

Univerzita Hradec Králové

Pedagogická fakulta

Bakalářská práce

2016

Pavel Koblása

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra technických předmětů

CNC stroje a jejich programování při výuce na středních odborných školách

Bakalářská práce

Autor: Pavel Koblása
Studijní program: B7507 Specializace v pedagogice
Studijní obor: Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
Tělovýchovné a sportovní aktivity se zaměřením na vzdělávání
Vedoucí práce: prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
Pedagogická fakulta
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel Koblása**
Osobní číslo: **P12980**
Studijní program: **UB7507 Specializace v pedagogice (Bc. učitelství)**
Studijní obory: **Tělovýchovné a sportovní aktivity se zaměřením na vzdělávání**
Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
Název tématu: **CNC stroje a jejich programování při výuce na středních**
odborných školách
Zadávací katedra: **Katedra technických předmětů**

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

Cílem bakalářské práce je vytvořit pomocný výukový materiál pro programování na středních odborných školách. Předpokládaná struktura práce: 1. CNC stroje - historie, charakteristika, rozdělení, důležité části 2. Programování pro CNC strojů - struktura programu, druhy a možnosti programování 3. Praktická ukázka programování na vybrané součástce

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

ŠTULPA, Miloslav. CNC: obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha. BEN - technická literatura, 2006, 126 s. MM speciál. ISBN 80-730-0207-8
MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha. MM publishing, 2010, 420 s. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3.
DUBOVSKÁ, Rozmarína, Jozef MAJERÍK a Radoslav MINÁRIK. ISO programování CNC strojů v řídicím [sic] systému MIKROPROG. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 2013. ISBN 978-80-7435-391-8. KRÁL, Mojmír. Základy CNC obráběcích strojů. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998. Učebnice pro odborné školy (Fragment). ISBN 80-7200-295-3. KIEF, Hans B. a Helmut A. ROSCHI WAL. CNC handbook. Překlad Jefferson B. Hood. New York: McGraw-Hill, 2013. ISBN 0071799486.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.**
Katedra technických předmětů

Datum zadání bakalářské práce: **6. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2016**

L.S.

doc. PhDr. Pavel Vacek, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.
vedoucí katedry

dne

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením prof. Ing. Rozmaríny Dubovské, DrSc. a uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne 9. 5. 2016

Anotace

KOBLÁSA, Pavel. *CNC stroje a jejich programování při výuce na středních odborných školách*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2015. 49 s. Bakalářská práce.

Tato bakalářská práce má za úkol vytvořit pomocný výukový materiál pro programování a výuku CNC strojů na středních odborných školách. Je zde popsána historie a vývoj CNC strojů, základní rozdělení, jejich důležité části a v neposlední řadě jsou zde uvedeny základy a možnosti programování. Důležitou součástí práce je její praktická část. Ta se skládá z ukázky modelování v 3D programech, následného naprogramování a výroby ukázkové součástky v praxi.

Klíčová slova: CNC stroje; CAD; CAM; programování; výukový materiál

Annotation

KOBLÁSA, Pavel. *CNC machines and their programming in teaching in secondary vocational schools*. Hradec Králové: Faculty of Education, University of Hradec Králové, 2015. 49 s. Bachelor Degree Thesis.

This thesis aims to create an auxiliary educational materials for teaching programming and CNC machines in secondary vocational schools. There is also described the history and development of CNC machines, basic division, their essential parts and last but not least are given the basics and programming options. An important part of the work is its practical part. It consists of demos in 3D modeling programs, programming and subsequent production of a selected sample components in practice.

Keywords: CNC machines; CAD; CAM; programming; educational material

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucí mé bakalářské práce prof. Ing. Rozmaríně Dubovské, DrSc., za cenné rady, připomínky a odborné vedení v průběhu psaní této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Střední průmyslové škole v Rychnově nad Kněžnou, která mi umožnila práci s potřebnými programy a CNC stroji.

OBSAH

1 HISTORIE A VÝVOJ CNC STROJŮ	12
1.1 Historie	12
1.2 Vývojové stupně	13
2 SEZNÁMENÍ S CNC STROJI, JEJICH VÝVOJ, ROZDĚLENÍ A DŮLEŽITÉ ČÁSTI.....	14
2.1 Charakteristika CNC stroje.....	14
2.2 Výhody a nevýhody CNC strojů	15
2.3 Schéma CNC stroje	16
2.4 Souřadnicový systém CNC stroje.....	17
2.5 Důležité body CNC stroje.....	18
2.6 Rozdělení CNC strojů.....	20
2.7 Korekce nástrojů.....	21
3 CHARAKTERISTIKA PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ, DRUHY A JEHO MOŽNOSTI.....	23
3.1 Struktura programu.....	23
3.1.1 Nejdůležitější adresy a funkce programu	24
3.2 Ruční programování	27
3.2.1 Absolutní programování	28
3.2.2 Přírůstkové programování	29
3.3 Programování CNC strojů pomocí CAD/CAM systémů	30
3.3.1 CAD modelovací programy.....	30
3.3.2 CAM systémy	34
4 PRAKTICKÁ UKÁZKA VÝROBNÍHO PROCESU NA CNC STROJI	36
4.1 Použitý software a CNC frézka	36
4.2 První část výroby – CAD.....	38
4.2.1 Limitující faktory modelování.....	39
4.2.2 Modelování	39
4.3 Druhá část výroby – CAM.....	41

4.4 Třetí část výroby – Samotná výroba součástí na CNC stroji.....	44
5 ZÁVĚR.....	45
6 POUŽITÉ ZDROJE.....	46
7 SEZNAM PŘÍLOH	48

ÚVOD

Současné trendy ve strojírenství dělají z CNC strojů jednu z nejdůležitějších součástí tohoto průmyslu. CNC stroje neboli počítačem řízené stroje jsou dnes neodmyslitelnou součástí každé moderní výroby. Tyto stroje pracují na základě předem vytvořeného programu. Výroba se proto stává přesnější, rychlejší, kvalitnější a úspornější. Současný stav technologií v tomto oboru zaznamenal od prvních CNC strojů z minulého století znatelný posun a především díky velmi rychlému rozvoji počítačových technologií zaznamenávají CNC stroje velmi progresivní vývoj.

Zatím poslední a nejvyspělejší generací CNC strojů jsou tzv. obráběcí centra, která umožňují provádění několika různých pracovních operací naráz. Tyto moderní stroje už například umožňují automatickou kontrolu rozměrů, nebo jakosti povrchu během výrobního procesu. CNC stroje pracují na základě předem vytvořeného programu, který se dnes generuje za pomoci CAD/CAM systémů. Pomocí 3D CAD systémů vymodelujeme požadovaný výrobek, pro který následně v CAM programu za pomoci parametrů a funkcí obrábění vygenerujeme výsledný program, podle kterého poté probíhá samotná výroba.

V této práci se budu žákům SOŠ snažit přiblížit vývoj, důležité části a všeobecné základy problematiky CNC strojů, které jsou nezbytné pro každého programátora nebo seřizovače. Právě výuka CNC strojů na SOŠ dává žákům jedinečnou možnost seznámit se v praxi s prací na CNC strojích. Práce obsahuje i praktickou ukázkou od návrhu, vymodelování, naprogramování až po samotnou výrobu ukázkové součásti na CNC stroji.

Téma jsem si zvolil ze zájmu o vlastnosti a práci s CNC stroji, které se dnes stávají stále aktuálnějším tématem. Jako praktickou ukázkou jsem vyrobil logo Univerzity Hradec Králové.

1 HISTORIE A VÝVOJ CNC STROJŮ

NC a CNC stroje prošli během minulého století několika stupni vývoje a postupně se přetvářeli až do dnešní podoby. V této kapitole si připomeneme nejdůležitější milníky z historie a uvedeme si základní vývojové etapy.

1.1 Historie

Vůbec první programem řízené stroje se objevili v USA v 50. letech minulého století. Tyto stroje nesly označení NC. V té době se ještě jednalo o klasický stroj, který byl vybaven jednoduchým řídicím systémem s elektronkovými obvody. Program byl zaznamenán na mechanické paměti v podobě šablon, které byly postupně nahrazovány optickými snímači a děrnými a magnetickými páskami. Tyto stroje se využívaly zejména u složitých součástí vyráběných ve velkých sériích [1].

Koncem 60. let se v USA NC stroje aplikovaly do prvních výrobních linek. V 70. letech se do NC strojů začaly aplikovat kuličkové šrouby a hydrostatická vedení. Součástí NC systémů začala být paměť a ty potom umožňovaly i editaci programů. Firma Karney & Trecker přišla s prvním tzv. pružným výrobním systémem, od kterého už zbýval jen krůček k prvním CNC strojům. V 80. letech potom začínaly být součástí NC strojů zásobníky nástrojů a obrobků a s vůbec prvním CNC strojem, který využíval technologii počítačového číslicového řízení, přišla firma Fanuc a jednalo se o obráběcí centrum CNC FANUC ROBODRILL [1,2].

Do dalšího vývoje se v 80. letech významně promítal pokrok v oblasti počítačové techniky. Řídicí systémy byly založeny na bázi CNC/PLC s multiprocesorovými mikropočítačovými strukturami. V 90. letech se dále díky rostoucímu pokroku významně zvyšovala přesnost a produktivita. Rostoucí variabilita souvisela s větším využíváním pružných výrobních systémů [1].

Začátkem 21. století se vývoj, tak jak ho známe, soustřeďuje především na sjednocování hardwaru a softwaru, kdy jsou do CNC center běžně integrovány CAD/CAM systémy.

1.2 Vývojové stupně

CNC stroje prošli ve svém vývoji několika vývojovými stupni, které můžeme rozdělit na čtyři základní etapy [3].

První generace – tyto první stroje vycházely z koncepcí konvenčních strojů. Byly pouze doplněny o řídicí systém. Program byl přenášen na děrných nebo magnetických páskách. Stroje umožňovaly řízení v pravoúhlých cyklech. Měli nízkou přesnost a spolehlivost. Dnes už se s nimi nesetkáváme.

Druhá generace – zde je už mechanická část stroje upravena a rozšířena o revolverové hlavy nebo zásobníky nástrojů. Začínají se zde uplatňovat integrované obvody. Stroje umožňují řízení v obecných cyklech.

Třetí generace – mechanická část je zde ještě více upravena a zdokonalena. Možnost přímého řízení mikropočítačem. Pohon posuvů zajišťují kuličkové šrouby a pro větší přesnost je lože vybaveno kalenými lištami. Počítač tu už řídí výměníky nástrojů a další funkce, jako například systém dopravy nástrojů a obrobků.

Čtvrtá generace – doposud nejdokonalejší typy obráběcích strojů. Předpokládá se adaptabilní řízení celého procesu, včetně aktivní rozměrové kontroly. Systém vyhodnocuje hodnoty jako například kvalitu povrchu, nebo řeznou rychlost a sám určí takové řezné podmínky, které zaručí požadovaný výsledek. U těchto strojů už je samozřejmostí možnost zavádění progresivnějších metod v konstrukci (např. uplatnění laserových paprsků v měření a kontrole).

2 SEZNÁMENÍ S CNC STROJI, JEJICH VÝVOJ, ROZDĚLENÍ A DŮLEŽITÉ ČÁSTI

V této kapitole si definujeme co je to CNC stroj, uvedeme si jaké je jejich základní rozdělení nebo jaké jsou jejich výhody či nevýhody. Blíže se seznámíme s jejich důležitými součástmi, základními funkcemi a důležitými body stroje.

2.1 Charakteristika CNC stroje

CNC stroje, neboli počítačem řízené výrobní stroje jsou charakteristické tím, že veškeré úkony má na starosti řídicí systém stroje. Stroje pracují v automatizovaném cyklu, který zajišťuje vytvořený program.

Celý proces dnes začíná u CAD programů, ve kterých se vytvoří 3D model požadované součásti. Následně se v CAM programu podrobně naplánují všechny úkony a zadají hodnoty, které stroj potřebuje k vyhotovení součástky. Po dokončení a zadání všech parametrů vygenerujeme výsledný program, který na flash disku nebo elektronicky přepošleme do CNC stroje.

Vytvořený NC program obsahuje všechny informace o požadovaných činnostech, které jsou potřebné k výrobě. Je tvořen pomocí alfanumerických znaků, jejichž posloupnost zajišťuje, že výroba požadované součásti proběhne v zadaném pořadí se zadanými parametry. Obsahuje geometrické údaje, které popisují podrobně dráhu nástroje v kartézských souřadnicích, technologické údaje, které stanovují, jakým postupem a jakými nástroji se bude vyrábět a pomocné údaje, což jsou především povely pro stroj, jako například výměna nástroje nebo otáčky vřetene. Všechny tyto údaje by měly zajistit bezproblémovou automatizovanou výrobu [4,5].

CNC stroje se dnes využívají ve všech oblastech strojírenské výroby a jen těžko bychom si bez nich mohli dnešní průmysl představit. Ve školních podmínkách se pro zaučení programátorů používají především frézky a soustruhy.

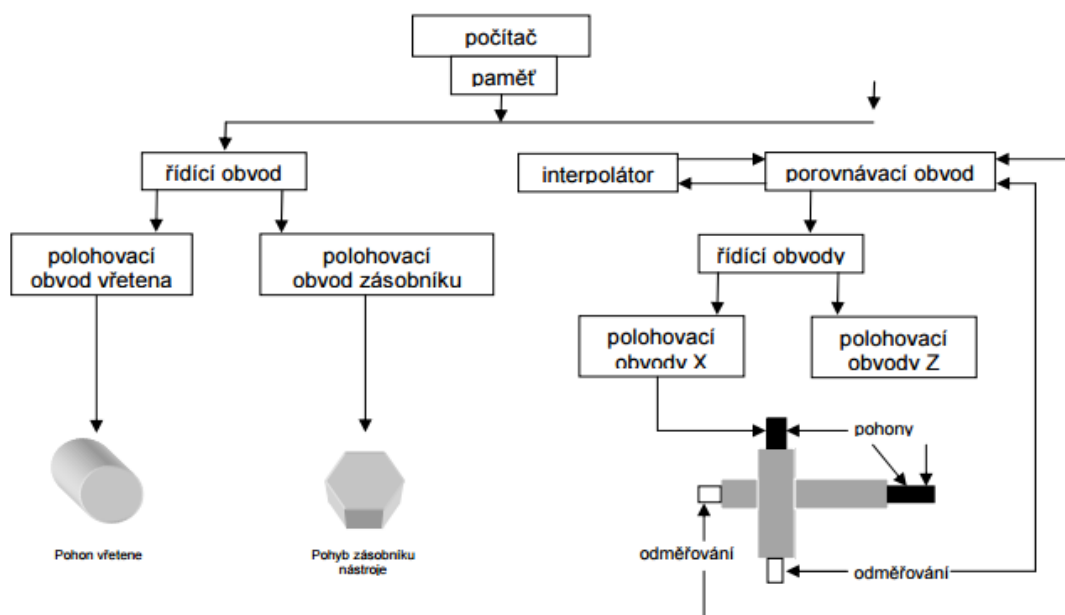
2.2 Výhody a nevýhody CNC strojů

CNC stroje mají oproti konvenčním strojům řadu výhod a předností, naopak s sebou ale nesou některé dílčí nevýhody. Níže si uvedeme základní pro a proti, která musíme uvažovat.

- Výhody:
- sníží se požadavky na kvalifikaci obsluhy
 - výroba je efektivnější a hospodárnější
 - zvyšuje se kvalita výrobku
 - odpadají chyby způsobené lidským faktorem (únava a nepozornost obsluhy)
 - na CNC strojích lze vyrábět i složité součástky (lopatky turbín)
 - výrobní čas je přesně určen programem, proto lze efektivněji plánovat výrobu
 - není nutná výroba, skladování, údržba a obsluha rýsovacích, vrtacích a jiných přípravků
 - odpadá výroba šablon, vzorových součástek a jejich skladování
 - je díky nim možné rychlé zavádění nových typů strojů do výroby
 - NC programy lze snadno měnit a přizpůsobovat [6]
- Nevýhody:
- vysoké ekonomické náklady na pořízení a servis
 - vyšší kvalifikace pracovníků zabezpečujících programování, výrobu a servis stroje
 - složitější technologická příprava výroby [6]

2.3 Schéma CNC stroje

Pro ujasnění a upřesnění představy o funkci a složení CNC stroje si uvedeme jeho zjednodušené schéma (Obrázek 1). Uvedené schéma je v zájmu pochopení i pro lajky sestaveno co nejjednodušším způsobem [7].



Obrázek 1. Blokové schéma CNC obráběcího stroje [7].

Počítač – v průmyslovém počítači je nahrán řídicí systém (dále ŘS), v kterém je pomocí ovládacího panelu možno zadávat příkazy potřebné při ruční obsluze CNC stroje. Pokud nemáme program vytvořený mimo stroj, který by jsme do stroje vložili, můžeme pomocí ŘS program ručně vytvořit přímo ve stroji.

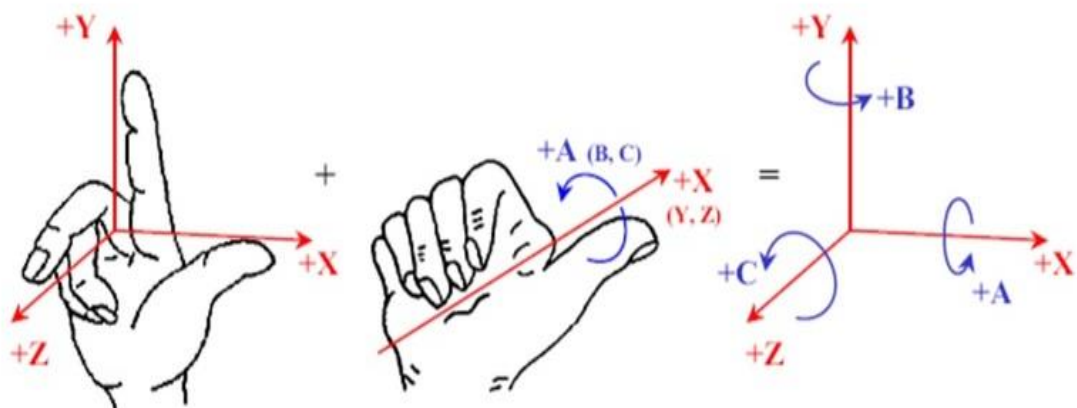
Řídicí obvody – zde se přetváří logické signály a vznikají silnoproudé elektrické signály, které přímo ovládají jednotlivé části stroje.

Interpolátor – řeší dráhu nástroje, která je zadaná geometrií a zahrnuje do ní potřebné korekce. Vypočítává složky dráhy ze startovacího do cílového bodu. Zaručuje geometrickou přesnost výrobku.

Porovnávací bod – každý stroj je vybaven tzv. zpětnou vazbou. Ta přenáší informace o dosažených rozměrech a hodnotách, které se následně porovnávají s hodnotami, které jsme zadali v programu.

2.4 Souřadnicový systém CNC stroje

Výrobní CNC stroje používají souřadnicový systém zvaný kartézský. Kartézský systém souřadnic je nezbytný pro řízení stroje. Jeho definice je dána normou ČSN ISO „Terminologie os a pohybu“. Jedná se o systém, který je pravotočivý, pravouhlý, se základními osami X,Y a Z. Dále se používají i doplňkové osy UVW, které jsou rovnoběžné se základními osami. Otáčivé pohyby kolem os se označují jako A,B a C (Obrázek 2). V tomto souřadnicovém systému se nástroj pohybuje dle příkazů zadaných ve spuštěném programu. S kartézským souřadnicovým systémem se nejčastěji setkáváme při tvorbě programů, kde se snažíme jeho počátek umístit do nejvhodnějšího místa na obrobku, které nazýváme nulový bod obrobku. Jeho poloha může být libovolná, měl by ale být definován v bodě, ke kterému je na výkresu vztaženo nejvíce kót [3].



Obrázek 2. Definování kartézských souřadnic v pravotočivé soustavě souřadnic [8].

V závislosti na náročnosti vyráběné součásti a použitým CNC stroji lze využít i doplňkových souřadnicových systémů (Tabulka 1).

Tabulka 1. Souřadnicový systém CNC strojů - značení a použití jednotlivých os [7, upraveno].

OSY – DRUHY	↓	↓	↓	URČENO PRO
Základní osy	X	Y	Z	Geometrie pohybu nástroje
Rotační osy	A	B	C	Pokud konstrukce stroje umožňuje provádět přídavné rotační pohyby v osách, jsou označeny jako A, B, C – např. u soustruhu, který používá přídavné rotační nástroje, je využita osa C pro nastavení polohy obrobku vůči nástroji.
Doplňkové osy	I	J	K	Parametry interpolace, které vyjadřují např. určení středu poloměru oblouku na obrobku v souřadnicích, stoupání závitu v jednotlivých osách a další.
Sekundární doplňkové osy	U	V	W	Přídavné pohyby v osách, např. hloubka třísky.
Terciální doplňkové osy	P	Q	R	Většinou pro programování manipulátorů u strojů.

2.5 Důležité body CNC stroje

Každý CNC stroj má předem určený pracovní prostor, ve kterém se pohybuje. Řídicí systém stroje aktivuje ihned po zapnutí souřadnicový systém, který umožňuje určovat polohu tělesa. V souřadnicovém systému existuje několik vztažných bodů, se kterými se je potřeba před prací na CNC stroji blíže seznámit [3,4].

M – nulový bod stroje: tento bod je stanoven výrobcem a je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy a vztažné body na stroji. Nemůže jej měnit ani programátor. U frézky bývá nulový bod stroje M umístěn obvykle z pohledu obsluhy vlevo, vpředu. Jedná se o polohu v krajních polohách stolu frézky, v obou osách.

W – nulový bod obrobku: nulový bod obrobku si nastavuje samotný programátor nebo obsluha tak, aby pro ně bylo výhodné stanovit souřadnice v osách. Od něho se potom počítá tvar samotné součásti.

Obsluha nebo programátor mají pro určení nulového bodu obrobku W tyto možnosti.

1. Posunutí souřadnicového systému z nulového bodu stroje M – posunutí je možno provést pomocí funkcí G54 až G59 (absolutně, přírůstkově).
2. Stanovení nulového bodu obrobku dotykem nástroje – jedná se o nejjednodušší a nejpoužívanější metodu. Nástrojem se lehce dotkneme obrobku, například přes tenký papír a souřadnice, které nám stroj ukazuje přepíšeme do tabulky nulových bodů. Při soustružení u této metody určujeme pouze osu Z, kde se dotkneme čela obrobku. Osu X u soustruhu řešit nemusíme. U frézování určujeme všechny tři osy.
3. Stanovení nulového bodu obrobku pomocí sondy – jedná se o jednu z nejpřesnějších a nejrychlejších metod. Tato metoda používá velice přesné dotykové sondy, které umožňují i měření obrobku.

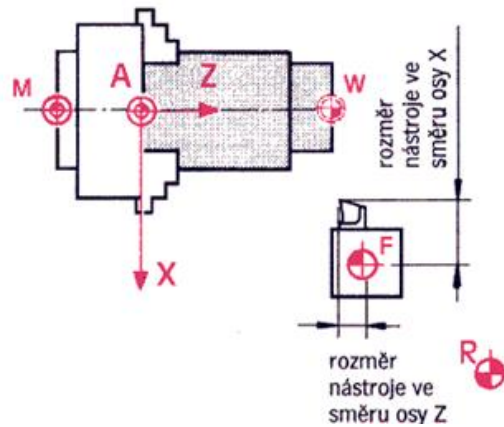
R – referenční bod stroje: je stanoven výrobcem a najdeme ho v pracovním prostoru stroje. Vzdálenost referenčního bodu stroje R a nulového bodu stroje M jsou výrobcem přesně odměřeny a vloženy do paměti řídicího systému. Referenční bod je realizován obvykle koncovými spínači. Po každém zapnutí CNC stroje je nutné najet referenční bod stroje, aby ŘS poznal svoji polohu v souřadnicovém systému právě podle souřadnic referenčního bodu. Stroj si přičítá korekce aktuálně nastaveného nástroje.

P – bod špičky nástroje: Používá se pro stanovení délkové korekce nástrojů.

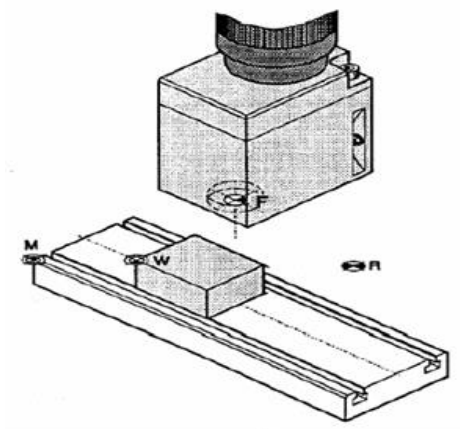
F – vztažný bod supportu, nebo vřetene: Je to bod výměny nástroje. Je umístěn na čele a v ose revolverové hlavy u soustruhu (Obrázek 3), nebo u frézky (Obrázek 4) na čele vřetene v ose její rotace. K bodu F se vztahuje délková korekce nástroje.

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.

Bod výměny nástroje: Je určen programátorem tak, aby výměna nástrojů proběhla v bezpečném prostoru. Při automatické výměně nástrojů je přednastaven funkcí v programu.



Obrázek 3. Vztažné body soustruhu [5]



Obrázek 4. Vztažné body frézky [5]

2.6 Rozdělení CNC strojů

CNC stroje můžeme rozdělit podle různých autorů na mnohé skupiny. Níže si uvedeme tři základní.

Podle vykonávané práce [3]:

1. CNC stroje pro obrábění – stroje pro dělení materiálu, obráběcí centra, frézky, soustruhy, brusky, stroje pro nekonvenční obrábění.

2. Ostatní CNC stroje – lisy, ohýbačky, svařovací roboty, dopravní manipulátory.

Podle jejich specializace [3]:

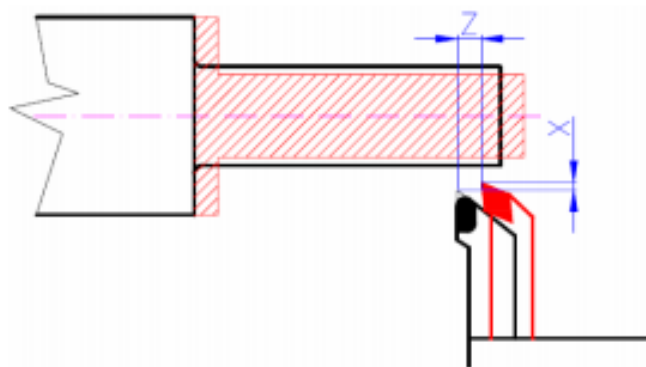
1. Jednoprofesionní – na jedno upnutí obrobku jsou schopné vykonávat pouze jeden druh operace (frézování, vrtání, soustružení).
2. Víceprofesionní – na obrobku se provádí více druhů operací při jednom upnutí. Jedná se o obráběcí centra.

Podle počtu současně řízených os [4]:

1. Jednoosé obrábění – stroje konají pohyb pouze ve směru jedné osy, jedná se například o vrtačky.
2. Dvouosé obrábění – CNC soustruh.
3. Tříosé obrábění – CNC frézka.
4. 4 a víceosé – obráběcí centra.

2.7 Korekce nástrojů

Důvodem pro použití korekce nástroje je to, že každý nástroj má jiné rozměry. Proto by při stejné větě v programu různé nástroje konaly jiné dráhy vůči obrobku (Obrázek 5).



Obrázek 5. Rozdílné tvary součásti, při použití různých nekorigovaných nástrojů [5]

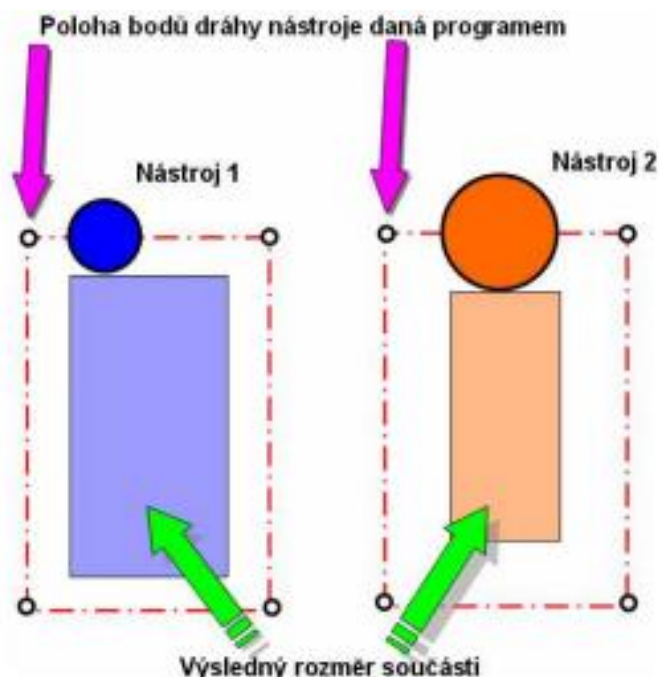
Funkce korekce umožňuje programovat bez ohledu na použité nástroje. Řídící systém stroje si totiž na základě vložených korekcí dopočítává potřebné hodnoty sám. V paměti jsou uloženy hodnoty korekcí pro jednotlivé nástroje [5].

Korekce délkové

Používáme je především u frézování a soustružení. Jedná se o zjištění délky nástroje od vztažného bodu. U soustružení nesleduje obráběný povrch špička nástroje s nulovým poloměrem, ale špička se skutečným poloměrem. Do paměti proto musíme zapsat poloměr špičky nástroje a polohu nástroje vzhledem k obráběné ploše [5].

Korekce poloměrové (rádiusové)

Jsou dány poloměrem zaoblení špičky nástroje. Pokud bychom nepoužili průměrové korekce (G41 a G42), systém by uvažoval nulový bod nástrojového držáku, jako osu nástroje. Nastalo by to, že za použití dvou různých nástrojů při stejné větě v programu by byly vyrobeny součásti odlišných rozměrů (Obrázek 6). Funkce G41 a G42 spouští výpočet a funkce G40 ukončuje výpočty [4,5].



Obrázek 6. Výsledek obrábění, bez použití korekce [5]

3 CHARAKTERISTIKA PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ, DRUHY A JEHO MOŽNOSTI

V této kapitole se seznámíme se základními funkcemi, které se používají při tvorbě CNC programů. Uvedeme si, co které funkce znamenají, jaké jsou možnosti programování, a seznámíme se se zásadami stavby programu. Program lze sestavit dvěma základními způsoby. Ručně a pomocí CAD/CAM technologií. Oba způsoby si podrobněji rozebereme.

3.1 Struktura programu

Pro většinu řídicích systémů platí, že na začátku programu je znak %, za kterým je uvedeno číslo programu. Pokud si programátor chce dát nějakou poznámku do názvu programu pro lepší přehlednost, může jí dát do závorky. Řídicí systém totiž informace v závorkách nerozpoznává. Program je tvořen jednotlivými bloky (větami), kde se každý blok skládá z několika částí [9].

Blok jako celek můžeme rozdělit na několik příkazů (slov). Ty můžeme dále rozčlenit dle jejich významu (Tabulka 2). Významová část udává například počet otáček a velikost posuvu, naopak adresná část vyjadřuje druh povelu, kde může jít například o otáčky, číslo věty nebo posuv. Význam jednotlivých písmen a adres se udává dle normy ISO (DIN 66 025) [9].

Tabulka 2. Složení program v bloku [7, upraveno].

Příklad				Název	Poznámka
N40 G00 X100 Z-50				Blok (věta)	Doporučené pořadí adres jednotlivých slov ve větě je N G (M) X Y Z F S T D.
N 40	G 00	X 100	Z -50	Příkaz (slovo)	
N	G	X	Z	Adresa	
40		00		Významová část	
100		-50		Rozměrová část	

Začátek programu nám označuje funkce G90 (G91). Druhý blok obsahuje funkci G00, což je bod výměny nástroje. Třetí blok reprezentuje nástroj a další blok přiřadí k nástroji příslušné řezné podmínky (směr otáček, řeznou rychlost, velikost otáček). Další blok se obvykle už týká příjezdu k materiálu. Následuje vlastní obrábění. Každý začátek programu obsahuje obvykle to, co je výše uvedeno. Informace se ale někdy mohou lišit v závislosti na softwaru [7].

Věta programu - obvykle začíná písmenem N a číslem. Jedná se o číslo věty, které určuje její polohu v programu. Věty se obvykle číslují po celých desítkách, aby bylo možné v případě potřeby, například z důvodu opravy programu, vložení dalších vět. Pokud následující věta obsahuje stejné instrukce jako ta předcházející, tak je psát nemusíme. Mají platnost až do té doby, než budou přepsány. Jedná se o modální funkce [7].

3.1.1 Nejdůležitější adresy a funkce programu

Bez některých funkcí se neobejdeme ani při programování nejjednodušších součástí. V této kapitole si uvedeme nejpoužívanější funkce a stručně si popíšeme jejich význam (Tabulka 3).

Tabulka 3. Význam nejpoužívanějších adres [7, upraveno].

Písmeno	Význam	Poznámka	
X Y Z	Základní osy souřadného systému - pohyby v osách.	Některá z uvedených písmen jsou pro výrobce řídicích systémů závazná, některá doporučená.	
A B C	Rotace kolem základních os.		
I J K	Parametry kruhové interpolace (střed rádiusu), stoupání závitu ve směru os.		
P + Q R	Pohyb paralelně podél základních os		
R	Rádus. Některé systémy používají R jako parametr v podprogramech.		
U V W	Druhý pohyb paralelně se základními osami.		
T	Nástroj.		
D	Paměť korekce nástrojů		Neobsazená písmena abecedy jsou volná, výrobci si je obsazují podle specifik svých řídicích systémů.
G	Přípravná geometrická funkce.		
M	Pomocná (přídavná) funkce (strojní).		
N	Číslo bloku (věty).		
F	Posuv.		
S	Otáčky vřetene. Konstantní řezná rychlost.		
L	Volání podprogramu.		

Přípravné (hlavní) funkce G – Tyto funkce zpracovávají geometrické informace (Tabulka 4). Rozdělujeme je na funkce modální a nemoďální. Pokud je v programu vyvolána modální funkce, tak platí až do ukončení programu, nebo do zvolení jiné funkce stejné skupiny (např. G90 a G 91). Opakem těchto funkcí je například funkce G9. Některé systémy umožňují vložení více G funkcí do jedné věty [4,10].

Tabulka 4. Nejdůležitější funkce G [10, upraveno].

G - Funkce	Popis
G00	Rychloposuvy
G01	Pracovní posuvy
G02	Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
G03	Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
G09	Přesně najetí
G17	Pracovní rovina X – Y
G18	Pracovní rovina Z – X
G19	Pracovní rovina Y - Z
G33	Řezání závitů
G40	Zrušení korekcí
G41	Zapnutí korekcí rádiusů – ekvidistanta, nástroj vlevo od kontury
G42	Zapnutí korekcí rádiusů – ekvidistanta, nástroj vpravo od kontury
G53	Zrušení posuvu nulového bodu
G53 – G59	Posuny nulového bodu – Absolutně (dříve přírůstkově)
G90	Absolutní programování
G91	Přírůstkové programování
G92	Omezení otáček – Stanoví maximální velikost otáček
G94	Posuv v jednotkách mm/min
G95	Posuv v jednotkách mm/ot
G96	Konstantní řezná rychlost

Pomocné funkce M – vyvolávají činnosti mechanismu stroje (Tabulka 5). Tyto funkce například zajišťují bezproblémovou výměnu nástroje, používají se pro ukončení hlavního programu, nebo podprogramu [10].

Tabulka 5. Nejdůležitější funkce M [10, upraveno].

M - Funkce	Popis
M00	Zastavení stroje, programu, otáček
M03	Otáčky vřetene – ve směru hodinových ručiček
M04	Otáčky vřetene – proti směru hodinových ručiček
M05	Zastavení vřetene
M06	Výměna nástroje (používá se při ruční výměně nástroje)
M08	Zapnutí čerpadla (chlazení, mazání obrobku při obrábění)
M09	Vypnutí čerpadla
M17	Konec podprogramu
M30	Konec hlavního programu

Posuvové funkce F – U soustruhu se velikost posuvu udává v mm za otáčku. U frézek se posuv udává v mm za minutu [7].

3.2 Ruční programování

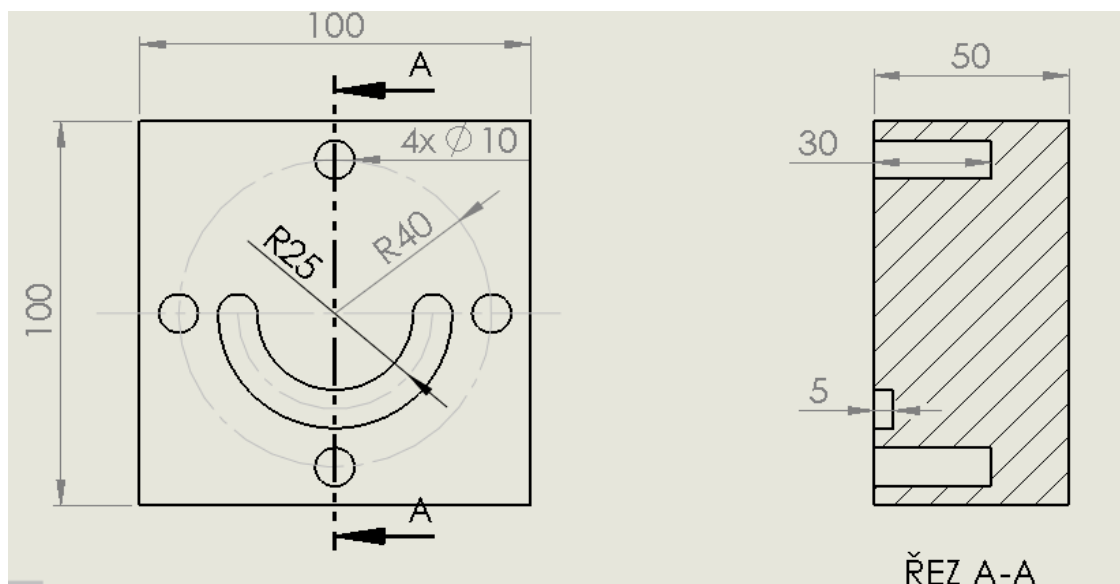
U ručního programování je velmi důležitá znalost programovacího jazyka. Velká většina výrobců dnes používá normalizované ISO kódy, i tak je ale možné, že se některé funkce budou lišit. Proto musíme být dobře seznámeni s programovacím jazykem stroje, pro který program píšeme. Nejvýznamnější výrobci řídicích systému jsou společnosti FANUC, SINUMERIC nebo HEIDENHAIM [10].

Jednotlivé věty se zapisují do obyčejného textového editoru, nebo v případě jednoduchých programů přímo do řídicího systému v ovládacím panelu CNC stroje. Hlavně při tvorbě složitějších programů je ale výhodnější, pokud programátor program napíše externě mimo stroj na vhodném PC. Ušetříme tím spoustu času, které by tvorba programu přímo na CNC stroji zabrala [4].

3.2.1 Absolutní programování

Jedná se o nejrozšířenější druh programování a to především pro jeho jednoduchost a přehlednost. Při absolutním programování jsou všechny požadované souřadnice zřejmé ihned z programu. Všechny programované rozměry a body se vztahují k nulovému bodu W. Absolutní programování se zapíná funkcí G90. U soustružení se zadává hodnota nikoliv poloměru, ale průměru, na který chceme soustružit. U frézky zadáváme všechny hodnoty podle souřadného systému.

Programování v absolutních souřadnicích, si ukážeme na řešeném příkladu. (Obrázek 7.) Příklad se týká obrábění na frézce a využívá software řídicího systému Sinumeric 810, se kterým se pracuje na odborných školách a který je využit i v praktické části této práce (Tabulka 7).



Obrázek 7. Vzorová součást [4, upraveno]

Tabulka 6. Vytvořený program s popisem činností [4, upraveno].

Bloky programy	Popis činností
N005 G90 G54	Zapnutí absolutního programování a posun nulového bodu.
N010 G58 X50 Y50 Z5	Posunutí nulového bodu do středu součásti.
N015 G00 X-100 Y0 Z50	Tento řádek stanovuje bod výměny nástroje.
N020 T1 D1 M3 S1000 F200	T1=drážkovací fréza, D1 = korekce nástroje, M3 = zapnout řezání po směru.
N030 G0 X-25 Y0 Z1	Ve vzdálenosti 1mm najedeme nad osu kruhové drážky.
N040 G1 Z-5	Zapíchnutí hloubky drážky.
N050 G3 X25 Y0 Z-5 I25 J0	Frézování půlkruhové drážky, proti směru hodinových ručiček.
N060 G0 Z1	Výjezd z drážky.
N070 X-100 Y0 Z50	Odjezd do bodu výměny nástroje.
N080 T2 D2 S1500 F280	Výměna nástroje T2 vrták a řezné podmínky.
N090 G0 X-40 Y0 Z1	Najetí nad otvor roztečné kružnice R40, vrtání a výjezd.
N100 G1 Z-30	
N110 G0 Z1	
N120 G0 X0 Y40	Přejezd do dalších souřadnic a opakování.
N130 G1 Z-30	
N140 G0 Z1	
N150 X0 Y-40	Přejezd do dalších souřadnic a opakování.
N160 G1 Z-30	
N170 G0 Z1	
N180 X0 Y-40	Přejezd do dalších souřadnic a opakování.
N190 G1 Z-30	
N200 G0 Z50	
N210 X-100 Y0 Z50	Odjezd do bodu výměny nástroje.
N220 M30	Konec programu.

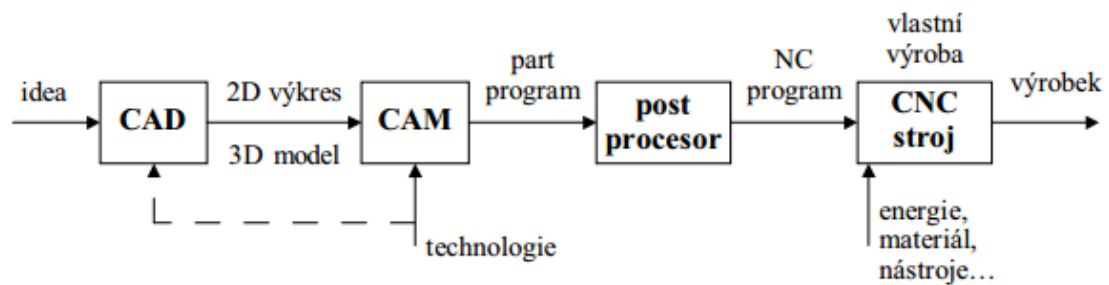
3.2.2 Přírůstkové programování

Tento druh programování se používá především v NC strojích, které jsou ještě řízeny děrnými štítky. Zde je souřadný systém umístěn na špičce nástroje. U tohoto

typu programování, pakliže chceme zjistit polohu některého z bodů, tak musíme projít celý program až k místu, kde chceme souřadnice zkontrolovat. Hrozí zde proto řetězení chyb během celého řetězce přírůstků. Jeho využití dnes spočívá hlavně v podprogramech, kde ho lze efektivně využít.

3.3 Programování CNC strojů pomocí CAD/CAM systémů

Programování pomocí počítačového systému s integrovanou podporou konstrukce a výroby součástí. Jedná se o vyšší stupeň počítačové podpory než při klasickém ručním programování. Pomocí 3D CAD systémů vymodelujeme požadovaný výrobek, pro který následně v CAM programu za pomoci parametrů a funkcí obrábění vygenerujeme výsledný program, podle kterého poté probíhá samotná výroba (Obrázek 8). Na trhu registrujeme několik softwarových firem dodávajících tyto systémy. Softwary už dnes pokrývají většinu strojírenských technologií, které můžeme automatizovat. CAM moduly dnes umí řešit i sdružené technologie, které využíváme u obráběcích center. Může se jednat například o to, že na jednom stroji můžeme soustružit i frézovat. Tento postup výroby vyžaduje od uživatele vyšší znalost obou složek, tudíž CAD i CAM modulů. Výše znalostí uvedených programů zajišťuje úroveň výsledného produktu.[10]



Obrázek 8. Výrobní etapy CAD/CAM systémů [11]

3.3.1 CAD modelovací programy

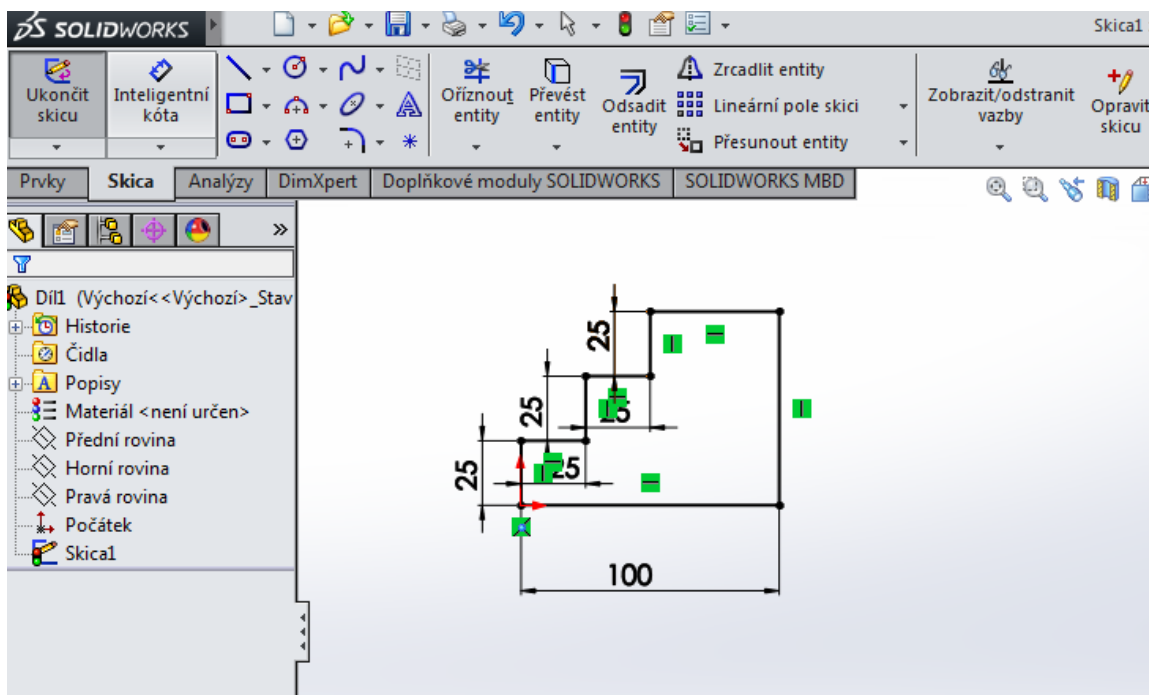
CAD programy jsou dnes neodmyslitelnou součástí výroby. Umožňují vymodelování požadované součásti. 3D CAD technologie dnes na trhu najdeme od několika různých výrobců. Mezi nejpoužívanější programy můžeme zařadit například

Solidworks, PRO/Engineer, AutoCAD nebo Inventor. Mezi 2D programy patří například Cadkey 98.

Princip 3D modelování si přiblížíme na příkladu v programu SolidWorks 2015 Education Edition. V programu je možné vše, od klasického modelování jednoduché součásti, až po tvorby složitých sestav, simulací nebo prezentací. Po vymodelování jednoduché součásti samozřejmě program umožňuje tvorbu kompletní výkresové dokumentace. Základní funkce a práci v programu si zde stručně rozvedeme na příkladu vymodelování jednoduchého obrazce. [12]

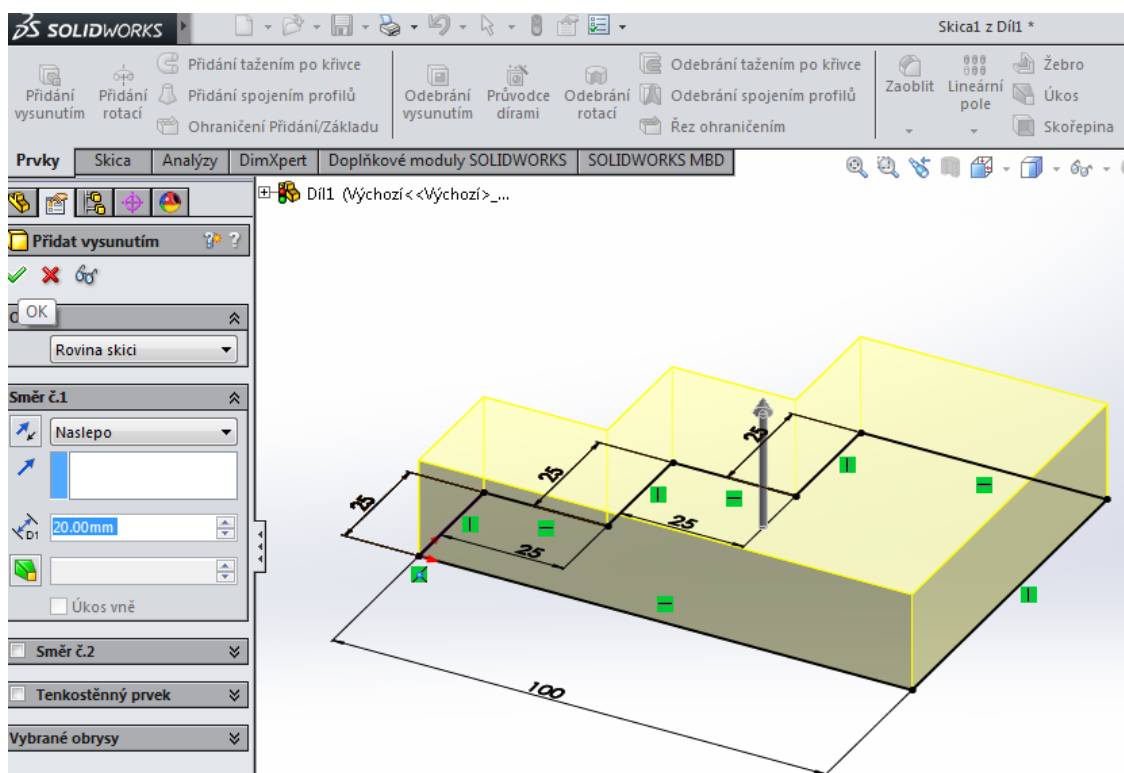
Modelování v programu SolidWorks můžeme v praxi rozdělit na 3 části:

1. Nárys skicy - Ihned po spuštění programu si pomocí funkce „Načrtnout skicu“ zvolíme rovinu, ve které se chceme pohybovat. Zde máme na výběr ze tří základních rovin, které jsou „Přední, Horní a Pravá rovina“. Po vybrání pracovní roviny pomocí funkcí skicy (např. „Přímka“, „Osa“, „Kružnice“, „Obdélník“ nebo „Inteligentní kóta“) narýsujeme a okótujeme požadovaný tvar (Obrázek 9).



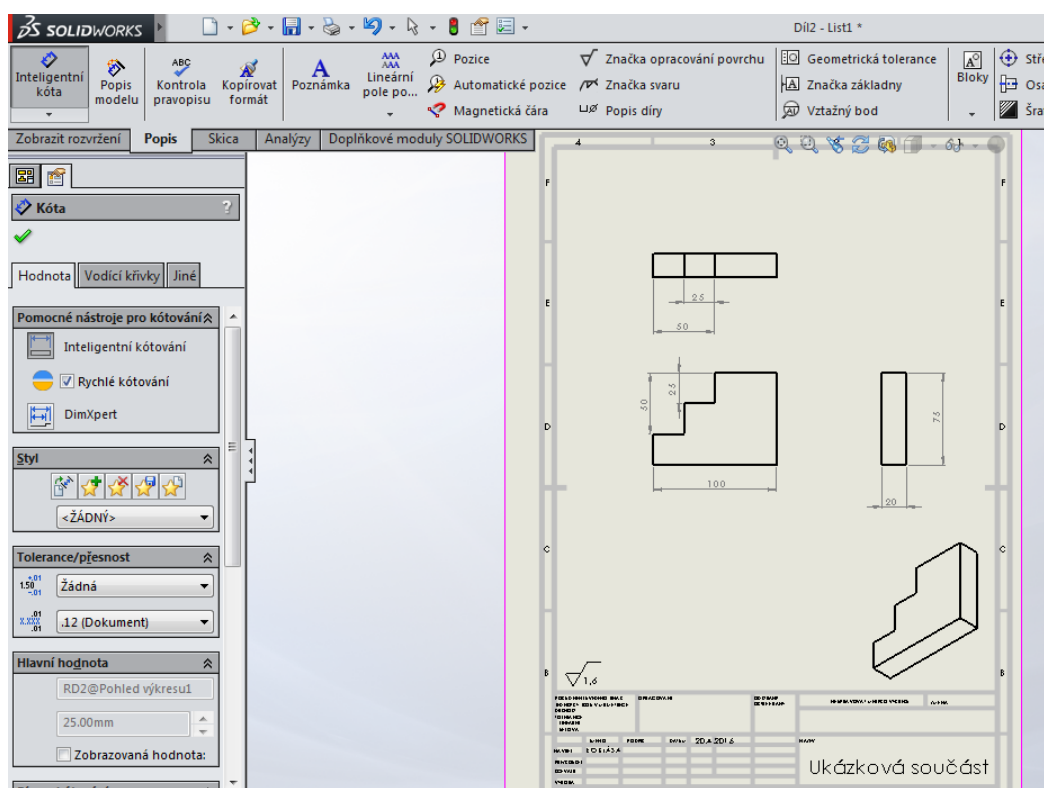
Obrázek 9. Nárys skicy

2. Tvorba 3D modelu – V dalším kroku musíme vytvořit 3D model z narýsované skicy. Nástroje pro vysunutí skicy do 3D nalezneme v záložce „Prvky“ vlevo nahoře. Záložka obsahuje několik funkcí pro vysunutí skicy, jedná se o základní funkce „Přidat vysunutím“, nebo „Odebrat vysunutím“, dále zde můžeme najít i složitější funkce jako například „Odebrat tažením po křivce“, „Zrcadlit“, nebo „Přidat spojením profilů“. My pro tvorbu 3D modelu naší skicy využijeme základní funkci „Přidat vysunutím“ (Obrázek 10). Po vysunutí nárysu máme hotový 3D model požadované součásti. Zde bychom v případě složitějších součástí mohli model upravovat dle potřeb. Program umožňuje „Zaoblení“, „Zkosení hran“, „Vrtání“, „Tvorbu závitů“ a spoustu dalších funkcí. Pakliže máme hotový 3D model, můžeme přistoupit k tvorbě výkresové dokumentace.



Obrázek 10. Funkce „Přidat vysunutím“

3. Poslední krok, kdy chceme k vymodelované součásti vytvořit výkresovou dokumentaci, zahájíme kliknutím na tlačítko „Soubor“, kde zvolíme možnost „Vytvořit výkres z dílu“. Jako první se nám při tvorbě výkresové dokumentace objeví nabídka s výběrem formátu a razítka výkresu. Jakmile si zvolíme razítko a formát, máme možnost vybrat si pohledy, které chceme na výkresu zobrazit. Výkresy samozřejmě zahrnují možnost pokročilých funkcí, jako jsou například „Řezy“ a jim podobné, které u naší součásti nevyužijeme. Další krok je okótování výkresu a vyplnění razítka. (Obrázek 11).



Obrázek 11. Tvorba výkresové dokumentace

Výkres můžeme pomocí různých funkcí doladit do konečné podoby a naší spokojenosti. Program SolidWorks zvládá bez problémů vše, od modelování po tvorbu výkresů. Obsahuje možnosti analýz, které dokáží změřit například fyzikální vlastnosti, statistické údaje, nebo křivost. Program dále může obsahovat doplňkové moduly jako například „Toolbox“, který obsahuje všechny normalizované součásti od

jednoduchých šroubů, ložisek, až po možnost tvorby ozubených kol. Tím nám ulehčí práci s modelováním těchto součástí při tvorbě složitějších sestav.

3.3.2 CAM systémy

Počítačová podpora návrhu dráhy nástroje. Programátor již nemusí zadávat jednotlivé dráhy nástroje do vět v programu, ale využívá pokročilých funkcí obrábění, které program obsahuje. Díky tomu už nemusí detailně znát ISO kód, musí ale naopak výborně ovládat daný CAM software. Množství zkušeností a úroveň znalostí práce v CAM programu určuje výslednou kvalitu výrobku. CAM software je dnes v nabídce od mnoha firem na trhu, ze kterých můžeme uvést ty hlavní, jako jsou například SolidCam, SurfCam, Autodesk Cam 360, HyperCamn nebo Invertor HSM.

CAM software při práci klade programátorovi dotazy na postup a detaily obrábění. Obecně je vzhledem k různosti softwaru můžeme rozdělit do následujících bodů [7].

1. Celková strategie obrábění – volba a pořadí zvolených operací potřebných ke zhotovení dílu (hrubování, hlazení, závity atd.).
2. Volba nástroje – pro všechny zvolené operace zvlášť (tvar, rozměry) .
3. Řezné podmínky – pro aktuální nástroj a typ obrobku.
4. Volba vhodné strategie obrábění pro každý nástroj – způsob obrábění („Kontura“, „Kapsa“, nájezdy do materiálu atd.).
5. Simulace vyhotoveného programu- kvůli zjištění chyb a případných kolizí .
6. Automatizované vyhotovení programu.

Tyto softwary nabízejí výběr množství strategií obrábění, díky kterým můžeme efektivněji plánovat výrobu. Zaručují kvalitu obráběné plochy a přesně určují výrobní časy. Zde jsou základní funkce CAM programů při frézování [4, 13].

Sousledné/ Nesousledné frézování – závisí na směru pohybu obrobku vůči smyslu otáček. Sousledným frézováním dosáhneme lepší jakosti povrchu. Nesousledné se používá při hrubování. [13]

Kontura – tato funkce nám umožňuje frézovat podél vytvořeného CAD tvaru. Postupně odebírá stanovené množství materiálu, než dosáhne konečného tvaru.

Kapsa – funkce kapsa nám umožňuje frézování vnitřních tvarů. Kdy podobně jako funkce kontura odebírá postupně materiál až na požadovaný tvar.

Předvrtání otvoru pro zaboření frézy – do otvoru najíždí vícebřitá fréza, která předvrtá otvor pro následné obrábění.

Hrubování – používá se při odebírání velkého množství materiálu. Při hrubování se nechává přídavek na další obrobení.

Drážkování – nástroj vyrábí více drážek v různých výškách.

Frézování projekcí – používá se u tvarově složitějších součástích, pro vyšší kvalitu obrobeného povrchu.

Zbytkové obrábění – tato funkce neobrábí celou plochu, ale pouze zbytky materiálu po předchozím obrábění. Zde se používá menší průměr nástroje.

Editace drah nástroje – zde upravujeme náběhy nástroje k materiálu jak při vstupech, tak výstupech z materiálu. Účelem je dosažení co nejlepší technologie obrábění a v neposlední řadě zkrácení výrobního času.

Rampování – sjetí do materiálu pod určitým úhlem. Umožňuje nám využít výkonnou frézu, která nemá břity do středu rotace nástroje.

Odstranění a úpravy drah nástroje – nutné z ekonomického hlediska. Odstraňuje rychloposuvy a pracovní posuvy, které nejsou efektivní.

4 PRAKTICKÁ UKÁZKA VÝROBNÍHO PROCESU NA CNC STROJI

V této kapitole si na vybrané součásti přiblížíme, jak funguje výrobní proces na CNC strojích od návrhu součásti, přes modelování, programování v CAM systému, až po samotnou výrobu na CNC stroji. Jako ukázkový výrobek jsme si zvolili logo UHK, kde jsme k výrobě použili níže uvedené programy a CNC frézku.

4.1 Použitý software a CNC frézka

V této kapitole si přiblížíme použitý software a CNC frézku, kterou jsme použili v praktické části této práce.

CAD software – SolidWorks 2014 Education Edition

CAM software – SolidCam 2014 Education Edition

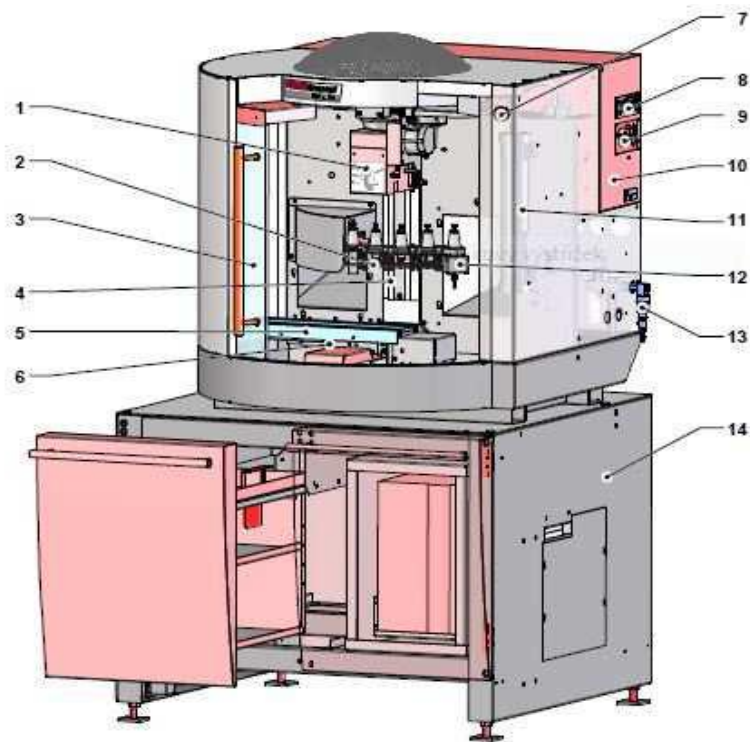
CNC stroj – Frézovací výukové CNC obráběcí centrum: EMCO CONCEPT MILL 55

Maximální pracovní prostor: X – 190mm, Y – 140 mm, Z – 260 mm

Řídící systém stroje: Siemens AG – Sinumeric 810

Výměník nástrojů: frézy - \varnothing 2 mm, \varnothing 3 mm, \varnothing 5 mm, \varnothing 8 mm, \varnothing 10 mm, \varnothing 16 mm, \varnothing 20 mm, doraz

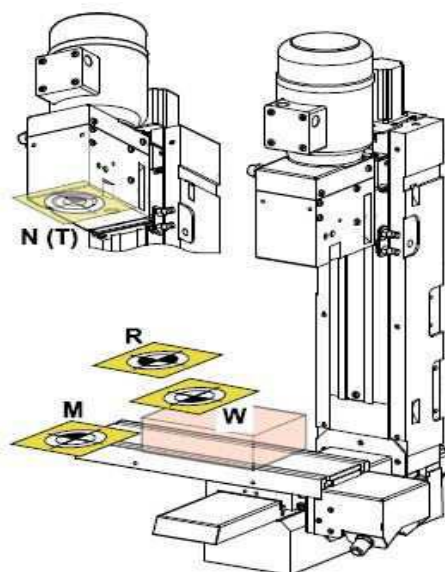
Pro bližší seznámení s použitým CNC strojem si níže uvedeme jeho základní části a ukážeme si, kde se nacházejí jeho důležité body (Obrázek 12 a 13).



Obrázek 12. Schéma frézky EMCO CONCEPT MILL 55

Popis jednotlivých konstrukčních prvků stroje:

- 1 - Frézovací hlava
- 2 - 8-polohový výměník nástrojů
- 3 - Ochranné dveře
- 4 - Z-saně
- 5 - Stůl frézky
- 6 - X-, Y-křížový stůl
- 7 - NOT-AUS-tlačítko
- 8 - Výrobní štítek
- 9 - Klíčový vypínač
- 10 - Elektroskříň
- 11 - Osvětlení stroje
- 12 - Zrychlovací jednotka
- 13 - Obslužná jednotka pneumatiky
- 14 - Stojan stroje se skříňkou na nářadí a přihrádkou pro PC



Obrázek 13. Důležité body stroje

M – nulový bod stroje: Je stanoven výrobcem a je v něm umístěn počátek souřadného systému.

R – referenční bod: Na stroji je tento bod pevně stanovený výrobcem. Slouží k nastavení odměřování měřícího systému. Najíždí se do něj při každém zapnutí stroje a při každém odblokování tlačítka NOT – AUS.

W – nulový bod obrobku: Tento bod si programátor určuje sám. Do tohoto bodu si přesouvá počátek souřadného systému.

N – vztažný bod supportu, nebo vřetene: Bod výměny nástroje. K bodu N se vztahuje délková korekce nástroje.

4.2 První část výroby – CAD

Zde se budeme věnovat první fázi výroby, která se týká návrhu a modelování dané součásti, pomocí programu SolidWorks Education Edition 2014. Rozebereme si postup a důležité věci, na které se zaměřit při modelování.

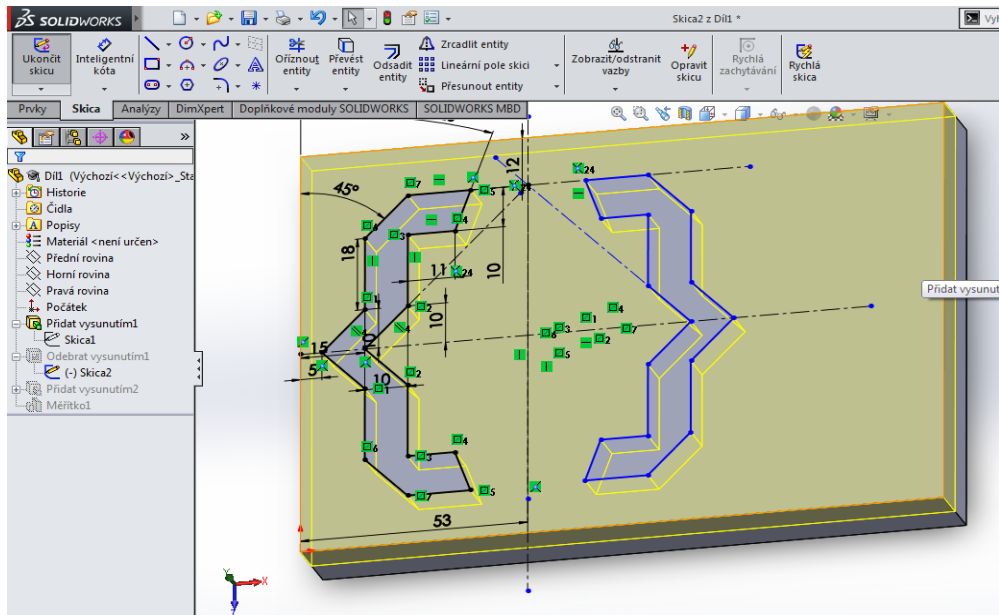
4.2.1 Limitující faktory modelování

Při tvorbě a návrhu součástky je nutné si nejdříve uvědomit, zda jsme schopni danou součást vyrobit na stroji, který máme k dispozici. Jedná se při tom hned o několik faktů, které musíme zohlednit. Jako nejdůležitější a zároveň první věc si musíme uvědomit, zda máme k dispozici výrobní technologii, která bude potřeba k výrobě součásti. Dále je třeba vzít v potaz maximální pracovní prostor stroje, který nás může limitovat ve velikosti součásti. Například u frézování je dále potřeba vědět, jaké nástroje a jaké průměry nástrojů potřebujeme pro výrobu použít a případně výrobek upravit tak, abychom byli schopni obrábět nástroji, které máme k dispozici.

4.2.2 Modelování

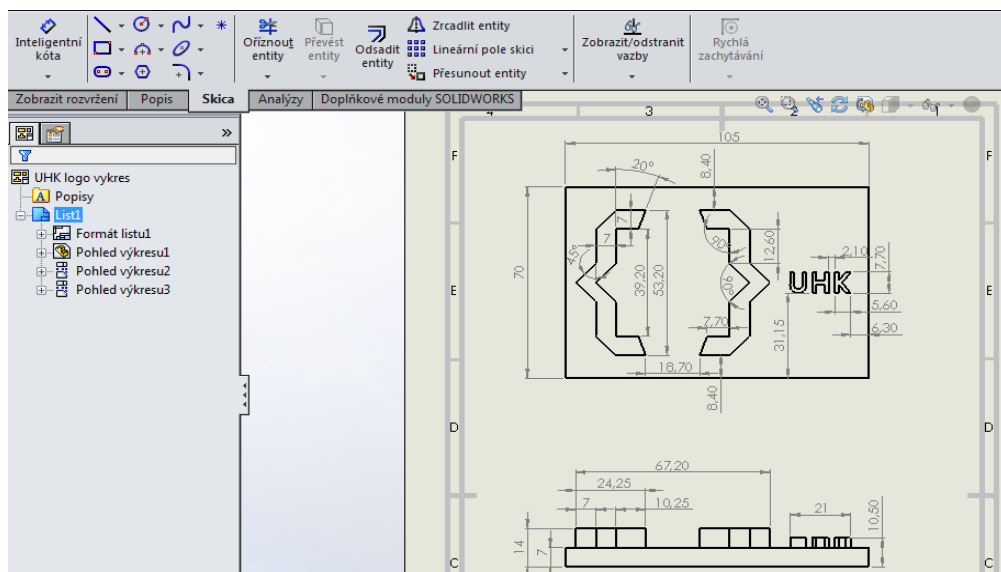
V této kapitole si ukážeme postup při modelování ukázkové součásti v programu SolidWorks Education Edition 2014.

1. Po zapnutí programu si zvolíme pracovní rovinu, v níž se chceme pohybovat. V našem případě jsme zvolili „Horní rovinu“. Poté pomocí funkcí skicy narýsujeme základní tvar s rozměry obrobku, které jsou v našem případě 105mm x 70mm x 15mm. Obdélník okótujeme a pomocí funkce „Přidat vysunutím“ vysuneme do 3D podoby.
2. Na takto vysunutém obrazci poté narýsujeme základní logo univerzity, které následně okótujeme podle logotypu UHK. Jakmile logo okótujeme, můžeme pomocí funkce „Odebrat vysunutím“ odebrat zbylý materiál do hloubky 7mm. (Obrázek 14).



Obrázek 14. Logo UHK

3. V dalším kroku narýsujeme nápis UHK vedle vytvořeného znaku a pomocí funkce „Přidat vysunutím“ nápis vysuneme do výšky 5mm. Zde musíme zohlednit minimální průměr nástroje, který lze použít.
4. Jako poslední nás čeká tvorba výkresové dokumentace. V tomto kroku si zvolíme potřebné pohledy (Obrázek 15). Následně pomocí funkcí kótování a psaní textu výkres okótujeme a vyplníme razítko (Příloha B).

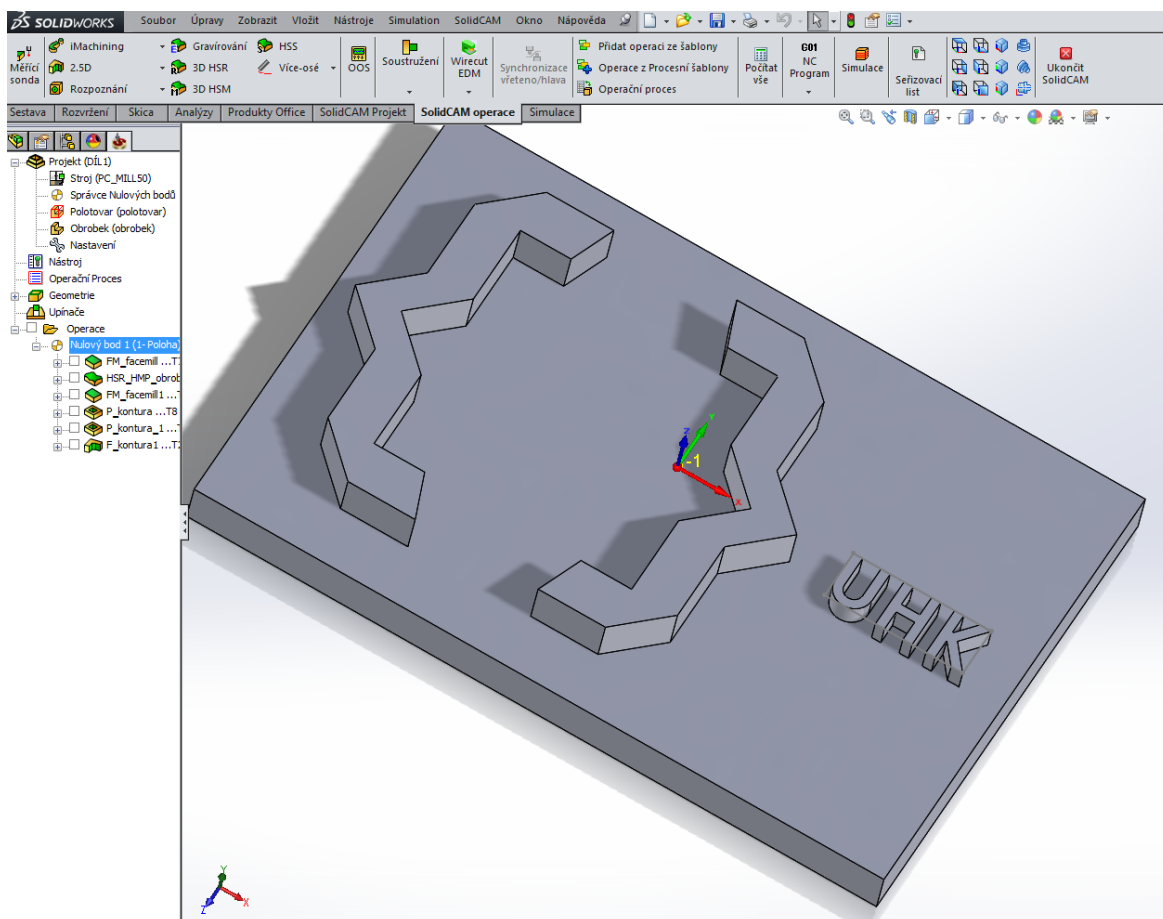


Obrázek 15. Výkres součásti

4.3 Druhá část výroby – CAM

Zde si rozebereme druhou část výroby v CAM programu, která se týká postupu výroby. Pracujeme zde už na předem připraveném 3D modelu, pro který určujeme parametry obrábění. Volíme zde technologii obrábění, použité nástroje a řezné podmínky.

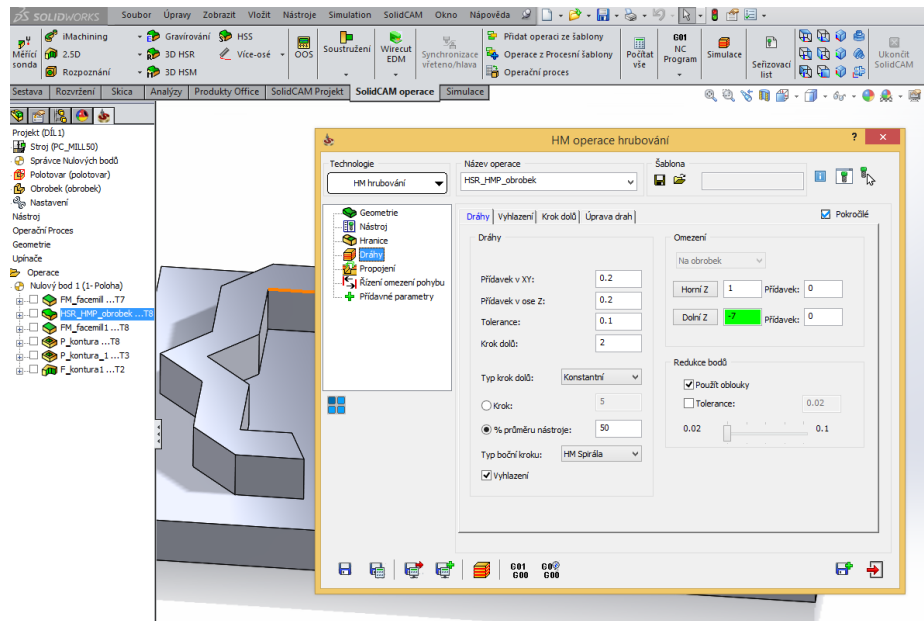
Před určováním funkcí obrábění si musíme určit nulový bod obrobku, který v našem případě bude nahoře uprostřed (Obrázek 16). Pokud máme správně určený nulový bod, můžeme začít se samotným obráběním.



Obrázek 16. Určení nulového bodu

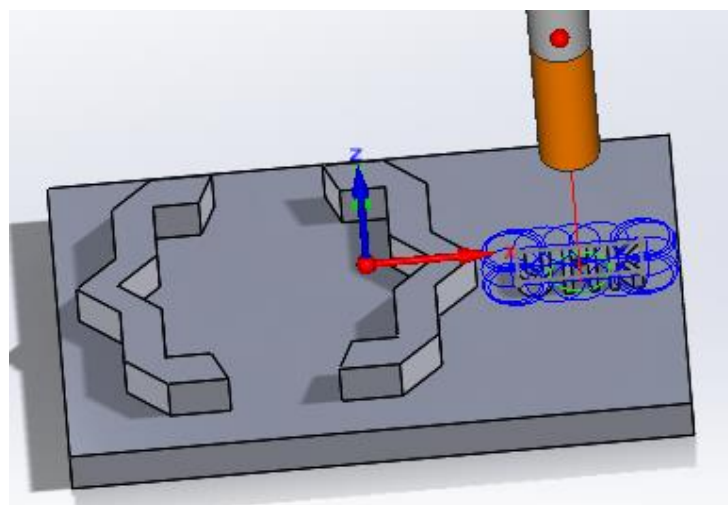
Jako první funkci obrábění zvolíme „Čelní obrábění“, u kterého použijeme frézu o průměru 8mm při zvolených otáčkách 1989 ot/min. Touto funkcí si zarovnáme čelo materiálu na 14mm.

Jako druhou funkci jsme zvolili „Hrubování“, u kterého jsme použili frézu o průměru 10mm při otáčkách 1591 ot/min (Obrázek 17). U tohoto kroku dojde k odběru největšího množství materiálu do hloubky 7mm. Musíme zde počítat s přídavkem na obrábění.



Obrázek 17. Hrubování

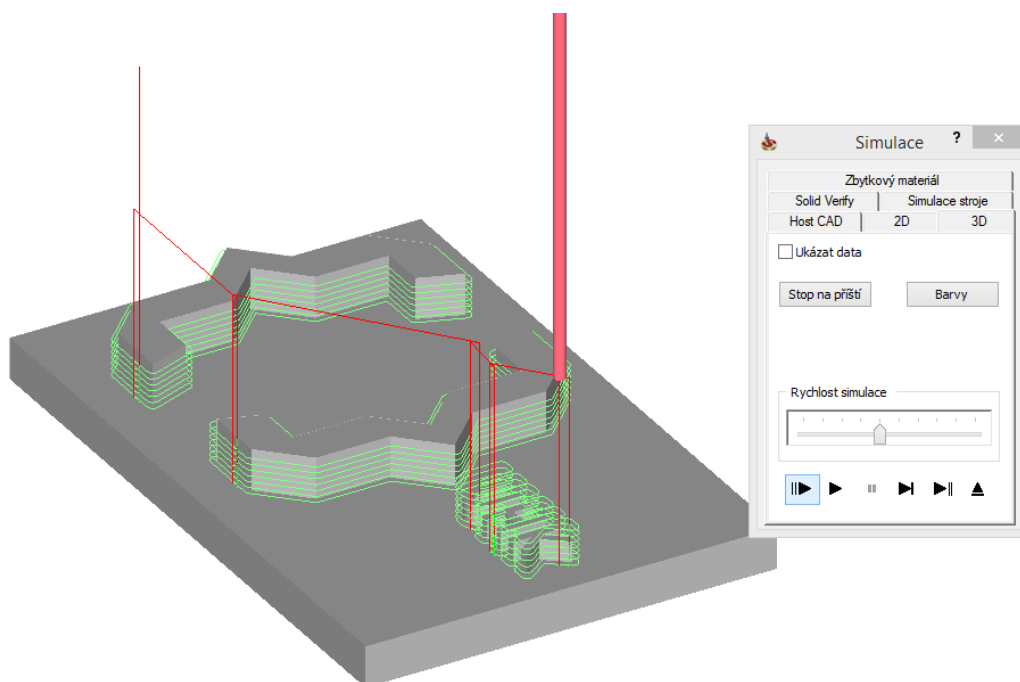
Jako třetí zvolíme funkci „Čelní frézování“. Použita bude opět fréza o průměru 10mm při otáčkách 1591 ot/min. Pomocí této funkce frézujeme materiál v oblasti nápisu UHK do hloubky 3,5mm (Obrázek 18).



Obrázek 18. Čelní frézování

Jako čtvrtou a pátou jsme zvolili funkci „Kapsa“, u které jsme nejdříve použili frézu o průměru 10mm a poté frézu o průměru 3 mm, která pracovala při 2500 ot/min. Tato funkce měla za úkol doobrobit špatně dostupná místa kolem loga UHK.

Jako poslední šestou funkci jsme použili funkci „Kontura“. Zde jsme obráběli frézou o průměru 2mm, při otáčkách 2500 ot/min. Tato funkce měla za úkol vyfrézování nápisu UHK a doladění hran a záhybů u loga (Obrázek 19).



Obrázek 19. Simulace poslední funkce „Kontura“

Dalším krokem, na který nesmíme zapomenout je spuštění simulace obrábění. Tato funkce nám odhalí přesné dráhy nástroje a jsme díky ní schopni zjistit, zda je námi vypracovaný postup správný.

Posledním krokem při práci v CAM programu, pakliže proběhla simulace bez problému, je vygenerování samotného programu. SolidCam nám program vygeneruje do textového editoru, ve kterém program uložíme na flash disk a přeneseme do CNC stroje.

4.4 Třetí část výroby – Samotná výroba součásti na CNC stroji

Tato kapitola se týká samotné výroby na CNC stroji, kam přeneseme vygenerovaný program na flash disku.

Ještě před začátkem samotného obrábění musíme jako první po spuštění stroje najet jeho nulový bod a až poté můžeme přistoupit k dalším krokům. Do svěráku v CNC stroji upneme materiál s rozměry 105 x 70 x 15mm. Pomocí dorazu určíme nulový bod obrobku, který je v našem případě nahoře uprostřed (Obrázek 16). U tohoto kroku najedeme dorazem přes tenký papír až k potřebným hranám obrobku a zobrazené hodnoty přepíšeme do tabulky nulových bodů. Jakmile máme upnutý materiál a určený nulový bod obrobku, můžeme spustit samotnou výrobu. Výrobní časy jsou přesně určené ve vygenerovaném programu (Příloha C). Mezi jednotlivými kroky nesmíme materiál odepnout ze svěráku. Výroba musí proběhnout na jedno upnutí a až po dokončení výroby povolíme svěrák a vyndáme hotový výrobek.

5 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce měla za úkol vytvořit pomocný výukový materiál pro výuku CNC strojů na SOŠ, která se stává stále aktuálnějším tématem především díky jejich rozmachu ve strojírenství a dává studentům jedinečnou možnost se s problematikou CNC strojů seznámit blíže.

V první části práce jsme se zaměřili na historický vývoj CNC strojů, uvedli jsme si jejich vývojové stupně, základní rozdělení, rozepsali si jejich důležité části, funkce a výhody oproti konvenčním strojům. Tato část práce obsahuje výňatek těch nejdůležitějších a nezákladnějších věcí, které by měli studenti znát a na které by se nemělo při výuce zapomínat.

Ve druhé části práce jsme se zabývali samotným programováním CNC strojů. Jsou zde uvedeny dva základní způsoby programování, kdy je u nejpoužívanějšího ručního programování na vzorové součásti uveden názorný příklad, jak by měl program vypadat a co by měl obsahovat. U programování pomocí CAD/CAM technologií jsou zde uvedeny základní funkce, které jak CAD, tak CAM software umožňuje používat pro modelování a programování výroby součástí.

V praktické části této práce jsme si za použití CAD/CAM technologie ukázali postup jak vymodelovat, naprogramovat a nakonec i vyrobit vzorovou součástku. Je zde podrobně rozepsaný postup od návrhu po samotnou výrobu, který má za úkol studentům přiblížit, jak výroba v praxi funguje.

Podle mého názoru práce splnila svůj cíl, kterým bylo vytvořit pomocný výukový materiál pro výuku tohoto předmětu na SOŠ. Studenti v této práci zjistí všechny nezbytné informace, které musí každý programátor znát a i díky praktické části si ihned mohou ověřit získané vědomosti na vzorové součástce rovnou ve výrobě. Obsah práce jsem konzultoval na SOŠ v Rychnově nad Kněžnou a snažil jsem se i podle jejich zkušeností s výukou tohoto předmětu zařadit do práce opravdu ty nejpodstatnější a nejdůležitější věci, které by ve výuce CNC strojů neměly chybět. Na závěr bych rád ještě poděkoval panu Ing. Martinu Lockerovi za jeho odborné připomínky a náměty při výrobě ukázkové součásti.

6 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] KIEF, Hans B. a Helmut A. ROSCHI WAL. *CNC handbook*. New York: McGraw-Hill, c2013. ISBN 978-0-07-179948-5.
- [2] *Technický týdeník* [online]. 2009, 2010(1) [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=1>
- [3] MAREK, Jiří a Petr BLECHA. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [4] ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.
- [5] KŘÍŽ, Petr. *Využití a rozdělení CNC obráběcích strojů* [online]. Brno, 2011 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/3039700-Mendelova-univerzita-v-brne-agronomicka-fakulta-bakalarska-prace.html>. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Jiří Votava, Ph.D.
- [6] DUBOVSKÁ, Rozmarína, Jozef MAJERÍK a Radoslav MINÁRIK. *ISO programování CNC strojů v řídicím [sic] systému MIKROPROG*. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 2013. ISBN 978-80-7435-391-8.
- [7] ŠTULPA, Miloslav. *CNC: programování obráběcích strojů*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5269-3.
- [8] Části soustruhů. *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1221>

[9] KRÁL, Mojmír a Vlastimil BARTOŠ. *Základy CNC obráběcích strojů*. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998. Učebnice pro odborné školy. ISBN 80-7200-295-3.

[10] STRÁNSKÝ, Michal. *Ruční programování CNC strojů* [online]. Brno, 2011 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=39245. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Prof. Ing. Miroslav Píška, Csc.

[11] KELLER, Petr. *Programování a řízení CNC strojů* [online]. 2005, (2), 100 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z:
http://www.kvs.tul.cz/download/cnc_cadcam/pnc_2.pdf

[12] FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. *Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2., aktualiz. vyd.* Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2504-5.

[13] MACHÁLEK, Martin. *SolidCAM 3D HSM frézování*. Brno: SolidVision, 2011. ISBN 978-80-904738-2-9.

7 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Seznam použitých zkratk

Příloha B – Výkres součástky

Příloha C – NC program

Poznámka: Vzhledem k velikosti NC programu, ho spolu s výkresem součástky dodávám na přiloženém CD.

Příloha A

Použitá zkratka	Anglická verze	Česká verze
CAD	Computer Aided Design	Počítačová podpora konstrukce.
CAM	Computer Aided Manufacturing	Počítačová podpora výroby.
NC	Numerical Control	Číslicově řízený stroj.
CNC	Computer Numerical Control	Počítačem řízený stroj.
CAD/CAM	-	Počítačový systém s integrovanou podporou konstrukce i výroby součástky.
ČSN	-	Česká technická norma
ISO	International Organization for Standardization	Mezinárodní organizace pro standardizaci
SOŠ	-	Střední odborná škola
3D	3 - Dimension	Trojrozměrná (grafika, obraz)
PLC	Programmable Logic Controller	Programovatelný automat pro řízení technologických procesů
UHK	-	Univerzita Hradec Králové