

Zvýšení produktivity ve výrobě spojovacích prvků pro automobilový průmysl

Bc. Karel Hasoň

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Karel Hasoň**
Osobní číslo: **T13615**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Zvýšení produktivity ve výrobě spojovacích prvků
pro automobilový průmysl**

Zásady pro vypracování:

- 1. Zpracování teoretické rešerše na dané téma**
- 2. Návrh varianty, vedoucí ke zvýšení produktivity výroby**
- 3. Programování CNC obráběcího stroje a manipulačního robota**
- 4. Vyhodnocení a posouzení zefektivnění výroby**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

30. ledna 2015

Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2015

Ve Zlíně dne 30. ledna 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně dne 1. května 2015



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této práce je navrhnout a realizovat zvýšení produktivity výroby dílů, které jsou určeny pro rozebíratelné spoje v klimatizační sestavě automobilu.

Teoretická část pojednává o obráběcích nástrojích, CNC programování, obrábění a robotizaci.

Praktická část popisuje zvýšení produktivity ve výrobě, takovým způsobem, že volí variantu použití transferového stroje a manipulačního robotu pro výrobu dílů.

Klíčová slova: nástroje, obrábění, programování, CNC, robot

ABSTRACT

The aim of this work is to design and realize increased productivity parts which are designed for releasable connections in automobile air conditioning assembly.

The theoretical part is focused on machining tools, CNC programming, machining and robotics.

Practical part describes increasing manufacturing productivity, using transfer machine and handling robot for manufacturing of parts.

Keywords: tools, machining, programming, CNC, robot

Děkuji vedoucímu své diplomové práce Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady, za čas a pozornost, kterou mi věnoval při vypracování diplomové práce.

Motto

„Vykročte ve víře. Nemusíte vidět celé schodiště, jen udělejte první krok.“

Martin Luther King

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OBRÁBĚNÍ	12
1.1 FRÉZOVÁNÍ	12
1.1.1 Podstata frézování	12
1.1.2 Řezná rychlost - základní pojmy	13
1.2 DRUHY FRÉZOVÁNÍ	14
1.2.1 Frézování obvodové	14
1.2.2 Frézování čelem nástroje.....	15
1.2.3 Frézování okružní.....	16
1.2.4 Frézování planetové	17
1.3 MATERIÁLY NA VÝROBU FRÉZ	17
1.3.1 Nástrojové oceli slitinové (legované).....	18
1.3.2 Slinuté karbidy	18
1.3.3 Keramické řezné materiály	18
1.3.4 Syntetické diamanty	19
1.3.5 Kubický nitrid boru	19
1.4 OPTIMALIZACE ŘEZNÝCH PODMÍNEK.....	19
2 OBRÁBĚCÍ CNC STROJE	21
2.1 BLOKOVÉ SCHÉMA CNC SYSTÉMU.....	21
2.2 ODMĚŘOVÁNÍ.....	21
2.3 DEFINICE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU STROJE.....	23
2.3.1 Pravotočivý kartézský souřadný systém	24
2.4 DEFINICE VZTAŽNÝCH BODŮ CNC STROJE.....	24
2.5 SYSTÉMY SE SOUVISLÝM ŘÍZENÍM.....	25
2.6 KOREKCE NÁSTROJŮ	26
3 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ	27
3.1 CNC PROGRAM	27
4 ROBOTIZACE	29
4.1 DŮVODY INVESTOVÁNÍ DO PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	30
4.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY ROBOTŮ	32
4.3 ROZDĚLENÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ PODLE GENERACÍ.....	32
4.4 KINEMATIKA PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	33
4.5 OPERAČNÍ (REGIONÁLNÍ) POHYBY ROBOTA.....	34
4.6 SUBOPERAČNÍ (MÍSTNÍ) POHYBY ROBOTA	34
4.7 ŘÍDICÍ SYSTÉM ROBOTŮ.....	35
4.8 ZPŮSOBY PROGRAMOVÁNÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ	35
5 TRANSFEROVÉ STROJE	38

5.1	PRUŽNOST A REKONFIGUROVATELNOST	38
5.2	STAVEBNICOVÉ JEDNOÚČELOVÉ STROJE	39
5.3	CNC OBRÁBĚCÍ JEDNOTKY	39
5.4	STROJE S OTOČNÝM STOLEM	40
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	44
7	POPIS PŮVODNÍHO POSTUPU VÝROBY DÍLU	46
7.1	VERTIKÁLNÍ CNC OBRÁBĚCÍ STROJ CHIRON FZ 12 W	46
7.2	OBROBENÍ PRVNÍHO UPNUTÍ DÍLU VE STROJI CHIRON FZ 12 W	47
7.3	OBROBENÍ DRUHÉHO UPNUTÍ DÍLU VE STROJI CHIRON FZ 12 W.....	48
8	ZVAŽOVANÉ VARIANTY ZPRODUKTIVNĚNÍ VÝROBY DÍLU	49
8.1	VÍCEVŘETENOVÝ OBRÁBĚCÍ STROJ S OBSLUHOU K ZAKLÁDÁNÍ DÍLU.....	49
8.2	VÍCEVŘETENOVÝ OBRÁBĚCÍ STROJ S ROBOTICKÝM ZAKLÁDÁNÍM DÍLU	49
8.3	TRANSFEROVÝ STROJ S KLEŠTINOVÝM SYSTÉMEM UPÍNÁNÍ DÍLU.....	50
8.4	ZMĚNA VSTUPNÍHO POLOTOVARU	50
9	POPIS POSTUPU ZPRODUKTIVNĚNÍ VÝROBY DÍLU	51
9.1	TRANSFEROVÝ CNC OBRÁBĚCÍ STROJ ROTAFLEX DV25-10.....	51
9.1.1	Obráběcí stanice transferového stroje Rotaflex DV25-10	53
9.1.2	Upnutí dílu do transferového stroje Rotaflex DV25-10.....	54
9.2	MANIPULAČNÍ ROBOT STÄUBLI TX40.....	55
9.3	VÝROBA DÍLU.....	59
9.3.1	Obráběcí stanice 1	61
9.3.2	Obráběcí stanice 2	61
9.3.3	Obráběcí stanice 3	63
9.3.4	Obráběcí stanice 4	63
9.3.5	Obráběcí stanice 5	64
9.3.6	Obráběcí stanice 6	66
9.3.7	Obráběcí stanice 7	66
9.3.8	Obráběcí stanice 8	67
9.3.9	Obráběcí stanice 9	67
9.3.10	Upínací stanice 10	68
9.4	SEZNAM POUŽITÝCH G A M FUNKCÍ V CNC PROGRAMU	70
10	NÁSTROJE.....	71
10.1	NASTAVENÍ ŘEZNÝCH PODMÍNEK	72
10.2	PROCESNÍ KAPALINA	74
11	VYHODNOCENÍ A POSOUZENÍ ZEFEKTIVNĚNÍ VÝROBY.....	75
11.1	POSOUZENÍ PRODUKTIVITY VÝROBY Z HLEDISKA DOBY VÝROBU DÍLU	75
11.2	POSOUZENÍ EFEKTIVNOSTI Z HLEDISKA SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	76
11.3	POSOUZENÍ PRODUKTIVITY VÝROBY Z HLEDISKA VYTÍŽENÍ STROJŮ.....	77
11.4	POSOUZENÍ EFEKTIVITY VÝROBY Z HLEDISKA NÁKLADŮ NA PROCESNÍ KAPALINU.....	78
11.5	POSOUZENÍ VÝROBY Z HLEDISKA ZÁSTAVBOVÝCH ROZMĚRŮ STROJŮ.....	79
12	ZÁVĚR.....	80

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	82
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	84
SEZNAM OBRÁZKŮ	85
SEZNAM TABULEK.....	87
SEZNAM PŘÍLOH.....	88

ÚVOD

Automatizace procesů je jedním z faktorů snižování vlastních nákladů a v současné době se dostává stále více do popředí. Jejím prvotním, jistě záslužným humánním záměrem, vedoucím až ke vzniku robotů, bylo postupné osvobozování člověka od jednotvárné, monotónní práce a náhrada lidské práce funkcí mechanismů ve zdraví škodlivém nebo jinak nebezpečném či pro člověka nedostupném prostředí.

Za vpravdě úspěšný věk nasazování průmyslových robotů, podložený nadšením nad nově zaváděnou technikou, je možné považovat již období kolem roku 1985, kdy docházelo k širokému zavádění robotů do velkosériové výroby, zvláště v oblasti automobilového a elektrotechnického průmyslu. Až do počátku devadesátých let minulého století se počet instalovaných robotů za každé tři roky přibližně zdvojnásobil. Od poloviny devadesátých let však již světové statistiky zaznamenávaly určitý pokles výroby robotů, způsobený postupným nasycením tradičních trhů. Tento pokles se však podařilo ke konci století zastavit a trh oživit dokonalejším způsobem řízení robotů, vyšším stupněm propojení s počítačovou technikou i podstatně vyšší úrovní senzorů, systémů pro zpracování obrazu i možností dálkového monitorování procesů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

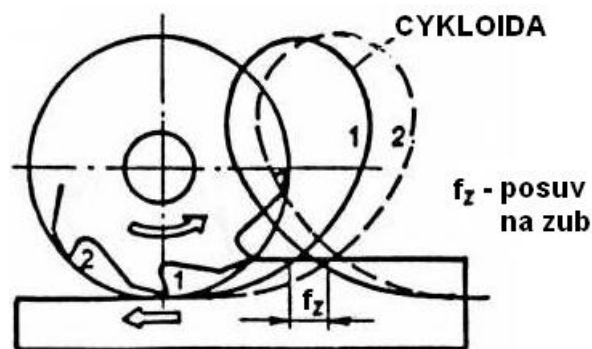
1 OBRÁBĚNÍ

1.1 Frézování

Frézování je operace třískového obrábění, při které je z obrobku odebírána vrstva materiálu ve formě jednotlivých drobných třísek rotačním více zubým nástrojem - frézou. Fréza se při práci otáčí kolem své osy a svými zuby po obvodě se postupně zařezává do obrobku, který se proti nástroji současně posouvá. Každý zub frézy postupně odřezává z obráběného materiálu krátké třísky nestejně tloušťky, takže proces řezání je přerušovaný. Touto metodou, použitím různých druhů frézovacích nástrojů, je možné obrábět na obrobkách především plochy rovinné, ale také plochy tvarové, šikmé, nepravidelné, rotační, dále drážky a vybrání různých tvarů, závitové drážky na rotačních plochách, různé druhy ozubení na ozubených kolech a hřebenech, rozdělování materiálu na různé délky apod. Toto široké uplatnění a možnost přesné výroby zařadily frézování na významné místo ve strojírenské výrobě. Frézování velkými řeznými rychlostmi ve většině případů umožňuje produktivnější a hospodárnější odebrání materiálu než při obrábění jednobřitými nástroji jako například hoblováním nebo obrážením. V některých zvláště složitých případech je frézování jediným možným způsobem obrábění. [1]

1.1.1 Podstata frézování

Obrobek pevně upnutý na pracovním stole frézky vykonává směrem k nástroji plynulý pohyb - pracovní posuv - pohyb vedlejší. V některých případech se místo obrobku posouvá otáčející se nástroj. Každý břit frézy vykonává během řezání kromě otáčivého pohybu ve vztahu k obrobku relativně také pohyb posuvný. Z toho plyne, že záběrová dráha každého zuby není kruhová, ale ve skutečnosti tato dráha má tvar cykloidy. Jde o řezný pohyb zuby – pohyb hlavní. [1]



Obr. 1. Dráha ostří zuby

1.1.2 Řezná rychlost - základní pojmy

Obráběná plocha - jedná se o plochu, z níž se odebírá vrstva materiálu, která se mění v třísku.

Plocha řezu - plocha, která se vytváří na obrobku hlavním a vedlejším břitem nástroje a tvoří přechod mezi obráběnou a obrobenou plochou.

Obrobená plocha - nově vytvořený povrch, vzniklý odebráním vrstvy materiálu.

Řezná rychlost - jedná se o rychlost hlavního rotačního pohybu, kterou při frézování vykonává nástroj (u frézy s úhlem $c_r = 90^\circ$ je řezná rychlost nezávislá na hloubce řezu a_p).

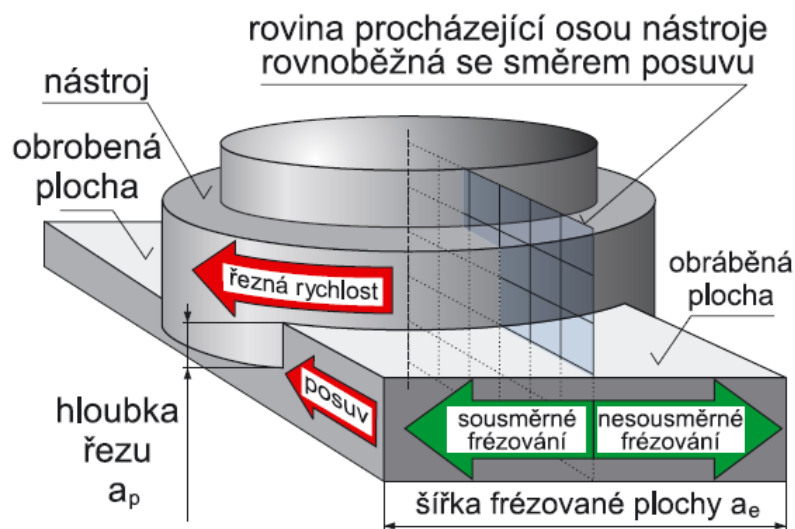
Vypočte se ze vztahu:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad (1)$$

kde v_c ... řezná rychlost [m/min]

D ... průměr nástroje [mm]

n ... počet otáček vřetene [1/min]



Obr. 2. Popis frézování

Řezné podmínky volíme v závislosti na druhu práce, požadované jakosti obrobených ploch a na druhu použité frézy. S přihlédnutím k hloubce odebírané vrstvy, tuhosti obrobku a výkonu na vřetenu frézky se při hrubování volí co největší posuv. [1]

1.2 Druhy frézování

Podle polohy osy nástroje k obráběné ploše lze frézování rozdělit do těchto čtyř skupin:

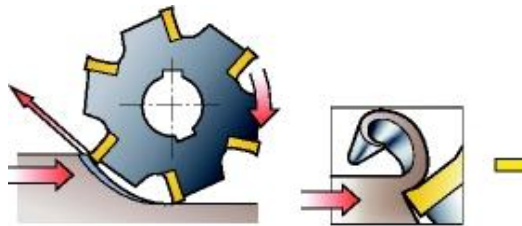
1. frézování obvodové
2. frézování čelní
3. frézování okružní
4. frézování planetové

1.2.1 Frézování obvodové

Používá se převážně při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby jsou vytvořeny jen na válcovém obvodu nástroje. Hloubka řezu se nastavuje kolmo na osu frézy a směr posuvu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení frézy. Způsob vytváření takové plochy a průběh vytváření třísky závisí na smyslu otáčení frézy ke směru posuvu obrobku.

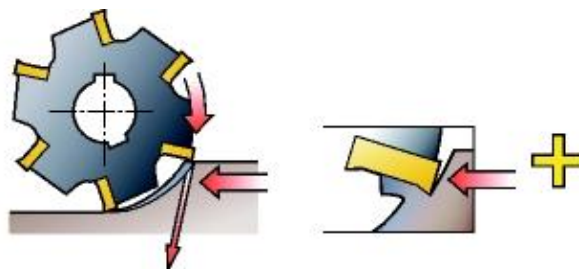
Podle toho rozeznáváme dva způsoby frézování:

- a) **nesousledné frézování** - fréza se otáčí proti směru posuvu obrobku. Vznikající průřez se mění od nuly do konečné maximální hodnoty. Nevýhodou je, že břit zubu frézy na začátku řezu klouže po již obrobené ploše předchozím břitem, což má za následek opotřebení břitu a jeho otupování a tím zhoršuje jakost této obrobené plochy. Řezná síla působí směrem k nástroji a tím nepříznivě ovlivňuje upnutý obrobek - snaží se jej vytrhnout z upínače. Výhodou tohoto způsobu je, že práce frézy je klidná, bez rázů. Je výhodný pro frézování obrobků s tvrdou povrchovou vrstvou - břity do tvrdé vrstvy vnikají zespodu a potom ji odlamují, což se projeví v tom, že se břity tak rychle neotupují. [1]



Obr. 3. Nesousledné obrábění

- b) **sousledné frézování** - smysl otáčení frézy je shodný s posuvem obrobku. Nevýhodou je, že břit vniká do materiálu v největší tloušťce třísky. Tloušťka třísky se při řezání zmenšuje a odděluje se od materiálu v nejslabším místě, kdy břit vychází ze záběru. Tento způsob frézování můžeme použít jen na stroji, který má ve stole vymezenou vůli mezi maticí a pohybovým šroubem, aby při záběru frézy nedošlo vlivem vůle ke vtahování obrobku pod frézu, což by mělo za následek poškození břitu frézy. Výhodou je, že řezná síla tlačí obrobek do upínače, což dovoluje práci při vyšší řezné rychlosti a hloubce řezu. Břity frézy se s již obrobenou plochou nestýkají, nedochází k jejich zahřívání a otupování, obrobená plocha je kvalitnější. Je vhodné pro obrábění houževnatých a měkkých materiálů. Používá se u frézek CNC, protože pohybové šrouby jsou vyrobeny bez vůle. [1]

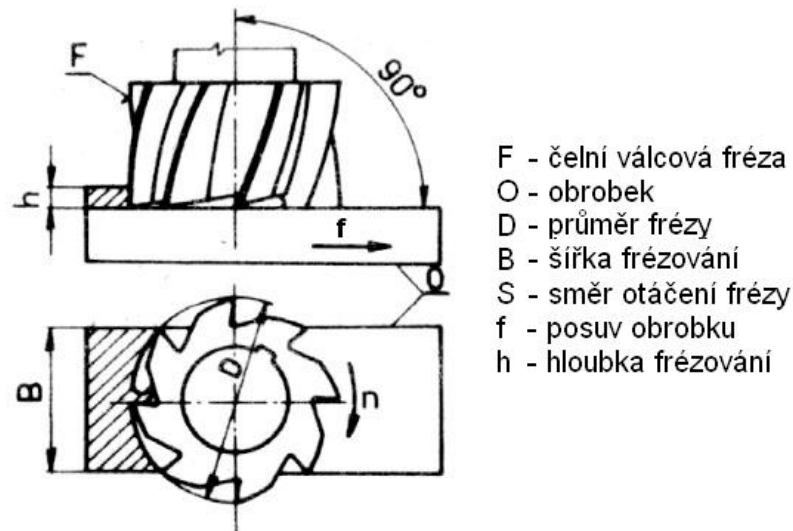


Obr. 4. Sousledné obrábění

1.2.2 Frézování čelem nástroje

Je příznačné zejména pro frézy válcové, u nichž při odřezávání třísek pracují břity na obvodu frézy, ale také částečně břity na čelní ploše, které obrobek vyhlazují. Hloubka řezu se nastavuje ve směru osy otáčení frézy. Obrobená plocha je kolmá na osu otáčení nástroje. Při každém otočení frézy o 360° se obrobek posune o dráhu, jejíž délka odpovídá hodnotě posuvu na otáčku. Tloušťka třísky se přitom postupně od vstupu břitu

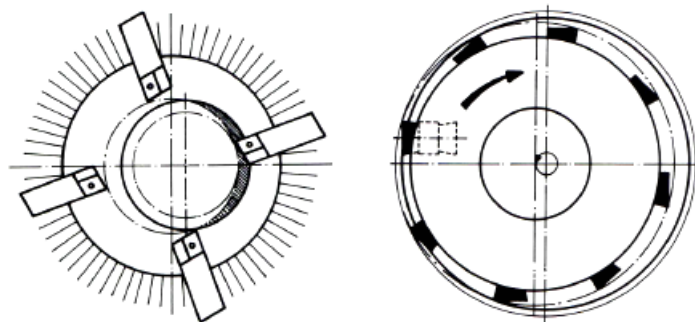
frézy ke středu odřezávané vrstvy zvětšuje, a naopak od středu k místu výstupu břitu z materiálu dochází k postupnému zmenšování tloušťky třísky. Čelní frézování je výkonnější než frézování obvodové, protože při něm zabírá více zubů současně, což dovoluje pracovat s větším posuvem obrobku. [1]



Obr. 5. Frézování čelem nástroje

1.2.3 Frézování okružní

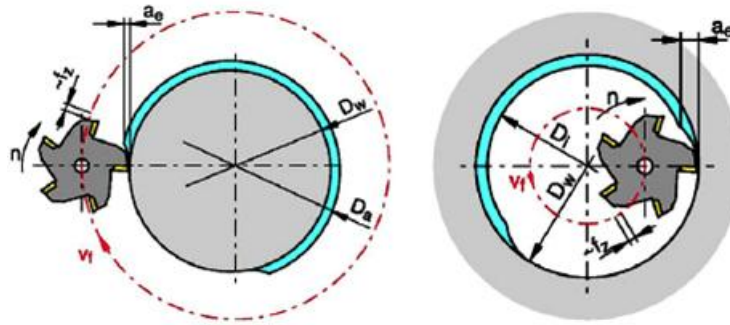
Používá se při obrábění dlouhých válcových tyčí a při výrobě závitů. Jako nástroj slouží frézovací hlava osazena několika noži. Při frézování tyčí se frézovací hlava otáčí i posouvá, při frézování závitů se jen otáčí. Zbývající pohyby nutné k obrábění vykonává obrobek.



Obr. 6. Okružní frézování

1.2.4 Frézování planetové

Uplatňuje se u číslicově řízených strojů a obráběcích center, vybavených kruhovou interpolací dráhy nástroje, jehož pohyb může být pořízen po kružnici, což umožňuje frézovat celé rotační plochy nebo jejich části. [1]



Obr. 7. Planetové frézování

1.3 Materiály na výrobu fréz

Při obrábění je nástroj značně mechanicky i tepelně namáhán. Aby nástroj byl schopen vykonávat svou funkci, musí být vyroben z vhodného nástrojového materiálu.

Mezi základní vlastnosti nástrojových materiálů patří:

- tvrdost; musí být podstatně vyšší než tvrdost obráběného materiálu
- odolnost vůči opotřebení
- vyhovující pevnost v tlaku a ohybu
- dobrá tepelná vodivost a tepelná odolnost

Vzhledem k tomu, že břit je nejdůležitější částí nástroje, je třeba volbě materiálu břitu věnovat náležitou pozornost. Na břitu závisí průběh vlastního procesu obrábění, produktivita a hospodárnost obrábění. Vlastnostem řezných materiálů, tj. tvrdosti, pevnosti, houževnatosti, odolnosti proti otěru a tepelné vodivosti, se říká souhrnně řezivost. Žádný z řezných materiálů není tak univerzální, aby byl vhodný k obrábění všech materiálů. Existuje celá řada řezných materiálů lišících se svými vlastnostmi, a tím i vhodností použití pro obrábění konkrétního materiálu.

1.3.1 Nástrojové oceli slitinové (legované)

Pro třískové obrábění jsou z nich nejužívanější rychlořezné oceli (RO). Podle obsahu a množství legujících prvků (Cr, V, Mn, Mo, W,...) se dělí na RO:

- pro běžné výkony
- výkonné
- vysoce výkonné

S nástroji zhotovenými z rychlořezných ocelí lze obrábět až do teploty 600° C.

1.3.2 Slinuté karbidy

Vznikají spékáním (sintrováním) jemných práškových částic wolframu, titanu, tantalu a chromu, které jsou spojeny nejčastěji kobaltem. Poměry jednotlivých složek a hrubost spékaného prášku rozhoduje o kvalitě a typu slinutého karbidu. Výsledný materiál je tvrdší než rychlořezná ocel je odolný proti korozi a otěru, má špatnou tepelnou a elektrická vodivost, pracovní teploty 800° až 1 000° C. Tyto vlastnosti umožňují jejich použití i na těžko obrobitelné a tvrdé materiály, např. kalená ocel, bílá litina, sklo.

1.3.3 Keramické řezné materiály

Zachovávají tvrdost i při teplotách 1 000° až 1 200° C. Pro jejich výrobu je výchozí surovinou oxid hlinitý (Al_2O_3). Vyrábějí se práškovou metalurgií, slinováním lisovaných prášků do tvaru řezných destiček. Keramické řezné materiály se vyznačují malou pevností v ohybu a velkou křehkostí. Nejsou proto vhodné k obrábění přerušovaným řezem a k obrábění s většími průřezy třísek. Jsou konstrukčně řešeny stejně jako destičky z SK tak, že je můžeme v nástrojových držácích několikrát otočit a po otupení všech řezných hran se vyřazují a nahrazují novými.

Rozdělují se do tří skupin:

1. Čisté oxidy
2. Cermety
3. Karbidové oxidy

Snahou výrobců je zlepšit pevnost v ohybu keramických destiček a zvýšit houževnatost.

1.3.4 Syntetické diamanty

Chemické složení odpovídá čistému uhlíku. Je nejtvrdějším řezným materiálem vůbec. Jako řezný materiál se používá k dokončovacím úběrům při malých posuvech a hloubkách řezu, bez přerušovaných řezů. Nepoužívá se k obrábění materiálu s malou tepelnou vodivostí, protože by velmi rychle zoxidoval.

1.3.5 Kubický nitrid boru

Vlastnosti, zejména tvrdost, se podobají vlastnostem a tvrdosti diamantu. Kubický nitrid boru však snese podstatně vyšší dovolené teploty. Lze ho použít na dokončovací operace u obrobků z těžkoobrobitelných materiálů, např. obrobků z kalených ocelí a slitin.

1.4 Optimalizace řezných podmínek

Optimalizace řezných podmínek představuje v současnosti jeden z nejslabších článků technické přípravy výroby. Její podstatou je stanovení optimálních řezných podmínek (hloubky řezu, posuvu a řezné rychlosti) a optimální trvanlivosti nástroje, a sice podle určitého optimalizačního kritéria a v rámci omezujících podmínek. Jinak řečeno, jde o hledání extrému účelové funkce nad oblastí přípustných řešení. Tato oblast je společným průnikem všech omezujících podmínek, které se při obrábění vyskytují.

Kritérium minimálních výrobních nákladů představuje základní optimalizační kritérium ve strojírenské technologii. Mělo by být zásadně aplikováno, pokud nejsou závažné důvody vedoucí na použití jiného kritéria, např. kritéria maximální produktivity nebo více kriteriálního hodnocení.

Většinou se dnes stanovení řezných podmínek realizuje pomocí normativů řezných podmínek. Tyto se však často interpretují nesprávně. Pak jsou nasazovány řezné podmínky, které nejsou skutečně optimálními podmínkami.

V této souvislosti je nutné zdůraznit, že pokud jsou komerčně nabízeny "univerzální" softwary pro optimalizaci, softwary všeobecně ve strojírenství použitelné, bez nutnosti vstupu konkrétní dat určitého podniku, nelze hovořit o optimalizačních softwarech. Optimalizace řezných podmínek je totiž silně závislá na konkrétních podmínkách podniku.

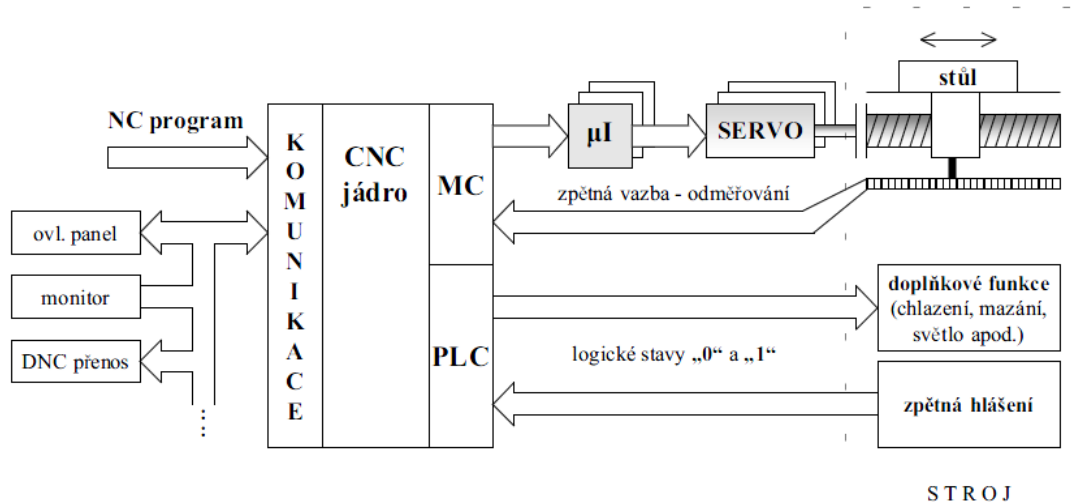
Optimalizaci řezných podmínek ovlivňuje celá řada parametrů. Především jsou to nákladové položky. Jde o ceny strojů, které ovlivňují jejich provozní náklady, mzdy

pracovníků, režijní položky, ceny nástrojů, náklady na jejich ostření atd. Tyto nákladové položky představují významnou skupinu dat vstupujících do optimalizace.

Závislost nákladů na obrábění na řezné rychlosti má strmější průběh u investičně náročného výrobního zařízení, ve srovnání s obráběním na strojích konvenčních. Stejná diference řezné rychlosti od optimální řezné rychlosti má pak různé ekonomické důsledky u výrobních zařízení s různými provozními náklady. Čím větší jsou tyto náklady, tím větší je růst výrobních nákladů ve srovnání s nákladovým minimem. Proto význam nasazení skutečně optimálních řezných podmínek neustále roste. Nerespektování této skutečnosti je příčinou často značných výrobních nákladů, zejména na investičně náročném výrobním zařízení. [11]

2 OBRÁBĚCÍ CNC STROJE

2.1 Blokové schéma CNC systému



Obr. 8. Blokové schéma CNC systému

MC – řízení pohybu (Motion Control)

PLC – programovatelný logický automat (Programmable Logic Control)

– řídí a vyhodnocuje funkce stroje popsatelné logickými úrovněmi „0“ a „1“

μI – mikrointerpolátor

– stará se o generování dráhy a výkonové řízení servomotoru

2.2 Odměřování

Odměřování tvoří důležitou část stroje, které má velký vliv na přesnost. Jedná se o to, že počítač porovnává skutečnou polohu s požadovanou polohou, která je zadaná v programu. Toto je realizováno zpětnou vazbou, která se skládá z řídicího systému, akčního členu, řízeného prvku a senzoru. Programátor zadá do řídicího systému souřadnici, kde má nástroj najet, tato instrukce se pošle akčnímu členu, které začne posouvat vřeteno a řídicí systém neustále snímá aktuální polohu nástroje. V době, kdy se blíží do požadovaného místa, se začne posuv zmenšovat tak, aby nástroj dojížděl do koncového bodu nulovou rychlostí.

Řídicí systém - jedná se vlastně o PC, které je vybaveno několika postprocesory přizpůsobené pro rychlé a přesné přepočítání souřadnic jako jsou hlavně rádiusy, frézování kapes, řezání závitů a mnoha dalších složitějších informací. Tyto PC pracují v předstihu, tzn., že mají spočítány až 2000 řádků souřadnic, kde musí nástroj projet. To se děje v

několika vteřinách ještě předtím, než se vykoná celý program. Následně se vše odehrává v reálném čase.

Akční člen - v dnešní době se používají asynchronní nebo synchronní motory s elektronickou komutací. Toto provedení bez komutátoru umožňuje dosahovat vyšších výkonů, lepšího chlazení a hlavně vyšší životnosti s minimální údržbou.

Řízený prvek - suport, který je poháněn servy spojenými s kuličkovými šrouby.

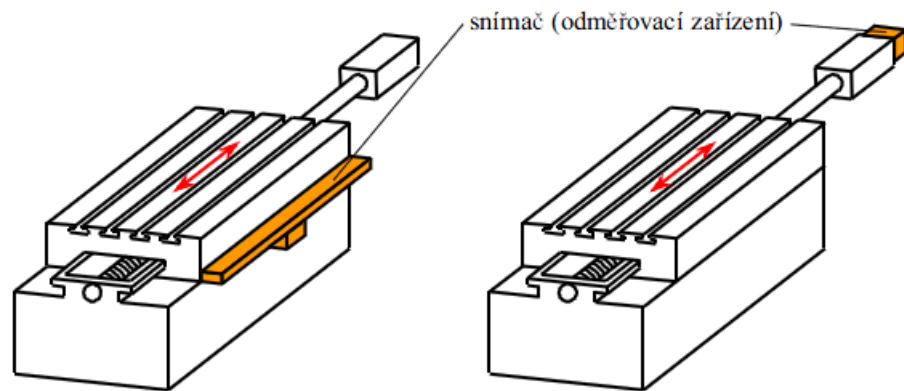
Z hlediska informace o poloze je možné odměřovací zařízení rozdělit do tří skupin:

- a) **absolutní odměřování** – v každém okamžiku je známa informace o poloze
- b) **cyklicky absolutní odměřování** – více poloh odpovídá jedné hodnotě výstupního signálu, příkladem je absolutní rotační snímač – během jedné otáčky je známo absolutní natočení, ale nerozlišuje úhel větší než 360° , Vyžaduje najetí do referenčního bodu.
- c) **inkrementální odměřování** – výstupem jsou pouze pulzy – je třeba čítač pro jejich počítání a stanovení polohy. Opět vyžaduje referenční polohu pro počáteční nastavení čítače, dnes pravděpodobně nejrozšířenější.

Z hlediska získání informace o poloze je možné odměřovací zařízení rozdělit na:

- **přímé** – snímač odměřuje polohu přímo, při lineárním odměřování roste cena snímače s jeho délkou, teplotní dilatace ovlivňuje přesnost měření, obtížné krytování, ale obvykle vyšší přesnost měření proti nepřímému odměřování, používá se u přesnějších strojů.
- **nepřímé** – ujetá dráha se neměří přímo, poloha je počítána ze změřeného úhlu natočení a např. stoupání šroubu – měření negativně ovlivňují chyby stoupání šroubu, ale snímače jsou levnější, jednodušší krytování, použití u většiny dnešních CNC strojů.

[16]



Obr. 9. Přímé a nepřímé odměřování CNC stroje

2.3 Definice souřadného systému stroje

Jednoznačné určení souřadných os pracovního prostoru stroje je nezbytné pro číslíkové zadávání pojezdových drah nástrojů.

Osy stroje charakterizují pohybové osy, které je možné řídit:

- posuvové osy.
- rotační osy – často jako přídavná zařízení (otočný stul apod.)

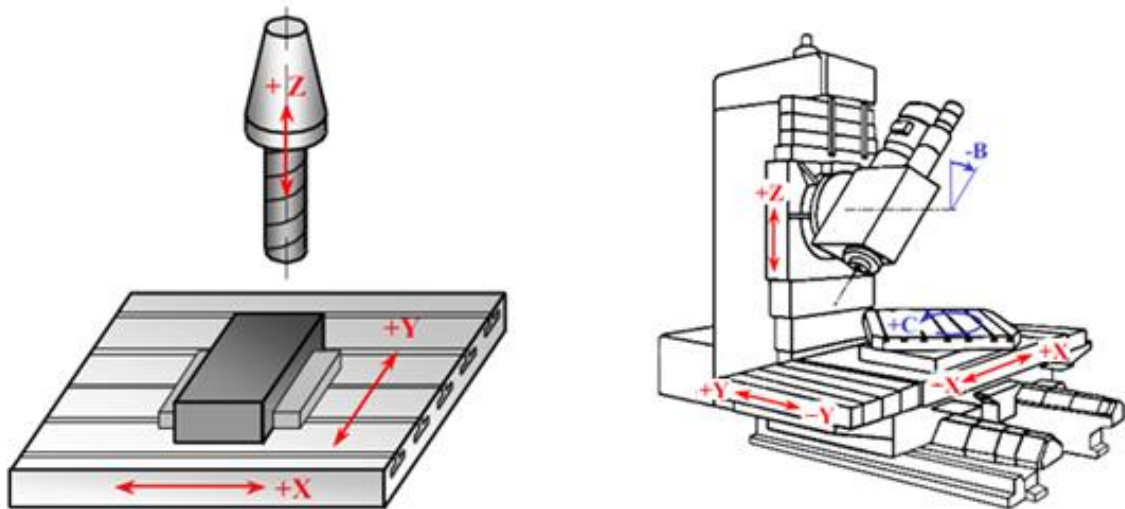
Definice souřadné soustavy vychází z norem (ČSN ISO 841)

- pravoúhlá souřadná soustava (pravotočivý kartézský souřadný systém)
- osy X, Y, Z (U, V, W) – označují posuvy, kladný smysl pohybu v určité ose je ve směru narůstání obrobku
- osy A, B, C – označují rotační pohyby kolem os X, Y a Z

Osa Z je hlavní osou stroje, je rovnoběžná s osou např. vřetene, drátu, plasmu apod.

Osa X je hlavní osa v rovině upínání obrobku

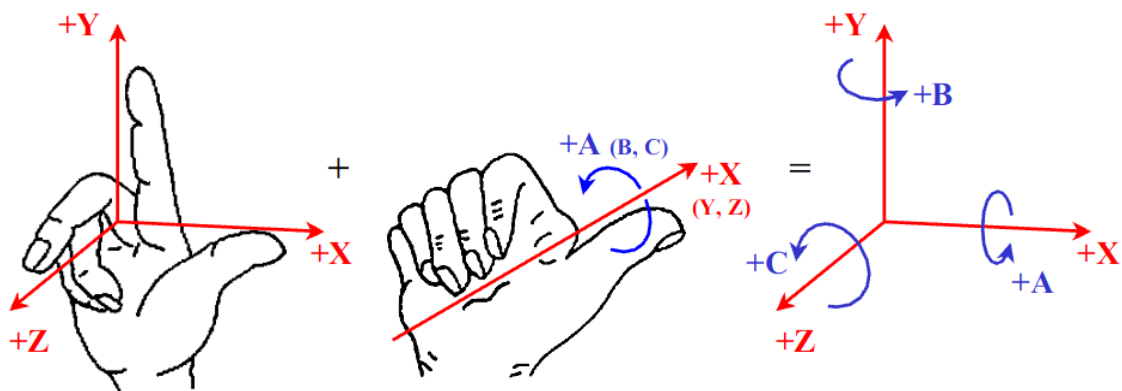
Písmena U, V, W označují tzv. sdružené osy – pokud je v jednom směru více řízených pohybů (často též označování indexy, např. X1, X2).



Obr. 10. Souřadný systém stroje

2.3.1 Pravotočivý kartézský souřadný systém

Kladný smysl os souřadného systému je dán pravidlem pravé ruky.



Obr. 11. Pravotočivý kartézský souřadný systém

2.4 Definice vztažných bodů CNC stroje

M - nulový bod stroje

- je stanoven výrobcem stroje – výchozí počátek souřadného systému

W - nulový bod obrobku

- jeho polohu definuje programátor, váží se k němu všechny programované souřadnice drah v CNC programu, jeho poloha je měřena od bodu M

N - nulový bod nástrojového držáku

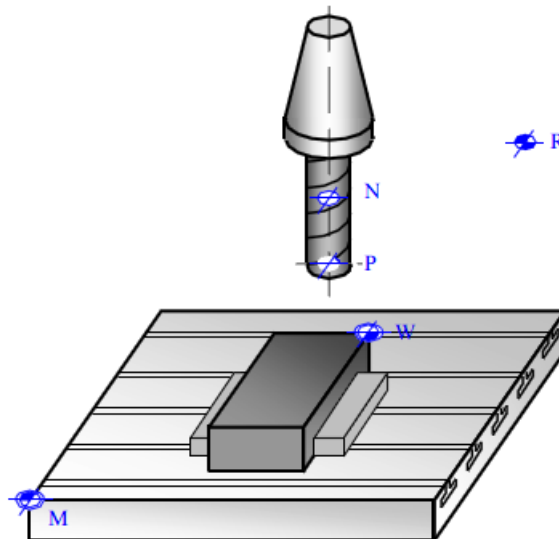
- stanoven výrobcem stroje – referenční bod nástrojového držáku, ke kterému se vztahují rozměry všech nástrojů

P - nulový bod nástroje

- soustružnický nuž – bod leží na teoretické špičce nože, rotační nástroje – bod leží v ose nástroje na jeho čele

R - referenční bod

- jeho poloha dána výrobcem stroje – po zapnutí stroje slouží k nalezení výchozího počátku souřadného systému M; nemá význam, pokud má stroj absolutní odměřování polohy

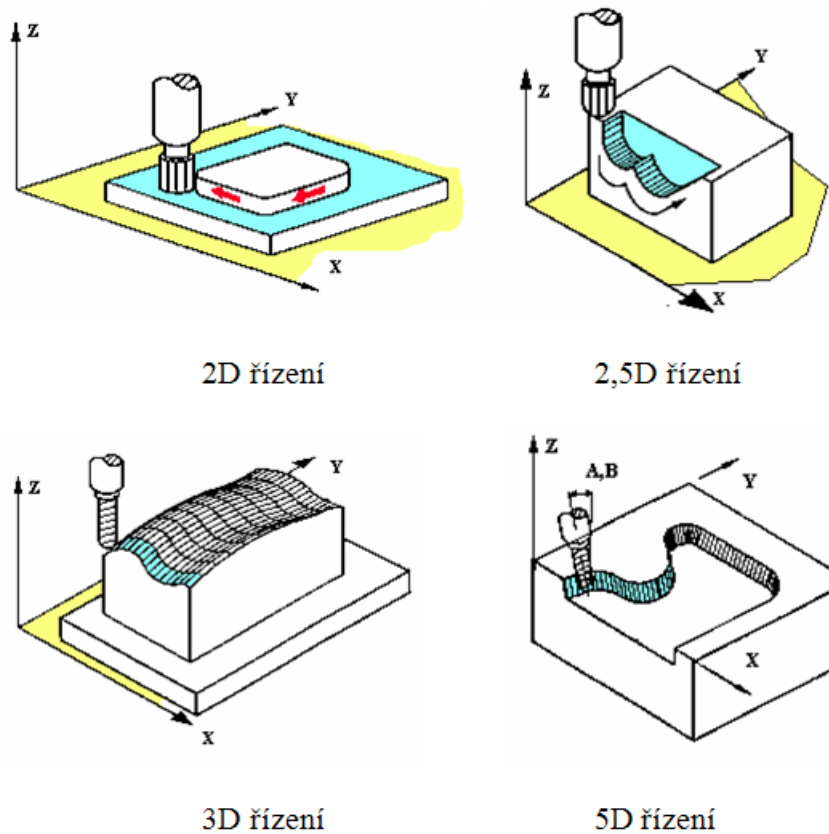


Obr. 12. Vztažné body CNC stroje

2.5 Systémy se souvislým řízením

Systémy umožňují výpočet korekcí a geometrie.

- u soustruhu se nástroj pohybuje v rovině X – Z (2D)
- u frézky je možné provádět lineární interpolace buď v jedné rovině X-Y, X-Z, Y-Z (2,5D) nebo při použití výkonného řídicího systému lze vyrábět libovolné obrysy a prostorové plochy 3D. Jestliže jsou vedle pohybů v osách možné ještě další pohyby, např. rotace kolem os potom mluvíme o 4D a 5D řízení.



Obr. 13. Systémy se souvislým řízením os

2.6 Korekce nástrojů

Korekce nástroje dávají geometrickou charakteristiku nástroje. Rozměry každého nástroje jsou vztažené k nulovému bodu nástrojového držáku N, obvykle jsou zapsány v paměti řídicího systému v tabulce, kde je každý nástroj popsán jedním řádkem. Korekce nástrojů nejsou obvykle součástí programu, funkce v programu se tak odkazuje na určitý řádek tabulky, při změně nástrojů pak není třeba měnit program, ale jen upravit hodnoty v tabulce. [8]

3 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ

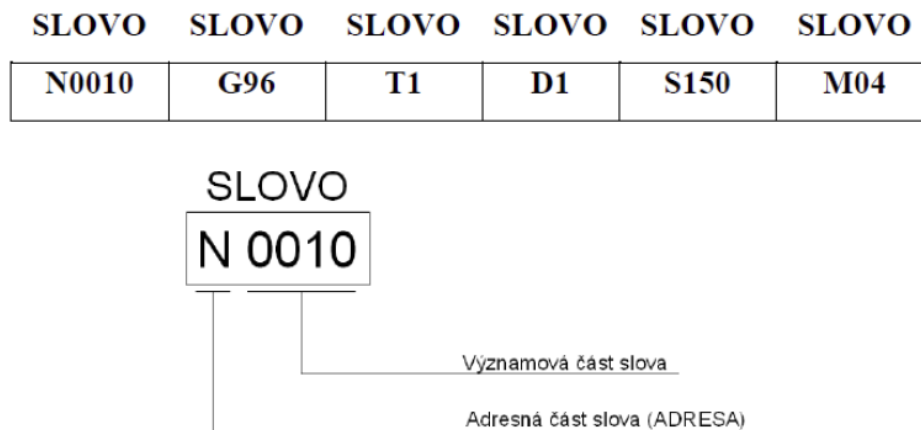
3.1 CNC program

Je soubor geometrických a technologických informací, které vyžaduje řídicí systém obráběcího stroje. Program je zapsán pomocí jednotlivých bloků, každý blok má své číslo. CNC program lze vytvářet přímo na obráběcí stroji nebo jej lze vygenerovat a importovat do řídicího počítače z CAD/CAM pracoviště. Na monitoru PC lze provádět grafickou simulaci obrábění pro kontrolu programu před vlastním obráběním.

CNC program můžeme jednoduše upravovat, doplňovat a musí obsahovat:

- **geometrické informace** udávající:
 - způsob pohybu nástroje - pracovní posuv, rychloposuv
 - dráhu nástroje - přímka, kruhový oblouk
- **technologické informace** udávající:
 - velikost posuvu
 - otáčky vřetena - směr otáčení, vypnutí vřetena
 - výměnu nástroje (včetně korekcí nástroje)
 - zapnutí (vypnutí) chlazení
 - konec podprogramu
 - konec programu

Struktura a obsah CNC programů řídicího systému Sinumerik vychází z normy DIN 66025. Do bloků jsou zapisovány příkazy ve formě jednotlivých slov. První slovo v CNC programu není u řídicího systému Sinumerik striktně předepsáno. Poslední blok v postupu opracování obrobku však musí vyjadřovat konec. Jednotlivá slova „CNC jazyka“ se dále dělí na adresnou část a numerickou část.



Obr. 14. Blok CNC programu

Adresový znak je zpravidla jedno písmeno. Numerická část slova může obsahovat znaménko plus nebo mínus, číslice, desetinnou tečku a další číslice. Kladné znaménko není nutné psát. Pokud se za desetinnou tečkou objevují jen nuly, rovněž je není nutné vypisovat. Blok musí obsahovat veškeré informace nezbytné pro provedení jednoho kroku pracovního postupu. V případě, že některá slova zapisovaná pro provedení kroku jsou shodná se slovy v bloku předchozích, není nutné je znovu zapisovat. Délka bloku může být maximálně 512 znaků a posloupnost jednotlivých slov by se z důvodu snadnější orientace měla držet normy. [16]

Tab. 1. Struktura obecného formátu bloku

Popis struktury bloku		Druh informace
N	Číslo bloku	Ostatní
G	Přídavné funkce	Geometrické
X, Y, Z	Souřadnice	
F	Rychlost posuvu	Technologické
S	Otáčky vřetena	
T	Volba nástroje	
M	Pomocné funkce	Pomocné

4 ROBOTIZACE

Průmyslové roboty v podobě víceosých manipulátorů jsou poměrně novým druhem strojů, jejichž první použitelné prototypy lze datovat do let 1959-61. Po bouřlivém rozvoji výpočetní techniky v letech následujících se již v 80. letech staly plnohodnotnými zařízeními ve výrobním procesu. Mimo to, že jsou roboty v průmyslu nasazeny k nahrazení fyzicky velmi náročné, monotónní nebo nebezpečné manuální práce, jsou společně s jinými automatickými výrobními zařízeními výborným prostředkem k uspokojení neustále rostoucího tlaku zákazníků na zvyšování produktivity, přesnosti a kvality výroby. Ačkoliv je robot stále velmi drahým zařízením, představující pro podnik značnou investici, je jeho univerzálnost, rychlost a přesnost pro moderní dynamický trh klíčovou předností. Přestože se zprvu počítalo s nasazením robotů výhradně do flexibilních robotizovaných výrobních linek, můžeme se v současné době setkat s velkým nárůstem instalací robotů také ve výrobě malosériové a kusové. V takovéto výrobě pak tvoří jeden nebo více robotů uzavřené robotizované technologické nebo manipulační pracoviště, které obsahuje většinou ještě další podpůrná automatizovaná výrobní zařízení jako otočné polohovadla, svařovací ústrojí, balicí jednotky, kontrolní měřicí jednotky a tak podobně. Pracoviště je většinou autonomní a pracuje v automatickém pracovním cyklu.



Obr. 15. Průmyslový robot Stäubli TX40

4.1 Důvody investování do průmyslových robotů

Snížení provozních nákladů

Robot pomůže snížit výrobní i provozní náklady. Robot snižuje výdaje spojené se zaměstnanci (mzdy a odvody z mezd, sociální a zdravotní pojištění, náklady spojené s dovolenými a nemocnostmi, odpadá nutnost školení a nákupu ochranných pracovních pomůcek, výdaje na administrativu zaměstnanců a další). Odpadají požadavky na osvětlení a vytápění, robot nabízí možnost obrovských úspor nákladů na energii. Současné studie odhadují možné úspory až 8% za snížení teploty o 1°C, další úspory mohou být dosaženy vypínáním nadbytečného osvětlení.

Zlepšení kvality výroby a její stálosti

Robot zaručuje vysokou a opakovatelnou kvalitu výrobků, má přehled nad výrobním procesem, jeho neustálou kontrolu a snížení rozdíků v tolerancích výrobků. Robot vylučuje chyby a odchylky způsobené lidským činitelem jako jsou únava, rozptýlení nebo efekty vázané k jednotvárným a opakujícím se úkolům. Řízení procesní technologie (svařování, lakování, lepení apod.) může být integrováno do robotu. Přesnost, rychlost a vysoká finální kvalita každého vyrobeného kusu jsou neodmyslitelnou součástí robotizovaného pracoviště.

Vyšší množství produkce za jednotku času

Robot může pracovat 24 hodin denně, 7 dní v týdnu v nepřetržitém provozu s minimálním dohledem. Urychlení procesu výroby. Opravdová 24-hodinová produkce robotizovaného pracoviště zvýší produktivitu a umožní lépe dodržovat požadované termíny. Eliminace možnosti přerušení produkce z důvodu nemoci, únavy, úpadku koncentrace a jiných chyb vlivem lidského faktoru. Pružnější zavádění nových výrobků do výroby a rychlejší začátek nové produkce bez přerušení už běžících výrobních procesů díky off-line programování robotu.

Zvýšení flexibility výroby

Robot umožňuje větší flexibilitu výrobní linky. V momentě, kdy jsou jednotlivé procesy naprogramované do řídicí jednotky robotu, je možné mezi nimi jednoduše přepínat. Robotizace umožňuje pružně reagovat na rychle se měnící a nárazové požadavky zákazníka. Pomocí inteligentních kamerových systémů je možné přizpůsobit se různým produktům, procesům a aplikacím.

Snížení zmetkovitosti - omezení materiálových ztrát

Konzistentní výroba ve vysoké kvalitě zvýší výnosy a omezí zbytečné výdaje týkající se zmetkovitosti a materiálových ztrát. Robotizace má za následek stabilizaci technologického procesu (eliminací prostojů apod.). Díky přesnosti robotu a možnosti off-line programování se velice rychle dosáhnete požadované kvality výroby v počáteční fázi a následně její stability.

Zvýšení bezpečnosti na pracovišti

Robot přebírá nepříjemné, namáhavé, životu a zdraví ohrožující úkoly od lidí. Robot snižuje pravděpodobnost nehod a úrazů způsobených kontakty se stroji, nářadím a jinými nebezpečími ve výrobním procesu. Pomáhá snížit počet onemocnění zaměstnanců způsobených opakovanými nebo namáhavými úkoly.

Úspora užité plochy pracoviště

Robot může být nainstalován na podstavci, v zavěšené poloze na stropu, na stěně nebo na stroji s cílem maximálně využít určený pracovní prostor. Robot může být naprogramován tak, aby pracoval ve stísněném prostoru a využil tak minimum drahocenného místa.

Vysoká efektivita návratnosti investice

Pomocí robotu se sníží provozní a výrobní výdaje, zmetkovitost a zvýší se produktivita a kvalita. Méně manuální práce znamená méně výdajů týkajících se nemocí, úrazů a pojištění.

Vylepšení pracovního prostředí pro zaměstnance

Robot přebírá úkoly v nebezpečném prostředí, kde vládou extrémní teploty, znečištění a hluk. Zlepšení pracovních podmínek pro zaměstnance. Motivace zaměstnanců může být zvýšena rekvalifikací na obsluhu robotu (lépe hodnocená a zajímavá práce).

Snížení počtů pracovníků

Pro obsluhu robotizovaných pracovišť postačují pracovníci s nižší kvalifikací. Obecný nedostatek kvalifikovaných pracovních sil dostává stále více do popředí automatizaci pomocí robotu. Jakmile jsou jednou naprogramováni, roboty začínají pracovat a eliminují tak náklady na nábor, zaškolení a výcvik pracovníků, a proto jsou ideální alternativou.

Roboty jsou často dodávány s integrovanými "dovednostmi", které se i u kvalifikovaných pracovníků těžko hledají. Roboty "milují" práci, kterou lidé nenávidí.

4.2 Základní parametry robotů

Dosah

Udává maximální vzdálenost od středu základny robotu do místa, jež je schopen manipulátor dosáhnout.

Nosnost

Údaj znamená maximální hmotnost, již je možno nainstalovat na koncovou přírubu robotu.

Pracovní oblast

Plocha, v níž může robot pracovat s akčním členem umístěným na koncové přírubě.

Stupeň krytí

Indikuje, jak bude robot odolávat okolnímu prostředí. Pro prašné a jinak náročné provozy se doporučuje stupeň krytí celého robotu IP67 s dodatečným zvýšeným krytím. Zvládnutí výroby robotů se spolehlivým krytím skýtá výhled delší bezporuchové doby robotu.

4.3 Rozdělení průmyslových robotů podle generací

Roboty první generace jsou řízeny programem bez zpětných vazeb (bez sensoriky - automatické ovládní). Jsou to zařízení určená pro vykonávání pevně naprogramovaných postupných operací.

Roboty druhé generace jsou roboty vyšší úrovně, v řídicích obvodech jsou vybaveny zpětnými vazbami. Jejich činnost je tedy řízena nejen programem, ale i podněty z vnějšku prostřednictvím sensorů. Jsou snadno a rychle programovatelné.

Roboty třetí generace jsou inteligentní roboty. Mají složitý řídicí systém pomocí PC, jsou vysoce pohyblivé, zahrnují složitou sensoriku – umí se tedy adaptovat na prostředí. Učí se a samostatně řešit zadané úkoly. Stavebními prvky robotů jsou mimo jiné vizualizace,

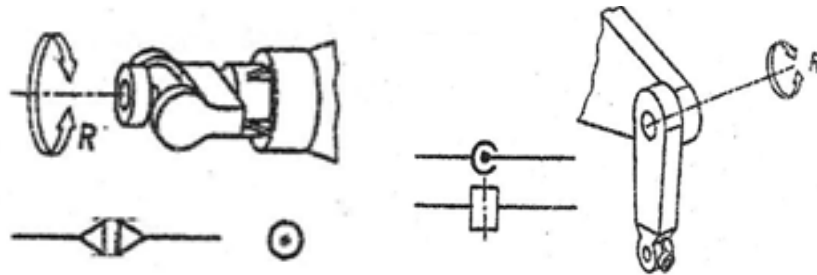
hlasová komunikace, rozpoznávání a orientace v prostředí. Člověk pouze určuje cíl činnosti robota a postup k dosažení tohoto cíle si robot určuje sám.[21]

4.4 Kinematika průmyslových robotů

Kinematické dvojice

Stroj průmyslových robotů tvoří kinematický řetězec. Ten je tvořen jednotlivými kinematickými dvojicemi. Nejčastěji se používají následující kinematické dvojice: Posuvné (translační), smykadlové a teleskopické (výsuvné).

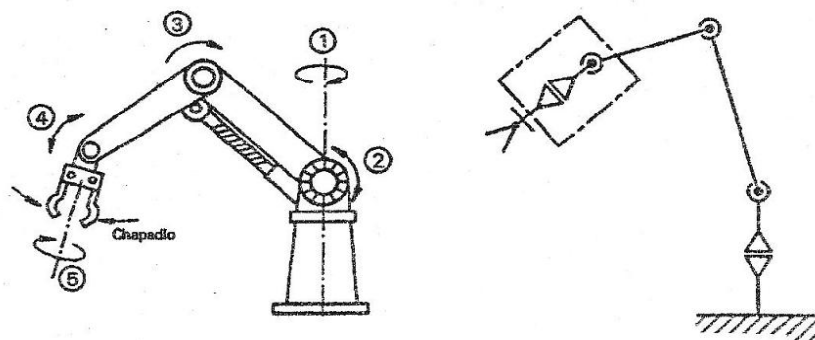
Rotační kinematické dvojice



Obr. 16. Rotační kinematické dvojice

Kinematické řetězce

Vzájemně spojené kinematické dvojice stroje průmyslového robota tvoří kinematický řetězec – kinematickou strukturu průmyslového robota.



Obr. 17. Kinematické řetězce robota

4.5 Operační (regionální) pohyby robota

Jsou to pohyby, které robotu umožňují přemísťovat výstupní hlavici do různých bodů pracovního prostoru, který je vymezen prakticky rozměry robota. Operační pohyby jsou prováděny manipulačním podsystémem. Průmyslové roboty nahrazují člověka u výrobního stroje, a coby manipulační zařízení nahrazují především lidskou ruku. Lidská ruka má 27 stupňů volnosti (rameno 2° volnosti, paže 1°, loketní kloub 1°, předloktí s dlaní 1°, zápěstí 2°, palec 3°+1°, 4 prsty a 4° volnosti – tj. celkem 27° volnosti). Pro obecné zajištění polohy a orientace předmětů ve volném prostoru je dostačující pouze 6 stupňů volnosti (3 stupně pro polohování + 3 stupně pro orientaci). V podstatě je počet stupňů volnosti roven počtu veličin, které musíme znát, abychom pro konkrétní manipulační orgán určili jednoznačně jeho polohu v prostoru.

4.6 Suboperační (místní) pohyby robota

Jsou to pohyby výstupní hlavice souměřitelné s rozměry hlavice. Patří sem např. zdvih čelisti chapadla, nevelké orientační pohyby, kterými se chapadlo orientuje vzhledem k uchopovanému předmětu. Suboperační pohyby provádí rovněž manipulační podsystém. Manipulační podsystém tedy vykonává operační a suboperační pohyby. Ty jsou pro roboty charakterističtější než manévrovací, protože každý robot, podobně jako člověk, mění svou rukou své okolí.

V charakteristice robota hraje důležitou roli údaj o počtu stupňů volnosti. Většina průmyslových robotů má 5 až 6 stupňů volnosti, vlastní rameno má 3 stupně volnosti u těchto jednoduchých kinematických struktur stačí k tomu, aby rameno dosáhlo libovolného zadaného bodu v pracovním prostoru, zadat 3 souřadnice, které jsou právě totožní s běžně užívaným souřadnými soustavami.

Každá varianta vymezuje určitý teoretický operační prostor robota, ve kterém by měl svým chapadlem dosáhnout libovolného bodu. Při praktickém provedení vznikají v pracovním prostoru „hluchá“ místa, do kterých robot nedosáhne.

Zvýšení stupňů volnosti zvyšuje manipulační schopnosti robota. Zároveň se ovšem zvyšují nároky na řídicí systém robota.

4.7 Řídicí systém robotů

Starší roboty měly řídicí systém realizován např. pomocí vačkových mechanismů se spínači apod. U nových se využívá mikroprocesorů a mikropočítačů.

Řídicí systémy se třídí podle různých hledisek:

1) Podle časového průběhu lze řídicí systémy dělit:

- časově závislé (řídí manipulační část podle pevného časového plánu)
- závislé od vykonávané práce (robot vše řídí podle průběhu procesu)
- smíšené systémy – těch je většina

2) Podle způsobu programování se řídicí systémy dělí:

- systémy s pevným programem (spíše dříve, např. vačkové systémy)
- programovatelné (plán práce = program lze snadno měnit).

3) Podle způsobu zpracování informace v řídicím systému se systémy dělí:

- analogové
- číslicové

4) Podle průběhu dráhy manipulačního systému dělíme řízení na:

- PTP řízení – řízení bod po bodu (Point to Point) – bodové řízení – manipulační nebo technologická operace je rozdělena do poměrně malého počtu jednoduchých kroků (obvykle 30 až 50)
- CP řízení – (Continues Path) - spojité řízení – klade vyšší nároky na počítač, přesnost a vlastnosti výkonných orgánů. Řízení podle souvislé trajektorie klade mnohem vyšší nároky na paměť programu, na vytvoření vhodné programovací metody. Na druhé straně však umožňuje realizaci daleko komplexnějších pohybů výkonné části a činnosti ve složitě členěném pracovním prostoru s mnoha omezeními.

4.8 Způsoby programování průmyslových robotů

Programování průmyslových robotů je uskutečňováno prostřednictvím programovacího software. Způsoby programování jsou následující:

1. **Přímé programování**

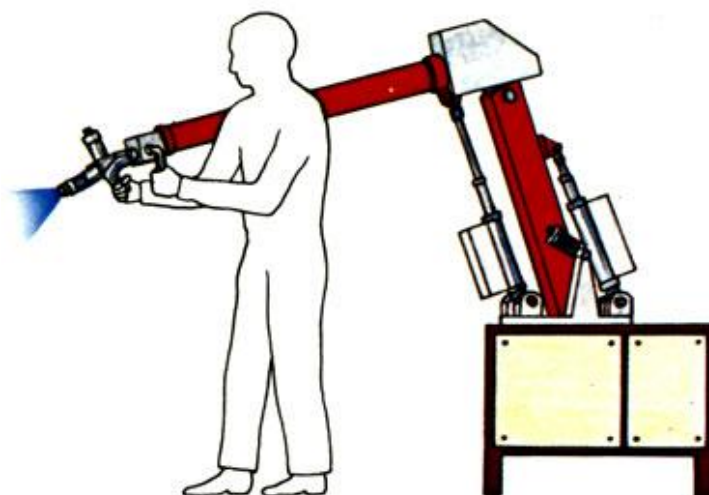
- **Ruční programování** - zadávání hodnot souřadnic ručně na klávesnici PC

- **Metoda „teach-in“** - zadávání povelů (instrukcí) a souřadnic prostřednictvím ovládacího panelu (tzv. teach-in box). Zdlouhavé a časově náročné zadávání jednotlivých souřadnic je nahrazeno tím, že řídicí systém sám snímá prostřednictvím zaučovací jednotky průběh požadované dráhy v krokovém režimu, ty pak ukládá do paměti. Po vyvolání příslušného programu je dráha k dispozici.



Obr. 18. Řídicí a zaučovací jednotka robota

- **Metoda „play-back“** - metoda „opakování záznamu“. Zadávání prostorové křivky pohybu robota zadává člověk – profesionál daného oboru, řídicí jednotka pohyby zaznamenává (souřadnice pohybu) a potom robot sám zadaný program přehrává vyvoláním příslušného programu z řídicí jednotky. Vhodné pro svařování, lakování, atd.



Obr. 19. Programování robota metodou „play-back“

2. Nepřímé (off-line) programování

- zadávání trajektorie pohybu ve formě prostorových křivek (nejčastěji z výkresu), není řešeno v reálném čase.

3. Přímé plánování (on-line)

- jako předchozí plus přizpůsobování robota vnějším podmínkám (prostřednictvím senzorů), tzn. řešeno v reálném čase.

5 TRANSFEROVÉ STROJE

Hromadná výroba patří do skupiny nepřetržitých výrobních systémů, které se specializují a zaměřují k produkci velkého množství několika málo standardizovaných výrobních položek. Ve výrobním procesu se obecně uplatňují vysoce standardizované metody a zařízení. Velké množství vyráběné produkce zajišťuje promítnutí velmi vysokých investic a pořizovacích cen automatizovaného výrobního zařízení do vysoké produktivity a nízké ceny výrobků. Hromadná výroba dosahuje nejvyšší úrovně efektivnosti a její výrobní proces má zpravidla předmětné uspořádání s výjimkou vybraných částí procesu a specifických technologických celků.

Jedním z měřítek určujících typové zařazení obráběcích strojů je rozsah výroby a pružnost - schopnost reagovat na změnu vyráběného dílce či sortimentu dílců. Obecně platí, že s rostoucím rozsahem výroby se pružnost výrobního zařízení snižuje. Tyto univerzální stroje se vyznačují velkou pružností (zjednodušeně, příprava pro změnu vyráběného dílce se omezuje jen na nahrání nového programu, přípravu nástrojového vybavení a upnutí příslušného polotovaru).

Další kategorií strojů jsou automatizované výrobní soustavy, jednoúčelové obráběcí stroje a výrobní linky. U těchto zařízení platí, že z důvodu neměnného, resp. obtížně měnitelného technologického i konstrukčního uspořádání se změna vyráběného dílce realizuje výrazně obtížněji a za vyšších nákladů, než je tomu u obráběcích center (samozřejmě ekonomický užitek, ať už počáteční investice do výrobního kapitálu, tak i do potenciální přestavby linky je důvod, proč se tato zařízení hojně uplatňují v nerůznějších výrobních oblastech spojených s velkým množstvím vyráběných kusů).

5.1 Pružnost a rekonfigurovatelnost

Současné trendy vedou výrobce ke snaze vytvořit zařízení (výrobní linku), lehce reagující na změnu výroby, tj. jsou „pružnější“ a rekonfigurovatelné i v oblastech rozsahu výroby, které doposud jsou výrazně nepružné. Vedle toho vznikají a jsou nabízeny stroje takové, jež z hlediska konstrukčního uspořádání tak i z hlediska použitých principů umožňují zvyšování výrobnosti (vícestranné a vícevřetenové obrábění atd.) mají charakter jednoúčelových strojů, přitom svázanost s konkrétním výrobkem není příliš velká (především díky pokroku v automatizaci, řídicí a pohonné technice). Modulární uspořádání

konstrukčního řešení (nejen těchto strojů) je nevyvratitelnou nákladovou výhodou, ale v podstatě nezbytnost pro rychlost realizace zakázky.

V oblasti jednoúčelových strojů existují dva druhy výrobců. Výrobci finálních produktů a jejich subdodavatelé. Základní stavba stroje (prostorové uspořádání rámu stroje), krytování a způsob řízení je převážně dílem výrobce finálního produktu. Jejich subdodavatelé jsou výrobci komponent a konstrukčních celků zaměřených speciálně na jednoúčelové obráběcí stroje, linky a další.

5.2 Stavebnicové jednoúčelové stroje

Stavebnicové jednoúčelové stroje jsou většinou vybaveny typizovanými stavebnicovými jednotkami, které jsou vyráběny mnoha výrobci v široké škále variant. Dále se stroje doplňují menším počtem speciálních jednotek, jako jsou upínače, přípravky a další speciální části. Na stavebnicových jednoúčelových strojích se většinou provádí operace vrtání, vyvrtávání, tvorba závitů a frézování. Jednoúčelové stavebnicové stroje dělíme na stroje bez podávacího pohybu obrobku a s podávacím pohybem obrobku. U strojů bez podávacího pohybu obrobku je obrobek upnut do přípravku na pevném stole a je obráběn z jedné anebo z více stran současně. Stroje s podávacím pohybem obrobku mají obrobek upnut na pohyblivém stole, který má podávací pohyb po kruhové anebo přímočaré dráze. Obrobky jsou upnuty v přípravcích umístěných na pohyblivém stole a přemisťují se mezi jednotlivými pracovními stanicemi a je na nich současně prováděná obráběcí operace, která náleží příslušné pracovní stanici.

5.3 CNC obráběcí jednotky

Jednotky s jednou nebo více řízenými osami umožňují provádět všechny obráběcí operace jako je vrtání, vyvrtávání, řezání závitů, vystružování řezání závitů a vyhlubování. Jednotky umožňují regulaci otáček a je zde možnost použití více vřeten. Tyto jednotky jsou vybaveny elektromotory, které jsou umístěny na zadní nebo přední straně jednotky.



Obr. 20. Obráběcí jednotka

5.4 Stroje s otočným stolem

Hojně používanou skupinou strojů jsou stroje s otočným stolem nebo bubnem, na kterém jsou upnuty obrobky. Každé pracoviště sestává z 3D jednotky, pro zakládání palety (upínače) na otočný stůl může být použit manipulátor nebo robot. Velmi důležitou součástí výroby dílců je manipulace a upínání obrobků. Obrobky se mezi technologickými pracovišti pohybují volně, pokud jsou jednoduše manipulovatelné (např. nepotřebují speciální orientaci vůči nástroji), nebo se pohybují na nosných deskách anebo paletách. I v této oblasti se mnohé mění, zejména s rozšiřováním robotiky, umělé inteligence, optických senzorů, softwarových algoritmů a rychlosti zpracování dat. Například roboti ve spojení s optickými snímači a řídicími systémy rychle vyhodnocují polohu součástí, správně orientují a manipulují do upínačů, aby byly uspokojeny potřeby vysoce produktivní výroby.

Zhodnocení

Jednoúčelové stroje mají uplatnění, především v oblastech hromadné nebo velkosériové výroby, na druhou stranu opodstatnění mají i tam, kde není ekonomicky či technicky opodstatněné nasazení konvenčních strojů či obráběcích center v malosériové výrobě. Stroje určené pro výrobu součástek ve velkých či obrovských sériích jsou nedílnou součástí výrobní techniky. Jejich ústup a nahrazení pružnými výrobními systémy, které dokážou lépe reagovat na vyráběný sortiment při patřičném množství vyráběných kusů je

jedním z trendů, ale pokud je potřeba docílit opravdu vysoké produktivity výroby (práce) v „delším“ časovém období, jednoúčelové stroje, linky atd. nemají zastupitelná řešení. [22]



Obr. 21. Transferový stroj Hydromat PT 45-16 CNC firmy Pfiffner [23]



Obr. 22. Transferový stroj Multifactor firmy Mikron [24]

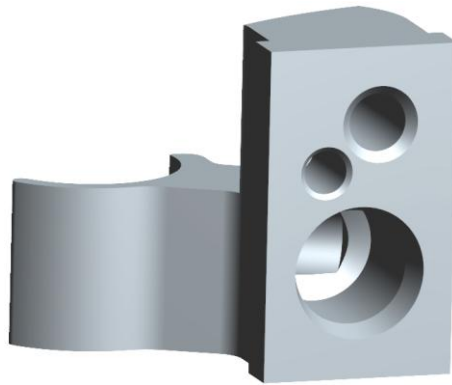
Výrobci transferových obráběcích strojů a ve kterém státě sídlí:

- Pfiffner, Švýcarsko
- Mikron, Švýcarsko
- Imoberdorf, Švýcarsko
- Giuliani, Itálie
- Buffoli, Itálie
- Picchi, Itálie
- Imas, Itálie
- Sema, Rakousko
- Winema, Německo

II. PRAKTICKÁ ČÁST

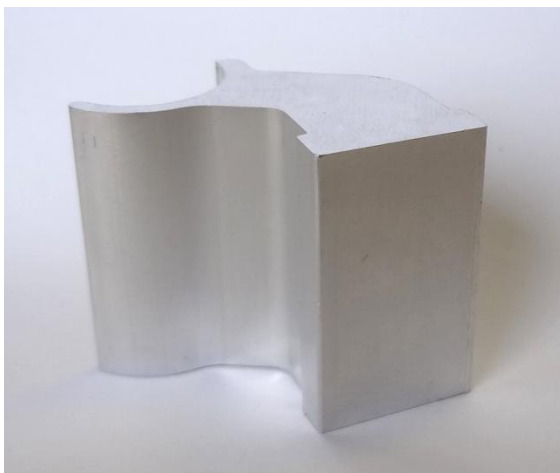
6 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem praktické části diplomové práce je realizace navrženého způsobu výroby dílu, který vedl ke zvýšení produktivity a efektivity při výrobě. Vyráběný spojovací díl je určen do sestavy klimatizace osobních automobilů, konkrétně do modulární platformy vozů značek Volkswagen, Audi, Škoda a Seat.

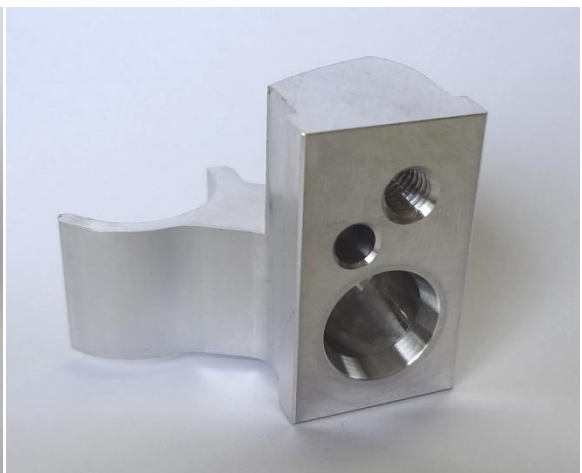


Obr. 23 3D model dílu

Polotovar pro výrobu dílu je vyroben extruzí z hliníkové tvářeny slitiny EN AW-6005 T6. Přesné chemické složení materiálu a jeho mechanické vlastnosti jsou uvedeny v materiálovém listu v příloze, viz PV.



Obr. 24 Tvarový profil dílu



Obr. 25 Vyrobený díl

Výkres tvarového profilu dílu je uveden v příloze viz PI. Výkres dílu je uveden v příloze viz PII.

Původní výroba spojovacího dílu probíhala na CNC obráběcím stroji Chiron FZ 12 W, kde díl byl obsluhou stroje ručně vkládán do upínače a následně po obrobení odebírán. Vzhledem ke složitosti obráběného dílu nebylo možné díl obrobit na jedno upnutí, proto bylo nutné obrábění dílu rozdělit na dvě samostatná upnutí.

Nové řešení vychází z realizace obrábění dílu na transferovém stroji Rotaflex DV25-10, kde díl je nejprve uřezán na automatické kotoučové pile ze 4 metrového profilu. Profilová tyč je uložena v automatickém podavači, který slouží i jako zásobník pro 10 tyčí. Následně je nařezaný díl dopraven pásovým dopravníkem do vibračního zařízení, kde dojde k předem nadefinovanému zorientování dílu. Po zorientování je díl na dalším pásovém dopravníku dopraven k manipulátoru, který díl přenesse do polohy, která je vhodná k odběru manipulačním robotem Stäubli TX4. Úkolem robotu je díl před obrobením založit do upínací palety stroje a po obrobení díl odebrat z této palety a uložit na další pásový dopravník, který díl dopraví k manipulačnímu skládacímu zařízení. Úkolem skládacího zařízení je díl v předem nadefinovaném počtu a poloze ukládat do přepravek. Celý tento výrobní proces je plně automatizován. Primárním úkolem obsluhy stroje je pouze zakládání profilových tyčí do zásobníku pily a odběr přepravek s vyrobenými díly. Výkres uspořádání výrobní linky je uveden v příloze, viz PIII.

7 POPIS PŮVODNÍHO POSTUPU VYROBY DÍLU

7.1 Vertikální CNC obráběcí stroj Chiron FZ 12 W

Vertikální obráběcí stroj Chiron FZ 12 W je vhodný pro obrábění středně velkých a menších součástí. Stroj je vybaven otočným stolem se čtvrtou osou umožňující obrábění součástí na jedno upnutí z několika stran. Tento otočný stůl je rozdělen na dvě pracovní strany. Jedna strana je v pracovní části stroje, kde se díly obrábí, druhá strana slouží k zakládání a vykládání již vyrobených dílů. Po obrobení dílů a upnutí nových dílů k obrobení dochází k otočení tohoto stolu. Tímto postupem dochází k minimalizaci prostroje stroje vzhledem k upínání kusů před obrobením. Výrobce Chiron WERKE GmbH, Německo.

Tab. 2. Technické parametry CNC stroje Chiron FZ 12 W

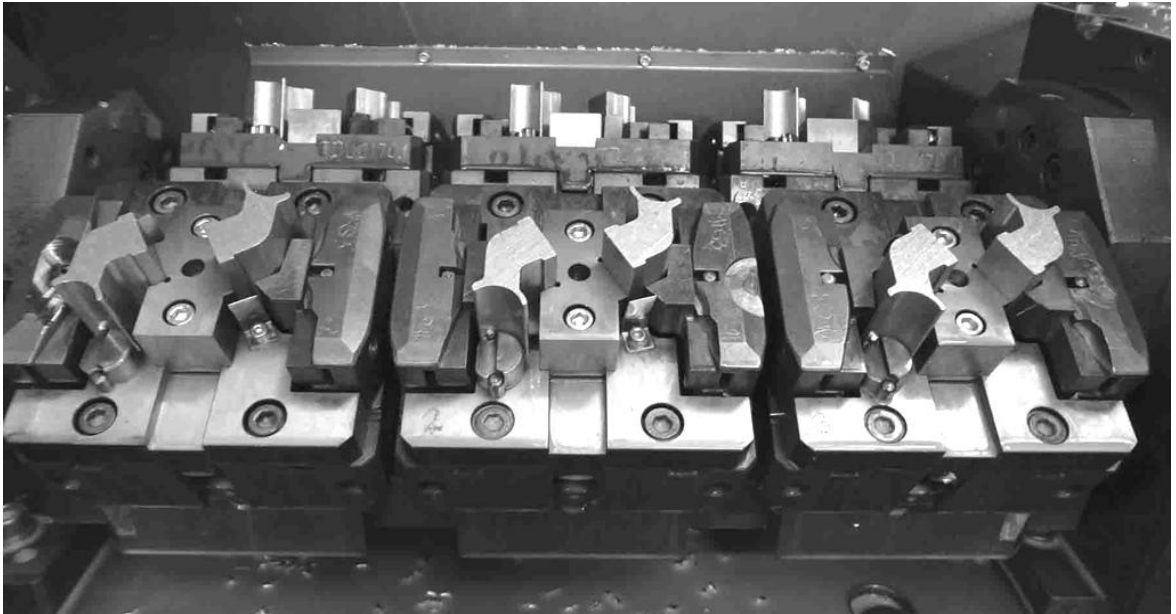
Pojezdy: X osa	550 mm
Y osa	300 mm
Z osa	425 mm
B osa	360°
Pohon motoru vřetene	5,0 kW při 100% ED
Max. otáčky vřetene	10 500 ot./min.
Krouticí moment vřetene	60 N.m
Nástrojový kužel	SK 40 DIN 69871
Čas výměny nástroje	2,4 sekund
Počet nástrojových míst	20
Upínací plocha stolu	2 x 660 x 350 mm
Maximální zatížení stolu	100 kg
Doba pro otočení stolu	2,9 sekund
Pohony posuvů X Y Z	servomotory s nepřímým absolutním odměřováním
Rychloposuv X Y Z	40 m/min.
Zrychlení	0,25 g
Max. příkon	11 kW
Hmotnost stroje	3 000 kg
Řídicí systém	Siemens Sinumerik 840D
CNC programování	DIN 66025
Zástavbové rozměry stroje	3 m x 5 m (15 m ²)



Obr. 26. Obráběcí stroj Chiron FZ 12 W

7.2 Obrobení prvního upnutí dílu ve stroji Chiron FZ 12 W

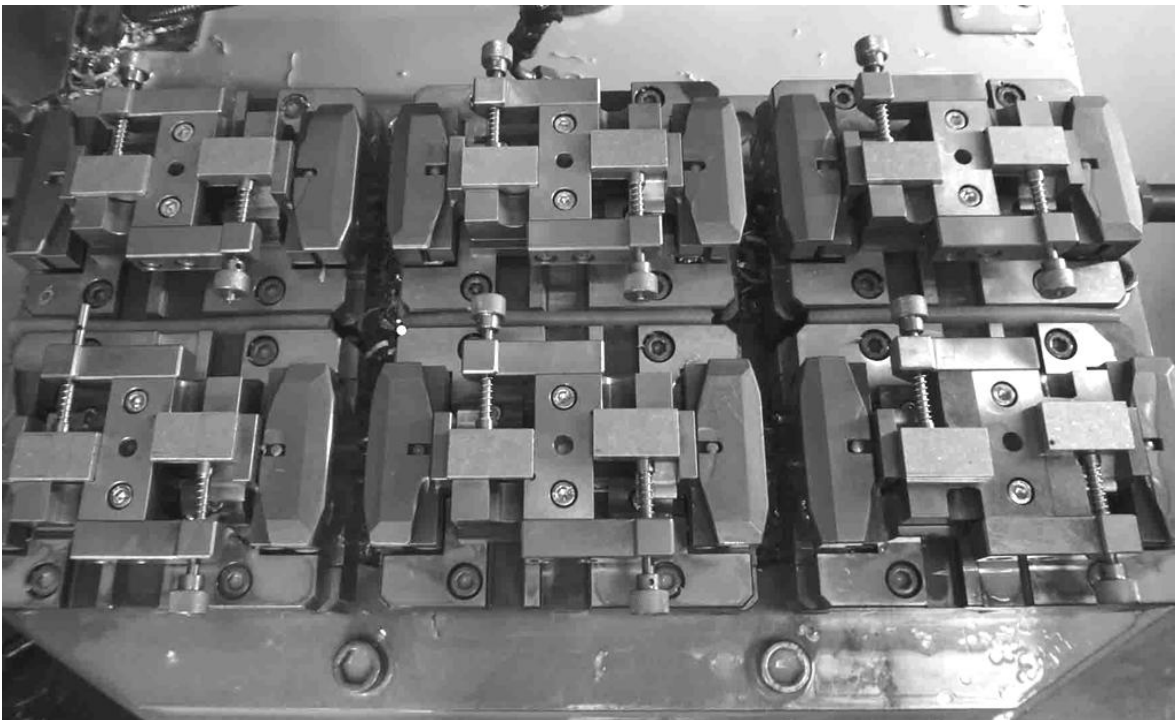
První upnutí dílu bylo vyrobeno na otočném stole se 4. osou B. Výroba byla realizována po 12 kusech upnutých najednou v hydraulických upínačích. Na tomto upnutí se vrtal otvor $\varnothing 8$ a frézoval rádius R60.



Obr. 27. První upnutí dílů před obráběním

7.3 Obrobení druhého upnutí dílu ve stroji Chiron FZ 12 W

Při obrábění druhého upnutí bylo opět upnuto 12 kusů. Zde se frézovala čelní plocha dílu, vrtaly otvor $\text{Ø}14$, $\text{Ø}5$ a řezal závit M6.



Obr. 28. Druhé upnutí dílů před obráběním

8 ZVAŽOVANÉ VARIANTY ZPRODUKTIVNĚNÍ VÝROBY DÍLU

Níže jsou popsány zvažované varianty zproduktivnění výroby dílu, které nakonec nebyly realizovány z uvedených důvodů.

8.1 Vícevřetenový obráběcí stroj s obsluhou k zakládání dílu

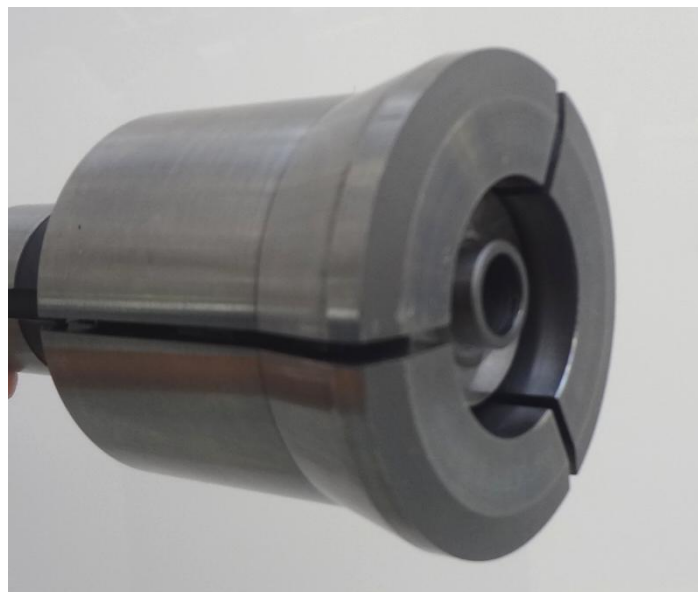
Pro výrobu dílu nepoužívat jednovřetenový obráběcí stroj, ale vícevřetenový stroj. Z dvouvřetenových strojů se nabízí např. Chiron DZ 12 W. Nevýhodou dvouvřetenového stroje oproti jednovřetenovému stroji je nutnost obráběcí nástroje v párovaných upínacích kuželech nastavovat na stejnou délku. Frézovací nástroje, které frézují obvodově, musí být navíc párované na stejný průměr nástroje. Rozstup obráběných dílů v upínači musí přesně odpovídat rozestupu vřeten stroje. Výhodou dvouvřetenového obráběcího stroje oproti jednovřetenovému stroji je teoreticky až dvojnásobná produkce vyrobených dílů při stejné zástavbové ploše stroje a počtu dělníků. U jednoduchých dílů, jako je tomu v tomto případě, ale už není v možnostech obsluhy stroje, vzhledem ke krátké výrobní době, stíhat kusy zakládat a vykládat ze stroje. Stroj by tedy po určitou dobu, v rámci každého výrobního cyklu, nevyráběl a čekal na obsluhu stroje, než dokončí upnutí dílů k obrobení. Z hlediska porovnání všech variant zproduktivnění výroby dílů se nejedná o variantu s nejlepším výsledkem.

8.2 Vícevřetenový obráběcí stroj s robotickým zakládáním dílu

Jedná se o variantu podobnou předcházející, jenom s tím rozdílem, že obsluha stroje je nahrazena manipulačním robotem. V případě použití 4osého obráběcího stroje by bylo nutné obráběný díl upínat na dvě upnutí, což by znamenalo 2x více manipulace robotu s dílem, než v případě obrábění na jedno upnutí. Z časového hlediska by zakládání a vykládání dílů vycházelo déle než samotné obrábění dílů a obráběcí stroj by čekal na dokončení práce robotem. Cenově vychází vícevřetenový obráběcí stroj osazen manipulačním robotem 1,5x více finančně nákladněji, než jednovřetenový obráběcí stroj bez robotu. Nevýhodou této i předchozí varianty je nutnost pro každý obráběcí stroj zajistit sadu upínačů a obráběcích nástrojů, což se finančně prodražuje. Z hlediska posouzení efektivity výroby dílů se jedná o lepší variantu, než předchozí, ale stále se nejedná o variantu s nejlepším ekonomickým výsledkem. Z těchto důvodů nebyla tato varianta zvolena.

8.3 Transferový stroj s kleštinovým systémem upínání dílu

Pro výrobu dílu použit transferový stroj s kleštinovým systémem upínání dílů, např. Hydromat HB32/16. Výhodou tohoto stroje je umístění operace řezání z profilové tyče přímo ve stroji na první obráběcí stanici. Z tohoto hlediska nemusí být stroj osazen manipulačním robotem pro založení a vyložení kusu ze stroje. Nevýhodou kleštinového systému upínání dílů je nemožnost díl obrábět přes celou boční plochu profilu dílu, protože díl je v této části zasunut v upínací kleštině. Z tohoto důvodu nebylo možné výrobu dílu na tomto typu stroje realizovat.



Obr. 29 Upínací kleština stroje Hydromat HB32/16

8.4 Změna vstupního polotovaru

Pro výrobu dílu nepoužít vstupní polotovar z přířezu profilové tyče, ale zápusťkový výkovek nebo polotovar vyrobený tlakovým litím. Takto vyrobený polotovar by mohl více kopírovat tvar požadovaného dílu. Přínosem této změny by bylo odstranění frézovacích operací a úspora materiálu. Vzhledem ke tvaru daného dílu, kde je frézování v omezené míře, by tato varianta nevedla ke zproduktivnění výroby. Cena samotných polotovarů, které jsou vyrobeny touto technologií, je vyšší než cena polotovaru z přířezu profilové tyče. Navíc díl v požadované slitině EN AW-6005 T6 není možné vyrobit technologií tlakového lití. U zápusťkového výkoveku by bylo nutné navíc odfrézovat materiál v oblasti dělicí roviny. Z těchto důvodů byla výroba z jiného vstupního polotovaru než z přířezu profilové tyče zamítnuta.

9 POPIS POSTUPU ZPRODUKTIVNĚNÍ VÝROBY DÍLU

V této části práce je popsán postup, který byl vyhodnocen jako nejproduktivnější z hlediska výroby dílu. Pro výrobu dílu byl zvolen transferový stroj Rotaflex DV25-10.

9.1 Transferový CNC obráběcí stroj Rotaflex DV25-10

Jedná se o horizontální a vertikální obráběcí centrum vhodné pro přesnou výrobu menších součástí ve velkých počtech. Stroj se skládá z 9 samostatných CNC programovatelných víceřetenových obráběcích jednotek, které umožňují velmi efektivní obrábění. Zakládání a vykládání dílu ze stroje je realizováno robotem Stäubli TX40 v desáté stanici. Stroj je vybaven čtvrtou B osou, která umožňuje otáčení upnuté palety a díl tak efektivně obrábět na jedno upnutí z několika stran. Pohyb deseti palet s upnutými díly, které jsou přes Hirthovo ozubení spojeny se strojem, zajišťuje otočný stůl. Celkový počet řízených os 28. Počet CPU jednotek 2.



Obr. 30 Transferový obráběcí stroj Rotaflex DV25-10

Z důvodu dodržení stability výrobního procesu je součástí stroje systém na chlazení řezného oleje. Další chlazení, kde aktivním médiem je kapalina, se využívá pro chlazení elektromotorů vřeten a elektrorozvodné skříně. Stroj je možné přes internet připojit na dálkovou diagnostiku k výrobcí. Vzhledem k použití řezného oleje je stroj vybaven automatickým hasicím zařízením pro případ požáru uvnitř pracovní části stroje. Stroj obsahuje automatické centrální mazání mazacím olejem. Výrobce Technica AG, Švýcarsko.

Tab. 3. Technické parametry transferového stroje Rotaflex DV25-10

Pojezdy X osa	100 mm
Y osa	140 mm
Z osa	150 mm
B osa	360° po 5° indexovaně 360° plynule pouze u stanice 6
Celkový počet vřeten	22
Vzdálenost mezi vřeteny	80 mm osa Y / 60 mm osa Z
Počet a typ vřeten	stanice 1-5 a 8 - horizontální 2x stanice 6 - manuálně nastavitelné 2x v úhlu 0°-100° stanice 7 a 9 - horizontální 2x a vertikální 2x
Pohon motoru vřetene	2,3 kW při 100% ED
Maximální otáčky vřeten	8 000 ot./min.
Nástrojový kužel	HSK-C 40 DIN 69871
Tlak vnitřního olej. chlazení	70 bar
Tlak vnějšího olej. chlazení	4 bar
Přívod tlakového vzduchu	6 - 10 bar
Doba pro otočení stolu o 36°	2,0 sekund
Doba pro otočení palety o 360°	1,2 sekund
Pohony posuvů XYZ	AC servomotory s nepřímým absolut. odměřováním
Maximální příkon	50 kW
Hmotnost stroje	12 000 kg
Řídicí systém	BWO
CNC programování	DIN 66025
Zástavbové rozměry stroje	10 m x 6 m (60 m ²)

9.1.1 Obráběcí stanice transferového stroje Rotaflex DV25-10

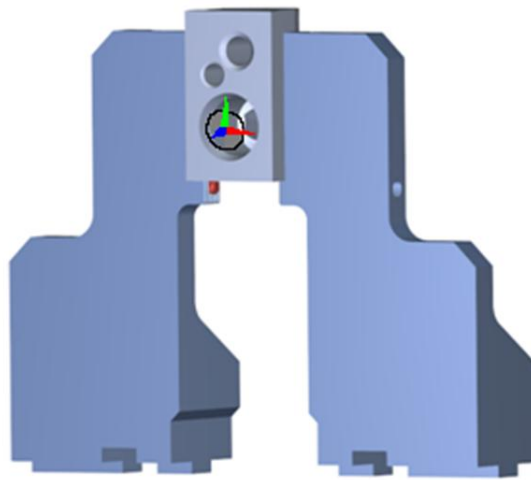
Obráběcí stanice transferového stroje Rotaflex DV25-10 představuje samostatnou CNC jednotku, která umožňuje pohyb v osách X, Y a Z pomocí 3 servomotorů s nepřímým odměřováním. Stanice se pohybují nezávisle na sobě dle daných CNC programů. Rotační pohyby servomotorů jsou přes kuličkové šrouby převáděny na pohyby přímé. Obráběcí stanice pouze s horizontálními vřeteny obsahuje jeden elektromotor pro obě vřetena. Obráběcí stanice s horizontálními a vertikálními vřeteny obsahuje dva elektromotory pro každou skupinu vřeten zvlášť. První vřeteno je spojeno napřímo s elektromotorem, druhé vřeteno přes ozubený řemen. Aby se zabránilo případnému pronikání oleje do servomotorů a elektromotorů vřeten, které jsou umístěny v zakrytované pracovní části stroje, je do každého přiváděn tlakový vzduch. Z důvodu odvodu tepla, které vzniká při provozu v elektromotorech vřeten, je do těchto elektromotorů přiváděna chladicí kapalina, která se následně ochlazuje v klimatizační části stroje. Obráběcí stanice umožňují vykonávat operace vrtání, frézování a závitování.



Obr. 31 Horizontální a vertikální obráběcí stanice 7

9.1.2 Upnutí dílu do transferového stroje Rotaflex DV25-10

Vzhledem k nutnosti obrábět díl z více stran bylo nutné vyřešit, jak díl co nejvhodněji ustavit do upínacích čelistí paletového systému stroje. Nakonec se jako nejvhodnější řešení jevílo upnutí dílu, dle níže uvedeného náhledu. Upnutí dílu do čelistí splňuje všechny požadavky na obrobení a díl je možné založit manipulačním robotem. Není zde kolize uchopovacích čelistí robotu s upínacími čelistmi palety stroje. Nulový bod obrobku pro CNC programování byl zvolen do místa osy vrtání otvoru Ø14 v čelní rovině dílu.



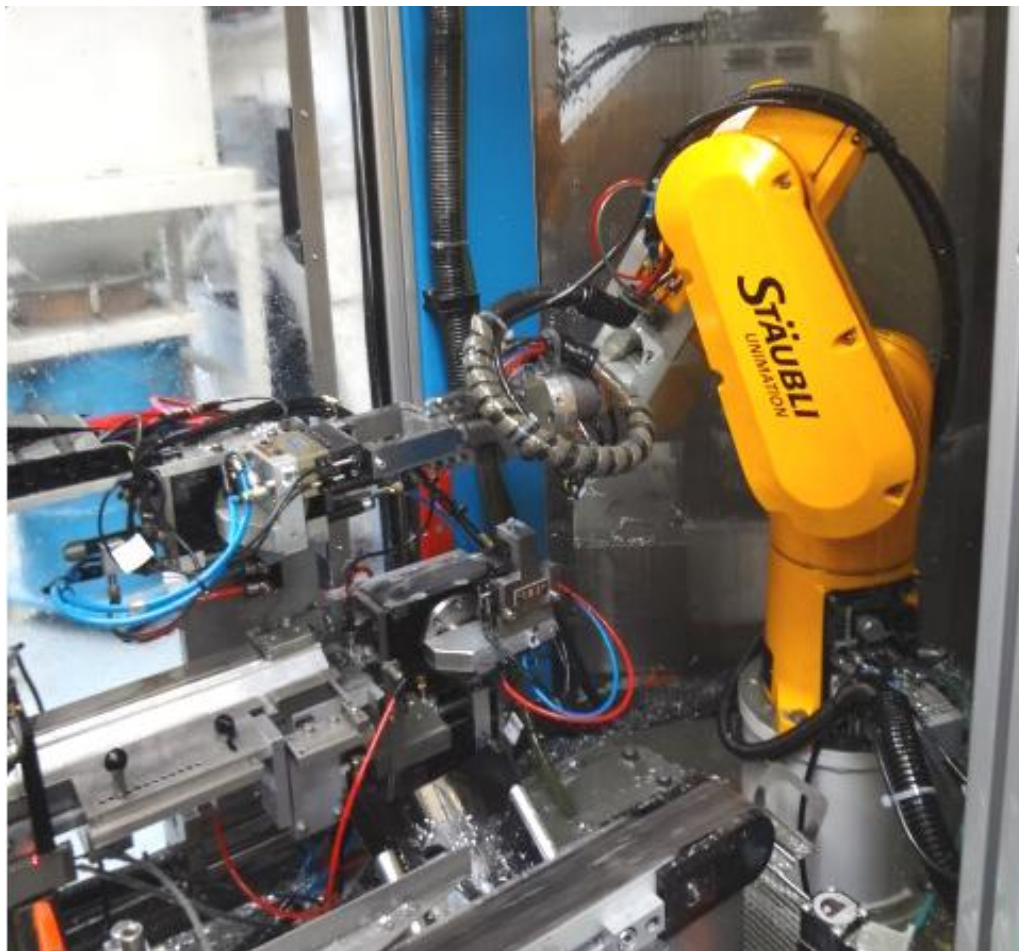
Obr. 32 Model upnutí dílu s vyznačeným nulovým bodem



Obr. 33 Upnutí dílu v čelistech palety stroje

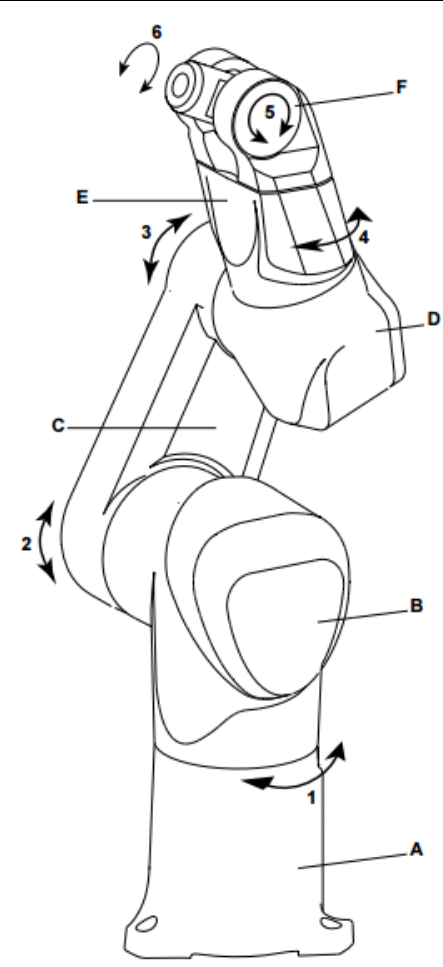
9.2 Manipulační robot Stäubli TX40

6 osý průmyslový robot Stäubli TX40 je vybaven ramenem, kterým dosahuje mimořádné obratnosti a pružnosti pohybu. Výjimečný kulovitý pracovní rozsah umožňuje maximální využití prostoru, kde je robot nainstalován. Velkou výhodou tohoto robota je rozmanitost montáže pro úplnou integraci robota. Robotické rameno je robustní, plně uzavřená konstrukce, ideální pro širokou škálu aplikací i v náročných podmínkách. Robot je uchycen na rám obráběcího stroje Rotaflex DV25-10. Systémový software je VAL3. Výrobce Stäubli Faverges SCA, Francie.



Obr. 34 Manipulační robot Stäubli TX40

Tab. 4. Technické parametry robotu Stäubli TX40

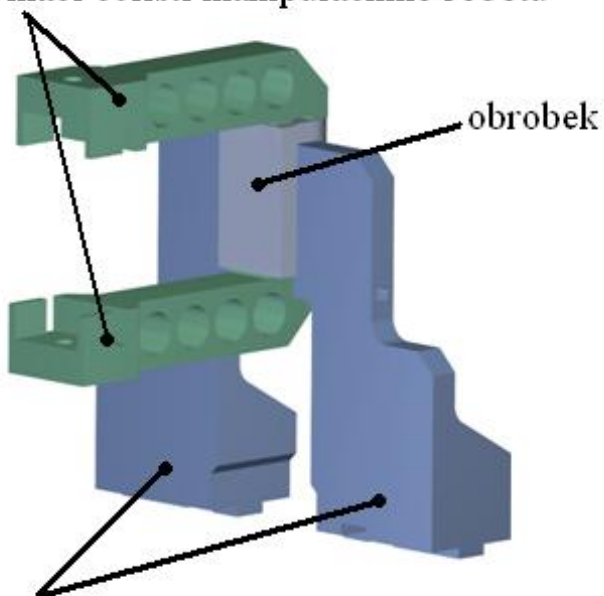
Jmenovitá nosnost	1,7 kg		
Maximální nosnost	2,3 kg		
Dosah na zápěstí	515 mm		
Přesnost pohybu	$\pm 0,02$ mm		
Třída bezpečnosti	IP65		
Stäubli rozvaděč	CS8C		
Rozsah pohybu	Osa 1 (A)		$\pm 180^\circ$
	Osa 2 (B)		$\pm 125^\circ$
	Osa 3 (C)		$\pm 138^\circ$
	Osa 4 (D)		$\pm 270^\circ$
	Osa 5 (E)	$+133,5^\circ/-120^\circ$	
	Osa 6 (F)	$\pm 270^\circ$	
Maximální rychlost	Osa 1	$555^\circ/\text{s}$	
	Osa 2	$475^\circ/\text{s}$	
	Osa 3	$585^\circ/\text{s}$	
	Osa 4	$1035^\circ/\text{s}$	
	Osa 5	$1135^\circ/\text{s}$	
	Osa 6	$1575^\circ/\text{s}$	
Max. rychlost při zatížení	8,2 m/s		
Hmotnost	27 kg		

Při návrhu upínacích čelistí robotu bylo nutné brát zřetel na dodržení celkové maximální nosnosti robotu. Do této celkové hmotnosti bylo nutné započítat kromě hmotnosti obráběného dílu a čelistí i hmotnost samotného upínacího mechanismu, který zajišťuje sevření čelistí robotu. Robot byl naprogramován metodou „teach-in“, tedy zadáváním povelů a souřadnic prostřednictvím ovládacího panelu. Řídicí systém sám snímá prostřednictvím zaučovací jednotky průběh požadované dráhy v krokovém režimu, ty pak ukládá do paměti. Po vyvolání příslušného programu je dráha pohybu robotu k dispozici.



Obr. 35 Ovládací panel robotu Staubli TX40

upínací čelisti manipulačního robotu



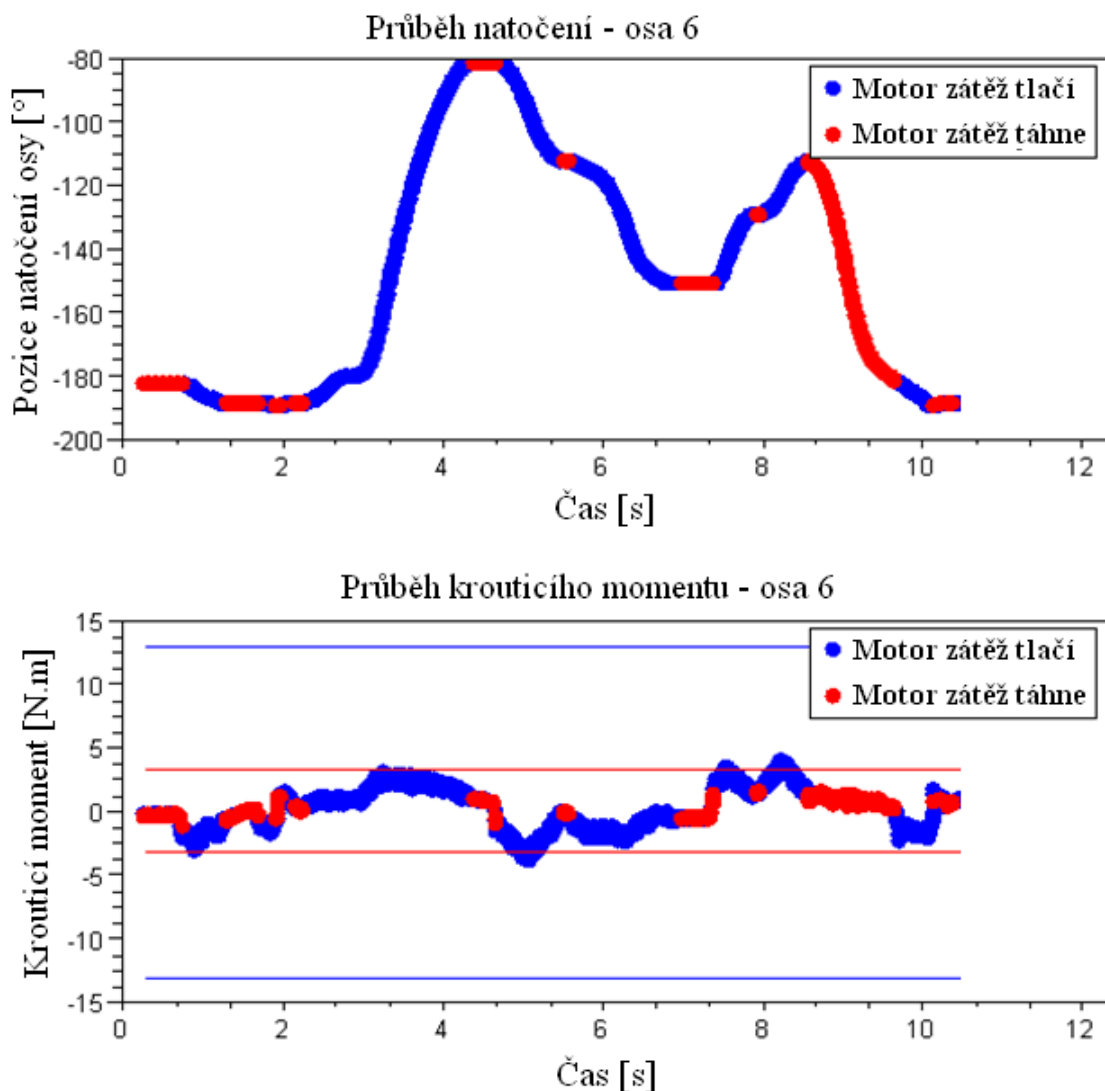
upínací čelisti palety obráběcího stroje

Obr. 36 3D model založení dílu do palety stroje



Obr. 37 Pohled před odebráním dílu robotem ze stroje

Na závěr bylo nutné provést kontrolu, zda nejsou jednotlivé pohony os robotu přetěžovány, což by vedlo ke snížení životnosti mechanických dílů. Kontrola se provedla diagnostickou analýzou, kde výstupem je níže uvedený zobrazený průběh krouticího momentu příslušné osy při daném natočení. Pro modré body platí modré limity krouticího momentu (13 N. m) a vztahují se na pohyb, kdy motor zátěž tlačí. Pro červené body platí červené limity krouticího momentu (3 N. m) a vztahují se na pohyb, kdy motor zátěž táhne. Pokud jsou limity překročeny, potom je nutné provést úpravu řídicího programu robotu. Cílem úpravy programu robotu je optimalizovat zrychlení a brzdění pohonů os, tedy dostat modré body mezi modré linky a červené body mezi červené linky a zabránit tak přetěžování robotu. Níže uvedený průběh krouticího momentu osy 6 splňuje požadované limity.



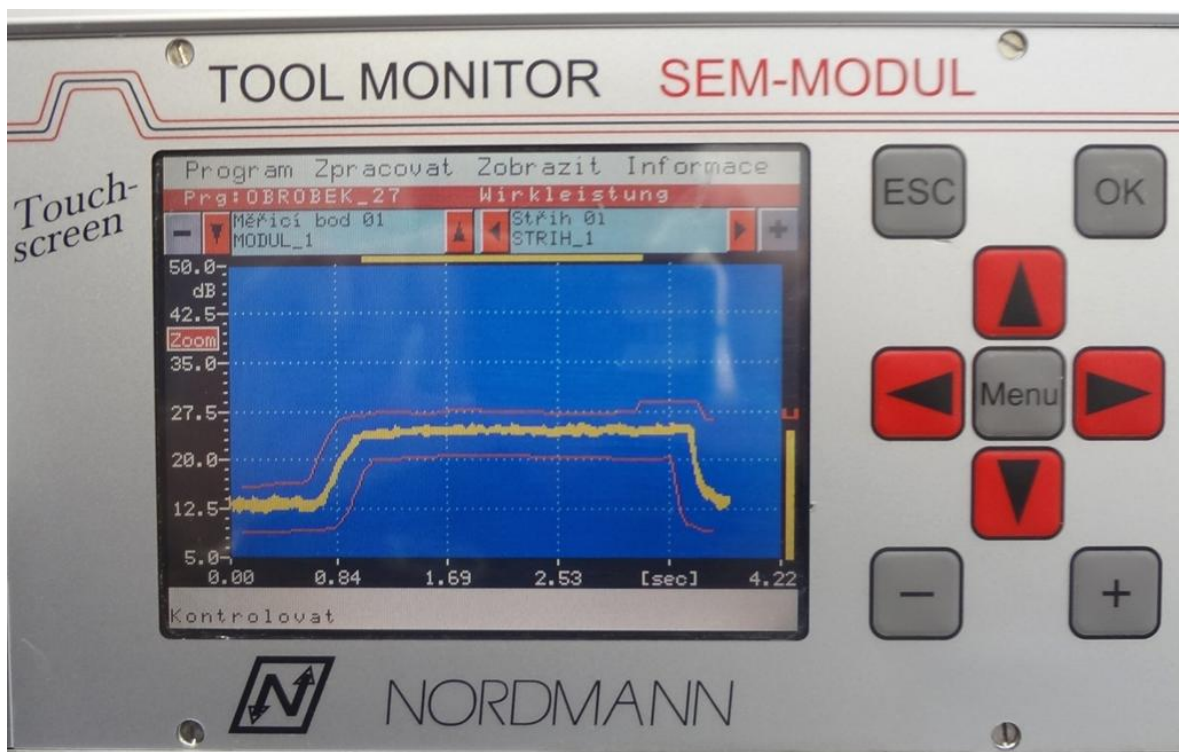
Obr. 38 Nasnímaný průběh zatížení osy 6 (F) robotu Stäubli TX40

9.3 Výroba dílu

Při realizaci výroby dílu bylo nutné optimálně rozvrhnout, do kterých obráběcích stanic zvolit dané obráběcí operace frézování, vrtání a závitování tak, aby se jednotlivé časy obrábění na stanicích co nejvíce shodovali. Při obrábění dílů na transferovém stroji je výsledný čas obrobění dán nejdelším časem obrobění na konkrétní stanici. Dále v případě použití obou vřeten ve stanici k obrábění, bylo nutné správně zvolit délku vyložení nástroje z upínacího kuželu, aby při obrábění jedním nástrojem ve vřetenu nedocházelo ke kolizi druhého nástroje s upínačem, strojem nebo obrobkem. Naprogramování obráběcího CNC programu bylo vzhledem k jednoduchosti a absenci postprocesoru pro daný stroj provedeno ručně v G-kódu. Nevýhodou tohoto způsobu programování je nemožnost si

v grafickém prostředí provést kontrolu a verifikaci programu a zabránit tak případným kolizím nástroje s obrobkem, případně upínacími čelistmi. Z tohoto důvodu bylo nutné postupovat velmi opatrně při zkoušení takto vytvořených obráběcích CNC programů.

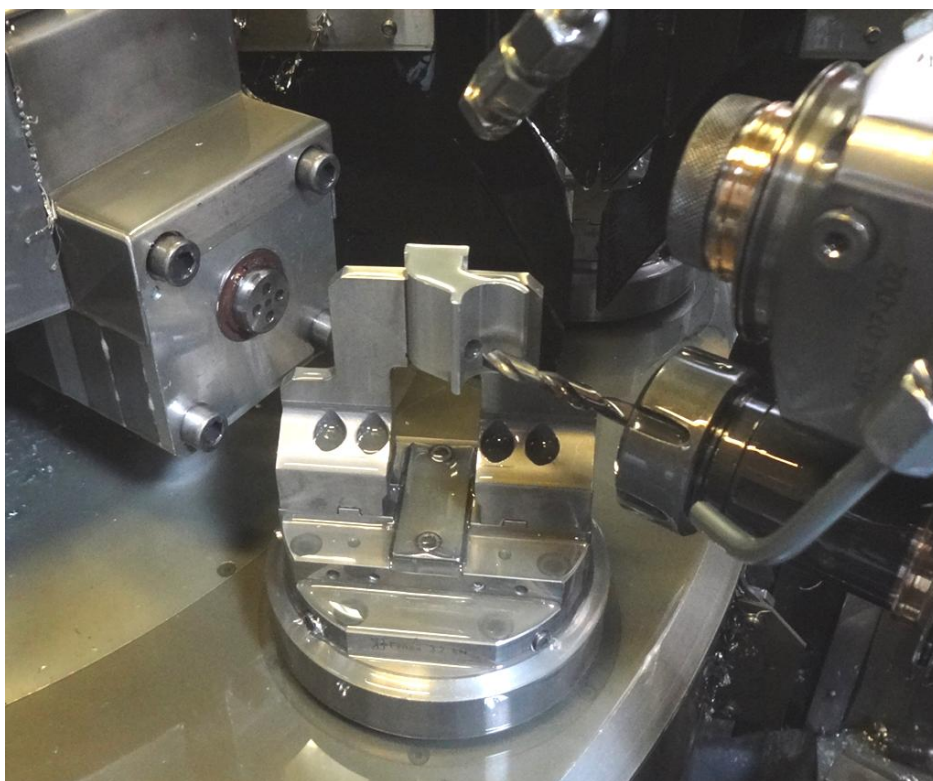
Součástí stroje je Tool Monitor, který slouží k monitorování opotřebení a případně zalomení obráběcího nástroje. Zařízení pracuje na principu neustálého porovnávání elektrického příkonu daného elektromotoru na vřetenu se zadanými křivkami horní a dolní meze. Systém umožňuje kontrolovat všechny elektromotory vřeten ve stroji. Pokud se aktuální příkon dostane mimo tyto meze, stroj se zastaví s ohlášením poruchy u daného nástroje na zobrazovacím panelu stroje. Mohou nastat stavy, kdy aktuální elektrický příkon je pod ohraničenou křivkou, nástroj se zalomil nebo elektrický příkon je nad ohraničenou křivkou a nástroj je zatupen, je tedy nutné provést výměnu nástroje. Elektrický příkon je vyznačen žlutou křivkou, horní a dolní meze křivkou červenou v zobrazovacím panelu přístroje. Mezní křivky se nastavují automaticky v záznamovém režimu zařízení, kde se předpokládá obrábění ostrým a nepoškozeným nástrojem. Případné drobné korekce křivky lze provést tažením dotykového pera na dotykovém zobrazovacím panelu.



Obr. 39 Tool monitor – záznam průběhu vrtání otvoru Ø8 nástrojem T01

9.3.1 Obráběcí stanice 1

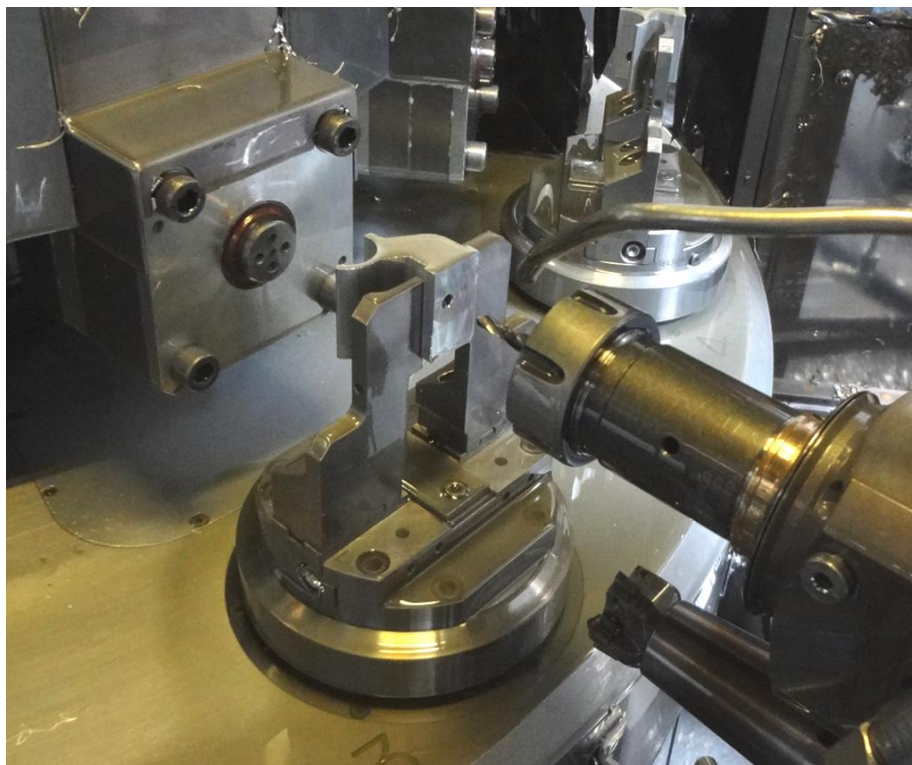
Obráběcí program P2701. Na této stanici byla zvolena operace vrtat otvor $\varnothing 8$, využívá se zde pouze spodní horizontální vřeteno. Upínací paletu s dílem je nutno před vrtáním programově přes osu B natočit o požadovaný úhel 240° . Po vyvrtání otvoru je nutné paletu natočit do výchozí polohy, aby bylo možné otočit s pracovním stolem a posunout paletu s dílem k další obráběcí stanici. CNC obráběcí program je uveden v příloze, viz PVI.



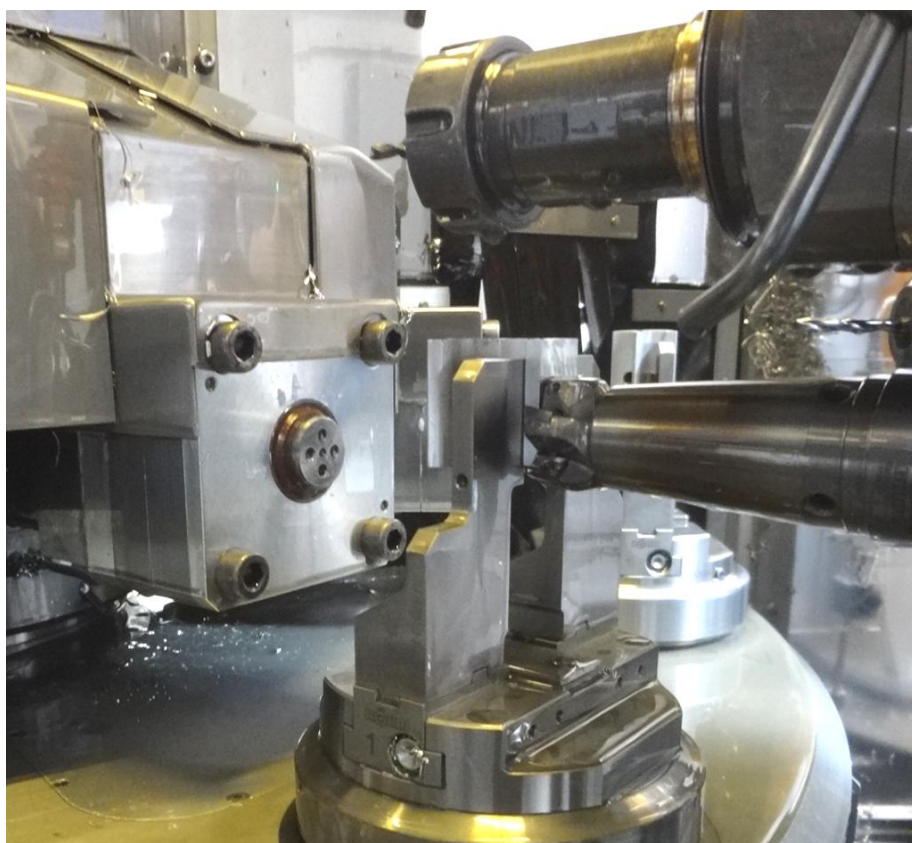
Obr. 40 Obrábění dílu ve stanici 1 nástrojem T01

9.3.2 Obráběcí stanice 2

Obráběcí program P2702. Na této stanici se frézuje čelní plocha dílu frézovací hlavou o průměru $\varnothing 32$, která je osazena vyměnitelnými břitovými SK destičkami ve spodním horizontálním vřetenu. Druhým horním horizontálním vřetenem se vrtá otvor $\varnothing 5$ se sražením $1 \times 45^\circ$. Při obrábění na této stanici není nutné natáčet upínací paletu s dílem.



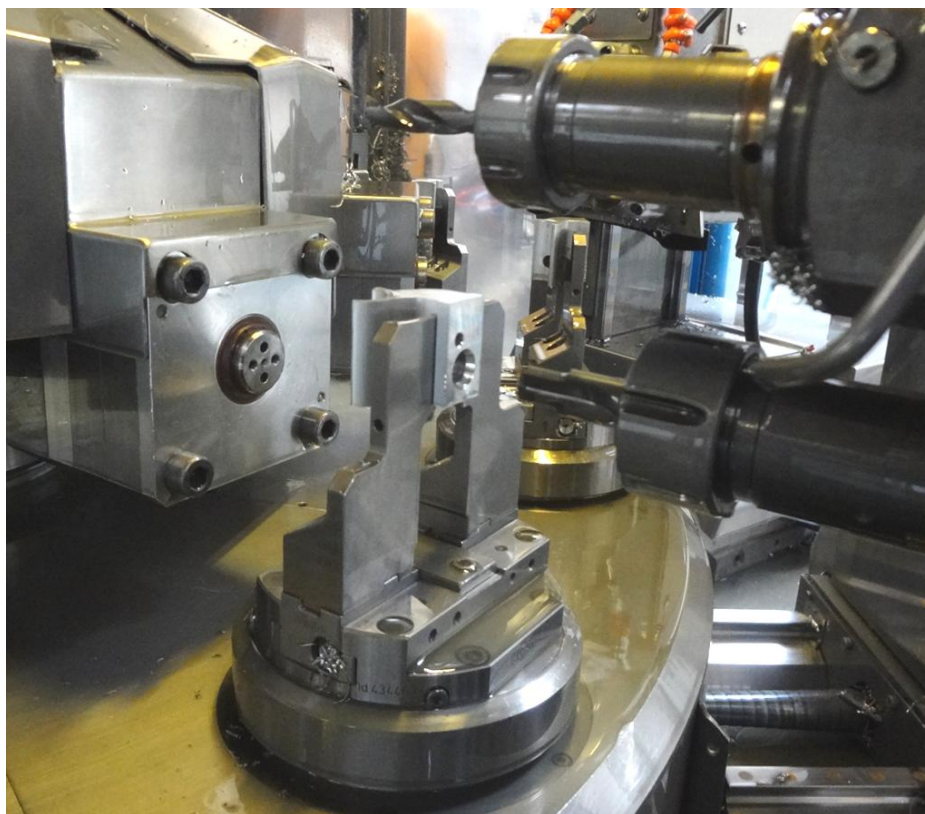
Obr. 41 Obrábění dílu ve stanici 2 nástrojem T02



Obr. 42 Obrábění dílu ve stanici 2 nástrojem T03

9.3.3 Obráběcí stanice 3

Obráběcí program P2703. Na této stanici se vrtá otvor $\varnothing 14$ se sražením $4 \times 18^\circ$. Vzhledem k požadavku na jakost povrchu vrtaného otvoru Rz6,3 bylo vrtání rozděleno na dvě operace. Nejprve se vrtá otvor nahrubo (s přídavkem na obrobení) na horním horizontálním vřetenu SK vrtákem o průměru $\varnothing 13,5$. Následné vrtání otvoru $\varnothing 14$ je provedeno ve spodním horizontálním vřetenu speciálním tvarovým PKD nástrojem, u kterého jsou PKD destičky napájeny na SK držáku nástroje. Použitím PKD materiálu je zaručena dlouhodobá životnost řezných ploch nástroje vzhledem k otupení a také požadovaná výsledná jakost obráběného povrchu.



Obr. 43 Obrábění dílu ve stanici 3 nástrojem T05

9.3.4 Obráběcí stanice 4

Obráběcí program P2704. Na této stanici se vrtá otvor $\varnothing 5$ se sražením $1 \times 45^\circ$ pro závit M6 nástrojem v horním horizontálním vřetenu a řeže se závit M6 závitníkem HSS E ve spodním horizontálním vřetenu. Vyvrtaný otvor $\varnothing 5$ pro závit je průchozí přes díl, což

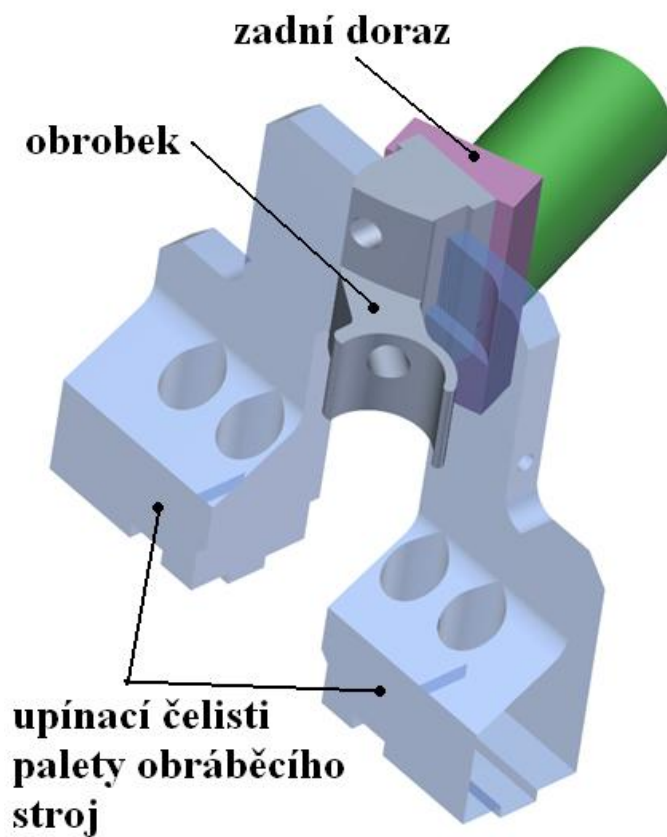
umožní použít řezací závitník s přímou drážkou a vyřezané špony ze závitu se takto dostanou ven z otvoru. Pro závitování v CNC stroji byl použit závitovací cyklus G84.



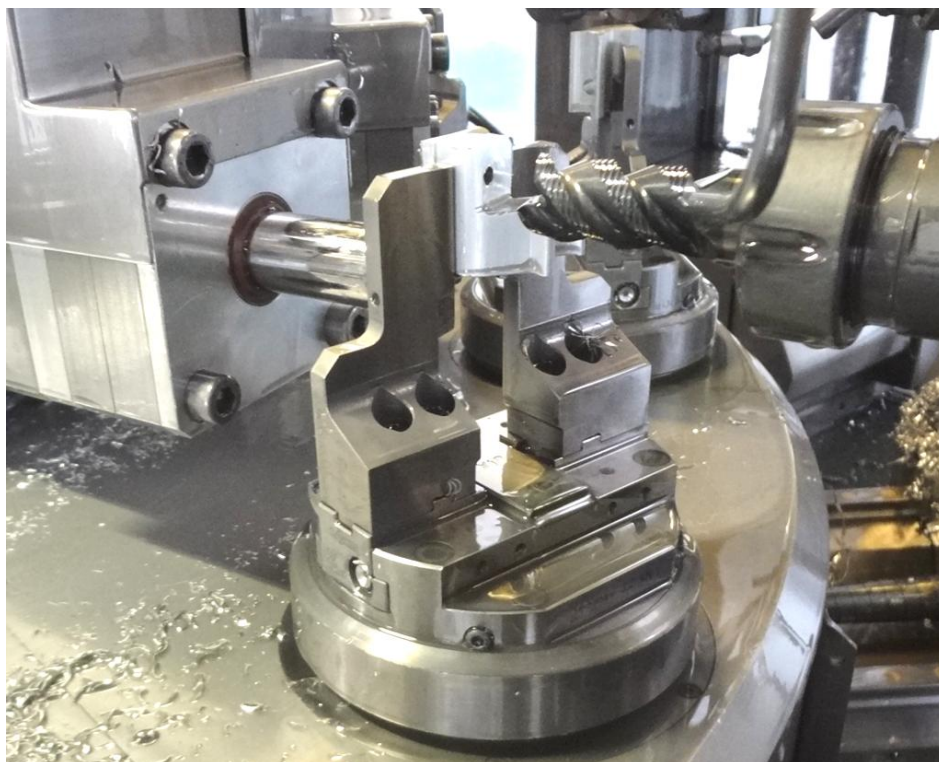
Obr. 44 Obrábění dílu ve stanici 4 nástrojem T07

9.3.5 Obráběcí stanice 5

Obráběcí program P2705. Na této stanici se frézuje nahrubo odlehčení v zadní části dílu, rádius R60. Na stanici se využívá jenom horní horizontální vřeteno. Použitý nástroj je SK hrubovací fréza válcová o průměru $\varnothing 22$ s hrubovacím profilem. Před samotným obrobením je nutné natočit upínací paletu s dílem o úhel 200° a vysunout zadní zpevňující doraz, který zajistí, aby během obrábění nedošlo k nežádoucímu pohybu dílu vlivem obráběcích sil.



Obr. 45 3D model upnutí dílu a zpevnění zadním dorazem



Obr. 46 Obrábění dílu ve stanici 5 nástrojem T08

9.3.6 Obráběcí stanice 6

Obráběcí program P2706. Na této stanici se frézuje prostorové sražení $0,2 \times 45^\circ$ u otvoru $\varnothing 8$, který se nachází v rádiusu R12 profilu. Použitý nástroj je fréza úhlová 90° s průměrem $\varnothing 8$. Využívá se jenom spodní vřeteno, které je manuálně seřízeno do horizontální polohy. Před samotným obráběním je nutné natočit upínací paletu s dílem o úhel 225° .



Obr. 47 Obrábění dílu ve stanici 6 nástrojem T09

9.3.7 Obráběcí stanice 7

Obráběcí program P2707. Na této stanici se využívá zadní vertikální vřeteno k frézování rádiusu R60. Použitý nástroj je SK fréza válcová $\varnothing 20$.



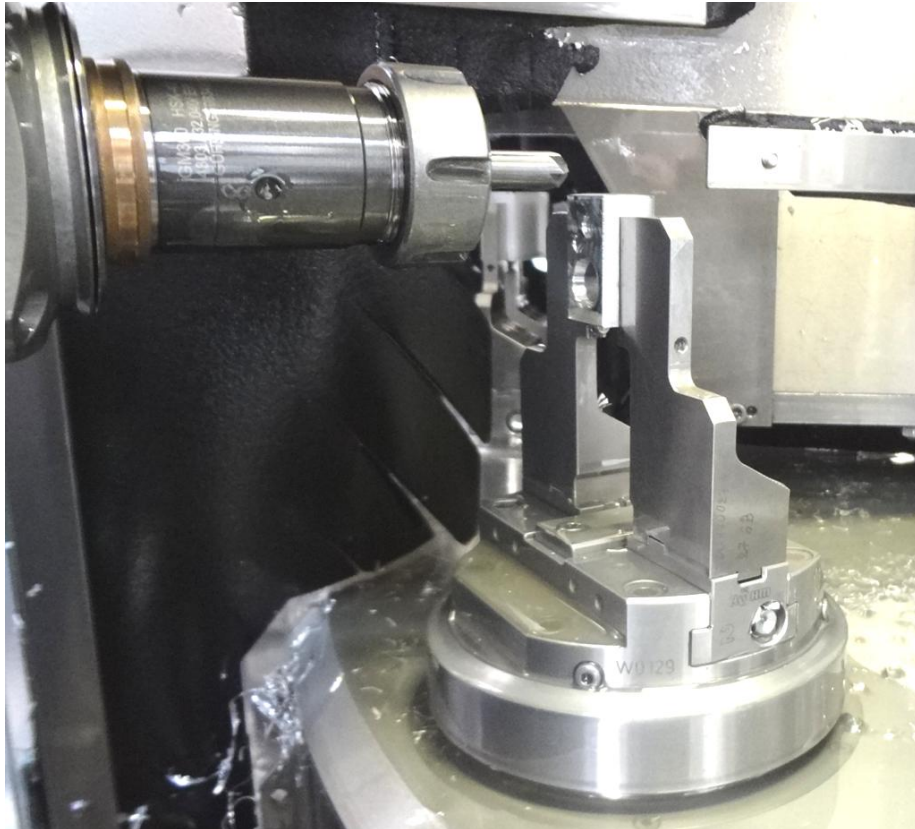
Obr. 48 Obrábění dílu ve stanici 7 nástrojem T10

9.3.8 Obráběcí stanice 8

Při výrobě tohoto dílu je stanice 8 nevyužita.

9.3.9 Obráběcí stanice 9

Obráběcí program P2709. Na této stanici se frézuje obvodové sražení $0,3 \times 45^\circ$ na čelní ploše dílu a po natočení B osy palety s kusem o úhel 200° sražení u výběhu závitu M6. Použitý nástroj je fréza úhlová 90° s průměrem $\varnothing 10$. Při obrábění se využívá jenom horní horizontální vřeteno, zbývající 3 vřetena jsou nevyužita.



Obr. 49 Obrábění dílu ve stanici 9 nástrojem T11

9.3.10 Upínací stanice 10

Program P2710. Na této stanici se provádí založení a po obrobení vyložení dílu z upínacích čelistí palety stroje. Díl se zakládá robotem, který po najetí do cílové pozice pro uchycení kusu do čelistí palety vysune pohyblivý doraz proti upínanému kusu a ten ustaví oproti pohyblivému CNC dorazu v této stanici. Pozice vzdálenosti vyjetí protidorazu se zadává programově. Po uchycení dílu čelistmi paletky odjede uchopovací čelisti robotu do vyčkávací pozice a pohyblivý CNC doraz se vrací zpět do základní pozice. Následně, pokud jsou všechny obráběcí stanice v základní pozici, tedy dokončily obrábění, dochází k otočení pracovního stolu o jednu pozici k další obráběcí stanici a celý výrobní proces obráběcích stanic se opakuje.



Obr. 50 Zakládání a vykládání dílu ve stanici 10 robotem Stäubli TX40

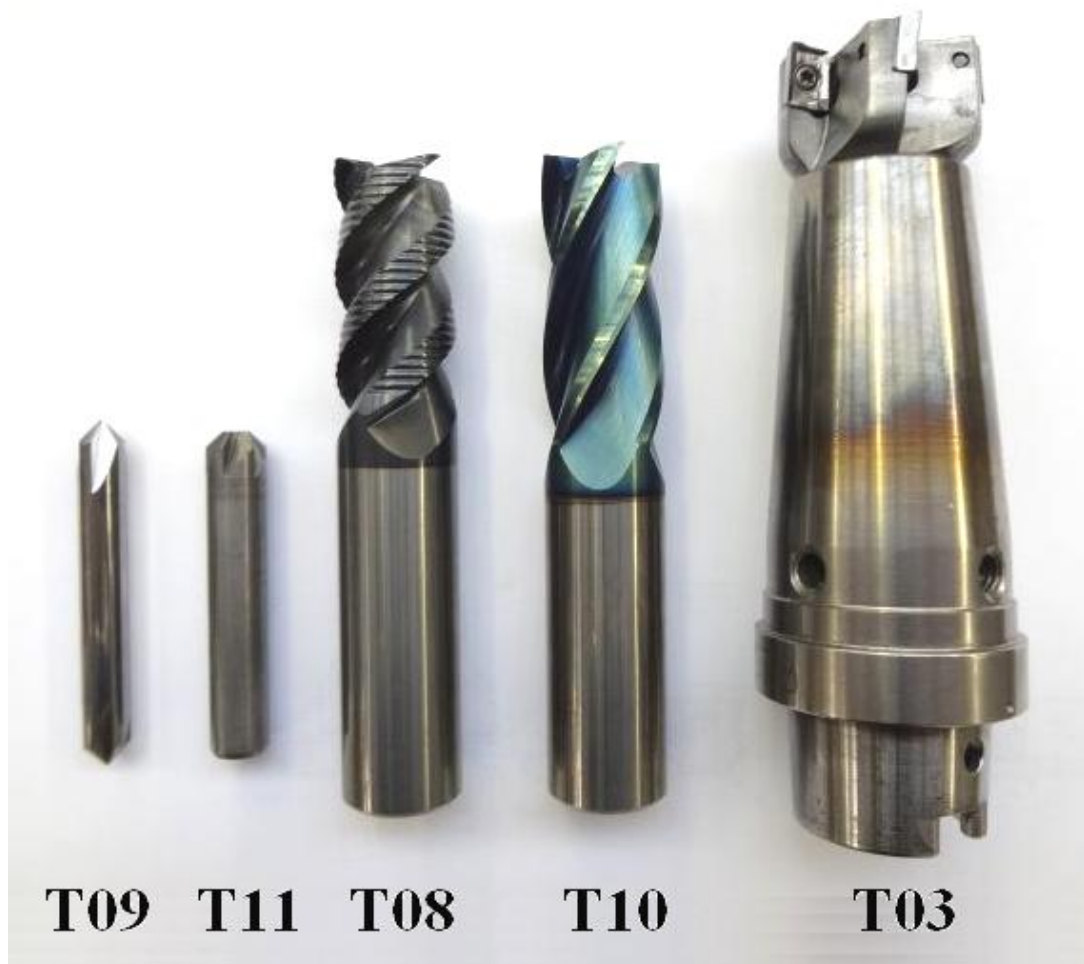
9.4 Seznam použitých G a M funkcí v CNC programu

Tab. 5. Seznam použitých G a M funkcí v CNC programu

G00	RYCHLOPOSUV
G01	LINEÁRNÍ INTERPOLACE
G02	KRUHOVÁ INTERPOLACE VE SMĚRU HOD. RUČÍČEK
G03	KRUHOVÁ INTERPOLACE PROTI SMĚRU HOD. RUČÍČEK
G04	ČASOVÁ PRODLEVA V SEKUNDÁCH
G17	PRACOVNÍ ROVINA, XY - POLOMĚROVÁ KOREKCE, Z - DÉLKOVÁ KOREKCE
G40	VYPNUTÍ POLOMĚROVÉ KOREKCE NÁSTROJE
G41	ZAPNUTÍ POLOMĚROVÉ KOREKCE NÁSTROJE, VLEVO OD KONTURY
G84	ZÁVITOVACÍ CYKLUS
G90	PROGRAMOVÁNÍ V ABSOLUTNÍCH HODNOTÁCH
G92	NASTAVENÍ NULOVÉHO BODU
G94	POSUV V MM/MIN
G1000	VÝPOČET OTÁČEK VŘETENE DLE ŘR A TEST NA MIN. A MAX. HODNOTU
G1001	POČÍTÁNÍ VYROBENÝCH KUSŮ PRO VÝMĚNU DLE NASTAVENÉHO ÚDAJE
G1005	HLÍDÁNÍ PRACOVNÍHO POLE Z DŮVODU ZABRÁNĚNÍ KOLIZE NÁSTROJE
M1	PODMÍNĚNÝ PROGRAMOVÝ STOP
M3	OTÁČKY HORIZONTÁLNÍHO VŘETENE NÁSTROJE VE SMĚRU HOD. RUČÍČEK
M7	ZAPNUTÍ VNITŘNÍHO CHLAZENÍ
M8	ZAPNUTÍ VNĚJŠÍHO CHLAZENÍ
M13	OTÁČKY VERTIKÁLNÍHO VŘETENE NÁSTROJE VE SMĚRU HOD. RUČÍČEK
M23	NEPODMÍNĚNÝ SKOK V PROGRAMU
M30	KONEC PROGRAMU
M56	ZADNÍ DORAZ VYSUNOUT
M57	ZADNÍ DORAZ ZASUNOUT
M60	UPÍNACÍ PALETU ZVEDNOUT
M61	UPÍNACÍ PALETU SPUSTIT
M90	ZAPNUTÍ KONTROLY NÁSTROJE
M91	VYPNUTÍ KONTROLY NÁSTROJE
M97	PODMÍNĚNÝ SKOK V ZAVISLOSTI NA AKTIVACI ZAHŘÍVÁNÍ STROJE
X	OSA X
Y	OSA Y
Z	OSA Z
B	ROTAČNÍ OSA UPÍNACÍ PALETY
I	INTERPOLAČNÍ PARAMETR
J	INTERPOLAČNÍ PARAMETR
F	POSUV V MM/MIN
P	VÝPOČTOVÝ PARAMETR, NEPLATÍ PRO PRVNÍ ŘÁDEK PROGRAMU
S	OTÁČKY VŘETENE V -/MIN
T	ČÍSLO NÁSTROJE
{ }	KOMENTÁŘ
P	ČÍSLO PROGRAMU, PLATÍ POUZE PRO PRVNÍ ŘÁDEK PROGRAMU
#	KONEC PROGRAMU

10 NÁSTROJE

K obrábění dílu byly použity nástroje ze slinutých karbidů (s povlakem Marwin Si Lubrik), polykrystalického diamantu a vysoce výkonné rychlořezné oceli legované kobaltem.



Obr. 51 Frézovací nástroje použité při výrobě dílu



Obr. 52 Vrtací a závitovací nástroje použité při výrobě dílu

10.1 Nastavení řezných podmínek

Pro zvolený obráběný materiál (slitina Al) a nástroje SK jsou výrobcem nástrojů doporučeny následující maximální řezné rychlosti:

- vyměnitelné břitové destičky pro frézovací hlavy: 900 m/min.
- monolitické válcové frézy: 400 m/min.
- vrtáky: 260 m/min.

Posuv v mm na jednu otáčku nástroje u vrtáků a u fréz na jeden zub nástroje vychází opět z katalogových doporučených mezních hodnot. Výsledné vypočítané otáčky a posuvy nástrojů jsou následující.

Tab. 6. Nastavení řezných podmínek obráběcích nástrojů

Číslo nástroje	Popis nástroje	Průměr nástroje [mm]	Otáčky nástroje [-/min.]	Posuv nástroje [mm/min.]	Řezná rychlost [m/min.]
T01	Vrták Ø 8,0 SK	8	4 000	400	101
T02	Vrták Ø 5,0 SK	5	3 000	200	47
T03	Frézovací hlava Ø 32 SK	32	4 000	2 500	402
T04	Vrták Ø 13,5 SK	13,5	5 000	800	212
T05	Vrták tvarový Ø 14 PKD	14	5 000	300	220
T06	Vrták Ø 5,0 SK	5	5 000	600	79
T07	Závitník řezací M6x1 HSS E	6	1 800	1 800	34
T08	Fréza válcová Ø 22 SK	22	2 400	300	166
T09	Fréza úhlová 90° Ø 8 SK	8	4 000	150	101
T10	Fréza válcová Ø 20 SK	20	3 000	600	188
T11	Fréza úhlová 90° Ø10 / Ø4 SK	10	5 000	3 000	157

Nástroje jsou upnuty v nástrojovém upínacím kuželu HSK-C 40 DIN 69871 a to v kleštinovém typu i v tepelně smrštitelném upínači.

Geometrie SK nástrojů.

Tab. 7. Geometrie SK nástrojů

úhel hřbetu α	10°
úhel břitu β	65°
úhel čela γ	15°

Materiál SK nástrojů.

Tab. 8. Materiál SK nástrojů

Typ	CKi10
Wolfram (WC)	90%
Kobalt (Co)	10%
Velikost zrna	0,5-0,8 μm
Tvrdość HV 30	1610
Pevnosť v ohybu	3600 N/mm ²

Charakteristika povlaku: Nanokompozitní povlak tvořený TiAlSiN a zakončený kluznou vrstvou s obsahem oxidů a uhlíku.

Tab. 9. Povlak SK nástrojů

Typ	Marwin Si Lubrik
Mikrotvrdość	45 GPa
Tloušťka	2-3 μm
Složení vrstev	TiN + TiAlSiN + AlTiSiN + Lubrik

10.2 Procesní kapalina

Při obrábění se používá řezný olej Paramo CUT OC. Jde o nízko viskózní řezný olej obsahující vhodné přísady pro zlepšení řezného a mazacího účinku, snižuje tvorbu mlhy, chrání stroj, nástroje a obrobky před korozi. Je určen pro operace třískového obrábění s přesně definovatelnou geometrií břitu nástroje. Svými vlastnostmi vytváří optimální řezné prostředí s výborným proti nárůstkovým a chladícím účinkem. Udržuje nástroje co nejdéle v záběru bez potřeby broušení, a tak přispívá k prodloužení životnosti nástroje. Použitý nízko viskózní základový olej a vhodná skladba aditiv je vedle výborných vlastností příslušejících pouze výkonným řezným olejům i zárukou optimálního chladícího účinku, který je výsadou spíše obráběcích kapalin. Při provozu zanechává minimální olejový film ulpívající na třískách a obrocích a zabraňuje tak vynášení oleje ze stroje.

11 VYHODNOCENÍ A POSOUZENÍ ZEFEKTIVNĚNÍ VÝROBY

11.1 Posouzení produktivity výroby z hlediska doby výroby dílu

Při posouzení produktivity výroby dílu z hlediska doby výroby dílu se vycházelo z porovnání jednotlivých dob výroby dílů na každém obráběcím stroji.

Výroba dílů na obráběcím stroji Chiron FZ 12 W probíhala na dvě upnutí po 12 dílech. Po výpočtu vychází celková doba výroby jednoho dílu 47 sekund.

Tab. 10. Časová studie obrábění dílu na stroji Chiron FZ 12 W

Obrábění prvního upnutí - 12 ks	4,1 minut
Obrábění druhého upnutí - 12 ks	5,3 minut
Celková doba obrábění - 12 ks	9,4 minut
Celková doba obrábění - 1 ks	47 sekund

Celková doba výroby dílu na transferovém obráběcím stroji Rotaflex DV25-10 je dána taktem otočení pracovního stolu, tedy časově nejdelší obráběcí operací, případně založením/vyložením kusu robotem a samotným otočením pracovního stolu. V případě výroby toho dílu je nejdelší doba obrábění s nástrojem T08 na stanici 5. Celková doba výroby jednoho dílu je 12,2 sekund.

Tab. 11. Časová studie obrábění dílu na stroji Rotaflex DV25-10 vztaženo na stanice

Stanice	Vřeteno	Typ nástroje		Doba stanice v pohybu [s]
1	H - dole	T01	Vrták Ø 8,0	6,6
2	H - nahoře	T02	Vrták Ø 5,0	9,5
	H - dole	T03	Frézovací hlava Ø 32	
3	H - nahoře	T04	Vrták Ø 13,5	7,4
	H - dole	T05	Vrták tvarový Ø 14	
4	H - dole	T06	Vrták Ø 5,0	10,1
	H - nahoře	T07	Závitník řezací M6x1	
5	H - nahoře	T08	Fréza válcová Ø 22	10,2
6	H - dole	T09	Fréza úhlová 90° Ø 8	9,0
7	V - vzadu	T10	Fréza válcová Ø 20	9,2
9	H - nahoře	T11	Fréza úhlová 90° Ø 10 / Ø 4	10,0
10	Zakládání a vykládání dílu ze stroje robotem			10,1

Tab. 12. Časová studie obrábění dílu na stroji Rotaflex DV25-10

T08 - Fréza válcová Ø 22	10,2 sekund
Doba pro otočení stolu o 36°	2,0 sekund
Celková doba obrábění - 1 ks	12,2 sekund

Poměr dob výroby dílu obráběcím strojem Chiron FZ 12 W a Rotaflex DV25-10 vychází 47 sekund k 12,2 sekundám, tedy 3,8x produktivněji ve prospěch stroje Rotaflex DV25-10.

11.2 Posouzení efektivnosti z hlediska spotřeby elektrické energie

Při posouzení efektivnosti spotřeby elektrické energie se vycházelo z naměřených hodnot spotřeby elektrické energie u každého obráběcího stroje v časovém úseku 1 hodina. Tyto naměřené hodnoty byly následně přepočteny na počet vyrobených kusů u jednotlivých

strojů. Z výsledků naměřených a vypočítaných údajů vychází spotřeba elektrické energie na jeden vyrobený díl identická, v rámci tolerance měření. 96 W k 97 W ve prospěch obráběcího stroje Chiron FZ 12 W.

Tab. 13. Posouzení efektivity z hlediska spotřeby elektrické energie

	Chiron FZ 12 W	Rotaflex DV25-10
Spotřeba elektrické energie za hodinu	7,3 kW	28,5 kW
Počet vyrobených kusů za hodinu	76 ks	295 ks
Spotřeba el. energie na 1 vyrobený díl	96 W	97 W

11.3 Posouzení produktivity výroby z hlediska vytížení strojů

Posouzení produktivity výroby dílů z hlediska vytížení obráběcích strojů bylo vypočteno pro požadovaný roční objem výroby 1,1 milionů dílů. Rozdíl v počtu výrobních hodin za den mezi stroji je dán přestávkami a jinou činností, kterou zastává obsluha stroje Chiron FZ 12 W. Aby bylo možné kapacitně zajistit výrobu tohoto množství dílů, bylo nutné v případě výroby na obráběcím stroji Chiron FZ 12 W výrobu realizovat na dvou obráběcích strojích při nepřetržitém provozu. K zajištění nepřetržité výroby na obráběcím stroji Chiron FZ 12 W je zapotřebí čtyř výrobních dělníků. V případě výroby na transferovém stroji Rotaflex DV25-10 byla kapacita stroje využita na polovinu, opět při nepřetržitém provozu. Zbývající volná výrobní kapacita stroje byla využita pro zajištění výroby podobného dílu. Z dlouhodobého hlediska vychází výroba na transferovém stroji Rotaflex DV25-10 4x více produktivněji, než na obráběcím stroji Chiron FZ 12 W.

Tab. 14. Posouzení produktivity výroby z hlediska vytížení strojů

	Chiron FZ 12 W	Rotaflex DV25-10
Doba výroby jednoho dílu [s]	47	12,2
Počet výrobních hodin za den [h]	21	23
Počet výrobních dnů v roce [den]	340	
Roční objem vyrobených dílů [ks]	1 100 000	
Potřeba obráběcích strojů [ks]	2,0	0,5

11.4 Posouzení efektivity výroby z hlediska nákladů na procesní kapalinu

Při výrobě dílů na obráběcím stroji Chiron FZ 12 W byla použita procesní kapalina Rhenus FU 750. Jedná se o vodou ředitelnou kapalinu, kde vzhledem k operaci závitování byla nastavena koncentrace na 7%. Tato kapalina byla zvolena s ohledem na obsluhu obráběcích strojů, která s ní přichází při manipulaci dílů do přímého kontaktu a i s finančních důvodů.

Při výrobě dílů na transferovém stroji Rotaflex se používá řezný olej Paramo CUT OC. Zde již obsluha stroje nepřichází do přímého kontaktu s procesní kapalinou, proto bylo možné zvolit řezný olej. Výhodou řezného oleje oproti vodou ředitelným kapalinám je snížení poškození kluzných ploch obráběcího stroje. Z tohoto důvodu výrobce transferového stroje nedoporučuje používat vodou ředitelné procesní kapaliny.

Aby bylo zabráněno co největším ztrátám ve formě vynášení procesní kapaliny ze stroje na plochách třísek, tak je následně tento třískový odpad dopraven do drtičky a odstředivky třísek. Po odstředění je procesní kapalina navracena zpět do obráběcího stroje. Procesní kapalina, která ulpí na plochách vyrobených dílů, se odstraní v automatické alkoholové pračce. Zachycená procesní kapalina z pračky je následně předána k ekologické likvidaci. Těmito kroky je minimalizován dopad použití procesní kapaliny na životní prostředí.

Pro níže uvedený výpočet byly použity údaje, které byly zaznamenány během výroby výrobní dávky 20 000 ks na obou strojích.

Tab. 15. Posouzení efektivity výroby z hlediska nákladů na procesní kapalinu

	Chiron FZ 12 W	Rotaflex DV25-10
Procesní kapalina	Rhenus FU 750	Paramo CUT OC
Nákupní cena kapaliny [Kč/litr]	120	35
Množství spotřebované kapaliny [litr]	7	45
Počet vyrobených dílů [ks]	20 000	
Objemová spotřeba na 1 ks [ml]	0,35	2,25
Cena kapaliny na vyrobený díl	0,04 Kč	0,08 Kč

Z pohledu efektivity nákladů na procesní kapalinu vychází lépe obrábění na původním stroji Chiron FZ 12 W, než na transferovém stroji Rotaflex DV25-10.

Rozdíl v ceně za spotřebovanou procesní kapalinu mezi těmito stroji na vyrobený díl činí 0,04 Kč ve prospěch obráběcího stroje Chiron FZ 12 W.

11.5 Posouzení výroby z hlediska zástavbových rozměrů strojů

Zástavbová plocha obráběcího stroje Chiron FZ 12 W je 15 m², zástavbová plocha transferového stroje Rotaflex DV25-10 bez automatické pily je 60 m². Výsledný poměr zástavbových ploch strojů vychází v poměru 4:1 ve prospěch obráběcího stroje Chiron FZ 12 W. Pokud výsledný poměr zástavbových ploch strojů přepočítáme na výrobní produktivitu dílů na jednotlivých strojích, která je u transferového stroje Rotaflex DV25-10 4x vyšší, potom výsledný poměr vychází 1:1.

Tab. 16. Posouzení výroby z hlediska zástavbových rozměrů strojů

	Chiron FZ 12 W	Rotaflex DV25-10
Rozměry zástavbové plochy stroje [m]	3 x 5	10 x 6
Zástavbová plocha stroje [m ²]	15	60

12 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a realizovat postup, který by vedl ke zvýšení produktivity při výrobě dílu do sestavy klimatizace osobních automobilů.

Teoretická část obsahuje popis obrábění, řezné nástroje, CNC obráběcí stroje, programování CNC strojů, robotizaci a transferové stroje.

Praktická část je zaměřena na postup, který vedl ke zvýšení produktivity ve výrobě. Původní výroba dílů probíhala na dvou obráběcích strojích Chiron FZ 12 W. Při výrobě na těchto strojích již byly vyčerpány všechny možnosti, které by vedly k podstatnému zproduktivnění výroby. Proto bylo navrženo díl vyrábět na jiném typu stroje a to transferovém Rotaflex DV25-10. Prvním úkolem bylo navrhnout způsob, jak díl upnout do čelistí palety stroje. U výsledného návrhu bylo důležité, aby byly splněny požadavky na stabilní a tuhé upnutí dílu, umožnění díl obrábět z několika stran a založení/vyložení dílu čelistmi manipulačního robotu. Dalším úkolem bylo navrhnout a napsat CNC obráběcí program v G-kódu pro 8 obráběcích stanic a jednu upínací stanici stroje. Založení a vyložení dílu bylo realizováno manipulačním robotem Stäubli TX40, kterého bylo nutno naprogramovat.

Tímto postupem došlo ke zkrácení doby výroby dílu ze 47 sekund u obráběcího stroje Chiron FZ 12 W na 12,2 sekund u transferové stroje Rotaflex DV25-10. Z hlediska výroby v delším časovém úseku (den) došlo ke zproduktivnění výroby čtyřnásobně. Díky tomuto zproduktivnění výroby je možné pružněji reagovat na požadavky zákazníka. Při porovnání spotřeby elektrické energie mezi těmito stroji, na jeden vyrobený díl, nebyl zaznamenán žádný podstatný rozdíl. U opotřebení a spotřeby obráběcích nástrojů se změnou výroby na transferový stroj nebyla zaznamenána žádná změna.

Při roční produkci vyráběného dílu 1,1 miliónů kusů, vzhledem k bezobslužnému výrobnímu procesu na transferovém stroji Rotaflex DV25-10, došlo k úspoře 8 výrobních dělníků, což představuje roční úsporu přes 3 milióny Kč na superhrubých mzdách a jiných nákladech a to i přes zvýšení nákladů kvůli nutnosti použít jinou procesní kapalinu. Z hlediska posouzení investic je u transferového stroje Rotaflex DV25-10 pořizovací cena čtyř až pětinašobně vyšší, než je tomu u obráběcího stroje Chiron FZ 12 W, ale svojí čtyřnásobnou produkcí a bezobslužným provozem tuto nevýhodu odstraňuje. Nevýhodou transferového stroje Rotaflex DV25-10 je jeho složitost, která má do značné míry velký vliv na jeho poruchovost. V případě poruchy jedné obráběcí stanice, případně

manipulačního robotu, již není možné dále ve výrobě pokračovat a celý výrobní proces se zastaví. Pokud nastane porucha u jednoho ze dvou obráběcích strojů Chiron FZ 12 W, potom výroba dílů může pokračovat na druhém stroji.

Z ekologického hlediska je výrobní proces nastaven s co nejmenším dopadem na životní prostředí a splňuje tak normu environmentálního managementu ISO 14001:2004.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Technologie frézování: pracovní listy* [online]. Šumperk, 2007 [cit. 2014-10-10]. Dostupný z WWW: <http://www.sossou-spk.cz/esf/TEC_fr.pdf>..
- [2] *Řezné podmínky při obrábění: podklad pro výuku předmětu TECHNOLOGIE III - OBRÁBĚNÍ* [online]. Liberec, 2001 [cit. 2014-10-10]. Dostupný z WWW: <http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_rp.pdf. Katedra obrábění a montáže>.
- [3] BILÍK, O. *Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Strojní fakulta, 2002, 128 s. ISBN 80-248-0034-9.
- [4] BRYCHTA, J. *Výrobní stroje obráběcí*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003, 147 s. ISBN 80-248-0237-6.
- [5] FOREJT, M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [6] HLUCHÝ, M. *Strojírenská technologie 1. 3., přeprac. vyd.* Praha: Scientia, 2002, 266 s. ISBN 80-718-3262-6.
- [7] JANDEČKA, K. *Postprocesory a programování NC strojů*. Ústí nad Labem: UJEP, FVTM, 2007, 244 s. Knižnice strojírenské technologie. ISBN 978-80-7044-870-0.
- [8] KELLER, P. *Programování a řízení CNC strojů: Prezentace přednášek – 2. část* [online]. 2005 [cit. 2014-10-10]. Dostupný z WWW: <http://www.kvs.tul.cz/download/cnc_cadcam/pnc_2.pdf>.
- [9] KOČMAN, K. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
- [10] KŘÍŽ, R. *Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích. Svazek 2, D - Měřicí technika a bezdemontážní diagnostika ; E - Regulační technika ; F - CIM - Počítačová podpora výrobního procesu*. Praha: Scientia, 1993, 224 s. ISBN 80-858-2700-X.
- [11] MÁDL, J. *Optimalizace při obrábění (řezné parametry)* [online]. Praha, 1998 [cit. 2014-10-10]. Dostupný z WWW: <<http://fstroj.utc.sk/journal/sk/013/013.htm>>.
- [12] MORÁVEK, R. *Nekonvenční metody obrábění*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 1999, 102 s. ISBN 80-708-2518-9.

- [13] OPLATEK, F. *Číslicové řízení obráběcích strojů*. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 64 s. Učebnice pro odborné školy (Fragment). ISBN 80-720-0294-5.
- [14] POLZER, A. *Akademie CNC obrábění* [online]. Brno, 2012 [cit. 2014-10-10]. Dostupný z WWW:
<<http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serial/akademie-cnc-obrabeni/>>.
- [15] ŘASA, J. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005, 221 s. ISBN 80-7183-336-3.
- [16] SADÍLEK, M. *Počítačová podpora výroby* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2014-10-10]. Dostupný z WWW:
<<http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2738-4.pdf>>.
- [17] ŠTULPA, M. *CNC: obráběcí stroje a jejich programování*. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-730-0207-8.
- [18] VRABEC, M. *NC programování v obrábění*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 92 s. ISBN 80-01-03045-8.
- [19] SMID, P. *CNC programming handbook: a comprehensive guide to practical CNC programming*. 3rd ed. New York, NY: Industrial Press, 2008, 540 p. ISBN 978-0-8311-3347-4.
- [20] ADITHAN, M. *CNC Machines*. 2nd ed. New Delhi: New Age International Publishers, 2011, XI, 127 p. ISBN 81-224-2019-2.
- [21] Robotika. [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z:
http://web.spssbrno.cz/web/files/ukazky_vyuky_robotiky.pdf
- [22] NOVOTNÝ, L. Jednoučelové stroje [online]. [cit. 2015-01-02]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/jednoucelove-stroje.html>
- [23] PT 45-16 CNC. [online]. [cit. 2015-01-12]. Dostupné z:
<http://www.automation.siemens.com/mc-app/machine-booklet-mobile/>
- [24] MIKRON Multifactor. [online]. [cit. 2015-01-15]. Dostupné z:
<http://www.onplus.com.tr/mikron-multifactor-rp>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a_e	šířka frézované plochy [mm]
a_p	hloubka řezu [mm]
CNC	Computer Numerical Control - číslicové řízení pomocí počítače
CPU	Central Processing Unit – centrální procesorová jednotka
D	průměr nástroje [mm]
f	posuv [mm/min]
f_z	posuv na zub [mm]
HSC	High Speed Cutting - vysokorychlostní obrábění
HSS	High Speed Steel - vysoce výkonná rychlořezná ocel
HW	Hardware
ISO	International Organization for Standardization - Mezinárodní organizace pro normalizaci
KNB	Kubický Nitrid Boru
MC	Motion Control - řízení pohybu
n	počet otáček vřetene [1/min]
NC	Numerical Control - číslicové řízení
PC	Personal Computer - osobní počítač
PKD	Polykrystalický Diamant
PLC	Programmable Logic Control - programovatelný logický automat
RO	Rychlořezná Ocel
SK	Slinutý Karbid
SW	Software
TPV	Technologická Příprava Výroby
v_c	řezná rychlost [m/min]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Dráha ostří zuby</i>	12
<i>Obr. 2. Popis frézování</i>	13
<i>Obr. 3. Nesousledné obrábění</i>	15
<i>Obr. 4. Sousledné obrábění</i>	15
<i>Obr. 5. Frézování čelem nástroje</i>	16
<i>Obr. 6. Okružní frézování</i>	16
<i>Obr. 7. Planetové frézování</i>	17
<i>Obr. 8. Blokové schéma CNC systému</i>	21
<i>Obr. 9. Přímé a nepřímé odměřování CNC stroje</i>	23
<i>Obr. 10. Souřadný systém stroje</i>	24
<i>Obr. 11. Pravotočivý kartézský souřadný systém</i>	24
<i>Obr. 12. Vztažné body CNC stroje</i>	25
<i>Obr. 13. Systémy se souvislým řízením os</i>	26
<i>Obr. 14. Blok CNC programu</i>	28
<i>Obr. 15. Průmyslový robot Stäubli TX40</i>	29
<i>Obr. 16. Rotační kinematické dvojice</i>	33
<i>Obr. 17. Kinematické řetězce robota</i>	33
<i>Obr. 18. Řídící a zaučovací jednotka robota</i>	36
<i>Obr. 19. Programování robota metodou „play-back“</i>	36
<i>Obr. 20. Obráběcí jednotka</i>	40
<i>Obr. 21. Transferový stroj Hydromat PT 45-16 CNC firmy Pfiffner [23]</i>	41
<i>Obr. 22. Transferový stroj Multifactor firmy Mikron [24]</i>	41
<i>Obr. 23 3D model dílu</i>	44
<i>Obr. 24 Tvarový profil dílu</i>	44
<i>Obr. 25 Vyrobený díl</i>	44
<i>Obr. 26. Obráběcí stroj Chiron FZ 12 W</i>	47
<i>Obr. 27. První upnutí dílů před obráběním</i>	48
<i>Obr. 28. Druhé upnutí dílů před obráběním</i>	48
<i>Obr. 29 Upínací kleština stroje Hydromat HB32/16</i>	50
<i>Obr. 30 Transferový obráběcí stroj Rotaflex DV25-10</i>	51
<i>Obr. 31 Horizontální a vertikální obráběcí stanice 7</i>	53
<i>Obr. 32 Model upnutí dílu s vyznačeným nulovým bodem</i>	54

<i>Obr. 33 Upnutí dílu v čelistech palety stroje</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 34 Manipulační robot Stäubli TX40</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 35 Ovládací panel robotu Stäubli TX40</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 36 3D model založení dílu do palety stroje</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 37 Pohled před odebráním dílu robotem ze stroje</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 38 Nasnímaný průběh zatížení osy 6 (F) robotu Stäubli TX40</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 39 Tool monitor – záznam průběhu vrtání otvoru Ø8 nástrojem T01</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 40 Obrábění dílu ve stanici 1 nástrojem T01</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 41 Obrábění dílu ve stanici 2 nástrojem T02</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 42 Obrábění dílu ve stanici 2 nástrojem T03</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 43 Obrábění dílu ve stanici 3 nástrojem T05</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 44 Obrábění dílu ve stanici 4 nástrojem T07</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 45 3D model upnutí dílu a zpevnění zadním dorazem</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 46 Obrábění dílu ve stanici 5 nástrojem T08</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 47 Obrábění dílu ve stanici 6 nástrojem T09</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 48 Obrábění dílu ve stanici 7 nástrojem T10</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 49 Obrábění dílu ve stanici 9 nástrojem T11</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 50 Zakládání a vykládání dílu ve stanici 10 robotem Stäubli TX40</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 51 Frézovací nástroje použité při výrobě dílu</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 52 Vrtací a závitovací nástroje použité při výrobě dílu</i>	<i>72</i>

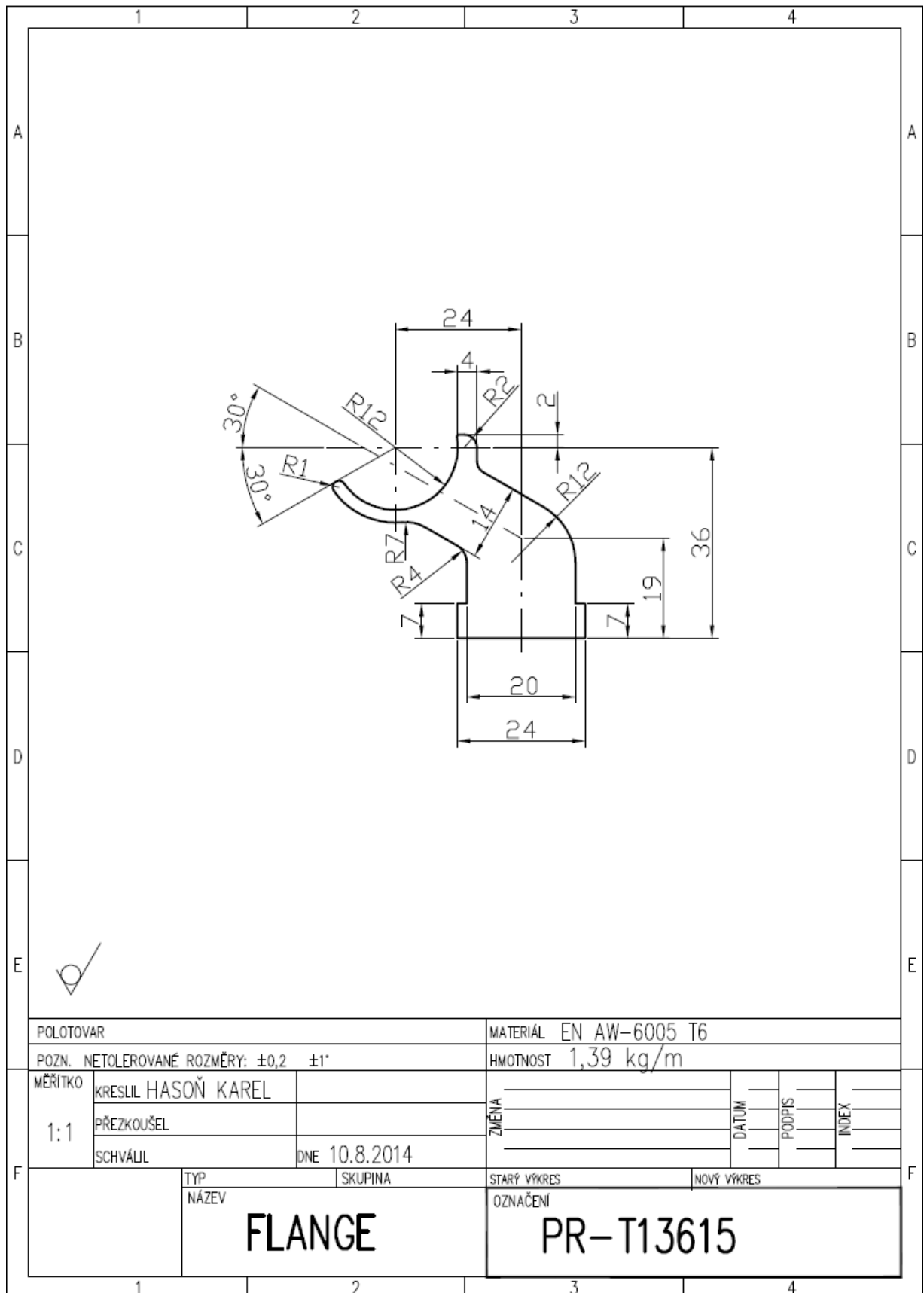
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Struktura obecného formátu bloku</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 2. Technické parametry CNC stroje Chiron FZ 12 W</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 3. Technické parametry transferového stroje Rotaflex DV25-10</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 4. Technické parametry robotu Stäubli TX40</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 5. Seznam použitých G a M funkcí v CNC programu</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 6. Nastavení řezných podmínek obráběcích nástrojů</i>	<i>73</i>
<i>Tab. 7. Geometrie SK nástrojů</i>	<i>73</i>
<i>Tab. 8. Materiál SK nástrojů</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 9. Povlak SK nástrojů</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 10. Časová studie obrábění dílu na stroji Chiron FZ 12 W</i>	<i>75</i>
<i>Tab. 11. Časová studie obrábění dílu na stroji Rotaflex DV25-10 vztaheno na stanice</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 12. Časová studie obrábění dílu na stroji Rotaflex DV25-10</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 13. Posouzení efektivity z hlediska spotřeby elektrické energie</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 14. Posouzení produktivity výroby z hlediska vytížení strojů</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 15. Posouzení efektivity výroby z hlediska nákladů na procesní kapalinu</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 16. Posouzení výroby z hlediska zástavbových rozměrů strojů</i>	<i>79</i>

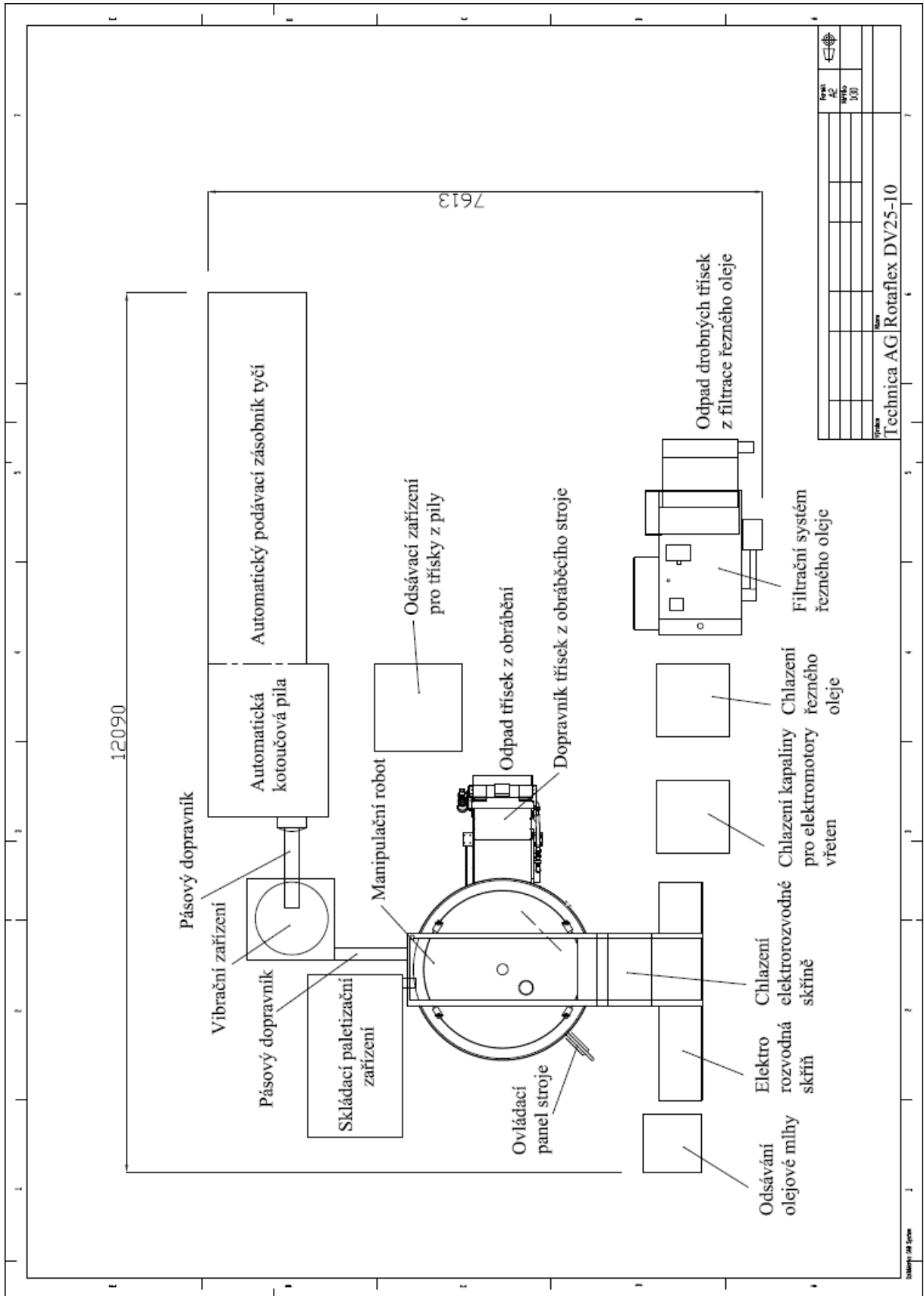
SEZNAM PŘÍLOH

- P I Výkres profilu.
- P II Výkres dílu.
- P III Výkres uspořádání stroje Rotaflex
- P IV Seřizovací list.
- P V Materiálový list profilu.
- P VI Obráběcí CNC program pro stanici 1.
- P VII Obráběcí CNC program pro stanici 2.
- P VIII Obráběcí CNC program pro stanici 3.
- P IX Obráběcí CNC program pro stanici 4.
- P X Obráběcí CNC program pro stanici 5.
- P XI Obráběcí CNC program pro stanici 6.
- P XII Obráběcí CNC program pro stanici 7.
- P XIII Obráběcí CNC program pro stanici 9.
- P XIV CNC program pro stanici 10.
- P XV CD se zdrojovými soubory a CNC programovým kódem pro obráběcí stroj Rotaflex DV25-10.

PŘÍLOHA P I: VÝKRES PROFILU.



PŘÍLOHA P III: VÝKRES USPOŘADÁNÍ STROJE ROTAFLEX



PŘÍLOHA P IV: SEŘIZOVACÍ LIST

SEŘIZOVACÍ LIST

Stroj : Rotaflex DV25-10

Součást : F-T13615 FLANGE

Program : 27

Datum orig: 10.10.2014

Upínače : TDU 170 027.1

Vypracoval : Hason Karel

Platnost od : 11.10.2014

Obráběcí stanice	Vřeteno	Typ nástroje	Označení nástroje výrobcem	Otáčky [1/min]	Posuv [mm/min]	Délka nástroje	Stručný popis prováděného úkonu
1	H - dole	Vrták Ø 8,0	B1422.Z.08.0.Z2.43	4 000	400	130	Vrtá otvor Ø 8.
	H - nahoře	Vrták Ø 5,0	CODE 13-04573	3 000	200	104	Vrtá otvor Ø 5 se sražením 1x45°
2	H - dole	Frézovací hlava Ø 32	F3042.W20.032.Z05.09 + VBD APHT0903PPR -K88WK10	4 000	2 500	100	Frézuje čelní plochu kusu.
	H - nahoře	Vrták Ø 13,5	B1421.Z.13.5.Z2.56	5 000	800	130	Vrtá otvor Ø 13,5 nahrubo.
3	H - dole	Vrták tvarový Ø 14	302816880 GUEHRING 14 PKD	5 000	300	126	Vrtá otvor Ø 14 se sražením 4x18° a rádiusy R1.
	H - dole	Vrták Ø 5,0	CODE 13-02059	5 000	600	118	Vrtá otvor Ø 5 se sražením 1x45° pro závit M6.
4	H - nahoře	Závítník řezací M6x1	M6 5557 ISO2/6H HSS-E GUEHRING	1 800	1 800	113	Řeže závit M6x1.
	H - nahoře	Fréza válcová Ø 22	113531A.220	2 400	300	130	Frézuje nahrubo odlehčení R60.
5	H - dole	Fréza úhlová 90° Ø 8	TDN 0705.5	4 000	150	130	Frézuje sražení u otvoru Ø 8.
6	V - vzhledu	Fréza válcová Ø 20	113230A.200	3 000	600	136	F frézuje odlehčení rádius R60.
8	nevyužito						
9	H - nahoře	Fréza úhlová 90° Ø 10 / Ø 4	TDN 0805.3	5 000	3 000	106	Sráží hrany 0,3x45° na čelní ploše kusu a na výběhu závitů M6.

PŘÍLOHA P V: MATERIÁLOVÝ LIST PROFILU



Constellium Extrusions Děčín s.r.o.
Ústecká 37
CZ 405 35 Děčín 5

Phone : +420 412 510 220
Fax : +420 412 510 226
E-mail : sales.decin@constellium.com

Your Order No. : 4010015688
Order Date : 18.11.2013
Your Material No. : -
Your Drawing No. : -
Your Specification : MPS 024-2

Our Order No. : 102674 / 20
Our Material No. : 100054325
Description : Císlo profilu :
13117
Délka (mm):3000,00
Alloy, Temper : EN AW-6005 T6 - MPS 024-2
Norms : EN755-9,EN755-1,EN755-2
Responsible : Ing. Z. Rameš - Quality manager

Inspection Certificate EN 10204 3.1
Number: 110215648 / 010 / 001

Issue Date : 14.01.2014
Batch No. : 1731741001
Delivery No. : 110215648
Quantity : 1.474KG
Page : 1 / 1

Characteristic	Unit	Value	Minimum	Maximum
----------------	------	-------	---------	---------

Chemical Composition (Melt Batch No.:M1877, Inspection No.: 30000215263)

Si	%	0,5	0,3	0,9
Fe	%	0,22	-	0,50
Cu	%	0,0	-	0,1
Mn	%	0,1	-	0,1
Mg	%	0,38	0,35	0,45
Cr	%	0,0	-	0,1
Ni	%	-	-	-
Zn	%	0,01	-	0,15
Ti	%	0,0	-	0,1
Ga	%	-	-	-
V	%	-	-	-
Others each	%	0,01	-	0,05
Others total	%	0,03	-	0,15

Mechanical properties (Batch No.:1731741001, Inspection No.:30000213031)

Rm	Sample 1	MPa	256	190	-
Rp0,2	Sample 1	MPa	232	150	-
A	Sample 1	%	17	8	-

Certified acc. to ISO 9001:2008 ISO / TS 16949:2009 EN ISO 14001 OHSAS 18001

The material conforms to customer's request as confirmed by the supplier on order confirmation.
This document was made electronically and is valid without signature.

Yours faithfully
Constellium Extrusions Děčín s.r.o.

PŘÍLOHA P VI: OBRÁBĚCÍ CNC PROGRAM PRO STANICI 1.

```
P2701
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 1          }
N20 {OBROBEK:   FLANGE                   }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615             }
N40 {OPERACE:   VRTA OTVOR D8.0          }
N50 {DATUM:     12.12.2014               }
N100 {-----}
N110
N200 {DATA NULOVEHO BODU                  }
N210 {-----}
N220 {NASTROJ:  VRТАK D8.0                VRETENO DOLE  }
N230 _NPSUSBX: -34.45      {OSA X/STRANA B  MM}
N240 _NPSUSBY: -26.30     {OSA Y/STRANA B  MM}
N250 _NPSUSBZ: -228.75    {OSA Z/STRANA B  MM}
N260
N1000 {DATA NASTROJE                       }
N1010 {-----}
N1020 {VRTAK D8.0                          VRETENO DOLE  }
N1030 _WZULA:  130.60     {DELKA NASTROJE   MM}
N1040 _WZUDM:   8.00     {PRUMER NASTROJE   MM}
N1050 _WZUVC:  101      {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1060 _WZUSW: 79900     {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ KS}
N1070 _WZUSS: 80000     {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1080
N2000 {OBECNA DATA                          }
N2010 {-----}
N2030 _RUPOSZ: -1.000   {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Z MM}
N2040 _RUPOSY: -1.000   {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Y MM}
N2050 {-----}
N2060
N2500 {*****}
N2510 {***** KONEC DATOVYCH VSTUPU UZIVATELE *****}
N2520 {*****}
N2530
N3000 {VYPOCTY                                }
N3010 {-----}
N3020 {VYPOCET OTACEK NASTROJE-VRETENE A TEST NA HODNOTU  }
N3030 G1000 P100:2 P101:_WZUVC P102:_WZUDM P103:6000 P104:1000
N3040 _WZUN:P110
N3050
N3060 M01
N4000 {=====}
N5000 { POSUNUTI NULOVEHO BODU PRI ZAHRI VANI STROJE  }
N5010 {-----}
N5020 M97.5035          {ZAHRI VANI JE AKTIVNI  }
N5030 M23.6005          {ZAHRI VANI NENI AKTIVNI }
N5035 _NPSUSBZ:_NPSUSBZ+40 {OSA Z ZPET O 40 MM  }
N5040 {-----}
N5050
N6005 {OBRABENI                                }
N6010 {-----}
N6020 G17 G153 G90 T0 G00 Z:_RUPOSZ P160:0 P161:0
```

N6030 M63 S:_WZUN M07
N6040 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
N6050 G01 B240 F50000
N6060 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
N6070 {VRTA OTVOR D8.0}
N6080 G92 X:_NPSUSBX Y:_NPSUSBY Z:_NPSUSBZ+_WZULA
N6090 G00 X-15.84 Y0 M67
N6100 G00 Z30 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
N6110 G01 Z3.8 F400
N6120 G00 Z30
N6130 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
N6140 G92 X0 Y0 Z0
N6150 G00 G46 G90 Z:_RUPOSZ
N6160 G00 Y:_RUPOSY
N6170 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
N6180 G01 B0 F50000
N6190 G1001 P120:-- P121:-- P122:_WZUSW P123:_WZUSS {ZIVOTNOST NASTROJE}
N6200 M96 P160:0 P161:0
N6210 M88.9995
N6220 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
N6230 M97.9995
N6240 M05
N9995 M30
#

PŘÍLOHA P VII: OBRÁBĚCÍ CNC PROGRAM PRO STANICI 2.

P2702

```
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 2          }
N20 {OBROBEK:   FLANGE                  }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615           }
N40 {OPERACE:   - FREZUJE CELNI PLOCHU  }
N50 {          - VRTA OTVOR D5.0        }
N60 {DATUM:    12.12.2014              }
N100 {-----}
N110
N200 {DATA NULOVEHO BODU                }
N210 {-----}
N220 {NASTROJ: VRTAK D5.0 13-04573      VRETENO NAHORE }
N230 {_NPSOSBX: -52.00      {OSA X/STRANA AAAA MM}
N240 {_NPSOSBY: -110.00    {OSA Y/STRANA BBBB MM}
N250 {_NPSOSBZ: -142.05    {OSA Z/STRANA AAAA MM}
N260
N270 {NASTROJ: FREZA D32 WALTER        VRETENO DOLE   }
N280 {_NPSUSAX: -52.00      {OSA X/STRANA A  MM}
N290 {_NPSUSAY: -30.00     {OSA Y/STRANA A  MM}
N300 {_NPSUSAZ: -202.05    {OSA Z/STRANA A  MM}
N310
N1000 {DATA NASTROJE                  }
N1010 {-----}
N1020 {VRTAK D5.0 13-04573          VRETENO NAHORE   }
N1030 {_WZOLA: 104.4        {DELKA NASTROJE    MM}
N1040 {_WZODM: 5.0         {PRUMER NASTROJE  MM}
N1050 {_WZOVC: 47          {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1060 {_WZOSW: 79900       {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ KS}
N1070 {_WZOSS: 80000      {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1080
N1090 {-----}
N1100 {FREZA D32 WALTER          VRETENO DOLE     }
N1110 {_WZULA: 99.73        {DELKA NASTROJE    MM}
N1120 {_WZUDM: 32.00       {PRUMER NASTROJE  MM}
N1130 {_WZUVC: 402         {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1140 {_WZUSW: 79900       {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ KS}
N1150 {_WZUSS: 80000      {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1160
N2000 {OBECNA DATA                  }
N2010 {-----}
N2030 {_RUPOSY: -11.000    {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Y MM}
N2040 {_RUPOSZ: -11.000    {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Z MM}
N2050 {-----}
N2060
N2500 {*****}
N2510 {***** KONEC DATOVYCH VSTUPU UZIVATELE *****}
N2520 {*****}
N2530
N3000 {VYPOCTY                        }
N3010 {-----}
N3020 {VYPOCET OTACEK NASTROJE-VRETENE A TEST NA HODNOTU }
N3030 G1000 P100:1 P101:_WZOVC P102:_WZODM P103:6500 P104:2000
```

N3040 _WZON:P110
 N3050
 N3060 G1000 P100:2 P101:_WZUVC P102:_WZUDM P103:6000 P104:2000
 N3070 _WZUN:P110
 N3080
 N3090 M01
 N4000 {=====}
 N5000 { POSUNUTI NULOVEHO BODU PRI ZAHRIVANI STROJE }
 N5010 {-----}
 N5020 M97.5035 {ZAHRIVANI JE AKTIVNI }
 N5030 M23.6005 {ZAHRIVANI NENI AKTIVNI }
 N5035 _NPSOSBY:_NPSOSBY+30 {OSA Y ZPET O 30 MM }
 N5040 _NPSUSAZ:_NPSUSAZ+25 {OSA Z ZPET O 25 MM }
 N5050 {-----}
 N5060
 N6005 {OBRABENI }
 N6010 {-----}
 N6020 G17 G153 G90 T0 G00 Z:_RUPOSZ P160:0 P161:0
 N6030 M01
 N6040 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
 N6050 G01 B0 F50000 M63 S:_WZUN
 N6060 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
 N6080 {FREZUJE CELNI PLOCHU}
 N6090 G92 X:_NPSUSAX Y:_NPSUSAY Z:_NPSUSAZ+_WZULA
 N6120 G00 X-35 Y15
 N6130 G00 Z0 M67
 N6140 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
 N6160 G01 X0 F2500
 N6170 G01 Y-5
 N6180 G01 X-30
 N6190 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
 N6200 G92 X0 Y0 Z0
 N6210 G00 G46 G90 Z:_RUPOSZ M63 S:_WZON
 N6300 {VRTA OTVOR D5.0}
 N6310 G92 X:_NPSOSBX Y:_NPSOSBY Z:_NPSOSBZ+_WZOLA
 N6340 M01
 N6350 G00 X-4 Y13
 N6360 G00 Z2 M67
 N6370 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
 N6380 G01 Z-12.1 F200
 N6480 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
 N6490 G92 X0 Y0 Z0
 N6500 G00 G46 G90 Z:_RUPOSZ
 N6530 G1001 P120:_WZOSW P121:_WZOSS P122:_WZUSW P123:_WZUSS
 N6550 M96 P160:0 P161:0
 N6560 G92 X:_NPSUSAX Y:_NPSUSAY Z:_NPSUSAZ+_WZULA
 N6590 G92 X0 Y0 Z0 G46
 N6600 M88.9995
 N6610 M61
 N6620 M97.9995
 N6630 M05
 N9995 M30
 #

PŘÍLOHA P VIII: OBRÁBĚCÍ CNC PROGRAM PRO STANICI 3.

P2703

```
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 3          }
N20 {OBROBEK:   FLANGE                  }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615           }
N40 {OPERACE:   - VRTA OTVOR D13.5 NAHRUBO  }
N50 {          - VRTA OTVOR D14 PKD       }
N60 {DATUM:    12.12.2014               }
N100 {-----}
N110
N200 {DATA NULOVEHO BODU                 }
N210 {-----}
N220 {NASTROJ: VRТАK D13.5 NAHRUBO  VRETENO NAHORE  }
N230 _NPSOSAX: -52.00      {OSA X/STRANA A  MM}
N240 _NPSOSAY: -107.30    {OSA Y/STRANA A  MM}
N250 _NPSOSAZ: -142.30    {OSA Z/STRANA A  MM}
N260
N270 {NASTROJ: VRТАK D14 PKD      VRETENO DOLE  }
N280 _NPSUSAX: -52.00      {OSA X/STRANA A  MM}
N290 _NPSUSAY: -27.30     {OSA Y/STRANA A  MM}
N300 _NPSUSAZ: -202.30    {OSA Z/STRANA A  MM}
N310
N1000 {DATA NASTROJE                 }
N1010 {-----}
N1020 {VRTAK D13.5 NAHRUBO      VRETENO NAHORE  }
N1030 _WZOLA: 130.12      {DELKA NASTROJE  MM}
N1040 _WZODM: 13.50      {PRUMER NASTROJE  MM}
N1050 _WZOVC: 212        {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1060 _WZOSW: 79900      {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ  KS}
N1070 _WZOSS: 80000     {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1080
N1090 {-----}
N1100 {VRTAK D14 PKD          VRETENO DOLE  }
N1110 _WZULA: 126.38     {DELKA NASTROJE  MM}
N1120 _WZUDM: 14.00     {PRUMER NASTROJE  MM}
N1130 _WZUVC: 220       {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1140 _WZUSW: 79900    {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ  KS}
N1150 _WZUSS: 80000    {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1160
N2000 {OBECNA DATA                 }
N2010 {-----}
N2030 _RUPOSZ: -1.000 {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Z MM}
N2040 {-----}
N2050
N2500 {*****}
N2510 {***** KONEC DATOVYCH VSTUPU UZIVATELE *****}
N2520 {*****}
N2530
N3000 {VYPOCTY                       }
N3010 {-----}
N3020 {VYPOCET OTACEK NASTROJE-VRETENE A TEST NA HODNOTU  }
N3030 G1000 P100:1 P101:_WZOVC P102:_WZODM P103:5800 P104:2000
N3040 _WZON:P110
```

N3050
 N3060 G1000 P100:2 P101:_WZUVC P102:_WZUDM P103:5800 P104:2000
 N3070 _WZUN:P110
 N3080
 N3090 M01
 N4000 {=====}
 N5000 { POSUNUTI NULOVEHO BODU PRI ZAHRIVANI STROJE }
 N5010 {-----}
 N5020 M97.5035 {ZAHRIVANI JE AKTIVNI }
 N5030 M23.6005 {ZAHRIVANI NENI AKTIVNI }
 N5035 _NPSOSAZ:_NPSOSAZ+15 {OSA Z ZPET O 15 MM }
 N5040 _NPSUSAZ:_NPSUSAZ+35 {OSA Z ZPET O 35 MM }
 N5050 {-----}
 N5060
 N6005 {OBRABENI }
 N6010 {-----}
 N6020 G17 G153 G90 T0 G00 Z:_RUPOSZ P160:0 P161:0
 N6030 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
 N6040 G01 B0 F50000
 N6050 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
 N6090 {VRTA OTVOR D13.5 NAHRUBO}
 N6100 G92 X:_NPSOSAX Y:_NPSOSAY Z:_NPSOSAZ+_WZOLA
 N6120 G00 X0 Y0 M63 S:_WZON
 N6130 G00 Z2 M67 M54
 N6140 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
 N6150 G01 Z-15.8 F300
 N6170 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
 N6180 G92 X0 Y0 Z0 M63 S:_WZUN
 N6190 G43 G46 G90
 N6200 G00 Z:_RUPOSZ M07
 N6210 M01
 N6220 {VRTA OTVOR D14 PKD}
 N6230 G92 X:_NPSUSAX Y:_NPSUSAY Z:_NPSUSAZ+_WZOLA
 N6250 G00 X0 Y0 M63 S:_WZUN
 N6254 G00 Z0
 N6260 M67 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
 N6270 G01 Z-17.4 F800
 N6280 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
 N6290 G92 X0 Y0 Z0
 N6300 G00 G43 G46 G90 Z:_RUPOSZ M09
 N6320 G1001 P120:_WZOSW P121:_WZOSS P122:_WZUSW P123:_WZUSS
 N6340 M96 P160:0 P161:0
 N6350 G92 X:_NPSOSAX Y:_NPSOSAY Z:_NPSOSAZ+_WZOLA
 N6370 G00 X0 Y0 M63 S:_WZON
 N6380 G92 X0 Y0 Z0 G46
 N6390 M88.9995
 N6400 M61
 N6410 M97.9995
 N6420 M05
 N9995 M30
 #

PŘÍLOHA P IX: OBRÁBĚCÍ CNC PROGRAM PRO STANICI 4.

```
P2704
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 4          }
N20 {OBROBEK:   FLANGE                   }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615             }
N40 {OPERACE:   - VRTA OTVOR POD ZAVIT M6 }
N50 {          - REZE ZAVIT M6           }
N60 {DATUM:    12.12.2014                }
N100 {-----}
N110
N200 {DATA NULOVEHO BODU                  }
N210 {-----}
N220 {NASTROJ: VRTAK D5.0 13-02059  VRETENO NAHORE  }
N230 _NPSOSAX: -52.00      {OSA X/STRANA A  MM}
N240 _NPSOSAY: -107.30    {OSA Y/STRANA A  MM}
N250 _NPSOSAZ: -142.10    {OSA Z/STRANA A  MM}
N260
N270 {NASTROJ: ZAVITNIK REZACI M6  VRETENO DOLE    }
N280 _NPSUSAX: -52.00      {OSA X/STRANA A  MM}
N290 _NPSUSAY: -27.30     {OSA Y/STRANA A  MM}
N300 _NPSUSAZ: -202.10    {OSA Z/STRANA A  MM}
N310
N1000 {DATA NASTROJE                    }
N1010 {-----}
N1020 {VRTAK D5.0 13-02059      VRETENO NAHORE  }
N1030 _WZOLA: 118.1      {DELKA NASTROJE  MM}
N1040 _WZODM: 5.0       {PRUMER NASTROJE  MM}
N1050 _WZOVC: 79        {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1060 _WZOSW: 79900     {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ  KS}
N1070 _WZOSS: 80000     {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1080
N1090 {-----}
N1100 {ZAVITNIK REZACI M6 GUHRING 5557  VRETENO DOLE  }
N1110 _WZULA: 113.4     {DELKA NASTROJE  MM}
N1120 _WZUDM: 6.0       {PRUMER NASTROJE  MM}
N1130 _WZUST: 1.0       {STOUPANI ZAVITU  MM}
N1140 _WZUVC: 34        {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1150 _WZUSW: 79900     {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ  KS}
N1160 _WZUSS: 80000     {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1170
N2000 {OBECNA DATA                      }
N2010 {-----}
N2030 _RUPOSZ: -1.000  {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Z MM}
N2040 {-----}
N2050
N2500 {*****}
N2510 {***** KONEC DATOVYCH VSTUPU UZIVATELE *****}
N2520 {*****}
N2530
N3000 {VYPOCTY                            }
N3010 {-----}
N3020 {VYPOCET OTACEK NASTROJE-VRETENE A TEST NA HODNOTU}
N3030 G1000 P100:1 P101:_WZOVC P102:_WZODM P103:8000 P104:2000
```

N3040 _WZON:P110
 N3050
 N3060 G1000 P100:2 P101:_WZUVC P102:_WZUDM P103:8000 P104:1000
 N3070 _WZUN:P110
 N3080
 N3090 M01
 N4000 {=====}
 N5000 { POSUNUTI NULOVEHO BODU PRI ZAHRIVANI STROJE }
 N5010 {-----}
 N5020 M97.5035 {ZAHRIVANI JE AKTIVNI }
 N5030 M23.6005 {ZAHRIVANI NENI AKTIVNI }
 N5035 _NPSOSAZ:_NPSOSAZ+15 {OSA Z ZPET O 15 MM }
 N5040 _NPSUSAZ:_NPSUSAZ+35 {OSA Z ZPET O 35 MM }
 N5050 {-----}
 N5060
 N6005 {OBRABENI }
 N6010 {-----}
 N6020 G17 G153 G90 T0 G00 Z:_RUPOSZ P160:0 P161:0
 N6030 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
 N6040 G01 B0 F50000
 N6050 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
 N6090 {VRTA OTVOR D5.0 POD ZAVIT M6}
 N6100 G92 X:_NPSOSAX Y:_NPSOSAY Z:_NPSOSAZ+_WZOLA
 N6120 G00 X2 Y18 M63 S:_WZON
 N6130 G00 Z2 M67 M54
 N6140 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
 N6150 G01 Z-25.1 F600
 N6170 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
 N6180 G92 X0 Y0 Z0 M63 S:_WZUN
 N6190 G43 G46 G90
 N6200 G00 Z:_RUPOSZ
 N6210 M01
 N6220 {REZE ZAVIT M6}
 N6230 G92 X:_NPSUSAX Y:_NPSUSAY Z:_NPSUSAZ+_WZOLA
 N6250 G00 X2 Y18 M63 S:_WZUN
 N6254 G00 Z13
 N6260 M67 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
 N6270 G84 P31:3 P32:_WZUST P33:-26 P34:10 P35:10 P30:0 P36:4.5
 N6280 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
 N6290 G92 X0 Y0 Z0
 N6300 G00 G43 G46 G90 Z:_RUPOSZ M09
 N6320 G1001 P120:_WZOSW P121:_WZOSS P122:_WZUSW P123:_WZUSS
 N6340 M96 P160:0 P161:0
 N6350 G92 X:_NPSOSAX Y:_NPSOSAY Z:_NPSOSAZ+_WZOLA
 N6380 G92 X0 Y0 Z0 G46
 N6390 M88.9995
 N6400 M61
 N6410 M97.9995
 N6420 M05
 N9995 M30
 #

PŘÍLOHA P X: OBRÁBĚCÍ CNC PROGRAM PRO STANICI 5.

```
P2705
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 5          }
N20 {OBROBEK:   FLANGE                   }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615             }
N40 {OPERACE:   FREZUJE SCHODEK NAHRUBO  }
N50 {DATUM:     12.12.2014               }
N100 {-----}
N110
N200 {DATA NULOVEHO BODU                  }
N210 {-----}
N220 {NASTROJ: FREZA VAL. D22X38 11353 VRETENO NAHORE }
N230 _NPSOSAX: -50.00 {OSA X/STRANA B MM}
N240 _NPSOSAY: -108.25 {OSA Y/STRANA A MM}
N250 _NPSOSAZ: -140.30 {OSA Z/STRANA B MM}
N260
N1000 {DATA NASTROJE                      }
N1010 {-----}
N1020 {FREZA VAL. D22X38 113531A.220 VRETENO NAHORE }
N1030 _WZOLA: 130.48 {DELKA NASTROJE MM}
N1040 _WZODM: 22 {PRUMER NASTROJE MM}
N1050 _WZOVC: 166 {REZNA RYCHLOST M/MIN}
N1060 _WZOSW: 79900 {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ KS}
N1070 _WZOSS: 80000 {KONEC ZIVOTNOSTI KS}
N1080
N2000 {OBECNA DATA                       }
N2010 {-----}
N2030 _RUPOSY: -1.000 {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Y MM}
N2040 _RUPOSZ: -1.000 {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Z MM}
N2050 {-----}
N2060
N2500 {*****}
N2510 {***** KONEC DATOVYCH VSTUPU UZIVATELE *****}
N2520 {*****}
N2530
N3000 {VYPOCTY                             }
N3010 {-----}
N3020 {VYPOCET OTACEK NASTROJE-VRETENE A TEST NA HODNOTU }
N3030 G1000 P100:1 P101:_WZOVC P102:_WZODM P103:6000 P104:2000
N3040 _WZON:P110
N3050
N3060 M01
N4000 {=====}
N5000 { POSUNUTI NULOVEHO BODU PRI ZAHRIVANI STROJE }
N5010 {-----}
N5020 M97.5035 {ZAHRIVANI JE AKTIVNI }
N5030 M23.6005 {ZAHRIVANI NENI AKTIVNI }
N5035 _NPSOSAZ:_NPSOSAZ+15 {OSA Z ZPET O 15 MM }
N5040 {-----}
N5050
N6005 {OBRABENI                             }
N6010 {-----}
N6020 G17 G153 G90 T0 G00 Z:_RUPOSZ P160:0 P161:0 M63 S:2400
```

N6030 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
N6040 G01 B200 F50000
N6050 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
N6060 M56 {ZADNI DORAZ VYSUNOUT}
N6070 {FREZUJE SCHODEK NAHRUBO}
N6080 G92 X:_NPSOSAX Y:_NPSOSAY Z:_NPSOSAZ+_WZOLA
N6100 TR:(_WZODM/2)
N6110 M01
N6120 G00 X-25 Y18.5
N6130 G00 Z16.4
N6140 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
N6150 G01 X-14 F300
N6160 G01 X3
N6170 G01 X10 Z24
N6200 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
N6210 G92 X0 Y0 Z0 M57 {ZADNI DORAZ ZASUNOUT}
N6220 G00 G43 G46 G90 Y:_RUPOSY Z:_RUPOSZ
N6230 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
N6240 G01 B0 F50000
N6300 G1001 P120:_WZOSW P121:_WZOSS P122:-- P123:-- {ZIVOTNOST NASTROJE}
N6320 M96 P160:0 P161:0
N6330 G92 X:_NPSOSAX Y:_NPSOSAY Z:_NPSOSAZ+_WZOLA
N6360 G92 X0 Y0 Z0 G46
N6370 M88.9995
N6380 M61
N6390 M97.9995
N6400 M05
N9995 M30
#

PŘÍLOHA P XI: OBRÁBĚCÍ CNC PROGRAM PRO STANICI 6.

```
P2706
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 6          }
N20 {OBROBEK:   FLANGE                   }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615             }
N40 {OPERACE:   FREZUJE SRAZENI V OTVORU D8  }
N50 {DATUM:    12.12.2014                 }
N100 {-----}
N110
N200 {DATA NULOVEHO BODU                  }
N210 {-----}
N220
N230 {NASTROJ: FREZA UHL.D8 TDN 0705.5  VRETENO DOLE  }
N240 _NPSUSCX: -12.55      {OSA X/STRANA C  MM}
N250 _NPSUSCY: -9.60      {OSA Y/STRANA C  MM}
N260 _NPSUSCZ: -236.30    {OSA Z/STRANA C  MM}
N270
N1000 {DATA NASTROJE                      }
N1010 {-----}
N1020
N1030 {NASTROJ: FREZA UHL.D8 TDN 0705.5  VRETENO DOLE  }
N1040 _WZULA: 108.04      {DELKA NASTROJE  MM}
N1050 _WZUDM: 8.00       {PRUMER NASTROJE  MM}
N1060 _WZUVC: 101        {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1070 _WZUSW: 79900      {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ  KS}
N1080 _WZUSS: 80000     {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1090
N2000 {OBECNA DATA                      }
N2010 {-----}
N2020 _RUPOSZ: -1.000    {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Z MM}
N2030 _RUPOSY: -1.000    {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Y MM}
N2040 {-----}
N2050
N2500 {*****}
N2510 {***** KONEC DATOVYCH VSTUPU UZIVATELE *****}
N2520 {*****}
N2530
N3000 {VYPOCTY                          }
N3010 {-----}
N3020 {VYPOCET OTACEK NASTROJE-VRETENE A TEST NA HODNOTU  }
N3030
N3040 G1000 P100:2 P101:_WZUVC P102:_WZUDM P103:6000 P104:2000
N3050 _WZUN:P110
N3060
N3070 M01
N4000 {=====}
N5000 { POSUNUTI NULOVEHO BODU PRI ZAHRIVANI STROJE  }
N5010 {-----}
N5020 M97.5035           {ZAHRIVANI JE AKTIVNI  }
N5030 M23.6005           {ZAHRIVANI NENI AKTIVNI  }
N5035 _NPSUSCZ:_NPSUSCZ+20  {OSA Z ZPET O 20 MM  }
N5040 {-----}
N5050
```

N6005 {OBRABENI }
N6010 {-----}
N6020 G17 G153 G90 G00 Z:_RUPOSZ P160:0 P161:0
N6030 M63 S:_WZUN
N6040 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
N6050 G01 B225 F50000
N6070 {FREZUJE SRAZENI V OTVORU D8}
N6080 G92 X:_NPSUSCX Y:_NPSUSCY Z:_NPSUSCZ+_WZULA
N6090 G00 X-6.8 Y0
N6100 G00 Z24.15 M67
N6110 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
N6150 G01 X-4.8 Y0 F150 {0 STUPNU}
N6160 G03 X-5.8 Y1.732 Z23.60 I-6.8 J0 { 45 STUPNU}
N6170 G03 X-6.8 Y2 Z23.30 I-6.8 J0 { 90 STUPNU}
N6180 G03 X-7.8 Y1.732 Z23.44 I-6.8 J0 {135 STUPNU}
N6190 G03 X-8.8 Y0 Z24.03 I-6.8 J0 {180 STUPNU}
N6200 G03 X-7.8 Y-1.732 Z23.44 I-6.8 J0 {225 STUPNU}
N6210 G03 X-6.8 Y-2 Z23.30 I-6.8 J0 {270 STUPNU}
N6220 G03 X-5.8 Y-1.732 Z23.60 I-6.8 J0 {315 STUPNU}
N6230 G03 X-4.8 Y0 Z24.15 I-6.8 J0 { 0 STUPNU}
N6240 G01 X-6.8 Y0
N6300 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
N6310 G92 X0 Y0 Z0
N6320 G43 G90 G00 Z:_RUPOSZ
N6340 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
N6350 G01 B0 F50000
N6370 G1001 P120:-- P121:-- P122:_WZUSW P123:_WZUSS {ZIVOTNOST NASTROJE}
N6380 M01
N6390 M96 P160:0 P161:0
N6400 M88.9995
N6410 M61
N6420 M97.9995
N6430 M15
N9995 M30
#

PŘÍLOHA P XII: OBRÁBĚCÍ CNC PROGRAM PRO STANICI 7.

```
P2707
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 7          }
N20 {OBROBEK:   FLANGE                   }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615             }
N40 {OPERACE:   FREZUJE RADIUS R60       }
N50 {DATUM:     12.12.2014               }
N100 {-----}
N110
N200 {DATA NULOVEHO BODU                 }
N210 {-----}
N220 {NASTROJ: FREZA VAL.D20 113230A.200 VRETENO VZADU }
N230 _NPSHSAX: -50.00      {OSA X/STRANA C  MM}
N240 _NPSHSAY: -200.40    {OSA Y/STRANA C  MM}
N250 _NPSHSAZ: -17.00     {OSA Z/STRANA C  MM}
N260
N1000 {DATA NASTROJE                     }
N1010 {-----}
N1020 {NASTROJ: FREZA VAL.D20 113230A.200 VRETENO VZADU }
N1030 _WZHLA: 135.71      {DELKA NASTROJE   MM}
N1040 _WZHDM: 19.57      {PRUMER NASTROJE  MM}
N1050 _WZHVC: 188        {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1060 _WZHSW: 79900      {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ  KS}
N1070 _WZHSS: 80000     {KONEC ZIVOTNOSTI   KS}
N1080
N2000 {OBECNA DATA                       }
N2010 {-----}
N2020 _RUPOSZ: -1.000    {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Z MM}
N2030 _RUPOSY: -1.000    {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Y MM}
N2040 {-----}
N2050
N2500 {*****}
N2510 {***** KONEC DATOVYCH VSTUPU UZIVATELE *****}
N2520 {*****}
N2530
N3000 {VYPOCTY                             }
N3010 {-----}
N3020 {VYPOCET OTACEK NASTROJE-VRETENE A TEST NA HODNOTU }
N3030 G1000 P100:2 P101:_WZHVC P102:_WZHDM P103:3400 P104:2000
N3040 _WZHN:P110
N3050
N3060 P130:100 P131:2 P132:150
N3070 G1005
N3080
N3090 M01
N4000 {=====}
N5000 { POSUNUTI NULOVEHO BODU PRI ZAHRIVANI STROJE   }
N5010 {-----}
N5020 M97.5035          {ZAHRIVANI JE AKTIVNI   }
N5030 M23.6005         {ZAHRIVANI NENI AKTIVNI }
N5035 _NPSHSAY:_NPSHSAY+30 {OSA Y VYSEJI O 30 MM  }
N5050 {-----}
N5060
```

N6005 {OBRABENI }
N6010 {-----}
N6020 G18 G153 G90 T0 G00 Z:_RUPOSZ P160:0 P161:0
N6030 Y:_RUPOSY
N6040 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
N6050 G01 B0 F50000
N6060 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
N6070 M73 S2:_WZHN
N6190 {FREZUJE RADIUS R60}
N6200 G92 X:_NPSHSAX Y:_NPSHSAY+_WZHHLA Z:_NPSHSAZ
N6210 G00 X-23 Z-26
N6220 TR:(_WZHDM/2)
N6230 M01
N6240 G00 Y26
N6250 M92 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
N6260 G01 Y10 F600
N6270 G00 Y26
N6280 G00 X-13 Z-22
N6290 G01 Y10
N6370 G01 G41 X-9.189 Z-12.684
N6380 G02 X6.604 Z-18.985 I17.041 K30.118
N6390 G01 G40 X9 Z-30
N6430 M93 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
N6440 G92 X0 Y0 Z0
N6450 G43 G90 G00 Y:_RUPOSY
N6470 G1001 P120:-- P121:-- P122:_WZHSW P123:_WZHSS {ZIVOTNOST NASTROJE}
N6480 M01
N6490 M96 P160:0 P161:0
N6500 G00 Z:_RUPOSZ
N6510 M88.9995
N6520 M61
N6530 M97.9995
N6540 M15
N9995 M30
#

PŘÍLOHA P XIII: OBRÁBĚCÍ CNC PROGRAM PRO STANICI 9.

P2709

```
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 9          }
N20 {OBROBEK:   FLANGE                  }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615           }
N40 {OPERACE:   FREZUJE SRAZENI A VYBEH ZAVITU  }
N50 {DATUM:    12.12.2014              }
N100 {-----}
N110
N200 {DATA NULOVEHO BODU                }
N210 {-----}
N220 {NASTROJ: FREZA UHL. TDN0805.3  VRETENO HORE  }
N230 _NPSOSAX: -50.50      {OSA X/STRANA A  MM}
N240 _NPSOSAY: -108.50    {OSA Y/STRANA A  MM}
N250 _NPSOSAZ: -141.80    {OSA Z/STRANA A  MM}
N260
N270 _NPSOSBX: -50.50     {OSA X/STRANA B  MM}
N280 _NPSOSBY: -108.50   {OSA Y/STRANA B  MM}
N290 _NPSOSBZ: -141.80   {OSA Z/STRANA B  MM}
N300
N1000 {DATA NASTROJE                  }
N1010 {-----}
N1020 {FREZA UHL. TDN0805.3      VRETENO HORE  }
N1030 _WZOLA: 105.86      {DELKA NASTROJE  MM}
N1040 _WZODM: 10.00      {PRUMER NASTROJE  MM}
N1050 _WZOVC: 157        {REZNA RYCHLOST  M/MIN}
N1060 _WZOSW: 79900      {ZIVOTNOST-VYSTRAZNA MEZ  KS}
N1070 _WZOSS: 80000      {KONEC ZIVOTNOSTI  KS}
N1080
N2000 {OBECNA DATA                  }
N2010 {-----}
N2030 _RUPOSZ: -1.000    {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Z MM}
N2040 _RUPOSY: -1.000    {POZICE ZPETNEHO POHYBU OSA Y MM}
N2050 {-----}
N2060
N2500 {*****}
N2510 {***** KONEC DATOVYCH VSTUPU UZIVATELE *****}
N2520 {*****}
N2530
N3000 {VYPOCTY                        }
N3010 {-----}
N3020 {VYPOCET OTACEK NASTROJE-VRETENE A TEST NA HODNOTU  }
N3030 G1000 P100:2 P101:_WZOVC P102:_WZODM P103:8000 P104:2000
N3040 _WZON:P110
N3050
N3060 P130:100 P131:5 P132:5
N3070 G1005
N3080
N3090 M01
N4000 {=====}
N5000 { POSUNUTI NULOVEHO BODU PRI ZAHRIVANI STROJE  }
N5010 {-----}
N5020 M97.5035           {ZAHRIVANI JE AKTIVNI  }
```

N5030 M23.6005 {ZAHRIVANI NENI AKTIVNI }
N5035 _NPSOSAZ:_NPSOSAZ+25 {OSA Z ZPET O 25 MM }
N5040 {-----}
N5050
N6005 {OBRABENI }
N6010 {-----}
N6020 G17 G153 G90 T0 G00 Z:_RUPOSZ P160:0 P161:0
N6030 M63 S:_WZON
N6040 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
N6050 G01 B0 F50000
N6060 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
N6080 {FREZUJE SRAZENI}
N6090 G92 X:_NPSOSAX Y:_NPSOSAY Z:_NPSOSAZ+_WZOLA
N6110 G00 X-13 Y30 M67
N6140 G00 Z-1.3 M90 {KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
N6150 G01 Y-14 F3000
N6160 G01 X13
N6170 G01 Y26.5
N6180 G01 X-15
N6190 M91 {KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
N6200 G92 X0 Y0 Z0
N6210 G46 G40 G90 G00 Z:_RUPOSZ
N6220 G00 Y:_RUPOSY
N6230 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
N6240 G01 B200 F50000
N6250 M61 {UPINACI POUZDRO SPUSTIT}
N6260 {VRTA SRAZENI VE VYBEHU ZAVITU}
N6263 G92 X:_NPSOSBX Y:_NPSOSBY Z:_NPSOSBZ+_WZOLA
N6270 G00 X-2 Y18 M67
N6290 M01
N6300 G00 Z16.5 {M90 KONTROLA NASTROJE ZAPNUTA}
N6303 G01 Z14.0
N6310 {M91 KONTROLA NASTROJE VYPNUTA}
N6320 G92 X0 Y0 Z0
N6330 G46 G40 G90 G00 Z:_RUPOSZ
N6340 G00 Y:_RUPOSY
N6350 M60 {UPINACI POUZDRO ZVEDNOUT}
N6360 G01 B0 F50000
N6370 G1001 P120:-- P121:-- P122:_WZOSW P123:_WZOSS {ZIVOTNOST NASTROJE}
N6390 M96 P160:0 P161:0
N6420 M03 S:_WZON
N6430 G92 X0 Y0 Z0 G46
N6440 M88.9995
N6450 M61
N6460 M97.9995
N6470 M05
N9995 M30
#

PŘÍLOHA P XIV: CNC PROGRAM PRO STANICI 10.

```
P2710
N10 {HLAVNI PROGRAM: STANICE 10          }
N20 {OBROBEK:      FLANGE                }
N30 {CISLO VYKRESU: F-T13615            }
N40 {OPERACE:      VYSUNUTI DORAZU A START ROBOTU  }
N50 {DATUM:        12.12.2014            }
N200 {-----}
N210 _POS_U:15.56          { POLOHA DORAZU }
N220
N230 P500:_POS_U
N240 M01
N250
N3000 {START}
N3010 {-----}
N3020 G153 G90 G00 U:0
N3030
N3040 M61
N3050
N3060 M41          { START VYLOZENI KUSU }
N3070
N3080 M42          { START VLOZENI KUSU }
N3090
N3100 U:_POS_U     { ZACATEK POHYBU DOPREDU }
N3110
N3120 M43          { POHYB DOPREDU DOKONCEN }
N3130
N3140 G92 U:0
N3150 M96          { POVOLENO TOCENI STOLU }
N9000 M30
#
```