

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Programování NC strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh metodiky tvorby NC programů pro řídicí systémy Heidenhain ve
firmě MBtech

Autor: **Filip Kutáč**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Česánek, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2014/2015

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

Jméno a příjmení: **Filip KUTÁČ**
Osobní číslo: **S14B0240K**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Programování NC strojů**
Název tématu: **Návrh metodiky tvorby NC programů pro řídicí systémy Heidenhain ve firmě MBTECH**
Zadávací 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. Analýza současného stavu řešené problematiky
2. Výběr představitele nebo představitelů pro návrh metodiky
3. Návrh metodiky pro tvorbu NC programů
4. Zpracování NC programu na vybraného představitele dle navržené metodiky
5. Zhodnocení a závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- **JANDEČKA, K. , ČESÁNEK, J. , KOŽMÍN, P. : Programování NC strojů. Plzeň: ZČU, 2000. ISBN 80-7082-694-4**
- **VRABEC, M., MÁDL, J.: NC programování v obrábění. Praha : ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03045-8**
- **VLACH, B. Obrábění na číslicově řízených strojích. Praha : SNTL, 1978**
- **Interní podklady závodu**
- **Katalogy nástrojů firem ISCAR, SANDVIK, COROMANT, PRAMET Šumperk a dalších**

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Česánek, Ph.D.**

Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Česánek, Ph.D.**

Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 20. října 2014

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady či pomoc pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu doc.Ing.Jiřímu Česánkovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady a podporu během mého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Kutáč	Jméno Filip		
STUDIJNÍ OBOR	B2341 „Programování NC strojů“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Česánek, Ph.D.	Jméno Jiří		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KTO			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh metodiky tvorby NC programů pro řídicí systémy Heidenhain ve firmě MBtech			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	50	TEXTOVÁ ČÁST	49	GRAFICKÁ ČÁST	1
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Práce je zaměřena na metodiku pro tvorbu programů pro součásti svařovacích přípravků s ohledem na strojní, nástrojové a softwarové vybavení firmy MB Tech. Metodika je tvořena v řídicím systému Heidenhain iTNC 530. Tato metodika je pak aplikována na konkrétní součást.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>obrábění, tříosé, pětiosé, Heidenhain, SL cykly, NC program, frézovací, nástroj, technologie, geometrie, obrys</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Kutáč	Name Filip	
FIELD OF STUDY	B2341 „Programming of NC Machines“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Česánek, Ph.D.	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Suggestion of methods of creating CNC programs for system Heidenhain in company MBTech		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Technology	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	--------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	50	TEXT PART	49	GRAPHICAL PART	1
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Bachelor work is focused on the methodology for creating of NC programs for components of welding preparations considering machinery, tool and software equipment of MB Tech company. It is made in control system Heidenhain iTNC 530. This methodology is applied to particular component.
KEY WORDS	machining, three-axis, five-axis, Heidenhain, SL cycles, NC program, milling tool, technology, geometry, contour

OBSAH

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	3
Úvod.....	4
1 Analýza současného stavu řešené problematiky	5
1.1 Představení firmy MBtech Bohemia s.r.o.....	5
1.2 Zhodnocení současného stavu	5
1.3 Stanovení cílů řešení.....	6
2 Výběr představitele pro návrh metodiky.....	7
2.1 Charakteristika součásti	8
2.2 Charakteristika z hlediska obrábění	9
3 Návrh metodiky pro tvorbu NC programů	10
3.1 Řídicí systém Heidenhain iTNC 530	10
3.2 Struktura programů.....	11
3.3 Technologická část	12
3.3.1 SL cykly.....	12
3.3.2 OBRYŠ cyklus 14	13
3.3.3 OBRYSOVÁ DATA cyklus 20	14
3.3.4 PŘEDVRTÁNÍ cyklus 21	15
3.3.5 HRUBOVÁNÍ cyklus 22	16
3.3.6 HLOUBKA NA ČISTO cyklus 23	17
3.3.7 DOKONČENÍ STĚN cyklus 24.....	18
3.3.8 OTEVŘENÝ OBRYŠ cyklus 25	19
3.3.9 Nájezdy a výjezdy u cyklu 25	20
3.4 Zanořování do materiálu	21
3.5 Geometrická část.....	22
3.5.1 Definice obrysu.....	22
3.6 Pětiosé dílenské programování	23
3.7 Obrobení horní plochy.....	24
3.7.1 Frézování obvodu	25
3.7.2 Frézování vybrání nebo drážek.....	26
3.8 Obrábění otvorů	26

4	Zpracování NC programu na vybraného představitele dle navržené metodiky.....	27
4.1	Nástroje použité v programech.....	27
4.2	První upnutí	28
4.2.1	Volba polotovaru.....	28
4.2.2	Volba nulového bodu	28
4.2.3	Definice obrysu z výkresu.....	29
4.2.4	Seřízení prvního upnutí	33
4.2.5	Nástroje pro první upnutí.....	33
4.2.6	Hrubování čelní plochy	35
4.2.7	Hrubování a dohrubování obvodu	35
4.2.8	Hrubování vybrání šířky 20,5 mm.....	35
4.2.9	Frézování čelní plochy na čisto	35
4.2.10	Frézování vybrání na čisto a rádiusu R2	36
4.2.11	Vrtání otvorů $\varnothing 9$ a frézování zahloubení.....	36
4.3	Druhé upnutí	37
4.3.1	Volba nulového bodu a seřízení ve svěráku	37
4.3.2	Nástroje pro druhé upnutí.....	38
4.3.3	Frézování čelní plochy	38
4.3.4	Obrobení otvorů 6H7	40
4.4	Pětiosé obrábění	41
4.4.1	Nástroje pro pětiosé obrábění	44
5	Závěr	44
	Seznam obrázků	44
	Seznam použité literatury.....	44
	Použitý software	45
	Příloha č.1: NC programy pro obrobení součásti	44
	Příloha č.2: Dílenský výkres součásti	44

Přehled použitých zkratk a symbolů

VBD	vyměnitelná břitová destička	
TK	tvrdokovový materiál	
SL	Subkontur-Liste (cykly pro obrisy)	
DXF	Drawing eXchange File (typ souboru)	
a_p	axiální hloubka řezu	(mm)
V_f	posuvová rychlost	(mm/min)
f_z	posuv na zub	(mm/zub)
V_c	řezná rychlost	(mm/min)
n	otáčky za minutu	(ot/min)

Úvod

Vývoj v oblasti výrobních strojů ve strojírenství je v současnosti z velké části dán využitím výpočetní techniky. Řízení a automatizace strojů při použití PC a příslušného softwaru zvyšuje zásadním způsobem jejich technickou hodnotu tím, že provádí rychle, přesně a spolehlivě opakované činnosti, nahrazuje člověka, tedy zvyšuje produktivitu práce. První stroje, které byly vyvinuty jako číslíkové programovatelné byly NC stroje (numerical control). Pro tyto stroje byl vyvinut programovací jazyk (kód), ve kterém programátor byl schopen zadat geometrické specifikace, rozměrové specifikace a technologické specifikace, které jsou strojem vykonávány v přesně dané posloupnosti. Prvním kódem používaným pro NC stroje byl EIA kód, který byl vyvinut počátkem padesátých let, nástupcem a standardem se stal ISO kód. Programy byly vytvářeny tzv. ručním programováním mimo stroj. Data se strojům dodávala z počátku na děrných štítcích, později na děrných páskách nebo disketách. Postupem času byl NC stroj rozšířen o počítač a takový stroj nese označení CNC (computer numerical control). To přineslo nové možnosti z hlediska programování strojů. Programy pro CNC stroj se již mohly psát přímo na dílně, proto se tomuto programování říká dílenské. Také vývoj softwaru pro tyto stroje se začal diverzifikovat. Řídicí systémy stále stojí na platformě ISO kódu, ale další funkce jako některé druhy cyklů nebo jiné podpůrné systémy pro zjednodušení programování se začaly lišit podle výrobce (Fanuc, Mazatrol, Okuma, Heidenhain). Pro zjednodušení programování výrobci přišli s možností programování ve formě dialogu, kdy programátor pouze zadá, co zamýšlí v bloku programovat a systém se postupně ptá na všechny hodnoty, které potřebuje. Velkou výhodou současných softwarových vybavení je minimalizace počtu výskytu chyb způsobených lidským faktorem, např. díky pokročilé grafické simulaci. Přesto k těmto chybám stále dochází. Jeden z důvodů je nejednotnost programování v rámci kolektivu, který se na strojích střídá, nebo pokud používají programy od jiného programátora a tento program musí modifikovat nebo přizpůsobit pro použití na jiném stroji například vzhledem k rozdílné kinematice strojů. Cílem práce je vytvořit metodiku tvorby programů v systému Heidenhain iTNC 530 pro ne příliš složité díly u kterých není možné použití parametrického programování, avšak určité prvky jsou podobné technologicky. Typickým představitelem těchto dílů jsou komponenty svařovacích přípravků.

1 Analýza současného stavu řešené problematiky

1.1 Představení firmy MBtech Bohemia s.r.o.

Firma MBtech s.r.o. se zabývá konstrukcí a výrobou forem pro tlakové lití a konstrukcí a výrobou svařovacích přípravků pro automobilový průmysl. Strojní vybavení firmy pro obrábění jsou tříosé a pětiosé CNC frézky s řídicím systémem Heidenhain iTNC 530. Formy se skládají z tvarově složitých součástí. Jejich základ tvoří tvárník a tvárnice, jejichž plochy jsou negativem vylisku. Většina částí forem se vyrábí na CNC frézkách podle modelů, které byly konstruovány v CAD systému CATIA a programů které jsou generovány v CAM systému TEBIS. Svařovací přípravky se skládají z různého množství dílů, které nejsou tvarově tak složité jako tvarové plochy u forem. Proto se tyto díly programují na dílně u stroje dle výkresové dokumentace.

1.2 Zhodnocení současného stavu

Práce je zaměřena na díly svařovacích přípravků, které jsou programovány přímo u stroje nebo na programovací stanici Heidenhain. Díly obsahují velmi často stále stejné prvky, tzn. každý díl obsahuje obvodové plochy, obrobenou horní a spodní plochu, otvory a závity a nějaký druh vybrání nebo kombinaci několika vybrání. Tyto prvky lze v iTNC 530 naprogramovat několika různými způsoby nebo metodami. S tímto nastává problém pokud program chce použít jiný operátor CNC stroje a používá jinou metodu programování. Musí v podstatě procházet celý program blok po bloku a zjišťovat, co který řádek vykonává, kam odkazuje jaké návěští pro podprogram a jakou technologii obrábění původní tvůrce programu zamýšlel. Často je program pro následného operátora tak nesrozumitelný a sugestivně nebezpečný, že se rozhodne napsat program pro díl zcela nový podle svého způsobu uvažování, aby věděl nebo předvídal, co jaká část programu bude provádět a jak se bude chovat stroj. Tím se výroba velmi prodražuje, protože při kusové nebo malosériové výrobě může tvorba programu trvat mnohem déle než samotné obrábění.

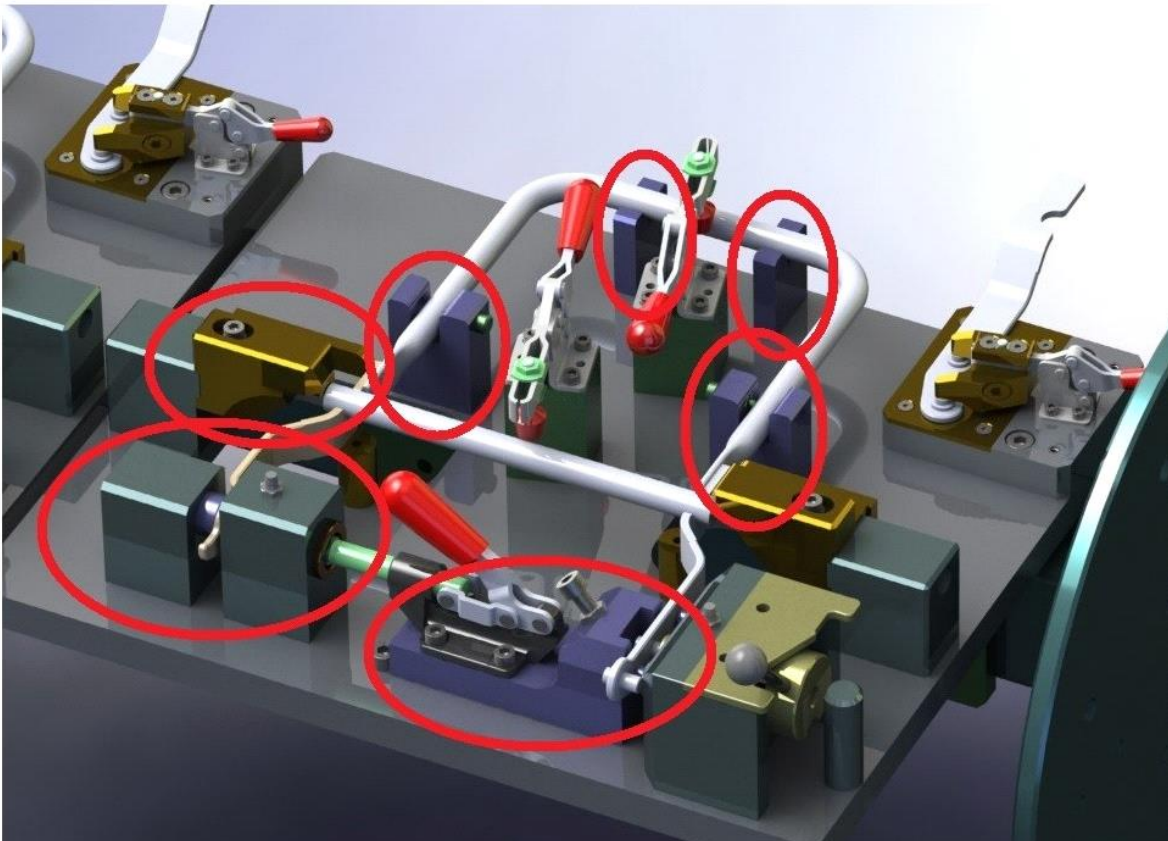
Bakalářská práce se proto bude zabývat programováním v řídicím systému Heidenhain iTNC 530 tak, aby program byl pochopitelný, předvídatelný a tento návod na programování bude použitelný na 60% produkce dílů pro svařovací přípravky ve firmě. Pro tento účel je zvolen díl, na kterém lze demonstrovat všechny jednotlivé prvky a také způsob tvorby programů v pětiosém programování, kde nastávají problémy s transformací souřadného systému a natáčení roviny obrábění.

1.3 Stanovení cílů řešení

Cílem práce je vytvořit návod na programování dílů dílenským programováním tak, aby kostra programu byla použitelná pro většinu dílů pro svařovací přípravky. Tyto díly se skládají z prvků, které se většinou opakují pouze s jinými geometrickými specifikacemi. Problematika je řešena na zvoleném představiteli, součásti svařovacího přípravku. Podstata řešení spočívá v řešení jednotlivých prvků obrábění dílů s popisem možností programování, jejich analýzou z hlediska jednoduchosti, možnosti univerzálnosti a jednoznačnosti, kde bude kladen důraz na pochopitelnost z pohledu operátorů či programátorů, kteří budou muset tento program používat v nezměněné formě nebo ho modifikovat pro jiný díl. Z jednotlivých operací bude sestaven program na zvolený díl. Poté bude sestavena pouze kostra programu, kde pomocí zadání nové kontury, zadáním nového polotovaru a zadáním poloh otvorů a závitů do jednotlivých podprogramů můžeme obrábět zcela odlišnou součást, avšak průběh programu bude stále stejný, a tím operátor může lehce předvídat, jak se bude chovat stroj a co bude následovat po aktuální operaci.

2 Výběr představitele pro návrh metodiky

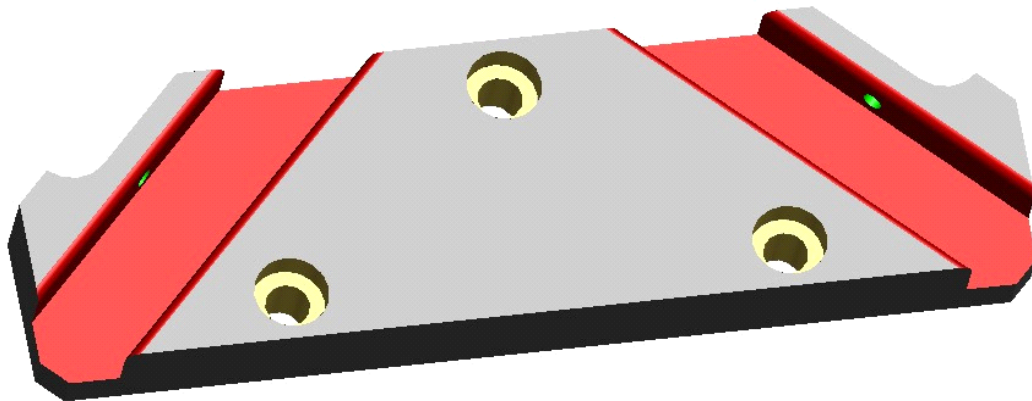
Metodika je vytvořena pro jednodušší součásti svařovacích přípravků. Příklady těchto součástí jsou označeny na obrázku 1. Metodika je rozdělena na technologickou část a geometrickou část. Pro frézování jsou používány SL cykly z důvodu jejich jednoduchosti a variability a také právě pro možnost rozdělení na technologii, což je samotný cyklus a geometrii, což je linie nebo obrys v podprogramu. Pro vrtání otvorů, závitování, vystružování atd. jsou používány příslušné cykly jako technologie a tabulka bodů PNT jako geometrie.



Obrázek 1 - svařovací přípravek[1]

2.1 Charakteristika součásti

Součást (na obrázku 2) je navržena jako komponent svařovacího přípravku pro svařování malých hranolových svařenců s maximálním průřezem upínacích částí 20mm v poloze 90°. K tomu slouží drážky šířky 20,5mm, které jsou vůči sobě orientovány v úhlu 90°, tzn. přípravek zajistí polohování a zafixování hranolových dílů svařence. Rádiusové zaoblení R2 na všech hranách drážek slouží proti deformacím hran při neopatrném manipulování se svařovanými díly. Díry $\varnothing 9$ mm se zahloubením slouží k přišroubování ke stolu. Díry $\varnothing 6H7$ jsou pro přesné upnutí více přípravků pomocí kolíků v předem dané poloze na stole. Závity M5-H6 slouží k pevnému zafixování svařovaných dílů v požadované poloze. Vybrání 8mm na obou bocích slouží právě pro tento závit. Celá součást je vyrobena s drsností Ra 12,5, pouze základna je s drsností Ra 3,2 a kolíkové díry $\varnothing 6H7$ s drsností Ra 0,8. Tento typ součásti se vyrábí v sérii 10-20 kusů měsíčně ovšem v různých variacích, kdy se mění účel dílu, například pro sváření jiných tloušťek profilů a jiných úhlů polohy svařenců vůči sobě. Tím se však mění i obvod dílu a to hlavně z důvodu zajištění kolmosti závitů M5 vůči drážkám pro svařované profily.



Obrázek 2 - zvolená součást

3 Návrh metodiky pro tvorbu NC programů

3.1 Řídicí systém Heidenhain iTNC 530

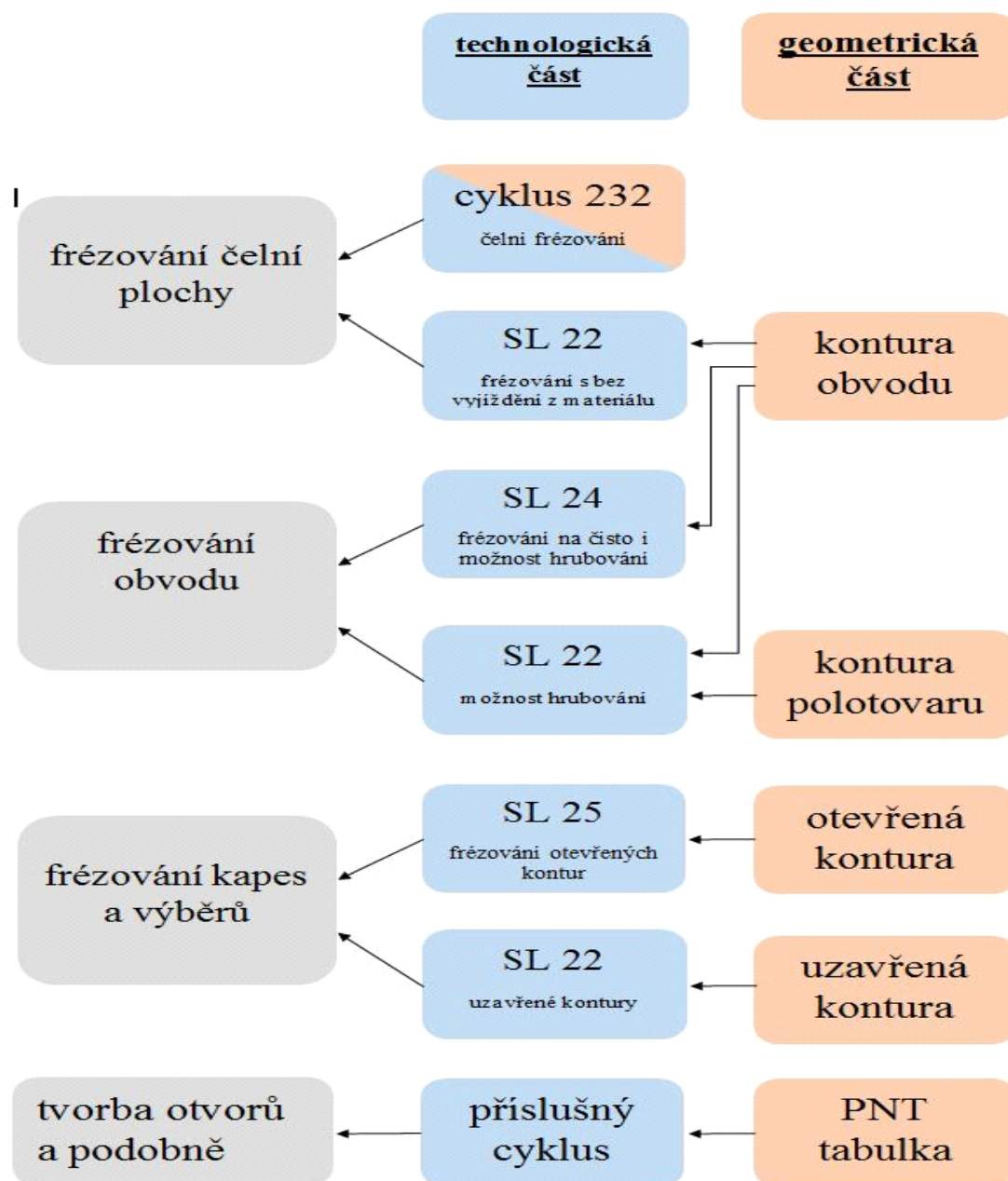
System Heidenhain iTNC 530 představuje jeden z nejmodernějších systémů řízení CNC obráběcích center s maximálně dvanácti řízenými osami. Během vývoje prošel systém mnoha vylepšeními a postupem času došlo k doplnění i zcela novými aplikacemi pro zjednodušení programování, kontrolu programu a racionalizaci programování. Jsou to zejména SL cykly, které lze aplikovat na různé druhy frézování, pokud známe konturu součásti. Dále cykly pro definici rovin pro pětiosé programování a v neposlední řadě zdokonalené cykly ze starších verzi řídicího systému. Další aplikací, která velice usnadňuje programování, je volné programování kontur FK a programování kontur z dat DXF souborů a také určování středů otvorů z dat DXF. Všechny tyto funkce budou popsány a aplikovány na konkrétním příkladu dále. System Heidenhain se velmi osvědčil zejména při dílenském programování, kdy se tvoří program dle výkresové dokumentace přímo u stroje na dílně. Ovládací panel byl rozšířen o touch pad, který umožňuje práci se soubory DXF, jako označování jednotlivých částí kontur nebo označování středů otvorů, zoomování a pohyb s výkresem ve formátu DXF. Tato metoda bude popsána dále. Pro tuto metodu je však vhodnější použít programovací stanici a klasickou myš.



Obrázek 4 - programovací stanice[3]

3.2 Struktura programů

Programy budou v zásadě rozděleny na část technologickou a na část s geometrickými specifikacemi. Technologická část bude jako hlavní program. Geometrická část bude vytvořena jako programy pouze s geometrií s vhodným názvem. Protože tyto programy budou volány svým názvem do hlavního programu, budou označovány jako podprogramy.



Obrázek 5 – diagram metodiky

3.3 Technologická část

Technologická část programu je sestavena zejména z SL cyklů u frézování, a to i pokud by bylo možno použít jiný speciálnější cyklus, jako například frézování pravoúhlých čepů či drážek. Důvodem je, že stroje ve strojovém parku firmy jsou různého stáří a některé stroje nemají novější verzi speciálních cyklů, a proto by musel být cyklus přepsán. SL cykly jsou na všech strojích ve stejné verzi, a proto mohou být programy použity na všech strojích. Pro frézování čelních ploch je v některých případech vhodnější použít cyklus frézování čela 232, který je také na všech strojích. U tohoto cyklu splývá technologie a geometrie dohromady. Při jednoosých operacích (vrtání, vystružování, závitování ...) a některých dalších cyklech, které mohou používat tabulku PNT (například frézování závitu) je jako technologická část považován konkrétní cyklus pro danou operaci. Zde jsou některé stroje vybaveny vylepšenými cykly, ale základní sadu mají stejnou. Technologická část bude tvořit hlavní program, kde budou předpřipraveny možnosti pro obrábění, a programátor si vybere části, které potřebuje. Pokud bude nutné nějaké části opakovat, zkopíruje si je.

3.3.1 SL cykly

Jako základ programování budou používány SL cykly a to zejména pro jejich univerzálnost, přehlednost a uniformitu. Pomocí SL cyklů lze naprogramovat jakýkoliv obrys a nahradit tím většinu cyklů pro frézování drážek, kapes nebo čepů. Ne vždy je jednodušší tyto cykly nahradit SL cyklem, ale pro zachování uniformity a univerzálnosti zachováme použití SL cyklů i v těchto případech.

SL cykly se skládají ze tří respektive dvou dílčích cyklů. Jsou to:

- -cyklus 14 OBRYS -v tomto cyklu jsou definovány jednotlivé obrysy jako podprogramy, zadávají se čísla podprogramů
- -cyklus 20 OBRYSOVÁ DATA-zadávají se informace pro obrábění pro cykly 21-24, pro cyklus 25 se cyklus 20 nepoužívá.
- -třetí cyklus již záleží na konkrétní technologii 21-25

Při programování je třeba brát na zřetel, že SL cyklus nemusí vždy končit na stejném místě, kde začal. Toto záleží na strojním parametru MP 7420. Pokud je bit 4=0, na konci cyklu nástroj vyjede do bezpečné výšky Q7 a pak do polohy, kde začal. Pokud je bit 4=1, pak nástroj vyjede pouze do bezpečné vzdálenosti. Proto následné souřadnice musí být absolutní a programátor musí brát zřetel na dráhu přejezdu. Dalším bezpečnostním předpokladem při použití SL cyklů je nepoužívání uživatelských parametrů Q1-Q20. Tyto parametry totiž využívají právě SL cykly pro svou definici.

3.3.2 OBRYŠ cyklus 14

V cyklu 14 lze použít až 12 dílčích obrysů. TNC rozpozná, zda se jedná o kapsu, pokud programujeme konturu ve směru hodinových ručiček s korekcí RR, nebo pokud se jedná o čep s korekcí RL. TNC ignoruje F (velikost posuvu), protože posuv je definován přímo v SL cyklu a také ignoruje M funkce. Obrys je možné také definovat pomocí funkce SEL CONTOUR. To se provede tlačítkem PGM CALL ,dále volbou soft klávesy ZVOLIT OBRYŠ a vypsáním úplného názvu programu s definovanou konturou. Dialog se ukončí tlačítkem END. Tento postup nahrazuje cyklus 14. Pokud by bylo potřeba použít více obrysů například pro cyklus 22 kdy je potřeba v kontuře vytvořit ostrůvek, je možné jednotlivé obrysy definovat pomocí obrysového vzorce. Tyto obrysy mohou být definovány jako průnik (&), sjednocení (|), sjednocení ale bez průniku (^), průnik s doplňkem (\) nebo doplněk oblasti průniku (#). Tyto funkce lze dále řetězit a kombinovat. Kapacita obrysů je omezena na 32. Vzorec je definován soft klávesou DECLARE CONTOUR kde jsou poté definovány obrysy vyvoláním příslušného programu a přiřazením čísla QC.

Například: QC1="polotovár" a QC2="obvod".

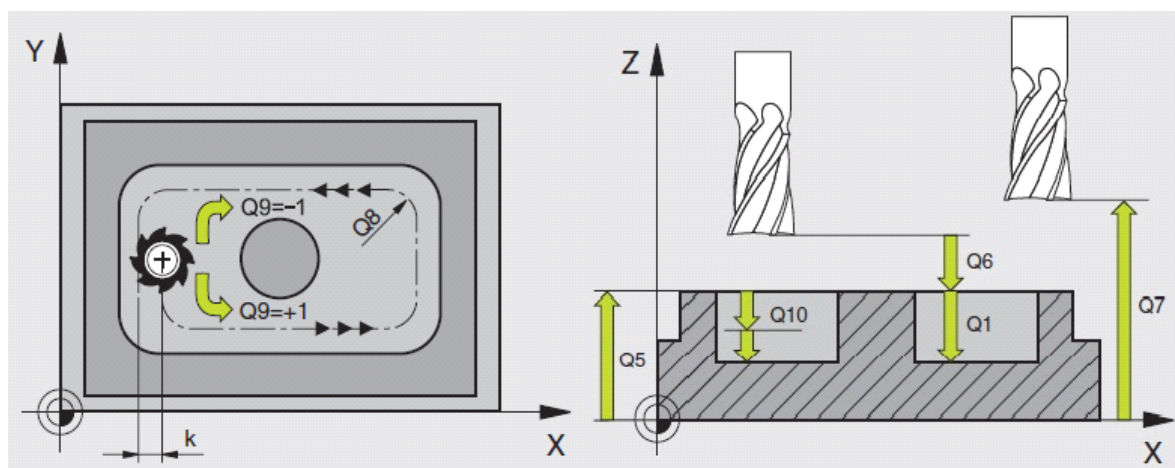
Pak již lze definovat vzorec například jako QC10 = QC1 \ QC2 což znamená průnik s doplňkem. Bude obráběna plocha mezi polotovarem a obvodem.

3.3.3 OBRYSOVÁ DATA cyklus 20

V cyklu 20 jsou zadávány rozměrové informace pro obrábění jako hloubka frézování, bezpečnostní vzdálenost a přídavky obrábění.

CYCL DEF 20 DATA OBRYSU

Q1=; HLOUBKA FREZOVANI	-inkrementální vzdálenost od souřadnice povrch
Q2=; PREKRYTI DRAHY NASTROJE	-stranový přísuv ($Q2 \times$ radius nástroje)
Q3=; PRIDAVEK PRO STRANU	-důležité zejména při použití cyklu 24 DOKONČENÍ STĚNY jako čepu, kdy nástroj o tuto hodnotu najíždí k obrysu.
Q4=; PRIDAVEK PRO DNO	-inkrementální přídavek pro dno
Q5=; SOURADNICE POVRCHU	-absolutní souřadnice povrchu
Q6=; BEZPECNOSTNI VZDALENOST	-inkrementální vzdálenost od povrchu nástroje
Q7=; BEZPECNA VYSKA	-absolutní vzdálenost od nulového bodu
Q8=; RADIUS ZAOBLENI	-radius zaoblení vnitřních rohů
Q9=; SMYSL OTACENI	-hodnota +1 pro sousledné a -1 pro nesousledné frézování. Používá se zejména při zrcadlení, kdy změnou znaménka zajistíme souslednost i u zrcadleného prvku.



Obrázek 6 - SL 20 obrysová data[3]

3.3.4 PŘEDVRTÁNÍ cyklus 21

Tento cyklus je používán pro předvrtání před hrubováním ,tedy před cyklem 22,nástrojem větším než je průměr frézovacího nástroje. Fréza pak najíždí na hloubku třísky kolmo do tohoto otvoru.

CYCL DEF 2 PŘEDVRTÁNÍ

Q10=;HLOUBKA PRISUVU

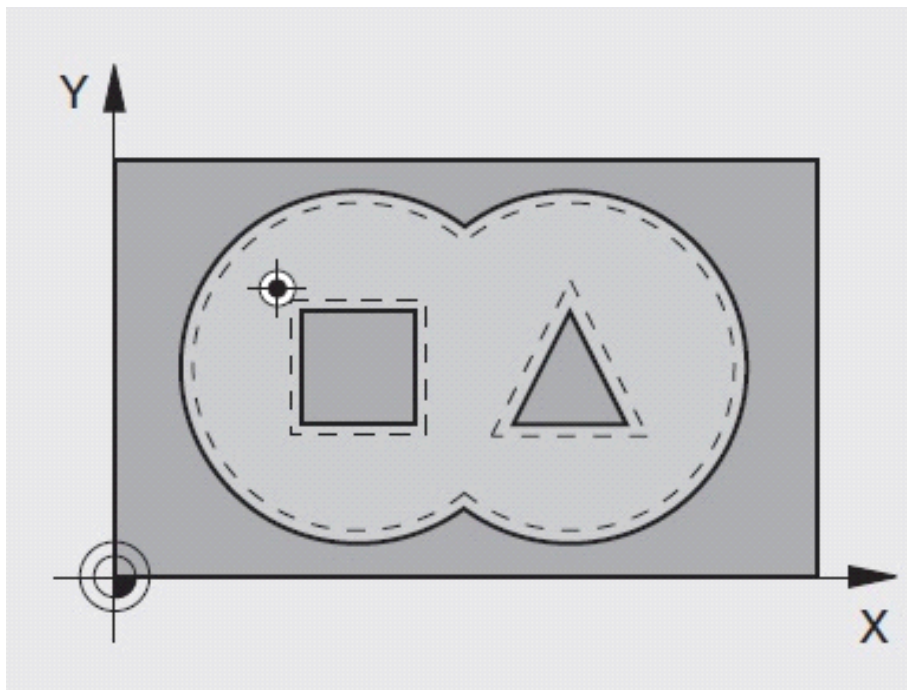
-inkrementální vzdálenost, o kterou se nástroj přisune

Q11=;POSUV PRISUVU DO HL.

-vrtací posuv

Q13=;NASTROJ VYHRUBOVANI

-číslo nástroje pro vyhrubování



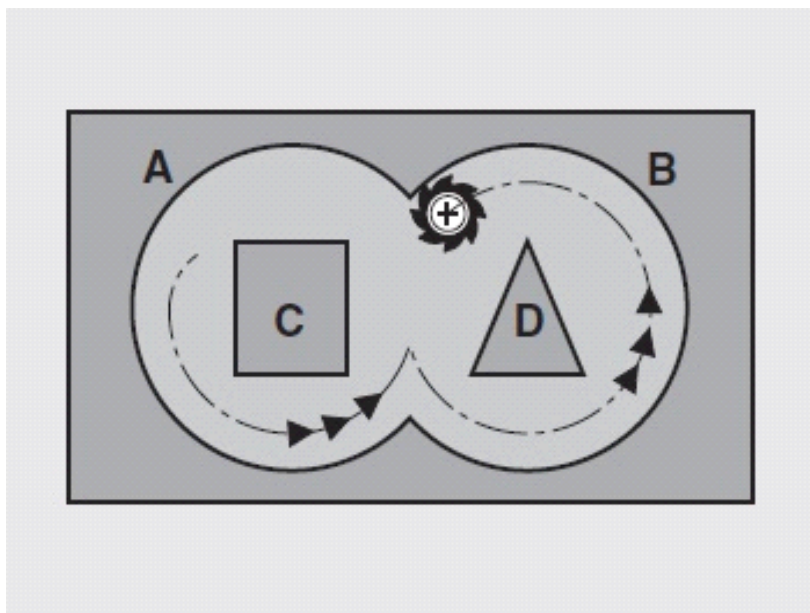
Obrázek 7 - SL cyklus 21 předvrtání[3]

3.3.5 HRUBOVÁNÍ cyklus 22

Tento cyklus se používá pro hrubování kapes a ostrůvků s uzavřeným obrysem. Lze jej také použít pro frézování na čisto a to jak stěn, tak dna nebo čela. Pro zanořování je důležité mít definováno v tabulce nástrojů LCUTS a ANGLE (délku břitu a úhel zanořování) podle konstrukce nástroje, případně tyto hodnoty optimalizovat vzhledem k obráběcím podmínkám.

CYCL DEF 22 VYHRUBOVANI

Q10=;HLOUBKA PRISUVU	-inkrementální velikost, o kterou se nástroj přisune(a_p)
Q11=;POSUV NA HLOUBKU	-posuv pro zapichování, pokud chceme nástrojem zanořovat je důležité zadat nulu, pokud bychom měli nástroj pro zanořování a nevhodný pro zapichování a neměli nastavené LCUTS a ANGLE v tabulce nástrojů, hrozí kolize a zničení nástroje.
Q12=;POSUV PRO FREZOVANI	-frézovací posuv
Q18=;PREDHRUBOVACI NASTR.	-číslo předhrubovacího nástroje
Q19= ;POSUV PENDLOVANI	-posuv pro zanořování
Q208= ;POSUV NAVRATU	-posuv při odjezdu po frézování



Obrázek 8 - SL 22 hrubování[3]

3.3.6 HLOUBKA NA ČISTO cyklus 23

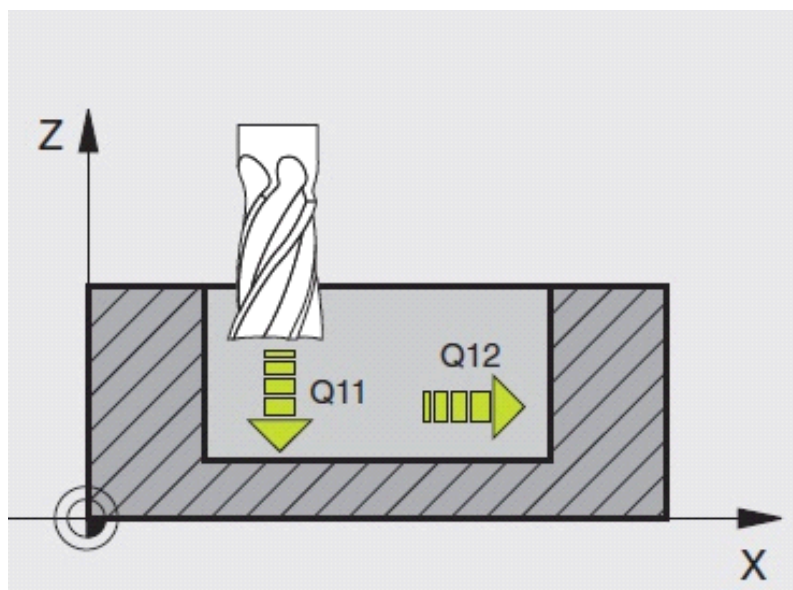
Tento cyklus se používá pro dokončování dna nebo čela (horní plochy). Při najíždění na hloubku jede po svislé tangenciální kružnici. Pokud však nemá dostatek místa, může i zapichovat, což pro některé druhy fréz může být problémové. Proto je vhodnější použít cyklus 22 (hrubování), kde nástroj zanořuje po spirále nebo kývavě.

CYCL DEF 23 HLOUBKA NA ČISTO

Q11=; POSUV PRISUVU DO HL. -rychlost nástroje při zapichování

Q12=; POSUV PRO FREZOVANI -frézovací posuv

Q208=; POSUV NAVRATU -posuv při odjezdu po frézování



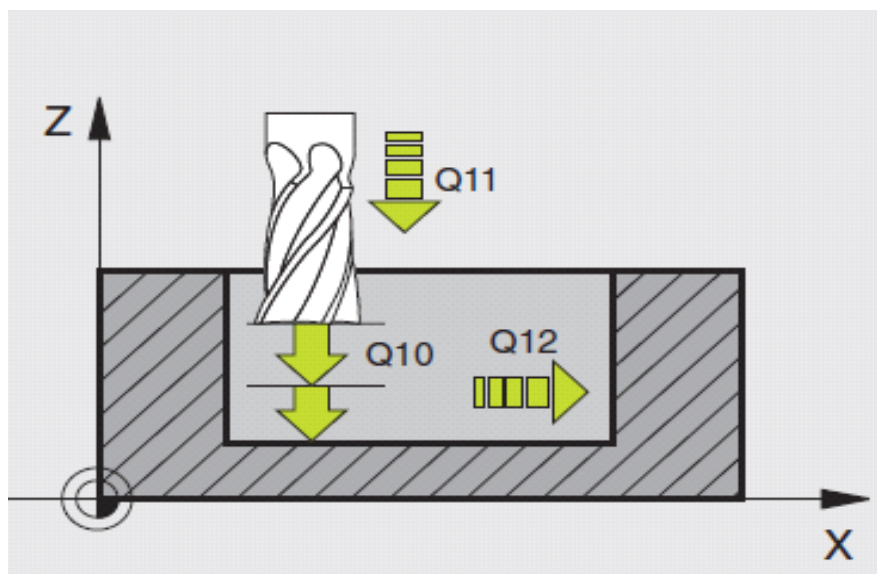
Obrázek 9 - SL 23 hloubka na čisto[3]

3.3.7 DOKONČENÍ STĚN cyklus 24

Tento cyklus se používá zejména pro frézování obvodu obrobku. Tímto cyklem lze obvod i vyhrubovat, pokud není přírůstek na obrábění neúměrně velký. V tom případě by bylo vhodnější pro hrubování použít cyklus 22 hrubování s dvěma konturami, kde jako kapsa bude polotovár, který bude větší s ohledem na průměr frézy (při pohybu ve směru hodinových ručiček s RR) a obvod obrobku jako čep (RL). Při použití cyklu 24 pro frézování obvodu je důležité v cyklu 20 správně definovat parametr Q3 (přídavek pro stranu). Tato hodnota je součet radiusu nástroje, přírůstku, který se má obrábět a bezpečné vzdálenosti pro nájezd. O tuto hodnotu pak bude nástroj najíždět před konturu.

CYCL DEF 24 DOKONCOVANI STEN

Q9=; SMYSL OTACENI	-hodnota +1 pro sousledné a -1 pro nesousledné frézování
Q10=; HLOUBKA PRISUVU	-inkrementální velikost, o kterou se nástroj přisune(a_p)
Q11=; POSUV NA HLOUBKU	-velikost posuvu do hloubky
Q12=; POSUV PRO FREZOVANI	-velikost pracovního posuvu
Q14=; PRIDAVEK PRO STRANU	-přídavek pro stranu kontury. Přídavek pro další obrábění. Důležité je nezaměnit s hodnotou Q3 z cyklu 20, kde jde o přídavek pro nájezd.



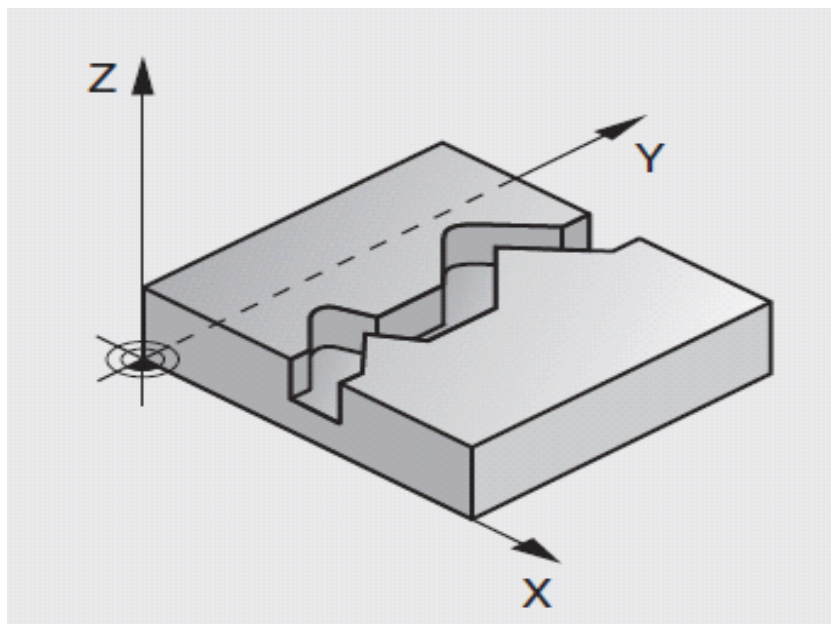
Obrázek 10 - SL 24 dokončování stěn[3]

3.3.8 OTEVŘENÝ OBRYŠ cyklus 25

Cyklus 25, na rozdíl od cyklů s uzavřeným obrysem, není potřebný cyklus 20. Při programování otevřené kontury je nutno připočítávat přídavek pro nájezd a výjezd. To lze univerzálně zajistit pomocí funkcí APPR a DEP a Q parametrů jak bude popsáno dále.

CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU

Q1=; HLOUBKA FREZOVANI	-inkrementální vzdálenost od souřadnice povrchu
Q3=; PRIDAVEK PRO STRANU	-přídavek na stěnu pro dokončení
Q5=; SOURADNICE POVRCHU	-absolutní souřadnice povrchu
Q7=; BEZPECNA VYSKA	-absolutní vzdálenost od nulového bodu
Q10=; HLOUBKA PRISUVU	-inkrementální velikost, o kterou se nástroj přisune(a_p)
Q11=; POSUV NA HLOUBKU	-velikost posuvu do hloubky
Q12=; POSUV PRO FREZOVANI	-velikost pracovního posuvu
Q15=; ZPUSOB FREZOVANI	-sousedné +1, nesousedné -1, střídavé při více přísuvech 0. Způsob frézování zůstává i při zrcadlení.



Obrázek 11 - SL 25 otevřený obrys[3]

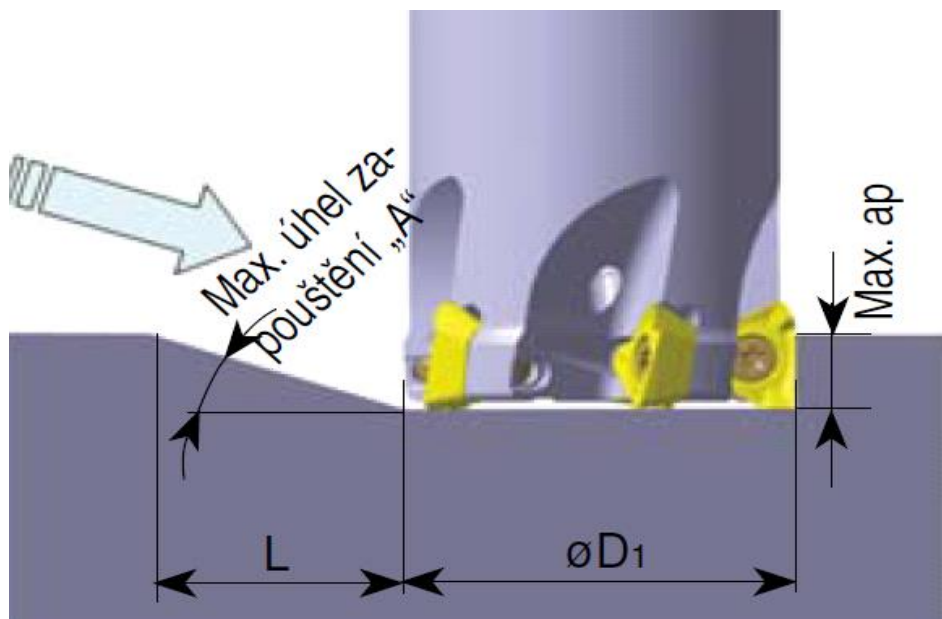
3.3.9 Nájezdy a výjezdy u cyklu 25

Při programování otevřeného obrysu tento obrys nejčastěji začíná a končí na hraně obrobku. V takovém případě by nástroj najížděl polovinou svého průměru do materiálu. Nájezd by tedy měl začínat o rádius nástroje, bezpečnostní vzdálenost a popřípadě přídavek na stěnu kde obrys začíná dříve. Výjezd je pak vhodné zakončit přejetím celého průměru nástroje z materiálu. Pro univerzálnost postupu je vhodné počítat s parametrem Q108, což je rádius nástroje zadaný v tabulce nástrojů. Nejprve si určíme parametr, který bude představovat velikost rádiusu nástroje a bezpečnostní vzdálenost. V našem případě Q50 je roven rádiusu nástroje (Q108) a bezpečnostní vzdálenosti (5 mm). Pak již možno zvolit tangenciální příjezd na první bod kontury. V našem případě s RL, délka příjezdu LEN bude Q50. Výjezd pak bude tangenciálně prodloužen o hodnotu rádiusu nástroje (Q108). Tato metoda zároveň eliminuje ztrátové časy pokud po stejném obrysu jede více nástrojů s různými rádiy.

```
9 FN 1: Q50 =+Q108 + +5
10 APPR LT X-85 Y-30 LENQ50 RL
11 L X-25 Y+30
12 DEP LT LENQ108
```

3.4 Zanořování do materiálu

Pokaždé při najíždění do řezu, když břit zajíždí do materiálu, v závislosti na obráběném materiálu je břit nástroje vystaven rázovitému zatížení. Při vyjíždění z materiálu je břit také značně namáhán, a to i tahovým nebo dokonce ohybovým namáháním, pro které nejsou VDB tak odolné jako na tlaková namáhání. [5] Proto je vhodná strategie šikmé lineární zanořování, tzv. rampování nebo kruhová interpolace. Takto najíždí na hloubku SL cyklus 22. Startovací bod je vypočítán SL cyklem, který též zvolí strategii zanořování. Tato metoda se osvědčila u frézování čelních ploch, většinou druhém upnutí. U tvarově složitých obrysů je vhodné nepřejíždět ztenčující se zbytkový materiál frézovacím nástrojem a eliminovat vibrace tohoto zbytkového materiálu. Zde je potřeba zohlednit maximální úhel zapouštění a tento zadat do tabulky nástrojů, z které poté čerpá SL cyklus.



Obrázek 12 - zanořování[2]

3.5 Geometrická část

Geometrická část je oddělena od hlavního programu s technologií do jednotlivých podprogramů. Při frézování se používají otevřené nebo uzavřené kontury. Tyto kontury jsou většinou doplněny o korekci RR nebo RL. Při použití v SL cyklu tyto údaje znamenají, na jaké straně kontury bude obráběno. Při dodržení programování uzavřených obrysů ve směru hodinových ručiček bude RR jako kapsa, RL pak jako čep. Sousednost, popřípadě nesousednost, zajišťuje při použití SL cyklu parametr Q9, resp. Q15 (smysl otáčení).

3.5.1 Definice obrysu

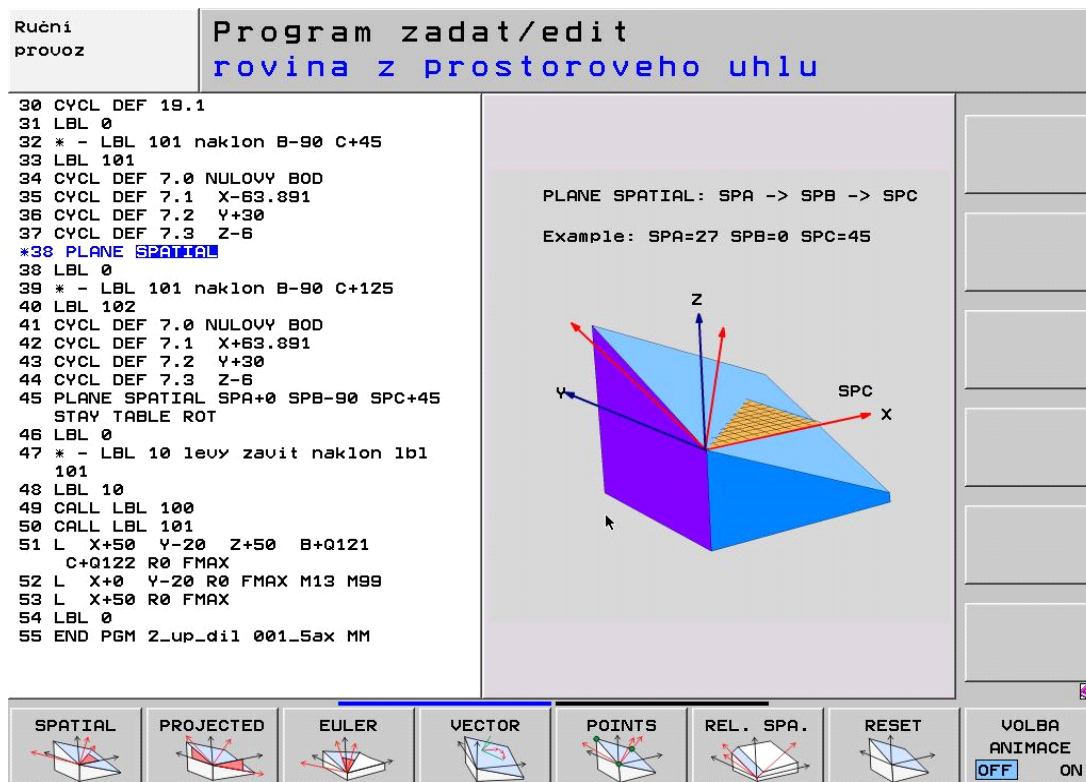
možnosti určení kontury:

- ruční vypsání jednotlivých prvků kontury
- použití volného programování kontury FK
- použití definice kontury z výkresu ve formátu DXF

Obrys lze definovat několika způsoby. Klasický způsob programování kontury je zadávání jednotlivých prvků dráhy koncovým bodem a specifikací, po jaké dráze má nástroj koncového bodu dosáhnout (přímka nebo kružnice). Pro tento způsob programování musí být výkres obrobku úplně okótován, v určitých případech si musí programátor určité vzdálenosti dopočítat ručně. To však programování zdržuje a vzniká riziko vzniku chyb. Se vzrůstající složitostí obrysů je stále složitější výkres úplně okótovat. Konstrukteři často nezakótují výkres tak, aby obrobek bylo možno naprogramovat. Druhým způsobem definice kontury je použití volného programování FK. Při použití tohoto způsobu je TNC schopen dopočítat konkrétní body kontury, pokud k tomu má dostatek informací, popřípadě nabídne několik způsobů řešení a programátor zvolí ten správný. I tento způsob má určité omezení v okótovanosti výkresu, kdy TNC nemá dostatek informací pro dopočítání kontury. Další možností je zachycení kontury z výkresu ve formátu DXF. Tento způsob je velmi efektivní a programátor není závislý na okótovanosti výkresu. Další výhodou tohoto způsobu je možnost nejen definování všech kontur a linií, ale také středů otvorů. Proto bude pro definici kontur a středů děr použito právě definice z výkresu ve formátu DXF.

3.6 Pětiosé dílenské programování

Pětiosé ruční programování je v podstatě tříosé programování v naklonené rovině obrábění. Rovina obrábění se v podstatě provádí tak, že je posunut nulový bod do vhodného bodu pro další programování v natočené rovině a poté je v tomto bodě rovina sklopena. Pro naklopení roviny lze použít cyklus 19 nebo celou škálu dalších možností, jako je například normálový vektor k rovině, určení roviny třemi body, nebo zadání jednotlivých úhlů plane spatial. Naklopení roviny je vhodné zapsat do podprogramu z důvodu přehlednosti, a pokud by naklopení bylo potřeba pro více operací. Před samotným posunutím nulového bodu a naklopením roviny obrábění je vhodné tyto transformace vynulovat, aby nedošlo k přičtení požadované transformace k nějaké předchozí nevynulované. Pro tento účel je vytvořen další podprogram pouze na nulování transformací. Po naklopení roviny obrábění se již pokračuje stejně jako u tříosého programu s přihlédnutím na příjezdy a odjezdy, kde je třeba si uvědomit, kde se nástroj bude nacházet po naklopení roviny obrábění.



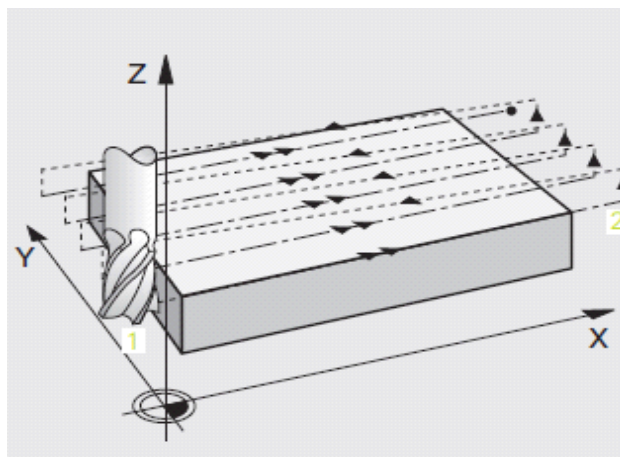
Obrázek 13 - naklopení roviny obrábění

3.7 Obrobení horní plochy

možnosti: - ruční vypsání jednotlivých drah nástroje při zohlednění průměru nástroje

- použití cyklu 232 (čelní frézování)
- použití SL cyklu 22 hrubování (tento cyklus je vhodnější než cyklus 23 dokončení dna, a to z důvodu, že cyklus 22 při najíždění na hloubku nástroj zanořuje, na rozdíl od cyklu 23, který nástroj zapichuje)

Prvním krokem je obrobení horní plochy. Při prvním upnutí je polotovar zpravidla pravoúhlého tvaru, proto je vhodnější použití cyklu 232 čelní frézování. Při druhém upnutí, kdy je již součást hotova z první strany a je potřeba odebrat zbytkový materiál z čelní plochy, často do takové hloubky za kterou byla součást upnuta při prvním obrábění. Zde nastává problém s vibracemi zbytkového materiálu. Již několikrát se stalo, že při právě této operaci se zbytkový materiál dostal pod frézu a došlo k destrukci frézovacího nástroje, v jednom případě dokonce k poškození vřetene. Proto bylo hledáno řešení tohoto problému. Jedno z nejjednodušších řešení je použít SL cyklus 22 jako technologii a obrys obvodu jako kapsu (RR při programování ve směru hodinových ručiček) s vhodným minusovým přídatkem pro stranu tak, aby nástroj nepřejížděl přes tento zbytkový materiál, ale zároveň obrobil celý povrch kusu. Pro tuto metodu musí být zvolena vhodná fréza k zanořování. Při zanořování je fréza více namáhána proto je vhodné snížit posuv na polovinu.



Obrázek 14 - cyklus 232 čelní frézování[3]

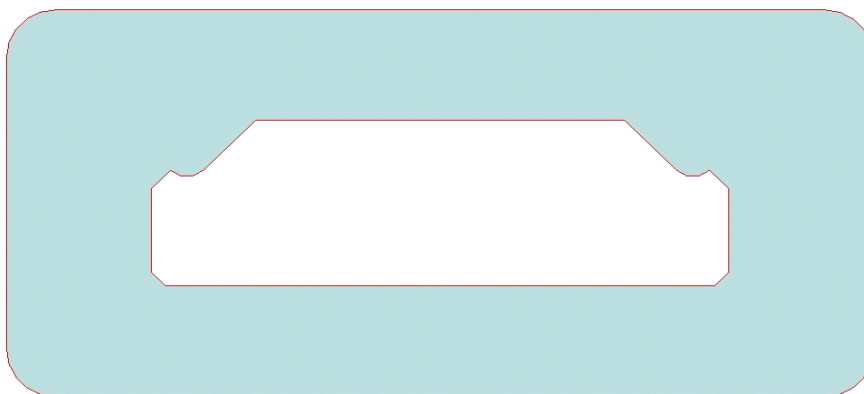
3.7.1 Frézování obvodu

možnosti : -použití opakování dráhy kontury s inkrementálním přísuvem IZ

-použití opakování dráhy kontury pomocí rozhodovacích funkcí když/ pak s Q-parametry

-použití SL cyklu 24 dokončení stěn nebo cyklu 22 pro hrubování a dohrubování

Pro frézování obvodu je vhodné použití SL cyklů z několika důvodů. Hlavní důvod je jeho univerzálnost. Obvod je téměř vždy tvořen uzavřenou konturou. Pro vytvoření obvodu je potřeba kus nejdříve vyhrubovat. Jednodušší varianta je použití cyklu 24 dokončení stěn i pro hrubování s přídavkem na stěnu. Tento způsob lze uplatnit, pokud nejsou v obvodu rádiusy příliš malé, protože v tomto cyklu nelze použít dohrubování po předchozím nástroji. Druhá varianta je použít cyklus 22 hrubování a dodáním druhého obrysu, který bude větší než obvod polotovaru a velký tak, aby mezi touto pomocnou konturou a konturou obvodu bylo dostatek místa pro frézovací nástroj. Například pomocí funkce DECLARE CONTOUR. Poté bude zvolen hrubovací nástroj s menším průměrem a budou dohrubovány místa tam, kde se první hrubovací nástroj nedostal. Pro definování předchozího nástroje je v SL cyklu 22 určen parametr Q18, který udává číslo nástroje v tabulce nástrojů. Takto je možno pokračovat dále, až bude docíleno konstantního přídavku po celém obvodu. Pro obrobení obvodu na čisto je určen SL cyklus 24 a příslušná linie obvodu.



Obrázek 15 - hrubování mezi dvěma konturami SL cyklem 22

3.7.2 Frézování vybrání nebo drážek

- možnosti :
- pro jednoduché drážky či vybrání použití odpovídajícího cyklu
 - použití opakování dráhy kontury s inkrementálním přírůvkem IZ
 - použití opakování dráhy kontury pomocí rozhodovacích funkcí když/ pak s Q-parametry
 - použití SL cyklu 24 dokončení stěn nebo cyklus 22 hrubování, popřípadě cyklu 25 otevřený obrys.

Drážky a vybrání mohou mít jak otevřený, tak uzavřený obvod. Při uzavřeném obvodu platí stejné pravidla jako u frézování obvodu. Častěji je však vybrání s neuzavřeným obrysem a pro tento druh vybrání je vhodné použít SL cyklus 25 otevřený obrys. Tento cyklus je jednodušší v definici, protože nepotřebuje cyklus 20, ale všechny technologické hodnoty jsou v cyklu 25. Tímto cyklem lze i hrubovat s tím, že jsou zadány přírůvky pro stranu a přírůvek pro dno. Pokud by bylo potřeba hrubovat na několik přírůvků do boku, pak se toto zajistí parametrem Q3 přírůvek pro stranu.

3.8 Obrábění otvorů

Pro obrábění otvorů a obecně prvků, jejichž cykly jsou závislé pouze na napolohování do jednoho bodu v rovině obrábění, je možno použít pro polohování PNT tabulku, což je tabulka bodů vygenerovaná z formátu DXF. Zde již není výhodnost tohoto postupu tak markantní jako u SL cyklů, ale zamezuje chybnému opsání souřadnice z výkresu, což je častá triviální chyba.

4 Zpracování NC programu na vybraného představitele dle navržené metodiky

4.1 Nástroje použité v programech

	název nástroje	délka břitu	f_z (mm)	v_c (m/min)	počet zubů
	Nástrčná fréza s VBD Ø 32	6	0,15	230	6
	TK stopková fréza HPC Ø 12 pro hrubování	26	0,1	180	4
	Stopková fréza s VBD Ø 16	6	0,15	230	3
	TK stopková fréza Ø 12 na čisto	26	0,1	200	4
	TK čtvrtkruhová konkávní fréza Ø 6/Ø 10	2	0,05	180	4
	TK vrták Ø 9	45	0,11	130	2
	TK stopková fréza HPC Ø 10	9,5	0,1	180	4
	TK vrták Ø 5,8	18	0,09	130	2
	HSS strojní výstružník Ø 6H7	26	0,05	15	6
	TK vrták Ø 4,6	15	0,07	130	2
	Strojní tvářecí závitník M5	15		15	

Obrázek 16 - nástroje použité v programech[4]

Hodnoty řezných rychlostí a posuvů na zub jsou zvoleny s ohledem na řezný materiál nástrojů a obráběného materiálu z katalogu WNT. [4] Tyto hodnoty je nutno optimalizovat při samotném obrábění.

4.2 První upnutí

4.2.1 Volba polotovaru

Součást je vyrobena z oceli 11 373. Jedná se o konstrukční ocel se zaručenou čistotou, zaručeným obsahem fosforu a síry a zaručenou minimální pevností v tahu, která je 370 MPa, tvrdost je maximálně 220 HB. Z těchto hodnot plyne obrobiteľnosť třídy 14b, v katalogu WNT pak jako materiál 1.2. Polotovar je válcovaná tyč 70 x 30 ČSN 425522.11-11 373.0. [6] Tyč bude rozřezána na pásové pile na délku 206mm v toleranci ± 2 mm. Dále bude ofrézována horní a spodní plocha na rozměr 27 mm pro snížení pnutí v krajních válcovaných vrstvách.

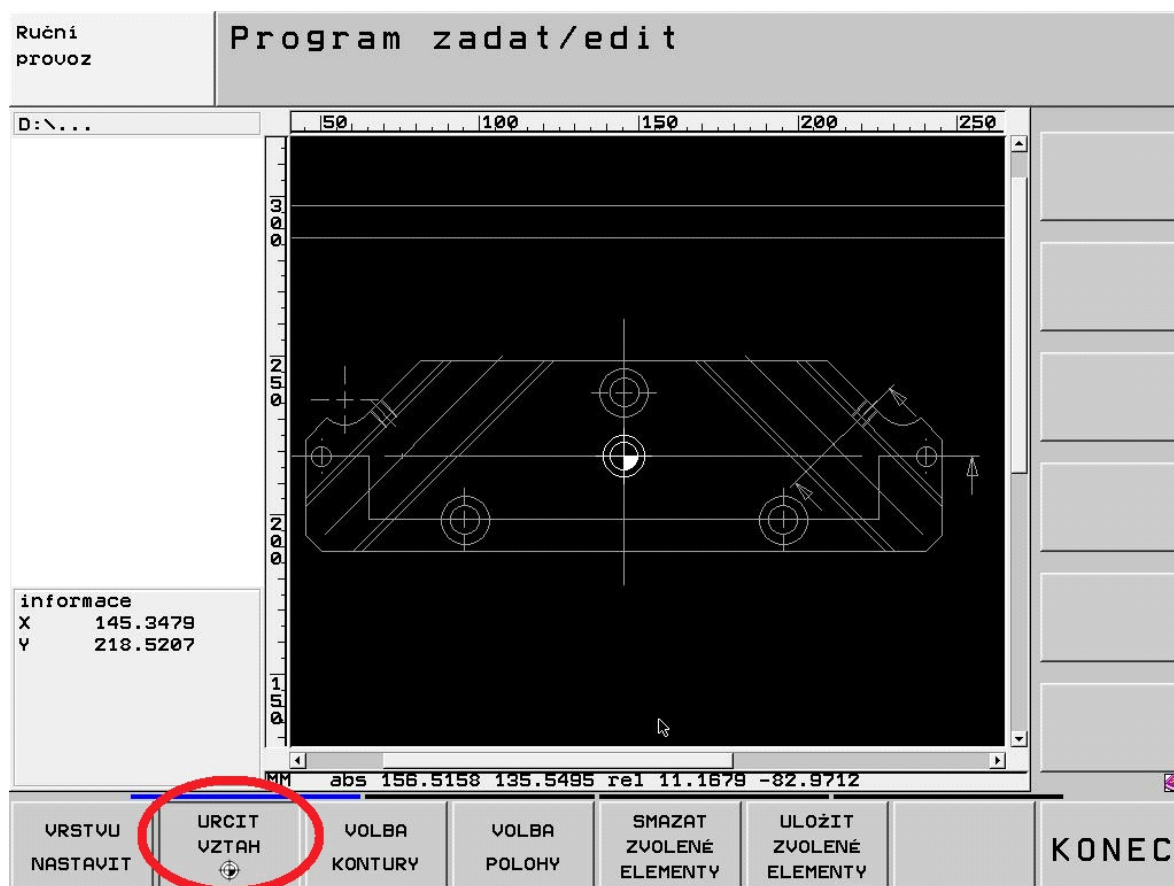
4.2.2 Volba nulového bodu

Nulový bod je vhodně zvolen tak, aby korespondoval s kótami na výkrese. Vhodná poloha v rovině XY je uprostřed součásti, na hotovém povrchu kusu, to znamená 1 mm pod povrchem polotovaru. Výhoda volby nulového bodu na střed součásti je pak také snadné najetí sondou funkci snímání středu. Příklad je pak rozložen na všechny strany rovnoměrně. Nulový bod je po té zadán i pro grafickou simulaci. První dva řádky v programu jsou určeny pro definici polotovaru pro grafický test programu. Tento je definován prostorovou úhlopříčkou. V systému Heidenhain je označován jako BLK FORM. U prvního bodu se TNC nejdříve zeptá na osu vřetena, a tím je definována rovina obrábění - nejčastěji je to rovina XY. Pak je již definován minimální bod polotovaru a v dalším bloku bod maximální. Již z BLK FORMu lze pak vidět, kde byl nulový bod zvolen. V našem případě bude BLK FORM vypadat takto:

```
1 BLK FORM 0.1    Z    X-105    Y-35    Z-24
2 BLK FORM 0.2    X+105    Y+35    Z+1
```

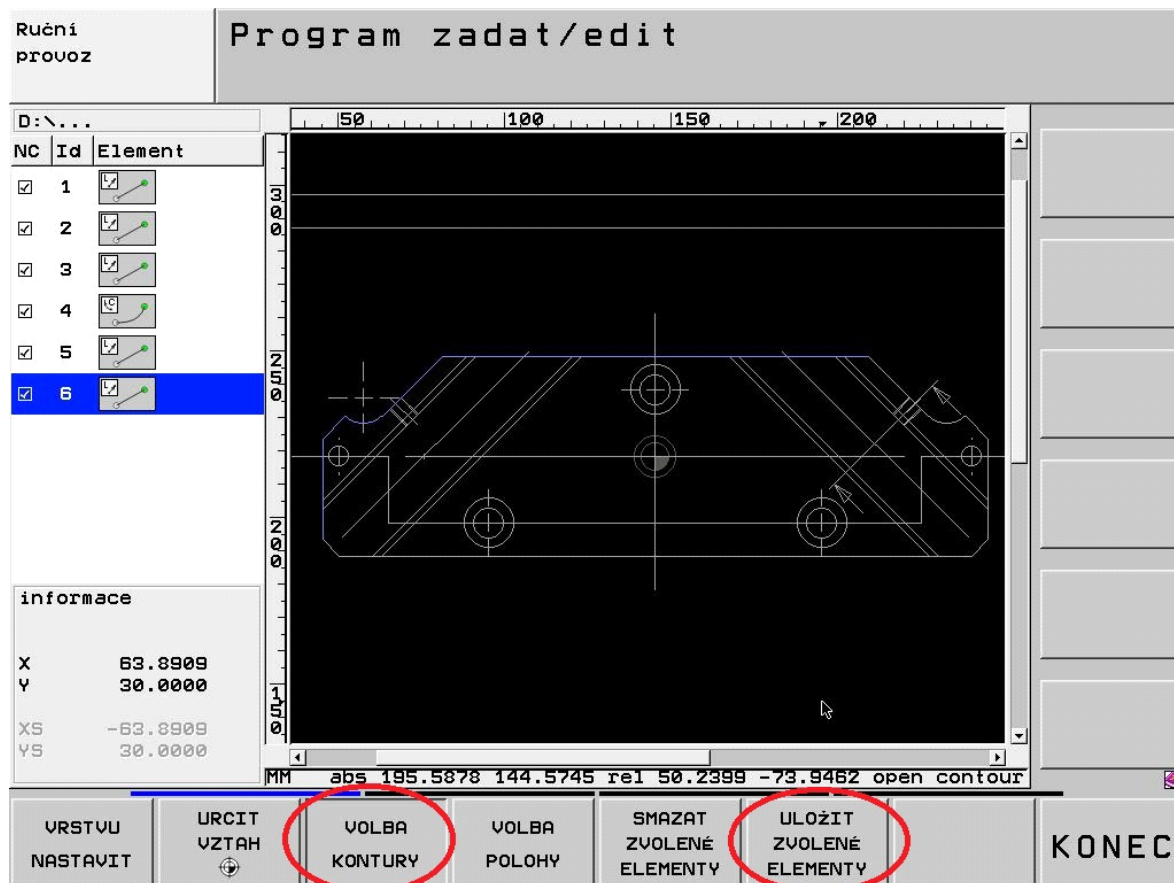
4.2.3 Definice obrysu z výkresu

V editačním módu bude otevřen DXF soubor s výkresem obráběné součásti. Nejprve je nutno definovat vztažný bod tlačítkem URCIT VZTAH. Ten musí být shodný s nulovým bodem, který jsme si zvolili pro programování, v našem případě ve středu součásti. Vzhledem k tomu, že obrysy se programují v rovině obrábění XY, vztažný bod určíme pouze v této rovině.



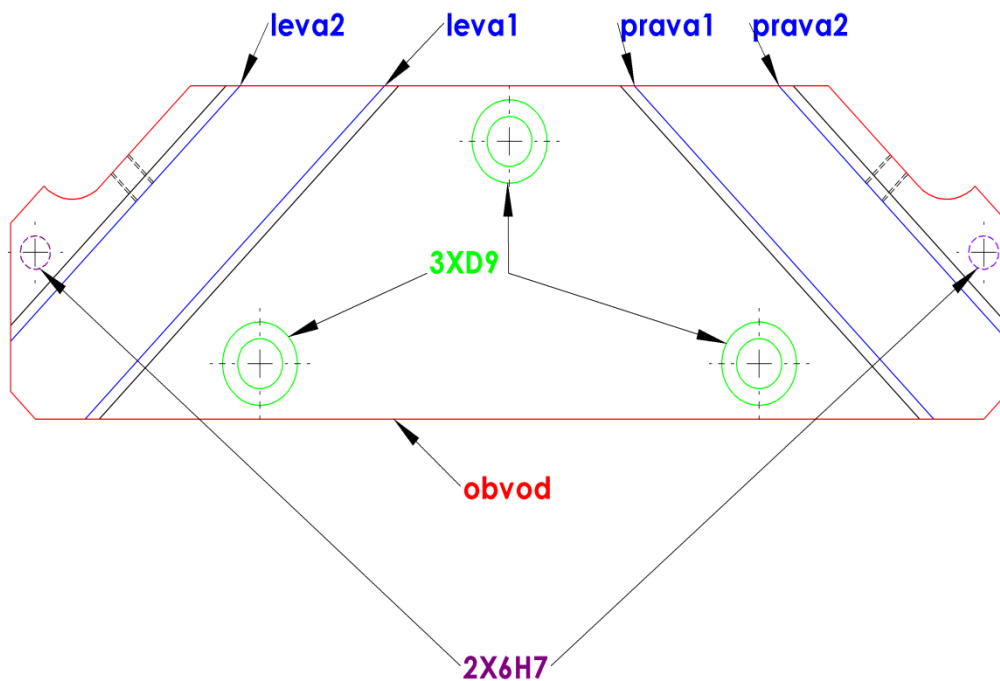
Obrázek 17 - DXF určení vztahu

Poté je již možno označovat jednotlivé prvky obrysu po zvolení tlačítka VOLBA KONTURY. Při označení je prvek zbarven modře a v levé části okna je vypsáno, zda jde o přímku L nebo o kruhový oblouk C a v informacích jsou vypsány souřadnice koncového bodu. Takto je označena celá kontura a tlačítkem ULOŽIT ZVOLENÉ ELEMENTY bude kontura uložena.

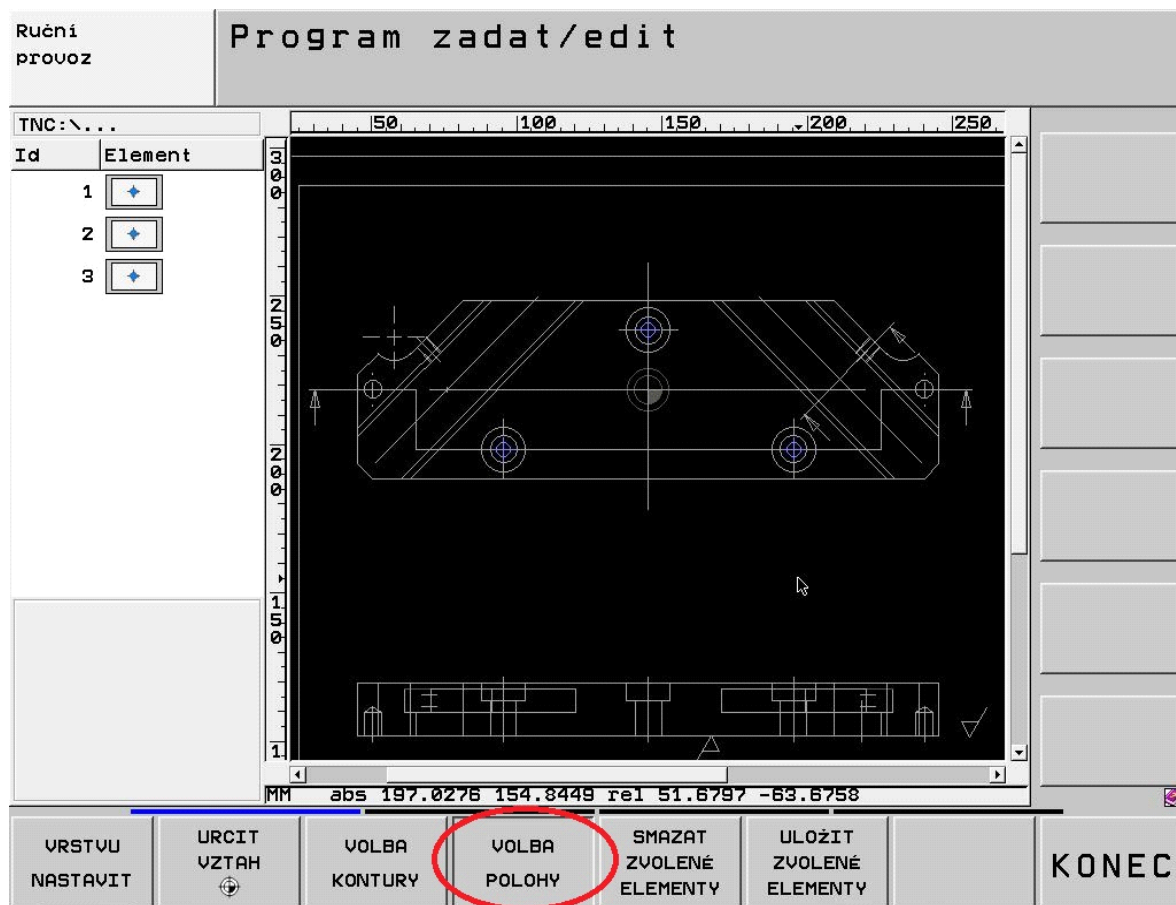


Obrázek 18 - DXF označení kontury

Pro uložení je zvolen výstižný název tak, aby pokud existuje více linií pro obrábění, bylo jasné, o kterou se jedná. V našem případě je linie nazvána OBVOD. Stejným způsobem jsou definovány i kontury drážek šířky 20,5 mm. Jsou pojmenovány jako LEVA1, LEVA2, PRAVA1, PRAVA2, kde jednička vyjadřuje, že linie je blíže ke středu součásti. Podobně jsou definovány souřadnice otvorů zvolením tlačítka VOLBA POLOHY.



Obrázek 19 - popis kontur a PNT

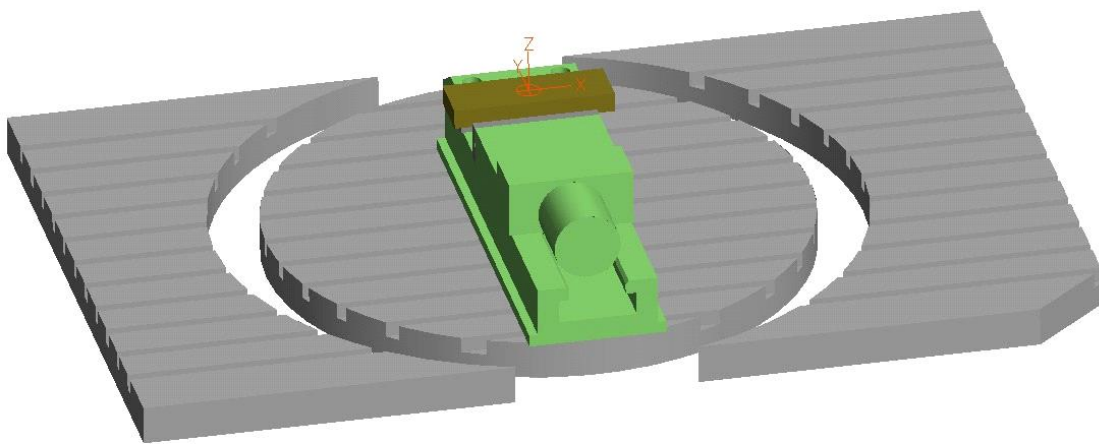


Obrázek 20 - DXF volba polohy středů otvorů

Pak po kliknutí na středy otvorů se tyto zobrazí modře. Nejprve jsou definovány 3 otvory D 9mm. Po nazvání 3xD9 je uložíme. Stejným způsobem jsou definovány otvory 6H7 a uloženy jako 2x6H7. Tím jsou definovány všechny prvky, které se vyskytují na obrobku. Pro jednodušší orientaci v názvech linií je vhodné k dokumentaci připojit obrázek.

4.2.4 Seřízení prvního upnutí

Při prvním upnutí je polotovar upnut do svěráku za 5 mm do čelistí GRIP, které mají osazení 5mm hluboké se zoubky, které se vtlačí do polotovaru. Z toho důvodu nemusí být upínací plochy ofrézovány a toto upnutí zaručuje bezpečné upnutí i pro těžší hrubování.



Obrázek 21 - první upnutí ve svěráku

4.2.5 Nástroje pro první upnutí

Velikost posuvu a otáček byly vypočteny podle vztahů:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

n = otáčky (ot/min)
 v_c = řezná rychlost (m/min)
 D = průměr nástroje (mm)

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

v_f = posuv (mm/min)
 f_z = posuv na zub (mm/zub)
 z = počet zubů
 n = otáčky (ot/min)

operace	nástroj	n (ot/min)	V_f (mm/min)	číslo v tabulce	upínač
hrubování čela	nástrčná fréza s VBD Ø32	2290	2000	T 11	nástrčný trn Ø16
hrubování obvodu	nástrčná fréza s VBD Ø32	2290	2000	T 11	nástrčný trn Ø16
dohrubování obvodu	TK stopková fréza Ø12 hrubovací	4700	1880	T 13	weldon Ø12
hrubování drážek	stopková fréza s VBD Ø16	4500	2000	T 12	weldon Ø16
čelo na čisto	nástrčná fréza s VBD Ø32	2700	1700	T 11	nástrčný trn Ø16
obvod na čisto	TK stopková fréza Ø12	5300	1800	T 14	weldon Ø12
drážky na čisto	TK stopková fréza Ø12	5300	1800	T 14	weldon Ø12
Rádus R2	TK čtvrtkruhá fréza Ø6/10	5700	1100	T 30	kleštinové pouzdro Ø10
Vrtání díry Ø9	TK vrták Ø9	4600	1000	T 9	kleštinové pouzdro Ø10
Zahloubení Ø15/6	TK stopková fréza Ø10	5700	2200	T 15	weldon Ø10

Obrázek 22 - nástroje pro první upnutí

4.2.6 Hrubování čelní plochy

Pro obrobení čelní plochy je použit cyklus 232. Je zvolena nástrčná fréza s vyměnitelnými destičkami o průměru 32 mm.

4.2.7 Hrubování a dohrubování obvodu

Pro hrubování je použit SL cyklus 24 z důvodu, že je použita fréza s vyměnitelnými destičkami o průměru 32 mm a tento průměr odebere celý materiál kolem kontury. Velikost průměru frézy však nevyhrubuje dostatečně oblouky R8. Proto je zvoleno dohrubování SL cyklem 22, kde je zvoleno obrábění mezi konturou OBVOD a konturou POLOTOVAR. Do cyklu je pak definován předchozí nástroj. Jako dohrubování je pak plocha mezi konturou OBVOD a POLOTOVAR a pouze místa, kde se předchozí nástroj kvůli svému většímu průměru nedostal. Do kontury POLOTOVAR jsou implikovány rádiusy o takové velikosti, aby TNC nenašel nedohrubovaná místa na kontuře POLOTOVAR. Rádus v kontuře POLOTOVAR musí tedy být minimálně 16 mm. Jako dohrubovací nástroj je zvolena tvrdokovová stopková fréza HPC Ø 12 mm.

4.2.8 Hrubování vybrání šířky 20,5 mm

Pro výběry je použit SL cyklus 25. V tomto cyklu není možnost zadat přídavek pro dno, proto je lepší přídavky pro dno, ale i pro stranu zadat jako DL a DR přímo do definice nástroje. Pro hrubování je použita fréza s VBD Ø 16 mm. Jako geometrie jsou použity linie LEVA 1, LEVA 2, PRAVA 1, PRAVA 2 s tím, že linie byly doplněny o univerzální nájezdy a odjezdy, viz Kapitola 3.3.9.

4.2.9 Frézování čelní plochy na čisto

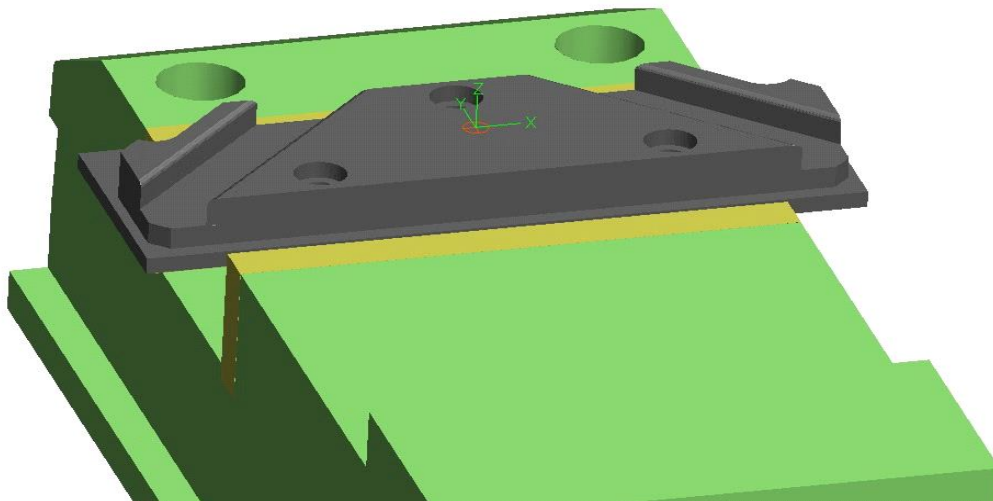
Před frézováním na čisto je vhodné kus ve svěráku povolit a utáhnout. Pokud vzniklo při hrubování v materiálu pnutí, tak tímto je eliminováno na minimum. Pak již je použit stejně jako u hrubování cyklus 232 s tím, že je upraven parametr Q386=0; KONCOVY BOD 3.OSY.

4.2.10 Frézování vybrání na čisto a rádiusu R2

Pro frézování výběrů na čisto je použit stejný SL cyklus tedy cyklus 25 a linie jako u hrubování výběrů, pouze jsou změněny technologické parametry obrábění, v tomto případě parametr Q10 ,který definuje hloubku třísky. Použita je monolitní fréza $\varnothing 12$, která je určena pro dokončování. Pro obrobení rádiusu R2 na hraně drážky je použita tvarová fréza s konkávním rádiusem, která je naměřena na menším průměru, tedy na průměru 6 mm. Proto bude hloubka obrábění 2 mm.

4.2.11 Vrtání otvorů $\varnothing 9$ a frézování zahloubení

Vrtání a obrábění zahloubení je tvořeno příslušnými cykly jako technologie a vyvolání podprogramu LBL 1. Je to z důvodu, že otvory jsou často tvořeny několika nástroji, které vykonávají svou technologickou operaci dle zadaného cyklu na stále stejných souřadnicích. Proto je vhodné pro tyto operace volit podprogram, který pak již obsahuje najetí na bezpečnou výšku, vyvolání PNT tabulky se samotnými souřadnicemi a dále příkaz k vykonání cyklů na jednotlivých souřadnicích .

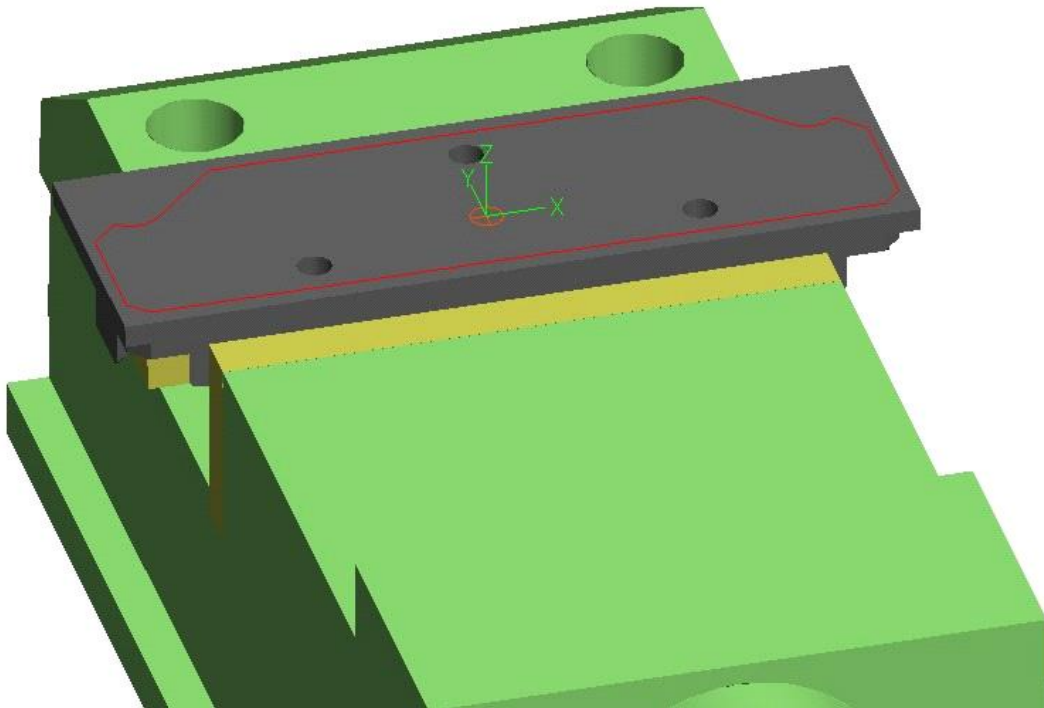


Obrázek 23 - stav po prvním upnutí

4.3 Druhé upnutí

4.3.1 Volba nulového bodu a seřízení ve svěráku

Při druhé operaci je díl upnut za již obrobene plochy do hladkých čelistí svěráku za 15 mm a podložen broušenými podložkami. Nulový bod je na horní čisté ploše kusu. V ose Z je tedy infračervenou dotykovou sondou najetý povrch podložek a vložena hodnota Z-18. Tím je nula v ose Z 18 mm nad podložkami. V rovině XY je nula na středu součásti. Nulový bod je najet dotykovou sondou od hotového obvodu s pomocí koncové měrky. Správnost najetí je zkontrolována pomocí hotových otvorů $\varnothing 9$, zda jsou na správných pozicích.



Obrázek 24 - druhé upnutí do svěráku

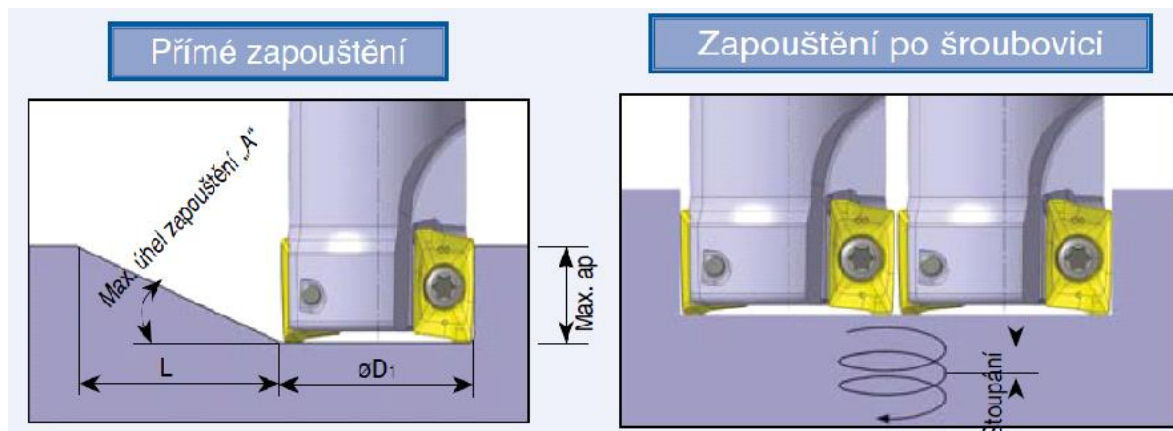
4.3.2 Nástroje pro druhé upnutí

operace	nástroj	n (ot/min)	V_f (mm/min)	číslo v tabulce	upínač
hrubování čela	nástrčná fréza s VBD $\varnothing 32$	2290	2000	T 11	nástrčný trn $\varnothing 16$
čelo na čisto	nástrčná fréza s VBD $\varnothing 32$	2700	1700	T 11	nástrčný trn $\varnothing 16$
vrtání $\varnothing 5,8$ pro 6H7	Tk vrták $\varnothing 5,8$	7100	1200	T 6	kleštinové pouzdro $\varnothing 6$
stružení 6H7	HSS strojní výstružník 6H7	795	235	T 7	kleštinové pouzdro $\varnothing 6$

Obrázek 25 - nástroje pro druhé upnutí

4.3.3 Frézování čelní plochy

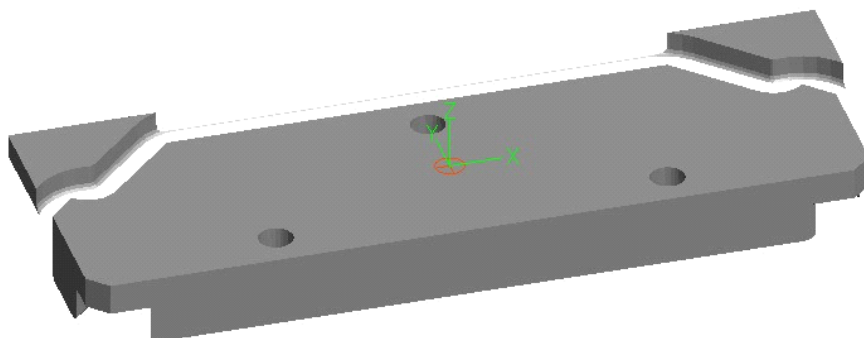
Při obrábění čelní plochy je použit SL cyklus 22. Tento cyklus je zvolen, aby nedocházelo k vibraci a možné kolizi se zbytkovým materiálem v rozích kusu. Při tomto postupu bude fréza zanořovat do materiálu, tudíž musí být k tomu konstrukčně přizpůsobena a musí být dodržen maximální úhel zanořování, který je zadán v katalogu výrobce nástrojů viz obrázek 22. Tato hodnota pak musí být definována v tabulce nástrojů jako ANGLE. Při samotném zanořování je pak vhodné snížit posuv na poloviční hodnotu. Při použití vhodného přídavku pro stranu (Q3), v tomto případě -8 mm, je docíleno obrobení celé čelní plochy bez toho, aby nástroj vyjížděl z materiálu, a zároveň zbytkový materiál zůstává dostatečně tuhý, aby se nerozvibroval. Z praxe je vyzkoušeno, že se zbytkový materiál buď vlastní vahou odlomí, nebo je odhozen frézou bez vážného poškození.



Průměr frézy (D1)	Přímé zapouštění			Zapouštění po šroubovici		
	Max. úhel A (°)	Max. ap (mm)	Min. délka (L)	Min. průměr	Max. průměr	Max. stoupání / ot
ø 10	5	5	57	13	20	0,7
ø 12	6	5	48	17	24	1,4
ø 16	4	5	72	25	32	1,7
ø 20	3	5	95	33	40	2,8
ø 25	2	5	143	43	50	1,7
ø 32	1,5	5	191	57	64	2,2
ø 40	1,2	5	239	73	80	2,2

Obrázek 26 - hodnoty pro zanořování[2]

Jako geometrie je použita kontura obvodu jako kapsy, tedy s RR. Parametr Q3 přídavek pro stranu je s ohledem na průměr frézy a členitost obvodu zvolen tak, aby byl obroben celý povrch součásti. V tomto případě je to -6 mm. Kritická místa v rozích se pak nebudou ztenčovat a následně odpadnou nebo jsou odhozeny frézou, což je lepší varianta než kdyby materiál vibroval nebo se dostal pod nástroj. Tento postup je již dostatečně otestován v praxi.



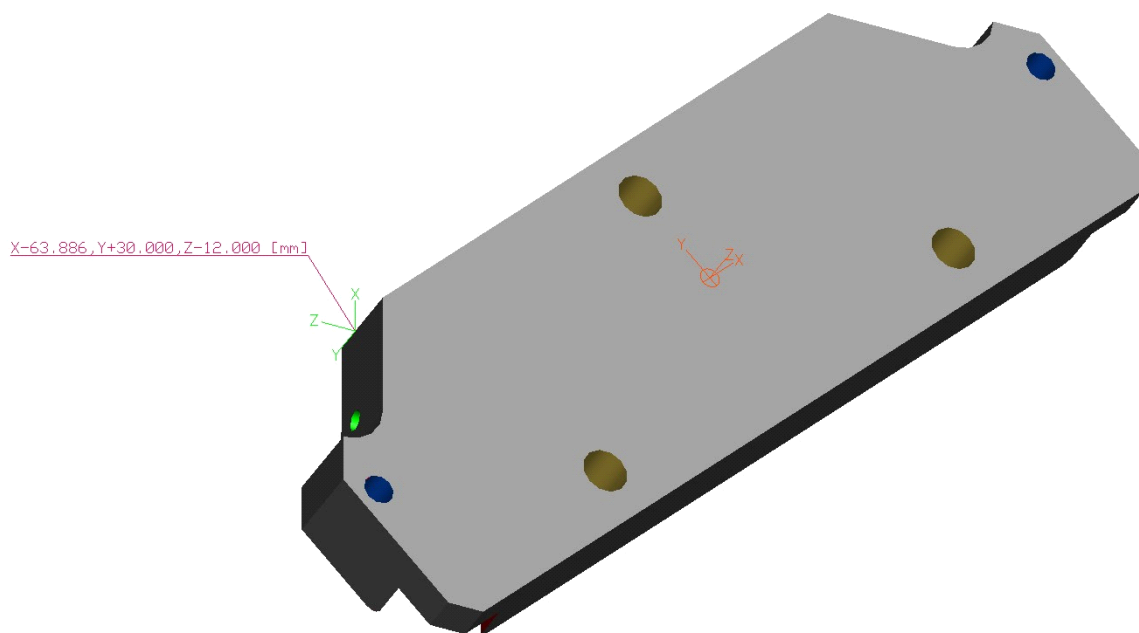
Obrázek 27 - stav po odfrézování čelní plochy

4.3.4 Obrobení otvorů \varnothing 6H7

Pro zhotovení otvorů \varnothing 6H7 platí stejná pravidla jako u vrtání otvorů v prvním upnutí viz 4.1.11. Geometrie je cyklus vrtání a cyklus vystružování a jako geometrie pak PNT tabulka.

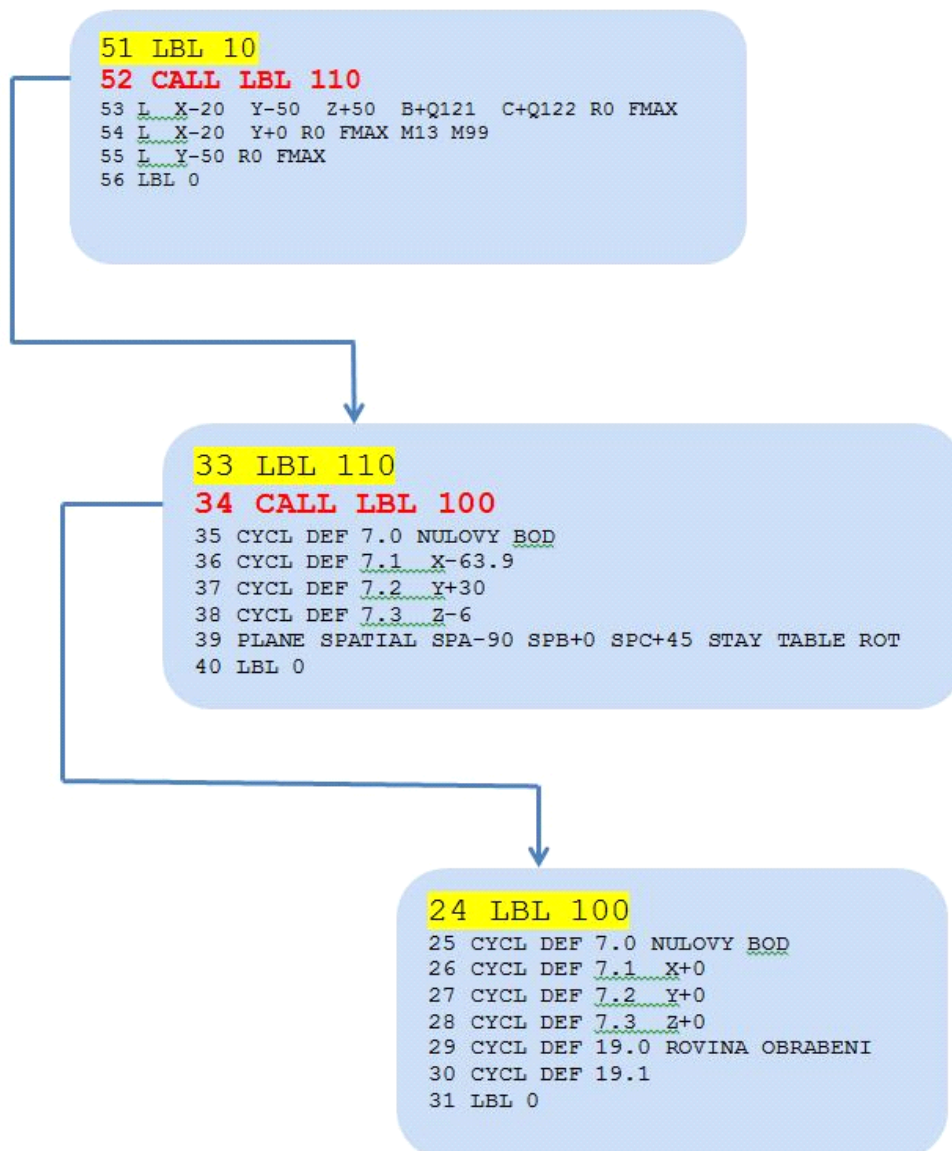
4.4 Pětiosé obrábění

Pro pětiosé obrábění je vytvořen nový program, i když je upnutí a seřízení stejné jako u druhého upnutí. Ty se však často obrábí na tříosých stojích, které jsou levnější. Pro upnutí na DMU 80 při obrábění na 90 stupňů musí být obráběný prvek minimálně 340 mm vysoko od stolu, aby byl dostatečný prostor pro naklonené vřeteno. Před samotným naklopením roviny je nulový bod posunut do výhodného a známého bodu. Poté je použita funkce PLANE SPATIAL pro naklopení. V našem případě naklonění kolem osy X, což je rotační osa A o úhel -90 stupňů, a kolem osy Z, což je rotační osa C o $+45$ stupňů



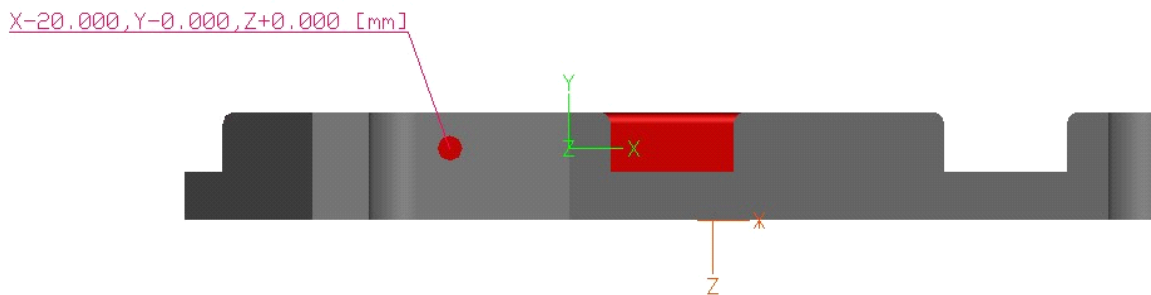
Obrázek 28 - posunutí nulového bodu

Hodnoty posunutí nulového bodu a naklopení roviny obrábění je vhodné psát do podprogramu pro použití i pro další prvky např. frézování čela. Před definicemi posunutí nulového bodu a naklopení je pak vhodné tyto parametry resetovat. K tomu slouží podprogram LBL100.



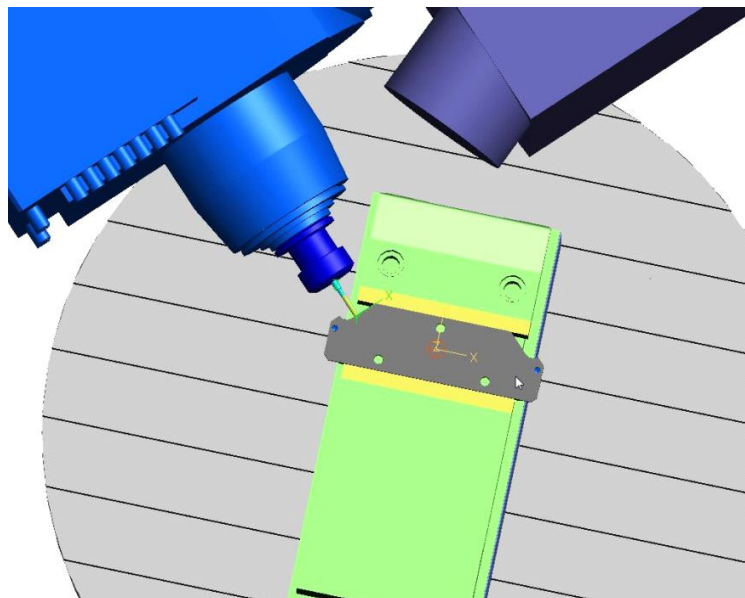
Obrázek 29 - diagram naklápění roviny obrábění

Pro fyzické vykonání naklopení jsou použity strojní parametry Q121 a Q122. Protože stroj DMU 50 nemá osu A ale pouze osu B a C naklopení se provede právě přes přepočítání na tyto parametry kde $B = Q121$ a $C = Q122$. Absenci osy A kompenzuje osa C (otočný stůl). Pak se již programuje stejně jako u tříosých programů.



Obrázek 30 - aktivní rovina při 5ax

Při nájezdech a odjezdech je nutné správně polohovat nástroj vůči nakloněnému kříži, protože nástroj se po naklopení může vyskytovat v místech hluboko v oblastech Z-.



Obrázek 31 - situace na stoji při vrtání otvoru

4.4.1 Nástroje pro pětiosé obrábění

operace	nástroj	n (ot/min)	V_f (mm/min)	číslo v tabulce	upínač
vrtání pro M5	TK vrták Ø4,6	8600	1200	T 4	kleštinové pouzdro Ø6
tváření závitů M5	tvářecí závitník M5	950	-	T 5	kleštinové pouzdro Ø6

Obrázek 32 - nástroje pro pětiosé obrábění

5 Závěr

V práci byla představena metodika tvorby programů pro součásti svařovacích přípravků pro firmu MBtech v rámci strojního a nástrojového vybavení této firmy. Metodika bude používána zejména pro nově nastupující operátory CNC strojů pro seznámení s metodami programování ne příliš složitých dílů, a dále také pro firemní uniformitu při tvorbě programů. Rozdělením tvorby programů na geometrickou a technologickou část má operátor možnost více se věnovat technologickým problémům které nastávají při obrábění. Geometrické specifikace může tvořit jiný programátor s předstihem na programovací stanici, a tím je zkrácen neproduktivní čas u stroje zadáváním obrysů ručně.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - svařovací přípravek[1].....	7
Obrázek 2 - zvolená součást.....	8
Obrázek 3 - technický výkres součásti	9
Obrázek 4 - programovací stanice[3]	10
Obrázek 5 – diagram metodiky	11
Obrázek 6 - SL 20 obrysová data[3]	14
Obrázek 7 - SL cyklus 21 předvrtání[3].....	15
Obrázek 8 - SL 22 hrubování[3]	16
Obrázek 9 - SL 23 hloubka na čisto[3]	17
Obrázek 10 - SL 24 dokončování stěn[3].....	18
Obrázek 11 - SL 25 otevřený obrys[3].....	19
Obrázek 12 - zanořování[2].....	21
Obrázek 13 - naklopení roviny obrábění.....	23
Obrázek 14 - cyklus 232 čelní frézování[3]	24
Obrázek 15 - hrubování mezi dvěma konturami SL cyklem 22	25
Obrázek 16 - nástroje použité v programech[4].....	27
Obrázek 17 - DXF určení vztahu	29
Obrázek 18 - DXF označení kontury	30
Obrázek 19 - popis kontur a PNT.....	31
Obrázek 20 - DXF volba polohy středů otvorů.....	32
Obrázek 21 - první upnutí ve svěráku	33
Obrázek 22 - nástroje pro první upnutí	34
Obrázek 23 - stav po prvním upnutí.....	36
Obrázek 24 - druhé upnutí do svěráku	37
Obrázek 25 - nástroje pro druhé upnutí.....	38
Obrázek 26 - hodnoty pro zanořování[2]	39
Obrázek 27 - stav po odfrézování čelní plochy.....	40
Obrázek 28 - posunutí nulového bodu	41
Obrázek 29 - diagram naklápění roviny obrábění	42
Obrázek 30 - aktivní rovina při 5ax	43
Obrázek 31 - situace na stoju při vrtání otvoru	43
Obrázek 32 - nástroje pro pětiosé obrábění.....	44

Seznam použité literatury

- [1] *Příručka konstruktéra* [online]. [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://strojni-konstrukce.cz/unnamed/pripravky>
- [2] *Katalog_2012-2013cz_E_frezovani* [online]. 2015 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <http://www.taegutec.cz/>
- [3] *Příručka uživatele: Popisný dialog HEIDENHAIN iTNC 530* [online]. 2005 [cit. 2011-06-09]. Dostupné z: <http://www.heidenhain.cz/>
- [4] *WNT online shop* [online]. 2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <https://www.toolingcenter.com/>
- [5] SKOPEČEK, Tomáš a . Frézovací strategie při výrobě forem a zápusťek. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Vyšlo v MM : 2005 / 5, 18.05.2005 v rubrice Trendy, **2005**(5) [cit. 2015-06-08]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/frezovaci-strategie-pri-vyrobe-form-a-zapusťek.html>
- [6] VÁVRA, Pavel a Jan LEINVEBER. *Strojnické tabulky*. Praha: SNTL, 1984. ISBN 04-232-84.

Použitý software

Tebis V3,5 R5	(obr. 15, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31)
Heidenhain iTNC530 demo	(obr. 13, 17, 18, 20)
SolidWorks 2010	(obr. 2, 3, 19)
MS Word 2013	(obr. 5, 22, 25, 29, 32)

PŘÍLOHA č. 1

NC programy pro obrobení součásti

Program pro první upnutí

```
0 BEGIN PGM 1_up_dil 001 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-105 Y-35 Z-26
2 BLK FORM 0.2 X+105 Y+35 Z+1
3 TOOL CALL 11 Z S2290 F2000 ;freza D 32 s VBD
4 * - hrubovani horni plochy
5 CYCL DEF 232 CELNI FREZOVANI ~
  Q389=+0 ;STRATEGIE ~
  Q225=-100 ;STARTBOD V 1.OSE ~
  Q226=-60 ;STARTBOD V 2.OSE ~
  Q227=+1 ;STARTBOD V 3.OSE ~
  Q386=+0.3 ;KONCOVY BOD 3. OSY ~
  Q218=+200 ;1. DELKA STRANY ~
  Q219=+120 ;2. DELKA STRANY ~
  Q202=+1 ;MAX. HLOUBKA PRISUVU ~
  Q369=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
  Q370=+1 ;MAX. PREKRYTI ~
  Q207= AUTO ;FREZOVACI POSUV ~
  Q385= AUTO ;POSUV NACISTO ~
  Q253=+1500 ;F NAPOLOHOVANI ~
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q357=+5 ;BOCNI BEZP.VZDAL. ~
  Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST
6 CYCL CALL M3 M25
7 ;
8 TOOL CALL 11 Z S2290 F2000 ;freza D 32 s VBD
9 * - hrubovani obvodu
10 SEL CONTOUR "obvod_rl"
11 CYCL DEF 20 DATA OBRYSU ~
  Q1=-20 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
  Q2=+1 ;PREKRYTI DRAHY NAST. ~
  Q3=+20 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
  Q4=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
  Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q6=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
  Q8=+0 ;RADIUS ZAOBLENI ~
  Q9=+1 ;SMYSL OTACENI
12 CYCL DEF 24 DOKONCOVANI STEN ~
  Q9=+1 ;SMYSL OTACENI ~
  Q10=-1.5 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q11=+150 ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q12=+500 ;POSUV PRO FREZOVANI ~
  Q14=+0.2 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
  Q438=+0 ;HRUBOVACI NASTROJ
13 CYCL CALL M3 M25
```

```
0 BEGIN PGM obvod_RL MM
1 L X-100 Y-25 RL
2 L X-100 Y-16.0086
3 L X-100 Y+5.2046
4 L X-93.2591 Y+11.9454
5 CC X-87.6023 Y+17.6023
6 C X-81.9454 Y+11.9454 DR+
7 L X-63.8909 Y+30
8 L X+63.8909 Y+30
9 L X+81.9454 Y+11.9454
10 CC X+87.6023 Y+17.6023
11 C X+93.2591 Y+11.9454 DR+
12 L X+100 Y+5.2046
13 L X+100 Y-13.1802
14 L X+100 Y-25
15 L X+95 Y-30
16 L X-95 Y-30
17 L X-100 Y-25
18 END PGM obvod_RL MM
```

15 TOOL CALL 13 Z S4700 F1880 ;TK freza 12 HPC

16 * -dohrubovani obvodu

17 SEL CONTOUR "hrubovani"

18 CYCL DEF 20 DATA OBRYSU ~

Q1=-20 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q2=+1 ;PREKRYTI DRAHY NAST. ~
Q3=+0.2 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q4=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q6=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q8=+0 ;RADIUS ZAOLENI ~
Q9=+1 ;SMYSL OTACENI

19 CYCL DEF 22 VYHRUBOVANI ~

Q10=-3 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11=+150 ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12=+500 ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q18=+32 ;PREDHRUBOVACI NASTR. ~
Q19=+1000 ;POSUV PENDLOVANI ~
Q208=+99999 ;POSUV NAVRATU ~
Q401=+100 ;FAKTOR POSUVU ~
Q404=+1 ;ZPUSOB ZACISTENI

20 CYCL CALL M3 M25

21 ;

22 TOOL CALL 12 Z S4500 F2000 DL+0.2 DR+0.2 ;

freza D16 s VBD

23 * - hrubovani drazek 20.5 leva

24 SEL CONTOUR "leva1"

25 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~

Q1=-10 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q10=-1 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI

26 CYCL CALL M3 M25

27 SEL CONTOUR "leva2"

28 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~

Q1=-10 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q10=-1 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI

29 CYCL CALL M3 M25

30 ;

31 * - hrubovani drazek 20.5 prava

32 SEL CONTOUR "prava1"

33 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~

Q1=-10 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~

0 BEGIN PGM HRUBOVANI MM
1 DECLARE CONTOUR QC1 =
"POLOTOVAR"
2 DECLARE CONTOUR QC2 = "OBVOD"
3 QC3 = QC1 \ QC2
4 END PGM HRUBOVANI MM

0 BEGIN PGM POLOTOVAR MM
1 L X+0 Y+70
2 L X+150
3 RND R17
4 L Y-70
5 RND R17
6 L X-150
7 RND R17
8 L Y+70
9 RND R17
10 L X+0 Y+70
11 END PGM POLOTOVAR MM

0 BEGIN PGM obvod MM
1 L X-100 Y-25
2 L X-100 Y-16.0086
3 L X-100 Y+5.2046
4 L X-93.2591 Y+11.9454
5 CC X-87.6023 Y+17.6023
6 C X-81.9454 Y+11.9454 DR+
7 L X-63.8909 Y+30
8 L X+63.8909 Y+30
9 L X+81.9454 Y+11.9454
10 CC X+87.6023 Y+17.6023
11 C X+93.2591 Y+11.9454 DR+
12 L X+100 Y+5.2046
13 L X+100 Y-13.1802
14 L X+100 Y-25
15 L X+95 Y-30
16 L X-95 Y-30
17 L X-100 Y-25
18 END PGM obvod MM

0 BEGIN PGM leva1 MM
1 FN 1: Q50 =+Q108 ++5
2 APPR LT X-85 Y-30 LENQ50 RL
3 L X-85 Y-30
4 L X-25 Y+30
5 DEP LT LENQ50
6 END PGM leva1 MM

0 BEGIN PGM leva2 MM
1 FN 1: Q50 =+Q108 ++5
2 APPR LT X-53.9914 Y+30 LENQ50 RL
3 L X-53.9914 Y+30
4 L X-100 Y-16.0086
5 DEP LT LENQ50
6 END PGM leva2 MM

0 BEGIN PGM prava1 MM
1 FN 1: Q50 =+Q108 ++5
2 APPR LT X+25 Y+30 LENQ50 RL
3 L X+25 Y+30
4 L X+85 Y-30
5 DEP LT LENQ50
6 END PGM prava1 MM


```

Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q10=-1 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
34 CYCL CALL M3 M25
35 SEL CONTOUR "prava2" →
36 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~
Q1=-10 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q10=-1 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
37 CYCL CALL M3 M25
38 ;
39 TOOL CALL 11 Z S2700 F1700 ;freza D 32 s VBD
40 * - horni plocha na cisto
41 CYCL DEF 232 CELNI FREZOVANI ~
Q389=+0 ;STRATEGIE ~
Q225=-100 ;STARTBOD V 1.OSE ~
Q226=-60 ;STARTBOD V 2.OSE ~
Q227=+1 ;STARTBOD V 3.OSE ~
Q386=+0 ;KONCOVY BOD 3. OSY ~
Q218=+200 ;1. DELKA STRANY ~
Q219=+120 ;2. DELKA STRANY ~
Q202=+1 ;MAX. HLOUBKA PRISUVU ~
Q369=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
Q370=+1 ;MAX. PREKRYTI ~
Q207= AUTO ;FREZOVACI POSUV ~
Q385= AUTO ;POSUV NACISTO ~
Q253=+1500 ;F NAPOLOHOVANI ~
Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
Q357=+5 ;BOCNI BEZP.VZDAL. ~
Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST
42 CYCL CALL M3 M25
43 ;
44 TOOL CALL 14 Z S5300 F1800 ;TK freza D12 na cisto
45 * - obvod na cisto
46 SEL CONTOUR "obvod_RL"
47 CYCL DEF 20 DATA OBRYSU ~
Q1=-19 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q2=+1 ;PREKRYTI DRAHY NAST. ~
Q3=+10 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q4=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q6=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q8=+0 ;RADIUS ZAOBLENI ~
Q9=+1 ;SMYSL OTACENI
48 CYCL DEF 24 DOKONCOVANI STEN ~
Q9=+1 ;SMYSL OTACENI ~
Q10=-6.5 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q14=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU
49 CYCL CALL M3 M25
0 BEGIN PGM prava2 MM
1 FN 1: Q50 =+Q108 + +5
2 APPR LT X+100 Y-16.0086 LENQ50 RL
3 L X+100 Y-16.0086
4 L X+53.9914 Y+30
5 DEP LT LENQ50
6 END PGM prava2 MM

```

51 TOOL CALL 14 Z S5300 F2100 ;TK freza D12 na cisto
 52 * - drazka 20.5 leva na cisto
 53 SEL CONTOUR "leva1"
 54 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~
 Q1=-10 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
 Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
 Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
 Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
 Q10=-10 ;HLOUBKA PRISUVU ~
 Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
 Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
 Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
 55 CYCL CALL M3 M25
 56 SEL CONTOUR "leva2"
 57 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~
 Q1=-10 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
 Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
 Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
 Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
 Q10=-10 ;HLOUBKA PRISUVU ~
 Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
 Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
 Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
 58 CYCL CALL M3 M25
 59 ;
 60 * - drazka 20.5 prava na cisto
 61 SEL CONTOUR "prava1"
 62 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~
 Q1=-10 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
 Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
 Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
 Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
 Q10=-10 ;HLOUBKA PRISUVU ~
 Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
 Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
 Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
 63 CYCL CALL M3 M25
 64 SEL CONTOUR "prava2"
 65 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~
 Q1=-10 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
 Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
 Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
 Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
 Q10=-10 ;HLOUBKA PRISUVU ~
 Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
 Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
 Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
 66 CYCL CALL M3 M25
 67 ;
 68 TOOL CALL 30 Z S5700 F1100 ;tvarova freza D10/6 R2
 69 * - radiusy R2 leve
 70 SEL CONTOUR "leva1"
 71 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~
 Q1=-2 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
 Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
 Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
 Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
 Q10=-2 ;HLOUBKA PRISUVU ~
 Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
 Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
 Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
 72 CYCL CALL M3 M25
 73 SEL CONTOUR "leva2"
 74 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~

```

Q1=-2 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
Q10=-2 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
75 CYCL CALL M3 M25
76 ;
77 * - radiusy R2 prave
78 SEL CONTOUR "prava1"
79 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~
  Q1=-2 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
  Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
  Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
  Q10=-2 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
  Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
80 CYCL CALL M3 M25
81 SEL CONTOUR "prava2"
82 CYCL DEF 25 LINIE OBRYSU ~
  Q1=-2 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
  Q3=+0 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
  Q5=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
  Q10=-2 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q11= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
  Q15=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
83 CYCL CALL M3 M25
84 ;
85 TOOL CALL 9 Z S4600 F1000 ;vrt D9
86 CYCL DEF 200 VRTANI ~
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q201=-25 ;HLOUBKA ~
  Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q202=+9 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=+100 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
  Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
87 CALL LBL 1
88 ;
89 TOOL CALL 15 Z S5700 F2200 ;fr D10 hpc 4zuby
  zahloubeni 15/6
90 CYCL DEF 208 FREZOVANI DIRY ~
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q201=-6 ;HLOUBKA ~
  Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q334=+1 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=+100 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
  Q335=+15 ;ZADANY PRUMER ~
  Q342=+9 ;PRUMER PREDVRTANI ~
  Q351=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI
91 CALL LBL 1
92 L X+0 Y+200 R0 FMAX M2
93 * - LBL 1 otvory D9/D14
99 END PGM 1_up_dil 001 MM

```

```

94 LBL 1
95 L Z+100 R0 FMAX
96 SEL PATTERN "3XD9"
97 CYCL CALL PAT FMAX
  M13
  98 LBL 0

```

NR	X	Y	Z	FADE	CLEARAN
0	-50	-20	+0	N	-
1	+0	+20	+0	N	-
2	+50	-20	+0	N	-

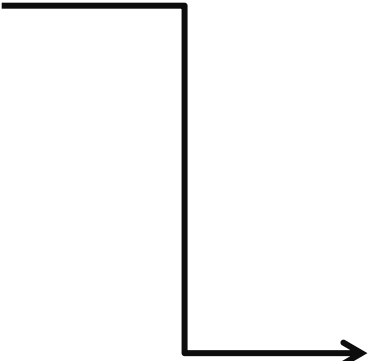
```

[BEGIN 3XD9 .PNT MM
[END]

```

Program pro druhé upnutí

```
0 BEGIN PGM 2_up_dil_001 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-105 Y-35 Z-18
2 BLK FORM 0.2 X+105 Y+35 Z+8
3 TOOL CALL 11 Z S2290 F2000 ;freza D 32 s VBD
4 * - hrubovani horni plochy
5 SEL CONTOUR "obvod_RR"
6 CYCL DEF 20 DATA OBRYSU ~
  Q1=-8 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
  Q2=+1 ;PREKRYTI DRAHY NAST. ~
  Q3=-8 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
  Q4=+0.2 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
  Q5=+8 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q6=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
  Q8=+0 ;RADIUS ZAOBLENI ~
  Q9=+1 ;SMYSL OTACENI
7 CYCL DEF 22 VYHRUBOVANI ~
  Q10=-1.5 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q11=+0 ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
  Q18=+0 ;PREDHRUBOVACI NASTR. ~
  Q19= AUTO ;POSUV PENDLOVANI ~
  Q208= MAX ;POSUV NAVRATU ~
  Q401=+50 ;FAKTOR POSUVU ~
  Q404=+0 ;ZPUSOB ZACISTENI
8 CYCL CALL M3 M25
9 ;
10 * - horni plocha na cisto
11 TOOL CALL 11 Z S2700 F1700 ;freza D 32 s VBD
12 SEL CONTOUR "obvod_RR"
13 CYCL DEF 20 DATA OBRYSU ~
  Q1=-1 ;HLOUBKA FREZOVANI ~
  Q2=+1 ;PREKRYTI DRAHY NAST. ~
  Q3=-8 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
  Q4=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
  Q5=+1 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q6=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q7=+50 ;BEZPECNA VYSKA ~
  Q8=+0 ;RADIUS ZAOBLENI ~
  Q9=+1 ;SMYSL OTACENI
14 CYCL DEF 22 VYHRUBOVANI ~
  Q10=-1.5 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q11=+0 ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q12= AUTO ;POSUV PRO FREZOVANI ~
  Q18=+0 ;PREDHRUBOVACI NASTR. ~
  Q19= AUTO ;POSUV PENDLOVANI ~
  Q208= MAX ;POSUV NAVRATU ~
  Q401=+50 ;FAKTOR POSUVU ~
  Q404=+0 ;ZPUSOB ZACISTENI
15 CYCL CALL M3 M25
16 ;
17 TOOL CALL 6 Z S7100 F1200 ;vrt-5.8-tk
18 CYCL DEF 200 VRTANI ~
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q201=-8.5 ;HLOUBKA ~
```



```
0 BEGIN PGM obvod_RR MM
1 L X-100 Y-25 RR
2 L X-100 Y-16.0086
3 L X-100 Y+5.2046
4 L X-93.2591 Y+11.9454
5 CC X-87.6023 Y+17.6023
6 C X-81.9454 Y+11.9454 DR+
7 L X-63.8909 Y+30
8 L X+63.8909 Y+30
9 L X+81.9454 Y+11.9454
10 CC X+87.6023 Y+17.6023
11 C X+93.2591 Y+11.9454 DR+
12 L X+100 Y+5.2046
13 L X+100 Y-13.1802
14 L X+100 Y-25
15 L X+95 Y-30
16 L X-95 Y-30
17 L X-100 Y-25
18 END PGM obvod_RR MM
```

```

Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
Q202=+6 ;HLOUBKA PRISUVU ~
Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
Q204=+100 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
19 CALL LBL 1
20 ;
21 TOOL CALL 7 Z S795 F235 ;vystruzeni-6h7
22 CYCL DEF 201 VYSTRUZOVANI ~
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q201=-8 ;HLOUBKA ~
  Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE ~
  Q208=+200 ;POSUV NAVRATU ~
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=+100 ;2. BEZPEC.VZDALENOST
23 CALL LBL 1
24 L Z+200 R0 FMAX
25 L X+0 Y+200 R0 FMAX M2
26 LBL 1
27 L Z+100 R0 FMAX M13
28 SEL PATTERN "2x6H7"
29 CYCL CALL PAT FMAX
30 LBL 0
31 END PGM 2_up_dil 001 MM

```

NR	X	Y	Z	FADE CLEARANCE
0	-95	+0	+0	N -
1	+95	+0	+0	N -

EGIN 2x6H7 .PNT MM
[END]

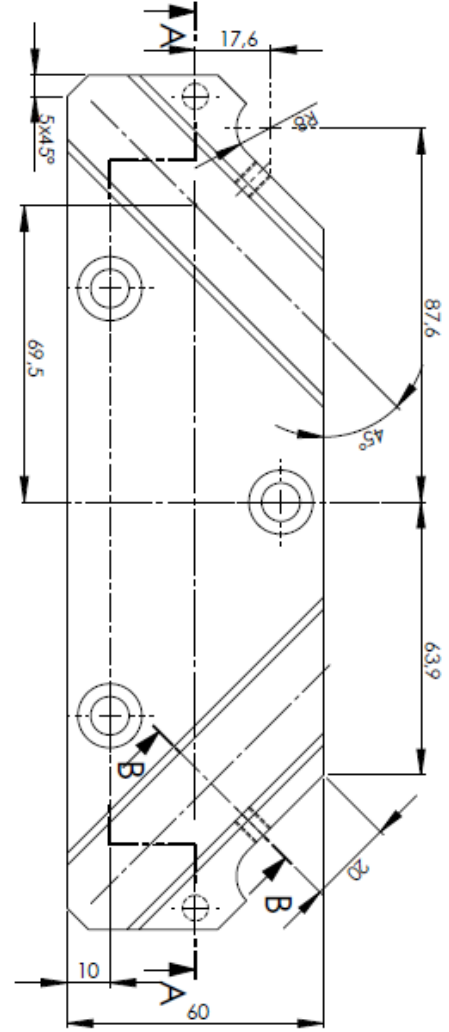
Program pro 5ax

```
0 BEGIN PGM 2_up_dil 001_5ax MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-105 Y-35 Z-18
2 BLK FORM 0.2 X+105 Y+35 Z+0
3 * - vrtani D4.2
4 TOOL CALL 4 Z S8600 F1200 ;vrt-4.2-tk
5 CYCL DEF 200 VRTANI ~
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q201=-10 ;HLOUBKA ~
  Q206= AUTO ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q202=+4 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q210=+0 ;CAS.PRODLEVA NAHORE ~
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
  Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
6 CALL LBL 10
7 CALL LBL 20
8 ;
9 * - rezani zavitu M5
10 TOOL CALL 5 Z S950 ;tvareci zavitnik M5
11 CYCL DEF 209 VRT.ZAVITU-ZLOM TR. ~
  Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL. ~
  Q201=-10 ;HLOUBKA ZAVITU ~
  Q239=+0.8 ;STOUPANI ZAVITU ~
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=+50 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
  Q257=+0 ;HLOUBK. ZLOMU TRISKY ~
  Q256=+3 ;ODSKOK ZLOM.TRISKY ~
  Q336=+0 ;UHEL VRETENA ~
  Q403=+1 ;FAKTOR OTACEK
12 CALL LBL 10
13 CALL LBL 20
14 ;
15 CALL LBL 100
16 L Z+200 R0 FMAX
17 L X+200 Y+0 B+0 C+0 R0 FMAX M2
18 * - LBL 100 vynulovani posunuti a naklonu
19 LBL 100
20 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
21 CYCL DEF 7.1 X+0
22 CYCL DEF 7.2 Y+0
23 CYCL DEF 7.3 Z+0
24 CYCL DEF 19.0 ROVINA OBRABENI
25 CYCL DEF 19.1
26 LBL 0
27 * - LBL 110 naklon A-90 C+45
28 LBL 110
29 CALL LBL 100
30 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
31 CYCL DEF 7.1 X-63.9
32 CYCL DEF 7.2 Y+30
33 CYCL DEF 7.3 Z-6
34 PLANE SPATIAL SPA-90 SPB+0 SPC+45 STAY TABLE ROT
35 LBL 0
36 * - LBL 120 naklon A-90 C+125
37 LBL 120
38 CALL LBL 100
```

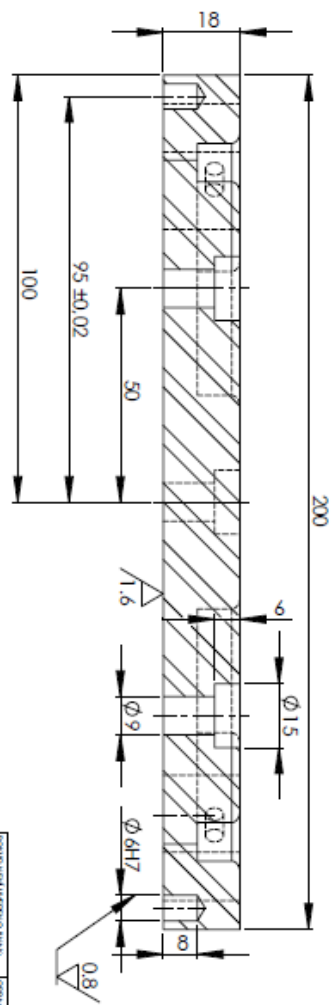
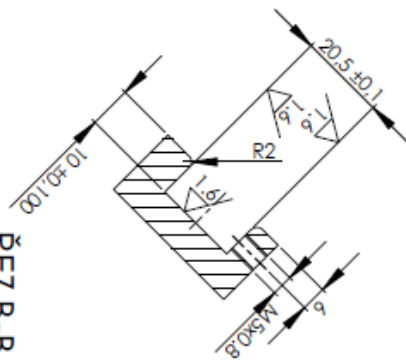
39 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
40 CYCL DEF 7.1 X+63.891
41 CYCL DEF 7.2 Y+30
42 CYCL DEF 7.3 Z-6
43 PLANE SPATIAL SPA-90 SPB+0 SPC-45 STAY TABLE ROT
44 LBL 0
45 * - LBL 10 zavít v levo naklon lbl 110
46 LBL 10
47 CALL LBL 110
48 L X-20 Y-50 Z+50 B+Q121 C+Q122 R0 FMAX
49 L X-20 Y+0 R0 FMAX M13 M99
50 L Y-50 R0 FMAX
51 LBL 0
52 * - LBL 20 zavít v pravo naklon lbl 120
53 LBL 20
54 CALL LBL 120
55 L X+20 Y-50 Z+50 B+Q121 C+Q122 R0 FMAX
56 L X+20 Y+0 R0 FMAX M13 M99
57 L Y-50 R0 FMAX
58 LBL 0
59 END PGM 2_up_dil 001_5ax MM

PŘÍLOHA č. 2

Výrobní výkres



ŘEZ B-B



ŘEZ A-A

OZNAČENÍ A IDENTIFIKACE DÍLU		OBRÁZOVÁNÍ		OBRÁZEK	
ČÍSLO DÍLU	ROZMĚRY	POHLED	ČÍSLO	ČÍSLO	ČÍSLO
11.373					
MATERIAL: 11.373		MATERIAL: 2011-10-01		MATERIAL: A3	
IMONINGE		IMONINGE		IMONINGE	
NÁZEV: DÍL 001		NÁZEV: DÍL 001		NÁZEV: DÍL 001	
KREJČOVÁ JEKŘEHO VŘEŠU		KREJČOVÁ JEKŘEHO VŘEŠU		KREJČOVÁ JEKŘEHO VŘEŠU	
ZÁVA		ZÁVA		ZÁVA	
12.5 (A)		12.5 (A)		12.5 (A)	