

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2341 Strojírenství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zefektivnění programování skupiny strojů s řídicím systémem
Heidenhain

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

Akademický rok 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Luboš KROFT**
Osobní číslo: **S09B0650P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Programování NC strojů**
Název tématu: **Zefektivnění programování skupiny strojů s ř.s. Heidenhain**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

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

1. Analýza současného stavu, rozbor druhů a kompatibility řídicích systémů na bázi Heidenhain
2. Současné metody a způsob programování, distribuce programů, příprava výroby a nářadí
3. Návrh a rozbor řešení vedoucích k zefektivnění procesu programování a přípravy výroby
4. Řešení vybraných případů včetně návrhu programů
5. Zhodnocení navržených variant
6. Závěr

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


JANDEČKA, K. , ČESÁNEK, J. , KOŽMÍN, P. : Programování NC strojů. Plzeň: ZČU, 2000. ISBN 80-7082-694-4
VRABEC, M., MÁDL,J.: NC programování v obrábění. Praha : ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03045-8
BILÍK, O., VRABEC, M.: Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. VŠB-TU Ostrava 2002. ISBN 80-248-0034-9
Interní podklady závodu

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Česánek, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: **Kamil Straka**
GTW BEARINGS s.r.o.
Ostatní konzultanti: **Ing. Jan Bozděch**
Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **9. prosince 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **29. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 12. prosince 2011

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Autorská práva

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

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při vypracování mé bakalářské práce.

Zejména pak děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Česánkovi, Ph.D., za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

Dále děkuji všem, kteří mi byli ochotni poskytnout významné informace z oblasti programování strojů, a to jak ze Západočeské univerzity v Plzni, tak i ze společnosti GTW BEARINGS.

Především pak v tomto směru děkuji panu Ing. Janu Bozděchovi (konzultantovi za Západočeskou univerzitu v Plzni) a panu Kamilu Strakovi (vedoucímu technického úseku ze společnosti GTW BEARINGS).

Také bych rád poděkoval všem pracovníkům západočeské univerzity, a to jak pedagogickým tak i nepedagogickým, kteří mi předávali své odborné znalosti resp. organizovali výuku.

Za podporu a zároveň pochopení pro nedostatek volného času děkuji celé rodině, zvláště pak své matce, otci a přítelkyni, kteří mě po celou dobu studia plně podporovali.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Kroft	Luboš
STUDIJNÍ OBOR	2341R001 „Programování NC strojů“	
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Česánek, Ph.D.	Jméno Jiří
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ
NÁZEV PRÁCE	Zefektivnění programování skupiny strojů s řídicím systémem Heidenhain	

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODE- VZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	51	TEXTOVÁ ČÁST	38	GRAFICKÁ ČÁST	13
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)	Tato bakalářská práce se zabývá zefektivnění přípravy NC programů na stroje s řídicím systémem Heidenhain ve společnosti GTW BEARINGS, s.r.o. Cílem je celkové zkrácení doby přípravy NC programů a tím snížení nákladů na výrobu. Při analýze výchozího stavu byly zjištěny nedostatky a na jejich základě navrženy výrobní varianty, které přípravu výroby zjednoduší. Jedná se o změnu systému přípravy NC programů a inventuru nástrojů. Po aplikaci zmíněných vylepšení by mělo být dosaženo požadovaných cílů.
KLÍČOVÁ SLOVA	programování, správa nářadí, NC program, ISO, dialog, standardy, programovací stanice, CAM, nejlepší varianta

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Kroft		Luboš	
FIELD OF STUDY	2301R001 „Department OF Machining Technology“			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Česánek, Ph.D.		Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR		Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Streamlining of programming groups of machines with c.s. Heidenhain			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	51	TEXT PART	38	GRAPHICAL PART	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>This bachelor thesis deals with efficiency improvement of NC programs for machines with Heidenhain operating system in GTW BEARINGS, ltd. The main goal is the reduction of preparation time of NC programs which is followed by reduction of production costs. Imperfection has been found by the analysis of the earlier state. On the base of this analysis new production variants which will make the production easier have been designed. They are changes of preparation of NC programs and tools inventorying. Stated goals should be achieved after the application of these improvements.</p>
KEY WORDS	programming, management of tools, NC program, ISO, dialog, standards, programming station, CAM, total costs

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	11
1. Úvod.....	12
1.1 Představení společnosti	12
1.2 Výrobní postup typového výrobku	13
2 Analýza současného stavu, rozbor druhů a kompatibility řídicích systémů na bázi Heidenhain v GTW BEARINGS	16
2.1 Analýza současného stavu	16
2.2 Rozbor druhů a kompatibilních řídicích systémů v GTW BEARINGS	17
3 Současné metody a způsob programování, distribuce programů, příprava výroby a nářadí	20
3.1 Současné metody a způsob programování	20
3.1.1 Programování dle ISO standartu	20
3.1.2 Dílenské programování	23
3.2 Distribuce programů	25
3.3 Příprava výroby a nářadí, správa nářadí.....	28
3.3.1 Příprava výroby a nářadí	28
3.3.2 Správa nářadí	29
3.4 Slabá místa	31
3.4.1 Programování	31
3.4.2 Správa nářadí	31
4 Návrh a rozbor řešení vedoucích k optimalizaci a k zefektivnění procesu programování a přípravy výroby	32
4.1 Návrh řešení	32
4.1.1 Navrhované varianty pro programování	32
4.1.2 Navrhované varianty u správy nástrojů	32
4.2 Rozbor řešení	33
4.2.1 Zavedení standartu programování.....	33
4.2.2 Programovací stanice	34
4.2.3 CAD/CAM systém.....	36
4.2.4 SPRUTCAM	36
4.2.5 NX CAM.....	38
5 Ekonomické a procesní zhodnocení navržených variant.....	41
5.1 Hodnocení variant z ekonomického hlediska	41

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

5.1.1	Ukazatele.....	41
5.1.2	Hodnocení výrobních variant.....	41
5.1.3	Porovnání nákladů na základě vlastních nákladů výrobních variant	41
5.1.4	Roční úspora jednotlivých variant	44
5.1.5	Doba návratnosti nákladů	45
5.2	Procesní zhodnocení	45
5.2.1	Výběr hodnotících kritérií.....	46
5.2.2	Párová analýza	46
5.2.3	Multikriteriální hodnocení variant	47
6	Řešení vybraných konkrétních případů (specifické výrobky), rozbor řešení a návrh programů	49
6.1	Řešení vybraných konkrétních případů.....	49
6.1.1	Typové ložisko.....	49
6.1.2	Programování za výchozího stavu	49
6.1.3	Programovací standardy.....	49
6.1.4	Programovací stanice	50
6.1.5	CAM systémy	50
6.2	Doporučení pro společnost.....	50
7	Závěr	52
8	Literatura:.....	53

Seznam použitých zkratk a symbolů

BP	Bakalářská práce
KTO	Katedra technologie obrábění
ZČU	Západočeská univerzita
IS	Informační systém
NC	Numerical control (číslicové řízení)
CNC	Computer numerical control (číslicové řízení počítačem)
HNC	Hand numerical control (ručně číslicové řízení)
FK	Volné programování kontur
SL	Cykly pro komplexní kontury
CAD	Computer aided design (počítačem podporované navrhování)
CAM	Computer aided manufacturing (počítačem podporovaná výroba)
DNC	Distributed numerical control (číslicové řízení rozdělování)
LAN	Local area network (lokální síť)
WIFI	Wireless LAN (bezdrátová lokální síť)
CIM	Computer Integrated Manufacturing (počítačově integrovaná výroba)
SEG-A	Axiální ložiskový segment
SEG-R	Radiální ložiskový segment
LOZ-A	Axiální ložisko
LOZ-R	Radiální ložisko
LOZ-RA	Radiálně-axiální ložisko
TCPM	Tool Center Point Management

A	Plocha	[m ²]
D	Průměr	[mm]
N	Náklady	[Kč]
FN	Fixní náklady	[Kč]
PoN	Požizovací náklady	[Kč]
Ú _r	Úspora roční	[Kč/rok]
VNV _s	Vlastní náklady výroby stávající technologie	[Kč/rok]
VNV _n	Vlastní náklady výroby nové technologie	[Kč/rok]
TÚ	Doba návratnosti investic	[Kč]
t	čas. interval	[min]

1. Úvod

Vývoj strojů pro třískové obrábění začal prudce stoupat již od počátku průmyslové revoluce, kdy byla k řízení strojů využívána nejdříve lidská práce a poté se přešlo k řízení strojů pomocí vačkových a klikových mechanismů – tvrdou automatizací. Další krok nastal v 50. letech 20. stol., kdy se začalo přecházet na NC stroje, řízené zpočátku děrnými štítky. Toto odvětví se v druhé polovině 20 století dostalo do popředí vývoje ve strojírenských technologiích. [14]

V dnešní době, kdy je vývoj na svém vrcholu a stroje dnes zvládají kromě klasických konvečních technologií také obrábění nekonvečními technologiemi, jsou kladeny nemalé požadavky především na zvyšování produktivity výroby, vysokou efektivitu přípravy strojů a nástrojů, zvyšování jakosti a kvality výsledného výrobku a to vše při nenarůstajících nákladech na výrobu nebo nejlépe jejich snižování. [14]

Cílem této bakalářské práce je zefektivnění systému přípravy NC programů pro stroje s řídicím systémem Heidenhain. Tato práce je řešena ve spolupráci se společností GTW BEARINGS, s.r.o., která se zabývá výrobou a opravami kluzných kompozicových ložisek. Hlavním bodem je zlepšení systému přípravy a distribuce NC programů na stroje s řídicím systémem Heidenhain, jež jsou vybaveny systémem dílenského programování Dialog, popřípadě navrhnout a zvolit takové řešení, které urychlí a zjednoduší způsob programování i u ostatních strojů, které se vyskytují na výrobních halách společnosti.

1.1 Představení společnosti

Společnost se na českém trhu pohybuje od roku 1991, kdy byla založena jako společnost Donovan Plus se sídlem v Příšově jako malý kovoobráběcí podnik. Původní společnost vlastnili tři společníci, kteří se zabývali výrobou kluzných ložisek. V roce 1996 se původní společnost rozpadla a dva původní spoludávatelé založili s novým společníkem z Německa společnost GTW BEARINGS, která se zabývala především obchodem na západním trhu. Jelikož byla tato společnost úspěšná, je rok poté vystavěna nová vylévárna kompozic a v roce 1998 byla založena dceřiná společnost GTW TECHNIK pro obchodování v České Republice a proniknutí na východoevropský trh. Po tomto kroku se sídlo společnosti rozrostlo o další výrobní halu a také nové administrační budovy. [12]



Obrázek 1-1 - Výrobní hala GTW BEARINGS [12]

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

V roce 2006 získala firma certifikaci dle EN ISO 9001:2000 a v roce 2010 došlo k recertifikaci dle EN ISO 9001:2008. V roce 2011 společnost implementovala IS Helios Orange, který slouží k řízení celé společnosti a jejích procesů.

V současné době se firma zabývá především výrobou hydrostatických kluzných ložisek a jejich segmentů a to pro turbíny, elektromotory a generátory, třtinové mlýny a další velká výrobní zařízení. V současnosti zaměstnává společnost přibližně 120 pracovníků na výrobní ploše cca 2000m². GTW BEARINGS s.r.o., se převážně zabývá zakázkovou kusovou a malosériovou výrobou, nových ložisek-jejich částí (možnost dle požadavků zákazníka). Dále reparováním a opravou ložisek, která již byla použita.

1.2 Výrobní postup typového výrobku

Základní částí celé ložiskové sestavy je kompozicové ložisko nebo těleso. Jako polotovary se na běžné typy převážně používá trubka kruhového průřezu z materiálu 12 050, která se nařeže na základní rozměry. U speciálních ložisek s vyššími požadovanými vlastnostmi je polotovarem výkovek s přídatky na obrábění. Polotovary mají obvykle již charakter konečného tvaru výrobku.



Obrázek 1-2 – Polotovary radiálního ložiska [12] Obrázek 1-3 -Polotovary pro axiální ložiskový segment [12]

První operací při výrobě ložisek z trubek a výkovek je ve většině případů soustružení, kterým se vyhrubuje základní tvar obrobku. Základním tvarem je prstenec s kruhovou vnější plochou a vnitřním otvorem vysoustruženým kruhově nebo excentricky. Tento polotovar se přesune do slévárny, kde je první operací pískování. Pískování je způsob tryskání křemičitého písku, při kterém dochází k očištění povrchu polotovaru.



Obrázek 1-4 - Moderní způsob pískování [12]

Následným krokem je odlévání. V této operaci se do vnitřního průměru obrobku (v případě, že má být ložisko axiálně-radiální také na čela), nanese vrstva tekutého kompozitního kovu. V odstředivé peci se díky rotaci polotovaru vytvoří rovnoměrná vrstva kompozitního kovu.

Po odlití je třeba nanesenou vrstvu očistit a poté je polotovar dopraven ke kontrole. Kontrola se provádí pomocí technologických zkoušek. První ze zkoušek je ultrazvuková a druhá je kapilární, před kterými se musí kompozitní materiál připravit. Ultrazvukovou zkouškou se zjišťuje nejen tloušťka naneseného kompozitního kovu, ale také zda se materiál důkladně spojil s matricí a přiléhá-li ve všech místech. Následně se ještě provede kapilární zkouška, při které se odhalí, zda v kompozitním materiálu není trhlinka, která by na funkční ploše výrobku zůstala i po finálním obrobení. [12]



Obrázek 1-5 - Výroba mazacích otvorů [12]

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

U dělených ložisek je další operací rozdělení v dělící rovině na polovinu. Poté se na frézce opracují stykové plochy o velikost excentricity a tím se z excentrické díry stane díra kruhová. Následující operací je obrábění s přídavky pro dokončení. Dále se pracuje na výrobě otvorů pro přívod mazací kapaliny, otvorů potřebných k opětovnému smontování, na kapsách na mazací kapalinu a dalších prvcích dle typu ložiska.

Poté se obě části ložiska složí k sobě pro dokončovací operace. Poslední operací je soustružení všech funkčních ploch načisto. Pokud je u některých součástí ložisek, (jako jsou segmenty pro axiální respektive radiální ložiska), požadována vysoká kvalita funkčních ploch, je ještě finální operací broušení.

2 Analýza současného stavu, rozbor druhů a kompatibility řídicích systémů na bázi Heidenhain v GTW BEARINGS

V této kapitole je zpracována analýza současného stavu programování CNC strojů ve společnosti, rozbor druhů a kompatibility řídicích systémů na bázi Heidenhain.

2.1 Analýza současného stavu

Aktuální stav programování ve společnosti GTW BEARINGS je takový, že na většinu strojů frézek i soustruhů s řídicími systémy Fanuc, Num, Uni-Pro, Sinumerik a jinými řídicími systémy, programy vytváří jeden programátor a to v ISO kódu. Programy jsou vytvářeny, buď z CAD modelu, které vytvoří konstruktér v programu Solid-Edge nebo přímo z výrobního výkresu dodaného zákazníkem. V případě typových ložisek společnosti GTW BEARINGS jsou k dispozici modely a mění se pouze jejich rozměry. Pro tyto ložiska se používají parametrické NC programy, ve kterých obsluha vyplní potřebná data.

Při vytváření programu na nové ložisko je program napsán úplně od začátku nebo je upraven z programu na ložisko podobného tvaru. Při úpravě programu je zde značné riziko vnesení chyby do programu. A pokud je nutno program napsat úplně od začátku, jako třeba při opravách nebo neobvyklých typech ložisek, je psaní v ISO kódu velice časově náročné a příprava jednoho programu může zabrat i několik dní.

Další skupinou strojů jsou frézky s řídicím systémem Heidenhain, na tyto stroje si programy vytváří obsluha v prostředí dílenského programování Dialog a to přímo na stroji. Vzhledem k typu výroby se tvary vyráběných součástí často liší. Je tedy nutné pro každou novou zakázku vytvářet nový NC program nebo hledat součást s podobnými parametry a tento NC program upravit tak, aby odpovídal požadovaným parametrům.

Při vytváření programu v prostředí Dialog je časová náročnost obdobná jako u ISO programování a další časová prodleva vzniká tím, že při psaní nového programu nebo úpravě programu stávajícího, stroj stojí. Stroje s řídicím systémem Heidenhain je sice možné programovat za chodu, ale to se u kusové výroby velice složitě praktikuje. Jelikož při výrobě prvního kusu je třeba odladit program na stroji, i když už program běží opakovaně, nemají tyto stroje zásobník nástrojů s automatickou výměnou, takže obsluha musí nástroje vyměňovat ručně a to způsobuje nárůst nevýrobních časů. Pokud by v čase, kdy stroj obrábí, začala obsluha psát program nový, krátké časy mezi jednotlivými operacemi, po kterých je obsluha nucena se věnovat stroji, by neumožňovaly se na vytváření programů dostatečně soustředit a tím by značně stoupla možnost vnesení chyb do programů. Proto program pro další součást obsluha začne psát až po skončení obrábění.

Při tomto systému přípravy NC programů a typu výroby, kdy se na frézkách s řídicím systémem Heidenhain provádí obrábění s přídavkem na čisto a dokončovací práce zabírá programování a seřízení stroje polovinu až 2/3 doby výroby prvního kusu (tedy pokud se na stroji vyrábí za den cca 10 různých součástí po dvou až třech kusech je čas, který zabere programování těchto součástí, značný).

Další možný problém vyplývá z toho, že programy nepíše jedna osoba. Každý kdo programuje, má vlastní systém zadávání jednotlivých technologických operací a zadávání a číslování nástrojů. Tedy není dána přesná syntaxe na vytváření programů, a ta co je ve společnosti zavedena, není dodržována. U každého stroje je sice určitá sada nástrojů standardizována, ale každý může nástroje pojmenovávat a číslovat jinak. Tím je prakticky znemožněn pře-

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

nos programu na jiný stroj bez dodatečných úprav. Takže pokud se součást vyrábí na dvou strojích zároveň, je třeba napsat nebo upravit dva programy současně.

Z nejednotnosti programování vyplývá ještě jeden nedostatek. Každý kdo napíše program, má možnost pojmenovat ho a ukládá pod vlastním označením, což opět přináší velké časové ztráty tím, že se programy na výrobky, které se vyrábějí na dvou strojích najednou nebo pokud se po nějaké době vyrábějí znovu, musí napsat opětovně. Tyto nedostatky se týkají jen programování strojů s řídicím systémem Heidenhain.

2.2 Rozbor druhů a kompatibilních řídicích systémů v GTW BEARINGS

Ve společnosti se dnes používají především stroje jako frézky, soustruhy a karusely, které se programují v ISO kódu. Stroje můžeme rozdělit na dvě skupiny a to na klasické řízené ručně a řízené číslicově.

Mezi klasické stroje se řadí především hrotové soustruhy a to s analogovým i digitálním odměřováním, rovinné brusky, pily a další. A druhou polovinu strojů tvoří NC stroje s CNC řízením. Tyto stroje jsou zhruba polovinou strojního parku ve společnosti. Mezi tuto skupinu patří frézky, soustruhy a to jak s vodorovně orientovanou osou rotace obrobku tak i soustruhy svislé-karusely. NC stroje s CNC řízením jsou ve společnosti zastoupeny od mnoha výrobců. Největší zastoupení má skupina strojů od výrobce Heller Machine Tools, L. P. Od tohoto výrobce jsou ve společnosti tři horizontální obráběcí centra typu BEA2 SK50.



Obrázek 2-1- Heller BEA2 SK50 [12]

Na těchto strojích jsou řídicí systémy UNI PRO NC 80A, které jsou vybavené automatickými velkoobjemovými zásobníky nástrojů, do kterého se vkládají nástroje v upínačích a planetovým upínáním obrobků a dalším strojem je horizontální obráběcí centrum od společnosti Heller Machina Tolos, L. P. BEA07 s řídicím systémem NUM 1040M od společnosti Copem také s automatickým velkoobjemovým zásobníkem nástrojů a planetovým upínáním obrobků. Posledním strojem ze skupiny strojů Heller je univerzální frézka typu PHF 10-1000 s řídicím systémem SINUMERIK 820 GA3 od Siemens, s.r.o. Na tomto stroji se obrobek upíná přímo na pracovní stůl pomocí upínek a nástroje se i s upínači ručně vkládají přímo do vřeteníku.

Další skupinu tvoří stroje od společnosti TOS. Prvním strojem je Univerzální nástrojařská frézka s označením FNG 40 CNC, na které je použit řídicí systém iTNC 530 od společnosti HEIDENHAIN s.r.o.



Obrázek 2-2 - Řídicí systém Heidenhain iTNC 530 [12]

Zde se nástroje ručně vkládají s upínači přímo do vřeteníku. Obrobek je pomocí upínek a přípravků připevněn ke stolu frézky. Další dva stroje od společnosti TOS jsou konzolové frézky typu FGS 40 s řídicím systémem SINUMERIC 810 M od společnosti Siemens, s.r.o. Tyto dva stroje mají upínání obroku na stůl pomocí upínek a přípravků a ruční výměnu nástrojů vložených v upínačích. Posledním strojem je svislý soustruh- karusel typu SKIQ 8 CNC s revolverovou hlavou a řídicím systémem NUM Power od společnosti Copem.

Řídicí systémy od společnosti Heidenhain jsou použity také na strojích od společnosti SHW Werkzeugmaschinen GmbH a to na univerzální nástrojařské frézce typu UF31 je použit řídicí systém TNC 415B s ručním vkládáním upínačů nástrojů do vřeteníku a na dvou univerzálních frézách typ řídicího systému iTNC 530, které mají obdobný systém přípravy výroby. Na všech těchto strojích se obrobky upínají pomocí přípravků a upínek ke stolu frézky.

Z frézovacích strojů je ve společnosti zastoupena firma Kitamura Machinery CO., LTD. s horizontálním frézovacím centrem typu HX 400, na kterém je řídicí systém FANUC 16i. Tento stroj je také vybaven paletovým systémem upínání obrobků a velkokapacitním zásobníkem nástrojů. Posledním frézovacím strojem je univerzální frézka od výrobce Deckel Maho typu MH 600 E, na kterém je použit řídicí systém Philips 426 NC od společnosti Philips ČR, s.r.o.



Obrázek 2-3 - Univerzální frézka MAHO MH 600E [12]



Obrázek 2-4 - Frézovací centrum Kitamura HX 400 [12]

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

Dalšími stroji jsou soustruhy. Od výrobce Diedesheim je to svislý soustruh typu VF S 40, na kterém je řídicí systém Num 1020 T od společnosti Copem. Tento řídicí systém se také používá na vodorovném soustruhu od výrobce Gildemeister na stroji MD5IT. Na obou těchto strojích jsou revolverové hlavy.

Posledními NC soustruhy jsou vodorovný soustruh HT 250 od společnosti Hitachi Seki s řídicím systémem Fanuc 11 od společnosti Fanuc FA Europe, S. A., který má grafickou nástavbou Simbolic Faptorn a je vybaven revolverovou hlavou a vodorovný soustruh VDF Boehringer DN 820 s řídicím systémem Fanuc OI také od Fanuc FA Europe, S. A. Posledním typem stroje, na kterém se využívá CNC řízení, je horizontální vyvrtávačka WXH 100 CNC od společnosti Kovosvit Mas, která je řízena systémem iTNC 530 od společnosti Heidenhain.

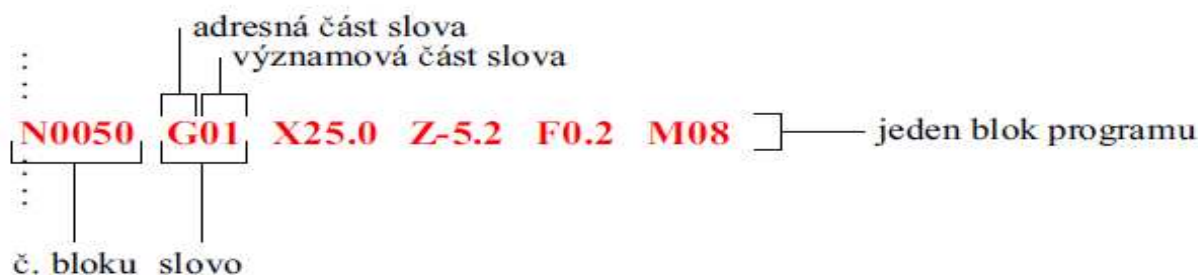
Ostatní stroje nemají CNC řízení a nemají tedy řídicí systémy. Na těchto strojích se provádí především opravy a specializovaná výroba součástí a přípravků.

3 Současné metody a způsob programování, distribuce programů, příprava výroby a nářadí:

3.1 Současné metody a způsob programování

3.1.1 Programování dle ISO standartu

V současnosti se ve společnosti GTW BEARINGS používají dva typy programování. Prvním typem programování je ruční psaní programů v ISO kódu. Tento systém je dnes primárním systémem psaní NC programů ve společnosti GTW BEARINGS, kdy všechny programy v ISO kódu připravuje jeden programátor a to pro 68% strojů s CNC řízením. Tento typ programování je nejstarším typem, který se začal používat v padesátých letech po přechodu na číslicově řízené stroje. Při tomto programování se NC program skládá ze sekvenčně uspořádaných bloků, které se píšou, buď přímo do stroje, nebo na počítači vyplňováním tabulky, u níž se definuje pohyb nástroje pro jednotlivé operace. Blok je tvořen definovanou posloupností instrukcí – slov.



Obrázek 3-1 - Formát bloku ISO standartu [10; str. 58]

V jednotlivých slovech jsou obsaženy informace, podle syntaxe, které jsou pro řídicí systém srozumitelné. Jednotlivá slova obsahují jak část adresnou, ve které jsou stroji zadávány jednotlivé povely pomocí přípravných a pomocných funkcí tak část významovou. Do významové části se zapisují číselné hodnoty vlastních adres nebo geometrické hodnoty jednotlivých operací.

Slova dělíme na nerozměrová, kterými se určí typ pohybu, typ odměřování, číslo nástroje, posunutí nulového bodu, další doplňující informace, které určují technologické údaje a na rozměrová, kterými se zadávají relativní dráhy nástroje vzhledem k výrobku. Významová část je zadávána číslem, které vyjadřuje určitou fyzikální veličinu a s použitím klasických diakritických pomůcek jako tečky pro oddělení desetinné části hodnoty, nebo matematická znaménka k zadání směru pohybu v případě absolutního programování nebo přírůstku a úbytku podle smyslu znaménka je vyjádřen smysl pohybu. Jednotlivými kombinacemi rozměrových a bezrozměrových slov jejich seřazením do příslušných bloků se vytváří programy pro jednotlivé operace. [1; str. 40], [2; str. 71]

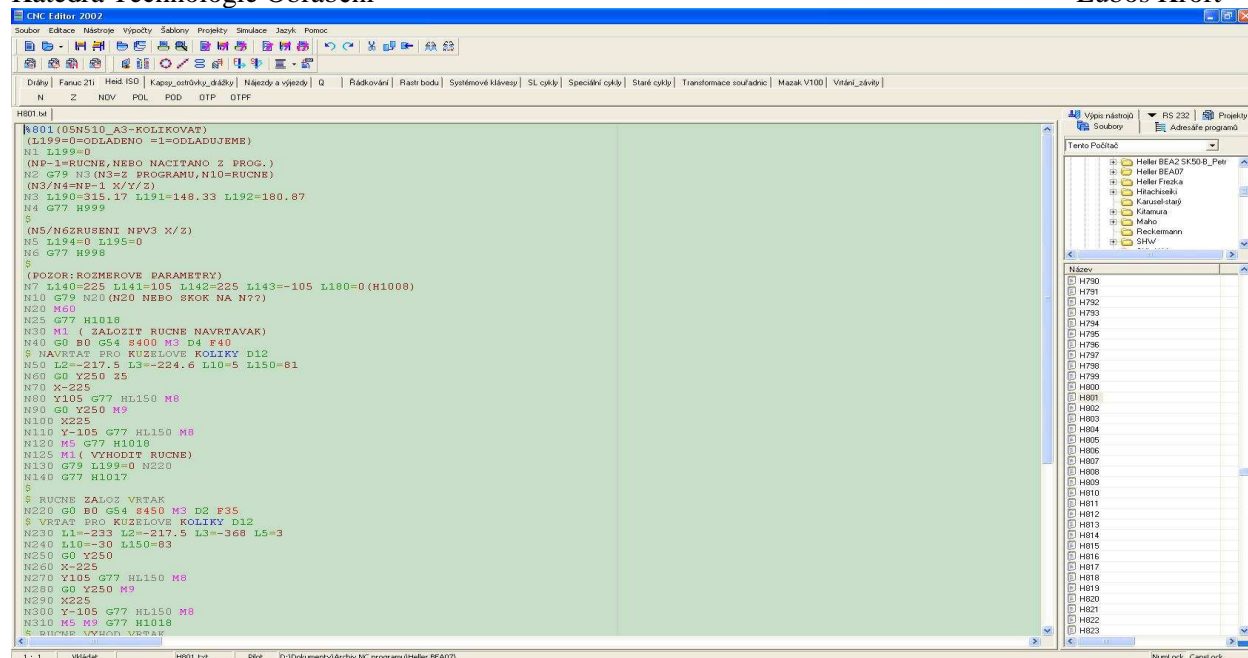
Funkce	Význam	Adresy
G00	RYCHLOPOSUV - pohyb nástroje po přímce max. rychlostí do bodu (X, Y, Z)	X Y Z
G01	LINEÁRNÍ INTERPOLACE – pohyb nástroje po přímce pracovním posuvem (F) do bodu (X, Y, Z)	X Y Z F
G02	KRUHOVÁ INTERPOLACE ve směru hodinových ručiček - pohyb nástroje po kružnici o poloměru (R) pracovním posuvem (F) do bodu (X, Y, Z)	X Y Z R F
G03	KRUHOVÁ INTERPOLACE proti směru hodinových ručiček - pohyb nástroje po kružnici o poloměru (R) pracovním posuvem (F) do bodu (X, Y, Z)	X Y Z R F
G04	ČASOVÁ PRODLEVA – přerušení běhu programu na dobu (T) sekund	T
G08	FUNKCE DALŠÍ OSY – pohyb další osy o počet impulsů (A) posuvem (F)	A F
G17	VOLBA ROVINY X – Y	
G18	VOLBA ROVINY X – Z	
G19	VOLBA ROVINY Y – Z	
G21	PRÁZDNÝ BLOK – slouží k vymazání nežádoucího bloku (N...)	
G25	SKOK DO PODPROGRAMU – skok do podprogramu na číslo bloku uvedené v adrese (L)	L
⋮	⋮	

Obrázek 3-2 - Ukázka přípravných funkcí pro ISO standart [10]

Velkou výhodou tohoto typu programování je minimální pořizovací cena, neboť program se dá ve formě pro aplikaci na konkrétní NC stroj napsat buď přímo do stroje, kde je předpřipravená tabulka, nebo do předpřipravené softwarové aplikace, která v některých případech umožňuje i určitou simulaci zadaných drah, popřípadě zápis do textového souboru. Další výhodou je otevřenost systému, který umožňuje popis libovolné součásti, u které jsme schopni zjistit hodnoty geometrických útvarů, a není třeba se držet jednotlivých sledů operací, což může být při popisu jedné operace vhodné. Výhodou je také možnost použití logických operátorů v kombinaci s parametry. Je tedy možné vytvořit univerzální program, který nám bude zadáváním jednotlivých hodnot sloužit pro výrobu typových součástí, které jsou vyráběné v řadách a tím pokrývat značný sortiment výroby.

Nevýhodou a také důvodem, proč se dnes od tohoto způsobu programování NC strojů odstupuje je, že tento typ je velice složitý na znalost syntaxe, neboť každý výrobce řídicího systému má v syntaxi určité odlišnosti a v případě jejího nedodržení, zvláště pokud se program píše přímo na stroji, vzniknou chyby, které nám prodlužují nevýrobní časy, kdy je nutné program na stroji odladit.

Velké množství syntaxí může vést ještě k jednomu problému a tím je, že většinu programů připravuje jeden programátor. Tento člověk se potom stává nenahraditelný a v případě, že nemůže vykonávat svoji funkci, mohou vzniknout velké časové prostoje a s tím spojené problémy. Tak je tomu i ve společnosti GTW BEARINGS, kde pro většinu strojů píše programy jedna osoba. Tento programátor je z tohoto důvodu velice vytížený a v případě většího počtu zakázek se může stát, že na dané součásti nebudou v požadovaném termínu programy, což opět vede k zbytečným časovým prodlevám, které jsou obecně u NC strojů s CNC řízením velice drahé.



Obrázek 3-3 - Ukázka softwaru CNC Editor 2002, který je používán na programování v ISO standartu [12]

Další nevýhodou je složitost psaní NC programu tímto způsobem. Z tohoto důvodu je programování především velice zdlouhavé jelikož vyjma několika málo cyklů (pro hrubování, vrtání, řezání závitu a dalších základních operací), protože se popisují jednotlivě všechny dráhy nástroje ručně. Tento ruční popis se u lehčích tvarů dá zvládnout vcelku rychle, ale čím více je tvar složitější, tím je popis náročnější a zdlouhavější a může vést k možným chybám, které mohou způsobit zničení obrobku, nástroje nebo stroje. V některých případech je tvar natolik složitý, že jeho popis tímto způsobem programování je téměř nemožný.





Důležitou součástí výroby programů je dnes i kontrola, která se pokud možno provádí ideálně mimo stroj. A to je dalším nedostatkem při psaní programu ISO standardem, neboť u programu napsaném v ISO kódu je možné provést pouze kontrolu drah nástroje. Není tedy možné zjistit, zda tyto dráhy odpovídají požadovaným rozměrům součásti jako u CAM systémů. Dnes se klade důraz především na ekonomický provoz a tedy minimální časy přejezdů mezi operacemi, výměnami nástrojů, obrábění vzduchu a minimalizování odpadů. V ISO programování se nejedná většinou o simulování jako takové, ale spíše o testování programu. Jde o kontrolu, kdy se nesimuluje pohyb stroje v závislosti na tvaru obrobku, ale pouze se ve 2D zobrazí dráhy nástroje, což umožňuje odhalit geometrické nesrovnalosti nebo neproveditelné kroky v programu, popřípadě narušení pracovního prostoru stroje. [2; str. 70], [3; str. 14]

Celkově programování v ISO kódu je samo o sobě velice neefektivní nejen kvůli potřebné znalosti a přesnému dodržení předem definované syntaxe, ale také kvůli malé možnosti použití předefinovaných operací na běžné prvky. Dále pak také malá možnost kontroly je zde značnou nevýhodou. Ve společnosti se tento systém používá díky použití parametrizace. Díky parametrizaci je možné na některé operace vytvořit cyklus a používat tak jeden program u většího počtu výrobků.

Pro společnost GTW BEARINGS je programování v ISO kódu je dále nevhodné z důvodu typu výroby, kterou se společnost zabývá. U kusové výroby je nutnost vyrábět nové nebo přepisovat stávající programy, což je při ISO programování velice neefektivní.

3.1.2 Dílenské programování

Druhým typem používaným ve společnosti GTW BEARINGS je systém dílenského programování. Tímto způsobem jsou programovány frézky s řídicím systémem Heidenhain, na kterých se provádí předdokončovací operace. Tyto stroje programují výrobní pracovníci z výkresové dokumentace přímo na stroji. Dílenské programování je nadstavbou samotného řídicího systému a jedná se o tzv. HNC (Hand Numerical Control) programování. Jde tedy o další typ ručního programování, prováděného přímo na stroji. V řídicích systémech od společnosti Heidenhain se jedná o dialogovou formu programování. V dialogu programátor postupně vyplňuje dialogová okna, dle požadavků operační návodky a podle toho systém sám vygeneruje NC program. Nejedná se však o zadávání pokynů pro stroj pomocí přípravných funkcí, ale o zadání určitého typu adres a vyplnění jejich číselných hodnot a seřazením do bloku tak, že je posloupností bloků tvořena požadovaná technologie. Podle toho v jakém kontextu je blok v NC programu umístěn, se jedná o začátek nebo konec programu, cyklus, pod-program a další. Struktura formátu jednotlivých adres v bloku je definována syntaxí a je nutné, aby byla dodržena. [1; str. 59],[11; str. 52]

	Najetí na obrys/opuštění obrysu		Zadání délky a rádiusu nástroje
	Volné programování obrysů FK		Vyvolání délky a rádiusu nástroje
	Přímka		Definice cyklů
	Střed kruhu/pól pro polární souřadnice		Vyvolání cyklů
	Kruhová dráha kolem středu kruhu		Zadávání programů a opakování části programu
	Kruhová dráha s rádiusem		Vyvolání programů a opakování části programu
	Zkosení		
	Zaoblení rohů		

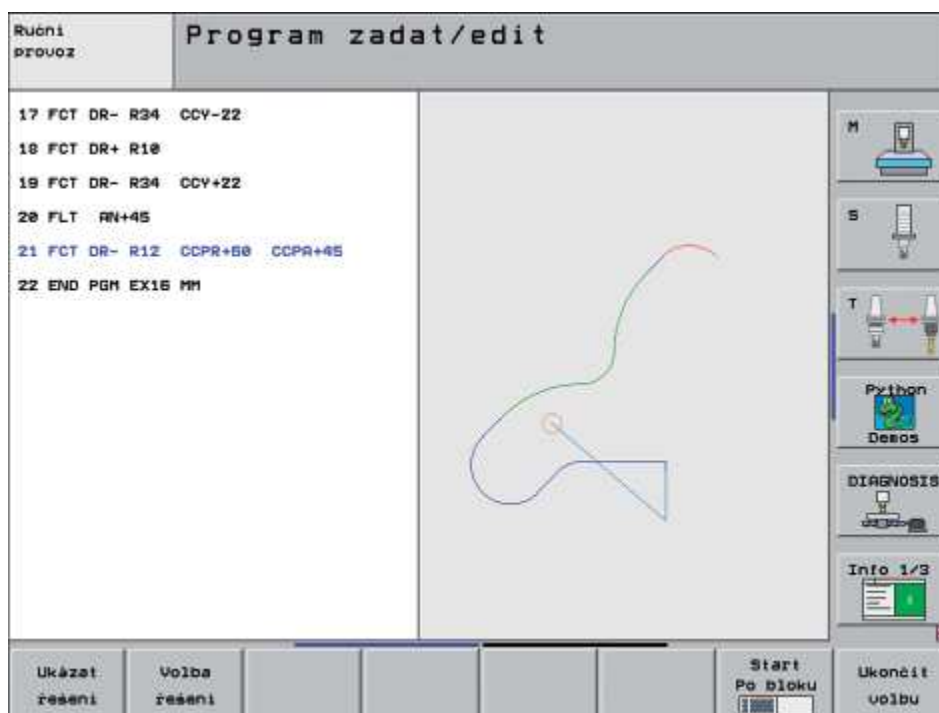
Obrázek 3-4 – Souhrn příkazů při programování v řídicí systém Heidenhain iTNC 530 [6; str. 25]

Jednotlivé adresy mohou mít v dialogových systémech od různých výrobců různý význam. Jako příklad je zde uveden systém dílenského programování Dialog od společnosti Heidenhain, s.r.o. Význam pomocných funkcí M je v Dialogu zachován jako v ISO kódu. NC program se v dialogu sestavuje obdobně jako při ISO programování. Tedy popsáním jednotlivých kroků se vytvoří celá technologie. V dílenském programování Dialog od společnosti Heidenhain lze program zadat popsáním jednotlivých drah nástroje dle požadovaného tvaru s korekcemi polohy a dalšími atributy.

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

Další možností je použití tzv. volného programování-FK. Tento mód se použije, když je potřeba popsat nějaký tvar, o kterém nejsou všechna potřebná data k dispozici. Zadáme programu tedy vše co je o daném tvaru známo a pokud to stačí, alespoň k určitému popisu tvaru program nám nabídne možné řešení. Posledním typem programování jsou SL cykly. Tento typ se již blíží CAM systému, neboť pomocí podprogramů jsou zadány jednotlivé geometrie, které se poté vkládají do daného SL cyklu. Ten nám vybere nejlepší možnou technologii pro daný tvar. Není potřeba tedy zadávat jednotlivé dráhy. [6; str. 22]



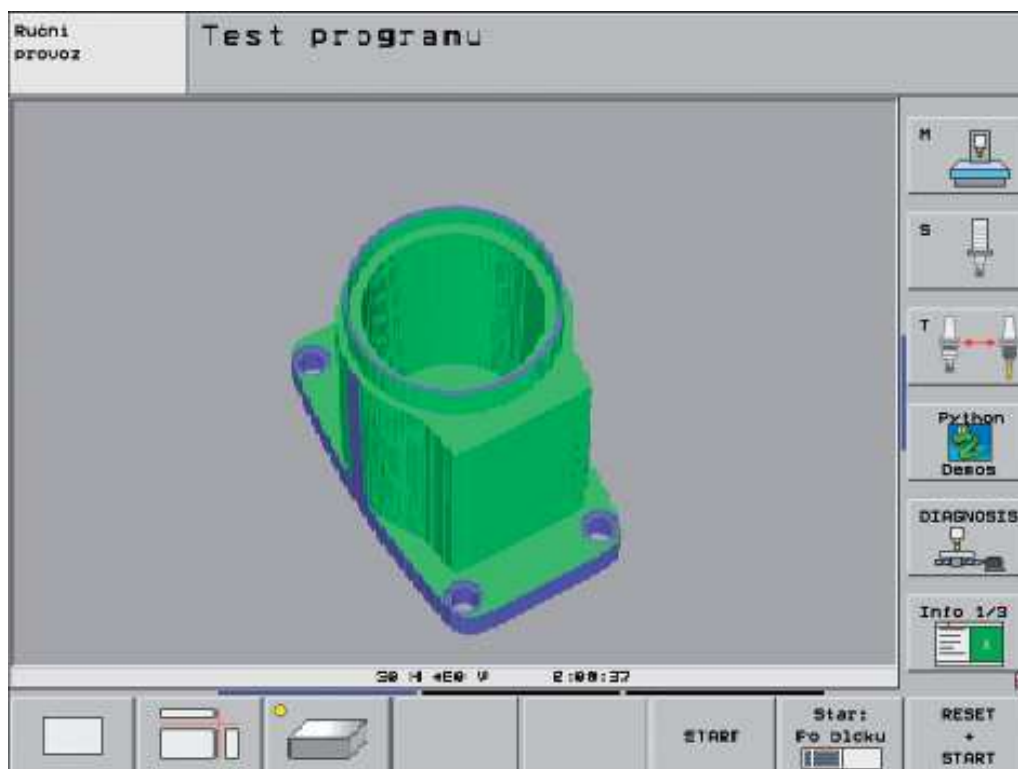
Obrázek 3-5 - Screen obrazovky ř. s. Heidenhain iTNC 530 při použití volného programování

[13; str. 29]

Největší výhodou dialogového programování je jednoduchost ovládání. Velká část pracovníků bez hlubších znalostí psaní NC programů je schopna díky jednoduchosti, jednoznačnosti a grafické podpoře dialogových systémů vytvořit požadovaný NC program. V případě obrábění známých nesložitých prvků, na které je možné využít předem definované cykly, je tvorba NC programu vcelku rychlá a je možné s ní vystačit. Další výhodou je možnost vytváření programu za chodu stroje, čímž se ušetří neefektivní čas.

Při větším počtu vytvářených NC programů není práce na panelu stroje s papírovým výkresem příliš efektivní, a pokud stroj při programování pracuje, je třeba ještě kontrolovat nástroj, odvod třísek i právě obráběný kus a mnohé další, čímž může v připravovaném programu vzniknout chyba. A při programování se do určité míry zatěžuje hardware řídicího systému stroje, což není, zvláště u starších strojů, zcela vhodné. Díky tomu, že dílenské programování je přímo součástí řídicího systému, není potřeba postprocesoru na překlad naprogramovaných dat pro NC stroj.

Značnou nevýhodou je omezení možnosti programování složitějších tvarů, což se stává velmi zdoluhavým a v mnoha případech se tvar součásti nedá ani popsat. Další nepříjemností je možnost koupě stroje, u kterého je přiložené dílenské programování zdarma. Ve chvíli, kdy chceme tuto softwarovou část používat, zjistíme, že není zcela zadarmo a pro daný typ operací je třeba dokoupit na ni potřebné moduly. Tím se prodlužuje doba programování a někdy je potřeba se smířit s tím, že program nejsme schopni do požadovaného tvaru dostat a stroj bude muset danou část obrábět dle předdefinovaných drah a tím tedy déle.



Obrázek 3-6 - Ukázka testu obrábění v ř. s. Heidenhain iTNC 530 [13; str. 27]

I když má dialogové programování větší možnost kontroly, než v ISO a to i ve 3D, je stále omezeno na kontrolu naprogramovaných drah. Také je zde omezena možnost volby polotovaru. Pro frézování je to kvádr a tyčovinu pro soustružení. Tím se znemožňuje kontrola správnosti vzhledem k požadovanému tvaru. Je sice možnost v některých případech polotovary definovat nebo importovat z určitých typů CAD programů, ale tím se program stává velice nepřehledným a složitým. Nemožnost volby polotovaru se stává velkým problémem, pokud nějakou součást obrábíme ve více krocích.[3; str. 14] [7; str. 5]

Největší uplatnění dílenského programování je zejména u začínajících provozů menších firem, kde se vyrábí jednoduché součásti o větším počtu kusů a kde nejsou velké zkušenosti s NC programováním. Ve společnosti GTW BERINGS je dílenské programování používáno na obrábění s přídatky na dokončení a dokončovací operace. Při charakteru kusové výroby tato metoda programování není zcela vhodná, neboť je třeba vytvářet velké množství programů a tím se prodlužují nevýrobní časy na strojích.

3.2 Distribuce programů

Velmi důležitou částí v procesu, který předchází samotné výrobě součásti je distribuce NC programu. Distribucí je myšlen přenos zhotoveného NC programu na stroj, pro který je určen a na kterém bude daná operace vyhotovena. Tato problematika je dnes velice rozšířena, neboť při dnešních výrobních procesech se NC stroje, díky svojí přesnosti a opakovatelnosti výroby, používají v praxi na velkou většinu operací.

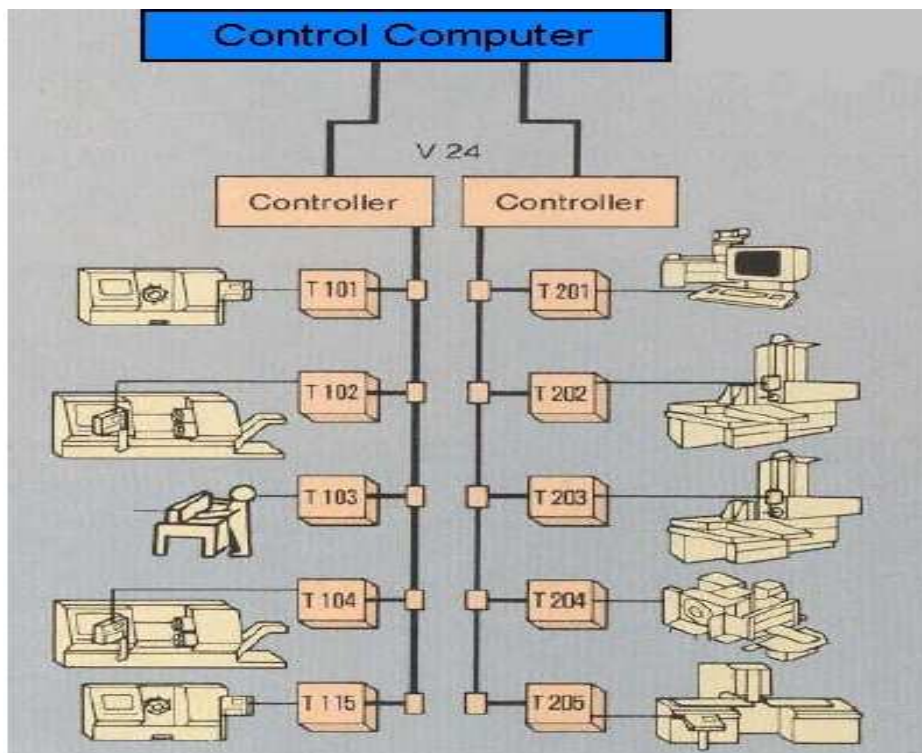
Metody, které usnadňují přenos dat z místa, kde byl program naprogramován až do stroje, prošly největším vývojem až s nástupem moderních technologií. Přenos dat pomocí magnetických nebo děrných pásek je dnes z hlediska velikosti NC programů zcela nepředstavitelný. Velkým skokem v přenosu dat bylo zavedení magnetických médií. Tímto způsobem se dala elektronická data přenášet na libovolnou vzdálenost a také jejich forma byla univerzální

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

díky ASCII kódu. Dnes už je však 3 1/2“ disketa jako hlavní představitel magnetických médií překonanou technologií a to především z důvodu objemu dat. Při generování drah pomocí CAD/CAM systémů zvláště když se jedná o tvarově složité plochy, je objem dat tak velký, že by byl jejich přenos jinak než pomocí paměťových zařízení nebo přímým spojením mezi počítačem, kde se dnes většinou programy vytváří, a strojem takřka neřešitelný. K tomuto účelu slouží DNC síť. DNC síť je dnes velice využívána jednak díky rychlosti a snadnému přístupu k datům, a také protože díky tomuto systému je dnes možné zjišťovat, co se na stroji právě děje, diagnostikovat chyby a sledovat mnohé další. [9; str. 21]

Dnes se DNC síť realizují pomocí síťového připojení LAN pomocí kabelů s koncovkou RS-232. Možné je použít zapojení páteřové, hvězdicové nebo jejich kombinaci. Dnešní moderní stroje, u kterých je již počítáno s přenosem velkého objemu dat, jsou vybaveny síťovým rozhraním LAN ETHERNET. To lze realizovat jak pomocí kabelového připojení přes UTP kabel nebo bezdrátovým rozhraním WIFI. [9; str. 23] [12],[15]



Obrázek 3-7 - Ukázka páteřového zapojení [9; str. 30]

Ve společnosti GTW BEARINGS se dnes používají v zásadě dva typy distribuce NC programů.

Software WIN DNC +

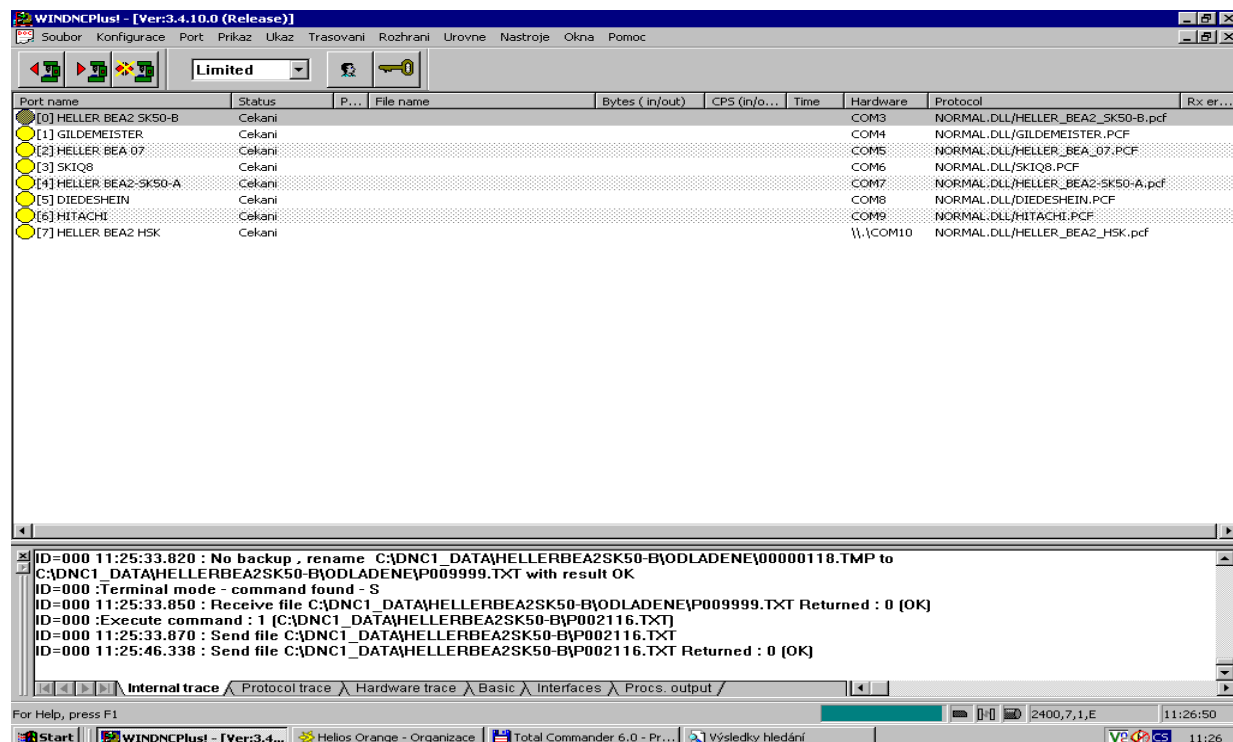
Prvním typem je použití softwaru WIN DNC +, který umožňuje kompletně spravovat NC síť systémem DNC a řídit spojení mezi počítačovou stanicí a řídicími systémy strojů. Tato DNC síť je realizována pomocí kabelového sériového rozhraní s RS232 koncovkou a zařizuje komunikaci mezi počítačovou stanicí a modemem jednotlivých strojů. Tento kabel použitý k přenosu je stíněný a galvanicky oddělený kvůli kvalitě signálu, neboť při ztrátě dat může dojít k nahrání chybného programu a tím k navýšení nevýrobních časů.

Systém WIN DNC+ pracuje v terminálovém módu. Systém tohoto módu neumožňuje volný přístup ze stroje k NC datům. Přístup je řešen tak, že při dodání dokumentace k dané součásti obsluha ze stroje zašle požadavek na server k poslání potřebného NC programu. Ser-

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

ver tento požadavek zpracuje a ze složky daného stroje, do kterého musí být vloženy jednotlivé NC programy pro součásti vyráběné na daném stroji, odešle požadovaná data na stroj. Do této složky po skončení výroby obsluha odešle odzkoušený NC program zpět a tak jsou na serveru uschovány obě verze programu. [15]



Obrázek 3-8 - Screen obrazovky WIN DNC+ [12]

Poslední výhodou tohoto systému je také možnost využití kontroly a zprávy nástrojů nebo částečné dálkové ovládání CNC systému. Tento systém je velice vhodný pro distribuci většího počtu programů na různé stroje, i když je nutné jednotlivé NC programy vkládat do složek každého stroje, jsou data snadno a rychle přístupná jak obsluze na daném stroji tak pracovníkovi který rozděluje práci. [15]

Tento systém je pro využití ve společnosti velice vhodný, neboť při ISO programování je třeba každému stroji zajistit program pro jeho řídicí systém, což software WIN DNC + umožňuje a tak je jeho použití efektivní.

Sít'ový disk

Druhým typem komunikace a distribuce se stroji je řešení přístupem stroje na společný síťový disk. Tento typ je využíván u strojů s řídicími systémy od společnosti Heidenhain. Tyto stroje mají zabudovanou síťovou kartu a tak je možné je zapojit do běžné počítačové LAN sítě. Zde je uplatněn systém přístupu k disku s NC programy. Ze stroje je možné se na tento disk připojit a vyhledat, zda již na danou součást NC program neexistuje nebo není-li uložen pro součást podobnou. Pokud ano, je třeba ho do stroje stáhnout a použít nebo ho na stroji upravit. Po skončení výroby je možné odzkoušený NC program opět uložit na disk.

Tento systém distribuce by byl pro daný typ výroby (který se na těchto strojích vyrábí) vhodný. Z firemní praxe však vyplývá, že ve společnosti nejsou dodržovány standardy při psaní NC programů a není zavedené jednotné číslování NC programů, které by jednoznačně určovalo systém psaní a pojmenování. Pro tento typ programování zde vznikají velké časové ztráty, zejména tím že každý pracovník používá v psaní NC programu určité odlišnosti a také není na každém stroji standardizována sada nástrojů.

1	TK LAVRT. 16	16	VRT. ϕ 5 TK	31	ZAHLOB. ϕ 15	46	FREZA ϕ 4
2	NAVRT. 25	17	ZAV. M6	32	ZAHLOB. ϕ 18	47	FREZA ϕ 1
3	VRT. volný	18	VRT. ϕ 6,8 TK	33	ZAHLOB. ϕ 20	48	SPIGLE R volný
4	VYHRUB. volný	19	ZAV. M8	34	NAVRT. ϕ 10	49	SPIGLE R volný
5	VÝSTR. volný	20	VRT. ϕ 8,5 TK	35	TK ϕ 18	50	FREZA ϕ 20 vol.
6	NAVRT. 12 prodl.	21	ZAV. M10	36	TK ϕ 20	51	FREZA ϕ 16 vol.
7	VRT. jako navrt. volný	22	VRT. ϕ 10,2 TK	37	TK defr. ϕ 25	52	KULOVA' vol.
8	VRT. prodl. volný	23	ZAV. M12	38	TK ϕ 40	53	VRT. ϕ 3,8
9	KUŽ. VÝSTR. volný	24	VRT. ϕ 14 TK	39	TK ϕ 50	54	VRT. ϕ mater. vol.
10	VRT. ϕ 2,5	25	ZAV. M16	40	TK ϕ 60	55	VRT. ϕ mater. ROU. vol.
11	ZAV. M3	26	VRT. ϕ 17,5 TK	41	TK ϕ 100	56	DEFR. vol.
12	VRT. ϕ 3,4 TK	27	ZAV. M20	42	CERMETA ϕ 80	57	
13	ZAV. M4	28	VRT. 6,8 prodl.	43	RO FREZA ϕ 32	58	
14	VRT. ϕ 4,2	29	VRT. 8,5 prodl.	44	VRT. X ₁₈ volný	59	
15	ZAV. M5	30	VRT. 10,2 prodl.	45	VÝSTR. X M7 volný	60	

Obrázek 3-9 - Příklad převodové tabulky nástrojů vypracované pracovníkem [12]

Proto pracovník, který hledá NC program pro zadanou součást a nepsal ho, neví, zda se shoduje s tvarem součásti nebo ji alespoň částečně odpovídá. Tak nemusí programu porozumět. Problém může nastat také s nástroji, které jsou v NC programu uvedeny, ty nemusí na stroji, kde se součást vyrábí, odpovídat číslování nástrojů na daném stroji.

3.3 Příprava výroby a nářadí, správa nářadí

3.3.1 Příprava výroby a nářadí

Příprava a plánování výroby je při dnešním způsobu organizace práce velmi důležitou součástí, neboť je velice nepříjemné a především finančně nákladné, když máme vyrábět součást a k dispozici není technologický postup, NC program nebo nástroj, bez kterého nemůže být daná práce vykonána. Příprava výroby ve společnosti GTW BEARINGS s.r.o. je velice organizačně a hlavně časově náročnou činností. Při typu výroby, který se ve společnosti praktikuje, jsou značné nevýrobní časy, při kterých je součást upínána do přípravku nebo do sklíčidla či svěráku, přípravě NC programu a přípravě nástrojů. Tyto časy zabírají na některých strojích až 2/3 výrobního času, a proto je nutné změnit určité aspekty, kterými by se čas na přípravu výroby značně zkrátil.

U strojů programovaných v ISO kódu jsou nevýrobní časy způsobeny především při upínání obrobků přípravou a seřizením nástrojů a jejich výměnou v zásobnících stroje. Soustružnická centra od společnosti Heller nebo Kitamura, které mají planetový systém upínání obrobku, se nevýrobní časy takřka odbourávají. Polotovár je upínán po dobu obrábění jiné součásti, a když je obrábění skončeno, stůl se otočí a celý proces začne znovu. Seřizování nástrojů a výměna nástrojů u těchto strojů není tak časově náročná, neboť tyto stroje jsou vybaveny velkoobjemovými zásobníky nástrojů a jejich obsah pokrývá převážnou část výroby na těchto strojích. U těchto strojů se pohybují nevýrobní časy okolo 5% pracovní doby. Na ostatních strojích, na které vytváří NC program programátor, zabírají nevýrobní časy na upnutí a seřizení okolo 5-10%.

Příprava výroby je také problémem u strojů s řídicími systémy Heidenhain neboť, zde i vzhledem k typu výroby zabírají nevýrobní časy podstatně větší část pracovní směny. Především časté psaní NC programů a seřizování stroje i nástrojů mohou zabírat až 60% směnového času, což je vidět z momentového pozorování - viz. Přílohy: *P1 Momentové pozorování na stroji WXH 100 CNC*, *P2 Momentové pozorování na stroji FNG 40 CNC*, *P3 Momentové pozorování na strojích typu SHW UF31*. Na tyto stroje nevytváří NC programy programátor, ale vytváří si je obsluha přímo na stroji. Vzhledem k tomu, že na strojích s řídicími systémy Hei-

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

denhain se provádí kusová výroba (často v počtu 2-3 kusů) nebo opravy, kde se často mění program i nástroje potřebné k práci, mohou tyto operace, které je třeba udělat před výrobou, zabírat několikanásobně více času než samotné obrábění.

Řídicí systém Haidenhain je vybaven možností Dialogového programování, což umožňuje vytvářet program přímo při běhu stroje. Toto je však ve společnosti GTW BEARINGS takřka nepoužitelné a to díky typu výroby. Stroje s řídicím systémem Heidenhain nejsou vybaveny zásobníky nástrojů a tak obsluha musí nástroje měnit ručně. V případě, kdy by obsluha chtěla vytvářet NC program za chodu stroje, znamenalo by to několikrát psaní přerušit a věnovat se právě obráběné části. Tento fakt by s velkou pravděpodobností znamenal vnesení chyby do programu a tím možnost poškození obrobku či stroje.

Seřizování nástrojů je na těchto strojích také časově velice náročná činnost. Opět se to vztahuje k typu výroby, neboť na pracovišti není možné mít všechny nástroje umístěny do držáků a tím, že na každou práci je nutné používat jiné nástroje, které se musí do držáků umístit a seřadit, jsou časy, kdy se na stroji neobrábí, značné.

3.3.2 Správa náradí

Skladování a vydávání nástrojů

Tento proces je dnes ve společnosti velice problematickou částí při plánování a výrobě součástí. Vzhledem k tomu, že pro jednotlivé stroje nejsou zavedeny standardizované sady náradí a nástrojů a také není soupis náradí, které je na jednotlivých strojích nebo se mezi nimi pohybuje, je velice náročné předem určit, zda daný typ výroby bude možné na konkrétním stroji uskutečnit. Tato skutečnost přináší značné komplikace jak při psaní NC programů, tak při plánování výroby.



Obrázek 3-10 - Jeden z držáků na nástroje [12]

Nástroje se aktuálně ve společnosti GTW BEARINGS distribují dvěma způsoby.

První je pro spotřební nástroje a vyměnitelné břitové destičky, které jsou třeba pro běžnou práci. Tento materiál je vydáván z výdejního automatu GRUMANT ASK 100, ze kterého si pracovník pomocí své čipové karty vyzvedne nový nástroj a použitý umístí do připravené schránky. Nespotřební nástroje a materiál jako jsou speciální frézy a soustružnické nože nebo břitové destičky se objednávají přes formulář u pověřeného pracovníka skladu.

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

Ke skladování nespotebných nástrojů a dalšího materiálu potřebného k provozu je používán automatický vertikální karusel MEGAMAT. Zde jsou uloženy především měřicí přístroje, jako jsou kalibry, měřky a další, dále pak specializované obráběcí nástroje a další výrobní i nevýrobní materiál.

Evidence nástrojů

Evidence nástrojů je řešena přes zavedený informační systém Helios Orange, kde se vytváří skladové karty pro nově zakoupené a vydané nástroje, ale tím se do evidence dostávají jen nové nástroje. Problém je s nástroji, které byly zakoupeny dříve, než byl tento systém zaveden, neboť u těch není známo, kolik a kde se nacházejí.

Obrázek 3-11 - Ukázka evidence nástroje z IS Helios Orange [12]

Popis nástrojů

Popis nástrojů je ve společnosti řešen elektrochemickým procesem-leptáním. Tento způsob nahradil dříve používaný popis gravírováním, protože nezatěžuje značený povrch a je možné jím vytvořit od textu až po složitá loga a grafiky. Na nástroje je leptán kód, který obsahuje jak část z karty u IS HELIOS tak část, kde je zapsáno číslo zaměstnance.



Obrázek 3-12 - Souprava na popis nástrojů a ložisek pomocí leptání [12]

Na každém stroji se nachází jiné vybavení, neboť jednotlivé stroje dělají odlišný typ práce. Ve společnosti se nachází stroje, na kterých je vytvářena kusová výroba, kde je pro každou součást nutný rozdílný nástroj až po malosériovou výrobu, kde se mění jen rozměr obráběné součásti a používají tři nástroje stále dokola. Nicméně na většině strojů je více nástrojů než je potřeba k výrobě a tím vznikají společnosti značné ztráty, neboť když má mít každý stroj svoji samostatnou výbavu a to především i se specializovanými nástroji, jsou finanční prostředky značné. Tato situace je nejhorší na strojích s řídicím systémem Heidenhain a to především na strojích TOS a SHW. Je pravda, že na těchto strojích se provádí kusová výroba nebo oprava poškozených kusů a je zde potřeba pro každou práci velice rozličného vybavení, ale i při tomto typu výroby je strojní výbava na těchto strojích příliš velká.

3.4 Slabá místa

3.4.1 Programování

Největším problémem v programování je jeho nejednotnost, neboť NC programy vytváří obsluha na každém stroji a tím se prakticky znemožňuje přenosnost NC programů na jiné stroje, než na kterém byla napsána a tím se prodlužují nevýrobní časy a vznikají finanční ztráty. Toto je problém především na strojích s řídicím systémem Heidenhain. U strojů, na které vytváří NC programy programátor, je velký nedostatek jeho vytížení, které vede až k tomu, že potřebné programy nejsou k dispozici a také velké množství používaných řídicích systémů, na které je třeba znát velké množství syntaxí, které může vést k vnesení chyby do programu.

3.4.2 Správa náradí

Největší slabinou je, že velká část nástrojů není zaevidována, a tím vznikají velké výdaje při koupi drahých nástrojů, které již na jiném pracovišti jsou a jejichž využití je minimální.

4 Návrh a rozbor řešení vedoucích k optimalizaci a k zefektivnění procesu programování a přípravy výroby

4.1 Návrh řešení

Společnost GTW BEARINGS je rostoucí společností, která se velice dobře rozvíjela i během ekonomické krize, s dobrými vyhlídkami do budoucna a to jak z pohledu trhu, neboť její výrobky jsou dnes velice žádané, tak i z pohledu kvality, bez které by její výrobky neměly na dnešním moderním trhu šanci se prosadit. Vzhledem k velkému rozvoji, který společnost učinila, jsou její způsoby programování velice neefektivní a zastaralé. Programování v ISO kódu je velice zdouhavé a na velký počet programů, které společnost potřebuje vytvářet, zcela nevhodný. Taktéž dílenské programování, které se využívá na strojích s řídicím systémem Heidenhain, není nejlepší variantou pro daný typ výroby.

Ve společnosti se největší nedostatky vyskytují na strojích s řídicím systémem Heidenhain, na kterých vznikají značné nevýrobní časy tím, že nejsou programy připravovány mimo stroj, ale přímo na něm. Řešení problému s programováním těchto NC strojů je několik a jejich výhody a nevýhody budou zhodnoceny dále.

4.1.1 Navrhované varianty pro programování

Prvním řešením je ponechat aktuální stav programování se zavedením standartu pro psaní programů přímo v Dialogovém okně na stroji. Pokud by byla řešena správa nástrojů a jednotlivé stroje by měly standardizovanou sadu nástrojů, byly by programy přenosné, a tak by se daly použít na jiné stroje s řídicím systémem Heidenhain.

Další možností je zakoupení programovací stanice přímo od společnosti Heidenhain. Programovací stanice pokryje stroje pro jeden řídicí systém, což by také odstranilo největší nevýhody programování na stroji.

Poslední možností, která by vedla k zefektivnění programování je zakoupení CAD/CAM systému. CAD/CAM systém je součástí integrované výroby počítačem (CIM-Computer Integrated Manufacturing). CIM je v dnešní době při stálém tlaku na zkracování výrobních i nevýrobní časů při udržení přesnosti a kvality výroby velice vhodným nástrojem na udržení konkurenceschopnosti. Na dnešním trhu je mnoho výrobců těchto systémů a je třeba zvolit takový, který by poměrem cena/kvalita nejlépe vyhovoval požadavkům společnosti. [6; str. 9],[7; str. 1-16]

4.1.2 Navrhované varianty u správy nástrojů

Ve společnosti již částečně funguje systém distribuce a evidence nástrojů a přípravků. Pro spotřební nástroje je kompletně řešen výdejním automatem GRUMANT ASK 100. Tento systém je velice vhodný a u spotřebních nástrojů není třeba systém měnit.

Pro nespotební nástroje, které jsou již evidovány v IS HELIOS ORANGE je možnou variantou uložení v karuselu MEGAMAT nebo ve skladu přípravku a náradí, kde jsou uloženy nástroje, které nejsou právě potřebné k výrobě. Pro neevidované nástroje, které jsou na strojích v nástrojových sadách, by bylo vhodným řešením provést inventuru nástrojů. A na každý stroj poté přidělit nástrojovou sadu podle typu výroby. Tyto sady by ušetřily nákup nástrojů, které nejsou využívány tak často a také by umožnily tvořit programy přenosné mezi jednotlivými stroji.

4.2 Rozbor řešení

4.2.1 Zavedení standartu programování

Standarty programování, které dnes ve společnosti nejsou vůbec nebo jsou jen částečné, ale především nejsou dodržovány, by vyřešily některé problémy na strojích s ř. s. Heidenhain.

Jednalo by se o zavedení jednotné syntaxe programování a o sjednocení všech ostatních činností, které tento proces doprovázejí. Taky aby se NC program stal použitelný na všech verzích ř. s., které se ve spol. vyskytují. Dále by bylo nutné vytvořit tabulku, která bude obsahovat nástrojové vybavení strojů a převod mezi jejich umístěním v jednotlivých ř. s. Tato část by tedy přesně vymezila, podle jakého systému bude NC program sestavován a jaké nástroje jsou na každé konkrétní pozici v řídicích systémech na jednotlivých strojích umístěny. Podobný systém byl dříve již zaváděn, ale není dodržován a také nebyla vytvořena převodová tabulka.

Číslo nástroje	Stroje				
	WXH	WHN	SHW 1
T1	MFTK- \varnothing 20	MFRO- \varnothing 16	FRTK90- \varnothing 40
T2	MVRO- \varnothing 10	FRTK45- \varnothing 16	VOLNÉ
T3	MFRO- \varnothing 16	VOLNÉ	MVRO-- \varnothing 25
.
.

Obrázek 4-1 - Návrh převodové tabulky mezi jednotlivými stroji

Následuje pak zavedení jednotného systému pro pojmenovávání NC programů. Zde by se jednalo o vytvoření nového systému, podle kterého by byl každý program pojmenován. Toto pojmenování by nově obsahovalo, jak jméno autora, tak číslo stroje na kterém byl vytvořen a také typ součásti pro kterou byl program vytvořen.

Typ výrobku	ČÍSLO STROJE	ČÍSLO ZAMĚŠTNANCE	NÁZEV PROGRAMU
SEG-A	SHW-1	01234	SEG-A-SHW-1-01234
SEG-R
LOZ-A
LOZ-R
LOZ-RA

Obrázek 4-2 - návrh nového pojmenovávání NC programů

Pro součásti, které již byly vyráběny, by NC program byl k dispozici a byl by použitelný na kterémkoliv stroji s ř. s. Heidenhain. Pro součásti, které jsou podobné, by se program dal podle převodové tabulky upravit a doladil. Pro nové součásti nebo opravy by však bylo nutné vytvořit nový NC program.

V případě zavedení programovacích standardů by se neodstranily všechny problémy, které se na strojích s ř.s. Heidenhain vyskytují. Výhodou je, že pořizovací cena u tohoto systému je minimální. Pohybuje se v řádech tisíců. A také čas potřebný na nasazení by byl velice krátký. Došlo by i k úspoře nevýrobních časů, i když tímto způsobem by se nevýrobní časy pouze zkrátily.

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

Neřeší to však všechny problémy, které se při programování strojů ve společnosti GTW BEARINGS vyskytují. Zůstávají zde nevýrobní časy a také tento systém neřeší problémy, které se vyskytují při ISO programování.

4.2.2 Programovací stanice

Jedná se o přenesení dialogového prostředí ze stroje do počítače. Stanice je samostatným řídicím systémem, který není připojen na stroji, ale je umístěn samostatně. Na stanici je možné programy vytvářet, editovat, simulovat a další, ale k výrobě je potřeba NC program odeslat na stroj, kde se součást vyrobí. Tím je možné programy vytvářet mimo výrobní stroj, jehož hodinová práce je ve srovnání s programovací stanicí daleko dražší. [7, str. 2]

Tímto nám programovací stanice velice efektivně řeší největší problém a to velké nevýrobní časy na strojích s ř. s. Heidenhain. Touto variantou by se také vyřešil problém s nejednotnou syntaxí a číslováním NC programů, neboť by je vytvářela jedna osoba. A pokud by na strojích byla známa nástrojová výbava, byl by vyřešen také problém s číslováním nástrojů vkládaných do programu.

Nevýhodou je obsluha, pro kterou by bylo nutné přijmout nového pracovníka a vyškolit ho. Další možností je přesunutí pracovníka z jednoho ze strojů, který již je seznámen s obsluhou řídicího systému. Poté by ale bylo nutné vyškolit nového pracovníka na obsluhu stroje. Proto je ještě nutné k pořizovací ceně stanice připočítat také plat jednoho pracovníka. Tato částka bude již trvalou finanční položkou, kterou nebude možné odstranit. Další nevýhodou, je že programovací stanice řeší jen ř. s. od jednoho výrobce, v tomto případě výrobce Heidenhain. V případě, že by se společnost rozhodla pořídit stroj s jiným ř.s., jeho programování by bylo nutné vyřešit jinak. Což by přineslo, buď další práci už tak vytíženému programátorovi, nebo v případě, že by se jednalo o stroj s řízením ve více osách, by bylo nutné zakoupit CAD/CAM systém.

Programovací stanici je možné pořídit přímo od společnosti Heidenhain. Tato stanice by pokryla všechny doposavad použité verze ř. s. Heidenhain. Programovací stanici je možné nainstalovat na libovolné PC. Panel, který se nám na PC otevře je shodný s panelem stroje a tak je možné pracovat ve stejném prostředí jako je na stroji. Stejně jako na stroji jsou i ovládací prvky, neboť ke stanici je k dispozici fyzická klávesnice, kterou je možné připojit na PC nebo klávesnice virtuální, která se dá v počítačovém prostředí zapnout, čím je při programování každý stisk klávesy stejný. Tím se nám z PC stává plnohodnotná stanice, se kterou se obsluha, která již s ř. s. pracovala, nemusí nic učit.



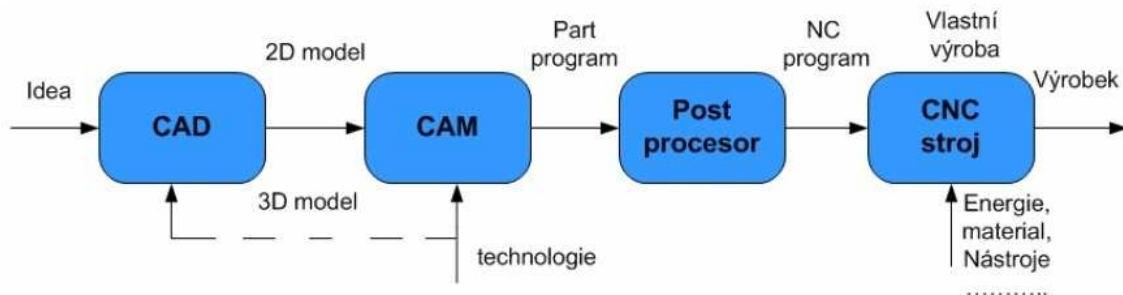
Obrázek 4-3 - Programovací stanice od společnosti Heidenhain s externí klávesnicí

Při programování je možné psát NC program jak v ISO kódu, tak především i dialogovém prostředí s grafickou podporou. Při dialogovém programování je možné využívat funkce volného programování-FK. S tím si lze při mnoha případech ušetřit práci při programování. Tyto funkce se používají tam, kde neznáme všechny potřebné parametry. Zadání určitého minimálního počtu parametrů, který je pro každý případ rozdílný. Systém vypočte možné varianty řešení a zobrazí je. Z těch pak můžeme vybrat vhodnou variantu nebo doplnit nějaký parametr a tím upravit výběr. Tento způsob nám může usnadnit psaní NC programu. Když vytváříme program pro nějaký tvar, který je složitý a nejsou u něho zakótovány všechny parametry, není nutné při použití volného programování tyto hodnoty doměřovat z výkresu, ale systém je dopočítá za nás. FK funkce jdou volně kombinovat s klasickými příkazy pro stroj. Tím je možné část součásti popsat klasicky a část pomocí FK funkcí, což nám dává značné možnosti. Další funkcí, kterou je programovací stanice od společnosti Heidenhain vybavena, jsou SL cykly. Ty jsou na rozdíl od klasického řídicího systému, který je dodáván na stroje, součástí základní verze. V případě SL cyklů se již přibližujeme programování v CAD/CAM systému. Tyto cykly fungují tak, že do podprogramu se zapíše tvar součásti. Tato pomocná geometrie se poté vloží do cyklu pro hrubování nebo pro dokončení kontury a další.

Dalšími funkcemi je automatické programování, kterým je možné organizovat, měřit nebo komunikovat s výměníky nástrojů, paletovou výměnou nástrojů i jinými stroji. Také funkce kontroly a testování programů je možná v mnoha ohledech. Je pravdou, že značným omezením je možnost volby polotovaru. Jako polotovar je možné zvolit pouze kostku u frézování a kruhovou tyč pro soustružení. Je sice možné načíst data z CAD systému a použít je jako polotovaru, ale komptabilita s jinými systémy není moc dobrá a použití těchto dat je velice náročné a ne příliš používané. Při kontrole je možné zapnout funkci DCM, která slouží jako detekce kolizí a to především při obrábění v 5ti osách. Systém obsahuje ještě mnohem více dalších částí, které nejsou tak využívány nebo nejsou vhodné pro použití ve společnosti. [1; str. 59],[2, str. 106],[6; str. 21],[12]

4.2.3 CAD/CAM systém

CAD/CAM označuje systém návrhu a přípravy výroby který se kompletně odehrává v počítačovém prostředí. Lze je chápat jako souhrn jednotlivých činností, které probíhají v daných rozhraních a provázejí výrobek od návrhu až po samotnou výrobu.



Obrázek 4-4 - Schéma CAD/CAM systému [8; str. 8]

CAD - (Computer Aided Design-počítačem podporované navrhování) tento modul zajišťuje přenesení nápadu do počítače. Jedná se o zanesení geometrie pomocí interaktivní formy do modelu. Tento model představuje základní databázi prvků, které byly na součásti vytvořeny, a je základem pro výrobu součástí. Modely jsou realizovány buď ve 2D, což znamená, že máme jen obrys součásti nebo ve 3D, což je objemový model součásti. Dnes se nejvíce využívají 3D modely, které jsou přesnou kopií vlastní součásti.

CAM – (Computer Aided Manufacturing – počítačem podporovaná výroba) označuje systém přípravy dat pro NC stroje s CNC řídicím systémy. Zde se určí, jaký polotovar bude pro součást použit a nadefinuje se, jaké technologické operace se použijí, aby byla součást obrobena dle požadavků. Využívá se dat z CAD systémů. Z CAM systému se vygenerují data, která jsou technologií výroby dané součásti. Také umožňuje simulaci dané technologie, automatický sběr dat ze stroje a další.

Postprocessor je softwarový převodník dat z CAD/CAM systému do dat, která jsou srozumitelná pro jednotlivé stroje. Zajišťuje převod CL dat, která jsou generována z CAMu na NC data pro konkrétní stroj.[8; str. 10],[16]

V dnešní době je na trhu velký sortiment CAD/CAM systémů. V našem případě byli zvoleni dva zástupci. NX CAM od společnosti Siemens PLM Software, který je vhodný, protože ve společnosti GTW BEARINGS, s.r.o. je zaveden CAD systém Solid Edge, který je od stejné společnosti. A druhým zástupcem je SPRUT CAM od společnosti SOLICAD, s.r.o., který byl zvolen pro příhodnou cenu.

4.2.4 SPRUTCAM

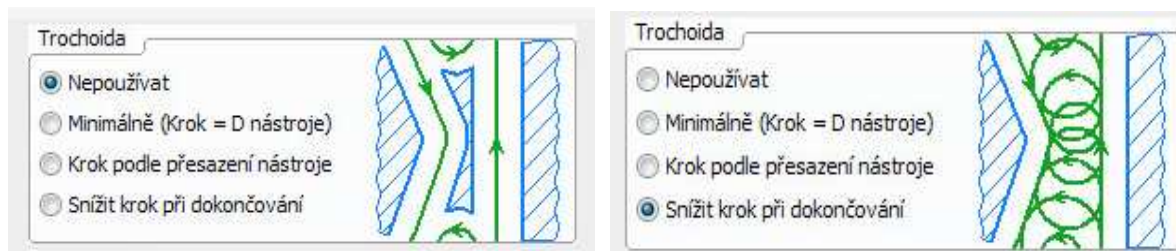
Jako jedna z možných variant řešení byl zvolen CAM systém od společnosti SOLICAD, s.r.o. - SPRUTCAM verze 7. Jedná se o dynamicky se rozvíjející software s velkou spoustou funkcí, které usnadňují tvorbu technologie.

SPRUTCAM obsahuje v závislosti na verzi od 2 osových operací jako je soustružení, frézování nebo řezání. U řezání je možné použít variantu s kyslíkovým plamenem, laserem, plasmou a další. Soustružení obsahuje velké množství přednastavených cyklů od klasických, jako jsou cykly čelní soustružené nebo podélného hrubování až po specializovanější cykly na upichování, zapichování, řezání závitů a další. Dvouosé operace lze také použít na frézování. [17]

Katedra Technologie Obrábění

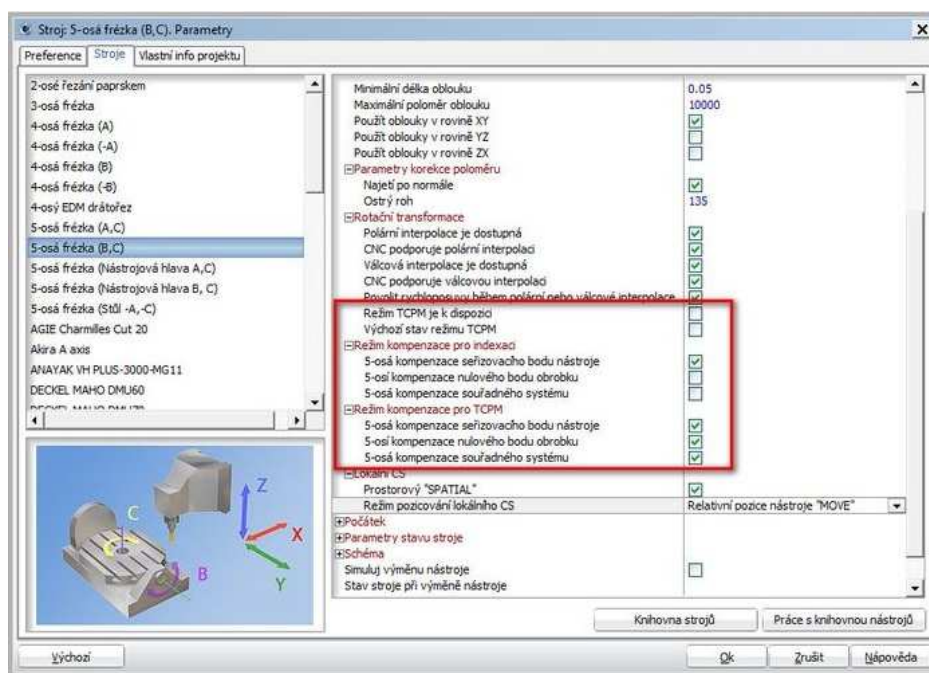
Luboš Kroft

Dále pak lze zakoupit verzi na 2-1/2 osové a 3 osové obrábění, které se uplatní nejvíce u frézování. Zde se také nejvíce uplatní funkce trochoidního obrábění, která vytváří hladké dráhy nástroje, které jsou pro obrábění optimálnější a tak stroj není nucen tolik korigovat rychlost a tudíž se neprodlužují časy na obrábění. [17]



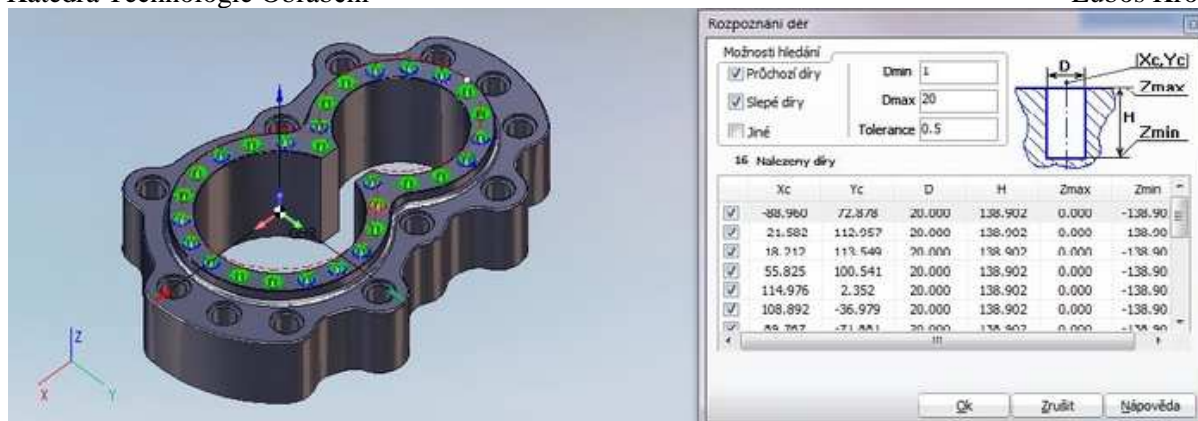
Obrázek 4-5 - Dráhy nástroje bez použití funkce trochoida a s použitím [17]

SPRUTCAM nabízí také možnost 4 a 5 osového obrábění. Pro tento typ je zde funkce MULTIGOTO. Jsou zde dvě možnosti použití dle varianty stroje. Klasické 5 osé obrábění nebo obrábění pomocí funkce TCPM (Tool Center Point Management). TCPM funguje jako 3 osové obrábění, ale při změně 4 a 5 osy se také natočí souřadný systém a program zkoriguje nulový bod do nové polohy. Tím je možné řídit stroj ve více osách a jedná se tak o druhý způsob víceosového obrábění. [17]



Obrázek 4-6 - Ukázka 5 osového obrábění v programu SPRUTCAM [17]

Další funkce, které podporují obrábění, je operace zbytkového obrábění. Jde o odstranění zbytkového materiálu, který neodebral předchozí nástroj. Pro takovouto operaci je polotovar počítán jako materiál, který zůstal na obrobeném povrchu po všech předešlých operacích. Také zde lze nastavit ignorování (camping) nebo naopak rozpoznávání otvorů a děr předem definovaných tvarů, které se často vyskytují. [17]



Obrázek 4-7 - Rozpoznání předdefinovaných tvarů [17]

V případě SPRUTCAM jde o inteligentní systém s dobrou nápovědou, který umožňuje rychlé a efektivní programování. Velký počet automatických funkcí založený na analýze modelu optimalizuje proces obrábění a tím urychluje vytvoření NC programu. Velkou výhodou tohoto systému je cena, která je nižší než u softwaru srovnatelné úrovně.

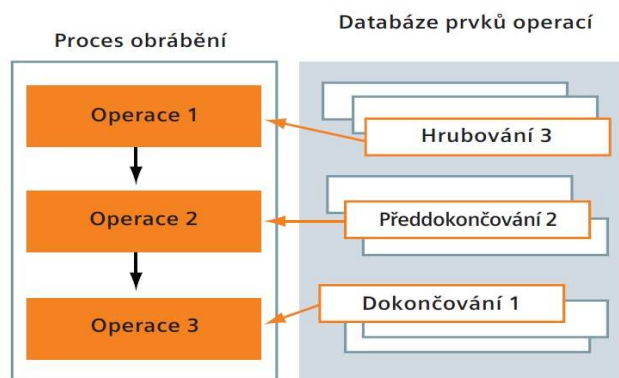
4.2.5 NX CAM

NX CAM se řadí mezi velké CAM systémy, které mají velkou oblast použití a to od možnosti úpravy modelu přes tvorbu technologie a také i testování vytvořeného NC programu a mnoho dalších. NX CAM verze 8 je posledním z řady CAM systémů od společnosti Siemens.

NX CAM je dostupný od verze s 2-1/2 osovými operacemi jako je vrtání, klasické soustružení nebo konturové frézování. Dále je možné použití 3 osových obráběcích operací, které se dnes již běžně používá při většině frézovacích operací. NX CAM také nabízí možnost obrábění ve více osách, které se nejvíce uplatní při výrobě tvarově složitých součástí. Další možností u konvečních metod obrábění je možnost přípravy technologie pro multifunkční obráběcí centra, kdy je možné snadno zkombinovat soustružnické a frézovací operace. [18]

Dále je zde možnost použití nekonvenčních metod obrábění, jako je drátové řezání, které je v NX CAMu zastoupené funkcí EDM. A také možnost použití vysokorychlostního obrábění, které je obsaženo třeba ve funkci STREAMLINE umožňuje zachovat vysokou míru úběru i při dodržení maximální míry zatížení nástroje. [18]

Další součástí jsou funkce podporující obrábění jako je REST MILLING, což je funkce, která automatizuje odstranění zbytkového materiálu z předchozí operace a tím je zajištěna maximální efektivita obrábění. Při dokončování je velice praktické použití funkce HUB FINISHING, která zajistí optimální dráhy nástroje. Nad tyto obecné funkce je NX CAM vybaven několika specializovanými funkcemi. Především je to funkce FBM (Feature-based machining), která umožňuje z konstrukčního modelu součásti automaticky vygenerovat optimalizované obráběcí programy. Jde zde o rozpoznání více prvků součásti, kterým jsou přiřazeny jednotlivé operace. [18]

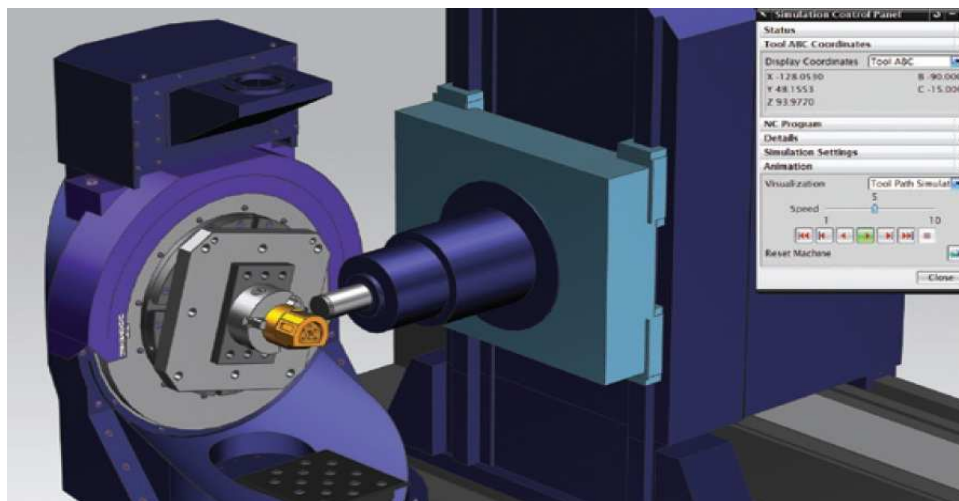


Obrázek 4-8 - Struktura výběru operací při FBM [18]

Tvary lze do databáze prvků libovolně přidávat a upravovat. Lze také nastavit pro jednotlivé tvary, jakým procesem obrábění má vybraná část projít. Tedy zda se bude tvar hrubovat, předdokončovat a dokončovat nebo zda stačí obrobít tvar pouze nahrubo. Dále pak funkce PMI DRIVEN MACHINING, což je řízení obrábění prostřednictvím výrobních informací. Tedy systém umí uzpůsobit výběr výrobních operací na základě hodnot drsností, tolerancí nebo jakosti povrchu. NX CAM obsahuje i mnoho dalších funkcí, které usnadňují a zefektivňují obrábění. [18]

Další součástí systému NX CAM je část PostBuilder, který umožňuje tvorbu a editaci postprocesorů. Tím je možné kromě standardních postprocesorů, které je možné získat z databáze, vytvořit postprocesor pro jakýkoliv řídicí systém. [18]

Simulace obrábění je jednou z hlavních výhod řešení NX CAMu. Mimo simulace drah vzhledem k modelu a kontroly zbytkového materiálu lze v systému zobrazit také řídicí prostor stroje a tím omezit kolize se strojem. Pro řídicí systémy Siemens je při simulaci možné použít funkci Virtual NC Controller Kernel, kdy je v simulaci použit reálný software řídicího systému stroje. Tímto můžeme při simulaci reprezentovat aktuální nastavení stroje. [18]



Obrázek 4-9 – Simulace obrábění v Virtual NC Controller Kernel módu [18]

NX CAM obsahuje také CAD systém pro rychlou úpravu modelů nebo přípravu modelů vlastních. Výhodou je dobrá vazba mezi NX CAM a SOLID EDGE, který je již ve společnosti používán, neboť to jsou oboje produkty od společnosti Siemens PLM Software. Použít je však možné data z libovolného CAD systému. [18]

NX CAM je velice rychlým a efektivním řešením při tvorbě technologie na požadovanou součást pro jakýkoliv NC stroj s CNC řídicím systémem. Neboť tento systém obsahuje od

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

CAD modulu přes moduly CAM a možnost DNC až po závěrečnou kontrolu ve virtuálním stroji. Je velice vhodný pro nasazení v podnicích, kde je třeba velice rychle a efektivně připravovat NC programy pro velké množství různých výrobků.

5 Ekonomické a procesní zhodnocení navržených variant

5.1 Hodnocení variant z ekonomického hlediska

V současných ekonomických podmínkách je pro každou společnost stále obtížnější získat konkurenční výhodu a tím dosáhnout větších zisků než jiní výrobci. Základní otázkou pro vedení společnosti se tedy stává, jakým způsobem tuto výhodu získat. Docílit toho lze dvěma způsoby. První je zvyšování technické úrovně výroby při zachování stávající ceny, což vyžaduje neustálý technický rozvoj, který ale nemá zaručené výsledky. Takto většinou postupují velké podniky se silným finančním zázemím. Druhý způsob je zvýšit hospodárnost výroby a tím snížit cenu oproti konkurenčním společnostem. Zvyšování hospodárnosti výroby při zachování její technické úrovně je pro mnoho podniků velice výhodným řešením. Jedná se o snížení nákladů, které jsou spojené s výrobou. [4; str. 4], [5, str. 59]

5.1.1 Ukazatele

Ukazatele slouží k popisu jednotlivých procesů tak, aby bylo jasné, podle jakých kritérií je daný proces hodnocen. Každý ukazatel má své jednoznačné jméno a náplň, která je definována jako veličina ukazatele, hodnoty a jednotky. Důležitým bodem je, že každý ukazatel musí mít určitou vypovídací hodnotu. [4; str. 7]

Při každém rozboru je nutné vybrat mezi individuálními ukazateli, které si zvolíme dle účelu rozboru. Nebo zda zvolíme přesně definovanou soustavu ukazatelů. [4; str. 7]

Ukazatele lze rozdělit podle obsahu na ukazatele finančního typu a na technickoekonomické ukazatele. Technickoekonomické ukazatele se využívají především u výroby při rozboru výrobních činitelů nebo výrobních postupů. Zde se používají technické, ekonomické i smíšené ukazatele a to k popisu využití výrobních kapacit, produktivity práce a dalších. [4; str. 7]

5.1.2 Hodnocení výrobních variant

Při každé výrobě je možné zvolit několik výrobních variant, kterými lze výrobní proces zefektivnit. Všechny tyto varianty mohou vést k požadovanému výsledku, ale každá z nich má jiné ekonomické nároky a tedy i hospodárnost procesu. Hospodárnost procesu lze hodnotit z několika pohledů. Hospodárny proces může šetřit finanční prostředky, materiálové náklady nebo třeba lidské zdraví. Významem ekonomického hodnocení výroby je posouzení a výběr varianty, která bude nejlépe vyhovovat hospodárnosti procesu a má nejmenší pořizovací náklady, přičemž kvalita výroby zůstane stejná nebo mírně klesne. [4; str. 10]

5.1.3 Porovnání nákladů na základě vlastních nákladů výrobních variant

Při porovnání vlastních nákladů výroby je důležité zvolit jednici (kus, dávka a další), ke které vztahujeme kalkulaci jednotlivých technologických variant. V našem případě byla použita roční cena programování jako náklady závislé na výrobě a pořizovací cena výrobní varianty jako náklady nezávislé na výrobě. Součtem těchto položek dostaneme náklady, které je nebo bude třeba vynaložit ve spojení s programováním.

Výchozí stav přípravy programů ve společnosti GTW BEARINGS, s.r.o.

Dnes jsou stroje s řídicím systémem Heidenhain programovány pracovníky přímo na stroji. Proto do ceny práce na stroji zasahují jak prostředky na plat obsluhy tak také sazba stroje. Tyto náklady jsou trvalé, a proto je třeba je započítat do nákladů, které jsou nutné

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

k výrobě. Některé stroje pracují ve dvousměnném provozu, a tak je fond hodin vyčíslen pro tento typ provozu. Plat programátora zde není zahrnut, neboť jeho práce nezahrnuje programování strojů s řídicím systémem Heidenhain.

Hodnotu vlastních nákladů získáme jako součet fixních a variabilních nákladů, které se podílejí na přípravě programů:

$$N = FN + PoN \text{ [Kč]}$$

N... Náklady spojené s programování při dané variantě

FN... Fixní náklady jsou brány jako náklady, které jsou spotřebovány na programování

PoN... Pořizovací náklady jsou brány jako náklady potřebná na pořízení dané varianty

Hodinová sazba stroje: 1000 [Kč/h]

Pracovní doba při dvousměnném provozu: 7,75 [hod]

Roční fond hodni: 1945,25 [hod]

Náklady na roční provoz stroje: 1 945 250 [Kč]

Náklady na nevýrobní časy na jednom stroji jsou 20- 25% pracovní doby: 389 050 [Kč/rok]

Náklady na dobu programování na jeden stroj: 15- 20% pracovní doby: 291 788 [Kč/rok]

Tímto způsobem je programováno 5 strojů s ř.s. Heidenhain. Tři stroje pracují ve dvousměnném provozu a je tedy zapotřebí je započítat dvakrát.

$$3 \times 2 + 2 \times 1 = 8 \text{ [strojů]}$$

Proto tedy započítáváme náklady na programování pro 8 strojů.

Ukazatel	Původní stav
Pořizovací náklady (PoN) [Kč]	0
Roční náklady na programování (FN) [Kč]	8* 291 788 = 2 334 304
Roční vlastní náklady výchozího stavu (N) [Kč]	2 334 304+ 0 = 2 334 304

Tabulka 1 – Náklady na programování na počátku

Náklady přípravy programů při zavedení programovacích standardů

V tomto případě jsou ceny na pořízení minimální. Ale zůstává čas na programování strojů, čímž vznikají ztráty. Oproti výchozímu stavu se na programování strojů snížila. Při zavedení standardů by se doba na přípravu programů zmenšila asi na 7-10% z pracovní doby.

Náklady na dobu programování na jeden stroj: 10 % pracovní doby: 194 525 [Kč]

Ukazatel	Zavedení programovacích standardů
Pořizovací náklady (PoN) [Kč]	5 000-10 000
Roční náklady na programování (FN) [Kč]	$8 * 194\,525 = 1\,556\,200$
Roční vlastní náklady výrobní varianty (N) [Kč]	$1\,556\,200 + 10\,000 = 1\,566\,200$

Tabulka 2 - Náklady na programování při použití standardů programování

Náklady přípravy programů při zakoupení programovací stanice od společnosti HEIDENHAIN s.r.o.

Při řešení problematiky touto variantou bychom se zbavili nevýrobních časů, které se vyskytují při psaní programů na stroji. Nevýhodou je nutnost přijmutí nového THP (technicko-hospodářského pracovníka) a tím tedy výdaje spojené s jeho platem, které se již stanou trvalými. Hodinová práce strojů zde již není zahrnuta, neboť programování se odehrává mimo stroj.

Hodinový plat programátora: 130 [Kč/h]

Pracovní doba při jednosměnném provozu: 8 [hod]

Roční fond hodni: 2008 [hod]

Roční plat programátora: 261 040 [Kč]

Náklady spojené s pracovním místem: 335 000 [Kč/rok]

Roční náklady na programátora: $261\,040 + 335\,000 = 596\,040$ [Kč]

Ukazatel	Zavedení programovacích standardů
Pořizovací náklady (PoN) [Kč]	75 000
Roční náklady na programování (FN) [Kč]	596 040
Roční vlastní náklady výrobní varianty (N) [Kč]	$596\,040 + 75\,000 = 671\,040$

Tabulka 3 - Náklady na programování při použití programovací stanice od společnosti Heidenhain

Náklady přípravy programů při zakoupení SPRUTCAM

Řešení pomocí CAM systému přináší výhody v komplexnosti tohoto řešení. Kromě toho že řeší problém se stroji s ř. s. Heidenhain je také řešením pro ostatní NC stroje ve společnosti. Do tohoto řešení vstupují ještě další činitelé, které je třeba zahrnout. Jedná se o přípravu CAD modelů, které nejsou vždy k dispozici. Dále je také třeba zahrnout, že CAM systém by měl být nasazen i na stroje, na kterých byly původně vytvářeny programy v ISO kódu a měl by tak ulehčit práci programátorovi. Dle vytížení by se CAM systémem dalo obsáhnout 20-40 % práce programátora.

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

Roční náklady na programátora: 596 040 [Kč]

Náklady na výrobu CAD modelů konstruktérem: 450 000 [Kč/rok]

Úspora nákladů z platu původního programátora: 238 416 [Kč/rok]

Ukazatel	Zavedení programovacích standardů
Pořizovací náklady (PoN) [Kč]	240 000
Roční náklady na programování (FN) [Kč]	596 040 + 450 000 – 238 416 = 807 624
Roční vlastní náklady výrobní varianty (N) [Kč]	807 624 + 240 000 = 1 047 624

Tabulka 4 - Náklady na programování při použití softwaru SPRUTCAM

Náklady přípravy programů při zakoupení NX CAM

Tato varianta má podobné technické parametry jako řešení v kapitole 5.1.9. Rozdíl je v pořizovací ceně a také v komfortu práce a možnostech podpory. Tyto aspekty budou řešeny dále. Platy pracovníků zde nejsou zahrnuty, protože programování se již odehrává mimo stroj.

Ukazatel	Zavedení programovacích standardů
Pořizovací náklady (PoN) [Kč]	750 000-900 000
Roční náklady na programování (FN) [Kč]	596 040 + 450 000 – 238 416 = 807 624
Roční vlastní náklady výrobní varianty (N) [Kč]	900 000 + 807 624 = 1 707 624

Tabulka 5 - Náklady na programování při použití softwaru NX CAM

5.1.4 Roční úspora jednotlivých variant

Každý výrobní proces má určité náklady, které jsou spojeny s jeho chodem. Při hlubším zkoumání zjistíme, že některé náklady jsme schopni ovlivnit a některé nikoliv. Proto je důležité náklady na výrobu vyčíslit a oddělit náklady, které jsme schopni ovlivnit. Tyto náklady se poté dají určitými úpravami a modernizacemi snižovat a to nám přináší úspory. Pod slovem úspora se nemusí skrývat jen finanční snížení nákladů. Úspory mohou být časové, materiálové, personální a další.

Při vyčíslení úspory odečteme náklady na programování zvolené varianty od původních nákladů. Tato hodnota nám říká, jaký je rozdíl v nákladech nové varianty oproti původnímu stavu. [4, str. 48]

$$\dot{U}_r = VNV_s - VNV_n \text{ [4, str. 48]}$$

\dot{U}_r ... úspora roční [Kč/rok], [4, str. 48]

VNV_s ... vlastní náklady výroby stávající technologie [Kč/rok], [4, str. 48]

VNV_n ... vlastní náklady výroby nové technologie [Kč/rok], [4, str. 48]

Varianty	Roční vlastní náklady výrobní varianty [Kč/rok]	Úspora oproti výchozímu stavu [Kč/rok]
Programovací standardy	1 566 200	768 104
Programovací stanice Heidenhain	671 040	1 663 264
SPRUTCAM	1 047 624	1 286 680
NX CAM	1 707 624	626 680

Tabulka 4 - Roční úspora jednotlivých variant oproti výchozímu stavu

5.1.5 Doba návratnosti nákladů

Návratnost nákladů je dnes velice důležité kritérium při jakékoliv investici. Při každé rozhodovací analýze je třeba zvážit, jestli a za jak dlouho se nám investice vrátí. Také si musíme uvědomit, že návratnost nemusí být vždy jen finanční, ale je možné hodnotit návratnost jako zefektivnění procesu, zlepšení jeho ekologičnosti, ulehčení práce a další. [4, str. 49]

V našem případě byla hodnocena doba návratu finančních nákladů vložených do jednotlivých variant. Hodnotí se zde pouze programování a náklady s ním spojené. Tedy není zde návaznost na provoz společnosti.

$$TÚ = \frac{PN}{\dot{U}_r} [4, \text{str. 49}]$$

TÚ ... doba návratnosti investic vložených do jednotlivé varianty [4, str. 49]

PN ... pořizovací náklady spojené se zakoupením a zavedením dané varianty [4, str. 49]

	Programovací standardy	Programovací stanice Heidenhain	SPRUTCAM	NX CAM
Doba návratnosti [měsíce]	0,5	1,5	4	18

Tabulka 5 - Doba návratnosti investic pro jednotlivé varianty

5.2 Procesní zhodnocení

Úkolem procesního hodnocení je snaha o vybrání nejvýhodnější varianty z technického-ekonomického hlediska. Zde se porovnávají ekonomická hlediska, která byla zhodnocena v kapitole 5. 1. s technickými parametry jednotlivých variant.

Hodnocení bude prováděno pomocí párové analýzy. Nejdříve vybereme hodnotící kritéria. Těm poté přiřadíme váhu dle toho, co je pro nás nejdůležitější. Nakonec tyto hodnoty použijeme v párové analýze a z navržených vybereme tu nevhodnější.

5.2.1 Výběr hodnotících kritérií

Počátečním bodem procesního hodnocení je volba kritérií. Jako kritérium je možné zvolit takřka jakýkoliv aspekt daného problému. Kritéria neboli ukazatele mohou být z pohledu ekonomického, technického, bezpečnostního nebo designu.

První volbou je vybrání vhodných kritérií a následně jejich přesná definice, na které oblasti se kritéria v daném případě vztahují.

V našem případě byla vybrána tato kritéria:

PRODUKTIVITA PRÁCE – je hodnotícím kritériem, které nám udává, jaké množství práce se odvede v závislosti na nákladech. Náklady jsou vztaženy na výrobu, tedy nejsou do nich započítány pořizovací náklady.

DOBA ZAŠKOLENÍ OBSLUHY – jedná se o čas na proškolení obsluhy s novými standardy při vytváření NC programu nebo programátora při zaškolení s novým softwarem.

DOBA NAsAZENÍ – jde o čas, během kterého bude nový systém přípravy NC programů používán současně se starým.

PODPORA – toto kritérium nám vyjadřuje míru podpory od dodavatele softwaru nebo zapojení nadřízených pracovníků do řešení problémů výroby v případě varianty programovacích standardů.

VARIABILITA POUŽITÍ – jedná se o kritérium, které nám udává možnosti použití dané výrobní varianty. Tedy na co všechno a za jakých okolností můžeme danou variantu využít.

ÚSPORY – zde je zhodnoceno, kolik ušetří jednotlivá výrobní varianta vzhledem k původním nákladům. Použita data z ekonomického hodnocení z kapitoly 5.1.11.

DOBA NÁVRATNOSTI NÁKLADŮ – jde o čas, za který se nám vrátí náklady vložené do dané výrobní varianty. Použita data z ekonomického hodnocení v kapitole 5.1.12.

5.2.2 Párová analýza

Párová analýza je nástroj na seřazení kritérií, která se používají pro hodnocení výrobních variant. Provádí se zde vzájemné posouzení významu kritérií. Všechna kritéria se vzájemně porovnají a u každé dvojice se rozhodne, která je pro nás důležitější.

Tedy postupně se každé kritérium v jedné řádce porovná s ostatními. Když je pro nás dané kritérium důležitější než kritérium ze sloupce, zapíše se do políčka hodnota 1. Pokud je tomu naopak, zapíše se hodnota 0.

Po vyplnění celé tabulky se v každé řádce sečtou hodnoty v políčkách. Tímto nám vznikne seřazená skupina kritérií od nejdůležitějšího až po kritérium, které je pro nás nejméně důležité.

	Produktivita práce	Doba zaškolení obsluhy	Doba nasazení	Podpora	Variabilita použití	Úspory	Doba návratnosti nákladů	Pořadí	Váha
Produktivita práce	X	1	1	1	1	1	1	1	7
Doba zaškolení obsluhy	0	X	0	0	0	0	0	7	1
Doba nasazení	0	1	X	0	0	0	0	6	2
Podpora	0	1	1	X	0	0	0	5	3
Variabilita použití	0	1	1	1	X	0	0	4	4
Úspory	0	1	1	1	1	X	1	2	6
Doba návratnosti nákladů	0	1	1	1	1	0	X	3	5

Tabulka 6 - Hodnocení kritérií dle párové analýzy

5.2.3 Multikriteriální hodnocení variant

V dnešní době rozvoje výrobních technologií a jejich přípravy je možné vybrat velké množství řešení pro danou problematiku. Z tohoto důvodu jsme jen málokdy schopni vybrat variantu, která by byla nejvýhodnější z pohledu všech kritérií. Proto se dnes při výběru optimální modernizační metody často používá multikriteriální hodnocení variant.

Multikriteriální hodnocení přímo navazuje na výběr hodnotících kritérií z kapitoly 5.2.1 a párovou analýzu z kapitoly 5.2.2. Zde se podle námi vybraných kritérií a jim přiřazených hodnot vybere nejvhodnější varianta.

Alokace je bodová stupnice, kterou se hodnotí varianty z pohledu každého kritéria. Pro dané kritérium se každé variantě se přiřadí hodnota od 10 do 100 bodů. Tyto hodnoty se poté vynásobí váhou kritéria.

Výsledná hodnota užítosti je dána součtem bodového hodnocení vynásobené váhou každého kritéria.

Pro lepší přehlednost výsledků se uvádí hodnota relativní užítosti. Tedy užítost vydělená hodnotou ideální varianty, která má maximální hodnotu. Toto číslo vynásobíme 100 a máme procentuální hodnotu relativní užítosti.

Kritéria	Pořadí kritérií	Váha	Programovací standard		Stanice od Heidenhain		SPRUDCAM		NX CAM	
			prostá hodnota	vážená hodnota	prostá hodnota	vážená hodnota	prostá hodnota	vážená hodnota	prostá hodnota	vážená hodnota
Produktivita práce	1	7	40	280	75	525	80	560	100	700
Doba zaškolení obsluhy	7	1	100	100	90	90	70	70	60	60
Doba nasazení	6	2	100	200	90	180	60	120	60	120
Podpora	5	3	50	150	70	210	100	300	100	300
Variabilita použití	4	4	30	120	50	200	100	400	100	400
Úspory	2	6	65	390	100	600	80	480	50	300
Doba návratnosti nákladů	3	5	100	500	90	450	70	350	40	200
Celkem: max = 28 x 100 = 2800			1740		2255		2280		2080	
Relativní užítost variant			62,14 %		80,53%		81,42 %		74,28 %	

Tabulka 7 - Hodnocení výrobních variant dle multikriteriálního hodnocení

Shrnutí

Z výsledků multikriteriálního hodnocení vyplývá, že jako nejvýhodnější varianta se jeví zakoupení softwaru SPRUT CAM. Tato varianta má nejvíce bodů, ale řešení pomocí zakoupení programovací stanice vychází dle multikriteriální analýzy jako druhá nejlepší a to jen o velmi malé procento bodů. Jako další by v úvahu přicházelo řešení pomocí softwaru NX CAM. Programovací standardy vyšly z multikriteriálního hodnocení jako nejhorší varianta a to především díky horším technickým prvkům.

6 Řešení vybraných konkrétních případů (specifické výrobky), rozbor řešení a návrh programů

V tomto bodě budou zhodnoceny výrobní varianty na jenom typovém výrobku společnosti. A v závěru této kapitoly budou popsány doporučení pro společnost.

6.1 Řešení vybraných konkrétních případů

Pro dané ložisko bude navržen výrobní postup a provedeno zhodnocení jakou variantou by bylo nejefektivnější vytvořit NC program. Na strojích s řídicím systémem Heidenhain se opracovává dělicí rovina a vyrábějí se zde jen mazací otvory.

6.1.1 Typové ložisko

Jedná se o kompozicové ložisko s vnitřním otvorem o průměru 400 [mm] a toleranci H6. Toto ložisko má tloušťku kompozicového materiálu 3,5 [mm]. Po odlití je ložisko rozděleno na dvě poloviny v dělicí rovině a poté jsou v něm vyrobeny otvory pro přívod mazacího oleje a také otvory pro opětovné smontování. Na strojích s řídicím systémem Heidenhain by se toto ložisko obrábělo na tři části. Nejdříve každá polovina zvlášť a poté by se ložisko smontovalo a vyrobily by se poslední otvory. Je tedy nutné uvažovat pro dané ložisko přípravu tří samostatných programů, pro které by bylo třeba součástí upnout třikrát. Výrobní výkres ložiska viz. Příloha: *P4 výrobní výkres typové součásti*.

6.1.2 Programování za výchozího stavu

V současné době probíhají přípravy výroby tím způsobem, že pracovník na stroji dostane přidělenou práci, tedy materiál s potřebnou dokumentací. Prostuduje danou dokumentaci a na základě svého uvážení zvolí technologii obrábění. Poté vybere nástroje, které bude na danou práci potřebovat. Pokud je nemá k dispozici, musí si potřebný nástroj vypůjčit ve skladu nebo z jiného pracoviště. Potřebné nástroje umístí do držáků a poté jsou nástroje seřizeny. Dalším krokem je vytvoření NC programu v dialogovém prostředí nebo úprava stávajícího programu. Tyto všechny úkony jsou dělány ve chvíli, kdy stroj nepracuje a prodlužují se tím nevýrobní časy.

Pro danou součást trvá vytvoření jednoho NC programu 20 [min] a dalších 15 [min] trvá seřízení nástrojů a odladění programu, když v tomto případě nebylo nutné zapůjčovat si nástroje jinde. Celkem tedy pro tři programy máme nevýrobní časy okolo 105 [min].

6.1.3 Programovací standardy

Zde by se jednalo o stejný postup přípravy výroby, jako se ve společnosti používá dosud. Jediným rozdílem by bylo, že pracovník by našel podobný program podle jednotného pojmenování a s pomocí převodové tabulky by ho snadněji upravil. Dále by také odpadlo shánění nástrojů na jiných pracovištích, neboť by na každém stroji byla standardizována sada nástrojů a proto by bylo možné již při rozdělování práce přidělit výrobu na stroj, na němž jsou požadované nástroje.

Programování by se tedy zkrátilo na 10-15 [min] pro jeden program a příprava by zůstala stejná nebo by se mírně zkrátila asi na 10-12 [min] podle toho jaký výrobek by se vyráběl. Celkový nevýrobní čas by se tedy pohyboval mezi 60-90 [min] pro všechny tři programy. Jedná se zde jen o odhad, neboť systém není v současnosti zaveden a tak není možné ho přesně změřit.

6.1.4 Programovací stanice

Při této variantě by se programování přesunulo ze stroje na počítačové pracoviště a tím by se tedy zcela odstranil nevýrobní čas na přípravu programů. Dále by zůstal čas na seřízení nástrojů a odladění programu. Opět je možné uvažovat, že se příprava nástrojů zkrátí, neboť programátor bude mít k dispozici soupis nástrojů, které se na strojích nacházejí a tak odpadne dohledávání nástrojů.

Doba přípravy jednoho programu zůstává mezi 10-15 [min], stejně jako u dialogového programování, ale s programovací stanicí se příprava programů odehrává mimo stroj a tak nevýrobní časy jsou složeny jen z doby na odladění programů a doby na přípravu náradí. Tedy celkové nevýrobní časy by se pro tři programy pohybovaly někde mezi 30-45 [min]. Tento systém ve společnosti není zaveden a tak není možné ověřit, zda by programátor zvládl připravovat programy na všechny stroje.

6.1.5 CAM systémy

Při přípravě NC programů pomocí CAM systému by se jednalo o programování mimo stroj a tak by se opět nevýrobní časy zkrátily jen na čas přípravy nástrojů a odladění programů na stroji.

Zde je opět uvažována příprava programů mimo stroj a tak se nevýrobní časy zkrátí na 10-15 [min] na jeden program, stejně jako při použití programovací stanice. Celkově by tedy nevýrobní časy při použití této varianty pohybovaly mezi 30-45[min]. Protože ve společnosti je používán pouze ISO a dialogové programování nebylo možné změřit přesný čas přípravy NC programů pro řešení CAM systémem. Neboť příprava NC programů pomocí CAM systému není možné ani porovnat s žádným ve společnosti již zavedeným systémem bylo třeba čas přípravy NC programu tímto systémem získat z jiných zdrojů. Proto byl čas přípravy programů pomocí CAM systému konzultován s nezávislou konstrukční kanceláří, která na základě svých zkušeností odhadla dle technologického postupu čas programování. Příprava programů na všechny tři části by dle konstrukční kanceláře trvala asi 50 minut. Opět není možné zjistit, zda by programátor zvládal připravovat programy pro všechny stroje.

Shrnutí

Z tohoto porovnání je vidět že doba na přípravu programů se pohybuje přibližně na stejné časové úrovni při všech použitých variantách. Výrazného zkrácení nevýrobních časů se dosáhne přenesením programování mimo stroj.

6.2 Doporučení pro společnost

Dle všech výsledků, které byly v této práci doposud popsány, vyplývá návrh dvou variant. Tyto varianty nejlépe optimalizují programování strojů s řídicím systémem Heidenhain ve společnosti GTW BEARINGS.

Pokud by se společnost do budoucna věnovala převážně výrobě na strojích s řídicím systémem Heidenhain a do strojového parku by se uvažovalo o zakoupení strojů s tímto řídicím systémem, bylo by nejvhodnější variantou pro společnost zakoupení programovací stanice od společnosti Heidenhain.

V případě že společnost bude do budoucna uvažovat o zakoupení strojů s jiným řídicím systémem než je Heidenhain nebo by se uvažovalo o zakoupení stroje, který by měl řízeno více, než 3 osy bylo by optimálním řešením zakoupení softwaru SPRUT CAMu od společností SOLI CAD.

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

Zde jsou navrženy dvě výrobní varianty, které optimalizují systém přípravy NC programu ve společnosti GTW BEARINGS. To zda bude nějaká varianta použita v praxi, a jaká to bude, již záleží jen na vedení společnosti a na jejích výrobních a ekonomických záměrech do budoucnosti.

7 Závěr

V předložené bakalářské práci je řešena efektivita přípravy NC programů pro skupinu strojů s řídicím systémem Heidenhain ve společnosti GTW BEARINGS, s.r.o.. Na těchto strojích se vykonávají především předdokončovací a dokončovací operace.

Tato práce je rozdělena na tři části. V první části je zhodnocení výchozího stavu ve společnosti a teoretický rozbor používaných systému přípravy NC programů. V druhé části je návrh variant, které odpovídají požadavkům společnosti a které by danou problematiku řešily. V poslední části je provedeno technicko-ekonomické hodnocení zvolených variant, dále porovnání na jedné typové součásti a nakonec jsou zde doporučení pro společnost.

V dnešní době existuje mnoho variant jak zefektivnit programování strojů s CNC řízením. Na základě požadavků společnosti by však některé varianty vůbec nebylo možné použít. Proto byly pro optimalizaci přípravy NC programu řešeny následující aspekty:

- a) Zefektivnění programování - tohoto bude dosaženo zvolením jedné z následujících variant:
 - Programovací standardy – kdy by se neměnil systém programování, ale byla by zde zavedena přesná syntaxe, dle které by se programy vytvářely ve stávajícím systému.
 - Programovací stanice - která by přesunula programování mimo stroj a tím by se odstranily největší nedostatky, které jsou na strojích s řídicím systémem Heidenhain.
 - SPRUT CAM – jako levnější varianta CAM systému, který komplexně řeší systém přípravy NC programů a to, jak pro stroje s řídicím systémem Heidenhain, tak i pro ostatní stroje.
 - NX CAM – jako velice silný nástroj, který by komplexně obsáhl, jak tvorbu NC programů, tak jeho následnou distribuci a také by v něm bylo možné vypracovat systém zprávy nástrojů.
- b) Zlepšení zprávy nástrojů – tato problematika byla celkově řešena v jiné bakalářské práci a zde se tento problém řešil jen v přímé návaznosti na programování. Společnosti z pohledu programování bylo doporučeno provést inventuru nástrojů a poté na každý stroj přidělit standardizovanou sadu nástrojů. Tento krok by umožnil provést všechny varianty, které by zefektivňovaly programování.

Každá z navrhovaných variant má určité přínosy pro společnost. Na základě této bakalářské práce se ve společnosti uvažuje o zakoupení programovací stanice od společnosti Heidenhain nebo o zakoupení SPRUT CAMu.

Žádná z navrhovaných variant není zcela ideální. Některé varianty mají jako nedostatek jen částečné řešení jinde zase vysoké pořizovací a provozní náklad nebo jen omezené použití, ale všechny tyto varianty vedou k zefektivnění programování skupiny strojů s řídicím systémem Heidenhain ve společnosti GTW BEARINGS, s.r.o., což bylo hlavním úkolem této práce. V tento okamžik záleží jen na vedení společnosti pro jakou variantu se rozhodnou a v jakém měřítku ji budou aplikovat v provozu.

8 Literatura:

- [1] JANDEČKA, Karel, Jiří ČESÁNEK a Pavel KOŽMÍN. *Programování NC strojů*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, Strojní fakulta, 2000, 159 s. ISBN 80-708-2692-4.
- [2] NÁPRSTKOVÁ, Nataša a Karel JANDEČKA. *Programování výrobních strojů*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2010, 143 s. ISBN 978-80-7414-216-1 (BROŽ.).
- [3] ŠTULPA, Miloslav. *CNC: obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-730-0207-8.
- [4] KLEINOVÁ, Jana. *Ekonomické hodnocení výrobních procesů*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2005, 88 s. ISBN 80-704-3364-7.
- [5] BOZDĚCH, J.: *Optimalizace obrábění vybraného dílce z oceli PH13-8Mo*. diplomová práce. Plzeň : Západočeská univerzita, Fakulta strojní, 2010. 118 s., 7 s. příl. Vedoucí diplomové práce Miroslav Zetek.
- [6] CINK, V.: *Funkce řídicího systému Heidenhain iTNC 530 pro obrábění*. bakalářská práce. Brno : Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2007. 50 s., 3 s. příl. Vedoucí bakalářské práce Aleš Polzer.
- [7] NOVÝ, L.: *Programovací stanice iTNC 530 - Základy programování výroby jednoduchých součástí na CNC frézce s řídicím systémem HEIDENHAIN*. 2. vyd. V Plzni: Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola elektrotechnická, 2011. 16 s.
- [8] SADÍLEK, M., *CAM systémy v obrábění I*. 1. Vyd. Ostrava :VŠB – TU Ostrava, 2008, 153 s., ISBN 978-248-1821-4.
- [9] HAVLIK, R.:Programování a řízení CNC strojů - Prezentace přednášek – 1. Část: internetový zdroj: <http://www.kvs.tul.cz/programovani-nc-stroju-pvs>
- [10] KELLER, P.:Programování a řízení CNC strojů - Prezentace přednášek – 2. Část: internetový zdroj: <http://www.kvs.tul.cz/programovani-nc-stroju-pvs>
- [11] VRABEC, Martin a Jan MÁDL. *NC programování v obrábění*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 92 s. ISBN 80-010-3045-8.
- [12] Interní zdroje společnosti GTW BEARINGS, s.r.o. a internetové stránky společnosti, dostupné na : www.gtw.cz
- [13]HEIDENHAIN, s.r.o.: *Manuál iTNC 530 Víceúčelové CNC Víceúčelové CNC řízení pro obráběcí centra frézky a vrtáčky*. Duben 2009, Německo, Traunreut.

Internetové zdroje

- [14] *Akademie CNC obrábění* [online]. Dostupné na Technický týdeník:
<http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=1>
- [15] *Modern Technology for Today's Industries* [online].c2004 [cit. 2010-1-21] Dostupné na Greco Systems:
<http://www.grecosystems.com/products/windnc.htm>
- [16] *Postprocesor – slabé místo CAM systému?*. [online]. c2005 [cit. 2005-4-13] Dostupné na Digitovárna:
<http://www.digitovarna.cz/clanek-84/postprocesor-slabe-misto-cam-systemu.html>

Katedra Technologie Obrábění

Luboš Kroft

[17] *Metody CAM obrábění*. [online]. c2010 Dostupné na Sprut CAM:

<http://www.sprutcaml.com/metody-obrabeni>

[18] Vysoce produktivní výroba součástí – NX CAM [pdf-dokument]. c2011. Dostupné na Siemens PLM Software:

http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/nx/machining/index.shtml

PŘÍLOHY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zefektivnění programování skupiny strojů s řídicím systémem
Heidenhain

Obsah

P1 Momentové pozorování na stroji WXH 100 CNC	3
P2 Momentové pozorování na stroji FNG 40 CNC	4
P3 Momentové pozorování na strojích typu SHW UF31.....	5
P4 Výrobní výkres typové součásti	volné

P1 Momentové pozorování na stroji WXH 100 CNC

2011	Údaje v minutách			Údaje v hodinách			%	% poměr k celé směně				Kontrola
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem		Směna (hod)	PGM	Nástroje	Celkem	
12.4.	138	42	180	2,30	0,70	3,00	37,50	8	28,75	8,75	37,50	37,50
13.4.	105	45	150	1,75	0,75	2,50	31,25	8	21,88	9,38	31,25	31,25
14.4.	150	60	210	2,50	1,00	3,50	43,75	8	31,25	12,50	43,75	43,75
15.4.	90	30	120	1,50	0,50	2,00	25,00	8	18,75	6,25	25,00	25,00
18.4.	150	30	180	2,50	0,50	3,00	37,50	8	31,25	6,25	37,50	37,50
19.4.	65	10	75	1,08	0,17	1,25	15,63	8	13,54	2,08	15,63	15,63
20.4.	80	0	80	1,33	0,00	1,33	16,67	8	16,67	0,00	16,67	16,67
21.4.	105	20	125	1,75	0,33	2,08	26,04	8	21,88	4,17	26,04	26,04
22.4.	56	25	81	0,93	0,42	1,35	16,88	8	11,67	5,21	16,88	16,88
26.4.	78	5	83	1,30	0,08	1,38	17,29	8	16,25	1,04	17,29	17,29
27.4.	25	10	35	0,42	0,17	0,58	7,29	8	5,21	2,08	7,29	7,29
28.4.	40	0	40	0,67	0,00	0,67	8,33	8	8,33	0,00	8,33	8,33
29.4.	110	0	110	1,83	0,00	1,83	22,92	8	22,92	0,00	22,92	22,92
2.5.	63	10	73	1,05	0,17	1,22	15,21	8	13,13	2,08	15,21	15,21
3.5.	90	0	90	1,50	0,00	1,50	18,75	8	18,75	0,00	18,75	18,75
4.5.	30	0	30	0,50	0,00	0,50	6,25	8	6,25	0,00	6,25	6,25
5.5.	30	0	30	0,50	0,00	0,50	6,25	8	6,25	0,00	6,25	6,25
6.5.	110	0	110	1,83	0,00	1,83	22,92	8	22,92	0,00	22,92	22,92
9.5.	80	0	80	1,33	0,00	1,33	16,67	8	16,67	0,00	16,67	16,67
10.5.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00
11.5.	20	0	20	0,33	0,00	0,33	4,17	8	4,17	0,00	4,17	4,17
12.5.	0	15	15	0,00	0,25	0,25	3,13	8	0,00	3,13	3,13	3,13
13.5.	50	0	50	0,83	0,00	0,83	10,42	8	10,42	0,00	10,42	10,42
16.5.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00
17.5.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00
18.5.	20	0	20	0,33	0,00	0,33	4,17	8	4,17	0,00	4,17	4,17
19.5.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00
24.5.	90	40	130	1,50	0,67	2,17	27,08	8	18,75	8,33	27,08	27,08
25.5.	60	0	60	1,00	0,00	1,00	12,50	8	12,50	0,00	12,50	12,50
26.5.	60	0	60	1,00	0,00	1,00	12,50	8	12,50	0,00	12,50	12,50
30.5.	30	0	30	0,50	0,00	0,50	6,25	8	6,25	0,00	6,25	6,25
31.5.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00
1.6.	65	10	75	1,08	0,17	1,25	15,63	8	13,54	2,08	15,63	15,63
2.6.	15	0	15	0,25	0,00	0,25	3,13	8	3,13	0,00	3,13	3,13
3.6.	30	0	30	0,50	0,00	0,50	6,25	8	6,25	0,00	6,25	6,25
6.6.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00
7.6.	70	10	80	1,17	0,17	1,33	16,67	8	14,58	2,08	16,67	16,67
9.6.	80	0	80	1,33	0,00	1,33	16,67	8	16,67	0,00	16,67	16,67
10.6.	65	10	75	1,08	0,17	1,25	15,63	8	13,54	2,08	15,63	15,63
13.6.	10	0	10	0,17	0,00	0,17	2,08	8	2,08	0,00	2,08	2,08
14.6.	25	0	25	0,42	0,00	0,42	5,21	8	5,21	0,00	5,21	5,21
16.6.	20	0	20	0,33	0,00	0,33	4,17	8	4,17	0,00	4,17	4,17
20.6.	40	10	50	0,67	0,17	0,83	10,42	8	8,33	2,08	10,42	10,42
22.6.	25	0	25	0,42	0,00	0,42	5,21	8	5,21	0,00	5,21	5,21
23.6.	10	0	10	0,17	0,00	0,17	2,08	8	2,08	0,00	2,08	2,08
24.6.	0	15	15	0,00	0,25	0,25	3,13	8	0,00	3,13	3,13	3,13
27.6.	15	0	15	0,25	0,00	0,25	3,13	8	3,13	0,00	3,13	3,13
28.6.	35	0	35	0,58	0,00	0,58	7,29	8	7,29	0,00	7,29	7,29
29.6.	50	15	65	0,83	0,25	1,08	13,54	8	10,42	3,13	13,54	13,54
30.6.	80	10	90	1,33	0,17	1,50	18,75	8	16,67	2,08	18,75	18,75
1.7.	20	0	20	0,33	0,00	0,33	4,17	8	4,17	0,00	4,17	4,17
7.7.	80	20	100	1,33	0,33	1,67	20,83	8	16,67	4,17	20,83	20,83
8.7.	45	15	60	0,75	0,25	1,00	12,50	8	9,38	3,13	12,50	12,50
11.7.	100	0	100	1,67	0,00	1,67	20,83	8	20,83	0,00	20,83	20,83
12.7.	10	0	10	0,17	0,00	0,17	2,08	8	2,08	0,00	2,08	2,08
13.7.	25	10	35	0,42	0,17	0,58	7,29	8	5,21	2,08	7,29	7,29
14.7.	30	10	40	0,50	0,17	0,67	8,33	8	6,25	2,08	8,33	8,33
15.7.	30	10	40	0,50	0,17	0,67	8,33	8	6,25	2,08	8,33	8,33
26.7.	65	20	85	1,08	0,33	1,42	17,71	8	13,54	4,17	17,71	17,71
27.7.	50	30	80	0,83	0,50	1,33	16,67	8	10,42	6,25	16,67	16,67
28.7.	110	0	110	1,83	0,00	1,83	22,92	8	22,92	0,00	22,92	22,92
10.8.	30	15	45	0,50	0,25	0,75	9,38	8	6,25	3,13	9,38	9,38
11.8.	35	15	50	0,58	0,25	0,83	10,42	8	7,29	3,13	10,42	10,42
	Údaje v minutách			Údaje v hodinách				% poměr k celé směně				
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem	%	Směna (hod)	PGM	Nástroje	Celkem	Kontrola
PRŮMĚR	50,63	9,00	59,63	0,84	0,15	0,99	12,42	8,00	10,55	1,88	12,42	12,42

P2 Momentové pozorování na stroji FNG 40 CNC

2011	Údaje v minutách			Údaje v hodinách			%	Směna (hod)	% poměr k celé směně			Kontrola
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem			PGM	Nástroje	Celkem	
12.4.	180	60	240	3,00	1,00	4,00	50,00	8	37,50	12,50	50,00	50,00
13.4.	120	60	180	2,00	1,00	3,00	37,50	8	25,00	12,50	37,50	37,50
14.4.	150	120	270	2,50	2,00	4,50	56,25	8	31,25	25,00	56,25	56,25
15.4.	120	90	210	2,00	1,50	3,50	43,75	8	25,00	18,75	43,75	43,75
18.4.	120	60	180	2,00	1,00	3,00	37,50	8	25,00	12,50	37,50	37,50
19.4.	90	50	140	1,50	0,83	2,33	29,17	8	18,75	10,42	29,17	29,17
20.4.	135	0	135	2,25	0,00	2,25	28,13	8	28,13	0,00	28,13	28,13
21.4.	80	0	80	1,33	0,00	1,33	16,67	8	16,67	0,00	16,67	16,67
22.4.	35	10	45	0,58	0,17	0,75	9,38	8	7,29	2,08	9,38	9,38
26.4.	48	35	83	0,80	0,58	1,38	17,29	8	10,00	7,29	17,29	17,29
27.4.	61	20	81	1,02	0,33	1,35	16,88	8	12,71	4,17	16,88	16,88
28.4.	75	0	75	1,25	0,00	1,25	15,63	8	15,63	0,00	15,63	15,63
29.4.	110	0	110	1,83	0,00	1,83	22,92	8	22,92	0,00	22,92	22,92
2.5.	105	55	160	1,75	0,92	2,67	33,33	8	21,88	11,46	33,33	33,33
3.5.	50	10	60	0,83	0,17	1,00	12,50	8	10,42	2,08	12,50	12,50
4.5.	45	15	60	0,75	0,25	1,00	12,50	8	9,38	3,13	12,50	12,50
5.5.	90	20	110	1,50	0,33	1,83	22,92	8	18,75	4,17	22,92	22,92
6.5.	30	40	70	0,50	0,67	1,17	14,58	8	6,25	8,33	14,58	14,58
9.5.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00
10.5.	20	0	20	0,33	0,00	0,33	4,17	8	4,17	0,00	4,17	4,17
11.5.	40	0	40	0,67	0,00	0,67	8,33	8	8,33	0,00	8,33	8,33
12.5.	30	30	60	0,50	0,50	1,00	12,50	8	6,25	6,25	12,50	12,50
13.5.	20	40	60	0,33	0,67	1,00	12,50	8	4,17	8,33	12,50	12,50
16.5.	45	10	55	0,75	0,17	0,92	11,46	8	9,38	2,08	11,46	11,46
17.5.	25	0	25	0,42	0,00	0,42	5,21	8	5,21	0,00	5,21	5,21
18.5.	0	20	20	0,00	0,33	0,33	4,17	8	0,00	4,17	4,17	4,17
19.5.	60	30	90	1,00	0,50	1,50	18,75	8	12,50	6,25	18,75	18,75
23.5.	30	0	30	0,50	0,00	0,50	6,25	8	6,25	0,00	6,25	6,25
24.5.	20	0	20	0,33	0,00	0,33	4,17	8	4,17	0,00	4,17	4,17
25.5.	60	0	60	1,00	0,00	1,00	12,50	8	12,50	0,00	12,50	12,50
26.5.	100	20	120	1,67	0,33	2,00	25,00	8	20,83	4,17	25,00	25,00
30.5.	40	20	60	0,67	0,33	1,00	12,50	8	8,33	4,17	12,50	12,50
31.5.	60	15	75	1,00	0,25	1,25	15,63	8	12,50	3,13	15,63	15,63
1.6.	45	35	80	0,75	0,58	1,33	16,67	8	9,38	7,29	16,67	16,67
2.6.	50	20	70	0,83	0,33	1,17	14,58	8	10,42	4,17	14,58	14,58
3.6.	30	30	60	0,50	0,50	1,00	12,50	8	6,25	6,25	12,50	12,50
6.6.	85	0	85	1,42	0,00	1,42	17,71	8	17,71	0,00	17,71	17,71
7.6.	75	10	85	1,25	0,17	1,42	17,71	8	15,63	2,08	17,71	17,71
9.6.	20	15	35	0,33	0,25	0,58	7,29	8	4,17	3,13	7,29	7,29
10.6.	0	35	35	0,00	0,58	0,58	7,29	8	0,00	7,29	7,29	7,29
13.6.	0	30	30	0,00	0,50	0,50	6,25	8	0,00	6,25	6,25	6,25
14.6.	65	15	80	1,08	0,25	1,33	16,67	8	13,54	3,13	16,67	16,67
16.6.	105	45	150	1,75	0,75	2,50	31,25	8	21,88	9,38	31,25	31,25
17.6.	35	20	55	0,58	0,33	0,92	11,46	8	7,29	4,17	11,46	11,46
20.6.	40	15	55	0,67	0,25	0,92	11,46	8	8,33	3,13	11,46	11,46
24.6.	15	0	15	0,25	0,00	0,25	3,13	8	3,13	0,00	3,13	3,13
27.6.	60	35	95	1,00	0,58	1,58	19,79	8	12,50	7,29	19,79	19,79
28.6.	40	15	55	0,67	0,25	0,92	11,46	8	8,33	3,13	11,46	11,46
29.6.	55	15	70	0,92	0,25	1,17	14,58	8	11,46	3,13	14,58	14,58
30.6.	40	35	75	0,67	0,58	1,25	15,63	8	8,33	7,29	15,63	15,63
1.7.	30	15	45	0,50	0,25	0,75	9,38	8	6,25	3,13	9,38	9,38
7.7.	30	30	60	0,50	0,50	1,00	12,50	8	6,25	6,25	12,50	12,50
8.7.	50	15	65	0,83	0,25	1,08	13,54	8	10,42	3,13	13,54	13,54
11.7.	55	60	115	0,92	1,00	1,92	23,96	8	11,46	12,50	23,96	23,96
12.7.	15	15	30	0,25	0,25	0,50	6,25	8	3,13	3,13	6,25	6,25
13.7.	70	15	85	1,17	0,25	1,42	17,71	8	14,58	3,13	17,71	17,71
14.7.	65	25	90	1,08	0,42	1,50	18,75	8	13,54	5,21	18,75	18,75
15.7.	30	15	45	0,50	0,25	0,75	9,38	8	6,25	3,13	9,38	9,38
18.7.	80	40	120	1,33	0,67	2,00	25,00	8	16,67	8,33	25,00	25,00
19.7.	45	30	75	0,75	0,50	1,25	15,63	8	9,38	6,25	15,63	15,63
26.7.	30	35	65	0,50	0,58	1,08	13,54	8	6,25	7,29	13,54	13,54
27.7.	75	20	95	1,25	0,33	1,58	19,79	8	15,63	4,17	19,79	19,79
28.7.	30	15	45	0,50	0,25	0,75	9,38	8	6,25	3,13	9,38	9,38
2.8.	40	65	105	0,67	1,08	1,75	21,88	8	8,33	13,54	21,88	21,88
3.8.	15	50	65	0,25	0,83	1,08	13,54	8	3,13	10,42	13,54	13,54
4.8.	40	100	140	0,67	1,67	2,33	29,17	8	8,33	20,83	29,17	29,17
5.8.	45	240	285	0,75	4,00	4,75	59,38	8	9,38	50,00	59,38	59,38
10.8.	60	140	200	1,00	2,33	3,33	41,67	8	12,50	29,17	41,67	41,67
11.8.	15	20	35	0,25	0,33	0,58	7,29	8	3,13	4,17	7,29	7,29
	Údaje v minutách			Údaje v hodinách					% poměr k celé směně			
PRŮMĚR	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem	%	Směna (hod)	PGM	Nástroje	Celkem	Kontrola
	54,70	31,09	85,78	0,91	0,52	1,43	17,87	8,00	11,39	6,48	17,87	17,87

P3 Momentové pozorování na strojích typu SHW UF31

Stroj 1:

2011	Údaje v minutách			Údaje v hodinách				%	Směna (hod)	% poměr k celé směně			Kontrola
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem	PGM			Nástroje	Celkem		
20.4.	45	20	65	0,75	0,33	1,08	13,54	8	9,38	4,17	13,54	13,54	
21.4.	30	30	60	0,50	0,50	1,00	12,50	8	6,25	6,25	12,50	12,50	
22.4.	20	30	50	0,33	0,50	0,83	10,42	8	4,17	6,25	10,42	10,42	
27.4.	10	0	10	0,17	0,00	0,17	2,08	8	2,08	0,00	2,08	2,08	
28.4.	55	0	55	0,92	0,00	0,92	11,46	8	11,46	0,00	11,46	11,46	
29.4.	35	0	35	0,58	0,00	0,58	7,29	8	7,29	0,00	7,29	7,29	
2.5.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00	
5.5.	40	90	130	0,67	1,50	2,17	27,08	8	8,33	18,75	27,08	27,08	
6.5.	20	20	40	0,33	0,33	0,67	8,33	8	4,17	4,17	8,33	8,33	
9.5.	0	30	30	0,00	0,50	0,50	6,25	8	0,00	6,25	6,25	6,25	
10.5.	0	30	30	0,00	0,50	0,50	6,25	8	0,00	6,25	6,25	6,25	
11.5.	15	20	35	0,25	0,33	0,58	7,29	8	3,13	4,17	7,29	7,29	
12.5.	30	50	80	0,50	0,83	1,33	16,67	8	6,25	10,42	16,67	16,67	
13.5.	0	20	20	0,00	0,33	0,33	4,17	8	0,00	4,17	4,17	4,17	
16.5.	0	30	30	0,00	0,50	0,50	6,25	8	0,00	6,25	6,25	6,25	
17.5.	10	60	70	0,17	1,00	1,17	14,58	8	2,08	12,50	14,58	14,58	
18.5.	10	30	40	0,17	0,50	0,67	8,33	8	2,08	6,25	8,33	8,33	
19.5.	25	25	50	0,42	0,42	0,83	10,42	8	5,21	5,21	10,42	10,42	
23.5.	15	30	45	0,25	0,50	0,75	9,38	8	3,13	6,25	9,38	9,38	
24.5.	70	15	85	1,17	0,25	1,42	17,71	8	14,58	3,13	17,71	17,71	
25.5.	25	10	35	0,42	0,17	0,58	7,29	8	5,21	2,08	7,29	7,29	
26.5.	30	20	50	0,50	0,33	0,83	10,42	8	6,25	4,17	10,42	10,42	
30.5.	0	30	30	0,00	0,50	0,50	6,25	8	0,00	6,25	6,25	6,25	
31.5.	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0,00	0,00	
1.6.	35	50	85	0,58	0,83	1,42	17,71	8	7,29	10,42	17,71	17,71	
2.6.	20	40	60	0,33	0,67	1,00	12,50	8	4,17	8,33	12,50	12,50	
3.6.	20	20	40	0,33	0,33	0,67	8,33	8	4,17	4,17	8,33	8,33	
6.6.	30	0	30	0,50	0,00	0,50	6,25	8	6,25	0,00	6,25	6,25	
7.6.	55	15	70	0,92	0,25	1,17	14,58	8	11,46	3,13	14,58	14,58	
9.6.	10	35	45	0,17	0,58	0,75	9,38	8	2,08	7,29	9,38	9,38	
10.6.	35	50	85	0,58	0,83	1,42	17,71	8	7,29	10,42	17,71	17,71	
13.6.	25	30	55	0,42	0,50	0,92	11,46	8	5,21	6,25	11,46	11,46	
14.6.	45	12	57	0,75	0,20	0,95	11,88	8	9,38	2,50	11,88	11,88	
16.6.	15	20	35	0,25	0,33	0,58	7,29	8	3,13	4,17	7,29	7,29	
17.6.	25	0	25	0,42	0,00	0,42	5,21	8	5,21	0,00	5,21	5,21	
20.6.	55	10	65	0,92	0,17	1,08	13,54	8	11,46	2,08	13,54	13,54	
22.6.	25	20	45	0,42	0,33	0,75	9,38	8	5,21	4,17	9,38	9,38	
23.6.	45	35	80	0,75	0,58	1,33	16,67	8	9,38	7,29	16,67	16,67	
24.6.	25	20	45	0,42	0,33	0,75	9,38	8	5,21	4,17	9,38	9,38	
27.6.	10	30	40	0,17	0,50	0,67	8,33	8	2,08	6,25	8,33	8,33	
28.6.	35	20	55	0,58	0,33	0,92	11,46	8	7,29	4,17	11,46	11,46	
29.6.	15	35	50	0,25	0,58	0,83	10,42	8	3,13	7,29	10,42	10,42	
30.6.	65	40	105	1,08	0,67	1,75	21,88	8	13,54	8,33	21,88	21,88	
1.7.	20	20	40	0,33	0,33	0,67	8,33	8	4,17	4,17	8,33	8,33	
7.7.	35	15	50	0,58	0,25	0,83	10,42	8	7,29	3,13	10,42	10,42	
11.7.	75	30	105	1,25	0,50	1,75	21,88	8	15,63	6,25	21,88	21,88	
12.7.	30	15	45	0,50	0,25	0,75	9,38	8	6,25	3,13	9,38	9,38	
13.7.	25	5	30	0,42	0,08	0,50	6,25	8	5,21	1,04	6,25	6,25	
14.7.	50	20	70	0,83	0,33	1,17	14,58	8	10,42	4,17	14,58	14,58	
15.7.	30	15	45	0,50	0,25	0,75	9,38	8	6,25	3,13	9,38	9,38	
18.7.	20	60	80	0,33	1,00	1,33	16,67	8	4,17	12,50	16,67	16,67	
19.7.	20	120	140	0,33	2,00	2,33	29,17	8	4,17	25,00	29,17	29,17	
26.7.	15	40	55	0,25	0,67	0,92	11,46	8	3,13	8,33	11,46	11,46	
27.7.	30	40	70	0,50	0,67	1,17	14,58	8	6,25	8,33	14,58	14,58	
28.7.	50	65	115	0,83	1,08	1,92	23,96	8	10,42	13,54	23,96	23,96	
1.8.	40	30	70	0,67	0,50	1,17	14,58	8	8,33	6,25	14,58	14,58	
2.8.	40	55	95	0,67	0,92	1,58	19,79	8	8,33	11,46	19,79	19,79	
3.8.	70	35	105	1,17	0,58	1,75	21,88	8	14,58	7,29	21,88	21,88	
4.8.	50	15	65	0,83	0,25	1,08	13,54	8	10,42	3,13	13,54	13,54	
5.8.	70	40	110	1,17	0,67	1,83	22,92	8	14,58	8,33	22,92	22,92	
PRŮMĚR													
Údaje v minutách			Údaje v hodinách				% poměr k celé směně						
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem	%	Směna (hod)	PGM	Nástroje	Celkem	Kontrola	
PRŮMĚR	29,08	28,20	57,28	0,48	0,47	0,95	11,93	8,00	6,06	5,88	11,93	11,93	

Katedra Technologie Obrábění
Stroj 2:

Luboš Kroft

2011	Údaje v minutách			Údaje v hodinách				%	Směna (hod)	% poměr k celé směně			Kontrola
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem	PGM			Nástroje	Celkem		
5.5.	0	10	10	0,00	0,17	0,17	2,08	8	0,00	2,08	2,08	2,08	
6.5.	10	10	20	0,17	0,17	0,33	4,17	8	2,08	2,08	4,17	4,17	
9.5.	0	15	15	0,00	0,25	0,25	3,13	8	0,00	3,13	3,13	3,13	
10.5.	0	20	20	0,00	0,33	0,33	4,17	8	0,00	4,17	4,17	4,17	
11.5.	20	80	100	0,33	1,33	1,67	20,83	8	4,17	16,67	20,83	20,83	
12.5.	0	35	35	0,00	0,58	0,58	7,29	8	0,00	7,29	7,29	7,29	
13.5.	0	30	30	0,00	0,50	0,50	6,25	8	0,00	6,25	6,25	6,25	
6.6.	35	0	35	0,58	0,00	0,58	7,29	8	7,29	0,00	7,29	7,29	
7.6.	50	15	65	0,83	0,25	1,08	13,54	8	10,42	3,13	13,54	13,54	
9.6.	15	5	20	0,25	0,08	0,33	4,17	8	3,13	1,04	4,17	4,17	
10.6.	45	0	45	0,75	0,00	0,75	9,38	8	9,38	0,00	9,38	9,38	
18.7.	30	0	30	0,50	0,00	0,50	6,25	8	6,25	0,00	6,25	6,25	
19.7.	30	20	50	0,50	0,33	0,83	10,42	8	6,25	4,17	10,42	10,42	
26.7.	15	45	60	0,25	0,75	1,00	12,50	8	3,13	9,38	12,50	12,50	
27.7.	25	60	85	0,42	1,00	1,42	17,71	8	5,21	12,50	17,71	17,71	
28.7.	45	30	75	0,75	0,50	1,25	15,63	8	9,38	6,25	15,63	15,63	
	Údaje v minutách			Údaje v hodinách						% poměr k celé směně			
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem	%	Směna (hod)	PGM	Nástroje	Celkem	Kontrola	
PRŮMĚR	20,00	23,44	43,44	0,33	0,39	0,72	9,05	8,00	4,17	4,88	9,05	9,05	

Stroj 3:

2011	Údaje v minutách			Údaje v hodinách				%	Směna (hod)	% poměr k celé směně			Kontrola
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem	PGM			Nástroje	Celkem		
5.5.	40	60	100	0,67	1,00	1,67	20,83	8	8,33	12,50	20,83	20,83	
6.5.	70	60	130	1,17	1,00	2,17	27,08	8	14,58	12,50	27,08	27,08	
9.5.	30	20	50	0,50	0,33	0,83	10,42	8	6,25	4,17	10,42	10,42	
10.5.	30	60	90	0,50	1,00	1,50	18,75	8	6,25	12,50	18,75	18,75	
11.5.	20	80	100	0,33	1,33	1,67	20,83	8	4,17	16,67	20,83	20,83	
12.5.	0	35	35	0,00	0,58	0,58	7,29	8	0,00	7,29	7,29	7,29	
13.5.	0	30	30	0,00	0,50	0,50	6,25	8	0,00	6,25	6,25	6,25	
23.5.	80	60	140	1,33	1,00	2,33	29,17	8	16,67	12,50	29,17	29,17	
24.5.	60	50	110	1,00	0,83	1,83	22,92	8	12,50	10,42	22,92	22,92	
25.5.	50	40	90	0,83	0,67	1,50	18,75	8	10,42	8,33	18,75	18,75	
26.5.	40	50	90	0,67	0,83	1,50	18,75	8	8,33	10,42	18,75	18,75	
6.6.	50	50	100	0,83	0,83	1,67	20,83	8	10,42	10,42	20,83	20,83	
7.6.	30	40	70	0,50	0,67	1,17	14,58	8	6,25	8,33	14,58	14,58	
8.6.	55	45	100	0,92	0,75	1,67	20,83	8	11,46	9,38	20,83	20,83	
9.6.	60	160	220	1,00	2,67	3,67	45,83	8	12,50	33,33	45,83	45,83	
10.6.	50	50	100	0,83	0,83	1,67	20,83	8	10,42	10,42	20,83	20,83	
13.6.	15	15	30	0,25	0,25	0,50	6,25	8	3,13	3,13	6,25	6,25	
20.6.	35	20	55	0,58	0,33	0,92	11,46	8	7,29	4,17	11,46	11,46	
22.6.	55	30	85	0,92	0,50	1,42	17,71	8	11,46	6,25	17,71	17,71	
23.6.	20	35	55	0,33	0,58	0,92	11,46	8	4,17	7,29	11,46	11,46	
24.6.	45	25	70	0,75	0,42	1,17	14,58	8	9,38	5,21	14,58	14,58	
7.7.	55	30	85	0,92	0,50	1,42	17,71	8	11,46	6,25	17,71	17,71	
8.7.	50	20	70	0,83	0,33	1,17	14,58	8	10,42	4,17	14,58	14,58	
18.7.	40	15	55	0,67	0,25	0,92	11,46	8	8,33	3,13	11,46	11,46	
19.7.	20	35	55	0,33	0,58	0,92	11,46	8	4,17	7,29	11,46	11,46	
1.8.	55	50	105	0,92	0,83	1,75	21,88	8	11,46	10,42	21,88	21,88	
2.8.	35	55	90	0,58	0,92	1,50	18,75	8	7,29	11,46	18,75	18,75	
3.8.	20	60	80	0,33	1,00	1,33	16,67	8	4,17	12,50	16,67	16,67	
4.8.	0	10	10	0,00	0,17	0,17	2,08	8	0,00	2,08	2,08	2,08	
5.8.	10	20	30	0,17	0,33	0,50	6,25	8	2,08	4,17	6,25	6,25	
	Údaje v minutách			Údaje v hodinách						% poměr k celé směně			
	PGM	Nástroje	Celkem	PGM	Nástroje	Celkem	%	Směna (hod)	PGM	Nástroje	Celkem	Kontrola	
PRŮMĚR	37,33	43,67	81,00	0,62	0,73	1,35	16,88	8,00	7,78	9,10	16,88	16,88	