

Aplikace CAD a CAM v technické dokumentaci

Jiří Novotný

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří Novotný**
Osobní číslo: **T120060**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Aplikace CAD/CAM v technické dokumentaci.**

Zásady pro vypracování:

**Student provede studii na dané téma.
Vypracuje technickou dokumentaci pro výrobu těles.
Cílem práce je vznik součástky od návrhu po finální výrobek.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Knedlová
Fakulta technologická

Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlině dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Jiří Novotný

Obor: Procesní inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 15.5.2013



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(1) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(2) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odporuje-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce obsahuje souhrnné informace o CAD/CAM systémech. Jejich využití v technické praxi. Jako prostředku pro tvorbu technické dokumentace a přípravy výroby. Práce dále obsahuje technickou dokumentaci pro výrobu zadaných těles od návrhu až po finální výrobek.

Klíčová slova: CAD, CAM, CNC stroje,

ABSTRACT

Bachelor thesis contains a summary of the CAD / CAM systems. Their application in practice. As a means for creating technical documentation and preparation of production. The work also includes technical documentation for the production of specified elements from design to final product.

Keywords: CAD, CAM, CNC machines

Děkuji paní Ing. Janě Knedlové za pomoc a připomínky poskytnuté při psaní mé bakalářské práce. Dále také děkuji panu Ing. Pavlu Kotráši za poskytnutí prostoru pro tvorbu mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CAD SYSTÉMY	12
1.1 ROZDĚLENÍ CAD SYSTÉMU.....	12
1.1.1 Mále CAD systémy.....	12
1.1.2 Střední CAD systémy.....	12
1.1.3 Velké CAD systémy.....	13
1.2 ROZDĚLENÍ DRUHŮ 3D PROMÍTÁNÍ OBJEKTŮ.....	13
1.2.1 Drátový model.....	13
1.2.2 Plošný model.....	13
1.2.3 Objemový model.....	13
2 CAM SYSTÉMY	14
2.1 ROZDĚLENÍ CAM SYSTÉMU.....	14
2.1.1 Malé CAM.....	14
2.1.2 Střední CAM.....	15
2.1.3 Velké CAM.....	15
2.2 POSTUP VÝROBY SOUČÁSTI ZA POMOCÍ CAD/CAM SYSTÉMU.....	16
2.2.1 Tvorba modelu a výkresové dokumentace.....	16
2.2.2 Tvorba partprogramu.....	16
2.2.3 Postprocesor.....	16
2.2.4 CNC program.....	17
3 TECHNICKÁ DOKUMENTACE VE STROJÍRENSTVÍ	19
3.1 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	19
3.2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP.....	20
4 CNC OBRÁBĚCÍ STROJE	23
4.1 POHONY OBRÁBĚCÍCH CENTER.....	24
4.2 VEDENÍ A MECHANISMY OBRÁBĚCÍCH CENTER.....	25
4.3 UPÍNAČE A NÁSTROJE PRO CNC OBRÁBĚCÍ CENTRA.....	26
5 ZHODNOCENÍ TEORETICKÉ ČÁSTÍ	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
6 CÍLE PRÁCE	32
7 AUTODESK INVENTOR 2013	33
7.1 TVORBA MODELU A VÝKRESU SOUČÁSTI Č. 1.....	33
7.2 TVORBA MODELU A VÝKRESU SOUČÁSTÍ Č. 2.....	36
7.3 TVORBA MODELU A VÝKRESU SOUČÁSTI Č. 3.....	37
7.4 TVORBA MODELU A VÝKRESU SOUČÁSTI Č. 4.....	37
8 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY (TPV)	38
8.1 PARAMETRY STROJE.....	39
8.2 TPV SOUČÁSTI Č. 1 – 3.....	41
8.3 TPV SOUČÁSTI Č. 4.....	42
9 TVORBA PROGRAMŮ V CAM	44

9.1	TVORBA PROGRAMU SOUČÁSTI Č. 1.....	44
9.1.1	Hrubování součásti č. 1.....	44
9.1.2	Obrábění na čisto součásti č. 1.....	45
9.1.3	Obrábění zápichu součásti č. 1.....	46
9.1.4	Simulace obrábění a generování programu součásti č. 1.....	46
9.2	TVORBA PROGRAMU SOUČÁSTI Č. 2.....	47
9.3	TVORBA PROGRAMU SOUČÁSTI Č. 3.....	47
9.4	TVORBA PROGRAMU SOUČÁSTI Č. 4.....	48
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK.....	56
	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

Konkurence a zvyšující nároky na přesnost vedli spolu s rozvojem počítačové techniky k vývoji CAD/CAM systémů. Tyto dvě zkratky znamenají počítačovou podporu kreslení a obrábění. V počátku rozvoje měli tento software k dispozici jen ty největší a nejbohatší společnosti. Nyní jej můžeme nalézt i v té nejmenší firmě. Studenti se s ním učí pracovat prakticky na každé technické škole. Na některých školách se dokonce už klasická tvorba technické dokumentace nevyučuje. To je ovšem velmi špatně, protože žádný sebelepší CAD nelze použít bez teoretických znalostí technického kreslení. Je zapotřebí znát pravidla a normy pro tvorbu výkresové dokumentace. Mezi tato pravidla patří způsob zápisu značek, kotování, tolerování a v neposlední řadě znalost pravoúhlého a rovnoběžného promítání. Tyto znalosti vytváří předpoklad, že jsou studenti připraveni do technické praxe. Technik musí být schopen přečíst výkresovou dokumentaci, znát význam značek a tolerancí. Chápat souvislosti mezi vyrobitelností a funkčností. Bylo by velmi smutné, kdyby technik nedokázal po sobě přečíst ani výkresovou dokumentaci, protože i ten nejlepší 3D CAD software nenahradí prostorovou představivost a technické myšlení.

Tato pravidla platí i pro programátory CNC strojů. Kdyby se programátor spoléhal jen na CAM a neznal základy ručního programování. Byl by v praxi nepoužitelný. Měl by také znát možnosti strojního a nástrojového vybavení. Ne každé tabulkově spočítané strojní podmínky musí fungovat pro konkrétní aplikaci. Každý programátor CNC strojů musí být schopen odhadnout chování nástroje při obrábění a eliminovat tím zbytečné přetěžování nástroje, a tím zabránit vzniku vícenákladů vlivem havárie nástroje. Programování CNC strojů je velmi složitá záležitost. Vyžaduje řadu teoretických znalostí a hlavně praktických zkušeností.

Cílem práce je vypracování technické dokumentace pro zadaná tělesa. Jejich následná výroba s využitím CNC technologie.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CAD SYSTÉMY.

Zkratka CAD znamená počítačová podpora projektování (Computer Aided Design). Podpora konstrukce z počátku spočívala v převedení klasického rýsování do počítačové podoby. K dispozici byla tvorba základních geometrických prvků (bod, přímka a kružnice) a jejich následná editace (prodloužení, oříznutí, pole atd.). Neustále se jednalo o práci ve dvourozměrném prostoru, ale náš svět není jen placka. Proto se začátkem 80 let začali objevovat první 3D CAD systémy a parametrické modelování. Dalším pokrokem bylo zavedení fyzikálních vlastností, analýza a simulace daných vlastností při namáhání. Dnes už jsou CAD systémy komplexní aplikace pro tvorbu součástí, sestav a třeba i následnou prezentaci před zákazníkem.

1.1 Rozdělení CAD systému

CAD systémy můžeme rozdělit podle využití a obsahu.

- malé CAD systémy
- střední CAD systémy
- velké CAD systémy

1.1.1 Mále CAD systémy

Jedná se o levné nebo freeware programy. Určené pro tvorbu skic a náčrtů. Až na výjimky jsou určeny pro práci ve 2D prostředí. Například CorelCAD, AuroCAD LT, a další. Jsou velmi levné. Cena nepřekračuje padesát tisíc korun.

1.1.2 Střední CAD systémy

Do skupiny střední CAD systému řadíme software, který podporuje úplný 2D a částečný 3D režim. Například FastCAD, AutoCAD a další. Do úplného 2D režimu patří tvorba (bod, úsečka, kružnice, tečna, ekvidistanta, kolmice, průsečík atd.) a další editační prvky (kopírování, pole, zrcadlení, posun, otáčení, prodloužení, oříznutí atd.). Obsahují také částečné prvky 3D modelování vysunutí, rotace. Tyto programy jsou využívány hlavně k tvorbě základních geometrických těles (obdélník, kvádr, válec atd.), se kterými v běžném strojírenství bohatě vystačíme. Jsou cenově dostupné. Jejich cena se pohybuje do sto tisíc korun.

1.1.3 Velké CAD systémy

Obsahují už kompletní 3D prostředí. Určené především pro vývoj produktů na vyšší úrovni. Jsou hlavně využívány v automobilovém, lodním a leteckém průmyslu. Například Autodesk Inventor, Catia a nebo Pro/Engineer. Jedná se o komplexní software, který obsahuje složité modelovací techniky, tvorby 3D náčrtů, sestav a simulace namáhání (včetně napětových analýz). Někteří dodavatelé nabízejí možnost CAM nástavby. Pak hovoříme o tzv. CAD/CAM systémech. Jejich složitosti odpovídá také cena, která se pohybuje v řádech stovek tisíc korun.

1.2 Rozdělení druhů 3D promítání objektů

V 3D modelování existují 3 základní způsoby promítání modelu. Každý způsob má své výhody a nevýhody.

1.2.1 Drátový model

Tento model je tvořen body, které jsou spojené pomocí čar. Takto promítaný model však nenese kompletní informaci o plochách. Dokonce může být i z různých úhlů pohledu chápán jinak. S výhodou je však využíván v CAM systémech ke generování drah nástrojů. Používá se především tam, kde potřebujeme rychle zobrazit prostorové objekty.

1.2.2 Plošný model

Drátový model je pro většinu aplikací nevhodný, proto byli vyvinuty 3D plošné modely.

Tyto systémy modelují tělesa za pomoci ploch. Začátek postupu vytváření modelu je totožný jako při drátovém modelu. Body jsou propojeny pomocí čar. Poté se čáry proloží plochou.

1.2.3 Objemový model

Významným pokrokem bylo začátkem 80 let zavedení systému 3D objemového modelování. Model už nese kompletní informaci o tvaru 3D a topologii objektu. Existují dvě koncepce modelování objektů BREP a CSG. Obě jsou v CAD systémech využívány dodnes. [1]

2 CAM SYSTÉMY

Po překonání děrných štítků a magnetických pásek, přišly první CNC stroje. Jsou dvě možnosti programování CNC strojů dílenské, anebo externí. Obě varianty mají své výhody a nevýhody. Obecně se dá říct, že dílenské programování je hlavně využitelné v menších společnostech a firmách, pro které je z finančního hlediska nevýhodné zaměstnávat programátora CNC strojů. První externě vytvářené programy vznikaly za pomoci textového editoru. V rámci usnadnění a zrychlení práce programátora postupně vznikly CAM systémy.

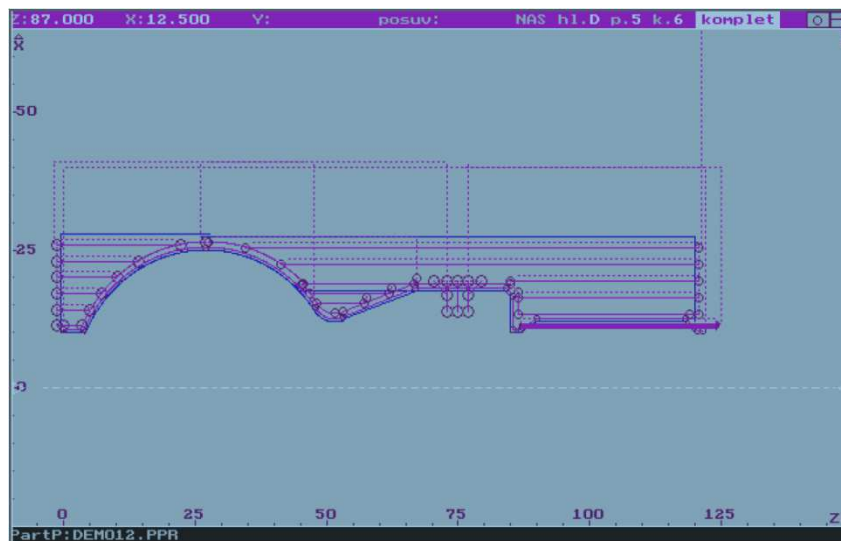
2.1 Rozdělení CAM systému

Podobně jako CAD systémy můžeme i CAM rozdělit podle obsahu a využití:

- malé CAM systémy
- střední CAM systémy
- velké CAM systémy

2.1.1 Malé CAM

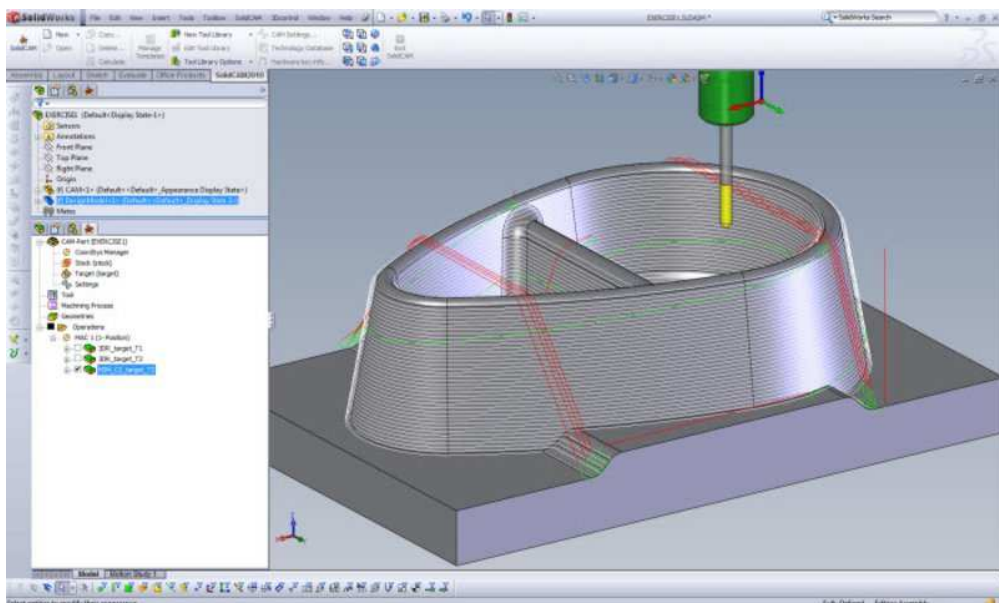
Jedná se o pouze o jednoduché 2D rýsovací programy, kde za pomocí bodů čar a oblouků definujeme dráhu nástroje. Konturu je tak možné načíst ve formátech dxf. a dwg. Jedná se o ruční programování. Je však k dispozici jednoduchá simulace drah nástroje. Například můžeme uvést jediný český CAM Kovoprog.



Obr. 1 Ukázka práce v softwaru Kovoprog [2]

2.1.2 Střední CAM

Obrobek už může být definován jako 3D model. Ve 2D a 2,5D režimu může probíhat tvorba drah nástroje za pomoci hran 3D modelu. Je zde možnost definovat vlastní konturu s vazbou na základní model. Je k dispozici částečný 3D režim s funkcemi řádkování nebo konstantní Z. Většinou jsou tyto systémy ještě doplněny o různé strategie obrábění. Ty jsou velmi důležité pro vysokorychlostní obrábění. Nástroj je zanořen na plnou pracovní délku. Dráha nástroje je vygenerována s konstantním opásáním při vysokých posuvech a rychlostech. Takto se dosahuje nižších strojních časů a delší životnosti nástroje. Je možné provádět simulaci a verifikaci procesu obrábění. Mezi představitele můžeme uvést Edge CAM, Solid CAM, Surf CAM, Alpha CAM atd. [2]



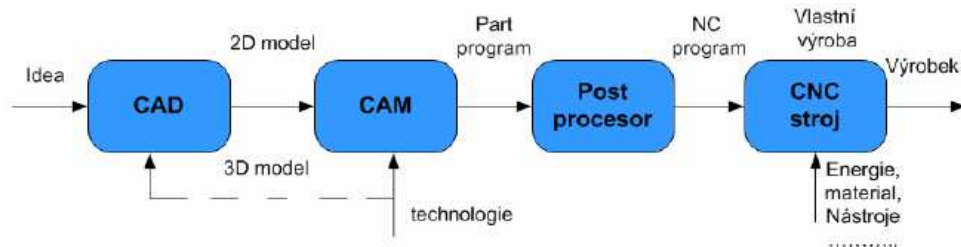
Obr. 2 Simulace obrábění tvarových ploch v SolidCAM [3]

2.1.3 Velké CAM

Jedná se o velmi komplexní aplikace s modulem plného 3D obrábění. Velkou výhodou je spojení CAD/CAM systémů. Kdy konstruktér vytvoří model v CAD systému. Programátor používá stejný CAD systém s CAM nástavbou. V případě změn není nutné program vytvářet znovu. Stačí je jen regenerovat. Jsou k dispozici všechny moduly 3D obrábění např. obrábění rovin, spirál, mezi křivkami, paprsky, konstantní krok, dokončování rohů atd. Tyto moduly využívají především výrobci forem a zápusťek. Simulace je fotorealistická. Mezi zástupce patří Catia, Pro/Engineer a Inventor CAM. [2]

2.2 Postup výroby součásti za pomoci CAD/CAM systému

Jedná se o souhrnný sled operací vedoucí od myšlenky k hotovému výrobku. Schematicky je načrtnuto na obrázku č. 3.



Obr. 3 Schéma výroby součásti v CAD/CAM systému [2]

2.2.1 Tvorba modelu a výkresové dokumentace

V první fázi konstruktér pomocí CAD systému vytvoří 3D model. Tento model poté převede na výkres. Musí brát v úvahu materiál, výrobitelnost, požadavky zákazníka, namáhání dílu, cenu a v neposlední řadě vzhled. Z modelu jsou poté ve 2D prostředí vytvořeny pohledy a řezy. Pohledy jsou poté okótovány včetně geometrických tolerancí.

2.2.2 Tvorba partprogramu

Výkres a model je předán programátorovi CNC strojů. Ten zvolí nejvhodnější stroj pro výrobu. Zároveň už uvažuje o upnutí dílu na stroji. Model nahraje do CAM modulu. Vybere pro jaký druh stroje je program vytvářen (horizontální nebo vertikální) a počet os stroje. Zvolí správnou orientaci výrobku v souřadném systému a určí nulový bod. Je nutné, aby nulový bod byl stejný pro všechny operace. Poté zvolí vhodné nástroje pro obrábění. Vymodeluje upínače výrobku a nástrojů. Za pomoci funkcí CAM vytvoří tzv. partprogram. Spustí simulaci a kontroluje kolize (nástroje a obrobku).

2.2.3 Postprocesor

Jedná se o jednoduchý software, který převede part program na NC program. Postprocesor je určený pro daný stroj a řídicí systém. Každý řídicí systém většinou pracuje ve dvou režimech (parametrický nebo univerzální ISO code). Parametrický slouží více méně pro dílenské programování. Zatímco ISO code se většinou používá pro externí programování.

2.2.4 CNC program

CNC program se skládá z bloků a vět. Každá věta je strojem čtena odděleně a postupně. Většinou se používají abecední znaky doplněné o číselnou hodnotu. V blocích jsou uvedeny geometrické informace nebo technologické. Každý výrobce řídicího systému a stroje má G-code trochu odlišný. Základ je vždy stejný. [2]

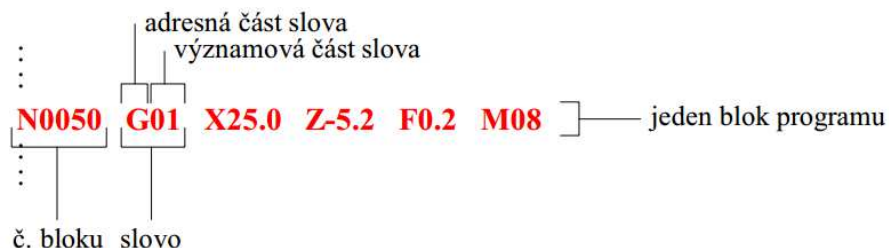
Struktura NC programu

NC program se skládá ze 4 základních částí:

1. Název a začátek programu
2. Technologická část
3. Geometrie drah
4. Konec programu

Program většinou začíná názvem. Název bývá doplněn o volací znak (% , P nebo O). Technologická část obsahuje nastavení nulového bodu obrobku, způsob obrábění, volba nástroje a jeho korekce. Další část obsahuje popis drah geometrie a vlastní obrábění. Konec programu bývá ukončen M30. [4] [5]

Formát bloku NC programu



Obr. 4 Formát bloku NC programu [5]

Každý blok začíná znakem N-číslo bloku. Jednotlivá slova se pak skládají z tzv. adresné části začínající písmeny T, G, M, ... a významové části tvořené číslicemi 01. Technologické parametry jsou voleny znaky F a S. Doplněné o konkrétní číselnou hodnotu. [5]

Ukázka jednoduchého programu:

% UKAZKA (název programu)
N005 G17 G40 G54 G90 (hlavička programu)
N010 T1 M6 S2500 M3 F600 (volba řezných podmínek)
N015 M8 (zapnutí chlazení)
N020 G00 Z70 (nájezd na rovinu rychloposuvu)
N025 G00 X-12 Y-10 (nájezd na souřadnice x, y)
N030 G00 Z-12 (nájezd na pozici z)
N035 G01 X0 G41 (zapnutí korekce nástroje; začátek obrábění)
N040 G01 Y50 (obrábění)
N045 G01 X-12 G40 (vypnutí nástrojové korekce; konec obrábění)
N050 M9 (vypnutí chlazení)
N055 G00 Z70 (odjezd na bezpečnou vzdálenost)
N060 M30 (konec programu)

Každý programátor CNC strojů by měl znát, jak CAM systém pracuje. Programátor také musí znát strukturu ISO kódu. Většina programátorů si postprocessor vytváří sama. Programátor má vytvářet program pro stroj, na kterém je umístěn čtyřstranný upínací přípravek. Na všech stranách přípravku probíhá stejná operace. Je daleko jednodušší přizpůsobit této situaci postprocessor tak, aby tuto stejnou operaci provedl čtyřikrát, než aby ji čtyřikrát programoval. Avšak v některých případech, jedná-li se o velkosériovou výrobu, je nutný ruční zásah do programu, aby se co nejvíce zkrátil čas přejezdů stroje. Programátor by se neměl spoléhat je na CAM a postprocessor. Vždy po vygenerování programu musí provést vizuální kontrolu a opravit případné chyby.

3 TECHNICKÁ DOKUMENTACE VE STROJÍRENSTVÍ

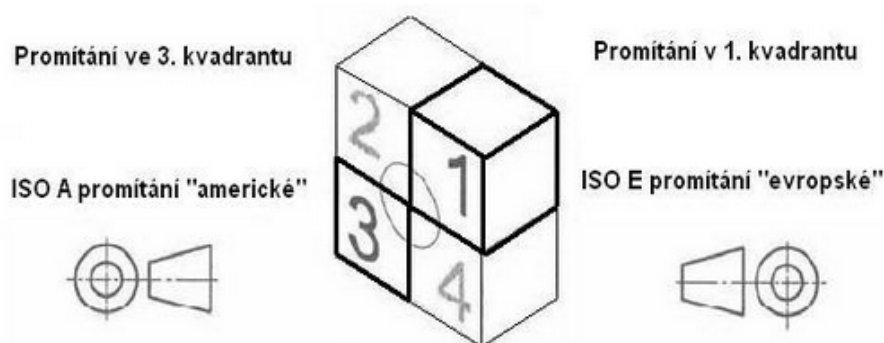
Žádná součást, stroj nebo přístroj nemůže být vyroben bez technické dokumentace. Mezi základní technickou dokumentaci patří výkres a technologický postup. Pro oba existují pravidla, která upravují jejich podobu (všeobecná nebo vnitřní)

3.1 Výkresová dokumentace

Pro tvorbu výkresu existují striktní pravidla. Každý stát má svoje normy pro tvorbu výkresové dokumentace, avšak rozdíly jsou velmi malé, spíše formální. Výkres by měl být přehledný a srozumitelný. Výkres součásti obsahuje informace o rozměrech, tolerancích a materiálu, ze kterého je vyrobena. Výkres sestavy a podsestavy obsahuje vyobrazení všech součástí stroje. Součásti jsou očíslovány pozicemi. Pozice jsou zapsány do kusovníku.

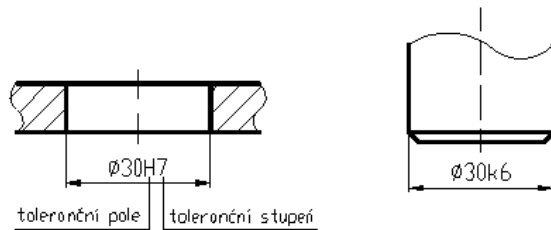
Výkres součásti

Součást bývá ve výkresu zobrazena v pohledech. Umístění pohledů se řídí pravoúhlým promítáním. Nejčastěji se používají dvě metody 1. kvadrantu (evropská) a 3. kvadrantu (americká). Formáty výkresu jsou podle normy v řadě A4, A3 až A0. V pravém dolním rohu bývá umístěné popisové pole. Okraj výkresu je lemován rámečkem. Střed zobrazení je vyznačen za pomoci značek. To pomáhá při orientaci a umístění pohledu. Výkres může být orientován na výšku nebo šířku. Standardně je výkres formátu A4 orientován na výšku. Ostatní formáty jsou orientovány na šířku. [8]

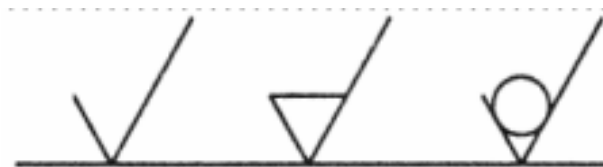


Obr. 5 Způsoby promítání [7]

Rozměry jsou ve výkresech udávány pomocí kót a značek. Kóta se skládá z kótovací a vynášecí čáry a šipky. Na kótovací čáře je umístěná informace o rozměrech a eventuálně tolerance. Mezi základní značky patří jakost povrchu. Udává informaci o kvalitě a způsobu opracování.



Obr. 6 Příklad kótování s tolerancí [8]



Obr. 7 Grafické značky jakosti povrchu [17]

Výkres sestavy a podsestavy

Výkres sestavy nese informaci o umístění dílu ve stroji nebo v přístroji. Obsahuje největší a připojovací rozměry. Někdy se předepisují informace k montáži sestavy, například vůle a tolerance. Sestava bývá zobrazována v řezu. Rotační díly a součásti nejsou rozdělovány řezem. Pokud to není nutné. Číselné označení dílu se nazývá pozice. Pozice se na výkrese umísťují okolo pohledů. Pozice se volí tak aby hlavní součásti byly uvedeny první, nebo s ohledem na montáž. Výkres sestavy může obsahovat tzv. kusovník. Kusovník může být veden i zvlášť. Kusovník obsahuje číslo výkresu součásti nebo podsestavy, pozici, materiál, počet kusů a hmotnost. Pokud se jedná o složitý celek tak se pro přehlednost používá výkres podsestavy. [7]

3.2 Technologický postup

Technologický postup se řídí vnitřní normou podniků nebo firem. Slouží jako průvodní dokumentace pro výrobu dílu. Měl by obsahovat základní rozměry součásti, materiál, polotovary, hlavně popis a sled operací pro výrobu dílu. V některých případech kvůli srozumitelnosti bývá doplněn o tzv. technologický výkres. Operace v technologickém postupu jsou číslovány a doplněny o čas, za který má být součást vyrobena (tzv. norma). To je důležité pro plánování výroby a řízení výkonosti pracovníků.

Tvorba technologického postupu

Základem pro tvorbu technologického postupu je výkres součásti. Technolog podle rozměrů a tolerancí vybere vhodné operace a stroje pro výrobu součásti. Každá operace vyžaduje určité přídatky na obrábění. Pokud zná přídatky na obrábění, je možné určit rozměry polotovaru. Technolog musí brát v úvahu spoustu aspektů. Hlavní je, aby součást plnila svou funkci. Měl by také zvolit výchozí plochu pro obrábění. Od této plochy se pak odvozují všechny operace. Tím je zaručena max. přesnost výroby. Tato plocha se nazývá dorazová. Technolog vypočítá normu. Norma se skládá ze seřizovacího a výrobního času. V dnešní době velké konkurence je nutné snižování nákladů. Mzdové náklady na pracovníka jsou vysoké. Tvoří až 20-30% nákladů na výrobu. Proto se v malosériových a velkosériových výrobních závodech zavádějí tzv. vícestrojové obsluhy. Norma na operaci je poté podělena tzv. koeficientem vícestrojové obsluhy.

Vzorec pro výpočet normy:

$$T_N = \frac{T_A}{K_{vo}} + T_B \quad (1)$$

Určení koeficientu vícestrojové obsluhy K_{vo} :

Určení koeficientu více strojové obsluhy u malosériové výroby je velmi obtížné. Pokud neznáme stav zakázek na stroji. Proto byly stanoveny jednoduché empirické vztahy, které vyjadřují poměr mezi strojním časem a koeficientem vícestrojové obsluhy. Jako příklad uvádím tabulku pro obsluhu dvou vertikálních obráběcích center.

Tab. 1 Stanovení koeficientu K_{vo}

T_S [min]	K_{vo} [-]
0-2	1
2-5	1,4
5-10	1,6
10-15	1,8
15-25	1,9
25-∞	2

Tisk OPV: 5.12.2012 12:05



Potvrdil: Jiří Novotný

4P/2012/4000887

do výroby: 162

30.11.2012

Bučina DDD, spol. s r.o.

KE/2012/156

objednáno: 160

zakázka: KE/2009/17

kusy bez navýšení: 160

MLEČÍ SEGMENT 260x58x16 CHIPPER bez os. 2x M8 V-drážky

Vystavení ZP: 10.10.2012

Postup: 375816 1

Zkratka 1	Varianta	KJ	Středisko	Hospodámá dávka	Kód
7051600 0580026000	375816 1	ks	-	162,00	V4700

Výrobek

Název výrobku	Výkres	Čistá hmotnost	Poznámka	Poslední oprava
MLEČÍ SEGMENT 260x58x16 CHIPPER bez os. 2x M8 V-drážky	K322360	1,43		20.11.2012

Materiál

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Jakostní norma DIN	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
050	paska 18 x 67 x 263 mm chippe	144017200660001	1.2362	2,5	64,7	161,75	

Dílec

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Varianta	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
-----	-----------	-----------	----------	----------	-----------------	------	------

Kooperace

Pol	Název	Název - poznámka TPV	Množství	Cena / jednotku	Cena	Dodavatel
-----	-------	----------------------	----------	-----------------	------	-----------

Operace

Pol	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Nomomin	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
040	Normy	P4 111122 REZANI PÍLY PEGAS	7	0,95	10	2	0,5367	0,475	0,5367	0
	Název operace	REZAT (PEGAS)								
	Název-pozn. TPV	řezat 263 x 67 x 18mm								
	Stroj	S4 024252 Pila pásová horizont. PEGAS 350x400 H-X-CNC								

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka



045	Normy	P4 056386 BROUŠENÍ PLOCH A OSTRÍ SPC	7	1,2529	0	1,5	0,8353	0,8353	0,8353	0
	Název operace	BROUSIT PLOŠNÉ (SPECIÁLY) - SEKACI								
	Název-pozn. TPV	16 mm +/-0,1								
	Stroj	S4 024037+ Bruska vertikální BPV400A/2000								

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	tloušťka	kvalita povrch	náběhy	šířka	úhel	tvrdost HRC



050	Normy	P4 222222 FREZOVÁNÍ CNC FCR50	8	1,5	30	1,9	0,9747	0,8552	1,0558	0
	Název operace	FREZOVAT - CNC FREZKA								
	Název-pozn. TPV	frézovat na š=58mm +/-0,1								
	Stroj	S4 024091 Frézka FCR 50 NC								

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče dráže	úhlování	ruční úprava



085	Normy	P4 222220 FREZOVÁNÍ VERTIKÁLNÍ 2xMCFV + HAAS	8	1,705	80	1,6	1,5595	1,1544	1,6894	0
	Název operace	FREZOVAT - CNC FREZKA - HIGH SPEED								
	Název-pozn. TPV	L=269,5mm; osazení délek - zespodu -bez přídatku: od spodu								
	Stroj	S4 024226 CNC frézka Haas VF3 APC								

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče dráže	úhlování	ruční úprava

Obr. 8 Ukázka první strany technologického postupu Pilana Knives s.r.o.

4 CNC OBRÁBĚCÍ STROJE

Konstrukce stroje se v podstatě neliší od konvekčních strojů. K řízení stroje je však využíván počítač. Oproti konvekčním strojům jsou produktivnější, přesnější a méně náročné na zkušenost obsluhy stroje.

CNC stroje lze z technologického hlediska rozdělit

-Obráběcí stroje pro výrobu rotačních součástí (horizontální - s vodorovnou osou vřetena, vertikální - se svislou osou vřetena).

-Obráběcí stroje pro výrobu nerotačních součástí (horizontální a vertikální).

„O CNC obráběcích centrech hovoříme, pokud je stroj během jednoho upnutí obrobku schopen provést několik operací. Automaticky vybrat a vyměnit nástroj. Nastavit vzájemnou polohu nástroje a obrobku. Řídit otáčky, posuvy a pomocné úkony.“ [6]



Obr. 9 Soustružnické CNC obráběcí centrum Tajmac-ZPS MORI SAY 620 [16]

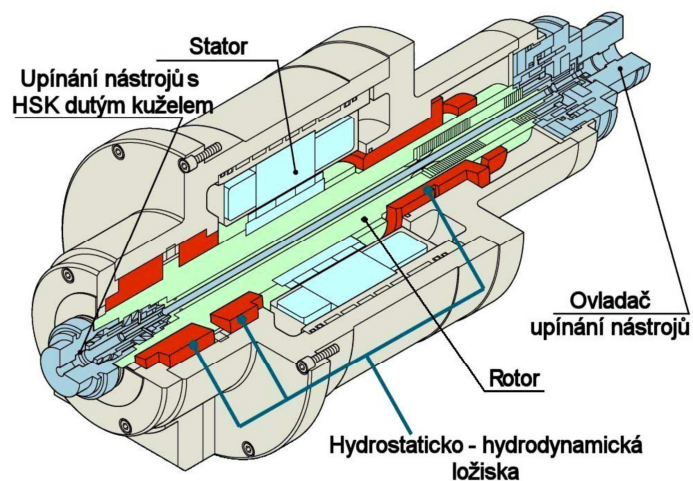
Hlavní výhodou všech obráběcích center ať soustružnických nebo frézovacích je plynulá změna posuvů a řezných podmínek, přesné valivé a zakrytované vedení a velké množství nástrojů v zásobníku. Nevýhodou oproti konvekčním strojům je, že jejich seřízení trvá déle, avšak pokud už je stroj nastaven je podstatně výkonnější. [6]



Obr. 10 Vertikální obráběcí centrum Tajmac-ZPS MCFV 1260 [16]

4.1 Pohony obráběcích center

Proti konvekčním strojům mají obráběcí centra všechny pohony řízeny nezávisle. Pohon je řešen souvisle ve všech osách. Pohony realizovány za pomoci krokových motorů nebo asynchronních motorů s kotvou nakrátko. Regulace je prováděna za pomoci frekvenčních měničů anebo počtu pólových dvojic. [6]



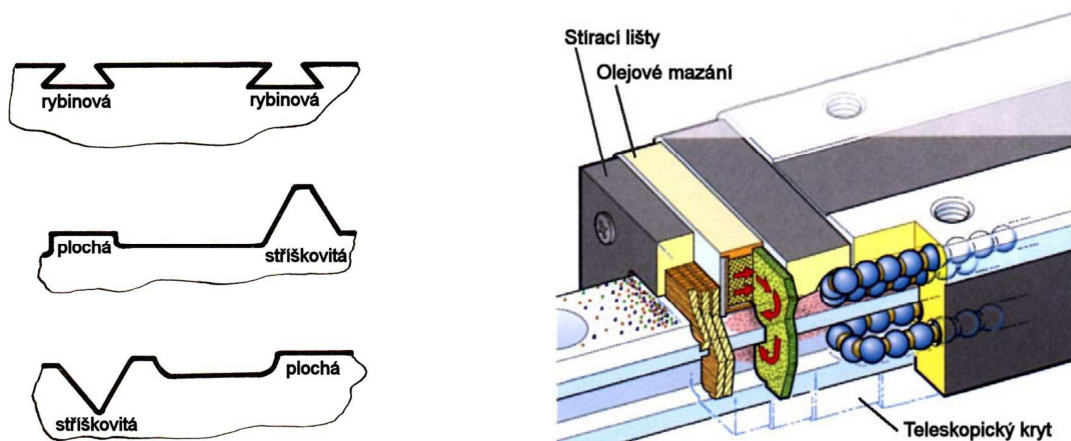
Obr. 11 Vřeteno CNC frézovacího centra Mori Seki HVM 630 [6]

4.2 Vedení a mechanismy obráběcích center

Pro přesnost stroje je velice nutné mít dobré vedení. Vodící plochy slouží k přenesení přímočarých a rotačních pohybů jednotlivých částí obráběcích center. Slouží k zachycení obráběcích odporů a tlumení vibrací. Musí být dostatečně pevné a tuhé. Nesmí vlivem tepla dilatovat a mechanicky se opotřebovávat.

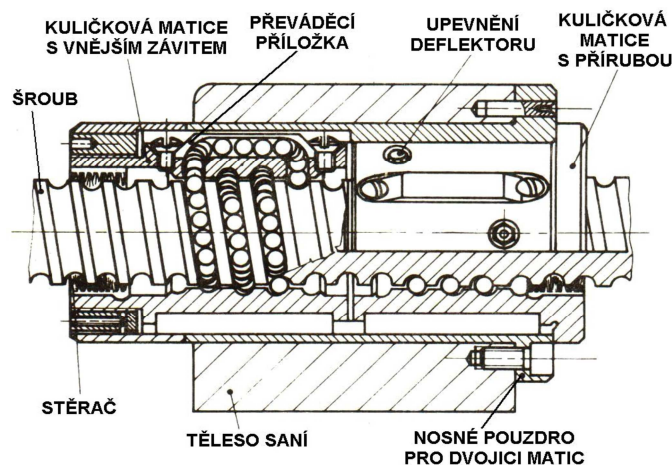
Vedení je možné rozdělit:

- na kluzná (ploché, stříškovité a rybinové)
- valivá
- hydraulická



Obr. 12 Kluzné a valivé vodící plochy [6]

K převedení rotačního pohybu od pohonů na přímočarý se používají kuličkové a lichoběžníkové šrouby. Kuličky v kuličkové matici jsou za pomoci tělesa saní vraceny zpět na začátek matice. Kuličkové šrouby jsou předepnuty. Jsou konstruovány tak, aby bylo možné vymezit vůli mezi maticí a šroubem. [6]



Obr. 13 Kuličková matice a šroub [6]

4.3 Upínače a nástroje pro CNC obráběcí centra

Důraz je veden především na vysokou produktivitu, životnost a nízké náklady. Z hlediska použití můžeme upínače rozdělit na upínače pro frézovací a soustružnická centra. V dnešní době se uplatňují hlavně nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami a monolitní tvrdokovové nástroje. Nástroje z rychlořezných ocelí a s pájenými plátky jsou spíše na ústupu. Rychlořezné oceli se dnes už hlavně používají pro výrobu tvarových fréz a vrtáků. [11]

Rozdělení frézovacích nástrojů podle tvaru:

Válcová fréza

Úběr materiálu je uskutečňován jak bokem nástroje, tak i čelem nástroje, v případě čelní válcové frézy. Jedná se o hrubovací i dokončovací nástroj.

Čelní fréza

Úběr materiálu je uskutečňován na čele. Jedná se hlavně o plátkové nástroje velkých průměrů. Jedná se o hrubovací i dokončovací nástroj.

Kulová fréza

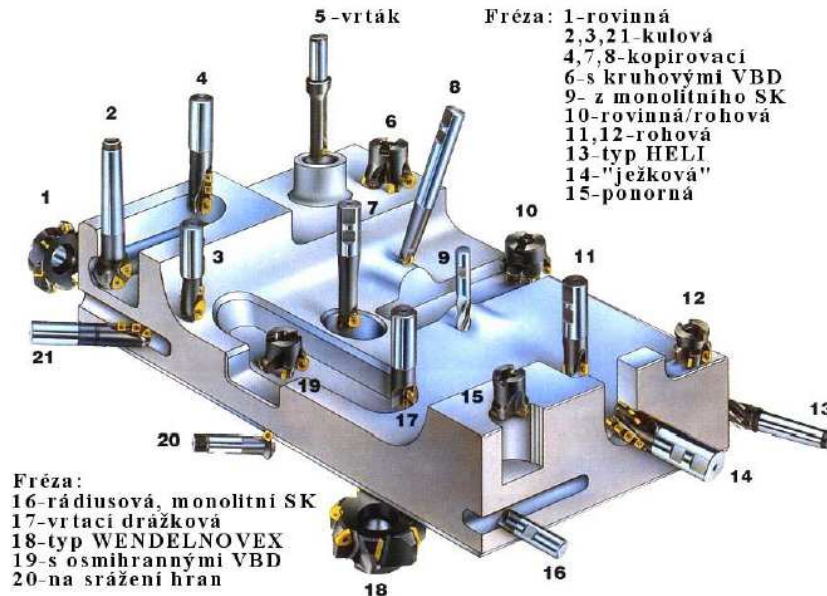
Jedná se kopírovací nástroj. Určený pro obrábění tvarových ploch. Je hlavně využíván pro dokončovací operace. Na středu nástroje je nulová řezná rychlost.

Kotoučová fréza

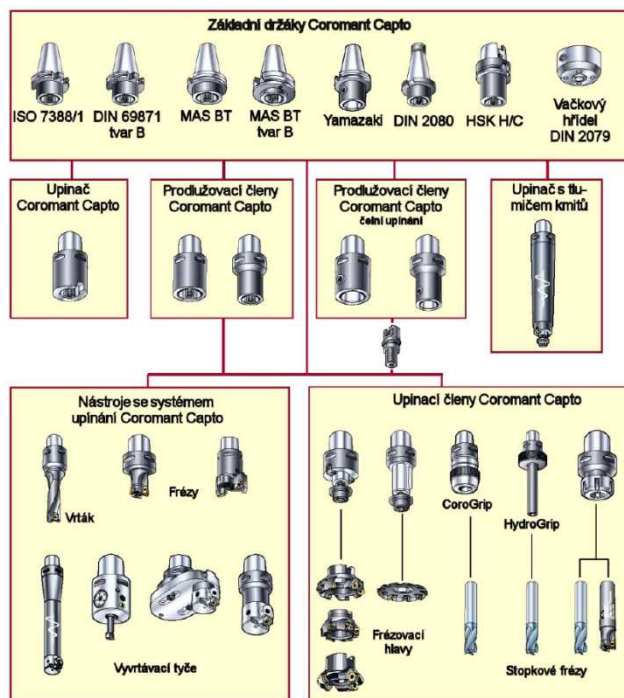
Speciální nástroj určený pro výrobu drážek. Úběr je uskutečňován bokem nástroje.

Upínače frézovacích nástrojů:

Nástroj je upnut ve vřetení za pomoci upínače. Na upínači je kužel. Standardně se používají upínače s kuželem ISO 40/50 a MAS BT 40/50. Na obvodu držáku je zápch a dvě drážky, které slouží k ustavení polohy držáku v zásobníku. Při výměně je držák vtažen do dutiny vřetene za pomoci upínací stopky. Středem nebo bokem držáku může být vedeno vnitřní chlazení. Nástroj může být v držáku uchycen mechanicky, hydraulicky nebo tepelnou roztažností. [11] [6]



Obr. 14 Frézy firmy Walter [6]



Obr. 15 Upínače nástroje firmy Sandwick Coromant pro frézovací centra [6]

Rozdělení soustružnický nástrojů: [14]**1. Podle tvaru tělesa nože:**

přímé
 stranové
 ohnuté
 osazené
 kotoučové
 prizmatické

2. Podle způsobu obrábění:

ubírací
 upichovací a zapichovací
 tvarové

3. Podle druhu materiálu:

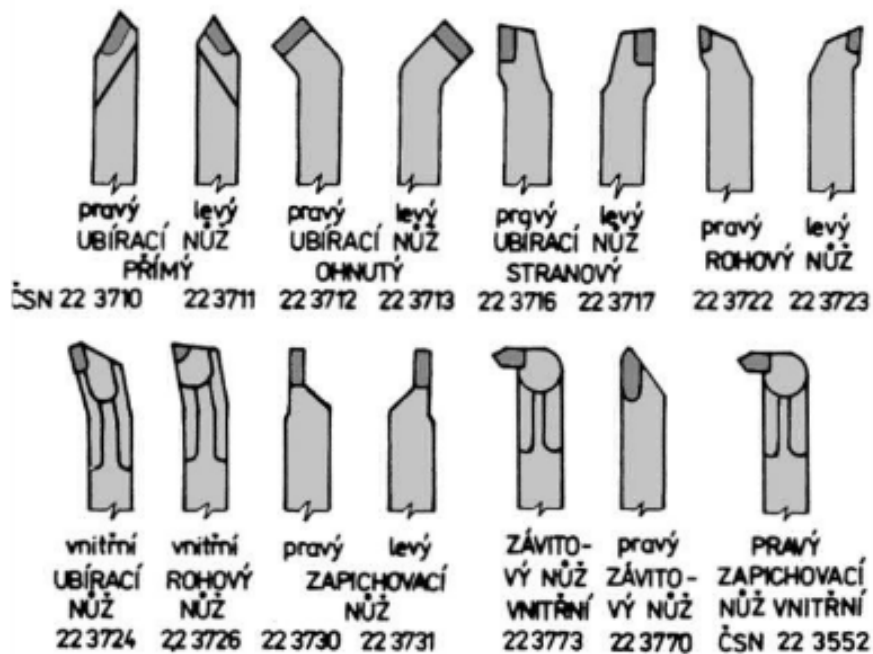
rychlořezná ocel
 slinuté karbidy
 keramické a diamantové materiály

4. Podle postavení nože vzhledem k obrobku:

radiální
 tangenciální

5. Podle polohy hlavního ostří:

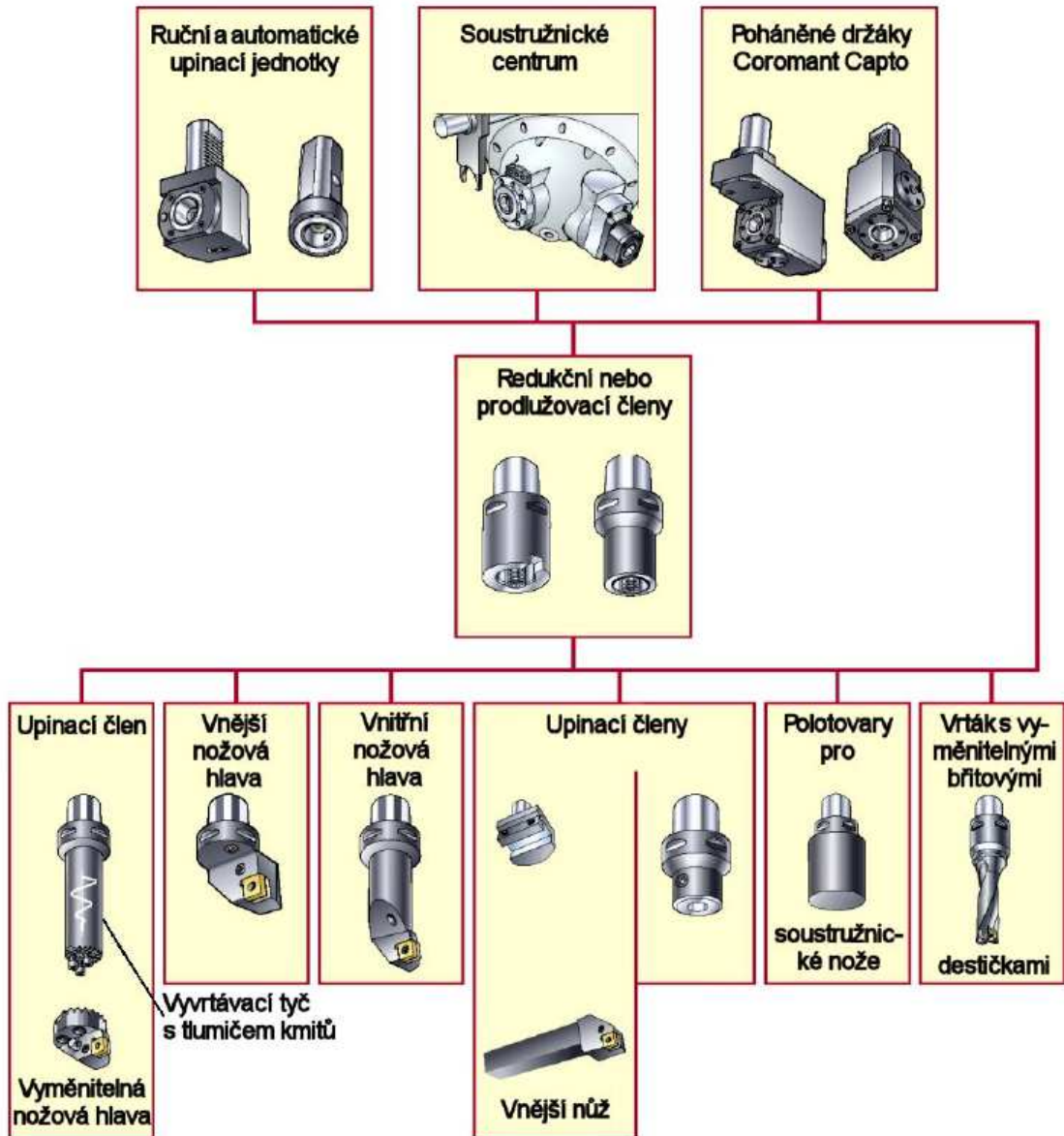
pravé
 levé
 souměrné



Obr. 16 Soustružnické nože [14]

Upínače pro soustružnická obráběcí centra:

Princip je prakticky identický s frézovacími upínači, ale v dnešní době se stále častěji uplatňují soustružnická centra s poháněnými nástroji. Velkou výhodou je, že díl může být vyroben v průběhu jedné operace bez dalšího upínání. Pro tato centra se používají držáky poháněných nástrojů. Jsou buď radiální, axiální nebo s nastavitelným úhlem. [6]



Obr. 17 Upínače firmy Sandwick Coromant pro soustružnická centra [6]

5 ZHODNOCENÍ TEORETICKÉ ČÁSTÍ

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo představení CAD/CAM systémů. Zvláštní důraz byl kladen na jejich využití v technické dokumentaci. Jsou zde uvedeny výhody aplikace v programování CNC strojů. Dále byly představeny CNC stroje jako moderní prostředek ve strojírenské výrobě. Byly také popsány nejpoužívanější druhy nástrojů a upínačů pro CNC stroje.

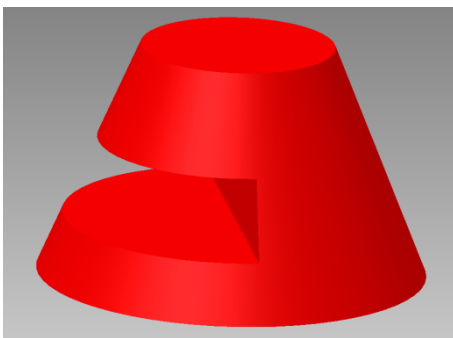
V praktické části jsou popsány všechny kroky, které vedou od návrhu k hotovému výrobku. Jedním z prvních kroků v praktické části bude tvorba modelů v 3D CAD softwaru. Součásti jsou si velmi podobné, aby nedocházelo k opakování stejného postupu pro tvorbu modelu. Bude mou snahou předvést co nejvíce cest, které vedou ke stejnému výsledku. Z modelů bude vytvořena výkresová dokumentace. Výkresová dokumentace spolu s hotovými součástmi má sloužit při výuce promítání v technickém kreslení. Podle výkresové dokumentace budou vytvořeny technologické postupy výroby. Podle modelů a technologických výkresů budou vytvořeny CNC programy pro zvolený stroj.

V programování jsou předvedeny základní a nejčastěji používané funkce CAM softwaru 2,5D programování.

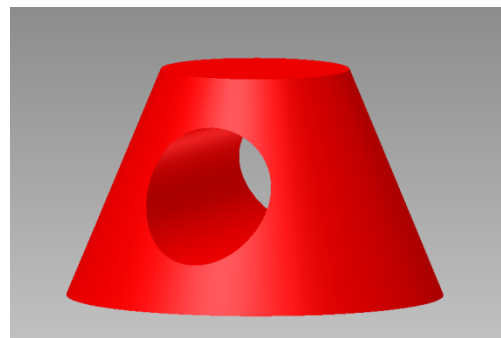
II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE PRÁCE

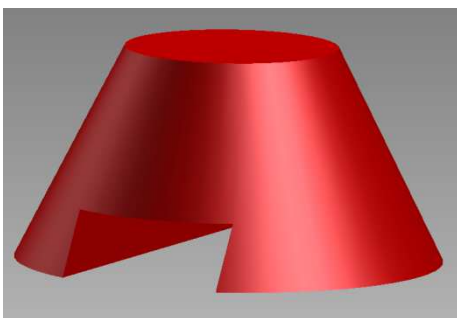
Cílem práce je tvorba pomůcek pro výuku technického kreslení. Jak už bylo řečeno. Praktická část bakalářská práce by měla prezentovat veškerou práci techniků při výrobě dílů. Kvůli dostupnosti, hmotnosti a ceně je použitý materiál tvrdé dřevo. Dřevo není běžně používaný materiál ve strojírenství. Pro výpočet strojních podmínek, z důvodů názornosti uvažujeme, že použitý materiál je ocel 12 060. Zadání dílu bylo převzato ze stránek Fakulty technologické, UTB ve Zlíně. Rozměry součástí byly voleny vzhledem k velikosti dostupného materiálu. [8]



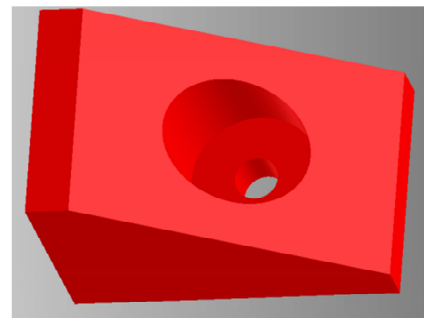
Obr. 18 Součást č. 1 [8]



Obr. 19 Součást č. 2 [8]



Obr. 20 Součást č. 3 [8]



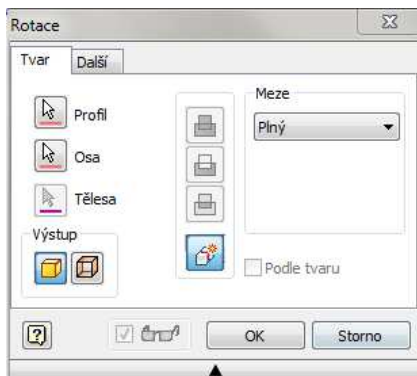
Obr. 21 Součást č. 4 [8]

Před ukončením náčrtu je nutné zjistit, jestli je náčrt plně „zavazbený“. Zavazbení se zobrazuje v pravém dolním rohu. Náčrt je možné ukončit pomocí funkce „Dokončit náčrt“. Po ukončení náčrtu se Inventor automaticky přepne do modulu 3D modeláře.

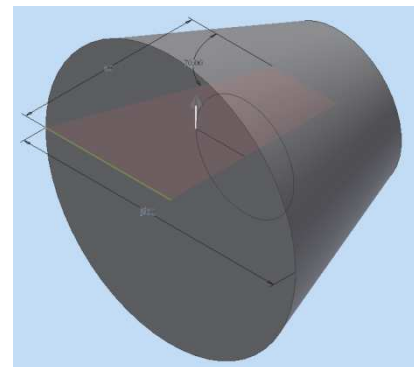


Obr. 24 Nabídka funkcí 3D modeláře

Jak už bylo řečeno. Pro tvorbu základního prvku byla použita funkce rotace.

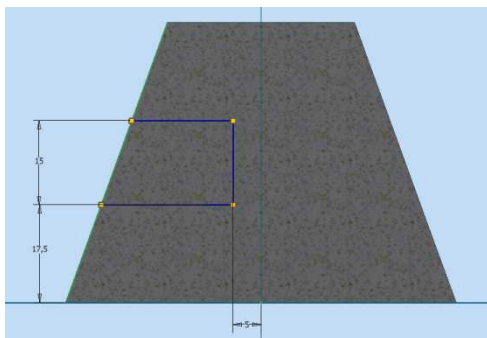


Obr. 25 Okno funkce rotace



Obr. 26 Základní prvek součásti č. 1

Po vytvoření základního modelu. Je vytvořen v rovině X, Y další náčrt. Pro lepší přehlednost je pohled přepnut do zobrazení Zobrazit v řezu. Pak pomocí funkce **promítnutí geometrie** je promítnuta boční hrana modelu. Geometrie je vytvořena pomocí čáry, která je zakótována, podle obrázku 6.3.



Obr. 27 Náčrt č. 2



Obr. 28 Okno funkce vysunutí

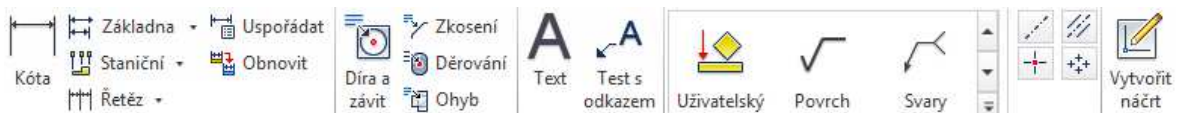
Po ukončení náčrtu je provedeno vysunutí. Vysunutí bude symetrické a s rozdílem prvků ve vzdálenosti 60 mm. Po použití této funkce dojde k vyříznutí náčrtu. Model součásti č. 1 je hotový.

Po dokončení modelu následuje tvorba výkresu. Formát A4 je orientován s nastavením na výšku. Pro vytvoření prvního pohledu je použita funkce „Základní pohled“. Poté je vybrán soubor se součástí č. 1. Jsou vytvořeny dva pohledy nárys a půdorys.

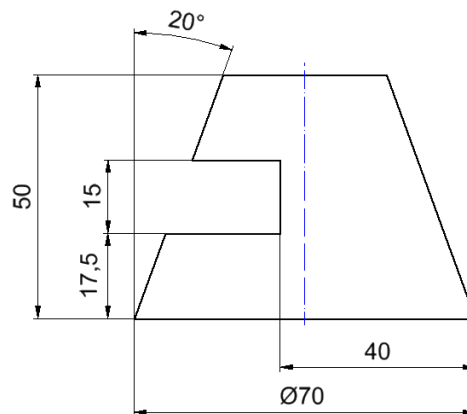


Obr. 29 Panel umístění pohledů

Je nutné součást zakótovat. Pro kótování a poznámky je dostupný panel umístění pohledů. Pro zakótování pohledů je dostupná funkce automatická kóta. Pomocí této funkce je zakótován průměr, výška a poloha drážky. Pro úplné zakótování je nutné vytvořit náčrt, ve kterém je vytvořena pomocná čára pro zakótování bočního úhlu.



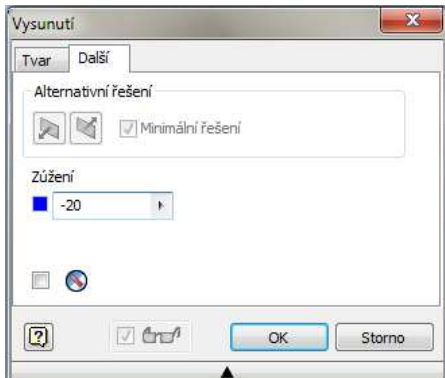
Obr. 30 Panel poznámek



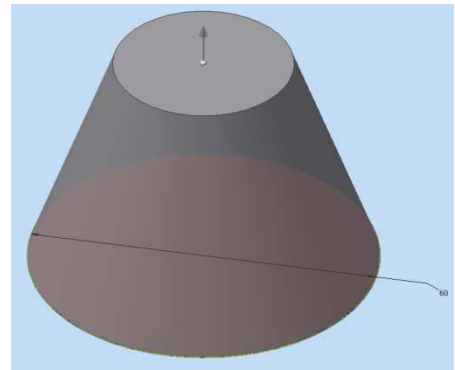
Obr. 31 Nárys součásti č. 1

7.2 Tvorba modelu a výkresu součástí č. 2


Součást č. 2 je velmi podobná součásti číslo jedna. Ke stejnému výsledku vedou vždy minimálně 2 cesty. Pro tvorbu součásti č. 2. je použit prvek vysunutí. V náčrtu použijeme prvek kružnice, který je připnut vazbami k nulovému bodu souřadnic. Kóta **60mm** definuje rozměr podstavy. Náčrt je vysunut do vzdálenosti **40mm**. Za použití funkce zúžení v panelu, bude vytvořeno vysunutí. Takto je vytvořen boční úhel.

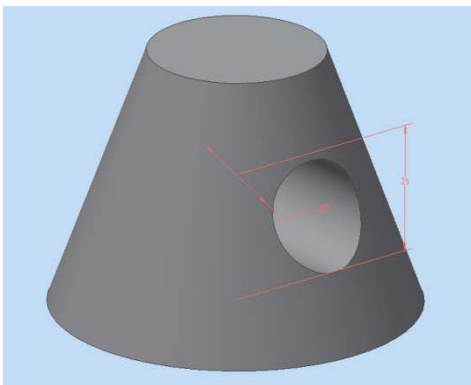


Obr. 32 Okno funkce zúžení

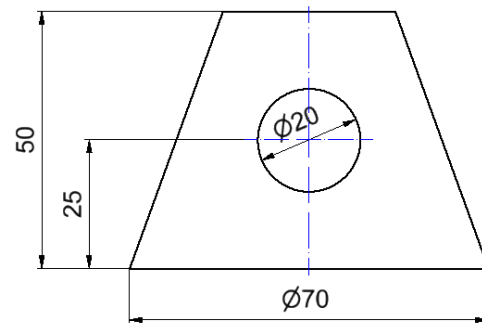


Obr. 33 Základní prvek Součásti č. 2

Podobně jako u Součásti č. 1 je vytvořen v rovině X, Z náčrt. Prvek **kružnice** je přichycen vertikální vazbou  ke středu souřadného systému. Kótami definujeme polohu a velikost otvoru. Symetrické vysunutí **rozdílem** se vyřizne v základní součásti otvor. Výkres je vytvořen stejný způsobem jako u součástky č. 1.



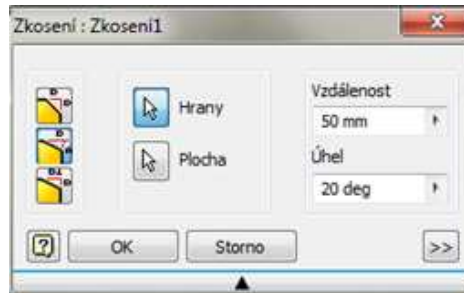
Obr. 34 Prvek vysunutí otvoru



Obr. 35 Nárys součásti č. 2

7.3 Tvorba modelu a výkresu součásti č. 3

Model součásti č. 4 je vytvořen za pomoci funkce **vysunutí**. Pro vytvoření bočního úhlu je použita funkce **zkosení**. Funkce vyžaduje definici hrany a plochy a následné určení jejich rozměrů.

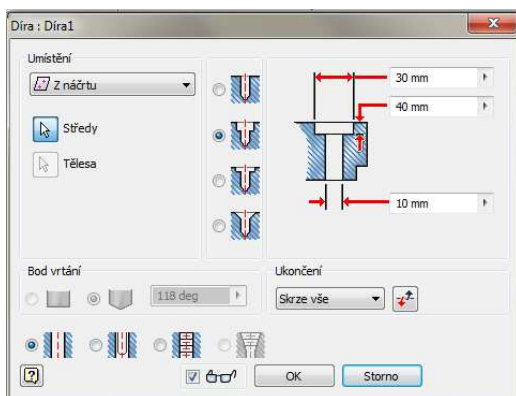


Obr. 36 Okno funkce zkosení

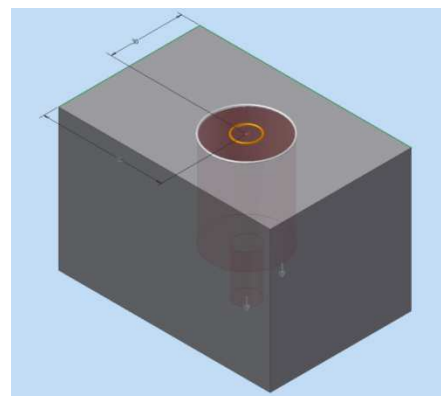
V rovině X, Y je vytvořen náčrt. Základní geometrie je tvořena čarou, u které definujeme její polohy a rozměry. Náčrt je vysunut do vzdálenosti **15mm** a tímto je model součásti definován. Tvorba výkresu probíhá stejně jako v předchozích případech.

7.4 Tvorba modelu a výkresu součásti č. 4

Součást číslo 4 je nerotační. Základní náčrt bude obdélník, který je vysunut do vzdálenosti 50 mm. Další náčrt je umístěný do horní plochy modelu. V náčrtu je použit prvek bod. Definujeme jeho polohu vzhledem ke středu základního prvku. Pro tvorbu vybrání se použije funkce **díra**.



Obr. 37 Okno funkce díra



Obr. 38 Prvek díra

Pro vytvoření úhlu použijeme funkci zkosení. Je nutné označit hranu plochu a definovat vzdálenost a úhel. Tím je model součásti hotový. Výkres je vytvořen stejně jako v předchozích případech.

8 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY (TPV)

První krokem při tvorbě technologického postupu je obecná úvaha nad výrobou dílu. Součást číslo č. 4 je nerotační s bočním úhlem. Proto pro výrobu této součásti je nejvhodnějším strojem 4.osé vertikální obráběcí centrum. Součásti č. 1-3. jsou rotační. Nejvhodnější pro jejich výrobu by bylo použití soustruhu. Na součástech jsou pod různými úhly vytvořeny zápichy a otvory. Proto se jako nejvhodnější varianta jeví CNC soustružnické obráběcí centrum s poháněnými nástroji. Pro výrobu zbylých součástí bude také použito čtyřosé vertikální frézovací obráběcí centrum, protože CNC soustružnické obráběcí centrum s poháněnými nástroji nemáme k dispozici.

Od této základní úvahy se musí odvíjet všechny operace. Je zapotřebí mít dopředu promyšleno upnutí dílu a přídatky na obrábění. Od rozměrů a přídatků se odvíjí volba polotovaru.

8.1 Parametry stroje

K výrobě součástí bude použito 3.osé vertikální obráběcí centrum Haas VF7. Na stroj byla dodatečně namontována čtvrtá osa. Včetně speciálního naklápěcího přípravku. Dělička má plynulou změnu úhlu naklonění. Velkou výhodou stroje je délka pracovních pojezdů. Takto je možné upnout mnohonásobně více malých dílů. Takto se prodlužuje čas cyklu a vzniká možnost zavedení vícestrojové obsluhy. Stroj je také vybaven nástrojovou a obrobkovou sondou. To zkracuje čas přípravy a zlepšuje kvalitu výroby.



Obr. 39 Vertikální obráběcí centrum Haas VF7[10]

V tabulce 2 jsou uvedeny konkrétní parametry stroje Haas VF7. Stroj je výjimečný především svým rozjezdem, který v ose x činí 2134 mm. To umožňuje obrábění i velmi dlouhých obrobků. Na stroji může být také namontován vynašeč třísek, který pomáhá při čištění stroje. Navíc se v třískách neshromažďuje velké množství chladicí kapaliny. Tento konkrétní stroj má maximální otáčky 8100 min^{-1} . Na stroji může být namontováno elektro vřeteno s maximálními otáčkami až $18\,000 \text{ min}^{-1}$. To umožňuje aplikaci technologie vysoko rychlostního obrábění, která je důležitá při výrobě forem a zápusťek. [10]

Tab. 2 Technické parametry stroje Haas VF7 [10]

Rozjezd stroje	
Osa X	2134 mm
Osa Y	813 mm
Osa Z	762 mm
Osa A	360°
Rychloposuvy	
Osa X	15,2 m/min
Osa Y	15,2 m/min
Osa Z	15,2, m/min
Osa A	$100^\circ/\text{s}$
Stůl	
Rozměr	2134x711 mm
Upínací drážky	16 mm
Počet drážek	5
Vřeteno	
Maximální otáčky	7500 min^{-1}
Výkon vřetene	22,4 kW
Upínací kužel	ISO 50
Další parametry	
Řídicí systém	Haas CNC
Krouticí moment	122 Nm
Hmotnost stroje	10 433 kg
Zásobník	
Počet nástrojů v zásobníku	24+1
Maximální délka nástroje	406 mm
Čas výměny nástroje	2,8 - 3,6 s
Maximální hmotnost nástroje	5,4 kg

8.2 TPV součásti č. 1 – 3

Polotovar pro výrobu součásti č. 1. - 3. bude použita tyč kruhová válcovaná za tepla. Rozměry součásti Ø70-60 mm. Pro upnutí dílu při obrábění bude použito tří čelist'ové sklíčidlo. Proto je nutné počítat s přídatkem pro upnutí součásti. Tento přídatek bude v poslední operaci upíchnut na konvekčním soustruhu. Velikost přídatku pro upnutí bude 15 mm.

Volba polotovaru součásti č. 1 – 3

Délka polotovaru

$$L_{p1} = L_1 + 2 \cdot P_{l1} + L_{u1} = 50 + 2 \cdot 2,5 + 18 = 73 \text{ mm} \quad (2)$$

Délka polotovaru je 73 mm.

Průměr polotovaru

$$D_{p1} = D_1 + 2 \cdot P_{D1} = D_{p1} = 70 + 2 \cdot 2 = 74 \text{ mm} \quad (3)$$

Volím rozměr polotovaru Ø75-73 ČSN 42 5510 - mat. 12 060.

Hmotnost polotovaru

Hmotnost jednoho metru tyče je 34,7 kg.

$$m_1 = 34,7 \cdot L_{p1} \cdot 10^{-3} = 34,7 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 2,776 \text{ kg} \quad (4)$$

Výpočet strojního času pro dělení materiálu

Dělení materiálu bude na strojní pásové pile. Rychlost řezu pro materiál 12 050 je 17,2 cm²/min.

$$T_{ř1} = \frac{\pi \cdot D_{p1}^2}{4 \cdot 17,2 \cdot 100} = \frac{\pi \cdot 75^2}{4 \cdot 17,2 \cdot 100} = 2,56 \text{ min} \quad (5)$$

Po dělení bude následovat obrábění na stojci Haas VF7.

Výpočet strojního času pro soustružení

Pro upíchnutí součástky bude použita upichovací destička FX-F1 od firmy WNT. V držáku XLCFN 2604 J 41 od firmy WNT obj. č. 70 832 103.

Parametry jsou dle katalogu WNT 10/47 [13]:

$D=70 \text{ mm}$, $s=4,1 \text{ mm}$, $v_c= 140\text{m/min}$, $f=0,05 \text{ mm/ot}$, obj.č. 70 331 259

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{140 \cdot 1000}{\pi \cdot 70} \cong 640 \text{ min}^{-1} \quad (6)$$

$$t_{as} = \frac{D}{2 \cdot n \cdot f} = \frac{70}{2 \cdot 640 \cdot 0,05} = 1,09 \text{ min} [15] \quad (7)$$

8.3 TPV součásti č. 4

Součást č. 4 je nerotační o rozměrech 80x60x50. Pro výrobu součásti je použita tyč čtvercová válcovaná za tepla. Tloušťka a šířka bude obrobena na konvexní frézce. Pro upnutí součásti při obrábění bude použit strojní svěrák.

Volba polotovaru součásti č. 1 – 3

Délka polotovaru

$$L_{p4} = L_4 + 2 \cdot P_{l4} = 80 + 2 \cdot 2,5 = 85 \text{ mm} \quad (8)$$

Délka polotovaru je 85 mm.

Rozměr polotovaru

$$A_4 = A_4 + 2 \cdot P_{A4} = 60 + 2 \cdot 2,5 = 65 \text{ mm} \quad (9)$$

Rozměr polotovaru je 65 mm.

Volím rozměr polotovaru 4 HR 65-85 ČSN EN 100059 mat. 12 060.

Hmotnost polotovaru

Hmotnost jednoho metru tyče je 33,2 kg.

$$m_4 = \frac{33,2 \cdot L_{p1}}{1000} = \frac{33,2 \cdot 85}{1000} = 2,822 \text{ kg} \quad (10)$$

Výpočet strojního času pro dělení materiálu

Dělení materiálu bude na strojní pásové pile. Rychlost řezu pro materiál 12 060 je 17,2 cm²/min.

$$t_{ř1} = \frac{A_p^2}{17,2 \cdot 100} = \frac{65^2}{17,2 \cdot 100} = 2,45 \text{ min} \quad (11)$$

Výpočet času pro frézování na klasické frézce

Pro obrábění bude použita válcová čelní plátková fréza průměr 63 mm od firmy WNT označení A211.63. R. 04.K4-15. obj. č. 50 759 163. V hlavě budou uchyceny VBD XDKT. 1505. obj. č. 50 471 800.

Parametry dle katalogu WNT viz str. 2/26 [13]:

D=63 mm, $p_z=4$, $v_c=120$ m/min, $f_z=0,15$ mm

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{120 \cdot 1000}{\pi \cdot 63} \cong 600 \text{ min}^{-1} \quad (12)$$

$$v_f = f_z \cdot p_z \cdot n = 0,15 \cdot 4 \cdot 600 \cong 360 \text{ mm/min} \quad (13)$$

$$t_u = \frac{L_n + L_{p4} + L_p}{v_f} \cdot p_z + t_v = \frac{35 + 85 + 35}{360} \cdot 4 + 1,5 = 2,36 \text{ min} \quad (14)$$

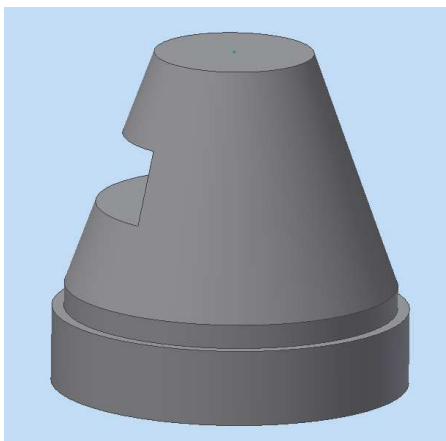
Po úhlování bude následovat obrábění na stroji Haas VF7.

9 TVORBA PROGRAMŮ V CAM

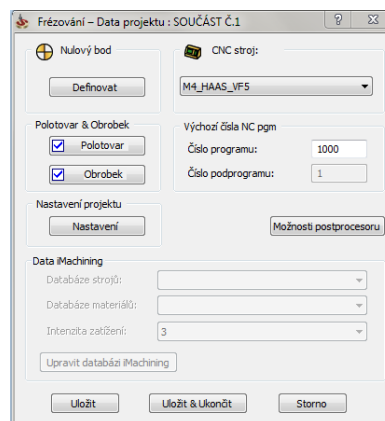
Pro tvorbu partprogramů je využit software Inventor CAM 2013. Jedná se o velký CAM systém pracující na CAD rozhraní Autodesku Inventor. Inventor CAM podporuje funkce plného 2 až 5osého obrábění. Revoluční novinkou je také imachining, který dokáže uspořit až 70% strojního času a razantně zvýšit životnost nástroje. Úspora strojních časů spočívá v aplikaci vysokorychlostního obrábění, kdy je nástroj zanořen na plnou hloubku obrábění a úběr materiálu je uskutečňován s konstantním opásáním nástroje. Nástroj je namáhán souvisle. Využití vysokorychlostního obrábění není možné bez kvalitních CAM softwaru. [13]

9.1 Tvorba programu součásti č. 1

První krokem při tvorbě programu je správné určení přídavek pro obrábění. Proto je nutné vytvořit technologický model a výkres, který obsahuje technologické přídavky. Pro vytvoření technologického modelu použita funkce odvodit. Základní prvek je odvozen z modelu součásti č. 1. tím se vyhneme zbytečným chybám při vytváření nového modelu. Navíc touto funkcí je vytvořena asociativita se základním modelem. Po konstrukční změně se program jen regeneruje.



Obr. 40 Technologický model součásti č. 1.



Obr. 41 Okno nastavení CAM

Dalším krokem je vytvoření modelu polotovaru. Polotovary jsou důležité pro simulaci obrábění. Technologický model a polotovary jsou umístěny do sestavy. Následuje nastavení CAM. Ten je nastaven preprocessor stroje Haas VF7, nulový bod (včetně polohy po natočení), polotovary součásti a obrobek. Importujeme přednastavenou tabulku nástrojů.

9.1.1 Hrubování součásti č. 1

Pro hrubování je použita operace kontura. Geometrie pro tuto operaci může být definována pomocí hrany modelu nebo nově vytvořeného náčrtu. V programu součásti č. 1. je použita

definice pomocí hrany modelu. Pro hrubování je použita tvrdokovová stopková fréza průměru 20 mm od firmy WNT.

Výpočet řezných podmínek

Parametry dle katalogu WNT viz str. 13/51 [13]:

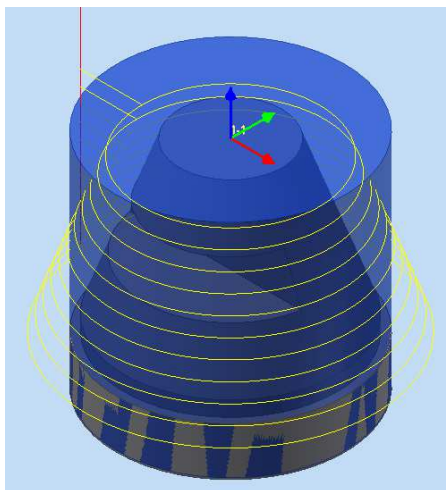
$D=20$ mm, $p_z=4$, $v_c=120$ m/min, $f_z=0,08$ mm, Obj. č. 52 313 181

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{120 \cdot 1000}{\pi \cdot 20} \cong 1900 \text{ min}^{-1} \quad (15)$$

$$v_f = f_z \cdot p_z \cdot n = 0,08 \cdot 4 \cdot 1900 \cong 610 \text{ mm/min} \quad (16)$$

Volba přísuvu do hloubky $a_p=5$ mm.

Po volbě nástroje následuje výběr rovin obrábění. V technologické části nastavíme obrábění pod úhlem stěny 20° . Přídavek na dokončení 0,5 mm. Typ sestupu rychloposuvem a nájezd z bodu.



Obr. 42 Hrubování součásti č. 1

Stejným nástrojem je provedeno ještě začištění čela obrobku.

9.1.2 Obrábění na čisto součásti č. 1

Pro obrábění je použita operace kontura. Je použita tvarová tvrdokovová fréza s bočním úhlem 20° . Nástroj byl upraven z tvrdokovové frézy o průměru 20 mm od firmy WNT.

Výpočet řezných podmínek pro obrábění na čisto

$D=12$ mm, $p_z=3$, $v_c=95$ m/min, $f_z=0,05$ [13]

$$n = \frac{v_{c \cdot 1000}}{\pi \cdot D} = \frac{95 \cdot 1000}{\pi \cdot 12} \cong 2500 \text{ min}^{-1} \quad (17)$$

$$v_f = f_z \cdot p_z \cdot n = 0,05 \cdot 3 \cdot 2500 \cong 375 \text{ mm/min} \quad (18)$$

Volba přísuvu do hloubky $a_p=6,5$ mm.

Nastavení obrábění je identické jako u hrubování. Je použit kolmý nájezd na geometrii.

9.1.3 Obrábění zápichu součásti č. 1

Pro obrábění zápichu je použita druhou poloha nulového bodu. Tím je natočen stůl v ose A na 90° . Geometrie je definována pomocí náčrtu. Pro obrábění drážky je použita tvrdokovová stopková fréza o průměru 12 mm od firmy WNT.

Výpočet řezných podmínek pro obrábění zápichu

Parametry dle katalogu WNT viz str. 13/51 [13]:

$D=20$ mm , $p_z=4$, $v_c=120$ m/min , $f_z=0,06$ mm Obj.č. 52 313 121

$$n = \frac{v_{c \cdot 1000}}{\pi \cdot D} = \frac{120 \cdot 1000}{\pi \cdot 12} \cong 3200 \text{ min}^{-1} \quad (19)$$

$$v_f = f_z \cdot p_z \cdot n = 0,06 \cdot 4 \cdot 3200 \cong 770 \text{ mm/min} \quad (20)$$

Volba přísuvu do hloubky $a_p=4,4$ mm.

Typ sestupu a nájezdu je proveden rychloposuvem kolmo ke geometrii.

9.1.4 Simulace obrábění a generování programu součásti č. 1

Po vytvoření programu je provedena simulace obrábění. V simulaci je možné odhalit kolizní stavy. Následuje generování programu. Postprocesor převede partprogram na g-code. K programu je připojen obrázek, který je určen pro najetí počátku na CNC stroji. Obrázek také slouží pro lepší orientaci dělníka.

9.2 Tvorba programu součásti č. 2

Pro obrábění součásti č. 2 je použit stejný postup jako v předchozím případě. Obrábění se bude lišit pouze v obrábění otvoru.

Obrábění otvoru součásti č. 2

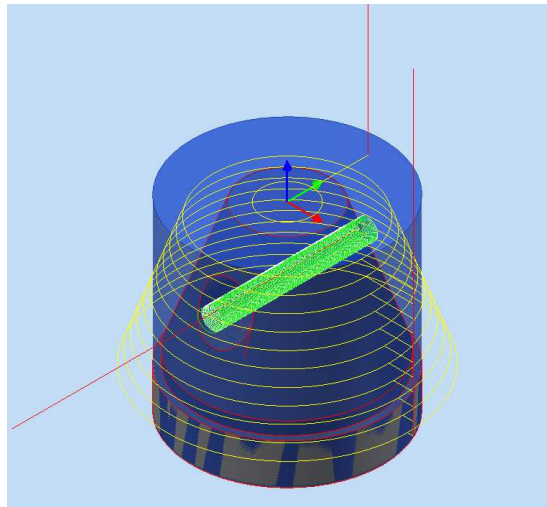
Pro obrábění otvoru součásti č. 2 je použit cyklus kapsa. Typ sestupu byl zvolen po spirále. Pro obrábění je použita kopírovací fréza pro výrobu forem a zápusťek. Držák destičky K 2006C a destička XOHX o průměru 12mm od firmy WNT (obj. č. 56 172 163 015). Pro tento nástroj je charakteristický malý přísuv a velké posuvy.

Volba řezných podmínek pro obrábění zápichu

Řezné podmínky jsou voleny podle ověřených parametrů pro tento nástroj.

$D=12\text{mm}$, $n=6500\text{min}^{-1}$, $f=1500\text{mm}/\text{min}$, $a_p=0,5\text{ mm}$

Po obrábění otvoru je provedena simulace a program je vygenerován.



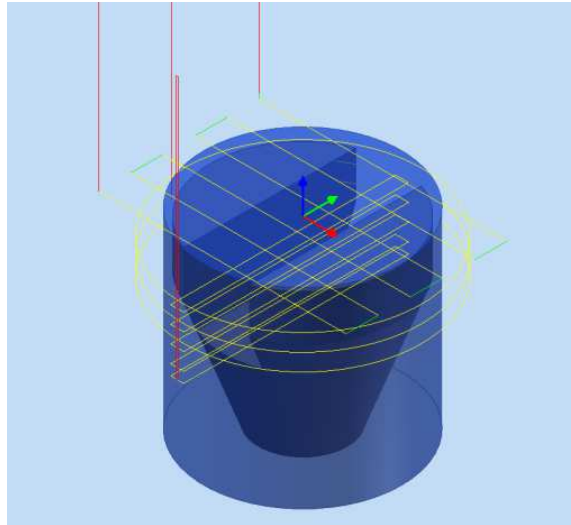
Obr. 43 Simulace obrábění součásti č. 2

9.3 Tvorba programu součásti č. 3

Program součásti je specifický v tom, že součást bude obráběna ve dvou polohách upnutí. První poloze bude obrobena podstava a drážka. Poté bude díl upnut do druhé polohy a obrobena horní část součásti. Obrábění horní části obrobku je identické jako v předchozích dvou případech.

Obrábění spodní části součásti č. 3

Spodní část součásti č. 3 je obrobena pomocí cyklu čelní obrábění. Pro tento cyklus se definuje obráběná plocha. Nástroj pro obrábění je tvrdokovová fréza průměru 20mm od WNT. Po obrobení čela je vytvořen zápich. Zápich je obroben pomocí cyklu kontura. Pro správné upnutí v druhé poloze obrábění je ještě nutné obrobit obvod součásti. Pro obrábění obvodu je použit stejný nástroj.



Obr. 44 Simulace obrábění součásti č. 3

9.4 Tvorba programu součásti č. 4

Součást č. 4 je odlišná od předchozích dílů, protože díl bude mít upnutí ve svěráku za již obrobene plochy. Není nutné vytváření technologického modelu. Sestavu vytvoříme pouze z polotovaru a samotného dílu. Po nastavení CAM je první operací frézování délky frézou 20mm. Následuje vyvrtání otvoru 14mm. Pro vrtání bude použit tvrdokový vrták o průměru 14mm a délky 5xD s chladicími kanálky od WNT.

Vypočet řezných podmínek pro vrtání otvoru

Parametry dle katalogu WNT viz str. 02/25 [13]:

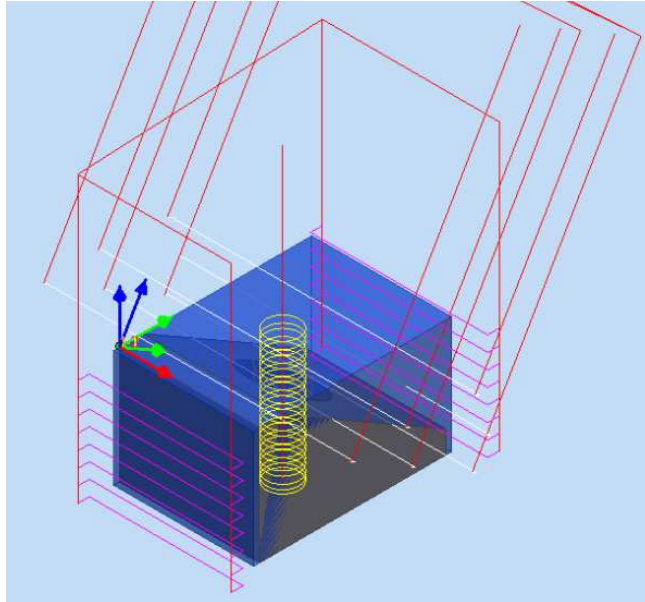
$D=14 \text{ mm}$, $p_z=2$, $v_c=70\text{m/min}$, $f=0,1 \text{ mm/ot}$ Obj.č. 11 765 140

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{70 \cdot 1000}{\pi \cdot 14} \cong 1590 \text{ min}^{-1} \quad (21)$$

$$v_f = f \cdot n = 0,1 \cdot 1590 \cong 160 \text{ mm/min} \quad (22)$$

Volba přísuvu do hloubky $a_p=5 \text{ mm}$.

Následuje obrábění zkosení. Pro obrábění je použita čelní válcová fréza průměru 63mm od firmy WNT. Po obrobení zkosení je zhotoveno zahloubení. Pro obrábění zahloubení je použita tvrdokovová fréza průměr 12mm od firmy WNT.



Obr. 45 Simulace obrábění součásti č. 4

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou zadaných součástek. Součástky budou sloužit jako pomůcka pro výuku technického kreslení. Pro návrh součástek byl použit software Autodesk Inventor 2013. V tomto softwaru byly vytvořeny 3D modely a výkresová dokumentace. Podle výkresové dokumentace byly navrženy technologické postupy výroby k jednotlivým součástkám. Technologické postupy výroby se skládají z několika operací od dělení materiál až po obrábění na stroji Haas VF7. NC programy byly vytvořeny za pomoci softwaru InventorCAM 2013 a následně vygenerovány pro zvolený stroj. Součásti nejsou nikterak složité. Proto pro většinu operací stačilo použití operace kontura a vrtání. Pouze u součásti č. 2 bylo nutné použít cyklu kapsa. Tento cyklus umožňuje postupné vnoření frézovacího nástroje do tělesa bez nutnosti vrtání startovacího otvoru. Vygenerované programy byly nahrány do zvoleného CNC stroje. NC programy byly v pořádku. Nevyžadovaly žádné dodatečné úpravy.

Výroba dílu proběhla v pořádku podle navrženého TPV. Technologické postupy výroby se tedy ukázaly být správné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Peterka, Josef a Janáč, Alexander. CAD/CAM systémy.
1.vyd. Bratislavě: STU 2002. 63 s. ISBN 80-227-1685-5
- [2] Sadílek, Marek. CAM systémy v obrábění I.
1.vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava 2008. 145 s. ISBN 978-80-248-0948-9
- [3] Solidcam. HSM vysokorychlostní obrábění [online].[2013-1-15] Dostupné z WWW:
<<http://www.solidcam.cz/cam-solutions/3d-millhsm-high-speed-milling/hsm-finishing/>>
- [4] Wikipedie-otevřená encyklopedie. G-kód [online].[2013-2-20] Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/G-kód>>
- [5] Keller, Petr. Programování a řízení CNC strojů.
1.vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci 2008. 100s.
- [6] Humár, Anton. Technologie obrábění část I.
1.vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 2003. 138s.
- [7] Výukové pásmo promítacích metod pro technickou praxi. Pravoúhlé promítání [online].
[2013-2-20] Dostupný z WWW:
<http://pravouhle-promitani.hys.cz/t_pravouhle_promitani.php>
- [8] Technické kreslení I. Pravoúhlé promítání [online]. [2013-4-23] Dostupné z WWW:
<<http://www.ft.utb.cz/czech/uvi/tk/Zadani-%20Pravouhle%20promitani/Zadani%20%20Pravouhle%20promitani.htm>>
- [9] Sniper Homepage. Technologie obrábění I. [online]. [2013-4-23] Dostupné z WWW:
http://www.sniper.webzdarma.cz/download/others/tech_str_obr.pdf
- [10] Hass CNC, Vertikální obráběcí centra [online].[2013-4-25] Dostupné z WWW:
http://www.haascnc.com/mt_spec1.asp?id=VF-7/40&webID=40_TAPER_STD_VMC
- [11] Mikel, Pavel. Využití softwarových produktů CAD/CAM v TPV malé firmy
1.vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 2011. 41 s.
- [12] InventorCAM. Imaching Overview [online]. [2013-4-28] Dostupný z WWW:
<<http://www.inventorcam.cz/cz/produkty/imachining-new/imachining-overview/>>
- [13] Katalog nástrojů firmy WNT pro rok 2012,
1.vyd. Velké Meziříčí: WNT Česká republika 2012.

[14] COPT Kroměříž. Základy soustružení dostupné [online].[2013-4-28] Dostupné z WWW:<<http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=21458&docGroup=4931&cmd=0&instance=2>>

[15] Kocman, Karel. Technologické procesy obrábění
1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o. Brno. 2011. 330 s.
ISBN 978-80-7201-722-2

[16] Tajmac-ZPS. Výrobní program [online].[2013-4-30] Dostupný z WWW:
<http://www.zps.cz/cs/vyrobní-program>

[17] Šňupárek, Petr. Marek, Matrin. Studijní materiály VŠB-TU Ostrava.
Drsnost povrchu [online].[2013-5-9]
Dostupná z WWW:<http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/td/01-textyVSB/005_Drsnost%20povrchu.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CAD	[-]	Computer Aided Design
CAM	[-]	Computer Aided Machine
TPV	[-]	Technologický Postup Výroby
VBD	[-]	Výměnná břitová destička
ap	[mm]	přířiv
D	[mm]	průměr
f_z	[mm/zub]	posuv na zub
K_{vo}	[-]	koeficient vícestrojové obsluhy
L	[mm]	délka
m	[kg]	hmotnost
n	[min ⁻¹]	otáčky
p	[mm]	přídavek
t	[min]	čas
s	[mm]	šířka záběru
v_c	[m/min]	řezná rychlost
v_f	[mm/min]	rychlost posuvu

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Ukázka práce v softwaru Kovoprogram [2]</i>	14
<i>Obr. 2 Simulace obrábění tvarových ploch v SolidCAM [3]</i>	15
<i>Obr. 3 Schéma výroby součásti v CAD/CAM systému [2]</i>	16
<i>Obr. 4 Formát bloku NC programu [5]</i>	17
<i>Obr. 5 Způsoby promítání [7]</i>	19
<i>Obr. 6 Příklad kótování s tolerancí [8]</i>	20
<i>Obr. 7 Grafické značky jakosti povrchu [8]</i>	20
<i>Obr. 8 Ukázka první strany technologického postupu Pilana Knives s.r.o.</i>	22
<i>Obr. 9 Soustružnické CNC obráběcí centrum Tajmac-ZPS MORI SAY 620 [16]</i>	23
<i>Obr. 10 Vertikální obráběcí centrum Tajmac-ZPS MCFV 1260 [16]</i>	24
<i>Obr. 12 Vřeteno CNC frézovacího centra Mori Seki HVM 630 [6]</i>	24
<i>Obr. 13 Kluzné a valivé vodící plochy [6]</i>	25
<i>Obr. 14 Kuličková matice a šroub [6]</i>	25
<i>Obr. 15 Frézy firmy Walter [6]</i>	27
<i>Obr. 16 Upínače nástroje firmy Sandwick Coromant pro frézovací centra [6]</i>	27
<i>Obr. 17 Soustružnické nože [14]</i>	28
<i>Obr. 18 Upínače firmy Sandwick Coromant pro soustružnická centra [6]</i>	29
<i>Obr. 19 Součást č. 1 [8]</i>	32
<i>Obr. 20 Součást č. 2 [8]</i>	32
<i>Obr. 21 Součást č. 3 [8]</i>	32
<i>Obr. 22 Součást č. 4 [8]</i>	32
<i>Obr. 23 Prostředí pro tvorbu modelu v programu Autodesk Inventor 2013</i>	33
<i>Obr. 24 Náčrt č. 1</i>	33
<i>Obr. 25 Nabídka funkcí 3D modeláře</i>	34
<i>Obr. 26 Okno funkce rotace</i>	34
<i>Obr. 27 Základní prvek součásti č. 1</i>	34
<i>Obr. 28 Náčrt č. 2</i>	34
<i>Obr. 29 Okno funkce vysunutí</i>	34
<i>Obr. 30 Panel umístění pohledů</i>	35
<i>Obr. 31 Panel poznámek</i>	35
<i>Obr. 32 Nárýs součásti č. 1</i>	35
<i>Obr. 33 Okno funkce zúžení</i>	36

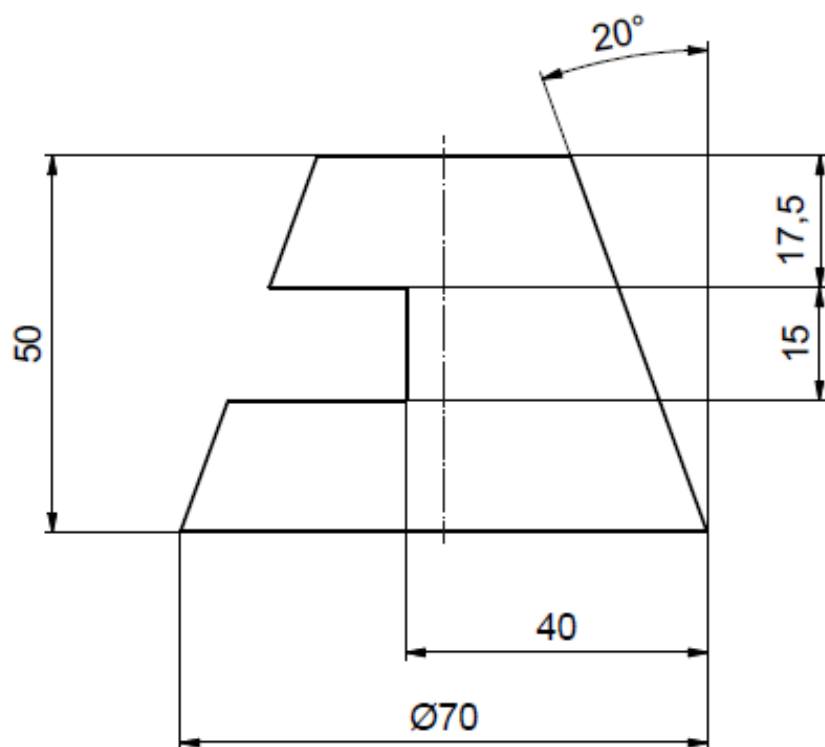
<i>Obr. 34 Základní prvek Součásti č. 2.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 35 Prvek vysunutí otvoru... ..</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 36 Nárýs součásti č. 2.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 37 Okno funkce zkosení</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 38 Okno funkce díra.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 39 Prvek díra.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 40 Vertikální obráběcí centrum Haas VF7[10]</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 41 Technologický model součásti č. 1.... ..</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 42 Okno nastavení CAM.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 43 Hrubování součásti č. 1.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 44 Simulace obrábění součásti č. 2</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 45 Simulace obrábění součásti č. 3</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 46 Simulace obrábění součásti č. 4</i>	<i>49</i>


SEZNAM TABULEK


Tab. 1 Stanovení koeficientu vícestrojové obsluhy	21
Tab. 2 Technické parametry stoje Haas VF7 [10]	40

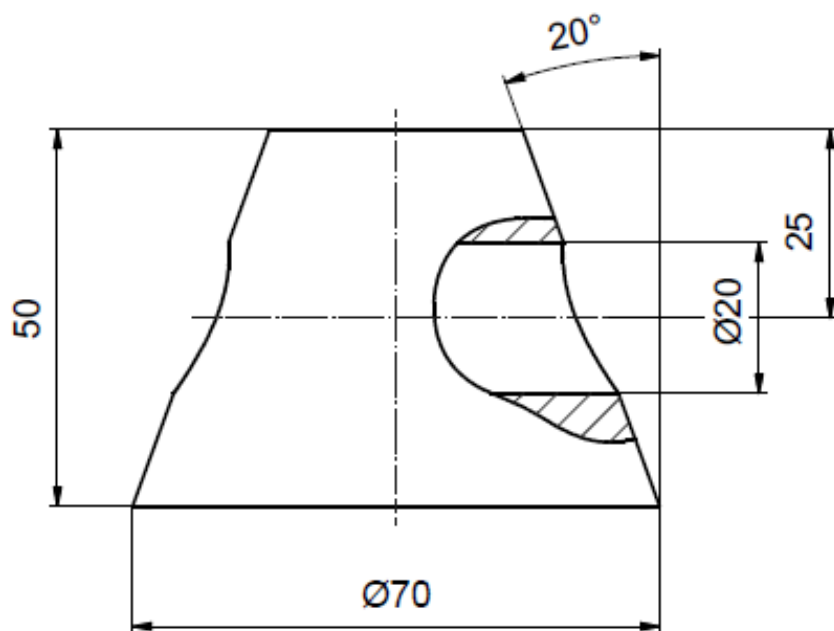
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha I: Výkres součásti č. 1
- Příloha II: Výkres součásti č. 2
- Příloha III: Výkres součásti č. 3
- Příloha IV: Výkres součásti č. 4
- Příloha V: Technologický výkres součásti č. 1
- Příloha VI: Technologický výkres součásti č. 2
- Příloha VII: Technologický výkres součásti č. 3
- Příloha VIII: Technologický postup součásti č. 1
- Příloha IX: Technologický postup součásti č. 2
- Příloha X: Technologický postup součásti č. 3
- Příloha XI: Technologický postup součásti č. 4
- Příloha XII: NC program součásti č. 1 (pouze v elektronické podobě kvůli velikosti)
- Příloha XIII: NC program součásti č. 2 (pouze v elektronické podobě kvůli velikosti)
- Příloha XIV: NC program součásti č. 3 (pouze v elektronické podobě kvůli velikosti)
- Příloha XV: NC program součásti č. 4 (pouze v elektronické podobě kvůli velikosti)
- Příloha XVI: 3D model součásti č. 1 (v elektronické podobě ve formátu ipt)
- Příloha XVII: 3D model součásti č. 2 (v elektronické podobě ve formátu ipt)
- Příloha XVIII: 3D model součásti č. 3 (v elektronické podobě ve formátu ipt)
- Příloha XIX: 3D model součásti č. 4 (v elektronické podobě ve formátu ipt)



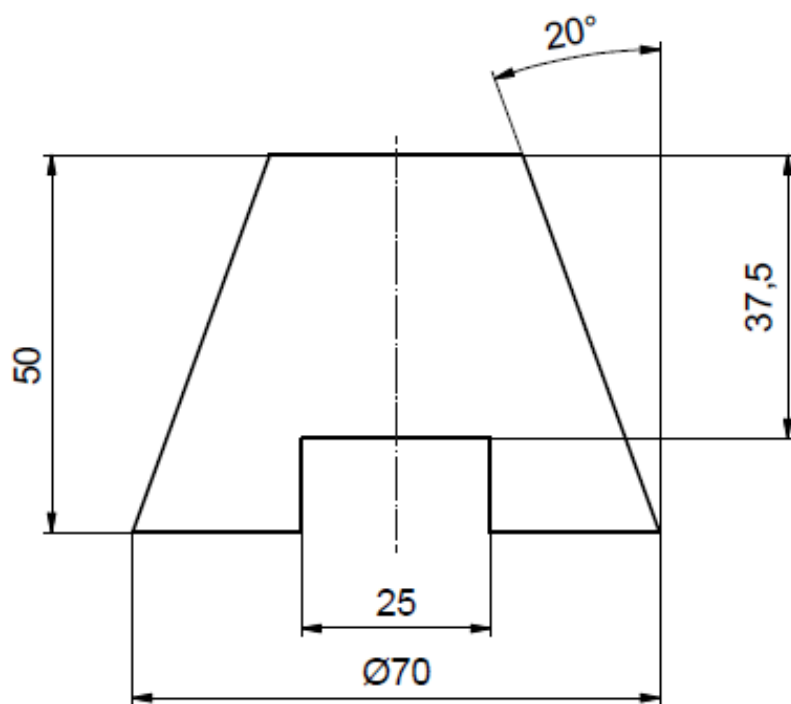
 Ra 3,2

INDEX			DATE			UTB	
CHANGE			SIGNATURE				
MATERIAL	12060				WEIGHT Kg.	SCALE	
DIMENSIONS	Ø75 - 73 ČSN 42 5510				0,767 kg	1 : 1	
					TOLERANCE DIN ISO 2788 mK		
SIGNATURE		Novotný				NOTE	
CHECK		DATE		28.4.2013		OLD DRAWING	
DRAWING TITLE					DRAWING No.		
UTB-1					Součást č.1		



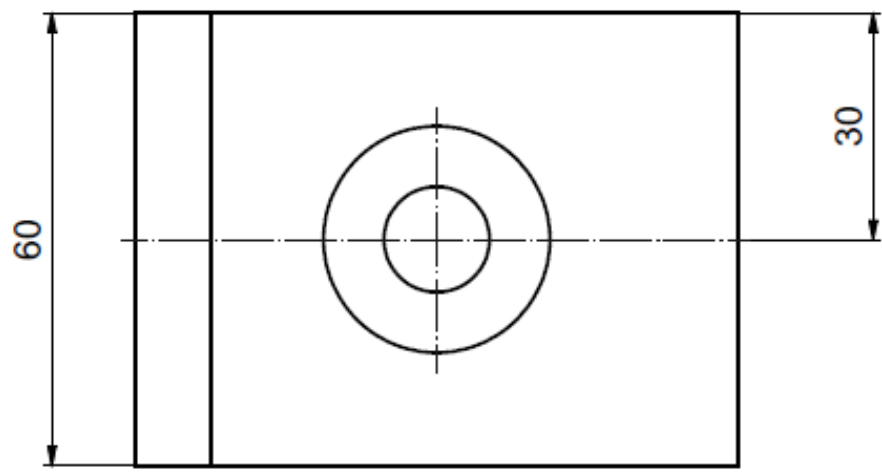
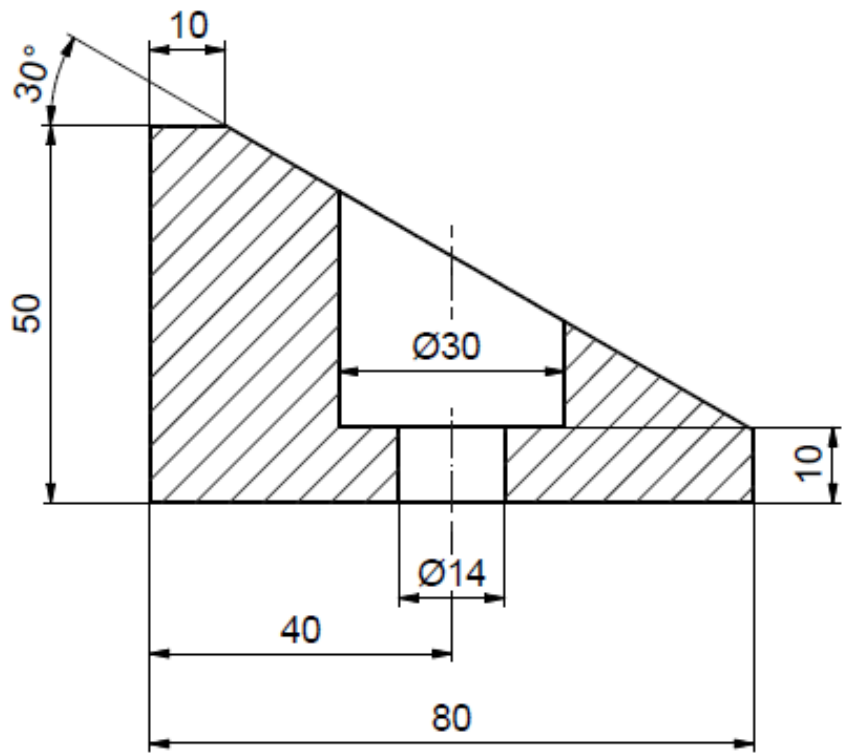
$Ra\ 3,2$

INDEX	CHANGE	DATE	SIGNATURE	UTB	
MATERIAL	12060		WEIGHT Kg.	0,736 kg	SCALE
DIMENSIONS	Ø75 -73 ČSN 42 5510		TOLERANCE DIN ISO 2768 mK		1 : 1
SIGNATURE	Novotný		NOTE		
CHECK		DATE 28.4.2013	OLD DRAWING		
DRAWING TITLE			DRAWING No.		
UTB-2			Součást č.2		



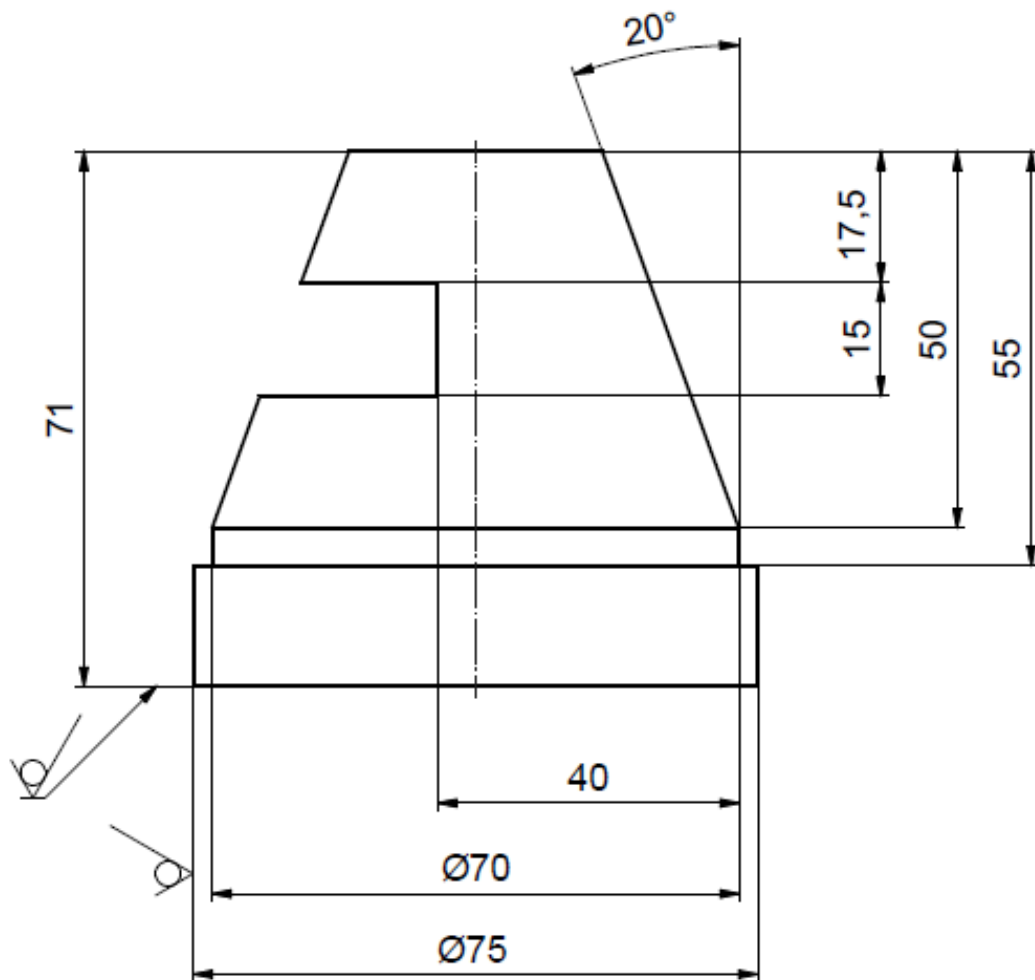
$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

INDEX	CHANGE	DATE	SIGNATURE	UTB	
MATERIAL 12060		WEIGHT Kg.		SCALE	
DIMENSIONS Ø75 -73 ČSN 42 5510		0,705 kg		1 : 1	
SIGNATURE Novotný		TOLERANCE DIN ISO 2788 mK		NOTE	
CHECK		DATE 30.4.2013		OLD DRAWING	
DRAWING TITLE				DRAWING No.	
UTB-3				Součást č.3	



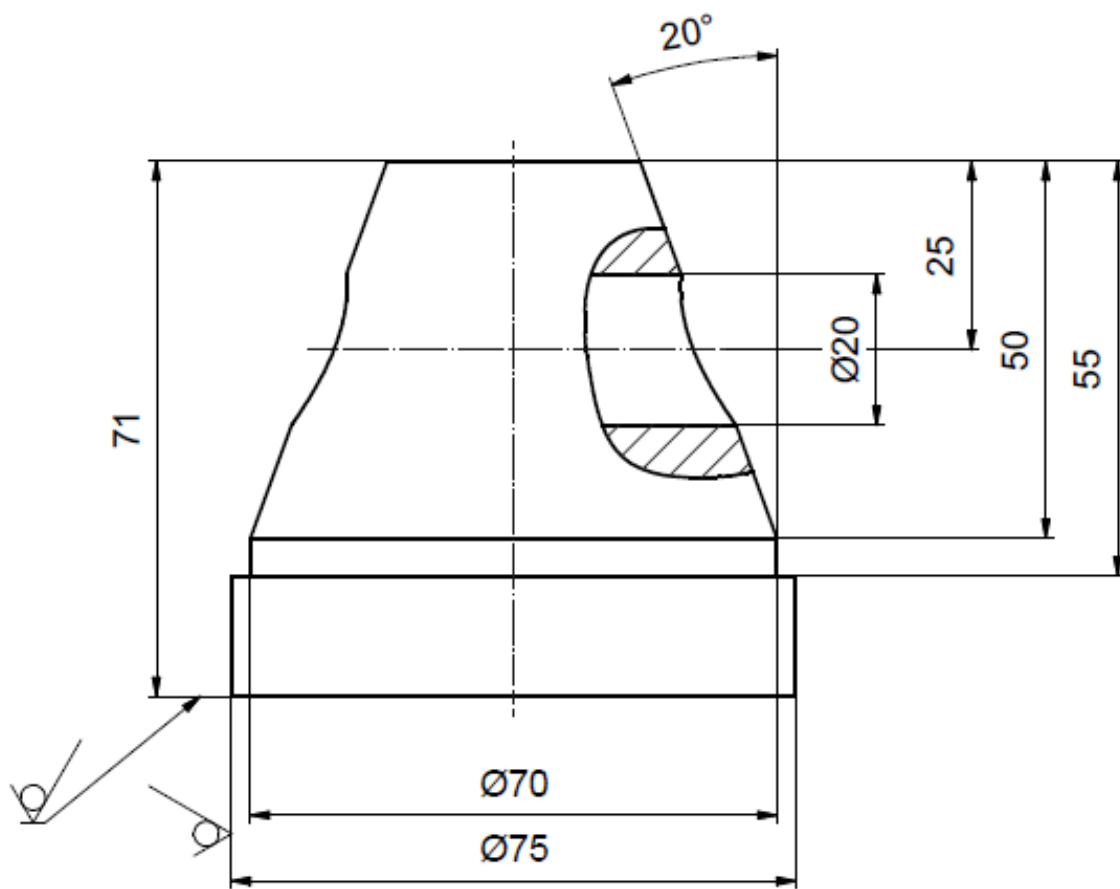
$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

INDEX	CHANGE	DATE	SIGNATURE	UTB	
MATERIAL 12060		WEIGHT Kg.		SCALE	
DIMENSIONS 4HR65-85 ČSN 42 5510		1,080 kg		1 : 1	
SIGNATURE Novotný		TOLERANCE DIN ISO 2768 mK		NOTE	
CHECK		DATE 2.5.2013		OLD DRAWING	
DRAWING TITLE				DRAWING No.	
UTB-4				Součást č.4	



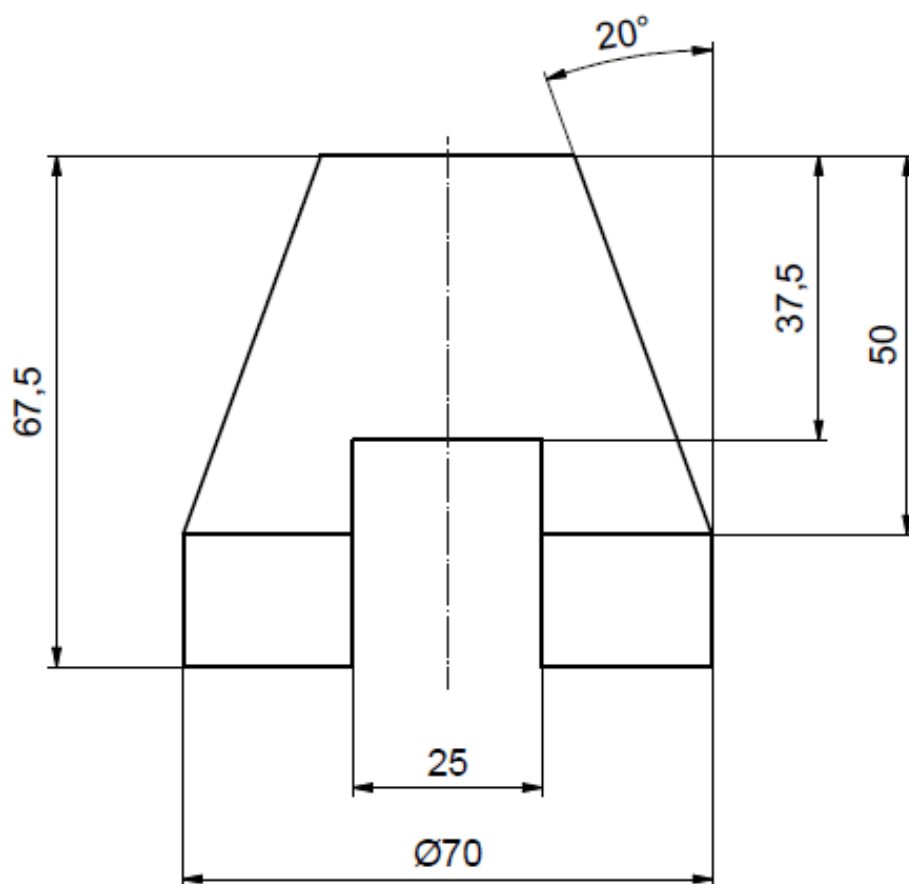
$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$ (✓)


INDEX	CHANGE	DATE	SIGNATURE	UTB	
MATERIAL 12060		WEIGHT Kg. 1,473 kg		SCALE 1:1	
DIMENSIONS $\varnothing 75 - 73$ ČSN 42 5510		TOLERANCE DIN ISO 2768 mK		NOTE	
SIGNATURE Novotný		DATE 30.4.2013		OLD DRAWING	
DRAWING TITLE		DRAWING No.		F	
UTB-1T		Součást č.1 T			

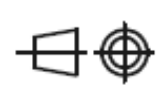


Ra 3,2

INDEX	CHANGE	DATE	SIGNATURE	UTB	
MATERIAL 12060		WEIGHT Kg.		SCALE	
DIMENSIONS Ø75 -73 ČSN 42 5510		1,442 kg		1 : 1	
SIGNATURE Novotný		TOLERANCE DIN ISO 2768 mK		NOTE	
CHECK		DATE 30.4.2013	OLD DRAWING		
DRAWING TITLE			DRAWING No.		
UTB-2T			Součást č.2T		



 Ra 3,2

INDEX	CHANGE	DATE	SIGNATURE	UTB	
MATERIAL 12060		WEIGHT Kg.		SCALE	
DIMENSIONS Ø75 -73 ČSN 42 5510		0,998 kg		1 : 1	
SIGNATURE Novotný		TOLERANCE DIN ISO 2768 mK		NOTE	
CHECK		DATE 2.5.2013	OLD DRAWING		
DRAWING TITLE			DRAWING No.		
UTB-3T			Součást č.3T		



4P/2013/400485

do výroby: 1

22.4.2013

kusy bez navýšení:

1

Součást č.1

Vystavení ZP: 1.5.2013

Postup: 1

Zkratka 1	Varianta	KJ	Středisko	Hospodárná dávka	Kód
7000000 000003065	1	ks	-	1,00	V4700

Výrobek

Název výrobku	Výkres	Čistá hmotnost	Poznámka	Poslední oprava
Součást č.1	Součást č.1	0,77		6.5.2013

Material

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Jakostní norma DIN	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
030	o 75 - 73 ČSN 42 5510	165120015000000		2,267	20	45,34	

Dílec

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Varianta	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
-----	-----------	-----------	----------	----------	-----------------	------	------

Kooperace

Pol	Název	Název - poznámka TPV	Množství	Cena / jednotku	Cena	Dodavatel
-----	-------	----------------------	----------	-----------------	------	-----------

Operace

Pol	Normy	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Nomomin	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
030	Normy	P4 111122	REZANI PILY PEGAS	7	2,56	15	2	16,28	1,28	16,28	0
	Název operace	ŘEZAT (PEGAS)									
	Název-pozn.TPV	Řezat na délku F=73									
	Stroj	S4 024252 Pila pásová horizont. PEGAS 350x400 H-X-CNC									

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka



085	Normy	P4 222224	FREZOVANI HAAS VF-5/50X	8	14,9	80	1,8	88,2778	8,9673	95,6313	0
	Název operace	FRÉZOVAT - CNC FRÉZKA - HIGH SPEED									
	Název-pozn.TPV	Frézuje čelo na délku 71 mm; průměr 70 mm ; obvod pod úhlem; 20°; drážku 15 mm.									
	Stroj	S4 024228 Centrum obráběcí Haas VF-5/50X									

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče dráž	úhlování	ruční úprava	úhel ostří



090	Normy	P4 770009		8	2,45	10	1	12,45	2,6541	13,4871	0
	Název operace	SOUSTRUŽIT - KLASICKÝ SOUSTRUH									
	Název-pozn.TPV	Soustruží uplňuje F= 50 mm									
	Stroj										



500	Normy	P4 091115	KONTROLA-	999	0,842	0	1	0,842	0	0	0
	Název operace	KONTROLA									
	Název-pozn.TPV										
	Stroj										

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče d	šířka dráž	průměr ot	úhel ostří	závity	odjehlení	tvrdost H





4P/2013/400486

do výroby: 1

22.4.2013

kusy bez navýšení:

1

Součást č.2

Vystavení ZP: 1.5.2013

Postup: 1

Zkratka 1	Varianta	KJ	Středisko	Hospodární dávka	Kód
7000000 000003066	1	ks	-	1,00	V4700

Výrobek

Název výrobku	Výkres	Čistá hmotnost	Poznámka	Poslední oprava
Součást č.2	Součást č.2	0,74		2.5.2013

Materiál

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Jakostní norma DIN	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
030	o 75 - 74 ČSN 42 5510	165120015000000		2,267	20	45,34	

Dílec

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Varianta	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn

Kooperace

Pol	Název	Název - poznámka TPV	Množství	Cena / jednotku	Cena	Dodavatel

Operace

Pol	Normy	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Normomín	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
030		P4 111122	REZANI PILY PEGAS	7	2,56	15	2	16,28	1,28	16,28	0
	Název operace	ŘEZAT (PEGAS)									
	Název-pozn.TPV	Řezat na délku l=73									
	Stroj	S4 024252 Pila pásová horizont. PEGAS 350x400 H-X-CNC									

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka



Pol	Normy	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Normomín	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
085		P4 222224	FREZOVANI HAAS VF-5/50X	8	28,85	80	1,9	95,1842	16,4491	103,1131	0
	Název operace	FRÉZOVAT - CNC FRÉZKA - HIGH SPEED									
	Název-pozn.TPV	Frézuje čelo na délku 71 mm; průměr 70 mm; obvod pod úhlem; 20° otvor 20 mm.									
	Stroj	S4 024228 Centrum obráběcí Haas VF-5/50X									

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče dráž	úhlování	ruční úprava	úhel ostří



Pol	Normy	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Normomín	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
090		P4 770009	SOUSTRUŽIT - KLASICKÝ SOUSTRUH	8	2,45	10	1	12,45	2,6541	13,4871	0
	Název operace	SOUSTRUŽIT - KLASICKÝ SOUSTRUH									
	Název-pozn.TPV	Soustruží upichuje F= 50 mm									
	Stroj										



Pol	Normy	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Normomín	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
500		P4 091115	KONTROLA-	999	0,842	0	1	0,842	0	0	0
	Název operace	KONTROLA									
	Název-pozn.TPV										
	Stroj										

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče dráž	šířka dráž	průměr ot	úhel ostří	závit	odjehlení	tvrdost H





4P/2013/400487

do výroby: 1

22.4.2013

kusy bez navýšení:

1

Součást č.3

Vystavení ZP: 2.5.2013

Postup: 1

Zkratka 1	Varianta	KJ	Středisko	Hospodární dávka	Kód
7000000 000003067	1	ks	-	1,00	V4700

Výrobek

Název výrobku	Výkres	Čistá hmotnost	Poznámka	Poslední oprava
Součást č.3	Součást č.3	0,71		2.5.2013

Materiál

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Jakostní norma DIN	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
030	0 75 - 74 ČSN 42 5510	165120015000000		2,267	20	45,34	

Dílec

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Varianta	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
-----	-----------	-----------	----------	----------	-----------------	------	------

Kooperace

Pol	Název	Název - poznámka TPV	Množství	Cena / jednotku	Cena	Dodavatel
-----	-------	----------------------	----------	-----------------	------	-----------

Operace

Pol	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Nomomln	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
030	Normy	P4 111122 REZANI PILY PEGAS	7	2,56	15	2	16,28	1,28	16,28	0
	Název operace	REZAT (PEGAS)								
	Název-pozn.TPV	Řezat na délku F=73								
	Stroj	S4 024252 Pila pásová horizont. PEGAS 350x400 H-X-CNC								

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka



Pol	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Nomomln	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
085	Normy	P4 222224 FRÉZOVANI HAAS VF-5/50X	8	22,077	80	1,9	91,6195	12,5874	99,2514	0
	Název operace	FRÉZOVAT - CNC FRÉZKA - HIGH SPEED								
	Název-pozn.TPV	Frézuje čelo na délku 71 mm; průměr 70 mm; obvod pod úhlem; 20°; drážka 25 mm.								
	Stroj	S4 024228 Centrum obráběcí Haas VF-5/50X								

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče dráž	úhlování	ruční úprava	úhel ostří



Pol	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Nomomln	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
090	Normy	P4 770009	8	2,45	10	1	12,45	2,6541	13,4871	0
	Název operace	SOUSTRUŽIT - KLASICKÝ SOUSTRUH								
	Název-pozn.TPV	Soustruží upichuje F= 50 mm								
	Stroj									



Pol	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Nomomln	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
500	Normy	P4 091115 KONTROLA-	999	0,842	0	1	0,842	0	0	0
	Název operace	KONTROLA								
	Název-pozn.TPV									
	Stroj									

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče d	šířka dráž	průměr ot	úhel ostří	závit	odjehlení	tvrdost H





4P/2013/400488

do výroby: 1

22.4.2013

kusy bez navýšení:

1

Součást č.4

Vystavení ZP: 2.5.2013

Postup: 1

Zkratka 1	Varlanta	KJ	Středleko	Hospodárna dávka	Kód
7000000 000003068	1	ks	-	1,00	V4700

Výrobek

Název výrobku	Výkres	Čistá hmotnost	Poznámka	Poslední oprava
Součást č.4	Součást č.4	1,08		2.5.2013

Materiál

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Jakostní norma DIN	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
030	4 HR 65-85 ČSN EN 100059	165120015000000		2,622	20	56,44	

Dilec

Pol	Název TPV	Zkratka 1	Varlanta	Množství	Cena / jednotku	Cena	Pozn
-----	-----------	-----------	----------	----------	-----------------	------	------

Kooperace

Pol	Název	Název - poznámka TPV	Množství	Cena / jednotku	Cena	Dodavatel
-----	-------	----------------------	----------	-----------------	------	-----------

Operace

Pol	Č.prac.	Název prac.	Třída	TA čas	TB čas	KVO	Normomín	TA-mzda	Jedn. mzd	Tr.dávka
030	Normy	P4 111122 REZANÍ PÍLY PEGAS	7	2,56	15	2	16,28	1,28	16,28	0
	Název operace	ŘEZAT (PEGAS)								
	Název-pozn.TPV	Řezat na délku l=73								
	Štroj	S4 024252 Pila pásová horizont. PEGAS 350x400 H-X-CNC								

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka



050	Normy	P4 222223 FREZOVANI FCV63	8	2,36	10	1	12,36	2,5566	13,3896	0
	Název operace	FREZOVAT - KLASICKÁ FREZKA								
	Název-pozn.TPV	Uhluje na š=60								
	Štroj	S4 024309 Frezka FCV63								



050	Normy	P4 222223 FREZOVANI FCV63	8	2,36	10	1	12,36	2,5566	13,3896	0
	Název operace	FREZOVAT - KLASICKÁ FREZKA								
	Název-pozn.TPV	Uhluje na f=50								
	Štroj	S4 024309 Frezka FCV63								



055	Normy	P4 222224 FREZOVANI HAAS VF-5/50X	8	10,379	80	1,6	86,4869	7,0272	93,6912	0
	Název operace	FREZOVAT - CNC FREZKA - HIGH SPEED								
	Název-pozn.TPV	Frézuje délka l=80 mm; vrtá otvor 14 mm; zahloubení 30mm.; zkosení plochy 30°								
	Štroj	S4 024228 Centrum obráběcí Haas VF-5/50X								

Datum	jméno	ks	zmetky (ks)	délka	šířka	tloušťka	rozteče dráž	úhlování	ruční úprava	úhel ostří



500	Normy	P4 091115	KONTROLA-	999	0,842	0	1	0,842	0	0	0
	Název operace	KONTROLA									
	Název-pozn.TPV										
	Štrot										

Datum	jméno	ks	zmetky (k)	délka	šířka	tloušťka	rozteče d	šířka dráž	průměr o	úhel ostří	závit	odjehlení	tvrdost H



Celkový nápočet na výrobek

Material	Mzdy	Kooperace	Normominuty
56,44	136,75	0	128,33