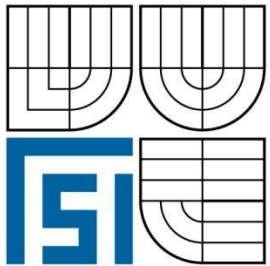




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE FRÉZOVÁNÍ SOUČÁSTI NA CNC STROJI

SOLUTION MILLING WITH CNC MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN CHLUP

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MILAN KALIVODA

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Chlup

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

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

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

Návrh technologie frézování součástí na CNC stroji.

v anglickém jazyce:

Solution milling with CNC machine.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Sestavení technologie dané součásti pro multifunkční soustružnické centrum versus standardní vertikální obráběcí centrum. Rozbor a návrh frézovacích nástrojů. Doplnění náhradní varianty s HSS frézami.

Cíle bakalářské práce:

Orientace ve funkčních možnostech vyráběných CNC strojů. Provedení návrhu nástrojů. Posouzení náhradní varianty pro případ výpadku v sériové výrobě.

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce obsahuje řešení technologie výroby součásti statoru elektromotoru. Současně řeší problém náhradní výroby při zastavení sériové produkce. Technologie sériové výroby byla použita od firmy Hanakov, s.r.o. Dále poukazuje na funkční možnosti nástrojů a strojů při obrábění statoru elektromotoru.

Klíčová slova

materiál odlitku, součást, fréza, rychlořezná ocel, slinuté karbidy, výměnitelné břitové destičky, technologický postup, programování, CNC stroj

ABSTRACT

Bachelor's thesis includes the solution of production technology of the motor's stator. It also solves the problem of substitutive production when the serious production is stopped. Technology of series production was used by company Hanakov, inc. It also refers to functional possibilities of tools and machines at shaping the motor's stator.

Key words

material of cast, component, miller, high-speed steel, slintered karbides, exchangeable cutting waffers (inserts), technological procedure, programming, CNC machine

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CHLUP, M. *Návrh technologie frézování součástí na CNC stroji..* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Návrh technologie frézování součástí na CNC stroji* vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum:

.....

Martin Chlup

Poděkování

Děkuji tímto zaměstnanci FSI VUT Brno Ing. Milanu Kalivodovi a zaměstnanci firmy HANAKOV, s.r.o. Pavlu Mikešovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Obsah

Abstrakt.....	3
Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Obsah.....	6
Úvod.....	7
1 CHARAKTERISTIKA STATORU A JEHO ZAKOMPOOVÁNÍ V ELEKTROMOTORU	8
1.1 Mechanické vlastnosti kostry statoru.....	8
1.2 Funkční obrobene plochy.....	8
1.3 Součásti elektromotoru	9
2 POUŽÍVÁNÉ NÁSTROJE V NC A CNC OBRÁBĚNÍ A JEJICH APLIKACE VE VÝROBĚ.....	10
2.1 Všeobecný přehled materiálů pro řezné nástroje.....	10
2.1.1 Analýza a použití rychlořezné oceli (HSS).....	10
2.1.2 Analýza a použití frézovacích nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami.....	11
2.1.3 Další zvolené nástroje pro frézování.....	15
2.1.4 Analýza a aplikace speciálních nástrojů	17
3 TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRO OBROBENÍ KOSTRY STATORU.....	19
3.1 Technologický postup pro CNC MCFHD 80.....	19
3.2 Technologický postup pro CNC KITAMURA MYCENTER 630i	20
3.3 Technologický postup pro CNC KITAMURA MYCENTER 630i při výpadku ze sériové výroby.....	22
4 TECHNOLOGICKÉ NÁVODKY PRO FREZOVÁNÍ A SPECIÁLNÍ NÁSTROJ	24
4.1 Výrobní návodka pro frézování při výpadku ze sériové výroby	24
4.2 Výrobní návodka pro frézování v sériové výrobě	25
5 PROGRAMOVÁNÍ NC A CNC STROJŮ.....	26
5.1 Struktura programového bloku.....	26
5.2 Způsoby zadávání rozměrových slov.....	27
5.2.1 Určení nulového bodu obrobku	28
5.2.2 Směr jednotlivých os u KITAMURY MYCENTER 630I.....	28
5.2.3 Sestavení programu v absolutních souřadnicích při výpadku ze sériové výroby	29
6 ANALÝZA STROJE KYTAMURA MYCENTER 630i A MCFHD 80.....	32
6.1 Vzhled a technické parametry KITAMURA MYCEMTER 630i	32
6.2 Vzhled a technické parametry MCFHD 80	33
Závěr	35
Seznam použitých zdrojů.....	36
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	37
Seznam příloh.....	38

ÚVOD

Firma HANAKOV, s.r.o. původně produkovala jen zámečnickou výrobu, po uplynutí určité doby se začala věnovat i obrábění. Její produkce začíná od výroby klimatizačních jednotek, separátorů slévárenského písku, různých ocelových konstrukcí až po obrábění statorů a železničních kol.

Nejvyšší zisky společnost získává z obrábění statorů. Z tohoto důvodu se práce zabývá problematikou technologií výroby těchto součástí.

Pokud ve výrobě dojde k přerušení, z důvodu opotřebení nebo zničení nástrojů, je důležité obstarat náhradní variantu, která nám dynamicky zareaguje na kolaps. Nabízí se několik variant. Způsob jak situaci řešit musí být ekonomicky výhodný pro firmu a zároveň pokrýt poptávku zákazníka.



Obr. 1 Stator elektromotoru v provedení šedá litina GG20

1 CHARAKTERISTIKA STATORU A JEHO ZAKOMPOOVÁNÍ V ELEKTROMOTORU

1.1 Mechanické vlastnosti kostry statoru

Stator je vyroben ze šedé litiny ČSN 42 2420. Šedá litina je vícesložková slitina železa s uhlíkem, křemíkem, manganem, fosforem, sírou a dalšími prvky. Složení způsobuje, že odlitky při obrábění mají tendenci se na hranách obráběné plochy odlupovat, proto je nezbytné volit vhodně řezné materiály a optimálně stanovit technologické podmínky. Mechanické vlastnosti jsou vyznačeny v tabulce 1.1.

Tab. 1.1 Mechanické vlastnosti šedé litiny ČSN 42 2420

Označení dle ČSN	Vlastnosti, tepelné zpracování (°C)	R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	Tvrdość HB	Použití
42 2420	Jedná se o dobře obrobitelnou šedou litinu s lupínkovým grafitem	200	380	max. 220	Odlitky o tloušťce stěn 8 až 40 mm, strojní součásti, součásti motorů, turbín, pístových strojů, válce motorů a kompresorů apod.

1.2 Funkční obrobené plochy

Na obrobené plochy dosedají další součásti elektromotoru, proto je důležité, aby plochy měly správnou jakost povrchu a rozměry pro budoucí montáž.



Obr. 1.1 Horní kryt svorkovnice

Spodní strana svorkovnice musí být frézována s geometrickou tolerancí rovinnosti 0,2 mm a průměrnou aritmetickou úchylkou profilu Ra (dále jen Ra), přičemž použitá německá výkresová dokumentace uvádí hodnoty Rz, zde Rz40. Následně jsou ve svorkovnici vyvrtány díry se závitem 4xM10-6H a 2xM8-6H. Tyto prvky podléhají toleranci umístění 0,4 mm. Na spodní stranu svorkovnice dosedá horní kryt (viz. obr. 1.1). Dále se frézují patky s tolerancí rovinnosti 0,15 mm a tolerancí rovnoběžnosti dvou rovin 0,2 mm vůči základnám A a C (viz. příloha

3 výkres obrobku). Důležitým parametrem je kontrola rozměru ofrézované spodní části patky od vodorovné osy statoru. Rozměr má hodnotu $280_{-0,5}^0$. Patky slouží pro připevnění elektromotoru ke stroji a jsou obrobeny na hodnotu Rz63. Dalším předpokladem správného obrobání je dodržení tolerance rovnoběžnosti s osoustruženým čelem. Detailní charakteristika jednotlivých ploch je znázorněna dle výrobního výkresu v příloze č.4. Sdružený nástroj prvně čelně vyfrézuje

zhloubení o $\varnothing 60$ s hodnotou Rz63 a následně vyvrtá díru o $\varnothing 30$ a srazí hranu. Tato operace následně slouží pro montáž závěsného oka M20 (viz. obr. 1.2).

Elektromotor musí být uzemněn. Z tohoto důvodu se provádí poslední operace, která umožní připevnění zemního drátu. Montáž je uskutečněna pomocí plechu určité tloušťky a dvou normovaných šroubů M8 - 6g (viz. obr. 1.3).



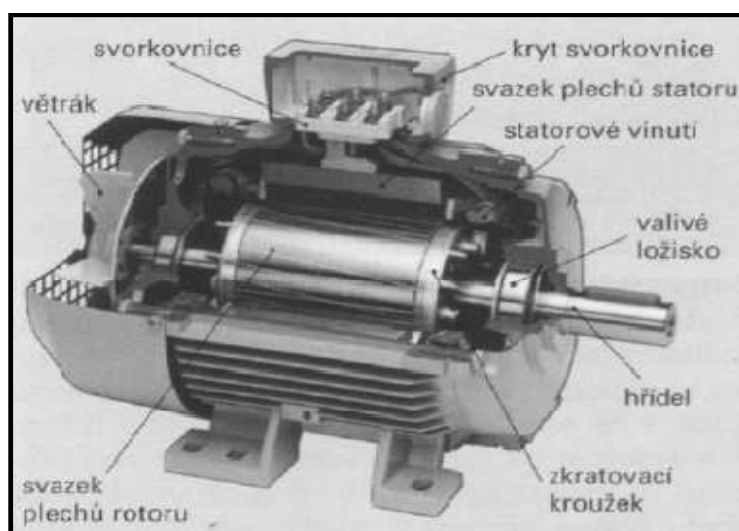
Obr. 1.2 Závěsné oko



Obr. 1.3 Upnutí zemního drátu

1.3 Součásti elektromotoru

Asynchronní motory zauímají v průmyslu velkou část. Mohou být jednofázové nebo třífázové. Přednost těchto motorů spočívá v jejich jednoduché konstrukci a provozní spolehlivosti. Třífázový asynchronní motor je tvořen základními prvky, které jsou rotor, stator a ložiskové štíty. Statorový svazek je zalisován do statorové kostry. Elektrotechnické izolované plechy tvoří statorový svazek. Také rotorový svazek je tvořen z elektrotechnických plechů. Na hřídeli jsou umístěna valivá ložiska, která nám umožňují rotaci hřídele. Ložiskové štíty nám slouží pro uložení celého statoru.



Obr. 1.4 Trojfázový motor s kotvou nakrátko

2 POUŽÍVANÉ NÁSTROJE V NC A CNC OBRÁBĚNÍ A JEJICH APLIKACE VE VÝROBĚ

2.1 Všeobecný přehled materiálů pro řezné nástroje¹

Vysoká produktivita a minimální náklady jsou požadavky při obrábění na automatizovaných strojích, zejména číslicově řízených. Jedná se především o požadavek vysoké řezivosti a tím i vysokého řezného výkonu, kvantifikovaný velkým minutovým úběrem obráběného materiálu a vysoké odolnosti proti mechanickým a teplotním rázům pro všechny kategorie řezných nástrojů.

Pro výrobu řezných částí nástrojů se obecně užívá těchto nástrojových materiálů:

- Nástrojové oceli uhlíkové,
- nástrojové oceli slitinové,
- rychlořezné oceli (HSS),
- slinuté karbidy,
- slinuté karbidy s tvrdými povlaky,
- cermety,
- keramické nástrojové materiály,
- polykrystalický kubický nitrid bóru,
- polykrystalický diamant,
- přírodní diamant.

2.1.1 Analýza a použití rychlořezné oceli (HSS)

U rychlořezných ocelí je vhodné využívat novějších druhů vysoce výkonných rychlořezných ocelí. Jejich cena je vyšší, ale z důvodu aplikace je vhodné je využívat. Předpoklad pro správné užití nástrojů spočívá v posouzení a správné sestavy řezného prostředí včetně volby vhodné procesní kapaliny, jako např. řezného oleje. Jednotlivé HSS oceli jsou popsány v tab. 2.1.

Pokud je to technologicky a konstrukčně možné, snažíme se využívat nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami (dále VBD).

V případě obrábění kostry statoru v sériové výrobě je vhodné použít nástroje s VBD, nejlépe povlakovanými. Tato strategie umožní rychlejší obrobení součásti. Je nutno počítat s vyššími náklady. Strategii je třeba vhodně zvolit s ohledem na produktivitu práce, tak aby celkový výnos byl vyšší a strojní časy kratší. V tomto případě je výhodné použít monolitní nástroj z HSS jen na sražení hran. Monolitní frézy z HSS jsou náročnější na údržbu. Je vyžadováno přebrušování ostří dle katalogových údajů doporučených výrobcem. Toto je složitější než pouhé pootočení popř. vyměnění VBD.

Tab. 2.1 Rychlořezné oceli vhodné pro nástroje používané na NC strojích¹

Označení dle normy	Hutní označení	Obráběné materiály a charakteristika pracovních podmínek
19 802	Maximum Speciál G Extra	Značně namáhané nástroje pro obrábění materiálů o nižší a střední pevnosti cca do 850 MPa hrubováním
19 830	Maximum Speciál M05	Značně namáhané nástroje pro obrábění materiálu do pevnosti 900 MPa i přerušovaným řezem a při požadavku na vysokou houževnatost
19 855	Maximum speciál 55	Vysoce namáhané nástroje pro obrábění ocelí a ocelolitiny o vysoké pevnosti a materiálů těžkoobrobitelných při vysokých řezných rychlostech
19 856	Maximum Speciál 55G	Vysoce namáhané nástroje pro obrábění ocelí a ocelolitiny o vysoké pevnosti a materiálů těžkoobrobitelných při vysokých řezných rychlostech.
19 857	MKG	Hrubování ocelí a ocelolitiny o vysoké pevnosti a materiálů těžkoobrobitelných
19 858	Radeco C	Jemné a přesné obrábění ocelí a ocelolitiny o vysoké pevnosti, tvrdých a abrazivních materiálů, nepřerušovaný řez
19 859	MK	Nejvýše namáhané nástroje pro obrábění, zejména hrubování ocelí a ocelolitiny o vysoké pevnosti, pevných a houževnatých materiálů
19 860	MKH	Nejvýše namáhané nástroje pro obrábění, zejména hrubování ocelí a ocelolitiny o vysoké pevnosti, pevných a houževnatých materiálů
19 861	Radeco M10	Jemné obrábění ocelí a ocelolitiny, ubírání třísek velkého průřezu u ocelí ocelolitiny o vysoké pevnosti

2.1.2 Analýza a použití frézovacích nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů

Prvním krokem při určení výběru frézy je druh obráběného materiálu. V případě frézování patek statoru se využije fréza od firmy WALTER. Důvodem je dobrá reference nástrojů firmy WALTER ve výrobě ve firmě HANAKOV, s.r.o.

Při výběru nástroje se postupuje dle jednotlivých kroků.

- Určení materiálu obrobku.

Kostra statoru je odlita ze šedé litiny ČSN 42 2420, které podle tab. 2.2 odpovídá identifikační písmeno K.

Tab. 2.2 Skupiny obráběných materiálů

Skupiny obráběných materiálů	Identifikační písmena	Obráběcí skupina
Ocel	P	1-13
Nerezavějící ocel	M	14
Litina	K	15-20
Neželezné kovy	N	21-30
Superslitiny a titanové slitiny	S	31-37
Tvrdé materiály	H	38-41

- Výběr podmínek obrábění.

Vychází se z vyložení a tuhosti nástroje. Tyto parametry jsou závislé na stabilitě stroje a upnutí obrobku.

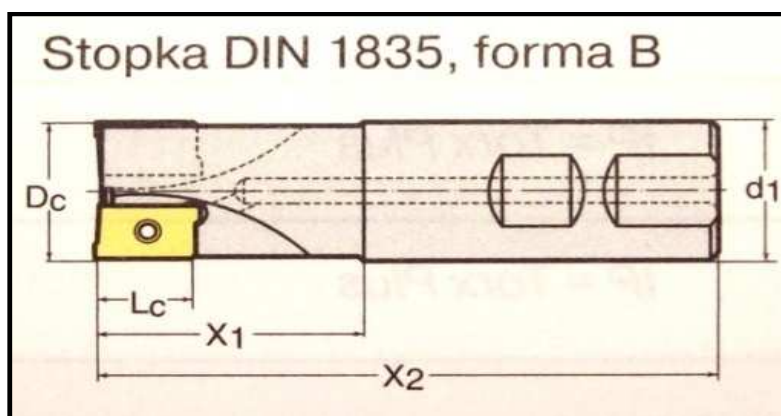
- Určení typu frézy.

Dle použití frézy se určí její typ. Lze vybrat i frézu, která má větší možnosti frézování ploch a tvarů vzhledem k budoucímu použití. V katalogu je na výběr, jaký typ frézování se bude používat (viz. obr. 2.1). Výběr je z rovinného frézování, rohového frézování, drážkovacího frézování nebo kopírovacího frézování.

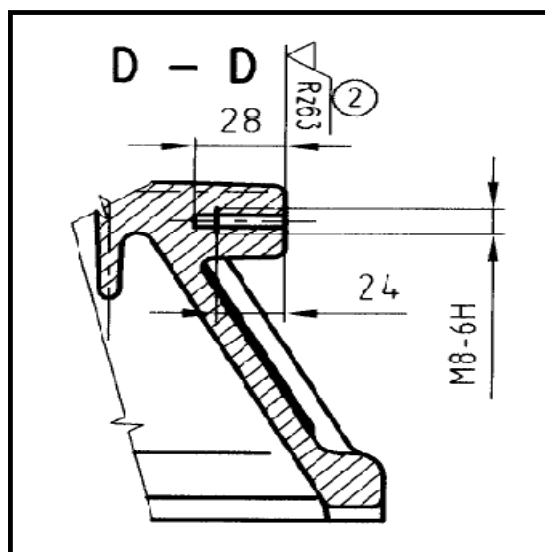
Obr. 2.1 Způsoby frézování²

Tab. 2.3 Parametry frézy WALTER typ F 4042.W32.032.Z04.11

Označení				F 4042.W32.032.Z04.11			
D_c [mm]	d_1 [mm]	X_1 [mm]	X_2 [mm]	L_c [mm]	Z	Hmotnost [kg]	Počet VBD
32	32	49	110	11,7	4	0,6	4

Obr. 2.2 Rohová fréza WALTER F 4042.W32.032.Z04.11²

Pro obrobení patek kostry statoru a další možné využití se jeví vhodná varianta rohové frézy. Patka v nejširším úseku měří max. 25 mm, tím lze volit frézu $\varnothing 32$ mm. Jedním z hlavních důvodů volby rohové frézy je použití na obráběcím centru MCFHD 80, kde patka statoru je přibližně 5 mm nad upínacím stolem. Bere se zřetel na vyloučení kolize frézy s upínacím stolem. U rohové frézy jsou umístěny VBD souměrně s držákem nástroje (viz. obr. 2.2). Pokud je obrábění provedeno na obráběcím centru KITAMURA MYCENTER 630i, tento problém odpadá, jelikož provedení upnutí umožňuje přesah frézy.



Obr 2.3 Řez patkou a upevněním pro zemnění

Fréza WALTER typ ADMT 120408 R – F 56 je využita i v operaci obrobení plochy pro montáž zemnění, kde je malý prostor pro pohyb nástroje.

- Určení typu VBD.

Pro šedou litinu s ohledem na rohovou frézu WALTER F 4042.W32.032.Z04.11 je vhodné volit destičku ADMT 120408 R – F 56.

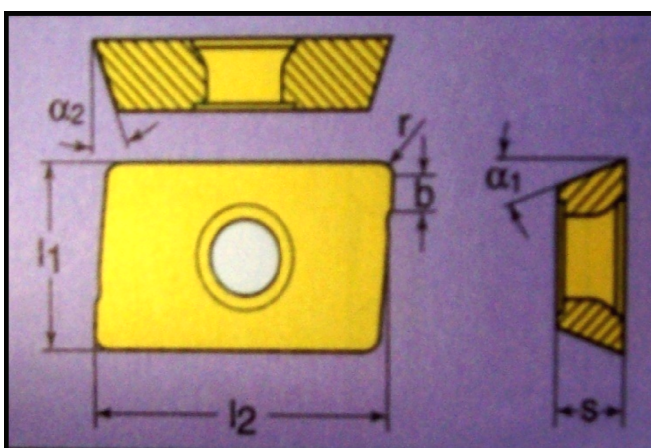
VBD typ ADMT 120408 R – F 56

- je univerzální
- vhodná pro střední podmínky obrábění
- použití pro většinu materiálů s úhlem čela 16°

Tab. 2.4 Parametry VBD WALTER typ ADMT 120408 R – F 56

Označení			ADMT 120408 R – F 56				
Třída tolerance	Řezné hrany	$l_1 \times l_2$ [mm]	s [mm]	α°_1	α°_2	r [mm]	b [mm]
M	2	7,64 x 12	4,76	15	20	0,8	1,2

- Určení řezných podmínek



Obr. 2.4 Geometrie ADMT 120408 R – F 56²

Povlakovaná VBD je vyrobena z materiálu WKP 35. Určení řezné rychlosti je možno zjistit dle povlaku, obráběcí skupiny a materiálu obrobku. Obráběcí skupina se stanoví ze srovnávací tabulky materiálů obrobků. Materiálová skupina K odpovídá obráběcí skupině 15 dle německé normy DIN s označením pro šedou litinu. V katalogové tabulce je uvedena hodnota a_e/D_c . Tento poměr charakterizuje šířku řezu ku průměru nástroje. Na výběr je 1/1, 1/2 a 1/5. Tyto poměry se mění dle frézování patek kostry, zemnění nebo svorkovnice. Využije se poměr 1/2 a určí se řezná rychlost $v_c = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Ostatní potřebné řezné hodnoty se dopočítají dle vztahů (2.1), (2.2) a (2.3) a jsou vypočteny a vyplněny v návodce v kapitole 3.

Výpočet otáček vřetena (obrobku):

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D_c \cdot \pi} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (2.1)$$

Výpočet jednotkového strojního času:

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} \quad [\text{s}] \quad (2.2)$$

Výpočet řezné rychlosti kruhové interpolace:

$$v_{fi} = \left(1 - \frac{D_c}{D_w}\right) \cdot n \cdot f_z \cdot Z \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (2.3)$$

Výpočet posuvu na zub:

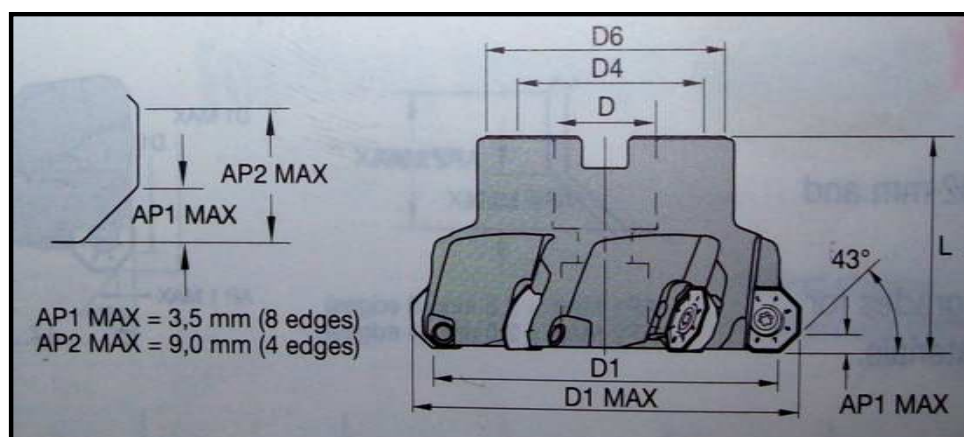
$$f_z = \frac{v_f}{Z \cdot n} \quad [\text{mm} \cdot Z^{-1}] \quad (2.4)$$

2.1.3 Další zvolené nástroje pro frézování kostry statoru

Pro frézování patek a svorkovnice se používají čelní frézy od firmy KENNAMETAL. Výběr nástroje je obdobný jako v kapitole 2.1.2. Zvolíme nejprve vhodnou frézu dle typu frézování. Dále se určí na jaký obrobek bude fréza s VDB aplikována. V neposlední řadě zvolení správného typu a geometrie VDB. Nakonec se určí a vypočtou vhodné řezné podmínky.

Tab. 2.5 Parametry frézy KENNAMETAL typ KSOM100R07OF06

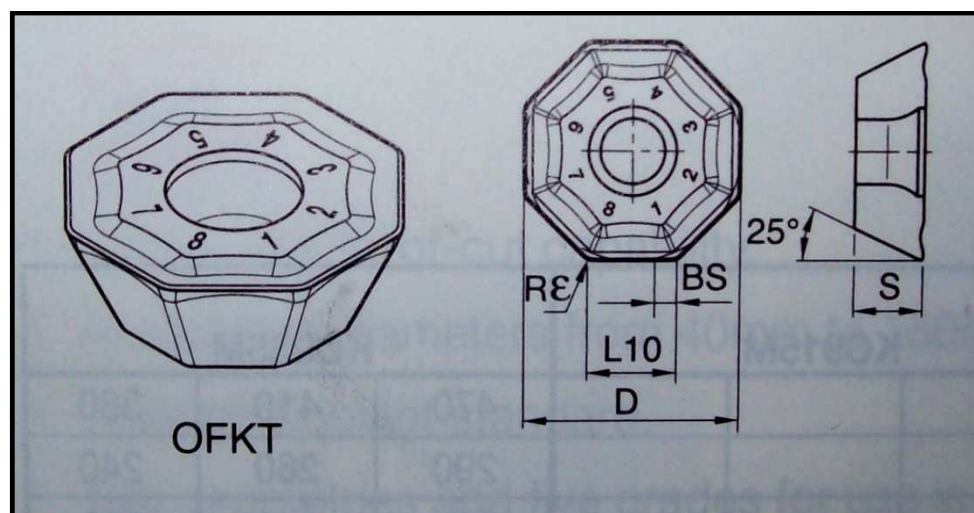
Označení				KSOM100R07OF06		
Z	D[mm]	D _{1 MAX} [mm]	D ₄ [mm]	D ₆ [mm]	L [mm]	A _{P1 max} [mm]
7	32	109	-	80	50	3,5



Obr. 2.5 Vzhled a geometrie frézy KENNAMETAL typ KSOM100R07OF06³

Tab. 2.6 Parametry VBD typ OKFKT06L5AFENGB

Označení			OKFKT06L5AFENGB			
Počet řezných hran	\underline{D} [mm]	S [mm]	L10 [mm]	BS [mm]	$R\epsilon$ [mm]	hm
8	14,7	5	6	-	0,8	0,1

Obr. 2.6 Vzhled a geometrie VBD KENNAMETAL typ OKFKT06L5AFENGB³

VBD pro čelní frézu KENNAMETAL typ KSOM125R08OF06 jsou stejné jako u typu KENNAMETAL typ KSOM100R07OF06.

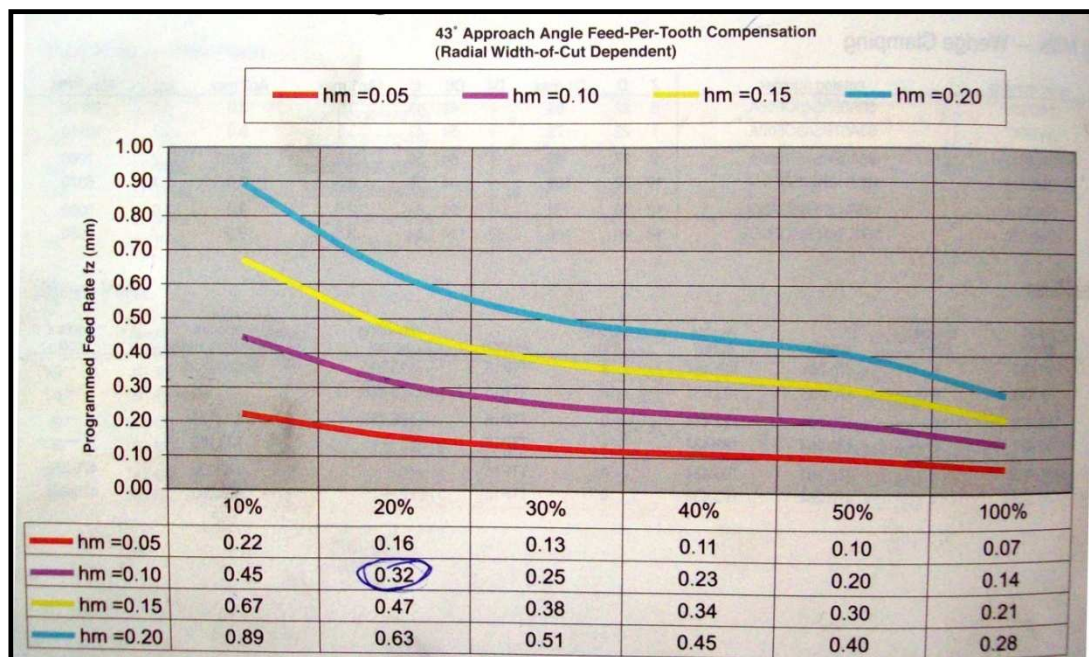
Při určení řezných podmínek se u firmy KENNAMETAL vychází z grafu (viz. obr. 2.7). Z tabulky se vyčte potřebný posuv pomocí hodnoty hm a poměru a_e/D_1 . Hodnota hm udává o jaký typ VBD se jedná. V případě hodnoty $hm = 0,10$ a poměru $a_e/D_1 = 100\%$ je hodnota posuvu na zub $f_z = 0,14$ mm. Určení řezné rychlosti lze odečíst z tabulky 2.6, kde je na výběr z povlaku typu KC520M a KC915M. Oba povlaky jsou vhodné pro šedou litinu.

Tab. 2.5 Parametry frézy KENNAMETAL typ KSOM125R08OF06

Označení				KSOM125R08OF06		
Z	\underline{D} [mm]	$D_{1\text{ MAX}}$ [mm]	D_4 [mm]	D_6 [mm]	L [mm]	$A_{P1\text{ max}}$ [mm]
8	40	134	-	94	63	3,5

Tab. 2.6 Volba řezné rychlosti

Materiálová skupina / Typ povlaku	KC520M	KC915M
K1	220	310

Obr. 2.7 Závislost f_z na a_e/D_1^3

Tab. 2.6 Parametry frézy WALTER typ F 4042.W32.040.Z05.11

Označení				F 4042.W32.040.Z05.11			
D_c [mm]	d_1 [mm]	X_1 [mm]	X_2 [mm]	L_c [mm]	Z	Hmotnost [kg]	Počet VDB
40	32	49	110	11,7	5	0,7	5

VDB čelní frézy WALTER typ F 4042.W32.040.Z05.11 jsou stejné jako pro čelní frézu WALTER F 4042.W32.032.Z04.11 uvedenou v kapitole 2.1.2. Řezné podmínky a jejich stanovení je rovněž identický jako v kapitole 2.1.2.

2.1.4 Analýza a aplikace speciálních nástrojů

Aplikace speciálních nástrojů je ve firemní výrobě velmi podstatná. Nasazením speciálních nástrojů lze docílit kratších výrobních časů a tudíž větší produktivity práce. Užitím těchto prvků se může docílit obrobění několika částí současně. Je nutno zvážit, kolik času zabere výměna nového nástroje a jeho najetí na novou polohu. CNC multifunkční obráběcí centra tuto operaci zvládají v rozmezí několika sekund. Při sériové výrobě pak součet těchto úspor hraje podstatnou roli.

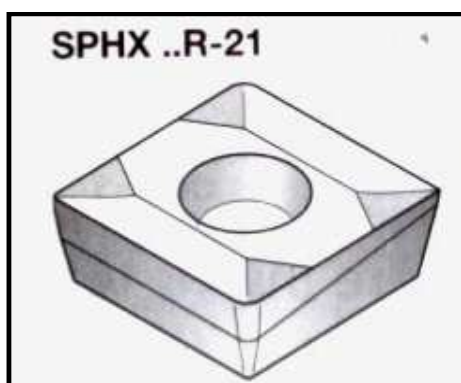
Jelikož se nejedná o nástroje vyráběné sériově, jejich cena je podstatně vyšší než u katalogových nástrojů. Firma musí zkonstruovat novou geometrii nástroje pro konkrétní potřebu zákazníka. Tyto operace jsou finančně a časově náročné. Pokud ovšem jsou speciální nástroje aplikovány do sériové výroby tak je zaručena jejich finanční návratnost.

V případě obrobení statoru se jedná o sdužený nástroj, který čelně obrobí $\varnothing 60$ mm do hloubky 4 mm, srazí hranu a vyvrtá díru o $\varnothing 17,5$ mm do hloubky 38 mm. Vzhled speciálního nástroje je na obrázku 2.8.

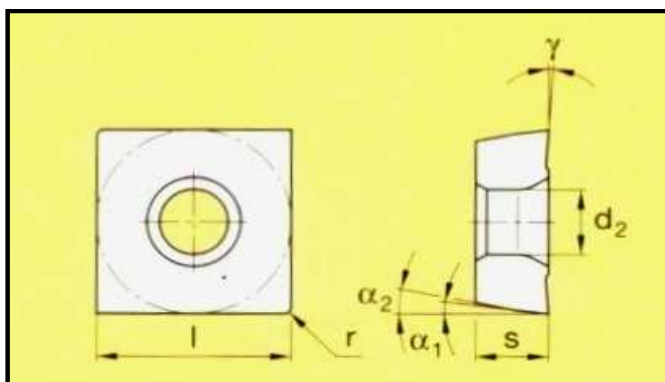


Obr. 2.8 Speciální nástroj

Uprostřed nástroje je díra pro umístění vrtáku v rozmezí $\varnothing 17,1$ mm až $\varnothing 18$ mm. Upnutí se provede pomocí šestihříbného zapuštěného šroubu. Dále je nástroj tvořen vnější a vnitřní VBD. VBD čelně frézují odlitek s tím, že vnitřní VBD navíc srazí hranu. Vnější destička je vybrána z katalogu se standardními parametry (viz. obr. 2.9, obr. 2.10). Vnitřní destička je speciálně zkonstruována pro nástroj. Materiál a povlak vnější VBD je shodný s vnitřní.



Obr. 2.9 Vzhled VBD
KENNAMETAL typ
SPHX120404-R21⁴



Obr. 2.10 Geometrie VBD
KENNAMETAL typ
SPHX 120404-R21⁴

Tab. 2.7 Parametry VBD KENNAMETAL typ SPHX 120404-R21

Označení				SPHX 120404-R21		
l [mm]	d ₂ [mm]	s [mm]	α° ₁	α° ₂	r [mm]	γ°
40	32	49	110	11,7	5	0,7

Řezná rychlost a posuv se opět stanoví z tabulky. Odpovídají hodnotě $v_c = 200 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a $f = 0,42 - 0,78 \text{ [mm}\cdot\text{r}^{-1}]$.

3 TECHNOLOGICKÉ POSTUPY A NÁVODKY PRO OBROBNÍ KOSTRY STATORU

3.1 Technologický postup pro CNC MCFHD 80

Tab. 3.1 Technologický postup pro CNC MCFHD 80

PRACOVNÍ POSTUP RÁMCOVÝ PRO SÉRIOVOU VÝROBU						
Název součásti: KOSTRA 1LG4/6 28-S B3				Číslo výkresu: 3 202 7 0 197 728 00		
Materiál: Šedá litina		Polotovar: Odlitek GG 20/ - /0 197 728 0			Počet kusů: 9216	
Číslo operace	Stroj	Použité nástroje		Popis práce		
1	MCFHD 80	Upínací přípravek pro stator		▪ upnout stator za průměr Ø453H7		
2		Sdružený nástroj KENNAMETAL DS 1555654 s vrtákem GÜHRING Ø17,5 z SK DIN 8037 a čelní frézou o Ø60 s vnější VBD KENNAMETAL SPHX120404 R21Kc 7210 a vnitřní VDB KENNAMETAL IP 1555655 KM1		▪ vrtat díru 2x Ø17,5 do hloubky 42 ▪ zahлубit 2x Ø60 do hloubky 4 ▪ srazit hranu 2,5x45°		
3		Rohová fréza Ø32 F 4042.W32.032.Z04.11 VBD ADMT 120408 R – F 56		▪ zarovnat plochu pro zemnění		
4		Čelní fréza Ø100 KENNAMETAL KSOM100R07OF06 VBD OFKT06L5AFENGB		▪ zarovnat svorkovnici frézováním na geometrickou toleranci rovinnosti 0,2		
5		Čelní fréza Ø100 KENNAMETAL KSOM100R07OF06 VBD OFKT06L5AFENGB		▪ frézovat patky na hrubo na rozměr 279,8 od osy otáčení s tolerancí rovinnosti 0,15 a tolerancí rovnoběžnosti dvou rovin 0,2 vůči základnám A a C		
6		Vrták GÜHRING Ø8,5 z SK DIN 8037		▪ vrtat průchozí díru 4x Ø8,5 do svorkovnice s geometrickou tolerancí umístění 0,4		

7		Závitník M10 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	řezat průchozí závit 4x M10-6H do svorkovnice
8		Vrták GÜHRING Ø6,8 z SK DIN 8037	vrtat průchozí díru 2x Ø6,5 do svorkovnice s geometrickou tolerancí umístění 0,4
9		Vrták GÜHRING Ø6,8 z SK DIN 8037	vrtat díru 4x Ø6,5 do upínací plochy pro zemnění
10		Závitník M8 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	řezat závit M8-6H do hloubky 24 pro díru 4x Ø6,5 do upínací plochy pro zemnění
11		Závitník M8 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	řezat průchozí závit M8-6H pro díru 2x Ø6,5 do svorkovnice
12		Závitník M20 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	řezat závit 2x M20-6H do hloubky 34
Datum:		Navrhl:	Schválil:

3.2 Technologický postup pro CNC KITAMURA MYCENTER 630i

Tab. 3.2 Technologický postup pro CNC KITAMURA MYCENTER 630i

PRACOVNÍ POSTUP RÁMCOVÝ PRO SÉRIOVOU VÝROBU			
Název součásti: KOSTRA 1LG4/6 28-S B3		Číslo výkresu: 3 202 7 0 197 728 00	
Materiál: Šedá litina		Polotovary: Odlitek GG 20/ - /0 197 728 0	Počet kusů: 9216
Číslo operace	Stroj	Použité nástroje	Popis práce
1	KITAMURA MYCENTER 630i	Upínací přípravek pro stator	upnout stator za průměr Ø453H7
2		Čelní fréza Ø125 KENNAMETAL KSOM125R08OF06 VBD OFKT06L5AFENGB	zarovnat svorkovnici frézováním na geometrickou toleranci rovinnosti 0,2
3		Sdružený nástroj KENNAMETAL DS 1555654 s vrtákem GÜHRING Ø17,5 mm z SK DIN 8037 a čelní frézou o Ø60 mm s vnější VBD KENNAMETAL SPHX120404 R21Kc 7210 a vnitřní VDB KENNAMETAL IP 1555655 KM1	<ul style="list-style-type: none"> vrtat díru 2xØ17,5 do hloubky 42 zahлубit 2xØ60 do hloubky 4 srazit hranu 2,5x45
4		Závitník M20 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	řezat průchozí závit M8-6H pro díru 2xØ6,5 do svorkovnice

5		Rohová fréza Ø32 F 4042.W32.032.Z04.11 VBD ADMT 120408 R – F 56	<ul style="list-style-type: none"> zarovnat plochu pro zemnění
6		Vrták GÜHRING Ø6,8 z SK DIN 8037	<ul style="list-style-type: none"> vrtat díru 4xØ6,8 do upínací plochy pro zemnění
7		Vrták GÜHRING Ø6,8 z SK DIN 8037	<ul style="list-style-type: none"> vrtat průchozí díru 2xØ6,8 do svorkovnice s geometrickou tolerancí umístění 0,4
8		Závitník M8 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	<ul style="list-style-type: none"> řezat průchozí závit M8-6H pro díru 2xØ6,8 do svorkovnice
9		Závitník M8 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	<ul style="list-style-type: none"> řezat závit M8-6H do hloubky 24 pro díru 4xØ6,8, do upínací plochy pro zemnění
10		Vrták GÜHRING Ø8,5 z SK DIN 8037	<ul style="list-style-type: none"> vrtat průchozí díru 4xØ8,5 do svorkovnice s geometrickou tolerancí umístění 0,4
11		Závitník M10 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	<ul style="list-style-type: none"> řezat průchozí závit 4xM10-6H do svorkovnice
12		Vrták GÜHRING Ø6,8 z SK DIN 8037	<ul style="list-style-type: none"> vrtat díru 2xØ6,8 do svorkovnice s geometrickou tolerancí umístění 0,4
14		Čelní fréza Ø125 KENNAMETAL KSOM125R08OF06 VBD OFKT06L5AFENGB	<ul style="list-style-type: none"> frézovat patky na hrubo na rozměr 283 od osy otáčení s tolerancí rovinnosti 0,15 a tolerancí rovnoběžnosti dvou rovin 0,2 vůči základnám A a C
15		Čelní fréza Ø125 KENNAMETAL KSOM125R08OF06 VBD OFKT06L5AFENGB	<ul style="list-style-type: none"> frézovat patky na hrubo na rozměr 281 od osy otáčení s tolerancí rovinnosti 0,15 a tolerancí rovnoběžnosti dvou rovin 0,2 vůči základnám A a C
16		Čelní fréza Ø125 KENNAMETAL KSOM125R08OF06 VBD OFKT06L5AFENGB	<ul style="list-style-type: none"> frézovat patky na čisto na rozměr 279,8 od osy otáčení s tolerancí rovinnosti 0,15 a tolerancí rovnoběžnosti dvou rovin 0,2 vůči základnám A a C
Datum:		Navrhl:	Schválil:

3.3 Technologický postup pro CNC KITAMURA MYCENTER 630i při výpadku ze sériové výroby

Tab. 3.3 Technologický postup pro CNC KITAMURA MYCENTER 630i při výpadku ze sériové výroby

PRACOVNÍ POSTUP RÁMCOVÝ PŘI VÝPADKU ZE SÉRIOVÉ VÝROBY			
Název součásti: KOSTRA 1LG4/6 28-S B3		Číslo výkresu: 3 202 7 0 197 728 00	
Materiál: Šedá litina		Polotovary: Odlitek GG 20/ - /0 197 728 0	Počet kusů: 9216
Číslo operace	Stroj	Použité nástroje	Popis práce
1	KITAMURA MYCENTER 630i	Upínací přípravek pro stator	▪ upnout stator za průměr Ø453H7
2		Vrták GÜHRING Ø17,5 z SK DIN 8037	▪ vrtat díru 2xØ17,5 do hloubky 42
3		NC navrtávák z HSS Ø25,4	▪ srazit hranu 2,5x45°
4		Rohová fréza Ø32 F 4042.W32.032.Z04.11 VBD ADMT 120408 R – F 56	▪ frézovat zahloubení Ø60 do hloubky 4 pomocí kruhové interpolace
5		Rohová fréza Ø32 F 4042.W32.032.Z04.11 VBD ADMT 120408 R – F 56	▪ zarovnat svorkovnici frézováním na geometrickou toleranci rovinnosti 0,2
6		Rohová fréza Ø32 F 4042.W32.032.Z04.11 VBD ADMT 120408 R – F 56	▪ zarovnat plochy pro zemnění
7		Vrták GÜHRING Ø6,8 z SK DIN 8037	▪ vrtat díru 4xØ6,8 do nálitku pro zemnění do hl. 32
8		Vrták GÜHRING Ø6,8 z SK DIN 8037	▪ vrtat průchozí díru 2xØ6,8 do svorkovnice s geometrickou tolerancí umístění 0,4
9		Vrták GÜHRING Ø8,5 z SK DIN 8037	▪ vrtat průchozí díru 4xØ8,5 do svorkovnice s geometrickou tolerancí umístění 0,4
10		Závitník M10 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	▪ řezat průchozí závit 4xM10-6H do svorkovnice
11		Závitník M8 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	▪ řezat průchozí závit M8-6H pro díru 2xØ6,8 do svorkovnice
12		Závitník M8 z HSS-E pro metrické ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	▪ řezat závit M8-6H pro díru 4xØ6,8 do nálitku pro zemnění
13		Závitník M20 z HSS-E pro metrické	▪ řezat závit 2xM20-6H do hloubky 34

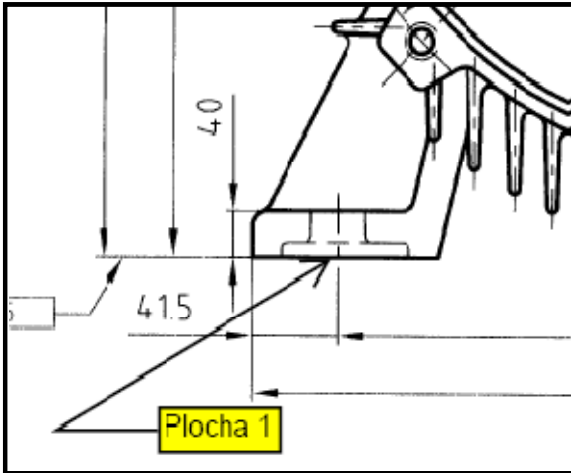
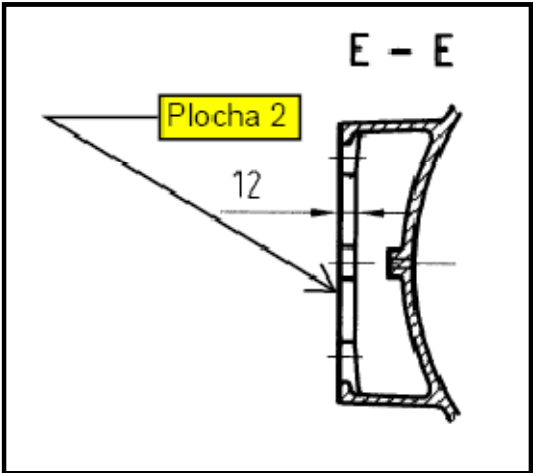
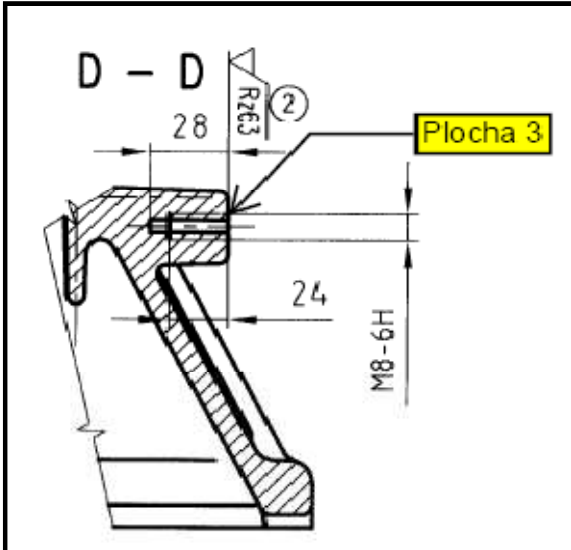
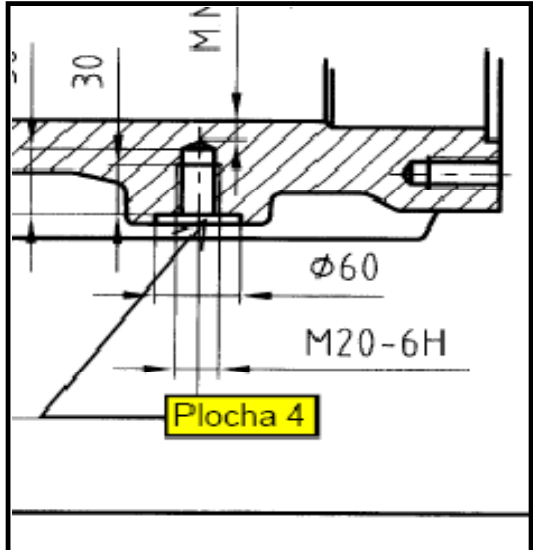
		ISO-závity s povlakem TiN DIN 376	
14		Rohová fréza Ø40 F 4042.W32.040.Z05.11 VBD ADMT 120408 R – F 56	<ul style="list-style-type: none"> frézovat patky na hrubo na rozměr 280,2 od osy otáčení s tolerancí rovinnosti 0,15 a tolerancí rovnoběžnosti dvou rovin 0,2 vůči základnám A a C
15		Rohová fréza Ø40 F 4042.W32.040.Z05.11 VBD ADMT 120408 R – F 56	<ul style="list-style-type: none"> frézovat patky na čisto na rozměr 279,8 od osy otáčení s tolerancí rovinnosti 0,15 a tolerancí rovnoběžnosti dvou rovin 0,2 vůči základnám A a C
Datum:		Navrhl: Martin Chlup	Schválil:

V technologickém postupu při výpadku ze sériové výroby byl nahrazen speciální nástroj za vrták, navrtávák a čelní frézu, která vytvoří zahloubení. Dále byla nahrazena fréza o Ø125 za hrézu o Ø32 a Ø40. Frézy menších průměrů mají sice delší dráhy odrábění, ale u fréz Ø32 a Ø40 je dosažena lepší hodnota geometrické tolerance rovnoběžnosti a rovinnosti.

4 TECHNOLOGICKÉ NÁVODKY PRO FRÉZOVÁNÍ A SPECIÁLNÍ NÁSTROJ

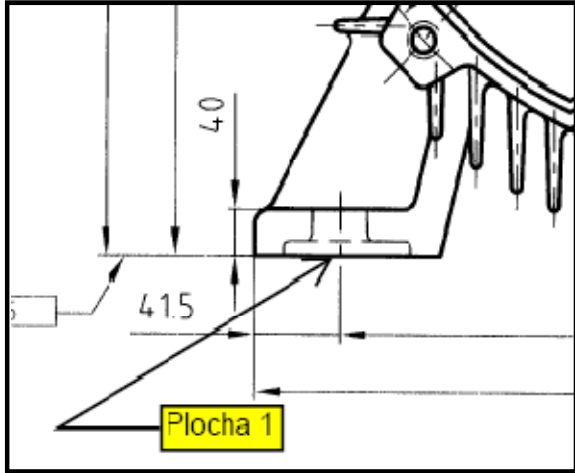
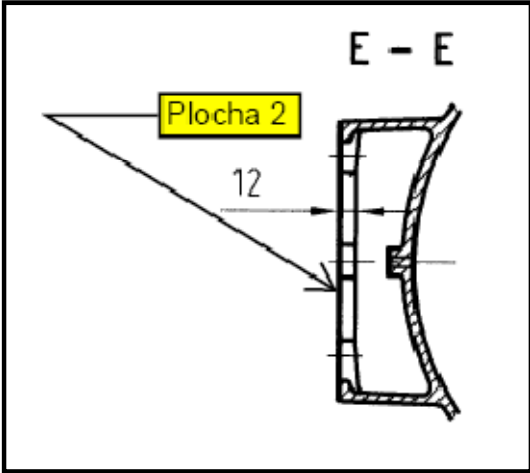
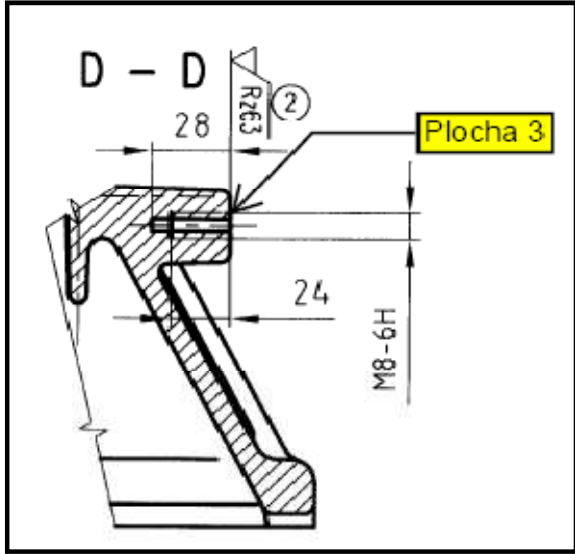
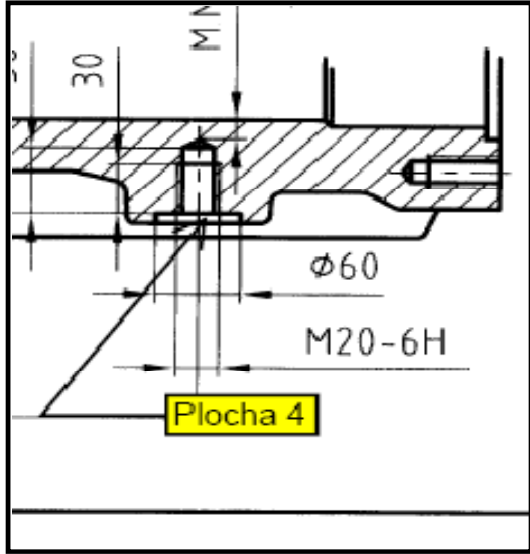
4.1 Výrobní návodka pro frézování při výpadku ze sériové výroby

Tab. 4.1 Návodka – výpadek ze sériové výroby

VÝROBNÍ NÁVODKA PRO FRÉZOVÁNÍ PŘI VÝPADKU ZE SÉRIOVÉ VÝROBY								
VUT-FSI ÚST	Součást: KOSTRA 1LG4/6 28-S B3			Stroj: KITAMURA MYCENTER 630i			Číslo operace:4,5 ,6,14,15	
	Číslo výkresu: 3 201 7/3 197 845/00/00			Číslo pracoviště: 54512				
								
								
Plocha	i	v_c [m·min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]	Výrobní nástroj
1	2	300	2387	1,25	4;0,4	824	0,552	T44,T45
2	1	350	3481	1,2	2	764	0,183	T1
3	1	350	3481	1,2	1,0	51	0,012	T1
4	1	300	2984	0,4	4	110	0,094	T1
Datum:		Navrhl: Martin Chlup				Schválil:		

4.2 Výrobní návodka pro frézování v sériové výrobě

Tab. 4.2 Návodka – sériová výroba

VÝROBNÍ NÁVODKA PRO FRÉZOVÁNÍ PRO SÉRIOVOU VÝROBU								
VUT-FSI ÚST	Součást: KOSTRA 1LG4/6 28-S B3			Stroj: KITAMURA MYCENTER 630i			Číslo operace: 2,3 ,5,14,15,16	
	Číslo výkresu: 3 201 7/3 197 845/00/00			Číslo pracoviště: 54512				
								
								
Plocha	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]	Výrobní nástroj
1	3	310	789	1,12	2;2;0,5	460	1,512	T30
2	1	310	789	1,12	2	356	0,402	T30
3	1	350	3481	1,2	1,0	51	0,012	T1
4	1	150; 200	2728; 1061	0,3; 0,04	4	42	0,986	T40
Datum:		Navrhl:				Schválil:		

Poznámka: U plochy č.4 u „ v_c “, „n“ a „f“ je první hodnota vrtání a druhá frézování, protože se jedná o sdružený nástroj.

Tab. 4.3 Označení nástrojů v návodkách a programu

T44	Rohová fréza Ø40 mm F 4042.W32.040.Z05.11 VBD ADMT 120408 R – F 56
T45	Rohová fréza Ø40 mm F 4042.W32.040.Z05.11 VBD ADMT 120408 R – F 56
T30	Čelní fréza KENNAMETAL typ KSOM125R08OF06 VBD typ OKFKT06L5AFENGB
T1	Rohová fréza WALTER F 4042.W32.032.Z04.11 VBD ADMT 120408 R – F 56
T40	Sdružený nástroj KENNAMETAL

5 PROGRAMOVÁNÍ NC A CNC STROJŮ

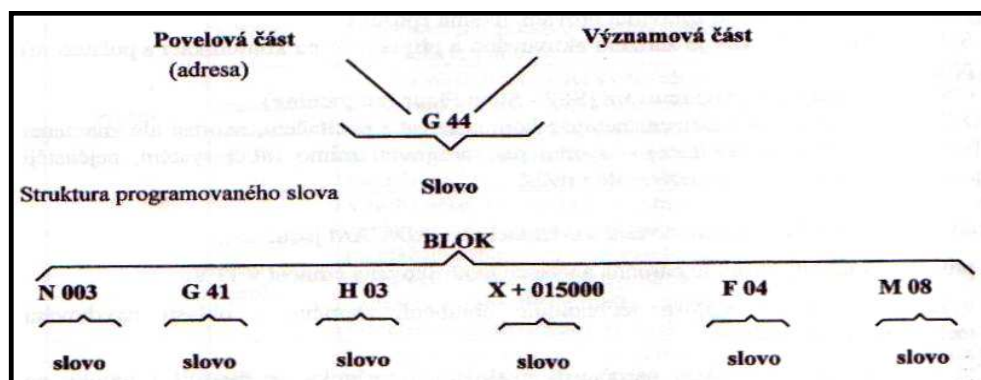
Řídicí program NC stroje je soubor vyčerpávajících, číselně vyjádřených informací o činnosti NC stroje, uložených na nositeli informací, ze kterého jsou postupně tyto informace předávány stroji v průběhu operace. K zápisu programu se volí znaky srozumitelné člověku a tyto se řadí do jednotlivých slov; ucelené informace o jedné požadované činnosti tvoří blok a posloupnost bloků tvoří řídicí program.¹

5.1 Struktura programového bloku¹

Bloky s pevným formátem mají stejnou délku v celém programu a žádné slovo nebo znak nesmí vynechat a to ani v případě, že vzhledem k předcházejícímu bloku není požadována změna v údaji. Blok neobsahuje žádný abecední znak. Bloky s proměnnou délkou slov mohou mít vynechána ta slova, u kterých není požadována změna, případně není požadavek na jejich význam. Slovo začíná adresou nebo znakem „ tab”, případně oběma.

V obou případech sestává blok z těchto znaků a slov :

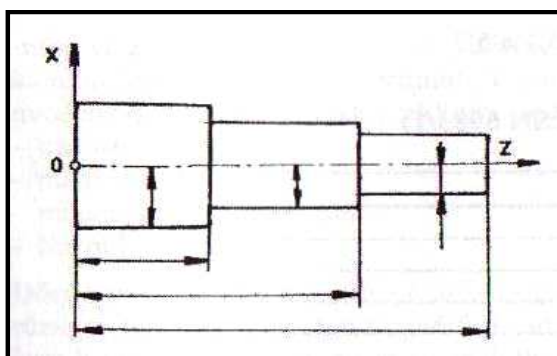
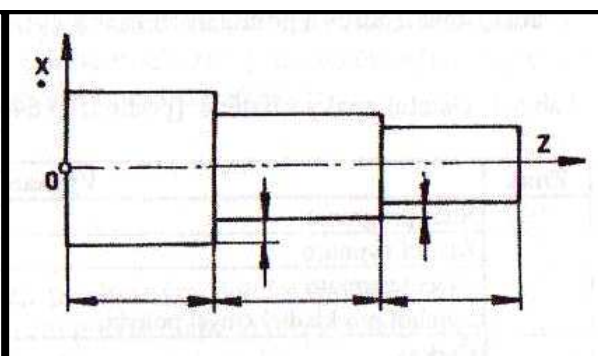
- Číslo bloku,
- informační slova,
- konec bloku,
- posuvová funkce,
- funkce ovládající rychlost otáčení vřetena,
- funkce nástroje,
- pomocné funkce.

Obr. 5.1 Složení bloku¹

5.2 Způsoby zadávání rozměrových slov¹

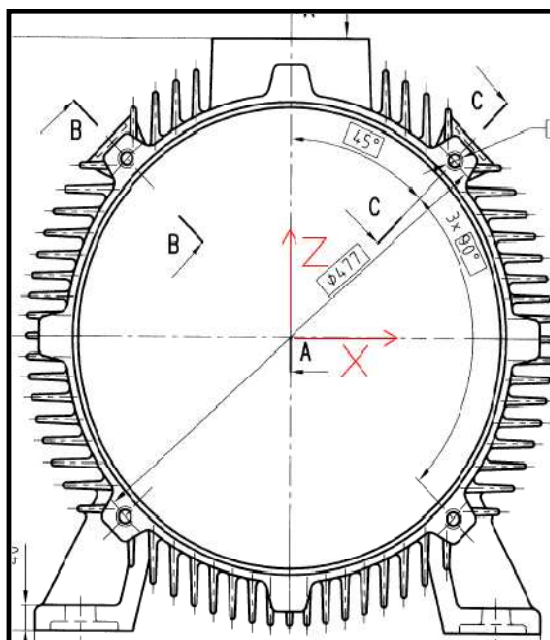
Podle způsobu zadávání rozměrových slov se zadává přemístění v jednotlivých souřadných osách:

- v absolutních hodnotách, kde souřadnice jednotlivých bodů dráhy nástroje jsou zadávány k počátku souřadného systému, který je definován na NC stroji
- v přírůstkových hodnotách (inkrementálně), kdy výchozí poloha nástroje před obráběním je přesně definována výchozím bodem a ve vlastním programu se stanoví difference pohybu v jednotlivých souřadných osách v kladném nebo záporném smyslu
- v absolutních i přírůstkových hodnotách, kdy v průběhu programu lze oba způsoby podle potřeby kombinovat

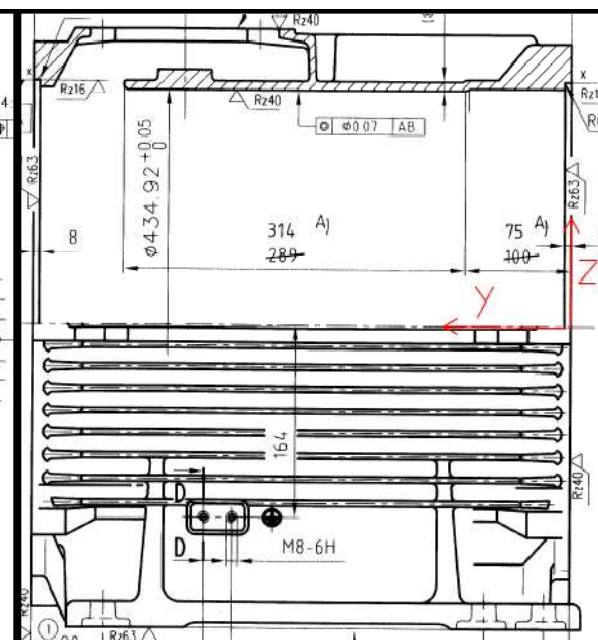
Obr. 5.1 Absolutní programování¹Obr. 5.2 Inkrementální programování¹

5.2.1 Určení nulového bodu obrobku

Nulový bod obrobku se nachází ve středu otáčení statoru. Nulová souřadnice v ose Y je umístěna při styku statoru s upínacím stolem (viz. obr. 5.3, 5.4).



Obr. 5.3 Nulový bod obrobku v osách X a Z



Obr. 5.3 Nulový bod obrobku v osách Y a Z

5.2.1 Struktura řídicího programu

Řídicí program se skládá z:

- Číslo programu,
- znaku pro začátek programu,
- jednotlivých bloků programu, které se zapisují v posloupnosti.¹

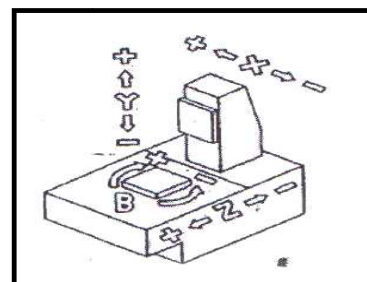
Při vytvoření programu pro případ výpadku ze sériové výroby se využily znaky uvedené v tabulce 5.1. Tabulka neobsahuje znaky uvedené v celém programu z důvodů přeprogramování jen některých částí.

Tab. 5.1 Seznam znaků využitých při sestavení programu pro výpadek ze sériové výroby

B	Pozice stolu
D01	Zařazení poloměrové korekce
F	Posuv
G00	Rychloposuv
G01	Lineární interpolace
G02	Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
G04	Časová prodleva
G40	Vyřazení kruhové interpolace
G41	Zařazení poloměrové korekce
G54	Vyvolání nulového bodu
G90	Absolutní programování
H	Typ korekce
M03	Rotace vřetena ve směru hodinový ručiček
M06	Výměna nástroje
M07	Zapnutí chlazení č.2
M09	Vypnutí chlazení
M10	Upnutí stolu
M11	Uvolnění stolu
M28	Zapnutí dopravníku třísek
M60	Výměna palety
N	Číslo bloku
R	Rádus
S	Otáčky
T	Označení nástroje
X, Y, Z	Souřadnice pohybu vřetena

5.2.2 Směr jednotlivých os u KITAMURY MYCENTER 630i

Kladný (+) a záporný (-) směr jednotlivých os je znázorněn na obrázku 5.4. Nulový bod stroje ("1.referenční bod") je umístěn na vzdáleném konci ve směru (+). Nulová poloha stroje na ose X je na straně zásobníku ATC; pro osu Y je nejvyšším bodě vřeténíku; a pro osu Z je nejvzdálenějším bodě stolu na přední straně stroje.⁴



Obr. 5.4 Osy stroje KITAMURA MYCENTER 630i⁴

5.2.3 Sestavení programu v absolutních souřadnicích při výpadku ze sériové výroby

- První část programu od bloku N10 po blok N580 je náhrada za sdružený nástroj v sériové výrobě. Nejdříve je vrtána díra 17,5 mm, poté se srazí hrana 2,5x45° a nakonec je pomocí kruhové interpolace obráběno zahloubení o Ø60 mm.

%

O7393 (319784599)

N10 T42 (VRTAK D17,5)

N20 G90 G54

N30 M06

N40 M11

N50 G00 G43 H42 Z400 M03 S2728 (VYVOLANI KOREKCE NASTROJE)

N60 G00 B-45 T43

N70 M10 (UPNUTI STOLU)

N80 G00 X0 Y107 M07

N90 Z275 M03 S2728

N100 G01 Z222 F818

N110 G00 Z450

N120 M11 (UVOLNENI PALETY)

N130 G00 B45

N140 M10

N150 G00 X0 Y335 Z275

N160 G01 Z222 F818

N170 G00 Z450 M09

N180 T43 (NAVRTAVK D25)

N190 M06

N200 G90 G54

N210 G00 G43 H43 Z400

N220 G00 X0 Y335 Z275 T1 M03 S2450

N230 G01 Z254 F400 M07

N240 G04 X0.5 (CASOVA PRODLEVA 0,5s)

N250 G00 Z450

N260 M11

N270 G00 B-45

N280 M10

N290 G00 X0 Y107 Z275

N300 G01 Z254 F400

N310 G04 X0.5

N320 G00 Z500 M09

N330 T1 (CELNI FREZA D32)

N340 M06 (ZAHLOUBENI D60 KRUHOVOU INTERPOLACI)

N350 M11 T4

N360 G00 B-45

N370 M10

N380 G00 G54 G43 H1 Z400 M3 S2984

N390 G00 G90 G54 X0 Y107 M07

N400 G01 Z265 F300

N410 G01 G41 D1 X10.85 Y80.39 F3581 (G41 D1 ZARAZENI POLOMEROVE KOREKCE)

N420 G02 X30 Y107 R25 (G02 SMER FREZOVANI PO SMERU HODINOVYCH RUCICEK)

N430 G02 X30 Y107 R30

N440 G02 X10.85 Y133.61 R25

N450 G00 G40 X0 Y107 Z400 (G40 VYRAZENI KRUHOVE INTERPOLACE)

N460 M11

N470 G00 B45

N480 M10
N490 G00 X0 Y335 Z275
N500 G01 Z265 F300
N510 G01 G41 D1 X10.85 Y308.39 F3581
N520 G02 X30 Y335 R25 (PLYNULY NAJEZD NA D60)
N530 G02 X30 Y335 R30 (FREZOVANI D60)
N540 G02 X10.85 Y362.61 R25 (PLYNULY VYJEZD Z D60)
N550 G00 G40 X0 Y335 Z500
N560 M11
N570 G00 B0
N580 M10

- Další část programu zarovná svorkovnici na rozměr 288 mm od osy otáčení statoru. Úsek je proveden pomocí frézy o $\varnothing 32$ mm. Nástroj je nahrazen za frézu o $\varnothing 125$ mm použitou v sériové výrobě. Fréza o $\varnothing 125$ mm má kratší dráhu, ale pokud je opotřebovaná nebo nedostupná, nahrazuje ji fréza o $\varnothing 32$ mm. Část programu je popsána od bloku N590 po blok N780.

N590 G00 X140 Y439.5 S3481 (FREZUJE SVORKOVNICI D32)
N600 Z288
N610 G01 X0 F4147
N620 Y414
N630 Y439.5
N640 X-96.47
N650 X-77.99 Y421
N660 X-96.47
N670 Y246.53
N680 X-77.99 Y265
N690 Y246.53
N700 X0
N710 Y272.62
N720 Y246.5
N730 X96.47
N740 X77.99 Y265
N750 X96.47
N760 Y439.47
N770 X77.99 Y421
N780 G00 Z500

- Poslední změna programu se týká nahrazení frézy o $\varnothing 125$ mm za frézu o $\varnothing 40$ mm. Fréza nejprve hrubuje patky na rozměr 280,2 mm od osy otáčení statoru a následně dokončuje na hodnotu středu tolerance 279,8 mm. Část programu je popsán od bloku N2100 po N2930.

N2100 T44 (FREZA D40 HRUBUJE PATKY)
N2110 M06
N2120 T45
N2130 M11
N2140 G00 B180
N2150 M10
N2160 G00 G43 H44 Z400 S2387 M03
N2170 G00 X-260 Y310 Z350 M07
N2180 Z280.2

N2190 G01 Y430 F2984
N2200 X-177
N2210 Y378
N2220 X-300

N2230 G00 X-260 Y130
N2240 G01 Y-32
N2250 X-178
N2260 Y92
N2270 G00 X-150 Y60 Z281
N2280 Z280.2
N2290 G01 X-300
N2300 G00 Y15
N2310 G01 X-150
N2320 G00 X300 Y378 Z300
N2330 Z280.2
N2340 G01 X177
N2350 Y430
N2360 X260
N2370 Y310
N2380 G00 X260 Y130 Z281
N2390 Z280.2
N2400 G01 Y-32
N2410 X178
N2420 Y92
N2430 G00 X150 Y60 Z281
N2440 Z280.2
N2450 G01 X300
N2460 G00 Y15
N2470 G01 X150
N2480 G00 Z450 M09

N2490 T45 (FREZA D40, PATKY NA CISTO)
N2500 M06
N2510 T42
N2520 M11
N2530 G00 B180 M28 (M28-ZAPNUTI DOPRAVNIKU TRISEK)
N2540 G00 G54 G43 H45 Z400 S2387 M03
N2550 M10
N2560 G00 G90 X-260 Y310 Z350 M07
N2570 G00 Z279.8
N2580 G01 Y430 F2984
N2590 X-177
N2600 Y378
N2610 X-300
N2620 G00 X-260 Y130
N2630 G01 Y-32
N2640 X-178
N2650 Y92
N2660 G00 X-150 Y60 Z281
N2670 Z279.8
N2680 G01 X-300
N2690 G00 Y15
N2700 G01 X-150
N2710 G00 X300 Y378 Z300
N2720 Z279.8
N2730 G01 X177
N2740 Y430
N2750 X260

N2760 Y310
N2770 G00 X260 Y130
N2780 G01 Y-32
N2790 X178
N2800 Y92

N2810 G00 X150 Y60 Z281
 N2820 Z279.8
 N2830 G01 X300
 N2840 G00 Y15
 N2850 G01 X150
 N2860 G00 Z600
 N2870 G40
 N2880 G00 Z600 M09
 N2890 G00 G91 G28 X0 Y0
 N2900G90 M29 (M29-VYPNUTI DOPRAVNIKU)
 N2910 M11
 N2920 G00 B0
 N2930 M60

6 ANALÝZA STROJE KITAMURA MYCENTER 630i A MCFHD 80

Vývoj CNC techniky jde rychlým tempem kupředu a současně úměrně s tím zpřísňují bezpečnostní předpisy. Zrychlují se časy obrábění výměna nástroje a celkový pohyb vřetena a stolu. MCFHD 80 je řízené obráběcí středisko učeno pro frézování, vrtání, vyvrtávání a řezání závitů. Stejné využití má i KITAMURA MYCENTER 630i, které ovšem má daleko kratší časy obrobení. Nejenom krátká doba výměny nástroje, pohyb vřetena a stolu mají podstatný vliv na produktivitu výroby, ale také manipulace dvou palet vzájemně rotujících uvnitř pracovního prostoru. Tato strategie manipulace výrazně zrychluje výrobu díky tomu, že zatím co jedna paleta na které je upnutý obrobek, který se obrábí, tak druhý obrobek může být upínán nebo povolován. Díky tomu nečeká pracovník než se obrobí kus, ale může už pracovat na dalším.

6.1 Vzhled a technické parametry KITAMURY MYCENTER 630i



Obr. 6.1 KITAMURA MYCENTER 630i

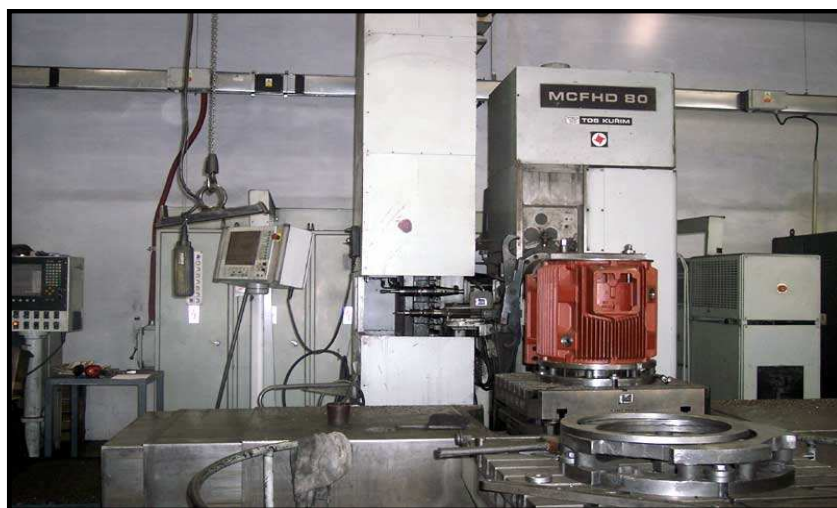
Tab. 6.1 Technické údaje KITAMURA MYCENTER 630i

STŮL	
PRACOVNÍ PLOCHA STOLU (šířka x délka)	630 x 630
INDEXOVÁNÍ STOLU	4. osa 0,001
MAX. ROZMĚRY OBROBKU	Ø 1000 x 1100
MAX. ZATÍŽENÍ STOLU	1200 kg

POJEZDY	
OSA X	1050 mm
OSA Y	850 mm
OSA Z	900 mm
VZDÁLENOST OD HLAVY VŘETENA KE STŘEBU STOLU:	130 – 1030 mm
VZDÁLENOST OD STŘEBU VŘETENA K POVRCHU STOLU:	50 – 900 mm
VŘETENO	
KONICITA VŘETENA	NST NO.50
OTÁČKY VŘETENA	35 – 12000 min ⁻¹
MOTOR VŘETENA	
(15 min. INTERVALOVĚ)	AC 30 kW
(30 min. INTERVALOVĚ)	AC 26 kW
(TRVALÝ PROVOZ)	AC 22 kW
MOTOR ATC	AC 2500 W (OTÁČKY) vpřed, AC 750 W vzad
MOTOR PRO CHLADÍCÍ KAPALINU	AC 730 (50 Hz) / 1210 (60 Hz) W
MOTOR MAZACÍHO ČERPADLA	AC 20 W
HYDRAULICKÝ MOTOR	AC 2,8 kW
HMOTNOST STROJE S NC JEDNOTKOU	21700 kg
ELEKTRICKÝ NAPÁJECÍ ZDROJ	
TŘÍFÁZOVÁ ELEKTRICKÁ SÍŤ	AC 200/220 V
KMITOČET	50/60 Hz
JEDNOFÁZOVÝ ŘÍDÍCÍ OBVOD	AC 100 V TRANSFORMÁTOR AC (200/220V) DC 24 V

Stroj se vyznačuje skvělou tuhostí a přesností. Umožňuje obrábět velké kusy ve čtyřech osách. Vysoký točivý moment zaručuje flexibilitu obrábění.

6.2 Vzhled a technické parametry MCFHD 80



Obr. 6.2 MCFHD 80

Tab. 6.2 Technické parametry MCFHD 80

UPÍNACÍ PLOCHA PALETY	mm	800x800
DĚLENÍ STOLEM	n / pox	72 / 5°
MAXIMÁLNÍ ÚNOSNOST OTOČNÉHO STOLU (PALETY)	N	15 000
UPÍNACÍ DRŽÁKY : POČET	-	7
ŠÍŘKA x ROZTEČ	mm	22 x 100
PODÉLNÝ POHYB STOLU – SOUŘADNICE X	mm	1000
SVISLÝ POHYB VŘETENÍKU – SOUŘADNICE Y	mm	750
PŘÍČNÝ POHYB STOJANU – SOUŘADNICE Z	mm	750
KUŽEL VŘETENA STROJE ČSN 220431	-	50
PRŮMĚR VŘETENA V PŘEDNÍM LOŽISKU	mm	110
MINIMÁLNÍ VZDÁLENOST ČELA VŘETENA OD OSY OTOČNÉHO STOLU	mm	175
MINIMÁLNÍ VZDÁLENOST OSY VŘETENA OD UPÍNACÍ PLOCHY STOLU	mm	-
MAXIMÁLNÍ SÍLA POSUVU V OSÁCH X,Y,Z	N	25 000
MAXIMÁLNÍ SÍLA POSUVU V OSE +Z	N	15 000
OTÁČKY VŘETENA : POČET STUPŇŮ	-	48
ROZSAH	min ⁻¹	9 - 2000
ROZSAH POSUVŮ	mm·min ⁻¹	1 - 3000
ROZSAH RYCHLOPOSUVŮ	m·min ⁻¹	6
ELEKTROMOTOR PRO NÁHON VŘETENA	-	Stejnoseměrný regulační
VÝKON MOTORU HL. NÁHONU PŘI OT. MOTORU	kW / min ⁻¹	23,3 / 2800
MAXIMÁLNÍ KROUTÍCÍ MOMENT NA VŘETENU	Nm	1000
POČET NÁSTROJŮ A AUTOMATICKÉ VÝMĚNĚ	mm	50
MAXIMÁLNÍ PRŮMĚR NÁSTROJE V AUTOMATICKÉ VÝMĚNĚ	mm	130
MAXIMÁLNÍ DÉLKA NÁSTROJE V AUTOMATICKÉ VÝMĚNĚ	mm	340
ČAS POTŘEBNÝ K VÝMĚNĚ NÁSTROJE	S	7 ÷ 10
STUPEŇ PŘESNOSTI STROJE	-	zvýšená
PROGRAMOVACÍ JEDNOTKA	mm	0,001
ODMĚROVACÍ JEDNOTKA	mm	0,002
PŘIBLIŽNÁ PLOCHA STROJE	m ²	30
MAXIMÁLNÍ ÚCHYLKA POLOHY Mar	mm	0,03
PŘESNOST OPAKOVANÉHO NAJETÍ Sar	mm	0,01
PERIODICKÁ CHYBA Par	mm	0,01

ZÁVĚR

Obrábění šedé litiny je v případě obráběné součásti firmy HANAKOV, s.r.o. poměrně náročné. V odlitcích mohou vzniknout např. pórovité dutiny, které mohou zapříčinit poškození nástroje. Zastavení výroby z tohoto důvodu nebo nedostatku nástroje je nepřípustné. Je proto nutné mít připravenou náhradní strategii, která zabezpečí plynulý provoz. Použité nástroje v náhradní strategii sice nemají takovou produktivitu, ale zabrání zastavení výroby, což je pro firmu důležité. Volba nástrojů souvisí s určením vhodných řezných podmínek. Některé informace lze upřesnit až při praktickém ověřování přímo v provozu. Příkladem může být konstrukce upínacího přípravku pro stator, kde je nutno promyšlenou konstrukcí zabránit vzniku vibrací, které by se projevíly nepřesností v obrobení.

Obě verze technologie, které byly v bakalářské práci sestaveny a zpracovány se postupně ve firmě HANAKOV, s.r.o. aplikují do provozu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOCMAN, K. *Speciální technologie. Obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 227s. ISBN 80-214-2562-8.
2. *Souhrnný katalog*. WALTER AG – WALTER CZ spol s r. o. Rakousko. Červen 2007. 5281-857.
3. *Katalog 6050 METRIC*. KENNAMETAL Inc., Latrobe. Germany. 2006. KMTI 07235_GB.
4. *Rotating Tools MASTER CATALOGUE*. KENNAMETAL Inc. Germany. Březen 2003. RCAT.03 GB.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
a_e	mm	Šířka odebíraného materiálu
a_p	mm	Šířka záběru ostří
D_c	mm	Průměr nástroje
D_w	mm	Průměr obrobku
f	mm	Posuv
i	-	Počet třísek
L	mm	Dráha nástroje ve směru v_f
n	min^{-1}	Otáčky vřetena
R_a	μm	Průměrná aritmetická úchylka profilu
R_z	μm	Max. hodnota úchylky profilu
$R_{p0,2}$	MPa	Mez kluzu
R_m	MPa	Mez pevnosti
t_{as}	s	Strojní čas
v_c	$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	Řezná rychlost
v_f	$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$	Rychlost posuvu
v_{fi}	$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$	Řezná rychlost kruhové Interpolace
Z	-	Počet zubů

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 CNC kód stroje KITAMURA MYCENTER 630i pro sériovou výrobu
- Příloha 2 CNC kód stroje KITAMURA MYCENTER 630i při výpadku ze sériové výroby
- Příloha 3 Výkres obrobku 32017/3197845/00/00
- Příloha 4 Výkres odlitku 3/202/7/0/197/728/00

Příloha 1

%

O7393(319784599)
N10 T30 G90 G54 (FREZA 125)
N20 M6
N30 M10 T40
N40 G00 G43 H30 Z400 M08
N50 G00 X210 Y450 S789 M03 (FREZUJE SV)
N60 Z288
N70 G01 X-90 F884
N80 Y290
N90 X210
N100 G00 Z500
N110 T40 (S D60)
N120 M06
N130 M11
N140 G00 B-45 T26
N150 M10 (UPNUTI STOLU)
N160 G00 G54 G43 H40 Z400
N170 G00 G90 G54 X0 Y107 M07
N180 Z320 M03 S2728
N190 G01 Z275 F818 M08
N200 S1061
N210 G01 Z265 F42
N220 G04 X0.5
N230 G00 Z450
N240 M11 (UVOLNENI PALETY)
N250 G00 B45
N260 M10
N270 G00 X0 Y335 Z320 M03 S2728
N280 G01 Z275 F818
N290 S1061
N300 G01 Z265 F42
N310 G04 X0.5
N320 G00 Z450 M09
N330 G40

N340 T26 (Z M20)
N350 M06
N360 T1
N370 M11
N380 G00 B45 M07
N390 M10
N400 G00 G54 G43 H26 Z400
N410 G00 G90 G54 X0 Y335 M03 S350
N420 G00 Z290
N430 G95
N440 G84 Z232 F2.5
N450 G00 Z380
N460 M11
N470 G00 B-45
N480 M10
N490 G00 X0 Y107 Z350 M03 S350
N500 G00 Z290
N510 G84 Z232 F2.5 M08
N520 G94
N530 G80

N540 G00 Z380 M9
N550 T1 (F D32)
N560 M6
N570 T4 (F)
N580 M11
N590 G00 B-90
N600 M10
N610 G00 G54 G43 H1 Z380 M07
N620 G00 G90 G54 X-164 Y360 Z350 M03 S3481
N630 G01 Z236 F4177
N640 G01 Y275 F2000
N650 G00 Z450
N660 M11
N670 G00 B90
N680 M10
N690 G00 X164 Y360 Z350
N700 G01 Z236 F4177
N710 G01 Y275 F2000
N720 G00 Z380
N730 M09

N740 T4 (VRTAK6.8)
N750 M06
N760 M11
N770 G00 B90
N780 M10
N790 T5 (V)
N800 G00 G54 G43 H4 Z380 M107
N810 G00 G90 X164 Y328.5 Z350 M03 S4700
N820 G00 Z240 M08
N830 G81 Z204 F1269
N840 Y297.5
N850 G80
N860 G00 Z450
N870 M11
N880 G00 B-90 (V)
N890 M10
N900 G00 X-164 Y328.5 Z350
N910 G00 Z240
N920 G81 Z204 F1269
N930 Y297.5
N940 G80
N950 G00 Z450
N960 M11
N970 G00 B0 (V)
N980 M10
N990 G00 X0 Y414 Z350
N1000 G00 Z300
N1010 G81 Z275 F1269
N1020 Y272
N1030 G80
N1040 G00 Z350 M09

N1050 T5 (ZAVITNIK M8)
N1060 M06

N1070 M11 T19 (Z)
N1080 G00 B0
N1090 M10
N1100 G00 G54 G43 H5Z350 M07
N1110 G00 G90 X0 Y414 Z350 M03 S100
N1120 G00 Z300 M08
N1130 G95
N1140 G84 Z270 F1.25
N1150 Y272
N1160 G80
N1170 G94
N1180 G00 Z450
N1190 M11
N1200 G00 B90()
N1210 M10
N1220 G00 X164 Y328.5 Z350
N1230 G00 Z240 M03 S200
N1240 G95
N1250 G84 Z205 F1.25
N1260 Y297.5
N1270 G80
N1280 G94
N1290 G00 Z450
N1300 M11
N1310 G00 B-90(Z)
N1320 M10
N1330 G00 X-164 Y328.5 Z350
N1340 G00 Z240 M03 S200
N1350 G95
N1360 G84 Z205 F1.25
N1370 Y297.5
N1380 G80
N1390 G94
N1400 G00 Z450 M09
N1410 M11
N1420 G00 B0
N1430M10

N1440 T19 (VRTAK8.5)
N1450 M06
N1460 T20
N1470 G00 G54 G43 H19 Z350 M107
N1480 G00 G90 X78 Y421 Z300 M03 S3000
N1490 G81 Z270 F700 M08
N1500 X-78
N1510 Y265
N1520 X78
N1530 G80
N1540 G00 Z350 M09
N1550 T20 (ZAVITNIK10)
N1560 M06
N1570 T30
N1580 G00 G54 G43 H20 Z350 M07
N1590 G00 G90 X78 Y421 Z300 S250 M03
N1600 G95
N1610 G84 Z270 F1.5
N1620 X-78
N1630 Y265
N1640 X78

N1650 G80
N1660 G94
N1670 G00 Z400 M09
N1680 T30 (FREZA D125)
N1690 M06
N1700 T40
N1710 M11
N1720 G00 B180 M28
N1730 G00 G54 G43 H30 Z400 M08
N1740 M10
N1750 G00 G90 S789 X-215 Y540 M03
N1760 G00 Z283
N1770 G01 Y230 F884(FREZUJE PATKY NA283)
N1780 G00 Y210
N1790 G01 Y0
N1800 G00 Z300
N1810 G00 X215 Y540
N1820 G00 Z283
N1830 G01 Y230 F884(FREZUJE PATKY NA 283)
N1840 G00 Y210
N1850 G01 Y0
N1860 G00 Z300
N1870 G00 X215 Y540
N1880 G00 Z281(FREZUJE PATKY NA 281)
N1890 G01 Y230 F884
N1900 G00 Y210
N1910 G01 Y0
N1920 G00 Z300
N1930 G00 X-215 Y540
N1940 G00 Z281(FREZUJE PATKY NA 281)
N1950 G01 Y230
N1960 G00 Y210
N1970 G01 Y0
N1980 G00 Z300
N1990 G00 Y540
N2000 G00 Z279.75
N2010 G01 Y230 F844(FREZUJE PATKY NA
Z279.75)
N2020 G00 Y210
N2030 G01 Y0
N2040 G00 Z300
N2050 G00 X215 Y530
N2060 G00 Z279.75
N2070 G01 Y230 F844(FREZUJE PATKY NA
Z279.75)
N2080 G00 Y210
N2090 G01 Y0
N2100 G00 Z600
N2110 G40
N2120 G00 Z600 M09
N2130 G00 G91 G28 X0 Y0
N2140 G90
N2150 M11
N2160 G0 B0
N2170 M60
/N1976 M99
N2180 M30

Příloha 2

%

O7393 (319784599)
N10 T42(VRTAK D17,5)
N20 G90 G54
N30 M6
N40 M11
N50 G0 G43 H42 Z400 M3 S2728 (VYVOLANI
KOREKCE NASTROJE)
N60 G00 B-45 T43
N70 M10 (UPNUTI STOLU)
N80 G00 X0 Y107 M07
N90 Z275 M03 S2728
N100 G1 Z222 F818
N110 G0 Z450
N120 M11(UVOLNENI PALETY)
N130 G0 B45
N140 M10
N150 G0 X0 Y335 Z275
N160 G1 Z222 F818
N170 G0 Z450 M09
N180 T43 (NAVRTAVAK D25)
N190 M6
N200 G90 G54
N210 G0 G43 H43 Z400
N220 G0 X0 Y335 Z275 T1 M3 S2450
N230 G1 Z254 F400 M07
N240 G04 X0.5 (CASOVA PRODLEVA O,5s)
N250 G0 Z450
N260 M11
N270 G0 B-45
N280 M10
N290 G0 X0 Y107 Z275
N300 G1 Z254 F400
N310 G04 X0.5
N320 G0 Z500 M9
N330 T1 (CELNI FREZA D32)
N340 M6 (ZAHLOUBENI D60 KRUHOVOU
INTERPOLACI)
N350 M11 T4
N360 G00 B-45
N370 M10
N380 G00 G54 G43 H1 z400 M3 S2984
N390 G00 G90 G54 X0 Y107 M07
N400 G01 Z265 F300
N410 G01 G41 D1 X10.85 Y80.39 F1800 (G41 D1
ZARAZENI POLOMEROVE KOREKCE)
N420 G02 X30 Y107 R25 (GO2 SMER
FREZOVANI PO SMERU HODINOVYCH
RUCICEK)
N430 G02 X30 Y107 R30
N440 G02 X10.85 Y133.61 R25
N450 G00 G40 X0 Y107 Z400 (G40 VYRAZENI
KRUHOVE INTERPOLACE)
N460 M11
N470 G00 B45
N480 M10
N490 G00 X0 Y335 Z275
N500 G01 Z265 F300
N510 G01 G41 D1 X10.85 Y308.39 F1800
N520 G02 X30 Y335 R25 (PLYNULY NAJEZD NA
D60)
N530 G02 X30 Y335 R30 (FREZOVANI D60)
N540 G02 X10.85 Y362.61 R25 (PLYNULY
VYJEZD Z D60)
N550 G00 G40 X0 Y335 Z500
N560 M11
N570 G0 B0
N580 M10
N590 G00 X140 Y439.5 S3481(FREZUJE
SVORKOVNICI D32)
N600 Z288
N610 G01 X0 F4177
N620 Y414
N630 Y439.5
N640 X-96.47
N650 X-77.99 Y421
N660 X-96.47
N670 Y246.53
N680 X-77.99 Y265
N690 Y246.53
N700 X0
N710 Y272.62
N710 Y272.62
N720 Y246.5
N730 X96.47
N740 X77.99 Y265
N750 X96.47
N760 Y439.47
N770 X77.99 Y421
N780 G00 Z500
N790 M11 (FREZUJE NALITEK ZEMENI)
N800 G00 B-90
N810 M10
N820 G00 G54 G43 H1 Z380 M07
N830 G00 G90 G54 X-164 Y360 Z350 M03 S3481
N840 G01 Z236 F4177
N850 G01 Y275 F2000
N860 G00 Z450
N870 M11
N880 G00 B90
N890 M10
N900 G00 X164 Y360 Z350
N910 G01 Z236 F4177
N920 G01 Y275 F2000
N930 G00 Z380
N940 M09
N950 T4 (VRTAK6.8)
N960 M6
N970 M11
N980 G00 B90
N990 M10
N1000 T19 (VRTAK 8,5)
N1010 G00 G54 G43 H4 Z380 M107
N1020 G00 G90 X164 Y328.5 Z350 M03 S4700
N1030 G00 Z240 M08
N1040 G81 Z204 F1269
N1050 Y297.5

N1060 G80
N1070 G00 Z450
N1080 M11
N1090 G00 B-90 (VRTANI ZEMENI)
N1100 M10
N1110 G00 X-164 Y328.5 Z350
N1120 G00 Z240
N1130 G81 Z204 F1269
N1140 Y297.5
N1150 G80
N1160 G00 Z450
N1170 M11
N1180 G00 B0 (VRTA SVORKOVNICI)
N1190 M10
N1200 G00 X0 Y414 Z350
N1210 G00 Z300
N1220 G81 Z275 F1269
N1230 Y272
N1240 G80
N1250 G00 Z350 M09

N1260 T19 (VRTAK8.5)
N1270 M6
N1280 T20
N1290 G00 G54 G43 H19 Z350 M107
N1300 G00 G90 X78 Y421 Z300 M03 S3000
N1310 G81 Z270 F700 M08
N1320 X-78
N1330 Y265
N1340 X78
N1350 G80
N1360 G00 Z350 M09

N1370 T20 (ZAVITNIKM10)
N1380 M6
N1390 T5
N1400 G00 G54 G43 H20 Z350 M07
N1410 G00 G90 X78 Y421 Z300 S250 M03
N1420 G95
N1430 G84 Z270 F1.5
N1440 X-78
N1450 Y265
N1460 X78
N1470 G80
N1480 G94
N1490 G00 Z400 M09
N1500 T5 (ZAVITNIK8)
N1510 M6
N1520 M11 T26 (ZAVITUJE SVORKOVNICI)
N1530 G00 B0
N1540 M10
N1550 G00 G54 G43 H5 Z350 M07
N1560 G00 G90 X0 Y414 Z350 M3 S100
N1570 G00 Z300 M08
N1580 G95
N1590 G84 Z270 F1.25
N1600 Y272
N1610 G80
N1620 G94
N1630 G00 Z450
N1640 M11
N1650 G00 B90
N1660 M10

N1670 G00 X164 Y328.5 Z350
N1680 G00 Z240 M03 S200
N1690 G95
N1700 G84 Z205 F1.25
N1710 Y297.5
N1720 G80
N1730 G94
N1740 G00 Z450
N1750 M11
N1760 G00 B-90(ZAVITNIK M8)
N1770 M10
N1780 G00 X-164 Y328.5 Z350
N1790 G00 Z240 M03 S200
N1800 G95
N1810 G84 Z205 F1.25
N1820 Y297.5
N1830 G80
N1840 G94
N1850 G00 Z450 M09
N1860 M11
N1870 G00 B0
N1880 M10

N1890 T26 (Z M20)
N1900 M6
N1910 T44
N1920 M11
N1930 G00 B45 M07
N1940 M10
N1950 G00 G54 G43 H26 Z400
N1960 G00 G90 G54 X0 Y335 M3 S350
N1970 G00 Z290
N1980 G95
N1990 G84 Z232 F2.5
N2000 G00 Z380
N2010 M11
N2020 G00 B-45
N2030 M10
N2040 G00 X0 Y107 Z350 M03 S350
N2050 G00 Z290
N2060 G84 Z232 F2.5 M08
N2070 G94
N2080 G80
N2090 G00 Z380 M9
N2100 T44 (FREZA D40 HRUBUJE PATKY)
N2110 M6
N2120 T45
N2130 M11
N2140 G00 B180
N2150 M10
N2160 G00 G43 H44 Z400 S2387 M3
N2170 G00 X-260 Y310 Z350 M07
N2180 Z280.2
N2190 G01 Y430 F1800
N2200 X-177
N2210 Y378
N2220 X-300
N2230 G00 X-260 Y130
N2240 G01 Y-32
N2250 X-178
N2260 Y92
N2270 G00 X-150 Y60 Z281
N2280 Z280.2
N2290 G01 X-300

N2300 G00 Y15
N2310 G01 X-150
N2320 G00 X300 Y378 Z300
N2330 Z280.2
N2340 G01 X177
N2350 Y430
N2360 X260
N2370 Y310
N2380 G00 X260 Y130 Z281
N2390 Z280.2
N2400 G01 Y-32
N2410 X178
N2420 Y92
N2430 G00 X150 Y60 Z281
N2440 Z280.2
N2450 G01 X300
N2460 G00 Y15
N2470 G01 X150
N2480 G00 Z450 M09
N2490 T45 (FREZA D40, PATKY NA CISTO)
N2500 M6
N2510 T42
N2520 M11
N2530 G00 B180 M28 (M28-ZAPNUTI
DOPRAVNIKU TRISEK)
N2540 G00 G54 G43 H45 Z400 S2387 M3
N2550 M10
N2560 G00 G90 X-260 Y310 Z350 M07
N2570 G00 Z279.8
N2580 G01 Y430 F2984
N2590 X-177
N2600 Y378
N2610 X-300
N2620 G00 X-260 Y130
N2630 G01 Y-32
N2640 X-178
N2650 Y92
N2660 G00 X-150 Y60 Z281
N2670 Z279.8
N2680 G01 X-300
N2690 G00 Y15
N2700 G01 X-150
N2710 G00 X300 Y378 Z300
N2720 Z279.8
N2730 G01 X177
N2740 Y430
N2750 X260
N2760 Y310
N2770 G00 X260 Y130
N2780 G01 Y-32
N2790 X178
N2800 Y92
N2810 G00 X150 Y60 Z281
N2820 Z279.8

N2830 G01 X300
N2840 G00 Y15
N2850 G01 X150
N2860 G00 Z600
N2870 G40
N2880 G00 Z600 M09
N2890 G00 G91 G28 X0 Y0
N2900G90 M29 (M29-VYPNUTI DOPRAVNIKU)
N2910 M11
N2920 G00 B0
N2930 M60
/N2940 M99 (VYNECHANI BLOKU - NEKONECNA
SMYCKA)
N2950 M30
N2960 %

