrtané díře, začne ubírat materiál ve směru kladného přírůstku osy X. Autoposuv znamená, že TNC omezí posuv na maximální posuv „nejpomalejší osy“, který je definovaný ve strojním parametru 1010. Ten platí do té doby, než je zadána nová hodnota posuvu. Poté vyjede 0,2 mm nad materiál, aby při návratu nad osu díry nedocházelo k nadbytečnému tření a následuju návrat nad osu díry rychloposuvem.



Obr. 12 Vyvrtaná díra se stupňovitým frézováním

Na obrázku Obr. 12 Vyvrtaná díra se stupňovitým frézováním je znázorněná vyvrtaná díra a vlevo od díry i vyfrézované jednotlivé stupně zvýrazněné červeným obdélníkem.

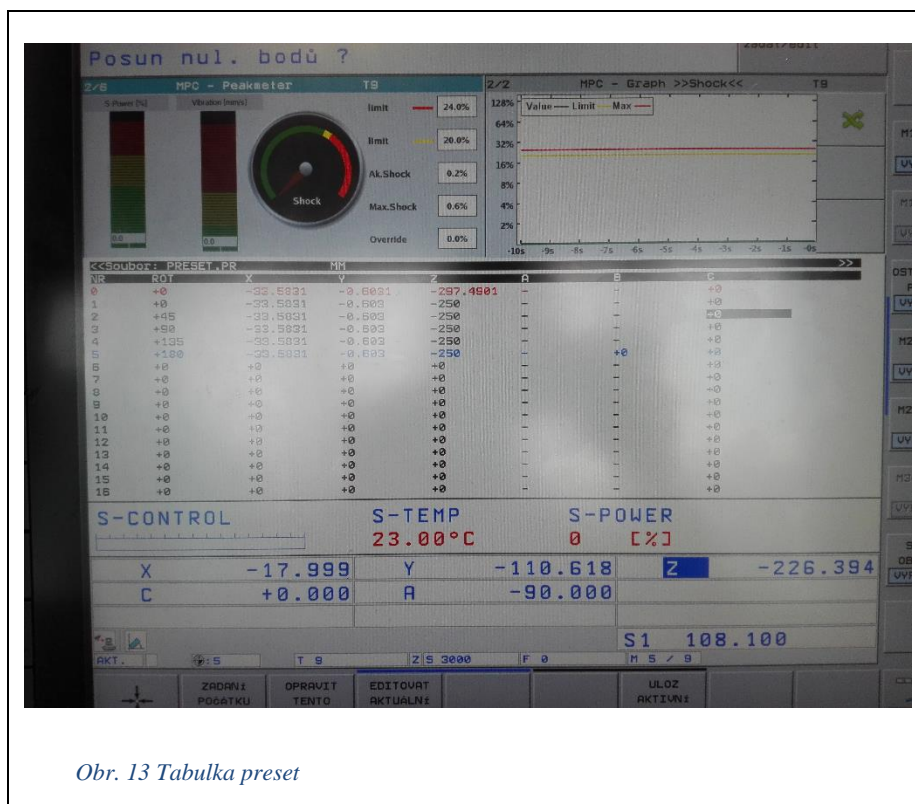
```
51 TOOL CALL 210 Z S3000 F200
52 PLANE SPATIAL SPA+90 SPB+0 SPC+0
   TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
53 CYCL DEF 10.0 OTACENI
54 CYCL DEF 10.1 ROT-90
55 M13
56 L X+20 Y+4 Z+50 R0 FMAX
57 L X+2 RR F AUTO
58 Z+7 FMAX
59 L X+18 Z+21 F AUTO
60 L Y+30
61 L Z+100 R0 FMAX
```

PGM 8 Projetí kulovou frézou

V části upraveného druhého náhradního programu si je možné povšimnout, že program obsahuje ještě další část, a to projetí kulovou frézou (TOOL CALL 210). Nicméně první část programu se ukázala jako postačující a dostatečně reprezentativní. Proto se k projetí kulovou frézou již nepřikročilo.

5.4 Volání nulových bodů z preset tabulky

Při testování ve vědecko-technickém parku se předchozí programy ukázaly jako nevyhovující. Transformace neprobíhala požadovaným způsobem nebo k ní vůbec nedošlo. Programy se nedokázaly řídit podle souřadných systémů upravených programem. Využití cyklu 7 tedy bylo vyhodnoceno jako neuspokojivé. Z tohoto důvodu byla navržena nová cesta, která zároveň zachovává ideu transformace souřadného systému pomocí posunutí a natočení nulového bodu. Aby to bylo možné, bylo potřeba využít tabulku preset, která je ukázána na obrázku Obr. 13 Tabulka preset. Do tabulky preset lze uložit libovolný počet vztažných (nulových) bodů a přiřadit jim základní natočení. Po konzultaci s odborníkem ze Svatavských strojírén s.r.o. bylo vyhodnoceno, že nulový bod preset tabulky bývá zpravidla ve středu stolu. Nicméně na všech strojích tomu tak být nemusí. Například u stroje s naklápěcí hlavou obsahuje tabulka preset vzdálenost nulového bodu obrobku od referenčního bodu, zatímco u stroje s otočným stolem to neplatí. [6]



Obr. 13 Tabulka preset

Tento přístup se od předchozího liší tím, že transformace souřadnic neprobíhá na úrovni programu vyvoláním CYKL DEF 7 nebo případně jiných transformačních funkcí (CYKL DEF 15, PLANE SPATIAL), ale je ošetřena na nejnižší úrovni, to znamená v tabulce preset. Tímto se eliminují kolize mezi programem a obráběcími programy generovanými postprocesorem. Kolizí je myšleno využití stejných funkcí, jak při psaní programu, tak i při postprocesingu. Této problematice se věnuje kapitola Analýza programů firmy Hofmeister s.r.o. Tento přístup byl ověřován pro natočení v rozsahu 45°, 90° a 180°. Obrobek byl při tom upnut ve středu stolu a kromě toho i s excentricitou 30 mm. Při obou upnutích byla transformace úspěšně odzkoušena. Po sérii neúspěšných pokusů se tedy jedná o odzkoušený a úspěšný výsledek.

5.4.1 První varianta programu

Díky tomu, že se přístup, kdy jsou nulové body volány z tabulky preset, ukázal jako vyhovující, vznikly dvě varianty programu, které pracuje s tabulkou preset. První program je rozdělen na 3 části respektující 3 programy zaslané firmou Hofmeister s.r.o. jako vzorové.

```
0 BEGIN PGM Final1 MM
2 Q12 = 10 ; pocet nulovych bodu
3 Q13 = Q12 + 1 ; parametr do podminky poctu opakovani cyklu
1 ;-----
1 Q11 = 0
4 LBL 5
5 Q11 = Q11 + 1
6 CYCL DEF 247 NASTAVIT REF. BOD ~
   Q339=+Q11 ;CISLO VZTAZNEHO BODU
7 CALL PGM Program1
8 FN 12: IF +Q11 LT +Q13 GOTO LBL 5
```

První část programu, ve které jsou nadefinované parametry Q11, Q12 a Q13. Parametr Q12 zastupuje počet nulových bodů. Po dohodě s firmou Hofmeister s.r.o. byly nulové body umístěny do středů děr pro šroub vyměnitelných břitových destiček. Lze tedy říci, že počet nulových bodů odpovídá počtu lůžek. Dalším parametrem je Q13. Jedná se o pomocný parametr, který byl využitý jako limitní hodnota při cyklování. Posledním parametrem je parametr Q11, jehož hodnota označuje aktuálně volený řádek v tabulce preset. V programu je vidět, že první hodnota navolená

parametru Q11 je nulová. Je to z toho důvodu, že nultý řádek v tabulce preset je standardně zadávaný obsluhou pomocí sondy a pracuje se tedy s řádky označenými číslem 1 a vyšším.

```

1 ;-----
1 Q11 = 0
4 LBL 6
5 Q11 = Q11 + 1
6 CYCL DEF 247 NASTAVIT REF. BOD ~
  Q339=+Q11 ;CISLO VZTAZNEHO BODU
7 CALL PGM Program2
8 FN 12: IF +Q11 LT +Q13 GOTO LBL 6
1 ;-----
1 Q11 = 0
4 LBL 7
5 Q11 = Q11 + 1
6 CYCL DEF 247 NASTAVIT REF. BOD ~
  Q339=+Q11 ;CISLO VZTAZNEHO BODU
7 CALL PGM Program3
8 FN 12: IF +Q11 LT +Q13 GOTO LBL 7
9 END PGM Final1 MM

```

V tuto chvíli se termínování program a podprogram může opět zdát matoucí či zavádějící. Program, který je předmětem práce volá obráběcí programy, které se tímto stávají podprogramy a hledaný program je řídicím programem. Program pracuje tak, že před každým cyklem dojde k vynulování parametru Q11 jednoduchým přiřazením nulové hodnoty. Nulování parametru Q11 před cyklem je nutné z hlediska funkčnosti programu. Pokud by definování hodnoty parametru Q11 bylo až za labelem, program by se nekonečně zacyklil a prováděl stále stejnou operaci na souřadnicích prvního nulového bodu. Labely 5, 6, 7 jsou vlastně začátky jednotlivých cyklů. Ihned po přečtení příslušného labelu dojde k navýšení parametru Q11 o jedničku. Poté je příkazem CYCL DEF 247 zavolán nulový bod z tabulky preset. Řádek, ze kterého je nulový bod volán, je dán parametrem Q11. Až v tuto chvíli dojde k vyvolání příslušného obráběcího programu. Zacyklení bylo dosaženo pomocí funkce FN 12: IF +Q11 LT +Q13 GOTO LBL, kde je využit již známý parametr Q11. Počtu řádků v tabulce preset (vyjma nultého řádku) odpovídá počet nulových bodů, které zastupuje parametr Q12. Toho bylo využito při psaní podmínky zacyklení a to tak, že byl zvolen parametr Q12, který představuje strop pro počet opakování a parametr $Q13 = Q12 + 1$,

který byl použit do podmínky opakování. Díky této podmínce dochází k opakování cyklu do té doby než parametr Q11 dosáhne hodnoty Q12. Ve chvíli kdy se tak stane proběhne cyklus naposledy a program pokračuje dále. Poté opět dojde k vynulování parametru Q11 a celá situace se opakuje pouze s jiným programem.

Každý volaný podprogram obsahuje pouze jeden nástroj. Proto je v rámci časové úspory obrábění výhodné nechat nejprve první program vykonat všechny operace na každém z lůžek než volat na každé lůžko všechny 3 podprogramy. Čas ušetřený výměnou nástroje se při větším počtu lůžek stává nezanedbatelným. Tuto verzi programu lze tedy chápat jako verzi pro programy které nepoužívají více nástrojů.

5.4.2 Druhá varianta programu

Druhá varianta programu byla napsána pro programy, které volají více nástrojů. To je důvod proč by postupné frézování všech lůžek nejprve jedním a poté dalšími programy nevedlo k časové úspoře.

```
0 BEGIN PGM Final2 MM
1 Q11 = 0
2 Q12 = 10 ; pocet nulovych bodu
3 Q13 = Q12 + 1 ; parametr do podmínky pocetu opakovani cyklu
4 LBL 5
5 Q11 = Q11 + 1
6 CYCL DEF 247 NASTAVIT REF. BOD ~
  Q339=+Q11 ;CISLO VZTAZNEHO BODU
7 CALL PGM Program1
8 CALL PGM Program2
9 CALL PGM Program3
10 FN 12: IF +Q11 LT +Q13 GOTO LBL 5
11 END PGM Final2 MM
```

PGM 9 Finální program s jedním cyklem

Program obsahuje stejné parametry jako jeho předchozí verze. Zásadním rozdílem oproti předchozí verzi je volání všech tří podprogramů během jednoho cyklu. To znamená, že se nejprve vyfrézuje první lůžko pomocí všech 3 obráběcích programů a až poté se začne frézovat další lůžko.

6. Zhodnocení a závěr

Účelem této práce bylo vytvořit cyklicky pracující parametrizovaný program pro distribuci lůžek po obvodu frézy. Toho bylo docíleno a programy jsou k dispozici ve dvou variantách v kapitolách První varianta programu a Druhá varianta programu. Počet opakování programu nebo jeho částí závisí jak na zvolené variantě, tak i na počtu lůžek, které reprezentuje parametr Q12 definovaný přímo programátorem nebo obsluhou. S touto hodnotou přímo souvisí počet nenulových řádků v tabulce preset, který by měl korespondovat s počtem lůžek. Vyplnění či vygenerování tabulky preset se souřadnicemi nových nulových bodů je úkolem programátora. Získat souřadnice nulových bodů je možné přírůstkovým výpočtem a nabízí se řada variant jak toho docílit. Uživatelsky nejznámějším použitelným výpočtovým softwarem je bezpochyby Microsoft excel z kancelářského balíku MS Office. Při šikovně použitých vzorcích se jedná o rychlé a elegantní řešení. Další možností je naprogramování algoritmu pomocí některého z programovacích jazyků. Např. C#, C++, Pascal. Také je možné, že by Heidenhain dokázal využitím některé speciální funkce vyplnit pomocí přepočtu preset tabulku na základě přepočtu ze zadání, které by bylo v jiném formátu než generuje Heidenhain.

S e z n a m p o u ž i t é l i t e r a t u r y :

- [1] *Heidenhain iTNC 530* [online]. [cit. 2017-06-05]. Dostupné z:
<http://files.heidenhain.webnode.cz/200000325-4d6604e600/Test.h>
- [2] DMU 65 monoBLOCK®. In: *DMG MORI* [online]. DMG MORI COMPANY LIMITED, 2017 [cit. 2017-06-05]. Dostupné z:
<http://en.dmgmori.com/blob/120452/3b9d6f5d89c8df6edc4fb3703afbfb41/dmu-65-monoblock-m1-jpg-data.jpg>
- [3] VRABEC, M., MÁDL, J.: NC programování v obrábění. Praha : ČVUT,2004.
- [4] JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KOŽMÍN, P.: Programování NC strojů. Plzeň : ZČU, 2000.
- [5] STANĚK, J., NĚMEJC, J.: Metodika zpracování a úprava diplomových prací. Plzeň : ZČU, 2005.
- [6] Haidenhain iTNC 530 - uživatelská příručka.

S e z n a m O b r á z k ů :

Obr. 1 Rozmístění lůžek na nástroji	12
Obr. 2 Lůžko pro vyměnitelnou břitovou destičku	13
Obr. 3 Softklávesa pro aktivaci/deaktivaci přídatné funkce M01	18
Obr. 4 Prostorový úhel SPB	20
Obr. 5 CYCL DEF 7	22
Obr. 6 Simulace transformačního programu bez transformace.....	26
Obr. 7 Natočení programu s nežádoucím posuvem v ose X	26
Obr. 8 Simulace kompenzace posunutí vzniklého natočením.....	28
Obr. 9 Transformace s resetem roviny obrábění	31
Obr. 10 Obráběcí centrum DMU 65 monoBLOCK.....	33
Obr. 11 Vyfrézovaný tvar "L"	36
Obr. 12 Vyvrtaná díra se stupňovitým frézováním	38
Obr. 13 Tabulka preset	39

S e z n a m t a b u l e k :

Tabulka 1 Přehled přídatných funkcí M v zaslaných programech.....	19
Tabulka 2 Technické parametry obráběcího centra DMU 65 monoBLOCK	34

S e z n a m p r o g r a m ů a j e j i c h d í l ě í c h č á s t í :

PGM 1 Aktuální podoba distribučního programu.....	12
PGM 2 Transformační program.....	25
PGM 3 Kompenzace posunutí vzniklého natočením	27
PGM 4 Doplnění přídatné funkce M128.....	29
PGM 5 Transformační program doplněný o reset roviny obrábění	30
PGM 6 Ukázka korekce	37
PGM 7 Ukázka naprogramovaných stupňů	37
PGM 8 Projetí kulovou frézou	38
PGM 9 Finální program s jedním cyklem.....	42

P Ř Í L O H A Č . 1

N C K Ó D N Á H R A D N Í H O

P R O G R A M U

```
0 BEGIN PGM test MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-40
2 BLK FORM 0.2 X+120 Y+110 Z+0
3 * - fr-D20
4 TOOL CALL 10 Z S4000 F500 DR+0.1
5 PLANE RESET TURN FMAX
6 PLANE SPATIAL SPA+0 SPB+0 SPC+0 TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
7 M13
8 L X-10 Y-20 Z+50 R0 FMAX ;
9 L Z+0 R0 FMAX
10 LBL 1
11 L IZ-3 R0 FMAX
12 L X+10 RL F AUTO
13 L Y+45
14 L X+30
15 RND R15
16 L Y+100
17 L X+110
18 CHF 20
19 L Y+10
20 L X-10
21 L Y-20 R0 F3000
22 CALL LBL 1 REP9
23 LBL 0
24 L Z+50 R0 FMAX
25 CYCL DEF 252 KRUHOVA KAPSA ~
    Q215=+1 ;ZPUSOB OBRABENI ~
    Q223=+50 ;PRUMER KRUHU ~
    Q368=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
    Q207=+500 ;FREZOVACI POSUV ~
    Q351=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI ~
```

```
Q201=-10 ;HLOUBKA ~
Q202=+2 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q369=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
Q206=+300 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q338=+0 ;PRISUV NA CISTO ~
Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
Q370=+1 ;PREKRYTI DRAHY NAST. ~
Q366=+1 ;ZANOROVANI ~
Q385=+500 ;POSUV NACISTO
26 ;DEFINOVANI CYKLU
27 CALL LBL 2
28 * - FR-D20-hm - NA HOTOVO
29 TOOL CALL 9 Z S3000 F300
30 PLANE RESET STAY
31 PLANE SPATIAL SPA+0 SPB+0 SPC+0 STAY SEQ- TABLE ROT
32 M13
33 L X-10 Y-20 Z+50 R0 FMAX
34 L Z-30 R0 FMAX
35 L X+10 RL F AUTO
36 L Y+45
37 L X+30
38 RND R15
39 L Y+100
40 L X+110
41 CHF 20
42 L Y+10
43 L X-10
44 L Y-20 R0 F1000
45 L Z+50 R0 FMAX
46 CYCL DEF 252 KRUHOVA KAPSA ~
Q215=+2 ;ZPUSOB OBRABENI ~
Q223=+50 ;PRUMER KRUHU ~
Q368=+0.5 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q207=+500 ;FREZOVACI POSUV ~
Q351=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI ~
Q201=-10 ;HLOUBKA ~
Q202=+5 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q369=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
Q206=+500 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q338=+10 ;PRISUV NA CISTO ~
Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
```


Katedra technologie obrábění

Pavel Pekárek

```

    Q370=+1    ;PREKRYTI DRAHY NAST. ~
    Q366=+0    ;ZANOROVANI ~
    Q385= AUTO ;POSUV NACISTO
47 CALL LBL 2
48 * - VR-D10-HM
49 TOOL CALL 5 Z S3000 F300
50 PLANE RESET STAY
51 PLANE SPATIAL SPA+0 SPB+0 SPC+0 STAY SEQ- TABLE ROT
52 M13
53 CYCL DEF 200 VRTANI ~
    Q200=+2    ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
    Q201=-45   ;HLOUBKA ~
    Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
    Q202=+25   ;HLOUBKA PRISUVU ~
    Q210=+0    ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
    Q203=+0    ;SOURADNICE POVRCHU ~
    Q204=+50   ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
    Q211=+0    ;CAS. PRODLEVA DOLE
54 CALL LBL 3
55 L X+0 Y+0 Z+200 R0 FMAX M91
56 ;
57 ;
58 M2
59 ;
60 ;
61 LBL 2
62 L X+62.5 Y+55 Z+50 R0 FMAX M99
63 LBL 0
64 LBL 3
65 L X+20 Y+20 Z+50 R0 FMAX M89
66 L X+100 R0 FMAX
67 L Y+70 R0 FMAX
68 L X+40 Y+90 R0 FMAX M99
69 LBL 0
70 PLANE RESET TURN FMAX
71 END PGM test MM
```

P Ř Í L O H A Č . 2**V Ý T A H Z P R O G R A M U****V z o r _ 0 1**

```
0 BEGIN PGM Vzor_01 MM
1 ; KAPINUS
2 ; 25.10.2016 16:41:17
3 ; CEVA D3X7X3Z VHM_DCF/ RU_422810
4 ; NASTROJ=CEVA D3X7X3Z VHM_DCF/ RU_422810
5 ; PRUMER= 3.000000
6 ; ZAObLENI= 0.050000
7 ; CEVA D3X7X3Z VHM_DCF/ RU_422810
8 ; PROGRAM NA KONEC NASTROJE
9 ; NASTROJ POUZIVA PRUMEROVOU KOREKCI
10 FN 0: Q1 = 750 ; POSUV NAJEZDOVY - 100 PROCENT
11 FN 0: Q2 = 750 ; POSUV PRACOVNI - 100 PROCENT
12 TOOL CALL 1 Z S7500
13 M21
14 L Z450 FMAX M91
15 PLANE RESET TURN FMAX
16 L X0. Y0. FMAX
17 ; PROFILE CONTOURING.1
18 PLANE RESET STAY
19 ; A-90. C-60.
20 ; A90. C120.
21 L Z450 FMAX M91
22 M25
23 PLANE SPATIAL SPA-90. SPB+0 SPC-60. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
24 M26
25 M21
26 M3
27 L X12.883 Y11. Z64.325 FMAX
28 L Z16.325 FMAX
29 M8
30 L Z14.325 FQ1
31 L Y12.5 RL FQ2 M120 LA20
.
.
.
244 L Y9. R0
245 L Z60.825 FMAX
246 ; PROFILE CONTOURING.2
```

Katedra technologie obrábění

Pavel Pekárek

247 PLANE RESET STAY
248 ; A-90. C-80.
249 ; A90. C100.
250 M25
251 PLANE SPATIAL SPA-90. SPB+0 SPC-80. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
252 M26
253 L X12.883 Y21. Z64.325 FMAX
254 L Z16.325 FMAX
255 L Z14.325 FQ1
256 L Y22.5 RL FQ2 M120 LA20
. . .
469 L Y19. R0
470 L Z60.825 FMAX
471 ; PROFILE CONTOURING.3
472 PLANE RESET STAY
473 ; A90. C80.
474 ; A-90. C-100.
475 L Z450 FMAX M91
476 M25
477 PLANE SPATIAL SPA90. SPB+0 SPC80. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
478 M26
479 L X-12.883 Y-31. Z64.325 FMAX
480 L Z16.325 FMAX
481 L Z14.325 FQ1
482 L Y-32.5 RL FQ2 M120 LA20
. . .
695 L Y-29. R0
696 L Z60.825 FMAX
697 ; PROFILE CONTOURING.1
698 PLANE RESET STAY
699 ; A90. C-60.
700 ; A-90. C120.
701 M25
702 PLANE SPATIAL SPA90. SPB+0 SPC-60. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
703 M26
704 L X-12.883 Y-11. Z64.325 FMAX
705 L Z16.325 FMAX
706 L Z14.325 FQ1
707 L Y-12.5 RL FQ2 M120 LA20
. . .

Katedra technologie obrábění

Pavel Pekárek

.
920 L Y-9. R0
921 L Z60.825 FMAX
922 ; PROFILE CONTOURING.2
923 PLANE RESET STAY
924 ; A90. C-80.
925 ; A-90. C100.
926 M25
927 PLANE SPATIAL SPA90. SPB+0 SPC-80. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
928 M26
929 L X-12.883 Y-21. Z64.325 FMAX
930 L Z16.325 FMAX
931 L Z14.325 FQ1
932 L Y-22.5 RL FQ2 M120 LA20
. . .
1145 L Y-19. R0
1146 L Z60.825 FMAX
1147 ; PROFILE CONTOURING.3
1148 PLANE RESET STAY
1149 ; A-90. C80.
1150 ; A90. C-100.
1151 L Z450 FMAX M91
1152 M25
1153 PLANE SPATIAL SPA-90. SPB+0 SPC80. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
1154 M26
1155 L X12.883 Y31. Z64.325 FMAX
1156 L Z16.325 FMAX
1157 L Z14.325 FQ1
1158 L Y32.5 RL FQ2 M120 LA20
. . .
1371 L Y29. R0
1372 L Z60.825 FMAX
1373 M5
1374 M9
1375 L Z450 FMAX M91
1376 PLANE RESET TURN FMAX
1377 END PGM Vzor_01 MM

P Ř Í L O H A Č . 3 P R O G R A M**V z o r _ 0 2**

```
0 BEGIN PGM Vzor_02 MM
1 ; KAPINUS
2 ; 25.10.2016 16:41:17
3 ; NAVRT D3X120 ST HSS-TIN / RU_212726
4 ; NASTROJ=NAVRT D3X120 ST HSS-TIN / RU_212726
5 ; PRUMER= 3.000000
6 ; ZAOBLIENI=
7 ; NAVRT D3X120 ST HSS-TIN / RU_212726
8 ; PROGRAM NA KONEC NASTROJE
9 FN 0: Q2 = 200 ; POSUV PRACOVNI - 100 PROCENT
10 TOOL CALL 2 Z S7400
11 M21
12 L Z450 FMAX M91
13 PLANE RESET TURN FMAX
14 L X0. Y0. FMAX
15 ; SPOT DRILLING.2
16 PLANE RESET STAY
17 ; A-90. C-60.
18 ; A90. C120.
19 L Z450 FMAX M91
20 M25
21 PLANE SPATIAL SPA-90. SPB+0 SPC-60. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
22 M26
23 M21
24 M3
25 L X6.25 Y10. Z61.825 FMAX
26 L Z11.825 FMAX
27 M8
28 CYCL DEF 200 VRTANI ~
  Q200=1. ;BEZPEC. VZDALENOST ~
  Q201=-0.866 ;HLOUBKA ~
  Q206=Q2 ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q202=0.866 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q210=0. ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
  Q203=10.825 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=1. ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
  Q211=0. ;CAS. PRODLEVA DOLE
29 L X6.25 Y10. R0 FMAX M99
30 L Z61.825 FMAX
31 ; SPOT DRILLING.3
```

32 PLANE RESET STAY
33 ; A-90. C-80.
34 ; A90. C100.
35 M25
36 PLANE SPATIAL SPA-90. SPB+0 SPC-80. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
37 M26
38 L X6.25 Y20. Z61.825 FMAX
39 L Z11.825 FMAX
40 CYCL DEF 200 VRTANI ~
Q200=1. ;BEZPEC. VZDALENOST ~
Q201=-0.866 ;HLOUBKA ~
Q206=Q2 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q202=0.866 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q210=0. ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
Q203=10.825 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=1. ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
Q211=0. ;CAS. PRODLEVA DOLE
41 L X6.25 Y20. R0 FMAX M99
42 L Z61.825 FMAX
43 ; SPOT DRILLING.4
44 PLANE RESET STAY
45 ; A90. C80.
46 ; A-90. C-100.
47 L Z450 FMAX M91
48 M25
49 PLANE SPATIAL SPA90. SPB+0 SPC80. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
50 M26
51 L X-6.25 Y-30. Z61.825 FMAX
52 L Z11.825 FMAX
53 CYCL DEF 200 VRTANI ~
Q200=1. ;BEZPEC. VZDALENOST ~
Q201=-0.866 ;HLOUBKA ~
Q206=Q2 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q202=0.866 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q210=0. ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
Q203=10.825 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=1. ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
Q211=0. ;CAS. PRODLEVA DOLE
54 L X-6.25 Y-30. R0 FMAX M99
55 L Z61.825 FMAX
56 ; SPOT DRILLING.2
57 PLANE RESET STAY
58 ; A90. C-60.
59 ; A-90. C120.
60 M25

61 PLANE SPATIAL SPA90. SPB+0 SPC-60. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
62 M26
63 L X-6.25 Y-10. Z61.825 FMAX
64 L Z11.825 FMAX
65 CYCL DEF 200 VRTANI ~
Q200=1. ;BEZPEC. VZDALENOST ~
Q201=-0.866 ;HLOUBKA ~
Q206=Q2 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q202=0.866 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q210=0. ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
Q203=10.825 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=1. ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
Q211=0. ;CAS. PRODLEVA DOLE
66 L X-6.25 Y-10. R0 FMAX M99
67 L Z61.825 FMAX
68 ; SPOT DRILLING.3
69 PLANE RESET STAY
70 ; A90. C-80.
71 ; A-90. C100.
72 M25
73 PLANE SPATIAL SPA90. SPB+0 SPC-80. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
74 M26
75 L X-6.25 Y-20. Z61.825 FMAX
76 L Z11.825 FMAX
77 CYCL DEF 200 VRTANI ~
Q200=1. ;BEZPEC. VZDALENOST ~
Q201=-0.866 ;HLOUBKA ~
Q206=Q2 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q202=0.866 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q210=0. ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
Q203=10.825 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=1. ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
Q211=0. ;CAS. PRODLEVA DOLE
78 L X-6.25 Y-20. R0 FMAX M99
79 L Z61.825 FMAX
80 ; SPOT DRILLING.4
81 PLANE RESET STAY
82 ; A-90. C80.
83 ; A90. C-100.
84 L Z450 FMAX M91
85 M25
86 PLANE SPATIAL SPA-90. SPB+0 SPC80. TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
87 M26
88 L X6.25 Y30. Z61.825 FMAX
89 L Z11.825 FMAX

```
90 CYCL DEF 200 VRTANI ~
  Q200=1. ;BEZPEC. VZDALENOST ~
  Q201=-0.866 ;HLOUBKA ~
  Q206=Q2 ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q202=0.866 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q210=0. ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
  Q203=10.825 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=1. ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
  Q211=0. ;CAS. PRODLEVA DOLE
91 L X6.25 Y30. R0 FMAX M99
92 L Z61.825 FMAX
93 M5
94 M9
95 L Z450 FMAX M91
96 PLANE RESET TURN FMAX
97 END PGM Vzor_02 MM
```


P Ř Í L O H A Č . 4**V Ý T A H Z P R O G R A M U****V z o r _ 0 3**

```
0 BEGIN PGM Vzor_03 MM
1 ; KAPINUS
2 ; 25.10.2016 16:43:18
3 ; CEVA D3X7X3Z VHM_DCF/ RU_422810
4 ; NASTROJ=CEVA D3X7X3Z VHM_DCF/ RU_422810
5 ; PRUMER= 3.000000
6 ; ZAOBLENI= 0.050000
7 L M129
8 ; CEVA D3X7X3Z VHM_DCF/ RU_422810
9 ; PROGRAM NA KONEC NÁSTROJE
10 FN 0: Q1 = 750 ; POSUV NAJEZDOVY - 100 PROCENT
11 FN 0: Q2 = 750 ; POSUV PRACOVNI - 100 PROCENT
12 TOOL CALL 1 Z S7400
13 L M126
14 L M128
15 L X0. Y0. Z100. A0. C0. FMAX
16 ; MULTI-AXIS CURVE MACHINING.1
17 M3
18 L X59.17 Y22.423 Z-10.445 A-90. C-60. FMAX
19 L X17.601 Y-1.577 A-90. C-60. FMAX
20 M8
21 L X15.869 Y-2.577 A-90. C-60. FQ1
22 L X13.689 Y1.841 Z-11.3 A-90. C-60. FQ2
.
.
.
37 L X59.17 Y22.423 A-90. C-60. FMAX
38 ; MULTI-AXIS CURVE MACHINING.2
39 L X63.271 Y0.834 Z-20.445 A-90. C-80. FMAX
40 L X16. Y-7.501 A-90. C-80. FMAX
41 L X14.03 Y-7.849 A-90. C-80. FQ1
42 L X13.493 Y-2.952 Z-21.3 A-90. C-80. FQ2
.
.
.
57 L X63.271 Y0.834 A-90. C-80. FMAX
58 ; MULTI-AXIS CURVE MACHINING.3
59 L X59.74 Y-20.856 Z-30.445 A-90. C-100. FMAX
```

Katedra technologie obrábění

Pavel Pekárek

60 L X12.469 Y-12.521 A-90. C-100. FMAX
61 L X10.5 Y-12.174 A-90. C-100. FQ1
62 L X11.67 Y-7.389 Z-31.3 A-90. C-100. FQ2
.
.
.
77 L X59.74 Y-20.856 A-90. C-100. FMAX
78 ; MULTI-AXIS CURVE MACHINING.1
79 L X-59.17 Y-22.423 Z-10.445 A-90. C120. FMAX
80 L X-17.601 Y1.577 A-90. C120. FMAX
81 L X-15.869 Y2.577 A-90. C120. FQ1
82 L X-13.689 Y-1.841 Z-11.3 A-90. C120. FQ2
.
.
.
97 L X-59.17 Y-22.423 A-90. C120. FMAX
98 ; MULTI-AXIS CURVE MACHINING.2
99 L X-63.271 Y-0.834 Z-20.445 A-90. C100. FMAX
100 L X-16. Y7.501 A-90. C100. FMAX
101 L X-14.03 Y7.849 A-90. C100. FQ1
102 L X-13.493 Y2.952 Z-21.3 A-90. C100. FQ2
.
.
.
117 L X-63.271 Y-0.834 A-90. C100. FMAX
118 ; MULTI-AXIS CURVE MACHINING.3
119 L X-59.74 Y20.856 Z-30.445 A-90. C80. FMAX
120 L X-12.469 Y12.521 A-90. C80. FMAX
121 L X-10.5 Y12.174 A-90. C80. FQ1
122 L X-11.67 Y7.389 Z-31.3 A-90. C80. FQ2
.
.
.
137 L X-59.74 Y20.856 A-90. C80. FMAX
138 M5
139 M9
140 L Z100. FMAX
141 L M129
142 END PGM Vzor_03 MM

P Ř Í L O H A Č . 5**N Á H R A D N Í P R O G R A M Č . 2**

```
0 BEGIN PGM PatekVTP M ;
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y-25 Z-25
2 BLK FORM 0.2 X+250 Y+25 Z+25
3 * - vrtani D12
4 TOOL CALL 6 Z S2000 F500
5 L X+20 Y+0 Z+50 R0 FMAX
6 M13
7 CYCL DEF 200 VRTANI
Q200=+10 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
Q201=-20 ;HLOUBKA
Q206= AUTO ; POSUV NA HLOUBKU
Q202= +10; HLOUBKA PRISUVU
Q210=+0 ;CAS. PRODLEVA NAHORE
Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU
Q204=+50 ; 2. BEZPEC. VZDALENOST
Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
8 CALL LBL 1
9 * - frezovani tvaru L
10 TOOL CALL 3 Z S3000 F200
11 M13
12 L X+20 Y+0 Z+30 R0 FMAX
13 L Z+15 R0 F200
14 L X+40
15 L Y+20
16 L Z+100 R0 FMAX
17 M2
18 LBL1
19 L X+20 Y+0 Z+30 R0 FMAX M91
20 LBL 0
21 END PGM PatekVTP MM
```

P Ř Í L O H A Č . 6
Ú P R A V A N Á H R A D N Í H O
P R O G R A M U Č . 2

```
0 BEGIN PGM VTPskorekci2 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-25 Y-25 Z-200
2 BLK FORM 0.2 X+25 Y+25 Z+0
3 * - vrtani D12
4 TOOL CALL 320 Z S2000 F500 ; vrt 12
5 PLANE SPATIAL SPA+90 SPB+0 SPC+0 TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
6 CYCL DEF 200 VRTANI ~
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q201=-25 ;HLOUBKA ~
  Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q202=+2 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
  Q203=+25 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
  Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
7 CALL LBL 1
8 * - frezovani Lka
9 TOOL CALL 9 Z S3000 F200
10 PLANE SPATIAL SPA+90 SPB+0 SPC+0 TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
11 M13
12 L X+0 Y+0 Z+30 R0 FMAX
13 L Z+23 F AUTO
14 L X+18 R0
15 L Z+23.2
16 L X+0 FMAX
17 L Z+21
18 L X+16 F AUTO
19 L Z+21.2
20 L X+0 FMAX
21 L Z+19
22 L X+14 F AUTO
23 L Z+19.2
24 L X+0 FMAX
25 L Z+17
26 L X+12 F AUTO
27 L Z+17.2
```

```
28 L X+0 FMAX
29 L Z+15
30 L X+10 F AUTO
31 L Z+15.2
32 L X+0 FMAX
33 L Z+13
34 L X+8 F AUTO
35 L Z+13.2
36 L X+0 FMAX
37 L Z+11
38 L X+6 F AUTO
39 L Z+11.2
40 L X+0 R0 FMAX
41 L Z+9
42 L X+4 F AUTO
43 L Z+9.2
44 L X+0 FMAX
45 L Z+7
46 L X+2 F AUTO
47 L Z+50 F AUTO
48 L Z+0 R0 FMAX M91
49 M5 M9
50 STOP M2
51 TOOL CALL 210 Z S3000 F200
52 PLANE SPATIAL SPA+90 SPB+0 SPC+0 TURN FMAX SEQ- TABLE ROT
53 CYCL DEF 10.0 OTACENI
54 CYCL DEF 10.1 ROT-90
55 M13
56 L X+20 Y+4 Z+50 R0 FMAX
57 L X+2 RR F AUTO
58 Z+7 FMAX
59 L X+18 Z+21 F AUTO
60 L Y+30
61 L Z+100 R0 FMAX
62 LBL 0
63 M2
64 LBL 1
65 L X+0 Y+0 Z+50 R0 FMAX M13 M99
66 LBL 0
67 END PGM VTPskorekci2 MM
```