

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie-technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Dílenská dokumentace automaticky generovaná z CAM systému

Autor: **Filip Hofmeister**
Vedoucí práce: **Ing. Jan Hnátík, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip HOFMEISTER**
Osobní číslo: **S13B0139K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Název tématu: **Dílenská dokumentace automaticky generovaná z CAM systému**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

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

1. Úvod
2. Definice cílů
3. Rozbor současného stavu při generování technologické dokumentace
4. Návrh dokumentace
5. Technické zhodnocení
6. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

PŘIKRYL, Z. , MUSÍLKOVÁ, R. Teorie obrábění. Praha : SNTL, 1982.
SOVA, F. Technologie obrábění a montáže. Plzeň : VŠSE,1989.
SVOBODA, E.: Technologie programování CNC strojů. Fragment Havlíčkův Brod 1998
OPLATEK, F.: Číslicové řízení obráběcích strojů. Fragment Havlíčkův Brod 1998
DOBŘICKÝ, J. LACKO, B.: CAD/CAM. VUT Brno 1992
POLZER, Aleš. Akademie CNC obrábění.
Technický týdeník [online] Dostupné z:
<http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serial/akademie-cnc-obrabeni/>
Návoděda systému Catia V5

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Hnátík, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Pavel Kožmín, Ph.D.**
HOFMEISTER s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **22. ledna 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2014**




Doc. Ing. Jirř Staněk, CSc.
děkan


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

V Plzni dne 7. listopadu 2013

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Autorská práva

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

Poděkování

Při tvorbě bakalářské práce se mi dostalo velké podpory od zaměstnanců firmy Hofmeister, proto bych chtěl poděkovat především Pavlovi Kožmínovi (technolog - programátor) za spolupráci a odbornou pomoc k problematice dílenské dokumentace a CAD/CAM systémů.

Filip Hofmeister

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Hofmeister	Jméno Filip	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Strojírenská technologie – technologie obrábění“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Hnátík, Ph.D.	Jméno Jan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Dílenská dokumentace automaticky generovaná z CAM systému		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	67	TEXTOVÁ ČÁST	55	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	Bakalářská práce je zaměřena na dílenskou dokumentaci, kterou je možno automaticky generovat z CAM systémů. Konkrétně je v práci řešen návrh automatického generování seřizovacích listů k NC strojům v prostředí CAD/CAM systému CATIA V5, jejichž detailní podoba a v nich uvedené příslušné výrobní informace napomáhají k efektivnější a bezchybné výrobě strojních součástí a k archivaci navrženého know-how.
KLÍČOVÁ SLOVA	Dílenská dokumentace, seřizovací list, automatické generování, CAD/CAM systém Catia V5

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Hofmeister	Name Filip	
FIELD OF STUDY	B2301“ Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“		
SEPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Hnátík, Ph.D.	Name Jan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF THE WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Workshop documentation automatically generated from CAM system		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

TOTALLY	67	TEXT PART	55	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	The subject matter of this Bachelor Thesis is a workshop documentation, which could be directly generated from CAD systems. Specifically, this paper is focused on a sample solution of automated generating of setting lists for NC machines in CAD/CAM environment, system CATIA V5. Detailed setting lists and respective production information contained in them, help effective and error-free production of machinery parts as well as archiving of devised know-how.
KEY WORDS	Workshop documentation, setting list, automated generating, CAD/CAM system Catia V5

Obsah

Přehled použitých zkratk	11
Seznam obrázků	12
1 Úvod	13
1.1 Zaměření	13
1.2 Výrobní dokumentace	13
1.2.1 Konstrukční dokumentace	13
1.2.1.1 Písemná konstrukční dokumentace	13
1.2.1.1.1 Kusovníky	13
1.2.1.2 Grafická konstrukční dokumentace	14
1.2.1.2.1 Výkres součásti	14
1.2.1.2.2 Výkres sestavy	14
1.2.1.2.3 Výkres podsestavy	14
1.2.2 Technologická (díleňská) dokumentace	14
1.2.2.1 Písemná technologická dokumentace	14
1.2.2.1.1 Výrobní postup	14
1.2.2.1.2 Seřizovací list	15
1.2.2.1.3 Výrobní průvodka	15
1.2.2.2 Grafická technologická dokumentace	15
1.2.2.2.1 Výrobní schémata	15
1.2.2.3 Papírová technologická dokumentace	15
1.2.2.4 Elektronická technologická dokumentace	16
1.2.2.5 Kombinace papírové a elektronické technologické dokumentace	16
1.2.2.6 Technologická dokumentace pro kusovou výrobu	16
1.2.2.7 Technologická dokumentace pro sériovou výrobu	16
1.2.2.7.1 Technologická návodka	17
2 Definování cílů	18
3 Rozbor současného stavu při generování výrobní dokumentace	19
3.1 Konstrukční dokumentace pro stroje HERMLE C20 a HERMLE C40	19
3.1.1 Výkres	19

3.2	Technologická dokumentace pro stroje HERMLE C20 a HERMLE C40.....	20
3.2.1	Seřizovací list – současný stav	20
3.2.1.1	Analýza současného seřizovacího listu vytvořeného technologem - programátorem	20
3.2.1.1.1	Informace o použitých řezných nástrojích.....	21
3.2.1.2	Seřizovací list vytvořený obsluhou NC stroje.....	24
3.2.1.3	Použití seřizovacího listu při výrobě.....	26
3.2.2	Analýza struktury seřizovacího listu generovaného ze systému Catia V5.....	27
3.2.3	Postup při generování seřizovacího listu.....	29
3.3	Konstrukční dokumentace pro stroje RICHMOND VMC 1020L, MAZAK NEXUS 410A, MAZAK SQT 200, MAZAK QTN 100	30
3.3.1	Výkres	30
3.4	Technologická dokumentace pro stroje RICHMOND VMC 1020L, MAZAK NEXUS 410A, MAZAK SQT 200, MAZAK QTN 100	30
3.4.1	Výrobní průvodka	30
3.4.2	Seřizovací list	30
3.5	Použití konstrukční a technologické dokumentace při výrobě na strojích RICHMOND VMC 1020L, MAZAK NEXUS 410A, MAZAK SQT 200, MAZAK QTN 100.....	31
3.6	Shrnutí	34
4	Návrh řešení	35
4.1	Návrh pro sériovou výrobu	35
4.1.1	První strana seřizovacího listu.....	35
4.1.2	Druhá strana seřizovacího listu	38
4.1.3	Třetí strana seřizovacího listu	40
4.1.4	Čtvrtá strana seřizovacího listu	42
4.1.5	Pátá strana seřizovacího listu	43
4.2	Návrh pro kusovou výrobu.....	49
4.2.1	První strana seřizovacího listu.....	49
4.2.2	Druhá strana seřizovacího listu	49
4.2.3	Třetí strana seřizovacího listu	50
4.3	Příklad	50

5	Technické zhodnocení.....	55
6	Závěr.....	56
	Použitá literatura	57
	PŘÍLOHA č. 1.....	58
	PŘÍLOHA č. 2.....	64

Přehled použitých zkratk

CAM:	počítačová podpora výroby (computer aided manufacturing)
CAD:	počítačová podpora návrhu (computer aided design)
TPV:	pracoviště technické přípravy výroby.
SKRIPT:	interpretovaný text - kód pro automatizaci činnosti
MAKRO:	definovaná posloupnost určitých kroku v daném programu, která se vykonává automaticky
APT DATA:	data o koncových polohách a pohybu řezného nástroje vyjádřené v textové podobě
CL DATA:	data o koncových polohách pohybu řezných nástrojů
POSTPROCESOR:	překládá apt data do jazyka stroje
XLS:	formát výstupu z programu Microsoft excel
HTML:	formát výstupu, hlavní programovací jazyk pro tvorbu internetových stránek
NC:	číslicově řízený (numerical control)

Seznam obrázků

Obrázek 1: Čelní válcová fréza D6 [7].....	21
Obrázek 2: Seřizovací list, 1. strana [7]	22
Obrázek 3: Seřizovací list, 2. strana [7]	23
Obrázek 4: Seřizovací list tvořený obsluhou stroje, 1. strana [7].....	25
Obrázek 5: Seřizovací list tvořený obsluhou stroje, 2. strana [7].....	26
Obrázek 6: Příklad seřizovacího listu pro Richmond VMC1020L, strana 1	32
Obrázek 7: Příklad seřizovacího listu pro Richmond VMC1020L, strana 1 [7]	33
Obrázek 8: Pohled na obráběnou součást 1 [7]	36
Obrázek 9: Pohled na obráběnou součást 2 [7]	36
Obrázek 10: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 1. strana.....	37
Obrázek 11: Nástrojový upínač – kleštinový [7].....	38
Obrázek 12: Nástrojový upínač – tepelný [7].....	38
Obrázek 13: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 2. strana.....	39
Obrázek 14: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 3. strana.....	41
Obrázek 15: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 4. strana.....	42
Obrázek 16: Znázornění drah nástroje pro operaci [7].....	43
Obrázek 17: Hodnoty součinitele x pro vliv obrábění pro soustružení [8].....	44
Obrázek 18: : Hodnoty součinitele x pro vliv obrábění pro frézování [8].....	45
Obrázek 19: : Hodnoty součinitele x pro vliv obrábění pro vrtání [8]	46
Obrázek 20: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 5. strana.....	48
Obrázek 21: Struktura technologických operací v CAD/CAM systému Catia V5 [7].....	51
Obrázek 22: Příklad seřizovacího listu, strana 1	52
Obrázek 23: Příklad seřizovacího listu, strana 2	53
Obrázek 24: Příklad seřizovacího listu, strana 3	54
Obrázek 25: Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 1 strana [7]	59
Obrázek 26: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 2 strana [7]	60
Obrázek 27: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 3 strana [7]	60
Obrázek 28: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 4 strana [7]	61
Obrázek 29: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 5 strana [7]	62
Obrázek 30: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 6 strana [7]	63
Obrázek 31: Návrh seřizovacího listu pro kusovou výrobu, strana 1.....	65
Obrázek 32: Návrh seřizovacího listu pro kusovou výrobu, strana 2.....	66
Obrázek 33: Návrh seřizovacího listu pro kusovou výrobu, strana 3.....	67

1 Úvod

1.1 Zaměření

Bakalářská práce je zaměřena na dílenskou dokumentaci, kterou je možno automaticky generovat z CAM systémů. Konkrétně je v práci řešena problematika seřizovacích listů, průvodek a výkresů ve firmě Hofmeister a jejich možnosti generování.

1.2 Výrobní dokumentace

Výrobní dokumentace je významným prostředkem k přenosu informací mezi jednotlivými pracovišti, od vývoje a následné technické přípravy přes výrobu až ke kontrole. V dnešní době není možné se bez dokumentace obejít. Má význam jak pro obsluhu stroje, tak i pro ostatní segmenty výroby (kontrola, plánování). Jejím cílem je jednoduše, stručně a přehledně vyjádřit, jak dojít k realizaci finálního výrobku. Výrobní dokumentace lze jednoduše rozdělit na konstrukční a technologickou (dílenskou) dokumentaci. Dokumentace se také liší podle objemu výroby. Pro kusovou výrobu je vhodná jinak formulovaná dokumentace než pro sériovou. [1]

1.2.1 Konstrukční dokumentace

Konstrukční dokumentace vzniká ve fázi předvýrobní. Pod konstrukční dokumentaci spadají výkresy součásti, sestavy, podsestavy, kusovníky a také výpočty, které je nutné provést, aby bylo možné výrobu zrealizovat. Tyto dokumenty jsou buď písemného, nebo grafického typu. [1]

1.2.1.1 Písemná konstrukční dokumentace

Do písemné konstrukční dokumentace náleží kusovníky a výpočty. [1]

1.2.1.1.1 Kusovníky

Kusovníky jsou písemnými nositeli informací o jednotlivých dílech, z nichž se skládá celá sestava. Zpravidla obsahují informace o názvu, číselném označení kusu, čísle výkresu, počtu kusů, hmotnosti, dodavateli atd. Kusovník je vhodný pro člověka, který je zodpovědný za nákup materiálů či zajištění standardních dílů. Je tvořen formou tabulky. Kusovníky si vytváří firmy podle vlastních požadavků a zvyklostí. [2]

1.2.1.2 Grafická konstrukční dokumentace

Do grafické konstrukční dokumentace patří výkresy. Jedná se o výkres součásti, sestavy či podsestavy. [1]

1.2.1.2.1 Výkres součásti

Výrobní výkres součásti přenáší informace od konstruktéra směrem k obsluze stroje grafickou formou. Je to nejvýznamnější dokument pro výrobu a kontrolu jednotlivých vyráběných součástí. Každá vyráběná součást má svůj vlastní výkres. Výkres musí obsahovat zobrazení součásti, informace o rozměrech a jejich rozměrovou přesnost, údaje k určení přesnosti poloh a tvarů, informace o povrchu součásti (drsnot, vlnitost, povrchová úprava), technické požadavky (zapisované do tabulek) a popisové pole – razítko s uvedením druhu polotovaru, materiálu atd. [1],[2]

1.2.1.2.2 Výkres sestavy

Výkres sestavy zobrazuje všechny součásti sestavy ve stavu smontovaném, případně v tzv. rozstřelu. Slouží k montáži nebo ke kontrole. Často se zde využívají řezy pro lepší přehlednost a názornost. Výkres sestavy obsahuje údaje o spojích, technologické informace a popisové pole - razítko. Jsou zde kótovány jen hlavní rozměry. Přidruženým dokumentem je kusovník, který se pomocí číselných označení jednotlivých dílů na výkres sestavy odkazuje. [1],[2]

1.2.1.2.3 Výkres podsestavy

Výkres podsestavy je ucelená, technicky oddělitelná část z celkové sestavy konstrukčního návrhu řešení. Je obdobou výkresu sestavy. [2]

1.2.2 Technologická (díleňská) dokumentace

Pojmem technologická (díleňská dokumentace) je myšlena dokumentace, která pomáhá výrobě. Vysvětluje technologii výroby a měření a seřízení příslušných výrobních a kontrolních přístrojů. Pomáhá obsluze stroje při realizaci výroby strojních součástí. [1]

1.2.2.1 Písemná technologická dokumentace

1.2.2.1.1 Výrobní postup

Výrobní (technologický) postup je spolu s výrobním výkresem nejdůležitější dokument ve strojírenské výrobě. Jednoznačně určuje, jak, kde a za jakých dalších podmínek bude

strojní součást vyráběna. Zajišťuje v čase stálý přístup při výrobě a tím pomáhá zvyšovat kvalitu a opakovatelnost. Z výrobního postupu je možné mimo jiné určit výrobní časy a zjistit tak náklady na výrobu. Je z něj také patrné, jaké stroje a nástroje budou použity. Lze tedy předem kalkulovat s vytížením strojů, což je vhodné pro plánování výroby. Stejně tak lze díky výrobnímu postupu možné včasné zajištění potřebných nástrojů, přípravků či měřidel. Postupy jsou vypracovávány s různou mírou obsáhlosti. Ta záleží na druhu výroby. Pokud je výroba kusová, tak obvykle postačí rámcový výrobní postup - sled důležitých operací. Pokud je výroba hromadná, tak i informace jsou podrobnější. [5]

1.2.2.1.2 Seřizovací list

Seřizovací list je typ dokumentace, která nese důležité informace pro obsluhu NC stroje. Informuje ji, jaké má použít nástroje, upínače či přípravky a jak je ve stroji nastavit. Informace obsažené v seřizovacím listu mohou být různě strukturovány. Mohou se lišit podle druhu výroby (kusová, sériová, hromadná) nebo podle firemních požadavků. Tento typ dokumentace je možné rovněž automaticky generovat přímo z CAD/CAM systému. Bývá obvyklé, že je používán v elektronické nebo papírové (tištěné) podobě. [6]

1.2.2.1.3 Výrobní průvodka

Výrobní průvodka je technologický dokument, který nahrazuje výrobní postup. Jednoznačně a chronologicky udává, jak bude výroba probíhat (stroj, operace). [3]

1.2.2.2 Grafická technologická dokumentace

Charakteristické jsou výrobní diagramy a schémata. Jejich hlavním cílem je zvýšení porozumění výrobního procesu pro obsluhu stroje. [1]

1.2.2.2.1 Výrobní schémata

Schéma je nákres, jehož cílem je přiblížení vysvětlované skutečnosti obsluze stroje. Může také sloužit jako návod pro různá zapojení. [1]

1.2.2.3 Papírová technologická dokumentace

Dílenská dokumentace je nejčastěji v papírové podobě. Například výkresy, kusovníky atd. Výhodou je jednoduchá vizuální kontrola a bezprostřednost při výrobním procesu. Nevýhodou je skladování. [1]

1.2.2.4 Elektronická technologická dokumentace

V poslední době se čím dál častěji používá dokumentace v elektronické podobě. Hlavním důvodem je neustálý vývoj nových informačních technologií a jejich dostupnost. Předností tohoto typu dokumentace je jednoduché uchovávání dat, jejich sdílení a jednoduchá modifikace či případná korekce. Data je však nutné zálohovat, aby nedošlo k jejich ztrátě. Jako příklad lze uvést vytvoření výkresu součásti konstruktérem v některém z CAD/CAM systémů, který je následně uložen na podnikový server přístupný přes síť i pro další pracovníky firmy, jako je například obsluha stroje. Pro obsluhu pak není problém, v případě nejasnosti a nečitelnosti, daný originální elektronický výkres dohledat. Některé stroje umožňují otevřít výkres či jinou elektronickou dokumentaci přímo na monitoru stroje.

1.2.2.5 Kombinace papírové a elektronické technologické dokumentace

V praxi je používána i kombinace elektronické a papírové dokumentace. Příkladem je například seřizovací list. Část vygenerovaného listu se tiskne a používá se při výrobě. Tato část by měla obsahovat všechny důležité informace, které jsou nutné k vyrobení požadované součásti. Další část zůstává v elektronické podobě uchována v uložišti na podnikovém serveru. Pokud je potřeba dohledat informace, které nejsou v tisknuté části, stačí otevřít požadovaný dokument v počítači a požadované informace dohledat. Tato kombinovaná forma je praktická, jelikož se tiskne jen část, která je nezbytně nutná. Ostatní stránky se netisknou, a proto je není nutné nákladně uchovávat. Nezabírají místo v prostoru.

1.2.2.6 Technologická dokumentace pro kusovou výrobu

Pro kusovou výrobu je především důležité zajištění jednoznačného a přehledného výkresu a rámcového výrobního postupu. Dále v případě použití NC strojů to pak mohou být NC programy se seřizovacím listem. [1],[6]

1.2.2.7 Technologická dokumentace pro sériovou výrobu

Pro sériovou výrobu je typické podrobné rozpracování výrobního postupu s cílem nastavení optimálního výrobního procesu např. z hlediska minimálních výrobních nákladů. Dále v případě využívání NC strojů jsou to odladěné NC programy se seřizovacími listy s podrobně zpracovanými technologickými návody. [1],[6]

1.2.2.7.1 Technologická návodka

Technologická návodka je předpis sloužící k podrobnému popisu práce. V návodkách je popisován každý úkon končetin případně detailní použití výrobních a kontrolních prostředků.

[3]

2 Definování cílů

Práce je zaměřena k automatickému generování elektronické dílenské dokumentaci (dále jen dokumentaci) k NC obráběcím strojům a to především seřizovacích listů k frézovacím centrům HERMLE C20, HERMLE C40, MAZAK NEXUS 410A, RICHMOND VMC 1020L a soustružnickým centrům MAZAK SQT 200 a MAZAK QTN 100. Cílem bakalářské práce je analýza současného stavu podoby dokumentace a zároveň vytvoření návrhu nové, úplné, racionálnější a přehlednější dokumentace pro výše uvedená obráběcí centra ve firmě Hofmeister jak pro kusovou, tak i sériovou výrobu. Cílem je dosáhnout zpětné vazby mezi technologem – programátorem a obsluhou stroje, zároveň archivace know-how. Dokumentace by měla být co nejvíce automaticky generovaná z CAD/CAM systému Catia V5, který je ve firmě využíván. Očekávaným přínosem automatického generování je zrychlení tvorby dokumentace, úspora času programátorů a tím i úspora nákladů. Zároveň zvýšením přehlednosti a strukturální podoby má být dosaženo snížení rizika vzniku chyby z nepozornosti.

3 Rozbor současného stavu při generování výrobní dokumentace

Dokumentace se nyní ve firmě Hofmeister rozlišuje podle strojů, pro které je určena. Nejčastěji probíhá výroba podle běžných výkresů a průvodek. Pokud je vytvořen NC program technologem - programátorem, tak i podle seřizovacích listů (HERMLE C20, HERMLE C40). U ostatních strojů je vytvářen seřizovací list v případě, pokud se jedná o náročnou výrobu a je nutné ji podrobněji rozpracovat. Výkresy se používají pro všechny stroje stejné. Rozdílné jsou seřizovací listy. Jeden typ seřizovacích listů se používá pro obráběcí centra HERMLE C20 a HERMLE C40, druhý typ se používá pro frézovací centra MAZAK NEXUS 410A, RICHMOND VMC 1020L a soustružnická centra MAZAK QTN 100, MAZAK SQT 200.

3.1 Konstrukční dokumentace pro stroje HERMLE C20 a HERMLE C40

V současné době se z konstrukční dokumentace využívá pro výrobu na strojích HERMLE C20 a HERMLE C40 pouze výkres součásti. Obsluha stroje podle výkresu součásti vytváří NC program na stroji manuálně. Takto probíhá výroba, když NC stroj neobrábí souvisle ve všech pěti osách. Pokud NC stroj obrábí v pěti osách souvisle, pak slouží výkres součásti jen pro kontrolu a představu dělníka, jak bude výrobek vypadat. V tomto případě NC stroj běží podle NC programu, který vytvořil technolog - programátor mimo NC stroj za pomoci CAD/CAM systému.

3.1.1 Výkres

Konstruktér nejprve vytvoří v CAD/CAM systému Catia V5 model součásti, která bude vyráběna. Model je promítnut v potřebných pohledech do výkresu. Formát výkresu záleží na uvážení konstruktéra, většinou jsou v rozmezí od A4 až po A2. Větší rozměry se ve firmě používají jen výjimečně. Na výkrese se vytvoří všechny potřebné kóty, tolerance, informace o drsnosti povrchu atd. Vyplní se razítko. V razítku je také připraveno několik polí, kam se zapisují případné změny provedené na výkresu. Vždy se uvádí, o jakou změnu jde, datum změny a jméno osoby, která změnu provedla. Také je zde řada polí, které se většinou nevyplňují. Největším písmem jsou v razítku vyplněna pole s názvem a číslem výkresu. Největší jsou z toho důvodu, aby bylo snadné je v případě potřeby dohledat. Pro lepší představu se často vkládá izometrický pohled na vyráběnou součást. Tento pohled umožní obsluze stroje se lépe zorientovat, pokud má určitou nejasnost ve výkresu. Když ve výkresu něco chybí nebo je něco špatně, tak to obsluha stroje oznámí na TPV pracovišti.

Konstruktor problém opraví v elektronické podobě výkresu a upravenou dokumentací nahradí onu chybnou.

Občas obdrží obsluha NC stroje jen zjednodušený výkres, kde jsou zakótovány základní rozměry s tolerancemi vyráběné součásti. Tento výkres slouží jen jako podpora při výrobě na obráběcím centru s pomocí NC programu. Kontrola probíhá změřením důležitých rozměrů a srovnání naměřených hodnot s rozměry na výkrese. [1]

3.2 Technologická dokumentace pro stroje HERMLE C20 a HERMLE C40

Z technologické dokumentace jsou využívány především automaticky generované seřizovací listy a průvodky.

3.2.1 Seřizovací list – současný stav

V současnosti je seřizovací list generován ve formátu html na několik listů z CAD/CAM systému Catia V5. Seřizovací list je poměrně nepřehledný. Z vygenerovaného seřizovacího listu se tiskne pouze část informací. Konkrétně se jedná pouze o dvě stránky (obrázek 2 a 3). Tisknutá část obsahuje zbytečné informace, obrázky, texty a naopak některé důležité informace pro obsluhu stroje zde chybí a je nutné je dopisovat ručně. Některé dopisované informace se nacházejí v netisknuté části. Proto se dopisují do tisknuté části seřizovacího listu.

3.2.1.1 Analýza současného seřizovacího listu vytvořeného technologií - programátorem

První tisknutá stránka, zobrazená na obrázku 2, je rozložena do čtyř částí. Tři části obsahují různé pohledy na výrobek a čtvrtá část obsahuje poznámky. Jednotlivé pohledy pomáhají obsluze stroje v představě, jak bude výrobek i výroba přibližně vypadat. Při nabytí jakýchkoliv pochybností o průběhu výroby při jejím pozorování může obsluha NC stroje stroj zastavit a zabránit tak možné kolizi stroje s nástrojem nebo s polotovarem.

Ve třetím pohledu na výrobek jsou do výtisku ručně dopisovány informace o poloze nulového bodu. To je značně nepraktické a přepisování informací zvyšuje riziko vzniku chyby. V poznámkách se nachází číslo programu, datum, číslo výkresu, stroj, na kterém bude program používán, upnutí, informace o nulovém bodu, informace o úpravách používaných nástrojů a informace o naklopení. Obsah poznámky je na technologovi, který vytváří NC program a následně i seřizovací list. Zpravidla se technolog - programátor drží těchto

vypsanych údajů. V dolní části listu je vypsána cesta k nalezení dokumentace v uložení podnikového serveru. Tato informace je zde zbytečná, pouze snižuje přehlednost a jednoduchost. S touto dokumentací pracuje převážně obsluha stroje, která tuto informaci znát nepotřebuje.

Druhá stránka seřizovacího listu, zobrazená na obrázku 3, nyní obsahuje v horní části informace ve formě textu, který sděluje název programu a další informace, které jsou v dokumentaci zbytečné. Pro obsluhu stroje nemají žádný význam. Seřizovací list je rozdělen na tři sloupce a několik řádků. Počet řádků závisí na počtu operací. V prvním sloupci je vygenerován text, který obsahuje informace o typu upínače a jeho rozměrech. Ve druhém sloupci se nachází obrázek upínače i s nástrojem, který je ve všech případech stejný a neshoduje se se skutečným upínačem ani nástrojem. Je zde zbytečný. Třetí sloupec obsahuje informace o typu obrábění a použitém nástroji. V textu jsou vypsány informace o nástroji. To znamená, o jaký typ nástroje se jedná, jaké jsou jeho rozměry a z jakého materiálu má být použitý nástroj vyroben (průměr, délka břitu, materiál, povlak či katalogové číslo). V dolní části druhého listu se nachází cesta k dokumentu, stejně jako u listu prvního. I zde je tato informace nepotřebná.

3.2.1.1.1 Informace o použitých řezných nástrojích

Ve třetím sloupci na obrázku 3 se nachází popis použitého nástroje pro jednotlivé operace. Na první pohled ze zmatečného textu značení vyčte obsluha stroje všechny potřebné údaje. V prvním řádku a třetím sloupci je označení nástroje CeVa D6x19 HM/SEH422858 (obrázek 1). První část zkratky CeVa udává, o jaký se jedná nástroj, zde se jedná o čelní válcovou frézu.



Obrázek 1: Čelní válcová fréza D6 [7]

Parametry frézy jsou obsaženy v druhé části zkratky: D6x19. Toto značení znamená, že se jedná o frézu o průměru 6mm, která má délku břitu 19mm. Zkratka HM udává z jakého řezného materiálu je daný nástroj, zde odpovídá slinutému karbidu. Poslední část označení SEH422858 je katalogové číslo, podle něhož je možné nástroj dohledat, případně objednat. Všechny tyto údaje jsou velmi důležité pro jednoznačné určení nástroje, který bude pro výrobu použit. Pokud by zde některé informace chyběly, potom by mohla obsluha zvolit nevhodný nástroj, v důsledku čehož by mohlo dojít ke zničení nástroje nebo obrobku.



Obrázek 2: Seřizovací list, 1. strana [7]

SHOP FLOOR DOCUMENTATION
H00502-02_ obrabeni.CATProcess

Part operation : H00502-02

Tool List

<u>Assembly 1 : TEP-Schunk D27/6 L131</u>		Type : Milling Assembly Tool : <u>CeVa D6x19</u> <u>HM / SEH422858</u> 27
<u>Assembly 2 : TEP-Schunk D27/6 L131 1 1</u>		Type : Milling Assembly Tool : <u>CeVa D4x8x3z</u> <u>HM / Ru 022810</u> 25
<u>Assembly 3 : TEP-Schunk D27/6 L131</u>		Type : Milling Assembly Tool : <u>CeKu</u> <u>D6x28x4z HM / Ru</u> <u>022845</u> 33
<u>Assembly 4 : TEP-Schunk D27/6 L131 1 1</u>		Type : Milling Assembly Tool : <u>CeVa D4x8x3z</u> <u>HM / Ru 022810</u> 22
<u>Assembly 5 : KLES-MCT D28/ER16 L106 4</u>		Type : Milling Assembly Tool : <u>NaVrt D3x120</u> <u>st HSS-TiN /</u> <u>Ru 212726</u> 25
<u>Assembly 6 : KLES-MCT D28/ER16 L106</u>		Type : Milling Assembly Tool : <u>Vrt D2.5x14</u> <u>HM / OSG.....</u> 30

3.2.1.2 Seřizovací list vytvořený obsluhou NC stroje

Ve firmě si vytváří dokumentaci i obsluha NC stroje. Děje se tak, pokud jde o výrobu méně náročných výrobků. Na obrázku 4 je první stránka seřizovacího listu vytvořeného obsluhou NC stroje. V horní části je název. List se skládá ze šesti sloupců. Počet řádků je závislý na počtu operací. První sloupec udává číslo zásobníku ve stroji. Druhý sloupec nese informaci o číslu nástroje. Nástroje jsou číslovány podle interní databáze nástrojů. Třetí sloupec obsahuje informace o nástrojích. U jednotlivých operací je vidět, že jsou informace nedostatečné. Chybí zde doplňující údaje, jako například délka nástroje a materiál. Materiál je sice obsažen v dalším sloupci, ale jen občas. Tato informace by měla být uvedena vždy, aby nedocházelo k omylům. Ve čtvrtém sloupci je popis. Jedná se o doplňující popis nástroje. Do popisu se píše, zda je k výrobě nutná nová fréza, kolikrát může být nástroj přeastřen, informace o počtu zubů, materiálu a další informace, které uzná obsluha stroje za vhodné. V pátém sloupci se nacházejí informace o upínači. Informace jsou nedostatečné. Je zde zmíněn například upínač „*tepelko*“. Ale další informace chybějí. Není zde pevně dáno, jaký konkrétní typ upínače má být použit. Chybějí zde informace o geometrii. Při tomto značení může jednoduše dojít k záměně upínače a případné kolizi při obrábění. Poslední šestý sloupec udává vyložení nástroje. U jednotlivých operací je popsáno číselně a v milimetrech.

Druhá stránka seřizovacího listu, která je na obrázku 5, obsahuje název programu v horní části. Pod ním je pohled na obrobek. V dolní části listu jsou poznámky ve formě textu. Zde je na uvážení tvůrce, jaké informace budou obsahovat. Zpravidla obsahují informace o nulovém bodě, který není zobrazen v pohledu na obrobek. Popis nulového bodu pouze v poznámce formou textu je nevhodný. Tento údaj by měl být viditelný i v pohledu na obrobek. Opět se tímto neúplným popisem zvyšuje riziko vzniku chyby. V poznámkách se dále nachází název stroje, který bude pro výrobu používán. Dalším údajem je název programu a kde se nachází.

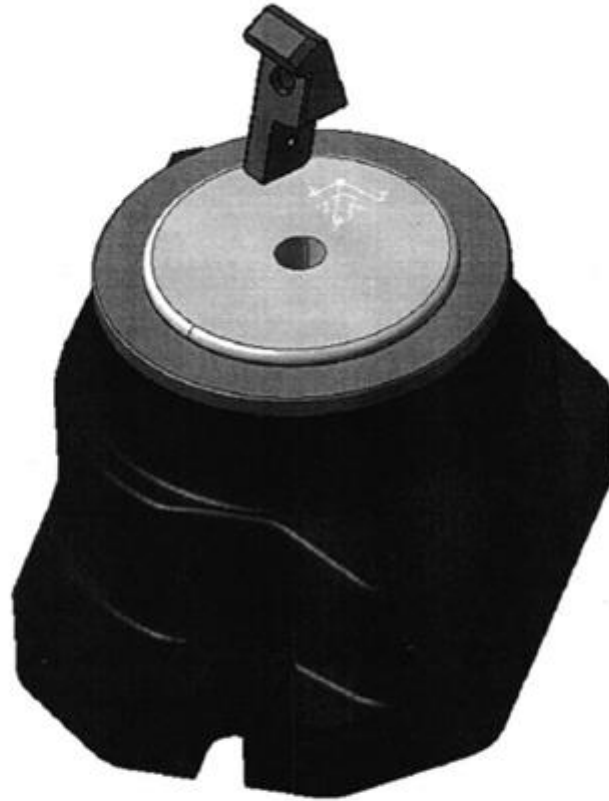
Tento seřizovací list vytvořený obsluhou stroje je nedostačující a není automaticky generovaný z CAM systému. Je vyplňovaný manuálně. Slouží pouze pro osobu, která ho vytvořila a je jí tedy zřejmé, jaké konkrétní nástroje má použít. Pokud by s tímto dokumentem pracoval někdo jiný, je zde značné riziko vzniku chyby z důvodu nedostatku informací.

Nástroje pro H00497

kapsa	Číslo nástroje	nástroj	popis	upínač	vyložení
1	43	Freza D12	Pouze nová, nebo jednou ostřena. Pouze hrubuje	tepelko	40mm
2	74	Freza D12	Pouze nová, vhodná 2-3zuby	Hydro L150	40mm
3	121	Freza D10	Pouze Nová, načisto	tepelko	40mm
4	39	Freza D3	Pouze nová	tepelko L130	25mm
5	35	Freza D8	Pouze nová	tepelko	25mm
6	81	Navrtávák D5x120s	hss	Kleština L150	35mm
7	260	Vrták D3,7	tvrdokov	Tepelko L130	43mm
8	303	Závitník M4,5x075		Kleština L150	40mm
9	265	Fréza D4,5	Ostřené D5 s dlouhým břitem	Tepelko	28mm
10	186	Fréza D50x45s	plátková	trn	

Obrázek 4: Seřizovací list tvořený obsluhou stroje, 1. strana [7]

H00497



Náhradní kazeta Widia pro hlavu M45

Nulový bod: X, Y 0 - v ose kulatiny D40,

Z0 – na čele vystrčené 104mm od kleštiny.

Pouze pro stroj Hermle 20

Program ve složce : H00497-02/NC

Není potřeba měnit tabulku. Program na odměření je ve složce NC.

Obrázek 5: Seřizovací list tvořený obsluhou stroje, 2. strana [7]

3.2.1.3 Použití seřizovacího listu při výrobě

Podle seřizovacího listu obsluha NC stroje zjistí, jaký má použít přípravek pro upnutí polotovaru. Přípravek upevní na pracovní desku NC stroje a do něj upevní polotovar. Pracovní desku před upevněním přípravku očistí. Následně se začistí i přípravek. Tyto úkony jsou důležité při velmi přesném obrábění, kde by i drobné znečištění mohlo znamenat odchylku od vymezených tolerancí. Ze seřizovacího listu vyčte obsluha stroje polohu nulového bodu. Zde je problém, že se tato informace často dopisuje ručně. Polohu nulového

bodou nastaví do stroje pomocí sondy. Tím je zajištěna vysoká přesnost. Následuje připravení nástrojů podle druhé stránky seřizovacího listu. Z informací v prvním sloupci zjistí obsluha, jaký použije upínač a ze třetího sloupce nástroj, který do něj upne. Z dopisované informace je známé i vyložení nástroje. To je minimální hodnota, která musí být dodržena. Když jsou nástroje upnuty do upínačů, tak je nutné je vložit do zásobníku použitého stroje. U strojů HERMLE C20 a HERMLE C40 se vkládají nástroje s upínačem v pořadí, v jakém budou použity. To znamená, že pro nástroj, který bude použit v první operaci, náleží pozice v zásobníku s číslem jedna. Tento postup není nutný, ale snižuje riziko vzniku chyby a také snižuje vedlejší výrobní časy. Pokud jsou nástroje uloženy v pořadí, jak budou postupně obrábět, potom se zkrátí čas výměny nástrojů. Je rychlejší vyměnit nástroj z pozice číslo jedna s nástrojem na pozici číslo dva, než mezi pozicemi jedna a deset.

Obsluha NC stroje se nemusí držet v každém ohledu informací vypsáných v seřizovacím listu. Může se stát, že není k dispozici typ upínače, který je vypsán v seřizovacím listu. Obsluha tedy může použít například místo kleštinového upínače upínač tepelný. Musí si však být jistá tím, že tento upínač splní všechny požadavky k vyrobení součásti a že neohrozí chod stroje případnou kolizí. Hodnota vyložení nástroje se také nemusí rovnat skutečnému vyložení nástroje v upínači. Skutečné vyložení však nesmí být za žádných okolností nižší. Psaná hodnota je dána technologem – programátorem, který toto minimální vyložení stanovil, a při jeho dodržení by nemělo dojít k žádným komplikacím. Pokud by bylo skutečné vyložení nástroje nižší než ona psaná hodnota, potom by hrozila kolize upínače s vyráběnou součástí nebo s přípravkem. Správného vyložení nástroje lze dosáhnout buď vhodným upnutím nebo délkou nástroje. Obsluha NC stroje si může vzít v případě, že nemá k dispozici nástroj uvedený v seřizovacím listu, nástroj delší. Musí si být opět jistá jeho funkčností. Příliš dlouhý nástroj by mohl vyvolat chvění, které by u přesného obrábění nepříznivě ovlivnilo kvalitu obrábění. Obsluha stroje má tedy možnosti do výroby zasahovat. Nesmí ji však ohrozit a v případě nejasností problém konzultuje s technologem.

3.2.2 Analýza struktury seřizovacího listu generovaného ze systému Catia V5

Vygenerovaný seřizovací list ve formátu html je velmi složitý. V uložení na podnikovém serveru je označen shodně s názvem NC programu. Po otevření seřizovacího listu v elektronické podobě se jako první zobrazí stránka, která je rozdělená na čtyři části (obrázek 25 v příloze č. 1).

Ve třech jsou pohledy na vyráběnou součást a ve čtvrté části jsou poznámky. V poznámkách je název programu, datum vytvoření listu, označení polotovaru a stroj, na

kterém bude součást vyráběna. Jsou zde informace, v kolika osách bude NC stroj pracovat a v poznámkách najdeme i nadefinované úpravy nástrojů. Technolog - programátor zde také popisuje polohu nulového bodu. Poznámky nejsou automaticky generované z CAD/CAM systému Catia V5, vyplňuje je technolog – programátor podle svého uvážení. Pohledy na obrobek jsou vygenerované, ale technolog- programátor musí určit, jak bude pohled vypadat, pod jakým úhlem bude součást nasnímána. Tato stránka se tiskne a používá se přímo u strojů. V dolní části je hypertextový odkaz, kde se kliknutím na něj otevře další stránka dokumentu (obrázek 26 v příloze č. 1). Na této stránce se nachází informace o datu a čase vygenerování seřizovacího listu, název vyráběné součásti, název stroje a odkaz na seznam nástrojů. Je zde uvedeno také číslo operace, které slouží také jako odkaz.

Pro další informace je nutné kliknout na odkaz s názvem *tool list*, otevře se seznam nástrojů (obrázek 27 v příloze č. 1). Tato stránka obsahuje tabulku s informacemi o použitých nástrojích při jednotlivých operacích, o použitých upínačích. Tato část dokumentu je pro obsluhu NC stroje důležitá z pohledu seřízení NC stroje a z tohoto důvodu se tiskne.

Název upínače i název nástroje slouží jako odkazy. Po jejich otevření se zobrazí stránky (obrázek 28 a 29 v příloze č. 1), kde jsou detailně popsány jejich parametry. U upínačů jsou informace o jejich rozměrech a vyložení nástrojů. Údaj o vyložení nástrojů je důležitý pro obsluhu NC strojů, proto se dopisuje ručně na tisknutou stránku seřizovacího listu. Pokud by se neotevřel odkaz s názvem *tool list*, ale odkaz označený číslem programu, potom by se otevřela stránka s informacemi o průběhu NC programu (obrázek 30 v příloze č. 1). Informace jsou děleny do řádků. Jeden řádek náleží jedné operaci. Řádek je rozdělen na tři části. V první části je informace o jakou jde operaci, jestli o výměnu nástroje, hrubování nebo například dokončovací obrábění. Každé označení operace slouží jako odkaz, po jehož otevření se objeví stránka s podrobnými informacemi o průběhu oné operace. Druhá část řádku je znázorněna obrázkem. Obrázek je zde zbytečný, nemá informační hodnotu, ani neslouží jako odkaz. Ve třetí části řádku jsou informace o použitém nástroji i upínači pro onu operaci. Označení nástroje i upínače slouží jako odkaz. Po otevření odkazů se opět dostáváme k tabulce s informacemi o nástroji a upínači.

Vygenerovaný seřizovací list v elektronické podobě obsahuje veliké množství informací. Většina z těchto informací je zbytečná a to jak pro technologa - programátora, tak i pro obsluhu NC stroje. Velká nepřehlednost seřizovacího listu je způsobena nejen velkým množstvím údajů, ale i nejednotnou a nepřehlednou cestou k nim. Dokument obsahuje velké

množství odkazů. K požadované stránce vede i několik cest, proto je pro osobu, která s touto dokumentací pracuje, jednoduché se ztratit v orientaci.

3.2.3 Postup při generování seřizovacího listu

Po vytvoření 3D modelu vyráběné součásti v CAD/CAM systému Catia V5, vytvoří technolog – programátor proces obrábění. Technolog zde nastaví, jak bude výroba probíhat, v jakých liniích se bude nástroj pohybovat, také zde nastaví všechny parametry nutné pro vyrobení součásti. Při vytváření NC programu pro obrábění určí, jaké budou použity upínače a nástroje.

V CAM systému, při vizualizaci průběhu obrábění, je vidět, zda nedojde ke kolizi nástroje nebo upínače se strojem, obrobkem, případně s přípravkem pro upnutí součásti k pracovní desce stroje. Z uvedených parametrů obrábění je možné zjistit příslušný strojní čas obrábění a tedy i předpokládané finanční náklady. Ze všech těchto údajů vyplněných technologem - programátorem je možné čerpat. Je možné je automaticky generovat do seřizovacích listů nebo jiné dokumentace. Pro automatické generování je nutné vytvořit programový skript, který bude vyvolávat a přenášet požadované informace z CAM systému do dokumentace.

Nyní jsou pro generování výrobního NC programu a seřizovacího listu použity čtyři různá makra. První makro přejmenuje soubory v CAD/CAM systému Catia V5 a sjednotí názvy výměn nástrojů. Druhé makro vygeneruje hlavní NC program, který vyvolává jednotlivé NC podprogramy ve formátu srozumitelném pro konkrétní řídicí systém. Třetí makro generuje NC program pro automatické zaměření nástrojů. Tento program ve stroji zaměří použité a vložené nástroje před procesem obrábění a zjistí si jejich skutečné parametry (průměr, délku, atd.). Poslední čtvrté makro vygeneruje tabulku nástrojů. Po použití všech čtyřech maker následuje generování tzv. APT či CL dat, které jsou pomocí příslušného postprocesoru přeneseny do formátu NC programu srozumitelnému konkrétnímu NC stroji a jeho řídicímu systému. Tento výstup se generuje v CAD/CAM systému Catia V5 pomocí funkce *Generate NC*.

3.3 Konstrukční dokumentace pro stroje RICHMOND VMC 1020L, MAZAK NEXUS 410A, MAZAK SQT 200, MAZAK QTN 100

V současnosti je z konstrukční dokumentace využíván na těchto strojích pouze výkres součásti. Obsluha stroje podle výkresu vytvoří ručně NC program na NC stroji, podle něhož bude stroj obrábět. Bezvadnost obrábění záleží na zručnosti a zkušenosti obsluhy stroje.

3.3.1 Výkres

Výkres je stejný jako pro ostatní stroje. Postup vytváření tohoto typu dokumentu je totožný s postupem u výkresu pro stroje HERMLE C20 a C40, jak již bylo zmíněno.

Výkres je na těchto pracovištích hlavní pomůckou k vyrobení požadované součásti. Obsluha stroje ho musí jednoznačně pochopit a vyčíst z něj všechny informace, které jsou pro výrobu požadované součásti nutné. Na základě výkresu musí být schopna vytvořit příslušný NC program.

3.4 Technologická dokumentace pro stroje RICHMOND VMC 1020L, MAZAK NEXUS 410A, MAZAK SQT 200, MAZAK QTN 100

Na těchto strojích se ve většině případů používá při výrobě pouze výkres a průvodka. Seřizovací list je vytvářen technologem - programátorem jen zřídka a to pokud se jedná o složitější výrobní procesy.

3.4.1 Výrobní průvodka

Výrobní průvodka poskytuje obsluze NC stroje informace o průběhu výroby požadované součásti. Jednoznačně a chronologicky zobrazuje cestu obrobku výrobní halou (stroj, operace). Výrobní průvodka obsahuje informace o ponechání přídavků, pro následné operace.

3.4.2 Seřizovací list

Seřizovací list pro NC stroje RICHMOND VMC 1020L, MAZAK NEXUS 410A, MAZAK SQT 200, MAZAK QTN 100 (obrázek 6 a 7) se skládá ze dvou listů formátu A4. První list obsahuje základní informace a postup výroby. Ve druhém listu je jednotlivým krokům věnován větší prostor, jsou zde rozepsány podrobněji. Seřizovací list se k těmto NC strojům vytváří jen občas. Hlavním důvodem je časová náročnost na jeho vytvoření. Ve většině případů výroby je výhodnější pracovat pouze s výkresem, který vytvoří konstruktér.

Výkres bývá dostatečným zdrojem informací pro obsluhu NC stroje, která je schopná podle něj stroj seřadit i zajistit vhodné upnutí polotovaru, avšak není možné informace archivovat. Pokud se jedná o složitý proces výroby, potom technolog - programátor seřizovací list vytváří. List není generovaný, je vyplňovaný manuálně a to je také důvod, proč není vytvářen vždy. Seřizovací list zpravidla obsahuje informace o pozici nástroje, jaké má mít nástroj v nástrojovém upínači vyložení, konkrétní nástroj, kterým bude pracovní úkon vykonán a o jaký úkon se jedná. Je zde také obsažena informace o poloze nulového bodu, případně jakékoli slovní dodatky, pokud jsou potřebné. Pro soustružnické NC stroje MAZAK SQT 200 a MAZAK QTN 100 jsou většinou zvoleny nerotační nástroje, proto se nepatrně liší jeho popis v seřizovacím listu oproti frézovacím NC strojům RICHMOND VMC 1020L a MAZAK NEXUS 410A, kde jsou většinou používány nástroje rotační.

3.5 Použití konstrukční a technologické dokumentace při výrobě na strojích RICHMOND VMC 1020L, MAZAK NEXUS 410A, MAZAK SQT 200, MAZAK QTN 100

Obsluha stroje dostane jako výrobní dokumentaci průvodku a výkres, zřídka seřizovací list, podle těchto dokumentů musí požadovanou součást vyrobit.

Ideální je zvolit upnutí tak, aby bylo vykonáno co nejvíce pracovních úkonů na jediné upnutí v rámci operace. Pokud je vyráběna složitá součást, pak je využíván také seřizovací list. Tento seřizovací list není generován z CAD/CAM systému Catia V5, je vyplňován technologem - programátorem ručně. V seřizovacím listu stanoví, jaký nástroj a upínač nástroje bude pro konkrétní činnost použit. Předem je také definováno upnutí obrobku na pracovním stole stroje i poloha nulového bodu pro každé upnutí. Cílem seřizovacího listu je pevně stanovit průběh výroby a tím snížit riziko nesprávného upnutí, nesprávného zvolení nástroje či upínače v důsledku čehož by mohlo dojít k poškození obrobku nebo NC stroje. Pokud je potřeba vyrobit složitější tvarovou plochu, potom obsluha strojů využívá CAD/CAM systém Catia V5, kde si součást vymodeluje a vytvoří pro ni NC program. Tento NC program následně přenesou do NC stroje, který poslouží k výrobě strojní součásti. Pokud je využíván pro obrábění NC program vytvořený v CAD/CAM systému Catia V5, potom je při výrobě používán totožný seřizovací list jako u strojů HERMLE C20 a HERMLE C40. Obsluha si pomáhá vytvářením programu v systému CAD/CAM systému Catia V5 jen u frézovacích NC strojů, u soustružnických NC strojů tento systém nepoužívá.

		IDENTIFIKACE NÁSTROJŮ A ZADÁVÁNÍ KOREKČÍ fréza Richmond VMC 1020L		 H 111	
troj : VMC 1020L		Název : AXA VDI E2 52/30/32 plošky; 3x M8; kanálky z čela		Výkres : H00225-19	
		Index změny :		Datum změny :	
				Datum : 10.11.2011	
Dřset stroje :		G54; G55; G56			
Pozice :	Vyložení :	Nástroj :	Činnost :		
T 1					
T 2	60	stopková fréza VBD Ø25	hrubovat plošku v=28 a v=30		
T 3	60	čelní fréza VBD Ø80	hotově plošku v=28 a v=30		
T 4					
T 5	30	hrankovač ø6 x 90° - VHM	hrany u plošek		
T 6	40	navrtávák ø10 - HSS	navrtat pro vrtání a hranu pro závit M8		
T 7	50	vrták ø6,8 - VHM	vrtat pro M8		
T 8	100	závitník M8 - rovný	závit M8		
T 9					
T 10	70	vrták ø11,5 - VHM	vrtat pro D11,98		
T 11	100	vrták ø7 - VHM	vrtat 2x kanálek do L=55		
T 12	50	fréza ø10 - VHM	frézovat 2x ø11,98		
T 13					

Polotovár : vysoustružené VDI držáky
Upnutí : přípravky vždy pro 4 kusy upnutý na stůl

1.upnutí : upínat na ležato do přípravku - zuby na stopce nahoru

Nulování stroje G54 : "osa X" : X0 = pravá strana přípravku
"osa Y" : Y0= přední strana přípravku
"osa Z" : Z0= horní plocha přípravku

2.upnutí : upínat na ležato do přípravku - zuby na stopce dolů

Nulování stroje G55 : "osa X" : X0 = pravá strana přípravku
"osa Y" : Y0= přední strana přípravku
"osa Z" : Z0= horní plocha přípravku

3.upnutí : upínat na stojato do přípravku

Nulování stroje G55 : "osa X" : X0 = pravá strana přípravku
"osa Y" : Y0= přední strana přípravku
"osa Z" : Z0= horní plocha přípravku

Obrázek 6: Příklad seřizovacího listu pro Richmond VMC1020L, strana 1

3.6 Shrnutí

Současný stav výrobní dokumentace je již nedostačující, není však nepoužitelný. Výkresy jsou na velmi dobré úrovni a obsahují všechny důležité informace potřebné pro výrobu součástí. Výkres je vytvářený konstruktérem, není automaticky generovaný a je pro všechny stroje stejný. Není jej třeba nijak upravovat ani generovat, jsou zaběhnutá pravidla tvorby a případné změny by nepřinesly žádné významné přínosy.

Další výrobní dokumentací je neautomaticky generovaná výrobní průvodka, která je stručná, ale obsahuje všechny potřebné údaje. Pro kusovou výrobu, která je ve firmě nejčastěji prováděna, je výrobní průvodka vyhovující. Ani tento typ dokumentace není nutné upravovat. Práce s výrobními průvodkami probíhá bez problémů a jejich forma je zažitá, změny by působily kontraproduktivně.

Problém je se seřizovacími listy, ale pouze pro stroje HERMLE C20 a HERMLE C40. Seřizovací listy pro stroje RICHMOND VMC 1020L, MAZAK NEXUS 410A, MAZAK SQT 200, MAZAK QTN 100 jsou v pořádku. V nedávné době byly modifikovány tak, aby vyhovovaly v plné míře. Tento seřizovací list není automaticky generovaný z CAD/CAM systému Catia V5. Automatické generování je zde zbytečné, jelikož je seřizovací list vytvářen jen zřídka. Seřizovací list je používán pouze v případě, že není vytvořen NC program v CAD/CAM systému Catia V5, není ho tedy možno automaticky generovat. Pokud je však vytvořen NC program v CAD/CAM systému Catia V5, potom je využíván totožný seřizovací list jako pro stroje HERMLE C20 a HERMLE C40.

Seřizovací list pro HERMLE C20 a HERMLE C40 obsahuje řadu zbytečných informací, naopak některé důležité údaje v něm chybí. Je automaticky generovaný. Jeho elektronická podoba je velmi nepřehledná. Tento typ seřizovacího listu je proto nutné nahradit novým přehlednějším seřizovacím listem, který bude obsahovat pouze informace nutné pro výrobu, případně kontrolu. Nový dokument by měl být z části automaticky generovaný, aby se snížil čas nutný k vytvoření této dokumentace. Značení nástrojů a upínačů by mělo být také zachováno, protože obsahuje všechny informace potřebné k jednoznačnému určení nástroje a upínače.

4 Návrh řešení

Cílem při vytváření návrhu nových seřizovacích listů bylo dosáhnout úplnosti dokumentace a zároveň jednoduchosti, přehlednosti a ergonomičnosti. Seřizovací list musí obsahovat všechny nutné údaje pro obsluhu stroje, která podle něj seřizuje stroj. Kromě uvedení všech potřebných parametrů musí být uvažováno jejich rozmístění na stránce. Nejprve je uvažován postup obsluhy stroje, která krok po kroku stroj nastavuje. Cílem je, aby měla informace v seřizovacím listu za sebou tak, aby korespondovaly s postupem její práce na stroji. V návrhu řešení to znamená, že údaj nutný k prvnímu kroku obsluhy by neměl být na páté stránce, ale měl by být obsažen na první. Zároveň rozmístění údajů na stránce by mělo být jednoduché a přehledné tak, aby se v něm každý na první pohled zorientoval.

Návrh dokumentace byl uvažován ve formátu *html* nebo *xls*. Po úvaze byl vybrán postup vytváření dokumentu v Microsoft Excel (*xls*). Důvodem výběru bylo uživatelsky přístupnější prostředí a jednoduchá tvorba tabulek.

Návrh seřizovacích listů se zaměřuje na sériovou a kusovou výrobu.

4.1 Návrh pro sériovou výrobu

Sériová výroba je specifická vysokým objemem vyráběných dílů a jsou při ní kladeny vysoké nároky na krátké výrobní časy. Jakékoli zdržení přináší značné finanční ztráty. U tohoto druhu výroby je vhodná obsáhlá a podrobně rozpracovaná dokumentace. Seřizovací list by měl obsahovat podrobné informace o každém programu, podprogramu i operaci. Vhodné jsou informace formou obrázků nebo pohledů na obrobek. Cílem je dosáhnout krátké doby seřizování stroje a zároveň kvalitního seřízení.

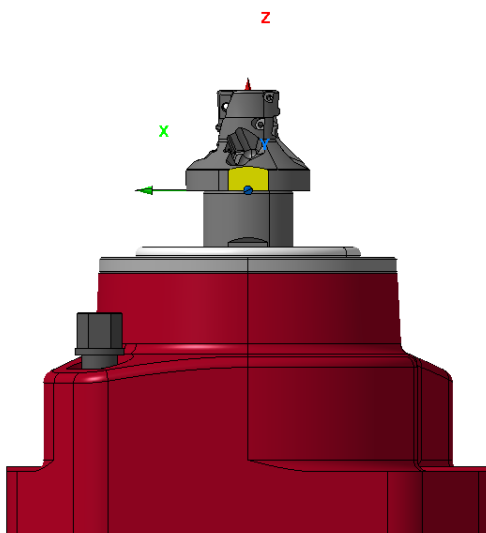
Pro sériovou výrobu byl vytvořen seřizovací list v programu Microsoft Excel, který se skládá z pěti stránek. Vysoký počet stránek u sériové výroby nevádí, důležitá je podrobnost rozpracování.

4.1.1 První strana seřizovacího listu

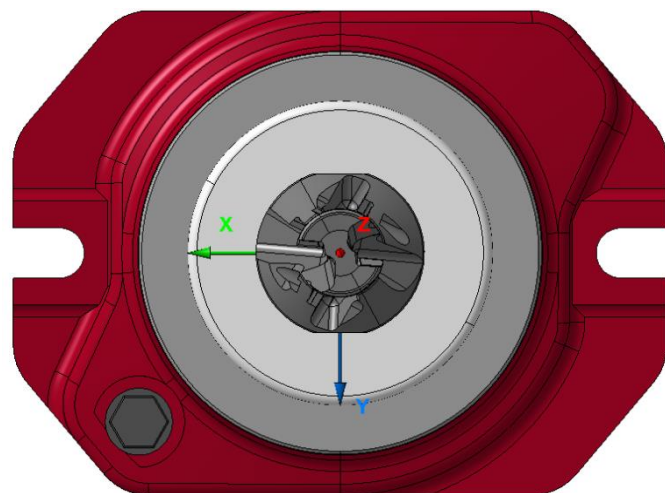
První stránka seřizovacího listu (obrázek 10) je rozdělena do dvou hlavních částí a to na horní a dolní část. Horní část je psaná formou tabulky s informacemi ve formě textu. Hlavní a nejvýraznější jsou pole pro logo firmy a název součásti. Jsou zde údaje potřebné k dohledání dokumentace v uložišti na podnikovém serveru, jako název programu, číslo výkresu, jméno programátora a datum. Všechny tyto zmíněné údaje budou automaticky generované z CAD/CAM systému Catia V5. Automatické generování je možné, jelikož jsou tyto informace vyplněny v CAD/CAM systému Catia V5 při vytváření NC programu na

obrábění. V horní části prvního listu jsou také informace o polotovaru obráběné součásti. Polotovar je vybírán buď jako standardní podle rozměru (např. tyč o průměru 40 mm a délky 120 mm) a nebo jako nestandardní vyplývající již z předchozího opracování či výroby s uvedením čísla výkresu. Pole s informacemi o polotovaru je možné automaticky generovat, ale technolog - programátor by musel tyto údaje vypsat v CAD/CAM systému Catia V5, proto bylo rozhodnuto, že tento údaj bude zapsán ručně přímo do seřizovacího listu. Dále jsou v horní části obsaženy údaje o natočení a naklopení v případě víceosého obrábění a zda je používáno někde v NC programu víceosého obrábění v plynulém režimu. Tyto údaje jsou pro obsluhu NC stroje informační, aby v případě, že naklopení někde v NC programu přestoupí zvolenou kritickou hranici (např. 100°), byla zdůrazněna zvýšená opatrnost při jeho odladování v souvislosti na nebezpečí vzniku kolizního stavu. Posledním údajem v této části dokumentu je údaj, na jakém NC stroji bude výroba probíhat. Tento údaj bude automaticky generovaný do seřizovacího listu.


Dolní část prvního listu je rozdělena na čtyři části. Část vlevo nahoře a část vlevo dole je určena pro pohled na obráběnou součást se znázorněním pozice nulového bodu obrobku (příklad pohledů na obrobek na obrázku 8 a 9). Vpravo nahoře je pole pro detailní (případně axonometrický) pohled na složitěji vyrobitelnou část obráběné součásti. Poslední část vpravo dole je ponechána pro poznámky k upnutí, pro bližší popis pozice nulového bodu obrobku, popis výchozího bodu nástroje, a další informace potřebné k seřízení.



Obrázek 8: Pohled na obráběnou součást 1 [7]



Obrázek 9: Pohled na obráběnou součást 2 [7]

		Název součásti		
Číslo hl. programu:		Programátor:		
Číslo výkresu:		Datum:		
		Stroj:		
Číslo průvodky:		Polotovary:	Č. výkresu:	Rozměr:
5-os plynule:	ANO/NE			
Naklopení > 100°:	ANO/NE			
"Pohled"		"Detail"		
"Pohled"		Poznámky:		
Strana:	1			

Obrázek 10: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 1. strana

4.1.2 Druhá strana seřizovacího listu

Druhá strana seřizovacího listu (obrázek 13) obsahuje důležité údaje o nástrojových upínačích a použitých nástrojích. Jejím cílem je informovat obsluhu stroje o jejich seřízení ve stroji.

V horní části je opět nejvýraznější logo firmy a název součásti, pod nimi jsou údaje vhodné k dohledání dokumentu, jedná se o číslo průvodky, číslo hlavního programu a číslo výkresu. Tyto údaje budou automaticky generované. Pod tímto blokem informací je vytvořena přehledná tabulka, která zaujímá většinu této stránky.

Tabulka se skládá z pěti hlavních sloupců, z nichž druhý je rozdělen na dvě části, a pět řádků. Každý řádek zde symbolizuje jednu nástrojovou sestavu. Číslo nástrojové sestavy je vypsané v prvním sloupci, bude automaticky generované a půjde chronologicky od jedné až do hodnoty, která je rovna počtu použitých nástrojových sestav pro NC program. Druhý sloupec poskytuje informace o použitém nástrojovém upínači. Pro lepší představu je sloupec rozdělen na dva a v levé části je upínač zobrazen formou obrázku (obrázek 11 a 12).




Obrázek 11: Nástrojový upínač – kleštinový [7]



Obrázek 12: Nástrojový upínač – tepelný [7]

V pravé části je upínač označen písemně. Značení bylo zachováno z původní dokumentace (i značení nástrojů). Do budoucna se počítá s vytvořením nové databáze nástrojových upínačů i nástrojů. Údaje k nástrojovému upínači budou automaticky generované. Ve třetím sloupci je udávána hodnota vyložení nástroje, která v původní dokumentaci chyběla. Je zde psána také hodnota X, Z. Tyto parametry jsou používány při soustružení. Na současných strojích HERMLE C20 a HERMLE C40 není možné soustružit, ale do budoucna se tato možnost nevylučuje. V případě tvorby NC programu pro soustružnická centra MAZAK QTN100 a MAZAK SQT200 vyznačují tyto hodnoty souřadnice nulového bodu nerotačního nástroje. Vyložení nástroje i hodnoty X, Z budou automaticky generovány. Čtvrtý sloupec nese informace o nástroji. Značení nástroje v podobě značení celé nástrojové sestavy je zachováno a bude generováno. Přibyla zde informace o korekci. Korekce je udávána formou ANO/NE. V případě, že alespoň jeden z podprogramů pro daný nástroj bude obsahovat korekci, potom zde bude uvedeno: ANO. Informace

o korekci budou automaticky generovány. Pokud bude nástrojem vrták, potom bude ve čtvrtém sloupci uvedena automaticky generovaná maximální hloubka vrtání pro kontrolu vhodnosti navrženého a zvoleného vrtáku. Poslední sloupec je věnován písemným poznámkám. V praxi je poznámka často využívána, aby případně obsluhu stroje před něčím varovala nebo aby jí konkrétní informaci blíže představila. Poznámka nebude generována.

		Název součásti			
Číslo průvodky:		Číslo programu:			
Poznámka:		Číslo výkresu:			
Nástroj. sestava	Upínač	Vyložení nebo X,Z	Nástroj		Poznámka
1	"Obrázek"				
			Korekce:	ANO/NE	
2	"Obrázek"				
			Korekce:	ANO/NE	
3	"Obrázek"				
			Korekce:	ANO/NE	
4	"Obrázek"				
			Korekce:	ANO/NE	
5	"Obrázek"				
			Korekce:	ANO/NE	
Strana:		2			

Obrázek 13: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 2. strana

V návrhu nové dokumentace je počítáno s tím, že bude poznámka vyplňována přímo v programu Microsoft Excel, již ne v poznámkovém bloku, jako doposud.

4.1.3 Třetí strana seřizovacího listu

Na třetí straně seřizovacího listu (obrázek 14) se nachází informace k dohledání dokumentace v uložišti na podnikovém serveru. Jedná se o číslo průvodky, číslo NC programu a číslo výkresu. Všechny tyto informace budou opět automaticky generované. V pravé horní části je ponechán prostor pro poznámky. Poznámky nebudou automaticky generované, budou vyplňovány manuálně.


Třetí strana je věnována informacím o nástrojích. Je rozdělena do čtyř sloupců.

První obsahuje automaticky generované číslo nástrojové sestavy. Číslo jdou od jedné až do čísla, které je rovno počtu použitých nástrojových sestav. Tabulka je rozdělena do sedmi řádek a každá řádka náleží jedné nástrojové sestavě.

Druhý sloupec obsahuje údaj o použitém nástroji. Značení nástrojů je totožné se značením na předchozí stránce dokumentace. Značení použitého nástroje bude automaticky generováno do seřizovacího listu z CAD/CAM systému Catia V5.

Třetí sloupec obsahuje informace o chlazení nástroje. Zda je nástroj chlazen: ANO/NE. Téměř ve všech případech je nástroj chlazen z vnějšku, ojediněle nastává situace, kdy se obrábí za sucha, proto je zde možnost výběru mezi chlazením vnitřním nebo vnějším, případně vnějším a zároveň vnitřním. Ve třetím sloupci je uvedeno, jakým médiem je chlazení prováděno, pokud je nástroj chlazen, zda emulzí, vzduchem nebo olejem. Pokud je chlazení prováděno emulzí, potom je zde uvedeno (formou poznámky), jakou koncentraci má příslušná emulze vykazovat.

Poslední, čtvrtý sloupec je zaměřen na úpravu nástrojů. Pokud končí označení nástroje *_U*, znamená to, že je koupený nástroj nějakou formou upraven. Ony úpravy jsou popsány v posledním sloupci. Většinou se jedná o odlehčení za břitem v určité vzdálenosti od čela nástroje. Úpravy jsou prováděny proto, aby nástroj vyhovoval zvoleným požadavkům obrábění. Informace o úpravě nástrojů je nutno vyplňovat, není možné je automaticky generovat.

		Název součásti	
Číslo průvodky:		Poznámky:	
Číslo programu:			
Číslo výkresu:			
Nástr. sestava	Nástroj	Chlazení:	Úprava nástroje
1	Poznámka:	ANO/NE Vnitřní/Vnější emulze/vzduch/olej emulze 6%	
2	Poznámka:	ANO/NE Vnitřní/Vnější emulze/vzduch/olej emulze 6%	
3	Poznámka:	ANO/NE Vnitřní/Vnější emulze/vzduch/olej emulze 6%	
4	Poznámka:	ANO/NE Vnitřní/Vnější emulze/vzduch/olej emulze 6%	
5	Poznámka:	ANO/NE Vnitřní/Vnější emulze/vzduch/olej emulze 6%	
Strana:		3	

Obrázek 14: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 3. strana

4.1.4 Čtvrtá strana seřizovacího listu

Hlavní program se skládá z podprogramů. Čtvrtá stránka seřizovacího listu (obrázek 15) obsahuje jejich seznam. Kromě obecných informací uvedených v hlavičce seřizovacího listu je na této straně uvedena tabulka o čtyřech sloupcích. Tato tabulka slouží ke zvýšení přehlednosti, jsou v ní obsaženy jen hlavní údaje o podprogramech. Počet řádků je závislý na počtu podprogramů. Jeden řádek náleží jednomu podprogramu.

První sloupec obsahuje názvy (případně čísla) podprogramů. V druhém sloupci je uveden použitý nástroj a ve třetím sloupci použitý nástrojový upínač. Značení nástrojů a upínačů je totožné s předchozími listy i s původními seřizovacími listy pro stroje od firmy HERMLE. Označení nástroje, nástrojového upínače i název podprogramu budou automaticky generované údaje. Čtvrtý sloupec je rozdělen na dva. Levá část je určena pro generované řezné podmínky určené technologem - programátorem a pravá část čtvrtého sloupce je určena pro vypsání hodnoty skutečných řezných podmínek. Konkrétně se jedná o otáčky a posuvovou rychlost.

		Název součásti		
Číslo průvodky:		Číslo hlavního programu:		
Poznámka:		Číslo výkresu:		
Seznam podprogramů				
Podprogram	Nástroj	Upínač	Otáčky [ot/min] (volené/skutečné)	Posuvová rychlost [mm/min] (volená/skutečná)
Strana:	4			

Obrázek 15: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 4. strana

Důvodem zpětného dopisování skutečných hodnot je, že jsou často použity na stroji jiné řezné podmínky, než jsou ty navržené. Tímto je zajištěna zpětná vazba s technologem - programátorem, který je takto informován, že byly hodnoty upraveny. V budoucnu již může pracovat s novými skutečnými hodnotami. Je důležité, aby byl o těchto skutečných

podmínkách technolog - programátor informován, protože výrazným způsobem ovlivňují strojní čas obrábění a tudíž i skutečné výrobní náklady a výsledný termín dodání vyrobené součásti.

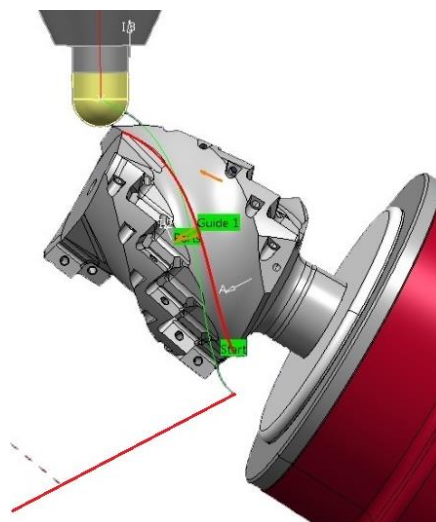
4.1.5 Pátá strana seřizovacího listu

Pátá strana seřizovacího listu (obrázek 20) je významná pro obsluhu stroje při sériové výrobě. Důvodem je podrobné rozpracování jednotlivých podprogramů a operací s pohledy na obrobek, obsluha stroje si tudíž lépe představí průběh obrábění. Pod informativní horní částí se nachází blok s automaticky generovanými informacemi vhodnými k dohledání dokumentu v uložišti na podnikovém serveru.

Významná z pohledu seřizování stroje a informování pracovníka, který stroj seřizuje, je především tabulka s informacemi k dohledání související dokumentace (výkresu, průvodky a NC programu). Tato tabulka popisuje jednotlivé operace podprogramů. Každé operaci podprogramu je věnována celá jedna stránka, důvodem je dosažení větší přehlednosti a názornosti.

V dolní části je ponechán prostor pro grafické znázornění drah nástroje pro danou operaci (obrázek 16)

První řádek slouží pro vygenerovaný název podprogramu a druhý pro generovaný název operace, třetí pro nástroj použitý pro tento podprogram a zároveň operaci. Název bude vygenerován a bude formou označení nástroje, jaká byla použita u předchozích listů i u původního seřizovacího listu. Pod názvem programu a použitým nástrojem je věnován prostor tabulce s volenými parametry výroby.



Obrázek 16: Znázornění drah nástroje pro operaci [7]

Tabulka se skládá ze čtyř sloupců a šesti řádek. První a třetí sloupec obsahuje název parametru a druhý a čtvrtý sloupec obsahuje hodnotu parametru. Na základě konzultací s obsluhou strojů a technologem - programátorem bylo rozhodnuto, že tato tabulka bude obsahovat otáčky, hloubku záběru, kopírovací krok, posuvovou rychlost, použitý materiál a jeho pevnost. Tyto parametry byly umístěny do prvního sloupce a všechny je možné automaticky generovat z CAM systému, proto budou takto generovány. Ve třetím sloupci jsou informace o výchozím a koncovém bodu nástroje při obrábění. Tyto údaje jsou v seřizovacím listu zahrnuté z důvodu možnosti vzniku kolizních stavů při výměně nástroje. Dále je v tomto sloupci výkon, který informuje obsluhu o případné zátěži při obrábění. Posledními údaji je strojní čas obrábění a úběr materiálu. Informace o tomto čase napovídá, zda-li nepřistoupit k výměně nástroje za stejný, tzv. sesterský. Hodnoty výkonu, krouticího momentu a úběru materiálu budou počítány pomocí vzorců, do nichž budou veličiny automaticky dosazovány ze zvolené technologie v CAD/CAM systému Catia V5.

Výkon pro soustružení bude počítán podle vzorce:

$$P_c = \frac{a_p \cdot f \cdot v_c}{x} = \frac{a_p \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}}{x} \quad [8]$$

P_c ... potřebný výkon [kW]

a_p ... hloubka řezu [mm]

f ... posuv [mm/ot]

v_c ... řezná rychlost [m/min]

x ... součinitel pro vliv obráběného materiálu [-]

materiál	ocel	litina	Al
součinitel x	20	25	100

Obrázek 17: Hodnoty součinitele x pro vliv obrábění pro soustružení [8]

Výkon pro frézování:

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot f}{x} \quad [8]$$

P_c ... potřebný výkon [kW]

a_p ... axiální hloubka řezu [mm]

a_e ... radiální hloubka řezu [mm]

f ... posuv [mm/ot]

x ... součinitel pro vliv obráběného materiálu [-]

materiál	ocel	litina	Al
součinitel x	24000	30000	120000

Obrázek 18: : Hodnoty součinitele x pro vliv obrábění pro frézování [8]

Výkon pro vrtání:

$$P_c = \frac{D \cdot f \cdot v_c}{x} = \frac{D \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}}{x} \quad [8]$$

P_c ... potřebný výkon [kW]

v_c ... řezná rychlost [m/min]

f ... posuv [mm/ot]

D ... průměr vrtáku resp. díry [mm]

x ... součinitel pro vliv obráběného materiálu [-]

materiál	ocel	litina	Al
součinitel x	48	60	240

Obrázek 19: : Hodnoty součinitele x pro vliv obrábění pro vrtání [8]

Hodnota výkonu je pouze orientační, proto je použit zjednodušený vzorec pro její výpočet.

Krouticí moment pro soustružení, frézování i vrtání bude počítán podle vzorce:

$$M_t = \frac{P_c}{\omega} = \frac{P_c}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad [8]$$

M_t ... krouticí moment [Nm]

P_c ... potřebný výkon [kW]

ω ... úhlová rychlost [rad/s]

n ... otáčky vřetene [ot/min]

Hodnota krouticího momentu je také pouze orientační, proto vychází ze zjednodušeného vzorce pro výpočet výkonu.

Hodnota úběru materiálu pro soustružení bude počítána podle vzorce:

$$Q = a_p \cdot f_{ot} \cdot v_c = a_p \cdot f_{ot} \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [8]$$

Q ... úběr material [cm³/min]

f_{ot} ... posuv na otáčku [mm/ot]

a_p ... axiální hloubka řezu [mm]

v_c ... řezná rychlost [m/min]

Pro frézování:

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot f_{min}}{1000} \quad [8]$$

Q ... úběr materiálu [cm³/min]

f_{min} ... minutový posuv [mm/min]

a_p ... axiální hloubka řezu [mm]

a_e ... radiální hloubka řezu [mm]

Pro vrtání:


$$Q = f_{min} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4000} \quad [8]$$

f_{min} ... minutový posuv

D ... průměr vrtáku resp. díry [mm]

Výsledná podoba vzorců obsahuje pouze veličiny, které jsou zadávány při vytváření technologie v CAD/CAM systému Catia V5, proto je možné jimi automaticky plnit výpočtové vzorce vytvořené v Microsoft excel a vypočtenou hodnotu následně automaticky generovat do připraveného pole v seřizovacím listu. Hodnota času v řezu je počítána automaticky v CAD/CAM systému Catia V5 a proto nebude počítána, ale pouze generována do připraveného pole v seřizovacím listu.

Podrobný popis jednotlivých operací je velmi důležitý, především pro archivaci know-how. Všechny důležité údaje (řezné podmínky, použité nástroje a upínače...) jsou uchovány. Při opakování výroby např. po několika letech, bude zkrácena doba přípravy výroby. Zamezí se hledání vhodného nástroje či upínače a nebude třeba vytvářet znovu vhodnou technologii výroby.

		<h2>Název součásti</h2>	
Číslo průvodky:		Poznámka:	
Číslo hlavního programu:			
Číslo výkresu:			
Název podprogramu:			
Název operace:			
Nástroj:			
Otáčky [ot/min]:		Výchozí bod:	
Hloubka záběru ap:		Koncový bod:	
Kopírovací krok ae:		Výkon:	
Posuv. rychlost [mm/min]:		Krouticí moment:	
Použitý materiál:		Čas v řezu [min]:	
Pevnost materiálu:		Úběr materiálu [cm ³ /min]:	
Strana:	5		

Obrázek 20: Návrh seřizovacího listu, sériová výroba - 5. strana

4.2 Návrh pro kusovou výrobu

Při kusové výrobě není kladen takový důraz na krátké výrobní časy jako u sériové výroby. Objem výroby je v řádech kusů. Tato výroba je nákladnější než výroba sériová, proto je cílem zamezit vzniku jakéhokoliv množství vadných kusů. Důležité je obráběnou součást pevně upnout v pracovním prostoru NC stroje a správně seřídít NC stroj včetně nástrojů. Všechny potřebné informace pro seřízení by měl podobně jako pro sériovou produkci obsahovat seřizovací list. Jedinou otázkou je v jakém efektivním rozsahu. Upnutí obráběné součásti je vhodné prezentovat v jednotlivých grafických pohledech, které pomohou obsluze stroje si aktuální situaci lépe představit. Spolu s pohledy je vhodné upnutí komentovat formou poznámek. Stejná situace nastává při znázornění nulového bodu obrobku. Do jednotlivých pohledů je vhodné tento bod znázornit graficky a do poznámky jej blíže popsat.

Pro zachování přehlednosti při střídání sériové a kusové výroby na NC strojích bylo rozhodnuto, že forma seřizovacího listu bude totožná s formou pro sériovou výrobu. Velké rozdílnosti v grafickém pojetí i obsahovém by mohly způsobit chyby z nepřehlednosti na straně obsluhy stroje. Změní se však počet stran. Po analýze bylo rozhodnuto, že první dvě strany seřizovacího listu pro sériovou výrobu budou zachovány a to pouze s drobnými úpravami, dále bude použita čtvrtá strana listu pro sériovou výrobu.

Seřizovací list pro kusovou výrobu bude stručnější oproti sériové výrobě. Řada informací by zde byla nadbytečných, především bližší informace o jednotlivých operacích by nebyly v praxi využívány.

4.2.1 První strana seřizovacího listu

Na první pohled je tato strana (obrázek 31 v příloze č. 2) stejná jako první strana seřizovacího listu pro sériovou výrobu. Údaje budou nebo nebudou automaticky generovány stejným způsobem, jako tomu je u sériové výroby. Rozdíl je ve čtvercovém poli, které se nachází v pravé dolní části. V tomto kvadrantu se nachází poznámka, která je určena pro doplňkové informace o upnutí obráběné součásti, nastavení pozice při jeho upínání nebo informace o pozici nulového bodu obrobku. Je zde ponechán prostor pro popis úpravy nástrojů.

4.2.2 Druhá strana seřizovacího listu

Struktura druhé strany (obrázek 32 v příloze č. 2) je stejná jako druhé strany seřizovacího listu pro sériovou výrobu. Průběh automatického generování je totožný. Novou

informací na této stránce je údaj o vnitřním chlazení. Tento údaj byl umístěn ve třetím sloupci nad informací o korekci. Vnitřní chlazení je zde udáváno formou ANO/NE a je automaticky generováno.

4.2.3 Třetí strana seřizovacího listu

Na třetí straně seřizovacího listu (obrázek 33 v příloze č. 3) se nachází seznam podprogramů a jejich bližší popis. V tabulce jsou informace o použitém nástroji a nástrojovém upínači, které jsou již na druhé stránce a jsou zde uvedeny řezné podmínky volené technologem - programátorem a řezné podmínky zapisované zpětně obsluhou stroje. Informace zpětně dopisované mají hodnotu především pro technologa - programátora, který při opětovné výrobě téže součásti může kalkulovat s hodnotami skutečnými. Z řezných podmínek jsou zde uvedeny otáčky a posuvová rychlost.

Struktura a automatické generování je totožné se čtvrtou stranou seřizovacího listu pro sériovou výrobu.

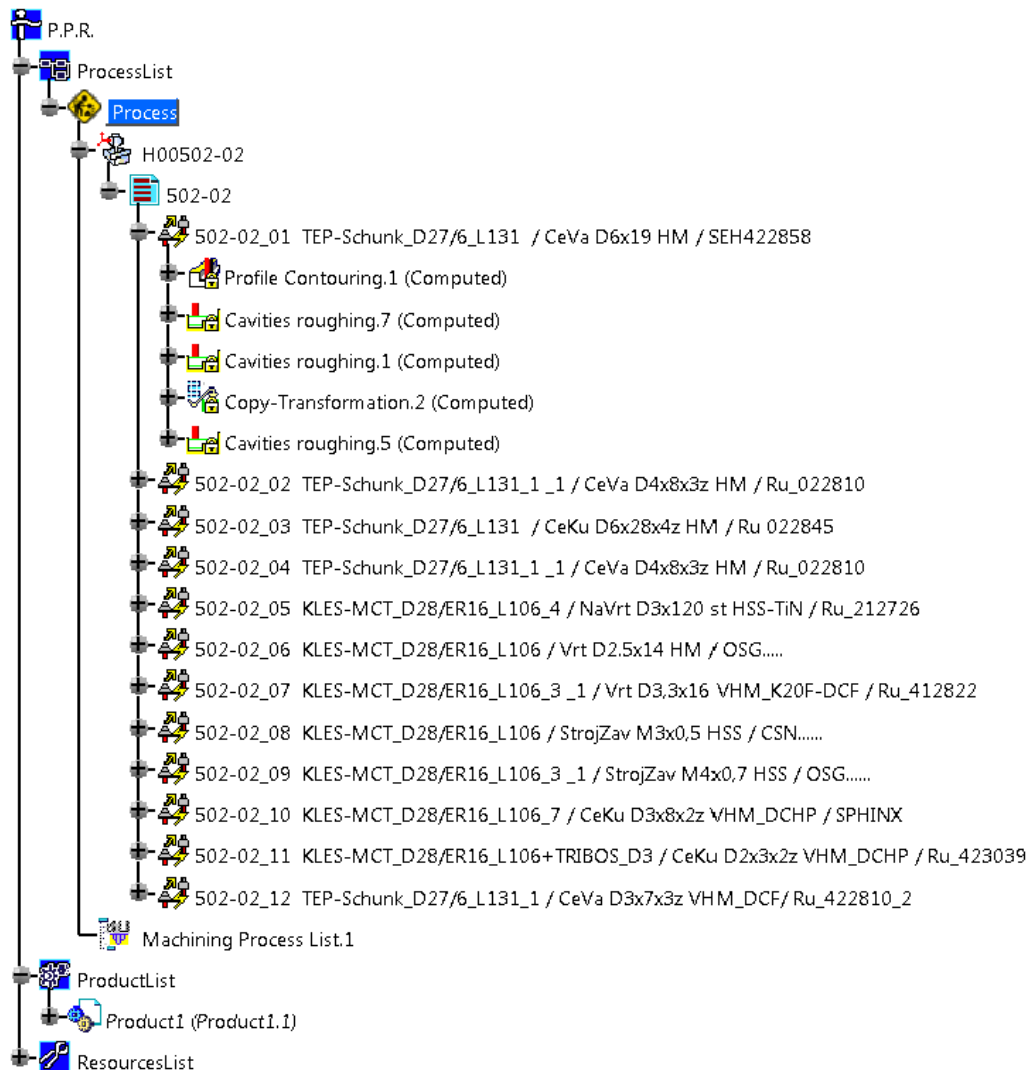
4.3 Příklad

Aby bylo možné vytvořit seřizovací list s automaticky generovanými poli, je nutné, aby technolog – programátor vytvořil v CAD/CAM systému Catia V5 technologii pomocí využitelných technologických operací systému. Tento návrh technologie vytváří na základě obdrženého výkresu součásti, z něhož je možné vyčíst informace o drsnosti povrchu a tolerance rozměrů, které není možné zjistit z 3D modelu požadované součásti. Technolog – programátor v případě potřeby vytvoří 3D model součásti, následně s jeho pomocí vytvoří návrh technologie – strukturu použitých technologických operací.

Struktura použitých technologických operací je přehledně zobrazena ve stromě v CAD/CAM systému Catia V5 – viz obrázek 21. Při otevření libovolné technologické operace se naskýtá k nastavení mnoho technologických údajů, které je možné kdykoliv editovat.


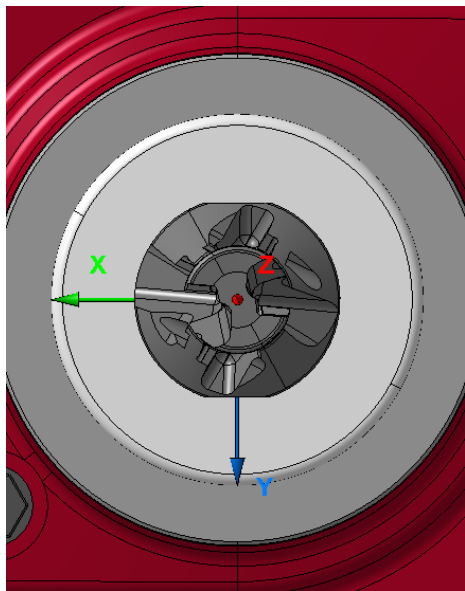
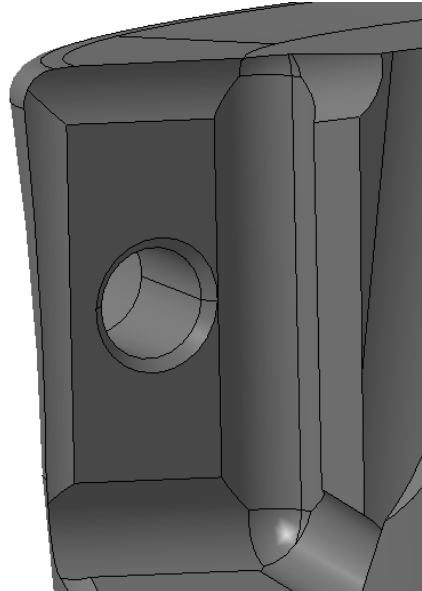
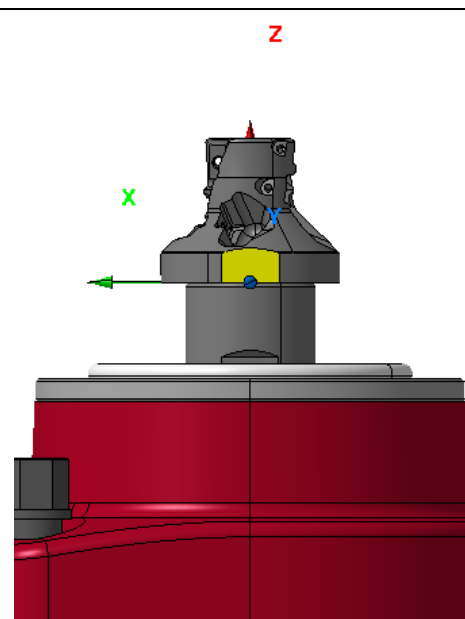
Na obrázku 2 a na obrázku 3 je zachycena tisknutá část původního seřizovacího listu pro výrobu konkrétní součásti – nástrojového tělesa řezného nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami. Na obrázcích 22, 23 a 24 je stejný obrobek zobrazen pomocí nové dokumentace pro kusovou výrobu.

Základním rozdílem je softwarové prostředí, ve kterém jsou seřizovací listy vytvořeny. Původní jsou automaticky generovány v *html* formátu a nové v předem vytvořených tabulkách v programu Microsoft Excel.



Obrázek 21: Struktura technologických operací v CAD/CAM systému Catia V5 [7]

V novém seřizovacím listu na první stránce (obrázek 22) jsou odstraněny zbytečné textové informace, které se nacházely u původní dokumentace v horní a dolní části. Obsah informací na prvním listu je velmi podobný, změnilo se uspořádání. Pohledy na obrobek s umístěním nulového bodu obrobku jsou zachovány, třetí pole je věnováno detailnímu pohledu na vyráběné lůžko nástroje. Navíc jsou zde uvedeny údaje o čísle průvodky, výkresu a popis polotovaru.

		Název součásti		
Číslo hl. programu:	502-02	Programátor:	Hofmeister	
Číslo výkresu:	H00502_02	Datum:	24.10.2013	
Číslo průvodky:	PL/2013/2431	Stroj:	Hermle C20	
5-os plynule:	ANO	Polotovar:	Č. výkresu:	Rozměr:
Naklopení > 100°:	ANO		H00502-3	x
				
		Poznámky: 5-os plynule Upnout do kleštiny D40		
Strana:	1			


Obrázek 22: Příklad seřizovacího listu, strana 1

Druhá strana nového seřizovacího listu (obrázek 23) je také podobná původní, obě mají stejný cíl - informovat o použitých nástrojích a nástrojových upínačích. I na této straně jsou odstraněny nadbytečné textové informace. Nová dokumentace je doplněna o obrázek upínače polotovaru a o hodnotu vyložení nástroje s poznámkou, která v původním seřizovacím listu chyběla. V horní části je jako u první stránky doplněna informace o čísle průvodky a čísle výkresu. V poli pro popis nástroje je uvedeno vnitřní chlazení a korekce.

		Název součásti		
Číslo průvodky:	PL/2013/2431	Číslo programu:	502-02	
Poznámka:		Číslo výkresu:	H00502_02	
Nástroj. sestava	Upínač	Vyložení nebo X,Z	Nástroj	Poznámka
1	 TEP-SCHUNK D27/6 L131	27	CeVa D6x19 HM/SEH422858 Korekce: ANO	
2	 TEP-SCHUNK D27/6 L131	25	CeVa D4x8x3z HM / Ru_022810 Korekce: ANO	
3	 TEP-SCHUNK D27/6 L131	33	CeKu D6x28x4z HM / Ru 022845 Korekce: NE	
4	 TEP-SCHUNK D27/6 L131	22	CeVa D4x8x3z HM / Ru_022810 Korekce: ANO	
5	 KLES-MCT D28/ER16 L106	25	NaVrt D3x120 st HSS- TiN / Ru_21272 Korekce: ANO	
6	 KLES-MCT D28/ER16 L106	30	Vrt D2.5x14 HM / OSG..... Korekce: NE	
Strana:		2		

Obrázek 23: Příklad seřizovacího listu, strana 2

Oproti původní dokumentaci přibyla pro kusovou výrobu třetí strana seřizovacího listu (obrázek 24), která je informativní se zpětnou vazbou na technologa - programátora. Jedná se o seznam podprogramů, pro něž jsou opět popsány nástrojové upínače a nástroje. Nově jsou uvedeny údaje o řezných podmínkách - navržené a skutečné. Tato strana je určena pro rychlý přehled.

		Název součásti		
Číslo průvodky:	PL/2013/2431	Číslo hlavního programu:	502-02	
Poznámka:		Číslo výkresu:	H00502_02	
Seznam podprogramů				
Podprogram	Nástroj	Upínač	Otáčky [ot/min] (volené/skutečné)	Posuvová rychlost [mm/min] (volená/skutečná)
502-02_01	CeVa D6x19 HM/SEH422858	TEP-SCHUNK D27/6 L131	3700/3700	150/150
502-02_02	CeVa D4x8x3z HM / Ru_022810_U	TEP-SCHUNK D27/6 L132	5570/3700	200/150
502-02_03	CeKu D6x28x4z HM / Ru_022845_U	TEP-SCHUNK D27/6 L133	3700/3700	100/100
502-02_04	CeVa D4x8x3z HM / Ru_022810_U	TEP-SCHUNK D27/6 L134	5600/5600	150/150
502-02_05	NaVrt D3x120 st HSS- TiN / Ru_21272	KLES-MCT D28/ER16 L106	7450/7450	100/100
502-02_06	Vrt D2.5x14 HM / OSG.....	KLES-MCT D28/ER16 L107	7650/7650	70/40
Strana:	4			

Obrázek 24: Příklad seřizovacího listu, strana 3

5 Technické zhodnocení

Po zavedení seřizovacích listů do praxe je očekáván přínos ve formě zkrácení vedlejších časů. Práce je usnadněna technologovi - programátorovi i obsluze stroje. Technologovi programátorovi je ušetřen čas automatickým generováním jednotlivých polí dokumentace.

Seřizovací list je koncipován pro obsluhu stroje, je dbán zřetel na jednoduchost, přehlednost a ergonomičnost. Nemálo důležitá je možnost archivace. Obsluha stroje nebude mít problém při dohledávání jednotlivých údajů v dokumentaci, tyto informace jsou umístěny tak, aby korespondovaly s postupem práce na stroji. Je dosaženo úplnosti, proto není nutno cokoliv složitě dohledávat. V důsledku archivace podrobného popisu řezných podmínek, použitých nástrojů a upínačů v podobě seřizovacích listů je snížena pravděpodobnost vzniku problémů při opětovné výrobě např. v rozmezí několika let. Technolog – programátor bude v budoucnu vědět, jaké byly použity řezné podmínky (volené i skutečné) a nenastane komplikace v podobě opětovného vytváření technologie výroby, případně hledání vhodného nástroje a upínače.

Problémy by neměly nastat ani při přechodu z původních seřizovacích listů na nové. Návrhy jsou vytvořeny tak, aby se strukturou podobaly původním. Odstraněním nadbytečných informací z původní dokumentace bylo dosaženo vyšší přehlednosti.

V důsledku úspory času při vytváření dokumentace i při práci s ní dojde k úspoře času a tím i nákladů. Především technolog - programátor má vysokou mzdovou hodinovou sazbu, zde se projeví úspora v důsledku kratšího vytváření dokumentace. Problémem bylo dohledávání vhodných nástrojů a nástrojových upínačů, toto by se díky dobrému značení a názorným obrázkům nemělo stávat. V současné době, kdy bylo něco dohledáváno, NC stroj neobráběl.

Po realizaci jednotlivých výše uvedených návrhů by mělo dojít k celkovému zkvalitnění a zefektivnění tvorby seřizovacích listů a tak k naplnění cílů uvedených v úvodu práce.

6 Závěr

V bakalářské práci je řešena dílenská dokumentace se zaměřením na seřizovací listy a způsob jejich automatického generování. Cílem bylo rozebrat současnou podobu dokumentace ve firmě Hofmeister a v případě nedostatků nebo chyb vytvořit návrhy řešení. V průběhu vyšetřování problematiky bylo rozhodnuto o vytvoření nových seřizovacích listů pro stroje HERMLE C20 a HERMLE C40, které budou v případě vytváření NC programu v CAD/CAM systému Catia V5 použity i pro stroje MAZAK NEXUS 410A, RICHMOND VMC 1020L, MAZAK SQT 200 a MAZAK QTN 100. Pokud nebude NC program vytvořen v CAD/CAM systému Catia V5, potom budou pro tyto stroje použity nedávno vytvořené seřizovací listy v kombinaci s výkresy nebo bude obráběno na základě informací z výkresů. Ostatní používaná dílenská dokumentace je na velmi dobré úrovni, nebo je dostatečná, proto bylo rozhodnuto o jejím zachování.

Na základě získaných informací byly vytvořeny seřizovací listy pro stroje HERMLE C20 a C40, důraz byl kladen, na automatické generování. Ve vytvořených listech budou plněny přibližně tři čtvrtiny připravených polí, zbylá pole je nutné plnit pomocí programu Microsoft excel.

Seřizovací listy nebyly zatím plně uvedeny do praxe. Plné nasazení do pracovního prostředí je možné až po vypracování skriptů a maker, které zajistí přenos informací při automatickém generování mezi CAD/CAM systémem a vytvořenými návrhy v Microsoft Excel. Vytvoření skriptů a maker zajistí externí pracovník.

V budoucnosti je počítáno s vytvořením nové databáze nástrojů, která by lépe a přehledněji popisovala zvolené nástroje. Podrobný popis by měl obsluhu stroje přesně navést k nástroji, který potřebuje a to s minimálním rizikem vzniku chyby.

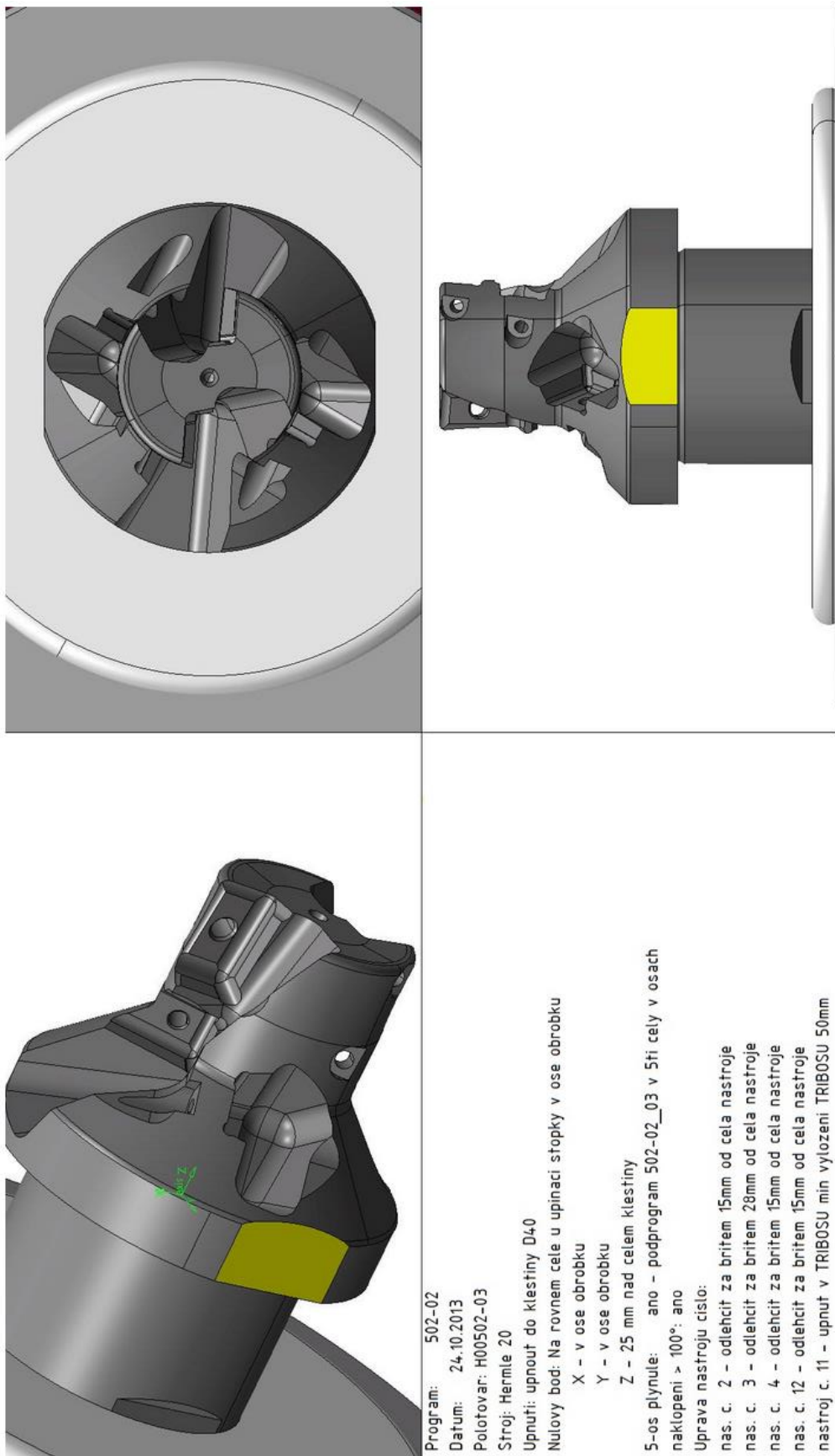
Stanovených cílů bylo dosaženo.

Použitá literatura

- [1] ŠŤASTNÝ, Jiří a Boleslav TŘEŠTÍK. ČESKÁ MATICE TECHNICKÁ. *Manuál technické dokumentace*. 6. přepracované vydání. České Budějovice: KOPP, 2009. ISBN 978-80-7232-352-4.
- [2] POSPÍCHAL, Jaroslav. *Technické kreslení*. 3. vydání. Praha: ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-03214-5.
- [3] CIBULKA, Václav a Jiří NĚMEJC. *Základní terminologie z oblasti projektování výrobních procesů*. 2. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2001. ISBN 80-7082-760.
- [4] TECHNOLOGICKÉ POSTUPY. ORCZ [online]. 2013 [cit. 2014-05-20].
Dostupné z: <http://www.orcz.cz/www/www-new.nsf/97be987b4caac328c12574e5003ede10/be463908db1be4bec12577a00029509b?>
- [5] VÝROBNÍ POSTUPY. JHAMERNÍK [online]. 2003 [cit. 2014-05-15].
Dostupné z: http://jhamernik.sweb.cz/Vyrobní_postupy.htm
- [6] JANDEČKA, Karel, Jiří ČESÁNEK a Pavel KOŽMÍN. *Programování NC strojů*. 1. Vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2000. ISBN 80-7082-692-4
- [7] Interní zdroje firmy Hofmeister
- [8] PŘÍRUČKA PRAMET. MAVSLOVAKIA [online]. 2004 [cit. 2014-06-11].
Dostupné z: http://www.mavslovakia.sk/pdf/pramet/prirucka_cz.pdf

PŘÍLOHA č. 1

**Podoba generovaného seřizovacího listu pro stroje HERMLE C20
a HERMLE C40 do formátu html**



Obrázek 25: Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 1 strana [7]

Generation : 24.10.2013 at 15:10:49

Part name : Product1

Machine name :

Machining axis system : axis

Tool List

Programs :

- Program : [502-02](#)

Comment :

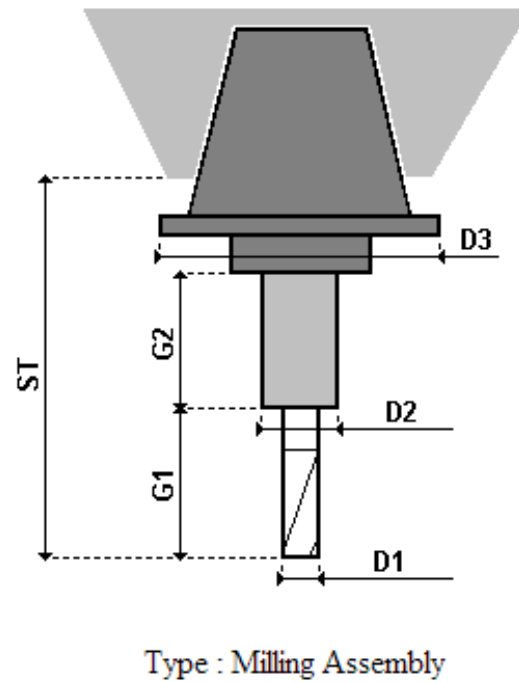
No Description

Obrázek 26: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 2 strana [7]

Assembly 1 : TEP-Schunk_D27/6_L131		Type : Milling Assembly Tool : CeVa D6x19 HM / SEH422858
Assembly 2 : TEP-Schunk_D27/6_L131_1_1		Type : Milling Assembly Tool : CeVa D4x8x3z HM / Ru_022810
Assembly 3 : TEP-Schunk_D27/6_L131		Type : Milling Assembly Tool : CeKu D6x28x4z HM / Ru_022845
Assembly 4 : TEP-Schunk_D27/6_L131_1_1		Type : Milling Assembly Tool : CeVa D4x8x3z HM / Ru_022810
Assembly 5 : KLES-MCT_D28/ER16_L106_4		Type : Milling Assembly Tool : NaVrt D3x120 st HSS-TiN / Ru_212726

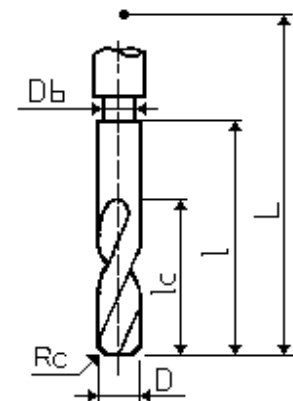
Obrázek 27: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 3 strana [7]

Name	TEP-Schunk_D27/6_L131
Tool number	1
Tool holder stages	3
Length Holder 1	53mm
Length Holder 2	0mm
Length Holder 3	0mm
Diameter 1	6mm
Diameter 2	21mm
Diameter 3	27mm
Diameter 4	63mm
Diameter 5	0mm
Diameter 6	0mm
Orientation	0deg
Cone Diameter 1	27mm
Cone Diameter 3	0mm
Cone Diameter 4	0mm
Cone Diameter 5	0mm
Set X	0mm
Set Y	0mm
Set Z	0mm
Total set length	158mm
Turret Number	1
Power	Powered
Number of components	3
Gage 1	27mm
Gage 2	37mm



Obrázek 28: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 4 strana [7]

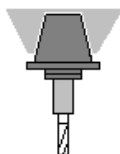
Name	CeVa D6x19 HM / SEH422858
Tool number	1
Ball-end tool	false
Length	25mm
Cutting length	19mm
Non cutting diameter	0mm
Body diameter	6mm
Overall length	65mm
Corner radius	0mm
Effective length	19mm
Nominal diameter	6mm
Max life time	0s
Max machining length	0mm
Radial tool rake angle	0deg
Axial tool rake angle	0deg
Composition	One piece
Machining quality	Either
Number of flutes	4
Max plunge angle	120deg
Tooth material	Carbide
Way of rotation	Right hand
Radial depth of cut for finish	0mm
Old Attribute Finishing cutting speed	70000mm_mn
Roughing cutting speed	60m_mn
Finishing feedrate	0,12mm_turn
Roughing feedrate per tooth	0,06mm_turn
Old Attribute Roughing cutting speed	60000mm_mn
Finishing cutting speed	70m_mn
Axial depth of cut for finish	0mm
Axial depth of cut for rough	0mm
Spindle unit	false
Roughing spindle speed	3183,099turn_mn
Finishing spindle speed	3713,615turn_mn
Roughing feedrate	0,24mm_turn
Max machining feedrate	100000mm_mn
Radial depth of cut for rough	0mm



Type : End Mill

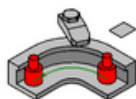
Obrázek 29: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 5 strana [7]

[502-02_01](#)
Type : Tool Change



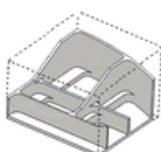
Assembly : [TEP-Schunk_D27/6_L131](#) (Milling Assembly)
Tool : [CeVa D6x19 HM / SEH422858](#) (End Mill)

[Profile Contouring.1](#)
Type : Profile Contouring



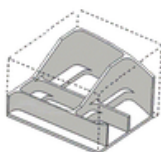
Assembly : [TEP-Schunk_D27/6_L131](#) (Milling Assembly)
Tool : [CeVa D6x19 HM / SEH422858](#) (End Mill)

[Cavities roughing.7](#)
Type : Cavities roughing



Assembly : [TEP-Schunk_D27/6_L131](#) (Milling Assembly)
Tool : [CeVa D6x19 HM / SEH422858](#) (End Mill)

[Cavities roughing.1](#)
Type : Cavities roughing



Assembly : [TEP-Schunk_D27/6_L131](#) (Milling Assembly)
Tool : [CeVa D6x19 HM / SEH422858](#) (End Mill)

[Copy-Transformation.2](#)
Type : Copy-Transformation




Assembly : [TEP-Schunk_D27/6_L131](#) (Milling Assembly)
Tool : [CeVa D6x19 HM / SEH422858](#) (End Mill)


Obrázek 30: : Původní generovaný seřizovací list do formátu html, 6 strana [7]

PŘÍLOHA č. 2

Návrh seřizovacích listů pro kusovou výrobu

		Název součásti			
Číslo hl. programu:		Programátor:			
Číslo výkresu:		Datum:			
Číslo průvodky:		Stroj:			
5-os plynule:	ANO/NE	Polotovar:	Č. výkresu:	Rozměr:	
Naklopení > 100°:	ANO/NE				
"Pohled"		"Detail"			
"Pohled"		Poznámky:			
		Úprava nástrojů:			
Strana:	1				

Obrázek 31: Návrh seřizovacího listu pro kusovou výrobu, strana 1

		Název součásti			
Číslo průvodky:		Číslo hlavního programu:			
Poznámka:		Číslo výkresu:			
Nástroj. sestava	Upínač	Vyložení nebo X,Z	Nástroj		Poznámka
1					
			Vnitř. chlazení:	ANO/NE	
			Korekce:	ANO/NE	
2					
			Vnitř. chlazení:	ANO/NE	
			Korekce:	ANO/NE	
3					
			Vnitř. chlazení:	ANO/NE	
			Korekce:	ANO/NE	
4					
			Vnitř. chlazení:	ANO/NE	
			Korekce:	ANO/NE	
5					
			Vnitř. chlazení:	ANO/NE	
			Korekce:	ANO/NE	
Strana:		2			

Obrázek 32: Návrh seřizovacího listu pro kusovou výrobu, strana 2

		Název součásti		
Číslo průvodky:		Číslo hlavního programu:		
Poznámka:		Číslo výkresu:		
Seznam podprogramů				
Podprogram	Nástroj	Upínač	Otáčky [ot/min] (volené/skutečné)	Posuvová rychlost [mm/min] (volená/skutečná)
Strana:	3			

Obrázek 33: Návrh seřizovacího listu pro kusovou výrobu, strana 3