



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

ŘÍDICÍ SYSTÉM CNC STROJŮ A MOŽNOSTI VYUŽITÍ

CONTROL SYSTEM OF UNIT CNC MACHINES AND USE IN COMMERCE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK MANA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Marek Mana

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Řídicí systémy CNC strojů a možnosti využití

v anglickém jazyce:

Control system of unit CNC machines and use in commerce

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpřehlednění vývoje řídicích systémů číslicově řízených strojů (rozdělení, vlastnosti, ovládání, perspektivy vývoje). Rozbor konkrétního stroje. Programování vytipované součásti (3D dokumentace, technologický postup, NC program, simulace). Zhodnocení řešení.

Cíle bakalářské práce:

Znalost CNC technologie. Přehled v databázích nástrojového vybavení a v nejčastěji používaných typických sestavách. Zvládnutí ovládání stroje. Posouzení navrženého řešení.

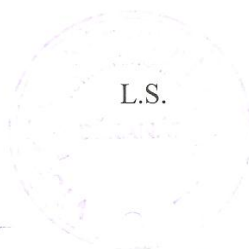
Seznam odborné literatury:

1. CIHLÁŘOVÁ, Petra, Michael Lars George HILL and Miroslav PÍŠKA. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. Miroslav Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOČMAN, Karel. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.
7. FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.
8. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

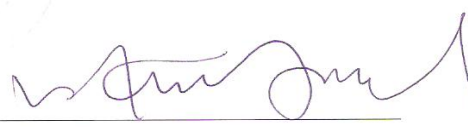
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 7.11.2011





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Zvolená práce se zabývá problematikou CNC strojů. V první části se práce zabývá teoretickou problematikou CNC obrábění (historie, rozdělení a způsoby programování). Další část práce je zaměřena na kompletní simulaci a výrobu tvarové hřídele pomocí školního soustruhu Concept TURN 55.

Klíčová slova

CNC programování, soustruh Concept TURN 55, simulace, tvarová hřídel

ABSTRACT

The selected work deals with CNC machines. The first part of the thesis deals with theoretical problems of CNC machining (history, classification and methods of programming). The next part focuses on the complete simulation and production of moulded shaft using a school lathe Concept TURN 55.

Keywords

CNC programming, lathe Concept TURN 55, simulation, moulded shaft

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MANA, Marek. *Řídicí systémy CNC strojů a možnosti využití*. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 39s. 5 příloh Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Řídicí systémy CNC strojů a možnosti využití** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

23.5.2012

Datum

Marek MANA

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Rád bych poděkoval Stanislavu Bugáňovi PhDr. ze SPŠS ve Vsetíně za poskytnutí konzultací, zapůjčení studijních materiálů a umožnění zhotovení tvarové hřídele na školní verzi soustruhu Concept TURN 55.

Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 ZPŘEHLEDNĚNÍ VÝVOJE ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÝCH STROJŮ.....	10
1.1 Historie NC/CNC strojů.....	10
1.2 Charakteristika CNC strojů.....	10
1.3 Vývojové stupně číslícově řízených strojů	11
1.4 Rozdělení číslícově řízených strojů	12
1.4.1 Rozdělení dle technologických operací	12
1.4.2 Rozdělení dle počtu současně řízených os.....	12
1.4.3 Rozdělení dle druhu operace.....	14
1.4.4 Rozdělení dle hlavního pohybu obrobku	14
1.5 Výhody a nevýhody CNC strojů.....	14
1.6 Souřadnicový systém stroje.....	15
1.7 Nulové a další vztažné body na CNC strojích	16
1.8 Způsob programování	17
1.8.1 Absolutní programování	17
1.8.2 Inkrementální programování.....	17
1.9 Upínání a výměna nástrojů.....	18
1.9.1 Revolverové hlavy	18
1.9.2 Zásobníky nástrojů.....	18
1.10 Upínání obrobků.....	19
1.11 Odvod třísek	20
1.12 Krytování stroje	21
1.13 Pohony.....	21
1.13.1 Pohony stroje	21
1.13.2 Pohony posuvů.....	22
1.14 Korekce nástrojů.....	22
1.14.1 Korekce délkové	22
1.14.2 Korekce rádiusové (poloměrové).....	23
1.15 Perspektivy vývoje	23
2 ROZBOR STROJE A ŘÍDICÍHO SYSTÉMU	25

2.1	Popis obráběcího soustruhu Concept TURN 55	25
2.2	Řídicí systém stroje	26
2.3	Pracovní režimy stroje.....	26
2.4	Struktura programu	26
2.4.1	Číslování vět	26
2.4.2	Výběr nejpodstatnějších přídavných a pomocných funkcí	27
2.4.3	Výroba pomocí cyklů.....	28
2.4.4	Příklad programu	28
3	PROGRAMOVÁNÍ SOUČÁSTI	29
3.1	Použitý materiál	29
3.2	Vlastnosti a použití materiálu.....	29
3.3	Výkres navržené součásti	29
3.4	Použité nástroje	30
3.5	Technologický postup výroby.....	32
3.6	Simulace a výroba součásti	32
4	DISKUZE	33
	ZÁVĚR	34
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	35
	Seznam použitých symbolů a zkratk.....	38
	SEZNAM PŘÍLOH.....	39

ÚVOD

Od průmyslové revoluce probíhající počátkem 19. století rostou nároky na kvalitní kovové produkty. S těmito nároky roste také zájem o zkvalitnění a rozšíření řídicích systémů. První programy NC strojů využívaly děrnou pásku či děrný štítek. Snahou o kvalitnější, produktivnější a ekonomicky výhodnější výrobu byly NC stroje rozšířeny o počítačovou jednotku. CNC řídicí systémy začaly být využívány počátkem 80. let minulého století a jejich technologie je i nadále rozšiřována a průmyslově podporována.

Výroba a programování pomocí CNC strojů se stává stále více řešeným tématem, ve kterém je stále co zlepšovat. V dnešní době se kovoobráběcí firma neobejde bez použití jakýchkoliv CNC strojů. Výroba pomocí těchto strojů se stává mnohem ekonomičtější než při klasickém obrábění a zaručuje výraznou úsporu času potřebnou k výrobě součástí. Program přímo vypočítá čas potřebný na výrobu součásti, díky tomu je možné naplánování celé výroby. Obrábění na CNC strojích také zaručuje vyšší kvalitu daného povrchu, možnost obrábění složitých tvarů. CNC programy disponují simulací, díky které je možno eliminovat většinu chyb, jež mohly vzniknout při psaní programu. Dané CNC programy je možné přepisovat a dále používat, není tedy nutno vždy každý program psát znovu. Mezi nevýhody můžeme řadit nutnou přítomnost kvalifikovaného pracovníka a použití kvalitního nářadí, neboť při výrobě jsou neustále kladeny vyšší požadavky na používané nástroje.

V další kapitole je rozebírán stroj školní varianty Concept TURN 55 a řídicí systém Sinumerik 810T, který byl použit na výrobu tvarové hřídele. Při programování bylo použito cyklů pro usnadnění programování. Závěrečná kapitola je zaměřena na programování a režimy programování.



Obr. 1 Obráběcí stroj [1].

1 ZPŘEHLEDNĚNÍ VÝVOJE ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÝCH STROJŮ

Následující kapitola se zabývá historickým vývojem, rozdělením a současnými trendy číslicově řízených strojů.

1.1 Historie NC/CNC strojů

První programované stroje byly označovány jako NC stroje. Jednalo se o stroje řízené programem, který byl vyznačen na děrné pásce nebo na děrném štítku. V této podobě se uplatnily zejména při složitých součástech ve velkých sériích. Ještě v této době je možné v některých dílnách nalézt tyto stroje, ovšem vývoj jde stále dál a tak byly NC stroje vybavovány počítačem. To znamenalo zrod CNC strojů. Počítač podstatně zjednodušil a urychlil programování, řízení stroje a umožnil uchovávání dat pro pozdější použití. Výroba se stala produktivnější a levnější, došlo k úspoře pracovníků a výrobních ploch. Výkony počítačů spolu se softwarovým vylepšením rostou velmi rychlým tempem. Ceny CNC strojů se vzhledem k jejich výkonům snižují, ale nároky na kvalitu vyprodukovaných výrobků rostou. Díky tomu se CNC stroje staly nedílnou součástí každé společnosti zabývající se strojírenskou výrobou [2].

1.2 Charakteristika CNC strojů

Označení NC (numerical control) je všeobecný termín pro celou oblast numerického řízení a zahrnuje techniky, které se používají pro řízení obráběcích strojů pomocí série kódových pokynů vyznačených na děrné pásce nebo děrném štítku. Numerické řízení probíhá na základě série kódových instrukcí, které obsahují jak čísla, tak i písmena nebo jakékoliv jiné symboly. Kódové instrukce jsou převedeny na elektrické impulsy, které aktivují pohybové motory stroje. Pokyny pro NC obrábění se člení na funkce, které řídí pohyb vřetene a pomocné funkce jako je výběr nástroje na obráběcí hlavě nebo řízení rychlosti a směru rotace vřetene. Dané pokyny jsou shromažďovány a tříděny. Toto logické uspořádání se označuje jako program NC (neboli také G kód).

Další nadstavbou NC strojů jsou tzv. CNC stroje. Zkratka z anglického názvu „Computer Numerical Control“, je ve spojení s obráběcími stroji používána i v České republice. Českým ekvivalentem zkratky CNC je název „počítačem řízené obráběcí stroje“. Znamená to, že stroj je schopen pomocí předem naprogramovaného programu obrábět zadanou součást. Hlavním rozdílem mezi NC a CNC strojem je ten, že ke stávajícímu NC stroji je připojen počítač s klávesnicí a daným řídicím systémem. Díky připojenému počítači lze daný program uložit a později na něm opět pracovat.

Za zmínku také stojí označení DNC (Direct numerical control – přímé počítačové řízení), kdy jeden hlavní procesor řídí jeden nebo více strojů, bohužel cena koordinačního počítače je hodně vysoká, tudíž činí přímé počítačové řízení velmi drahým. Vývojem mikroprocesorů se začalo od tohoto způsobu upouštět a začaly se používat systémy DNC (distributive numerical control – operační počítačové řízení). Zjednodušeně si tedy DNC lze představit jako jeden centrální počítač ovládající dva a více DNC strojů.

CNC stroje se vyznačují vysokou přesností výroby, vysokými obráběcími rychlostmi a mnoha způsoby použití. K dalším přednostem CNC strojů může být zařazena jeho vysoká manipulační schopnost (pracování ve více osách, výměna nástroje apod.). Hlavními výhodami CNC strojů jsou zejména: omezení rozsahu činnosti lidské obsluhy, možnost pracování nástrojem ve více osách, vysoká přesnost, velmi rychlá výměna nástroje [4].

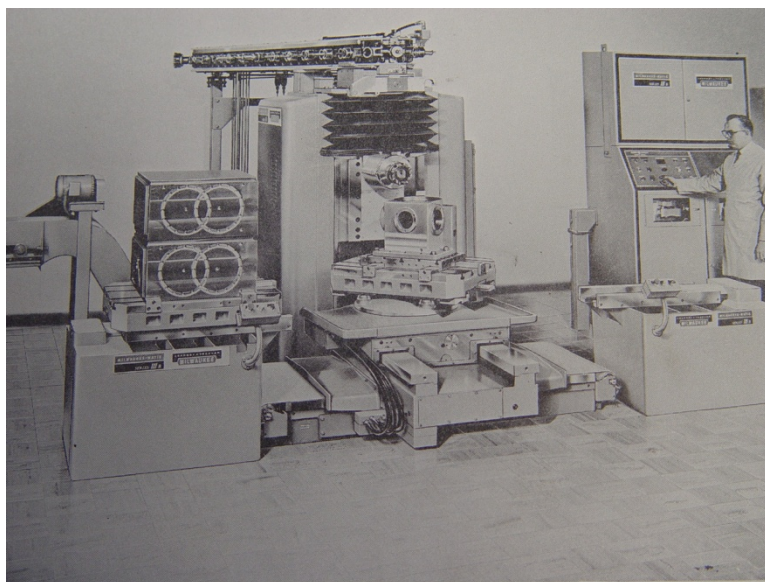
1.3 Vývojové stupně číslicově řízených strojů

Stroje 1. vývojového stupně

Jednalo se o NC stroje, které byly odvozeny od běžných konvenčních strojů. Stroje 1. vývojového stupně se přizpůsobovaly NC řídicím systémům. Bohužel tento typ začal být nevyhovující z hlediska přesnosti výroby, spolehlivosti a technologických možností [3, 8].

Stroje 2. vývojového stupně

Stroje 2. vývojového stupně byly konstruovány s ohledem na požadavky číslicového řízení. Stroje byly vybaveny servomotory, které umožňovali řízení v obecných cyklech a systémem automatické výměny nástrojů popřípadě revolverovými hlavami. Výměna opotřebovaných nástrojů byla ruční. Výjimečně byly některé stroje (většinou soustruhy) vybaveny dopravníkem třísek. Jednalo se o stroje, které nebylo možné použít do automatizovaných linek. Jednalo se například o jedno z prvních obráběcích center Milwaukee-Matic od firmy Kearney and Trecker znázorněné na obr.1.1 [3, 8].



Obr. 1.1 První obráběcí centrum Milwaukee-Matic [9].

Stroje 3. vývojového stupně

Stroje 3. vývojového stupně byly uzpůsobeny hlavně pro provoz ve výrobních soustavách. Zásobníky na nástroje měli větší kapacitu. Řídicí systém si automaticky zvolil požadovaný nástroj, ovšem výměna opotřebovaných nástrojů probíhala stále ručně. Stroje byly vybaveny systémem automatické výměny obrobků [3, 8].

Stroje 4. vývojového stupně

O strojích 4. vývojového stupně se dá říci, že jsou plně automatizované, neboť už i výměna opotřebovaných nástrojů je prováděna automaticky. U těchto strojů jsou zaváděny progresivnější metody v konstrukci a využití (uplatnění laserových paprsků v měření i řízení). Začala být řešena problematika nežádoucích vlivů (např. vliv prostředí, kvalita energetických zdrojů, teplota, prašnost, otřesy apod.), které byly dosud zanedbávány [3, 8].

Stroje 5. vývojového stupně

Po úspěšném zautomatizování základních funkcí CNC obráběcích strojů (stroje 4. vývojového stupně) se v konstrukcích strojů 5. vývojového stupně začaly uplatňovat mechatronické prvky. Byla zavedena elektronická kompenzace chyb polohování, měření rozměrů obrobku pomocí měřicích sond během obrábění i korekce programu pro dodržení rozměrů a úchylek uvedených na výkrese [3, 8].

Stroje 6. vývojového stupně

Stroje 6. vývojového stupně jsou konstruovány s ohledem na zkušenosti z předcházejících vývojových stupňů. Hlavní změnou je snižování časů na výměnu nástrojů a obrobků, vysokorychlostní i víceosé obrábění a ultra přesné obrábění (desetiny mikrometrů). Dále jsou zde řazeny stroje, které jsou zhotoveny dle požadavků zákazníka [3, 8].

1.4 Rozdělení číslicově řízených strojů

Číslicově řízené stroje jsou rozdělovány podle mnoha různých kritérií. Kromě dále zmíněného rozdělení můžou také nastat různé kombinace jako např. jednoprofesní CNC frézka se sériovou kinematikou pro vysokorychlostní obrábění [8].

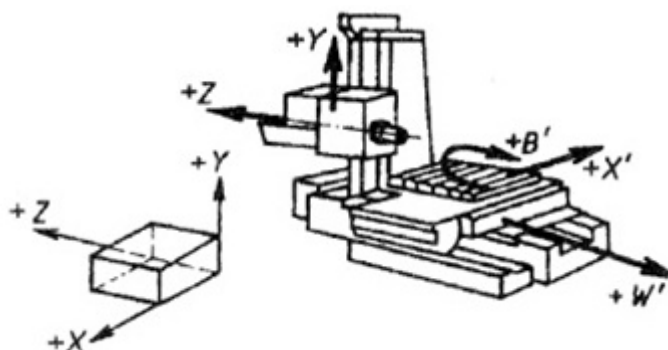
1.4.1 Rozdělení dle technologických operací

Číslicově řízené obráběcí stroje jsou dle možností řazeny do dvou hlavních skupin. Jednou z nich jsou obráběcí stroje jednoprofesní, které jsou určeny pro jeden druh operace. Řadí se mezi ně stroje, které mohou na obrobku vykonat při jednom upnutí, pouze jeden druh operace (např. soustružení, frézování, vrtání atd.). Druhou skupinou tvoří číslicově řízené stroje víceprofesní, které jsou určeny k provedení více druhů operací při jednom upnutí. Tyto stroje většinou označujeme za obráběcí centra [3].

1.4.2 Rozdělení dle počtu současně řízených os

Číslicově řízené stroje můžeme dále dělit podle počtu současně řízených os.

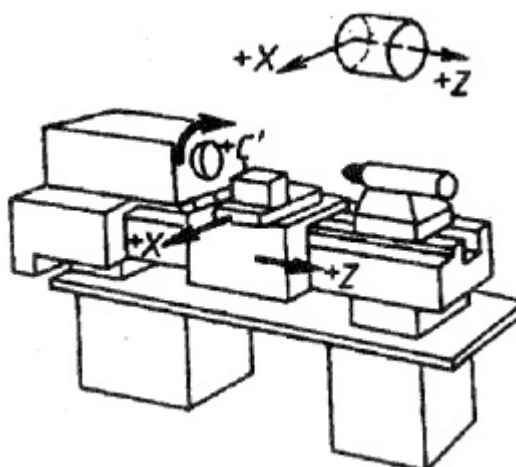
- Jednoosé obrábění (1D),
 - Stroje vykonávající pohyb pouze ve směru jedné osy. Pro představu je uveden jednoúčelový stroj na vrtání díry zobrazen na obr. 1.2 [6].



Obr. 1.2 Zobrazení os – CNC vrtačka [5].

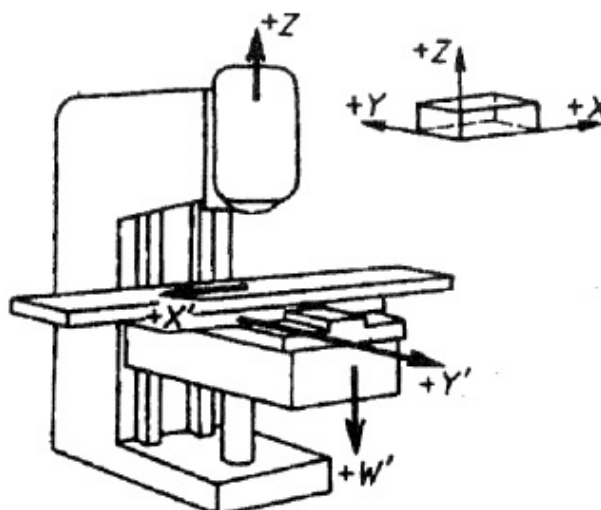
- Dvouosé obrábění (2D),
 - Stroj vykonávající základní rotační pohyb pomocí sklíčidla, support se pohybuje ve směru osy X a Z (viz. obr. 1.3) [5],

- U frézky při najetí na hloubku třísky (osa Z) a následné frézování v osách X, Y se hovoří jako o 2,5D obrábění [6].



Obr. 1.3 Zobrazení os – CNC soustruh [5].

- Třiosé obrábění (3D),
 - Nástroj koná rotační a pohyblivý stůl s obrobkem vykonává pohyb v osách X,Y,Z (viz. obr. 1.4). Do třiosého obrábění jsou zahrnovány především frézky, které umožňují frézování rozmanitých prostorových tvarů.



Obr. 1.4 Zobrazení os – CNC frézka [5].

- Pětiosé obrábění (5D).
 - pětiosé obrábění se skládá z 3 standardně situovaných os X, Y, Z, které zprostředkovávají pohyb. Další 2 osy jsou umístěny tak, aby byly schopny otáčet se kolem osy X a Y. Obráběcí centrum je zobrazeno na obr. 1.5.



Obr. 1.5 Pětiosé svislé obráběcí centrum [7].

1.4.3 Rozdělení dle druhu operace

Dále lze CNC stroje dělit podle druhu operace:

- Vrtací a závitovací,
- vyvrtávací,
- soustružnické,
- frézovací,
- brousící,
- ozubárenská.

1.4.4 Rozdělení dle hlavního pohybu obrobku

CNC stroje jsou rozděleny i dle hlavního pohybu obrobku:

- Soustruh,
- bruska,
- frézka.

1.5 Výhody a nevýhody CNC strojů

Mezi **výhody** spadají např.:

- Produktivnější a hospodárnější výroba,
- není nutná výroba, skladování, údržba a obsluha rýsovacích, vrtacích přípravků,
- výrobní program lze kdykoliv uložit, přepsat, upravovat, měnit,
- zvýšení kvality výrobků – zmenšují se chyby a nepřesnosti způsobené pracovníky,

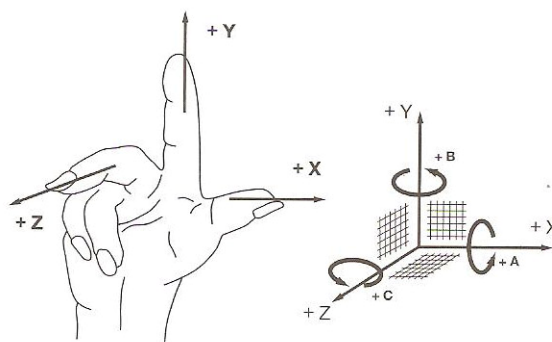
- umožňují výrobu součástí, jejichž tvar je zadán pomocí matematických funkcí,
- výrobní čas je přesně určen programem a nezávisí na obsluze, je tedy možné naplánovat výrobu,
- umožňují rychlé zavádění nových typů strojů do výroby [8].

Mezi **nevýhody** patří:

- Použití dokonalého nářadí a nástrojů,
- vyšší investiční a servisní výdaje,
- vyšší kvalifikaci pracovníků zabezpečujících programování, výrobu, servis, údržbu a seřizování strojů [3].

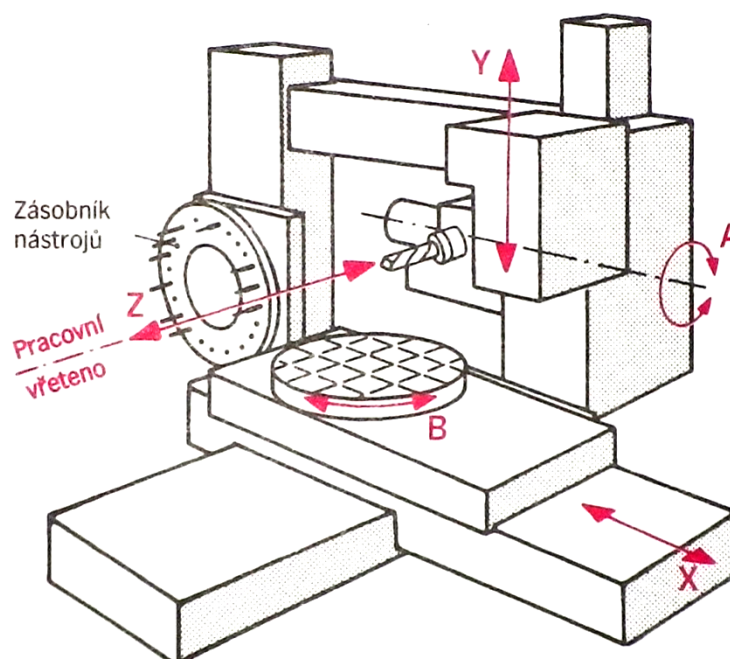
1.6 Souřadnicový systém stroje

CNC obráběcí stroje využívají především kartézský systém souřadnic. Systém je pravotočivý, pravoúhlý s osami X, Y, Z. Otáčivé pohyby, které jsou rovnoběžné s osami X, Y, Z, jsou označovány A, B, C (viz. obr. 1.6). Všeobecně platí, že osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetene, přičemž kladný smysl probíhá od obrobku k nástroji. Označení jednotlivých os můžeme provádět pomocí pravidla pravé ruky. Přičemž prsty udávají kladný směr (viz. obr. 6). Kartézský souřadnicový systém je důležitý k řízení stroje. Nástroje se v něm pohybují podle zadaných příkazů z řídicího panelu CNC stroje nebo dle příkazů, spuštěných v CNC programu. Je nutný pro měření nástrojů. Podle potřeby lze souřadnicový systém v programu otáčet nebo posunovat. V případě zjišťování korekcí nástrojů je souřadnicový systém umístěn v bodě výměny nástroje nebo na špičce nástroje [2, 10].



Obr. 1.5 Definování kartézských souřadnic – pravotočivá soustava [2].

Pokud má stroj více vřeten nebo vřeteno natáčivé, vybírá se pro stanovení osy Z taková poloha, při níž je tato osa kolmá k ploše upínání obrobku. CNC stroje jsou často konstruovány pro velice rozmanité pohyby. Pro tvarově složité součásti jsou pak zapotřebí další doplňkové přímočaré a rotační pohyby (viz. obr. 1.7). Písmena následují v abecedním pořadí. Směry os otáčení si lze jednoduše zapamatovat tak, že si představujeme zašroubování pravého šroubu ve směru příslušné osy [10].



Obr. 1.6 Obráběcí centrum s hlavními a rotačními osami [10].

1.7 Nulové a další vztažné body na CNC strojích

Souřadnicový systém řídicího systému CNC stroje je aktivován ihned po zapnutí stroje. Každý souřadnicový systém má svůj počátek – nulový bod, který musí být přesně určen. Nulové body mají podle použití své názvy. Kromě nulových bodů jsou na strojích další důležité body, jejichž znázornění je zobrazeno na obr. 1.8.

M – nulový bod stroje: bod je stanoven výrobcem. Je to bod, který je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy. Z hlediska programátora je tento bod pevně stanoven a nelze jej měnit. U soustruhů je M – nulový bod umístěn v ose rotace obrobku v místě čela vřetene. U frézky je daný bod umístěn v místě krajní polohy stolu frézky v obou osách.

W – nulový bod obrobku: bod si nastavuje sám programátor v potřebném místě obrobku. Nastavování se provádí pomocí příslušné G funkce.

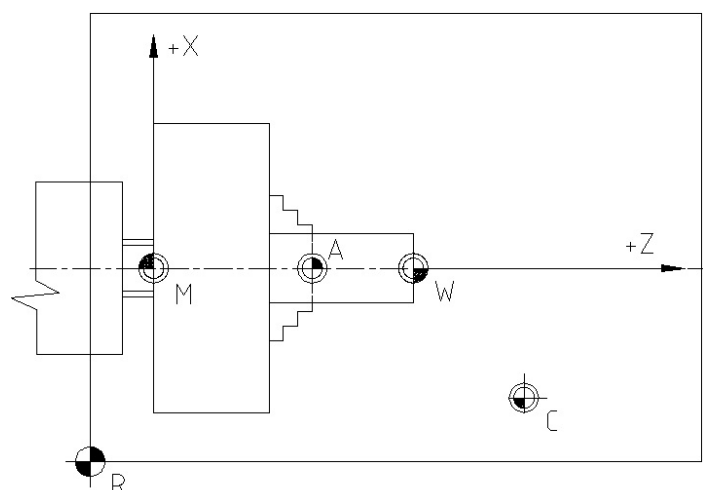
R – referenční bod stroje: je stanoven výrobcem. Vzdálenosti nulového bodu M a referenčního bodu R jsou přesně odměřeny výrobcem a zaneseny do řídicího systému CNC stroje. Moderní stroje, které mají absolutní odměřování polohy, již nepoužívají referenční bod 1.

C – výchozí bod programu: je počátečním bodem programu. Stanovuje se mimo součást. Používá se např. pro výměnu součástí, nebo výměnu nástroje.

A – dorazový bod: je takový bod na ose soustruhu, na který dosedá součást v upínacím přípravku (sklíčidlo apod.) 10.

F – vztažný bod suportu nebo vřetene: bod výměny nástroje na revolverové hlavě u soustruhu. K bodu F se vztahuje délková korekce nástroje.

E – bod nastavení nástroje: bod na držáku nástroje, který se při upnutí ztotožní s bodem F (je nutný pro zjištění korekcí nástroje na přístroji mimo stroj) [2].



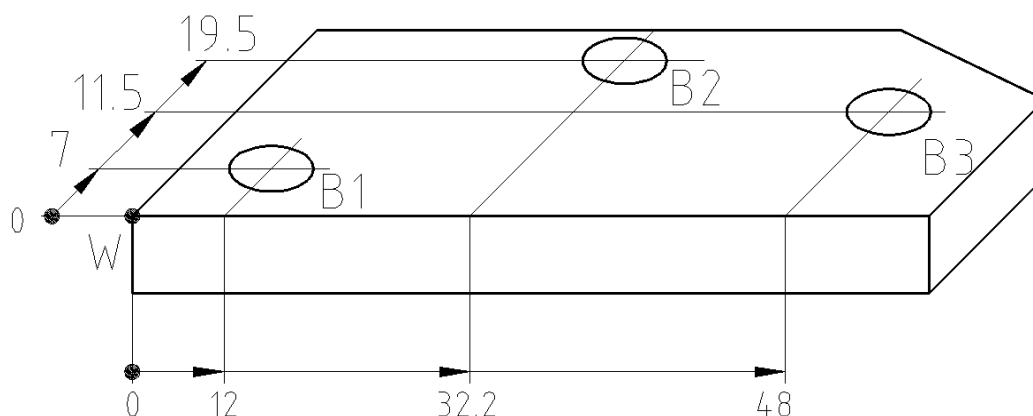
Obr. 1.7 Nulové body soustruhu [2].

1.8 Způsob programování

Rozlišujeme dvě hlavní možnosti programování, absolutní a inkrementální (přírůstkové). Nejvíce rozšířené je absolutní programování, tudíž lze očekávat, že většina ŘS (řídících systémů) je takto již přednastavena. Přesto je vhodné vždy na začátku programu přiřadit příslušnou funkci [11].

1.8.1 Absolutní programování

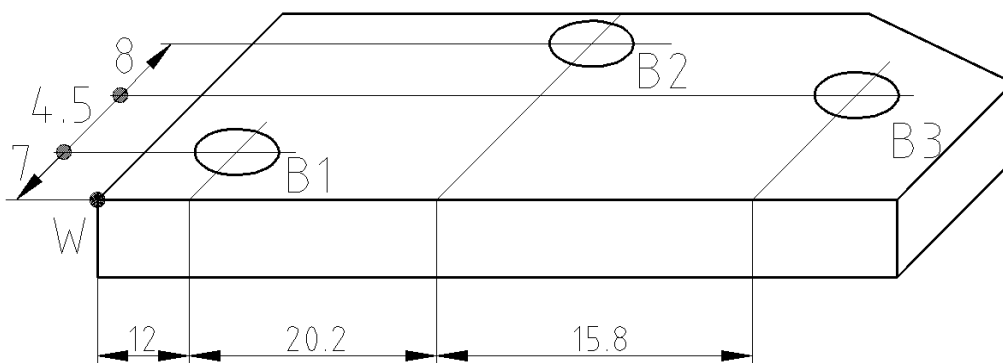
Všechny programované rozměry se vztahují k nulovému bodu W (viz. obr. 1.9). Při programování je přímo ze souřadnic zřejmá poloha daného bodu součásti. Při kontrole můžeme okamžitě nalézt hledaný rozměr.



Obr. 8 Součást s absolutními rozměry [10].

1.8.2 Inkrementální programování

Jindy také označováno za přírůstkové nebo relativní programování. Rozměr je veden jako příslušný přírůstek vzhledem k předchozí poloze nástroje (viz obr. 1.10). Při kontrole je ovšem nutné zkontrolovat celý program až po hledaný rozměr. U přírůstkového programování hrozí sčítání chyb, proto se doporučuje programovat v absolutních souřadnicích.



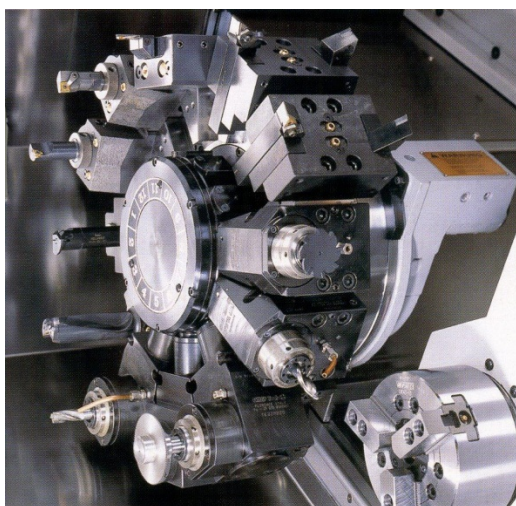
Obr. 1.9 Přírůstkové kotování součásti [10].

1.9 Upínání a výměna nástrojů

Při soustružení je nutno upínat řadu nástrojů pro obrábění. Jedná se hlavně o nástroje sloužící na obrábění vnějších ploch a o nástroje pro obrábění otvoru. U CNC obráběcích strojů jsou nástroje měřeny a seřizovány pro zadání jejich hodnot do korekcí mimo vlastní stroj na specializovaném pracovišti [3, 11].

1.9.1 Revolverové hlavy

Revolverové hlavy jsou v dnešní době nejpoužívanější druh upínání nástrojů u CNC strojů, neboť v revolverové hlavě jsou nástroje pevně upnuty (viz. obr. 1.11). Výměna nástroje je prováděna pomocí programu. Natočením do požadované polohy je zapojen do požadovaného procesu potřebný nástroj. Revolverová hlava je tvořena podle počtu nástrojů „n bokým“ hranolem [8, 11].

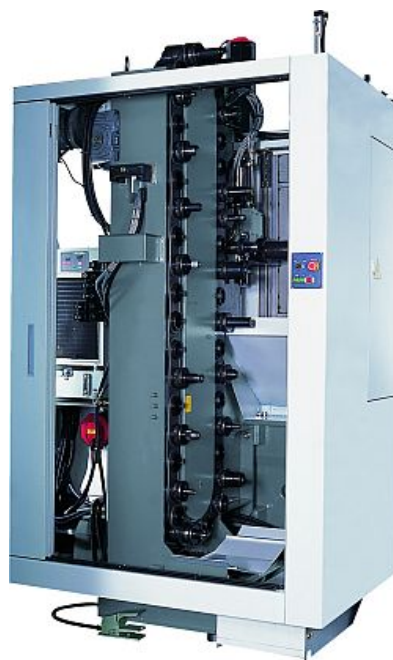


Obr. 1.11 Příklad revolverové hlavy [13].

1.9.2 Zásobníky nástrojů

Na rozdíl od revolverových hlav mají zásobníky nástrojů větší kapacitu. Mohou být vybaveny zařízením na zjišťování opotřebení, poškození nástrojů a hlídání životnosti. Podle koncepce stroje a podle kapacity se rozlišují různé konstrukční řešení zásobníků [8]:

- Zásobník kruhový – řadí se do skupiny malokapacitních zásobníků. Počet úložných míst se pohybuje okolo dvaceti. Hlavní předností této konstrukce je jednoduchost a malé stavební rozměry.
- Zásobník hvězdicový – charakterizuje se tím, že osa nástroje je kolmá nebo šikmá k ose otáčení zásobníku. Negativní na tomto zásobníku jsou hlavně větší rozměry vnějšího průměru.
- Zásobník řetězový (viz. obr. 1.12) – řadí se mezi hodně používané zásobníky, jeho předností je zejména upnutí většího množství nástrojů až 100 kusů, dále dobré využití prostoru (stavební rozměry lze přizpůsobit prostorovým podmínkám u stroje).
- Zásobník velkokapacitní – jak už plyne z názvu zásobník slouží pro velké množství nástrojů, při relativně malých rozměrech zásobníku. Nevýhodou je složitější manipulační cyklus mezi přípravnou polohou pro výměnu a úložnými místy v zásobníku.
- Zásobníky centrální – používají se jako zásobníky pro více strojů. Centrální zásobník nástrojů je rozdělen na dvě zóny tak, že v jedné zóně jsou umístěny nové nástroje a ve druhé opotřebované. Obsluha potom na první pohled vidí, jaké nástroje musí být nahrazeny [8, 12].



Obr. 1.10 Řetězový zásobník nástrojů

1.10 Upínání obrobků

Upnutí obrobku na CNC stroji musí zajistit pro každou obráběnou součást stejnou polohu. Musí dodržovat dostatečnou pevnost, aniž by docházelo k nežádoucím deformacím obrobku. Upnutí obrobku musí být provedeno rychle. U CNC strojů se upínání provádí pomocí příkazů M. Ruční upínání se v automatizované výrobě provádí výjimečně vzhledem k požadované produktivitě práce. U soustružnických strojů se nejčastěji pro rotační součásti používá upínání do sklíčidla (viz. obr. 1.13), sklíčidla a hrotu a upínání do kleštiny. Pro nerotační upínání obrobků se používají lícní desky nebo magnetické desky. Upínání do sklíčidla může být prováděno jak na vnější plochu nebo za vnitřní plochu. Zpravidla je ovládané hydraulicky,

skládá se ze sady tvrdých a měkkých čelistí. Rozsah upínacích průměrů bývá uveden v technických podmínkách stroje. Upínání do kleštín (viz. obr. 1.14) se používá především pro tyčový materiál s taženými, loupanými nebo broušenými povrchy. Součástí upínače jsou upínací kleštiny pro upínání kruhového šestihranného a čtyřhranného materiálu. Dále je možné tyčový materiál upínat pomocí hrotu a čelního unášeče.



Obr. 1.13 Sklíčidlo [14].



Obr. 1.14 Kleštiny [15].

Lícni desky (viz. obr. 1.15) se od univerzálního sklíčidla se liší tvarem, velikostí, konstrukcí a rozsahem použití. Můžeme zde upínat součásti nerotačních tvarů, excentrické součásti. Každá čelist se pohybuje samostatně, drážky slouží pro upínky a pro protizávaží. Nevýhodou lícnicích desek je nutnost vyvažování z důvodu házení. Mezi speciální upínací zařízení se řadí elektropermanentní magnetická deska (viz. obr. 1.16), umožňuje rychlé upnutí a obrábění z pěti stran. Nevýhodou se stává obrábění pouze magnetických materiálů [2, 8, 16, 17, 18].



Obr. 1.15 Lícni deska [17].

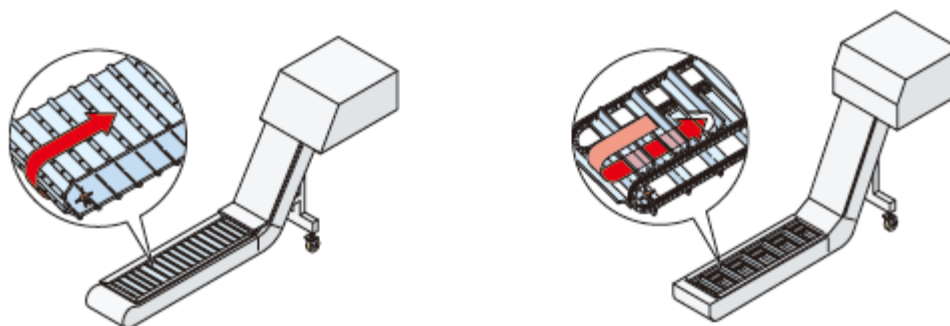


Obr. 1.16 Elektropermanentní mag. deska [18].

1.11 Odvod třísek

U výkonných, velkých hrubovacích a produkčních strojů je třeba brát velký zřetel na odstraňování třísek. Rychlý a účinný odvod třísek od stroje je nutné řešit nejen z hlediska zamezení deformací částí obráběcích strojů, vystavených buď přímému styku s horkými třískami, nebo sálavému teplu (hrozí teplotní dilatace stroje a obrobku, což ovlivňuje výslednou přesnost výroby), ale i z provozně bezpečnostních důvodů při hromadění velkých množství od nástroje odvedených třísek zejména v okolí pracoviště. Stroj pracující v automatickém cyklu musí mít řešení plynulý, automatický odvod třísek. Nejlepším řešením je, když základní koncepce stroje umožňuje gravitační odvod třísek. Při tomto způsobu je

nutno dbát na to, aby všechny plochy, na které dopadají třísky měly úhel sklonu min. 50 %. Pokud to není možné, je nutno využít splachování a odplavování třísek. Bohužel odplavování třísek z úspory místa u obráběcích strojů nelze kvalitně řešit, proto se používají různé druhy dopravníků, které zajistí plynulý odvod třísek mimo vlastní stroj. Jedná se především o třískové dopravníky článkové a hrablové (viz. obr. 1.17). Tyto dopravníky je nutno volit podle obráběného materiálu a typu třísek. Článkové dopravníky slouží k přepravě velkého množství třísek a jsou vhodné především pro dlouhé třísky. Hrablové dopravníky jsou určeny především k dopravě drobných třísek, které jsou pomocí hrabel stírány ze dna dopravníku a vynášeny ven. Na konce dopravníků jsou z důvodu snížení objemu třísek montovány drtiče třísek [2, 8, 16].



Obr. 1.17 Článkový a hrablový dopravník [23].

1.12 Krytování stroje

Pracovní prostor bývá uzavřený z hlediska hygieny a bezpečnosti práce. Ochranné krytování chrání pracovníka proti odletujícím třískám, odstříku chladicí kapaliny a pohybujícím se částem stroje. Pohyblivé části ochranných krytů musí být blokovány elektronicky. Rozeznáváme dva druhy krytů - vnější (tvoří rozhraní mezi vnějším okolím a pracovním prostorem) a vnitřní (oddělují pohyblivé mechanismy od pracovního prostoru). Vnější ochranné kryty jsou často opatřeny protihlukovou výplní. Čelní dveře musí mít průhledné okna z bezpečnostního materiálu, který zachytí případné odletující části. Dveře umožňují přístup do pracovního prostoru. Z důvodu zvyšování bezpečnosti práce bývají moderní ochranné dveře vybaveny lištami, které při sevření předmětu (např. lidské ruky) způsobí okamžité pootevření dveří. Pokud jsou otevřené dveře stroj nelze spustit. Pokud chce pracovník ochranné dveře otevřít, je většinou nutno zmáčknout bezpečnostní tlačítko. Prostor obrábění je zakrytován ve všech stran. Důležitou roli hraje krytování horní části stroje, zabraňuje se tím rozšiřování škodlivých emisí prachu a kapalin do okolního prostředí. Emise jsou z pracovního prostoru průběžně odsávány pomocí odsávacího zařízení. Případná kapalina je svedena zpět do okruhu řezné kapaliny [2, 8].

1.13 Pohony

U CNC strojů rozlišujeme dva druhy pohonů. Jedná se o pohony stroje a pohony posuvů.

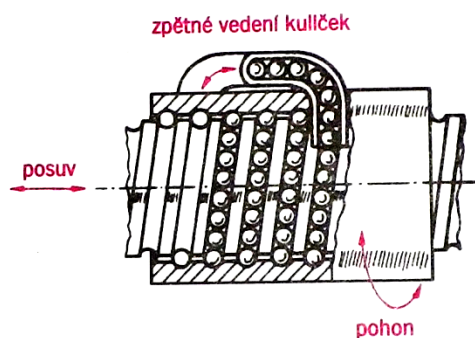
1.13.1 Pohony stroje

Hlavní pohon vřetena stroje musí zajistit plynulou změnu otáček při obrábění, vysoké zrychlení a zpomalení. Vřeteníky u běžných konvekčních strojů dosahují otáček 6 000 až 8 000 ot/min, ale také 10 000 až 12 000 ot/min. Elektrovřetena a vřetena s vlastním pohonem dosahují otáček až 20 000 ot/min. Vysoké otáčky jsou vyžadovány nejen u brousících strojů, ale také u vrtacích a frézovacích strojů. Vřeteníky vyžadují nové řešení

ložisek, jejich mazání a chlazení. Z toho důvodu je nutné montovat snímače teploty, zatížení ložisek a chvění.

1.13.2 Pohony posuvů

Stále více se prosazují frekvenčně řízené pohony na střídavý proud. Jsou mnohem méně náchylné na poruchy než motory stejnosměrné. Nejčastěji se používají kuličkové šrouby (viz. obr. 1.18), které dávají stroji požadovanou přesnost do tisíce milimetrů. Zajišťují rychlý a přesný pohyb bez vůle s minimálním třením. Pro současně stále se zvyšující rychlosti posuvů dodávají výrobci do strojů kuličkové šrouby s vysokým stoupáním a šrouby vícechodé. Dále se používají krokové motory, které se otočí při jednom elektrickém impulsu o jeden krok, například o 1/12 otáčky. Jsou vhodné pouze pro malé síly [2, 10].



Obr. 1.18 Kuličkový šroub s maticí [10].

1.14 Korekce nástrojů

Korekce nástrojů mohou být zjišťovány předem mimo obráběcí stroj v seřizovacích přístrojích. Nebo se může provádět přímo na stroji, ovšem tahle metoda není tak přesná jako odečtení korekce mimo stroj. Provádí se dotekem („naškrábnutím“) obrobené plochy. Na toto místo je nutné dojet dalším nástrojem. Tím se zjistí odchylky od původního korekčního nástroje. Jsou rozlišovány dva druhy korekcí.

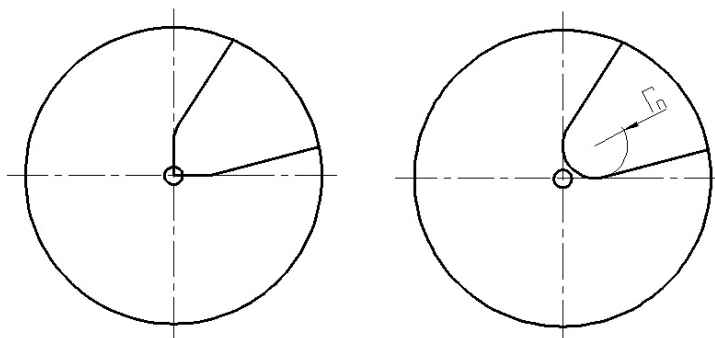
1.14.1 Korekce délkové

Jedná se o zjištění délkových vzdáleností. Velikost korekce je vztažena k nulovému bodu výměny nástroje (nástrojů s držákem). Zjištěné délky jednotlivých souřadnic musí znát řídicí systém. Řídicí systém podle těchto údajů koriguje dráhu nástroje zapsané programátorem. Nesprávné seřízení korekcí nástroje vede k výrobě zmetku, popř. až k havárii stroje. Zjištěné korekce se mohou uložit dvojím způsobem:

- Do tabulky nástrojů s tím, že nejpoužívanější způsob je ve tvaru T1D1. Kde T1 značí nástroj na pozici jedna. D1 značí, že nástroj T1 má korekce D1. Tak to platí i pro ostatní značení nástrojů T2D2 atd. Pokud to řídicí systém dovoluje, jsou zapisovány do stejného značení D také korekce rádiusové (poloměrové) a poloha nástroje vzhledem k obráběné ploše.
- Druhým způsobem je, že jsou délkové korekce zapisovány přímo do programu při jeho tvorbě. Ty jsou zapsány u funkce M06 (ruční výměna nástroje) v adresách X, Z (soustruh) a Z (frézka).

1.14.2 Korekce rádiusové (poloměrové)

Rádiusové korekce se zjišťují u všech nástrojů. U jednoduchých strojů, které v řídicím systému nemají funkce G40, G41, G42, nelze použít rádiusové korekce (lze vypočítat ručně ekvidistantu, která koriguje dráhu nástroje a do programu ji lze zadat ručně). Rozdíl mezi teoretickou a skutečnou špičkou nástroje je zobrazen na obr. 1.19. Soustružnický nůž má vždy zaoblenou špičku nástroje. Vyrobená geometrie kontury se bude odchylovat od zadané, pokud nebudeme s velikostí rádiusu počítat. Při soustružení bod na rádiusu vytváří konturu obrobku. Z důvodu požadované geometrické přesnosti musíme provést korekční výpočty. Výpočty by byly velice pracné, proto je řeší software v CNC programu. Funkce G41 a G42 zapínají matematický aparát, který vypočítává ekvidistantu, která je vzdálená o poloměr rádiusu od zadané geometricky správné kontury. Po této ekvidistantě se pohybuje střed rádiusu špičky nástroje. To znamená, že střed rádiusu nože se pohybuje po ekvidistantě, která je rozdílná od zadaného CNC programu. Velikost zaoblení nástroje je zjištěno pomocí mikroskopu. Hodnoty zaoblení se zadávají spolu s délkovými korekcemi do tabulky nástrojů [2, 10, 11].



Obr. 1.19 Teoretická a skutečná špička nástroje [11].

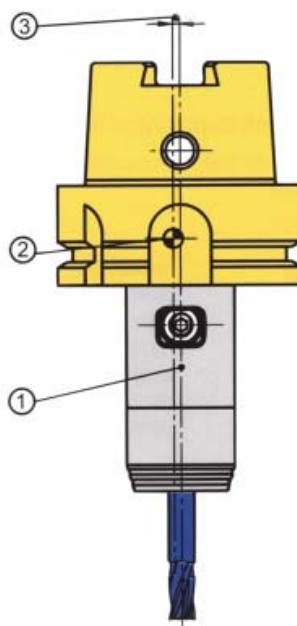
1.15 Perspektivy vývoje

Hlavní kroky, kterými se ubírá většina významných výrobců a dodavatelů je směrem inovace technologií za účelem snižování nákladů, ekologických dopadů a zvyšování produktivity. Nároky jsou kladeny na vyšší přesnost obrábění, robotizaci výroby a modernější řídicí systémy.

Navrhovány jsou nové výrobky z oboru pohonů a komponent motorů a s tím spojený program vývoje softwaru k optimalizaci spotřeby různých provozů. Společnosti dokazují, jakých úspor energie lze dosáhnout na důležitých uzlech obráběcích strojů. Tyto úspory se pohybují v rozsahu 50 – 80 %. Na trhu se objevují také systémy omezující vliv vibrací nástroje na povrchu obrobku. Pozornost je věnována také chlazení pracovního pole a nástrojů. Chlazení bývá dokonce hluboko pod bodem mrazu (až $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), které se osvědčuje například při práci s titanem, kde zcela nahrazuje konvenční chlazení.

Velkou částí na zvýšení produktivity se podílí také upínače nástrojů. Aby byly upínače přínosem pro další vývoj měly by splňovat řadu požadavků. Upínač musí i při vysokých otáčkách přenést síly a kroutící momenty. Konstrukční řešení nesmí podporovat vznik vibrací, proto musí být rotační upínač vhodným způsobem vyvážen. Upínače je nutné vyvažovat z důvodu, aby se odstranil vliv osově nesouměrného rozdělení hmot na vznik odstředivé síly. Nesouměrné rozdělení hmot vzhledem k ose rotace znamená, že skutečná poloha těžiště rotujícího nástroje neleží v ose rotace (viz. obr. 1.20). Moderní upínače mají možnost přivádět procesní kapalinu do těla upnutého nástroje. Musí být splněna náročná hlediska bezpečnosti.

Na splnění všech těchto požadavků je patrné, že upínač bude vyroben nejen vysoce přesně, ale i velmi složitě [21, 22].



Obr. 1.20 Vyvažování nástroje, 1 – poloha osy rotace, 2 – těžiště, 3 – velikost excentricity [20].

2 ROZBOR STROJE A ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

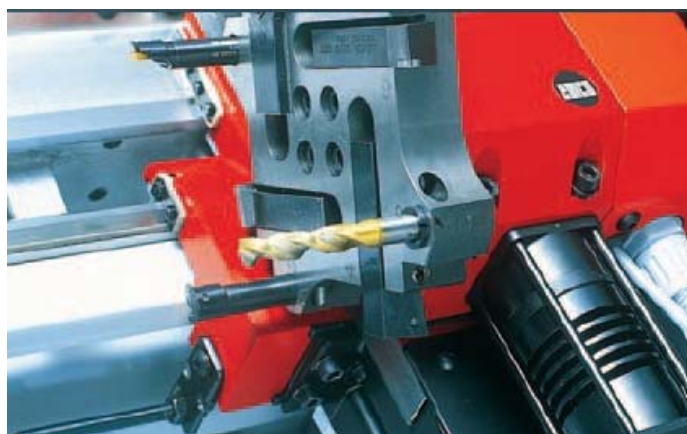
Pro výrobu součástky byl zvolen stroj CNC soustruh Concept TURN 55 od firmy Emco group sídlící v Rakousku. Firma zahájila svou výrobu již v roce 1947 a to výrobou konvenčních soustruhů. Postupem času se firma vypracovala na jednoho z předních evropských výrobců obráběcích strojů s výrobními závody v Rakousku, Itálii a Německu. Díky pestré nabídce výrobků, které vynikají svou maximální výrobní kvalitou a funkčním designem, je skupina EMCO váženým partnerem v oblasti obrábění a frézování [24].

2.1 Popis obráběcího soustruhu Concept TURN 55

Concept TURN 55 je dvouosý CNC stolní soustruh, jehož popis je na obr. 2.1. Slouží především pro výuku technologie obrábění, programování CNC strojů a soustružení. Stolní soustruh má sice menší rozměry, ale je plnohodnotný, lze na něm provádět všechny klíčové procesy. Stroj je opatřen revolverovou hlavou s možností upnutí až 8 nástrojů (viz. obr. 2.2). Na stroji lze použít více řídicích systémů (jednoduchou výměnou panelů řízení a přepnutím softwaru). Stroj, který byl použit na vyrobení součástky byl vybaven řídicím systémem Sinumerik 810T. Technické údaje o stroji jsou přiloženy v příloze číslo 1.



Obr. 2.1 Popis stroje [25].



Obr. 2.2 Revolverová hlava pro 8 nástrojů [25].

2.2 Řídicí systém stroje

Stroj (Concept TURN 55) je vybaven řídicím systémem Sinumerik 810T od firmy Siemens AG. Jedná se o mikroprocesorový CNC řídicí systém pro kompaktní obráběcí stroje. Písmeno uvedené za číslem v názvu ŘS označuje systém pro určitý typ obrábění. T – řídicí systém je určen pro řízení soustruhů, M – pro řízení frézek a G – pro řízení brusek. Programování systému může být prováděno buď přímo (z ovládacího panelu s využitím podpůrných prostředků) nebo vytvoření programu mimo stroj na počítači a jeho přenos do systému přes sériové rozhraní. Vložené programy mohou být odzkoušeny pomocí grafické simulace. V paměti systému může být uloženo až 200 podprogramů a hlavních programů.

2.3 Pracovní režimy stroje

Pracovní režimy stroje volíme podle požadované funkce, ve které budeme obsluhovat stroj. Na výběr se dostává řada pracovních režimů.

- Automatic – jedná se o automatický režim. Je určen pro běžný provoz soustružení obrobků. Důležitým předpokladem pro provoz v tomto režimu je předchozí nastavení strojních dat (parametry nástrojů, korekce a pozice nulového bodu obrobku).
- Jog – jedná se o ruční režim, kde je možno pomocí tlačítek a ručních ovládacích prvků řídicího panelu stroje např. pohybovat nástroji, posuvy, atd. Také je možná výměna obrobku nebo nájezd do referenčního bodu stroje. Řídicí systém zapisuje do paměti polohu nástroje při přerušení a zobrazuje vzdálenost v jednotlivých osách ujetou v režimu Jog.
- MDA – Manual Data Automatic. Režim umožňuje vytváření programů součástí a jejich okamžitou výrobu po jednotlivých krocích. Je nutno předem nadefinovat strojní data podobně jako u režimu Automatic [26].

2.4 Struktura programu

Každý program je sestaven z řady bloků. Začátek programu je většinou začínán znakem % a číslo. Před znakem % je možné uvést informace, které systém nemá zpracovávat (např. název součásti, informace o polotovaru, atd.), informace ovšem nesmí obsahovat znak %. Všechny údaje za tímto znakem % již řídicí systém zpracovává. Dále řídicí systém nerozpoznává informace v závorkách, jedná se o poznámky, které mohou být využity pro lepší přehlednost v programu (např. informace o nástrojích, korekcích, atd.). Každý program se skládá z bloků. Bloky jsou tvořeny jednotlivými slovy, které jsou složeny ze dvou částí. Významná část udává číselnou velikost povelu (např. počet otáček a velikost posuvu) a adresná část označená písmenem vyjadřuje druh povelu (otáčky či posuv). Význam jednotlivých adres (písmen) se řídí normou DIN 66 025. Řídicí systém rozlišuje podprogram, ve kterém se zadává cesta nástroje tzv. kontura nástroje. [11, 30].

2.4.1 Číslování vět

Všechny věty musí začínat číslem. Je záměrem číslovat věty po desítkách, aby bylo možné dodatečně vkládat věty bez narušení stávajícího programu. Číslo věty je umístěno vždy na začátku každého bloku programu a skládá se z adresy N a z čísla, které odpovídá poloze věty v programu. Číslo bloku je tedy první informací uvedenou v bloku. Význam číslování CNC vět spočívá ve snazší orientaci obsluhy. Podle čísla věty lze přesně určit, kde je třeba provést určitou změnu nebo opravu. V průběhu obrábění je na obrazovce zobrazováno aktuální číslo věty. Na rozdíl od ostatních adres nemá číslo bloku ani geometrický a ani technologický význam.

Tab. 2.1 Složení programu [2].

N40 G00 X100 Z-50				Blok (věta)
N40	G00	X100	Z-50	Příkaz (slovo)
N	G	X	Z	Adresa
40		00		Významová část
100		-50		Rozměrová část

2.4.2 Výběr nejpodstatnějších přídatných a pomocných funkcí

Norma ČSN ISO 6983 rozlišuje funkce v řadě G00 až G99 a M00 až M99 jež jsou zobrazeny v tab. 2.2. Jedná se o instrukce ke zpracování geometrických a technologických informací. Do jedné věty je možno vložit i větší počet přídatných a pomocných funkcí (z různých skupin), které se budou doplňovat. Avšak pro řídicí systém SINUMERIK 810T je možné použít maximálně 3 „M“ příkazy a pouze 4 „G“ příkazy ve větě. ,

Tab.2.2 Výběr funkcí [11].

Označení funkce	Význam funkce
G 00	rychlé lineární polohování (rychloposuv)
G 01	lineární interpolace (obrábění pracovními posuvy po přímce)
G 02	kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček (zhotovení zaoblení)
G 03	kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček (zhotovení zaoblení)
G 04	časová prodleva (např. upínání obrobku robotem)
G 17	základní pracovní rovina XY (využití u frézek)
G 18	základní pracovní rovina ZX (využití u frézek)
G 19	základní pracovní rovina YZ (využití u frézek)
G 33	řezání závitu
G 40	zrušení korekce dráhy nástroje
G41	korekce dráhy nástroje vlevo od obrysu obrobku
G 42	korekce dráhy nástroje vpravo od obrysu obrobku
G 54 až G59	přesuny nulového bodu
G 90	absolutní programování
G 91	přírůstkové (inkrementální) programování
G95	otáčkový posuv
M 00	programovatelný stop programu
M 03	otáčky vřetene ve směru hodinových ručiček
M 04	otáčky vřetene proti směru hodinových ručiček
M 05	zastavení vřetene – vřeteno stop
M 06	výměna nástroje
M 07	zapnutí mazání
M 08	zapnutí chlazení
M 09	vypnutí chlazení
M 17	konec podprogramu
M 30	konec programu
R	parametry cyklů
T3D3	nástroj na pozici 3, který má korekce D3

2.4.3 Výroba pomocí cyklů

Při obrábění je mnoho pohybů určeno zvolenou technologií. Programování výroby závitů i mnoho dalších ploch je možné značně zjednodušit nadefinováním parametrů popisujících charakter operace a technologické podmínky. Dodatečné úpravy programovaných řezných podmínek (např. šířka záběru) jsou velice snadné. Programování pomocí cyklů (viz tab. 2.3) umožňuje výrazné zkrácení programu a zrychlení programování.

Tab. 2.3 Rozdělení soustružnických cyklů [26].

Označení	Význam
L 93	Zapichovací cyklus
L 94	Cyklus pro výběhy a zápichy
L 95	Hrubovací cyklus se zpětným soustružením
L 96	Hrubovací cyklus bez zpětného soustružení
L 97	Řezání závitů
L 98	Cyklus vrtání hlubokých děr
L 99	Řetězec závitů

2.4.4 Příklad programu

Tab. 2.4 příklad programu

N0060 G96	- konstantní řezná rychlost (otáčky se mění v závislosti na průměru)
N0065 S180	- volba otáček [mm/min]
N0070 F 0.2 M03	- velikost posuvu [mm/ot], otáčení vřetene vpravo
N0075 G00 X26 Z0	- nájezd rychloposuvem
N0080 G01 X-0.5 Z0	- zarovnání čela pomocí lineární interpolace
N0085 G00 X13 Z1	- odjezd rychloposuvem
N0080 R20=331 R21=13 R22=1 R24=0.2 R25=0.2 R26=1 R27=42 R29=41 R28=0.1 R30=0	- cyklus soustružení, R20-R30 – parametry soustružení
L96 P1	
N0090 G00 X40 Z40 M05	- odjezd rychloposuvem, vypnutí vřetena
N0095 T3 D3	- volba nástroje středící vrták, korekce D3
N0100 G95	- otáčkový posuv
N0105 S800	- volba otáček [mm/min]
N0110 F 0.05 M03	- velikost posuvu [mm/ot]
N0115 G00 X0 Z1	- najetí rychloposuvem
N0120 G01 X0 Z-2	- zajetí do materiálu do hloubky 2 mm
N0125 G00 X0 Z1	- vyjetí z materiálu rychloposuvem
N0130 G00 X40 Z40 M05	- odjezd rychloposuvem, vypnutí vřetena

3 PROGRAMOVÁNÍ SOUČÁSTI

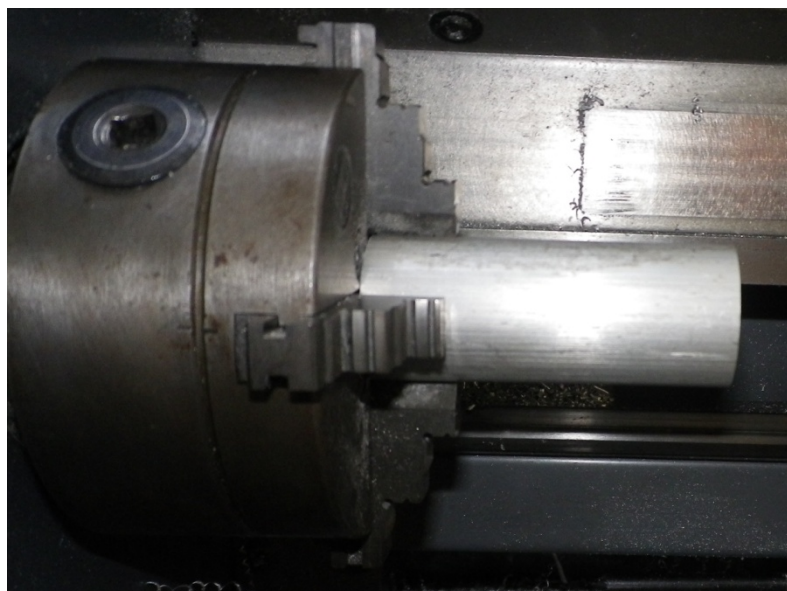
Jako součástka byla zvolena tvarová hřídel. Při volbě součásti musely být brány v potaz možnosti školního stroje Concept TURN 55. Při programování bylo zvoleno více cyklů např. cyklus soustružení, řezání závitů, hlubokého vrtání, atd.

3.1 Použitý materiál

Pro výrobu byl volen materiál, který je finančně dostupný, vhodný pro výrobu a dostačující pro ukázkové účely. Byl zvolen materiál 11 600, jehož vlastnosti byly vyzdvihnuty v Tab. 3.1. Polotovar o průměru 25 mm byl uříznut na délku 62 mm.

Tab. 3.1 Vlastnosti materiálu

Materiál	11 600
Pevnost v tahu	590 – 705 MPa
Mez kluzu min.	295 MPa
Tvrdość HB	Max. 205
Třída odpadu	001



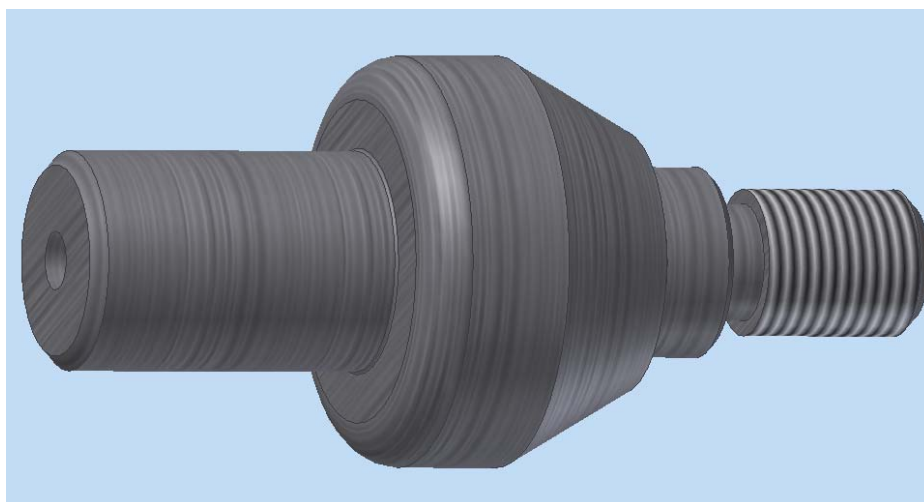
Obr 3.1 Upnutý polotovar.

3.2 Vlastnosti a použití materiálu

Materiál 11 600 je neušlechtilá ocel na strojní součásti, které jsou namáhané jak staticky, tak i dynamicky. Svařitelnost je obtížná. Je vhodná k použití kovaných a lisovaných součástí, ale také pro součásti vystavené velkému tlaku. Neušlechtilá ocel je nejčastěji používána na klíny, čepy, pastorky, šneky, vřetena lisů, hřídele, pera, klíny, kolíky, pístnice [27, 28].

3.3 Výkres navržené součásti

Výrobní výkres tvarové hřídele zobrazené na obr. 3.2 je uveden v příloze č. 2. Na zvolené hřídeli můžou být nalezeny následující prvky: zkosení hran, zaoblení hran, výběh závitů, metrický závit, šikmá plocha a díra.



Obr. 3.2 Tvarová hřídel – 3D model.

3.4 Použité nástroje

Do revolverové hlavy je možno upnout celkem 8 nástrojů. Z toho můžou být pouze 4 soustružnické nože, popř. 4 vrtáky. Pokud by se jednalo o více používaných nástrojů je nutné nástroje vyměňovat a nastavovat korekce. Na výrobu hřídele bylo použito celkem 5 nástrojů (uběrací nůž, středící vrták, vrták, upichovací nůž a závitový nůž).

Ubírací nůž stranový (pravý)

Nůž vykonal na součásti největší část práce, vykonával práci hrubovací i dokončovací.

Vyměnitelná břitová destička: DCMT 07 02 04 – PF

Držák nástroje: SDJCR 1010 E07

Řezné podmínky nástroje:

- $a_p = 0,08 - 1,5$ mm, $f_n = 0,05 - 0,17$ mm/ot, $v_c = 250$ m/min.

Použití, výhody VBD: destička byla používána na operace soustružení, čelní a tvarové obrábění a obrábění ze zadní strany. Slouží na obrábění hřídelí, náprav, nábojů a ozubených kol. Mezi hlavní výhody se řadí pozitivní geometrie s lehkým řezem a malými řeznými silami [29, 31].

Zapichovací nůž

Zapichovací nůž byl použit na výběh závitu.

Vyměnitelná břitová destička: N123G2 – 0300 – 0003 – GM

Nástrojový držák: C4 – R F123G20 – 27060B

Řezné podmínky nástroje:

- $a_p = 18,2$ mm, $f_n = 0,05 - 0,15$ mm/ot, $v_c = 140$ m/min.

VBD je určená pro střední posuvy. Mezi přednosti patří vynikající kontrola třísky, snižuje šířku třísky a vytváří dobrý výsledný povrch součásti [29].

Parametry nástroje:

- $l_a = 3$ mm, $r_e = 0,3$ mm.

Závitový nůž

Závitový nůž (viz. obr. 3.3) byl použit pro řezání závitu M10x1. Závit je pravý, nůž vykonával pohyb zprava doleva. Byl vybrán nástroj na vyrábění závitu o stoupání 1 mm.

Vyměnitelná břitová destička: 266RG – 16MM01A100

Držák nástroje: 266RFG – 1616 – 16

Řezné podmínky nástroje:

- $v_c = 155 \text{ m/min}$



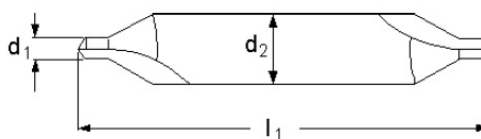
Obr. 3.3 Závitový nůž [31].

Vrtání

Nejprve je vhodné vrtanou díru navrtat pomocí středicího vrtáku (viz. obr. 3.4.). Na to byl použit středící vrták typ A vybrušovaný, ČSN 22 1110 [19].

Parametry středicího vrtáku:

- $d_1 = 1,25 \text{ mm}$, $d_2 = 3,15 \text{ mm}$, $l_1 = 31,5 \text{ mm}$



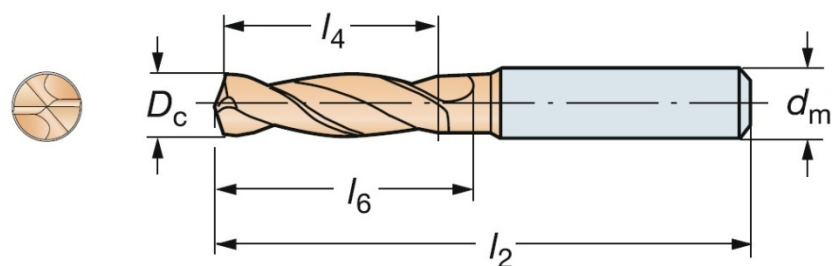
Obr. 3.4 Středící vrták [19].

Vrták byl použit na vrtání díry $\varnothing 4 \text{ mm}$ a délce 12 mm, vrták je vyroben ze slinutého karbidu, monolitního typu. S vnějším přívodem řezné kapaliny. Jedná se o vrták firmy Sandvik Coromant. Délky nástroje jsou vyobrazeny na obr. 3.5.

Vrták: R840 – 0400 – 30 – A0A

Parametry nástroje:

- $D_c = 4 \text{ mm}$, $d_m = 6 \text{ mm}$, $v_c = 70 - 120 \text{ m/min}$, $f_n = 0,1 - 0,2 \text{ mm/ot}$,
- $l_2 = 66 \text{ mm}$, $l_4 = 17 \text{ mm}$, $l_6 = 24 \text{ mm}$ [29].



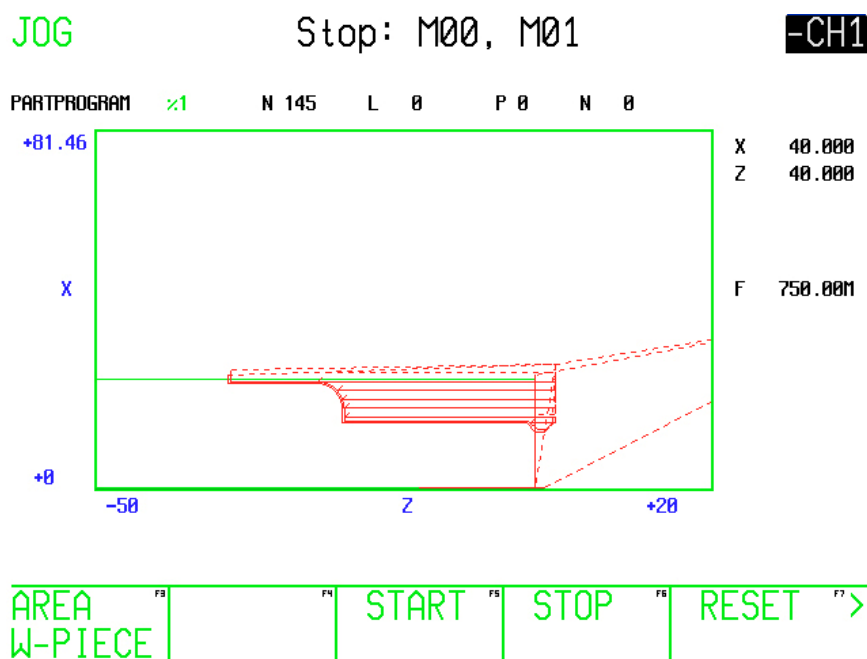
Obr. 3.5 Vrták [29].

3.5 Technologický postup výroby

Způsob výroby, jakou byla hřídel s číslem výkresu 4-BP-2012/1 vyráběna je uvedena v technologickém postupu, který je vložen jako příloha číslo 3. Prvky jako hrubování a dokončování kontury, vrtání a výroba závitů byly prováděny pomocí cyklů. Ostatní operace jako zapichování a navrtání středícího důlku se zhotovily přímo v programu.

3.6 Simulace a výroba součásti

Součást byla programována, simulována a vyráběna za pomoci programu Sinumerik 810T. Na obr. 3.6 je možno sledovat výrobu jedné části hřídele. Bylo provedeno hrubování kontury a dokončení kontury. Následně byl navrtán středící důlek pomocí středícího vrtáku. Díra byla vyvrtána do hloubky 12 mm. Na obrazovce je možno shlédnout číslo programu, věta, na které se zrovna program nachází. Polohu v ose X a Y od nulového bodu. Postupná simulace probíhající výroby je zobrazena v příloze číslo 4.



Obr. 3.6 Simulace výroby.

4 DISKUZE

Práce se kromě přehledu vývoje řídicích systémů CNC strojů zabývá také rozбором konkrétního stroje a výrobou tvarové hřídele. Řídicích systémů na obchodním trhu stále přibývá a jsou neustále zdokonalovány. Vzhledem k rozsahu této práce i množství dostupných informací a zdrojů bylo nutné zaměřit se pouze na nejdůležitější prvky řídicích systémů číslicově řízených strojů. Pro tuto práci byl zvolen řídicí systém Sinumerik 810T, který splňoval veškeré naše požadavky. ŘS Sinumerik 810T je velmi vhodný jak pro školní výuku, tak pro průmyslovou výrobu. Systém je přehledný, snadný na ovládání, umožňuje simulaci daného programu a v současné době je finančně dostupný.

Pro tuto práci byla zvolena výroba tvarové hřídele, která obsahuje základní mechanické prvky, jako je závit, kužel, díra, válcová plocha, rovinná plocha, výběh závitu a rádius. Pro zhotovení tvarové hřídele byla zvolena neušlechtilá konstrukční ocel (materiál 11 600), která je lehce obrobitelná, obtížně svařitelná a schopna odolávat velkému tlaku. CNC program byl vytvořen pomocí dvou podprogramů, kde byly nadefinovány kontury povrchu. Na prvky (závit, díra a soustružení) byly použity strojní cykly, jež jsou podporovány použitým řídicím systémem Sinumerik 810T. Správná funkce tvarové hřídele nebyla negativně ovlivněna vynecháním (z důvodu úspory času, jednoduššího provedení a méně komplikovaného programování) strojního cyklu ke zhotovení výběhu závitu. Po dokončení programu byla řídicím systémem Sinumerik 810T provedena simulace tvarové hřídele, která byla následně ověřena výrobou součástky.

Dalšími řídicími systémy, které mohly být použity k vytvoření CNC programu pro výrobu tvarové hřídele, jsou Fanuc a Heidenhain.



Obr. 4.1 ŘS Fanuc [32].



Obr. 4.2 ŘS Heidenhain [33].

ZÁVĚR

V teoretické části této práce jsou přehledně představeny charakteristické rysy šesti stupňů vývoje jednotlivých CNC strojů a jejich využití v praxi. Se zvyšující se náročností výroby byly CNC stroje děleny dle technologických (jednoprofesní a víceprofesní) a druhových (vrtání, soustružení, frézování a broušení) operací. Dále byly CNC stroje děleny dle počtu pracovních os a dle pohybu obrobku. Většina CNC obráběcích strojů pracuje s kartézským souřadným systémem. Postupně byly probrány nulové body (M, W) a další důležité body na stroji (R, C, A, F, E). Byl rozdělen způsob programování na přírůstkové (inkrementální) a absolutní, které je nejčastěji používané. Předními výhodami počítačově řízených strojů je efektivnější a ekonomicky výhodnější výroba, možnost opakovaného používání stejného či upraveného programu, není potřebná údržba a obsluha rýsovacích a vrtacích přípravků, zvýšení kvality a celkově mnohonásobné snížení času potřebného k výrobě. Nevýhodou těchto strojů je použití dokonalých nástrojů a nutnost přítomnosti kvalifikovaných pracovníků.

V praktické části této práce byla naprogramována, simulována a zhotovena tvarová hřídel z neušlechtilé konstrukční oceli pomocí řídicího systému Sinumerik 810T.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. CNC soustruhy. Fermat [online]. © 2008 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/cs/11-cnc-soustruhy/91-sf-43-cnc.html>
2. ŠTULPA, Miloslav. *CNC: obráběcí stroje a jejich programování*. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-730-0207-8.
3. SVOBODA, Evžen. *Technologie a programování CNC strojů*. 1. Vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 100 s. Učebnice pro odborné školy (Fragment). ISBN 80-720-0297-X.
4. KRÁL, Pavel a Jan ŠRAJER. *CNC obráběcí centra: obráběcí stroje a jejich programování*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008, 79 s. ISBN 978-80-7375-163-0 (BROŽ.).
5. VÁVRA, Zbyněk. *Programové moduly pro obrábění v prostředí programu SurfCAM* [online]. Zlín, 2.6.2010 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: http://dspace.knihovna.utb.cz/bitstream/handle/10563/12062/vavra_2010_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
6. Obrábění 1D až 5D – vysvětlení pojmů: B3kovo [online]. 6. 1. 2010 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://b3kovo.cz/blog/2010/01/obrabeni-1d-az-5d---vysvetleni-pojmu/>
7. Katalog. *Misan-obráběcí stroje a nástroje* [online]. 2002 – 2012 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z: <http://www.misan.cz/mazak/katalog-detail/vrx5005xii-variaxis-500-5x-ii/>
8. MAREK, Jiří a Oldřich UČEŇ. *CNC obráběcí stroje*. 1. Vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 103 s. ISBN 978-80-248-2329-4 (BROŽ.).
9. Electronic Sam. B and W company [online]. 1.12.2005, 2.12.2005 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.electronicssam.com/images/KandT/oldkandt.JPG>
10. WAGNER, Friedrich. *Technika a programování NC strojů*. 2., durchges. Aufl. Překlad Jiří Dvorský. Praha: Wahlberg, 1994, 88 s. ISBN 80-901-6575-3.
11. KRÁL, Mojmír. *Základy CNC obráběcích strojů*. 1. Vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 59 s. Učebnice pro odborné školy (Fragment). ISBN 80-720-0295-3.
12. Modulární řešení pro výrobu nástrojů a forem. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2005 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/modularni-reseni-pro-vyrobu-nastroju-a-forem.html>
13. Soustružení. *Filák, s.r.o.* [online]. 1993 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.filak.cz/soustruzeni-na-cnc-soustruhu/>
14. Sklíčidla silová hydraulicky a pneumaticky ovládaná. *ZPJ, s.r.o.* [online]. 1999 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.zjp.cz/cz/sklidlo-silove-s-mechanicnym-upinanim-3-celistni-pruchozi-typ-2405k--ka/catalog.html?id=74>
15. Kleštiny. *První hanácká BOW* [online]. © 2005 – 2011 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkt/3352050-klestiny-oz25-7-25mm-7-ks-klestinovy-upinac-mk3-m12/>
16. *Deskripce CNC obráběcích center na nerotační součásti* [online]. Brno, 2008 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z:

- http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5828.
Bakalářská práce. VUT Brno. Vedoucí práce Ing. Petr Blecha, Ph.D.
17. Mechatronika. STAVINOHA, Zdeněk. *Coptel* [online]. 2011 [cit. 2012-05-22].
Dostupné z:
<http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=25226&docGroup=4931&cmd=0&instance=2>
 18. LAURENC, Filip. *Tredy současného vývoje automatické výměny obrobků*. Brno, 2010. Dostupné z:
http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29042.
Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce Jan Pavlík.
 19. Ckp chrudim. *Antee* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z:
<http://www.antee.cz/ckpchrudim/file.php?nid=1932&oid=304402>
 20. Upínače nástrojů. *Technický týdeník* [online]. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z:
<http://www.techtydenik.cz/upinacenastroju.php>
 21. Nové multifunkční obráběcí centrum MCU 630VT-5X od firmy Kovosvit MAS. *Technik: měsíčník Hospodářských novin*. Economia, a. s.: Praha, 2011, č. 9. ISSN 1210-616x.
 22. EMO 2011 s opatrným hodnocením budoucnosti. *Technický týdeník*. Praha: SpringerMedia, 2011, č. 20. ISSN 0040-1064.
 23. CNC soustruhy. *Progresivní technologie obrábění a tváření* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.newtech.cz/media/attachments/nl-serie.pdf>
 24. Company. *The EMCO Group* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z:
<http://www.emco-world.com/nc/en/company.html>
 25. Products. *The EMCO Group* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z:
http://www.emco-world.com/uploads/tx_commerce/Concept_TURN_55_EN_4S_NEU_01.pdf
 26. PÍŠKA, Miroslav a Aleš POLZER. Sinutrain. *CAD/CAM & CNC technologie* [online]. 21.4.2004 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z:
http://cadcam.fme.vutbr.cz/sinutrain/SPN12CNC_Sinumerik810D.pdf
 27. Neuslechtile uhlíkové konstrukční oceli třídy 11. *Tumlikovo* [online]. 6.2.2011 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/neuslechtile-uhlikovekonstrukcni-oceli-tridy-11-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
 28. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. Vyd. Úvaly: Albra, 2008, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
 29. Katalogy. Sandvik Coromant [online]. 2010 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z:
http://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/CoroKey_2010.pdf
 30. ADAMEC, Jaromír a Šárka TICHÁ. *Programování CNC systému EMCOTRONIC TM02 – Soustružení: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. Vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008, 100 s. ISBN 978-80-248-1915-0.

31. Katalogy. *Pramet* [online]. 2012 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/Turning%202012%20CZ%20PROG.pdf>
32. Others. *Koike* [online]. © 2008–2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.koike-asia.com/en/others/datasheet/fanuc-series-300i/?option=1>
33. Obráběcí a tvářecí stroje. *Topkontakt.cz* [online]. © 1999 – 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://produkty.topkontakt.idnes.cz/p/heidenhain-tnc-320/927059/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer numerical control
DNC	[-]	Direct numerical control
DNC	[-]	Distributive numerical control
Fanuc	[-]	Factory Automatic Numerical Control
MDA	[-]	Manual data automatic
NC	[-]	Numerical control
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička
ŘS	[-]	Řídicí systém

Symbol	Jednotka	Popis
D_c	[mm]	průměr vrtáku
a_p	[mm]	hloubka řezu
d_m	[mm]	průměr stopky vrtáku
f_n	[mm·ot ⁻¹]	posuv
l_a	[mm]	radiální posuv
l_2	[mm]	délka vrtáku
l_4	[mm]	maximální hloubka díry
l_6	[mm]	délka řezné část
r_ε	[mm]	poloměr zaoblení špičky nástroje
r_o	[mm]	poloměr zaoblení špičky nástroje
v_c	[m·min ⁻¹]	řezná rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|-----------|--|
| Příloha 1 | Parametry stroje (Concept TURN 55) |
| Příloha 2 | Výkres součásti tvarové hřídele |
| Příloha 3 | Technologický postup výroby |
| Příloha 4 | Simulace výroby v programu Sinumerik 810T |
| Příloha 5 | CNC program – hlavní program a podprogramy |

PŘÍLOHA 1 (1/2)

Parametry stroje

[E[M]CONOMY]
means:

EMCO Industrial
training

Designed for your profit



Small Machine. Big Impact.
CONCEPT TURN 55

CNC training with
industrial performance

PŘÍLOHA 1 (2/2)

Parametry stroje

[Technical data]



CONCEPT TURN 55

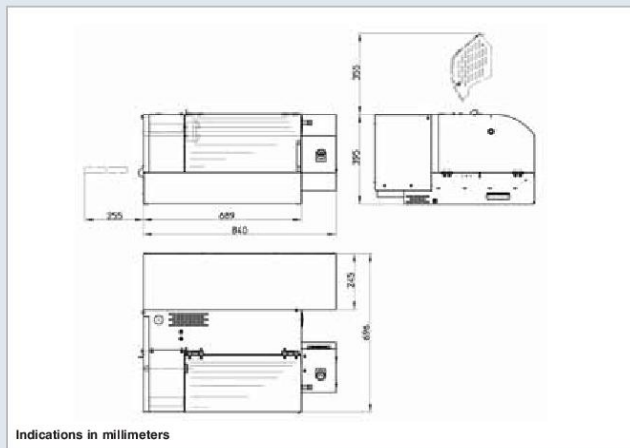
Work area	
Swing over bed	130 mm (5.1")
Distance between spindle noses	335 mm (13.2")
Max. turning diameter	52 mm (2.1")
Max. part length	215 mm (8.5")
Travel	
Travel in X	48 mm (1.9")
Travel in Z	236 mm (9.3")
Main spindle	
Speed range	120 - 4000 rpm
Power (3 phase asynchronous motor)	0.75 kW (1.01 hp)
Spindle diameter at front bearing	30 mm (1.2")
Spindle bore	16 mm (0.6")
Feed drives	
Rapid motion speed X/Z	2 m/min (78.7 ipm)
Feed force X/Z	1000 N
Positioning variation Ps (acc. VDI 3441) in X/Z	8 μm (0.0003")
Tool turret	
No. of tool stations	8
Tool-cross section	12 x 12 mm (0.5x0.5")
Shank diameter for boring bars	10 mm (0.4")

Tailstock	
Quill stroke	35 mm (1.4")
Quill diameter	22 mm (0.9")
Dimensions	
Height of center above floor	320 mm (12.6")
Dimensions W x D x H	840 x 695 x 400 (33.1x27.4x15.8")
Total weight	85 kg (187 lb)

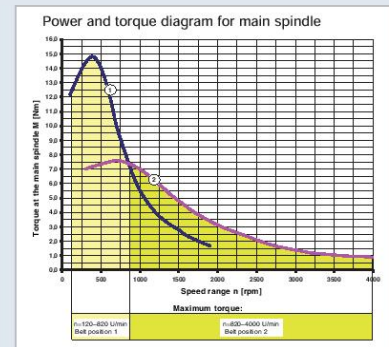
EMCO WinNC controls

Siemens 810D/840D	Siemens 810
Siemens 820	GE FANUC Series 0
GE FANUC Series 21	Emcotronic TM02
FAGOR 8055	CAMConcept
EMCO EASY CYCLE	

Machine layout



Power

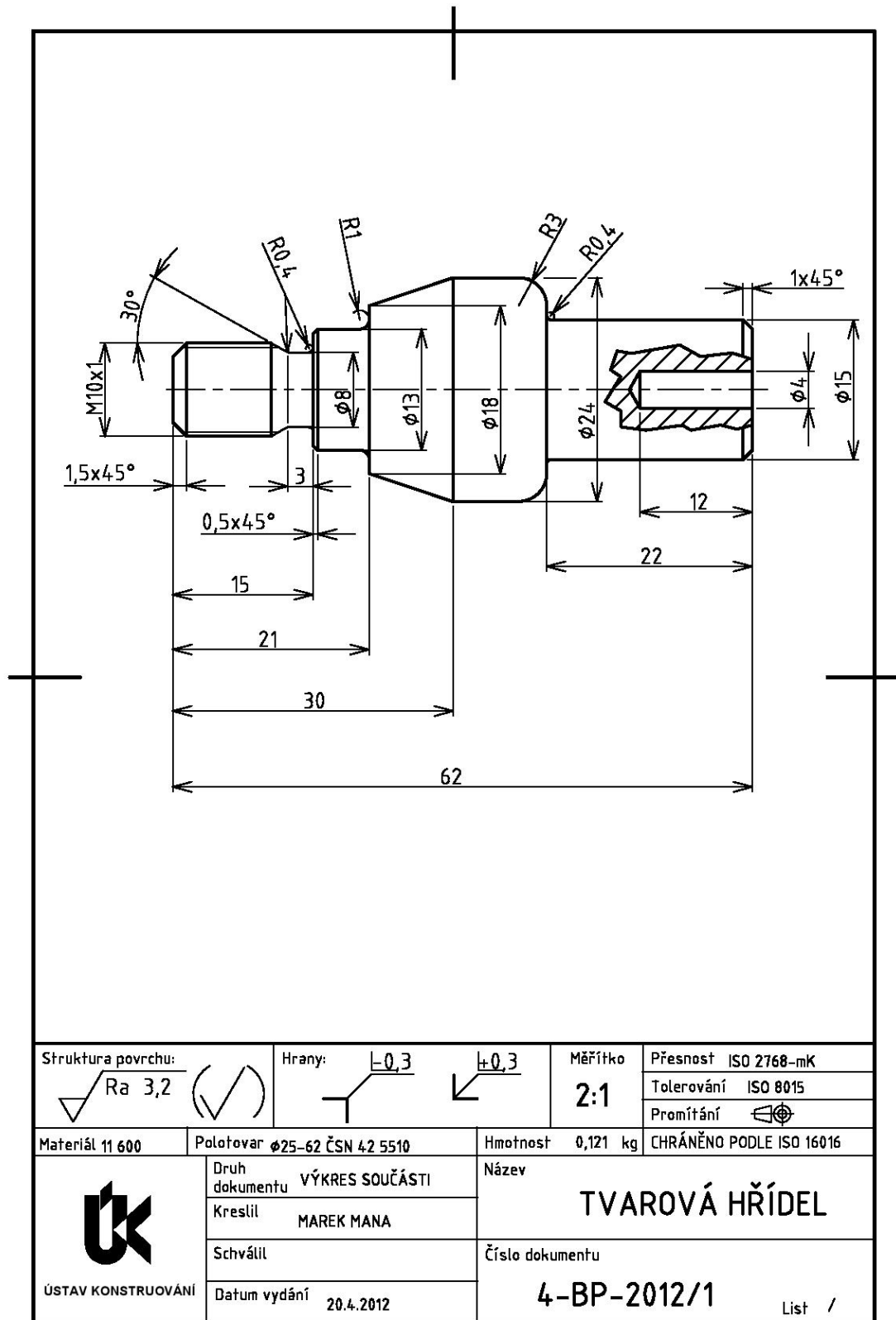


EN4532 - 07/10 - Subject to change. We can accept no liability for printing errors.



PŘÍLOHA 2

Výkres součásti tvarové hřídele



PŘÍLOHA 3 (1/2)

Technologický postup výroby

STROJ PC TURN 55		Technologický postup					
SOUČÁST		TVAROVÁ HŘÍDEL		VYPRACOVAL	Mana Marek		
ČÍSLO VÝKRESU		4 – BP – 2012/1		MATERIÁL	11 600		
ČÍSLO PROGRAMU		%1		POLOTOVAR	Ø 25 - 62 ČSN 42 5510		
SOUŘADNICOVÁ OSA		X	Y	Z	UPÍNÁNÍ - univerzální sklíčidlo		
REFERENČNÍ BOD - R		74,460		92,200	ČELISTI - čtyři		
NULOVÝ BOD SOUČÁSTI - W (G58)		0		47,5	CHLADÍČÍ KAPALINA - 0		
VÝCHOZÍ BOD PROGRAMU - C		40		40			
POŘADÍ NÁSTROJE	NÁSTROJ	ČÍSLO NÁSTROJE	KOREKCE NÁSTROJE	POLOMĚR NÁSTROJE	OTÁČKY min ⁻¹	HLOUBKA ZABĚRU mm	
					ŘEZNA RYCHLOST m/min	POSUV mm/ot.	
1	Upnutí do sklíčidla	-	-	-	-	-	
					-	-	
2	Hrubování kontury	T2	D2	0,4	3180	1,5	
					250	0,1	
3	Dokončování kontury	T2	D2	0,4	3800	1	
					300	0,08	
4	Navrtání díry	T3	D3	-	800	2	
					10	0,05	
5	Vrtání díry	T5	D5	-	6500	12	
					100	0,15	
6							

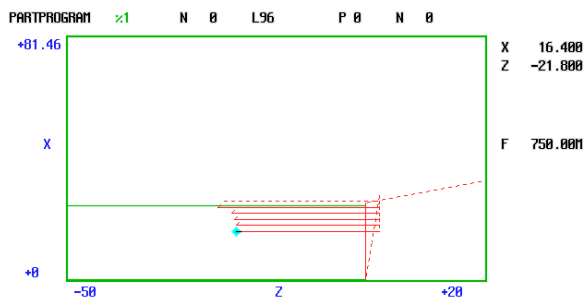
PŘÍLOHA 3 (2/2)

Technologický postup výroby

STROJ PC TURN 55		Technologický postup					
SOUČÁST		TVAROVÁ HŘÍDEL		VYPRACOVAL	Mana Marek		
ČÍSLO VÝKRESU		4 - BP - 2012/1		MATERIÁL	11 600		
ČÍSLO PROGRAMU		%1		POLOTOVAR	Ø 25 - 62 ČSN 42 5510		
SOUŘADNICOVÁ OSA		X	Y	Z	UPÍNÁNÍ - univerzální sklíčidlo		
REFERENČNÍ BOD - R		74,460		92,200	ČELISTI - čtyři		
NULOVÝ BOD SOUČÁSTI - W (G58)		0		40	CHLADÍCÍ KAPALINA - 0		
VÝCHOZÍ BOD PROGRAMU - C		40		40			
POŘADÍ NÁSTROJE	NÁSTROJ	ČÍSLO NÁSTROJE	KOREKCE NÁSTROJE	POLOMĚR NÁSTROJE	OTÁČKY min ⁻¹	HLOUBKA ZÁBĚRU mm	
					ŘEZNA RYCHLOST m/min	POSUV mm/ot.	
1	Upnutí do sklíčidla	-	-	-	-	-	
					-	-	
2	Hrubování kontury	T2	D2	0.4	3180	1,5	
					250	0,1	
3	Dokončování kontury	T2	D2	0.4	3800	1	
					300	0,08	
4	Zapichování	T4	D4	-	4000	1	
					140	0,1	
5	Řezání závitu	T6	D6	-	4934	0,18	
					155	1	
6							

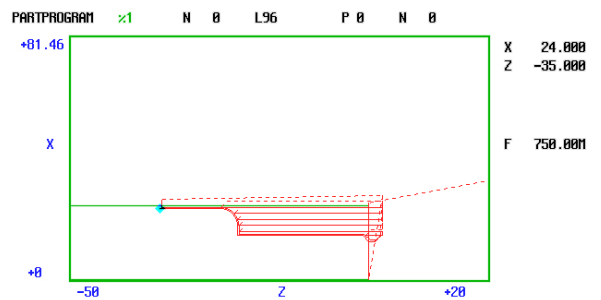
PŘÍLOHA 4 1/2

JOG Stop: AUTO interrupted -CH1



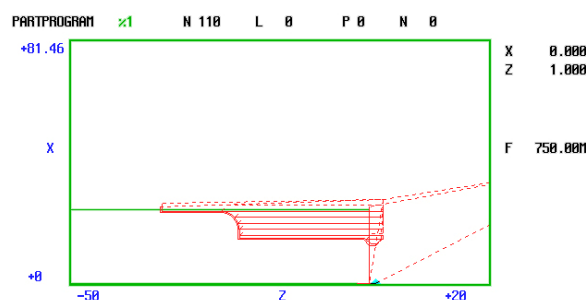
Hrubování kontury.

JOG Stop: AUTO interrupted -CH1



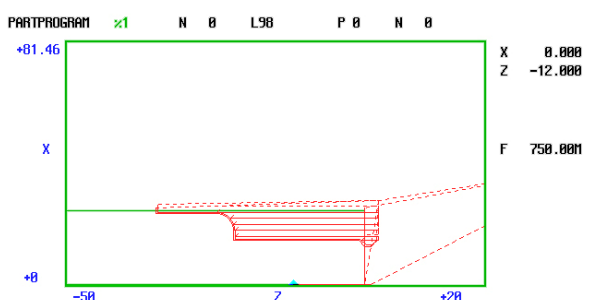
Dokončování kontury.

JOG Stop: AUTO interrupted -CH1



Navrtání díry.

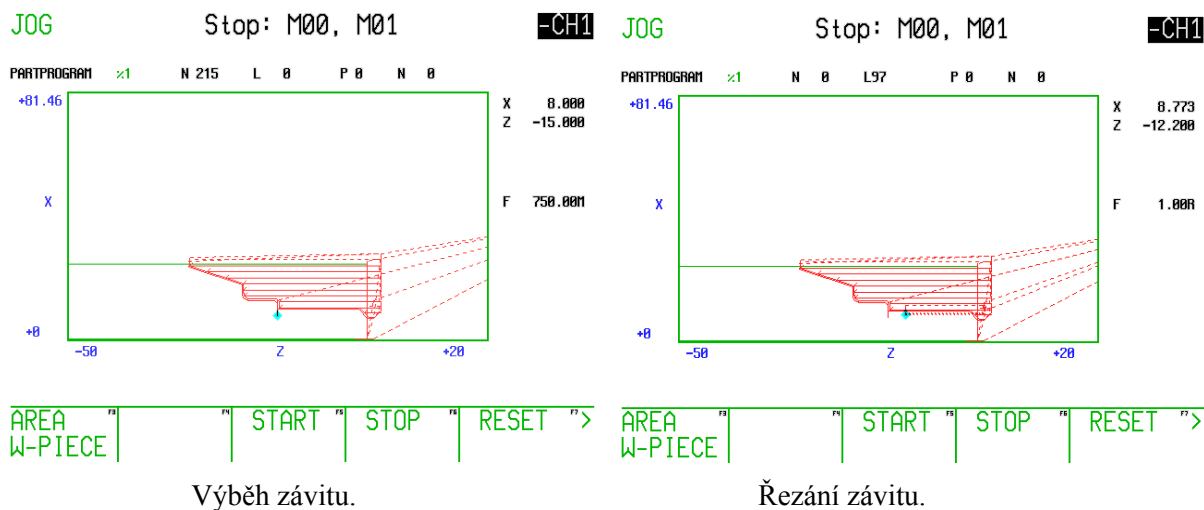
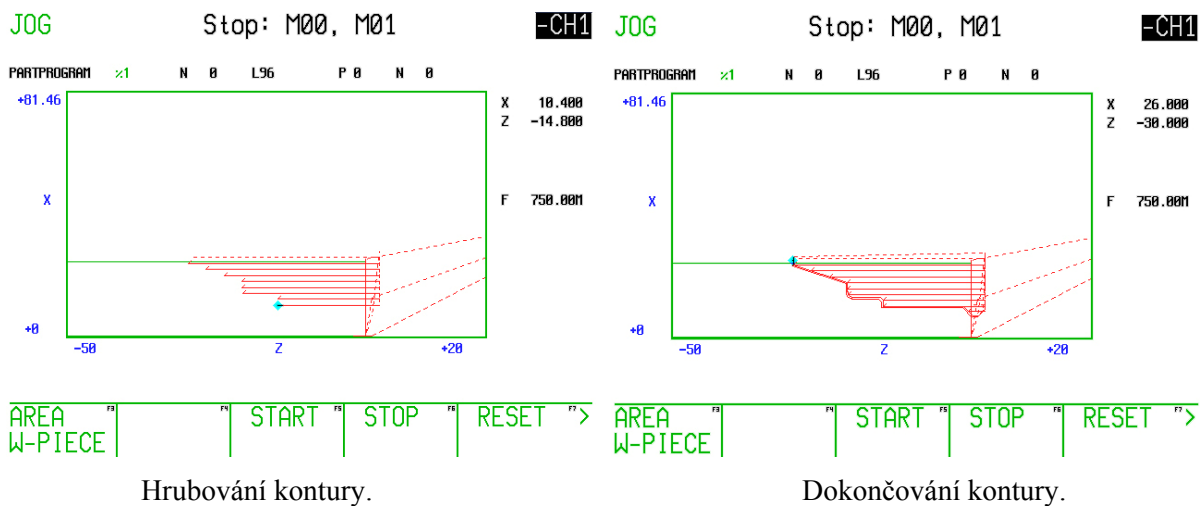
JOG Stop: AUTO interrupted -CH1



Vrtání díry.

PŘÍLOHA 4 2/2

Následně je provedeno otočení obrobku a upnutí opět do sklíčidla.



PŘÍLOHA 5

Hlavní program

N0005 (%1)
N0010 (Mana)
N0015 (PROGRAM T c.1)
N0020 (mat. 11 600)
N0025 (polot. D25-62)
N0030 (20.4.2012)
N0035 G54 G90
N0040 G58 X0 Z47.5
N0045 G00 X40 Z40
N0050 T2 D2
N0055 G92 S3200
N0060 G96 S250 F0.1 M03
N0065 G00 X26 Z0
N0070 G01 X-0.5 Z0
N0075 G00 X13 Z1
N0080 R20=1 R21=13 R22=1
R24=0.2 R25=0.2 R26=1 R27=42
R29=41 R28=0.1 R30=0
L96 P1
N0085 G00 X40 Z40 M05
N0090 T3 D3
N0095 G95 S800 F0.05 M03
N0100 G00 X0 Z1
N0105 G01 X0 Z-2
N0110 G00 X0 Z1
N0115 G00 X40 Z40 M05
N0120 T5 D5
N0125 G95 S6500 F0.15 M03
N0130 G00 X0 Z1
N0135 R11=1 R22=1 R24=1 R25=4.5
R26=-13.15 R27=1 R28=0.1
L98 P1
N0140 G00 X40 Z40 M05
N0145 M00
N0150 G58 X0 Z40
N0155 G00 X40 Z40
N0160 T2 D2
N0165 G92 S3200
N0170 G96 S250 F0.1 M03
N0175 G00 X26 Z0
N0180 G01 X-0.5 Z0
N0185 G00 X7 Z1
N0190 R20=2 R21=7 R22=1 R24=0.2
R25=0.2 R26=1 R27=42 R29=41
R28=0.1 R30=0
L96 P1
N0195 G00 X40 Z40 M05
N0200 T4 D4

Podprogramy

N0005 (L1)
N0010 (Mana)
N0015 G01 X13 Z0
N0020 G01 X15 Z-1
N0025 G01 X15 Z-22
N0030 G01 X18 Z-22
N0035 G03 X24 Z-25 B3
N0040 G01 X24 Z-35
N0045 G01 X26 Z-35
N0050 M17
N0005 (L2)
N0010 (Mana)
N0015 G01 X7 Z0
N0020 G01 X10 Z-1.5
N0025 G01 X10 Z-15
N0030 G01 X12 Z-15
N0035 G01 X13 Z-15.5
N0040 G01 X13 Z-20
N0045 G02 X15 Z-21 B1
N0050 G01 X18 Z-21
N0055 G01 X24 Z-30
N0060 G00 X26 Z-30
N0065 M17