

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY OBRÁBĚNÍM NA CNC STROJÍCH

TECHNOLOGY OF PRODUCT MACHINING ON CNC MACHINES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JIŘÍ BRÁZDA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá technologií výroby obrábění vzorové součástky „ukončení hřídele generátoru“ na CNC stroji v prostředí malé firmy. Nejprve jsou představeny obecné aspekty CNC strojů, technologií obrábění a technologičnosti konstrukce. Dále jsou analyzovány možné problémy při obrábění vzorové součástky a předložena jejich možná řešení. Je navrhována technologie pro CNC obrábění včetně řídicího programu vytvořeného pro CNC soustruh (HAAS SL20) a CNC frézku (HAAS VF3) s technologickým postupem a nutnou dokumentací. Je srovnáno použití řídicích systémů HAAS, Fanuc a HEIDHAIN. Navrženo je také použití nástrojů a řezné podmínky pro obrobení vzorové součástky.

V závěrečné části je předloženo časové zhodnocení výrobních operací a finanční kalkulace nutné pro malosériovou výrobu vzorové součástky.

Klíčová slova

CNC obrábění, výroba, technologický postup, řídicí systém

ABSTRACT

This diploma thesis deals with a technology of production milling of sample component “ending of generator shaft” by CNC milling in environment of small company. At first common aspects of CNC machines, technology of CNC milling and technology of construction are introduced. Possible problems with milling of sample component are analyzed and their possible solutions are presented. Next technology of CNC milling with operating program for CNC lathe (HAAS SL20) and CNC milling machine (HAAS VF3), production of component in small company with necessary documentation in technology procedure are projected. Using of operating systems HAAS, Fanuc and HEIDHAIN are compared. Using of cutting tools and cutting condition for component milling is projected.

Finally timing of operations and financial calculations necessary for small production of sample component is proposed.

Key words

CNC milling, production, technology procedure, operating system

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRÁZDA, Jiří. Technologie výroby obráběním na CNC strojích: *Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. s.65, příloh 10. Vedoucí práce Ing. Karel Osička.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Technologie výroby obráběním na CNC strojích* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Podpis diplomanta

.....
Jméno a příjmení diplomanta

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Josefu Brázdovi, Mgr. Marie Brázdové PhD., Ing. Jiřímu Marečkovi za cenné informace, připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl vyslovit díky firmě Raja-Moravia spol. s.r.o. za možnost studovat při práci a zpracovávat diplomovou práci. Chtěl bych též zmínit podporu svých rodičů, které se mi dostalo po celou dobu studia. V neposlední řadě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Karlu Osičkovi za cenné připomínky a rady při jejím vypracování.

OBSAH

| | |
|---|----|
| Abstrakt | 4 |
| Prohlášení..... | 5 |
| Poděkování..... | 6 |
| Obsah..... | 7 |
| Úvod | 9 |
| 1 Technologie CNC..... | 11 |
| 1.1 Seznámení s CNC technologií (číslicově řízené výrobní stroje)..... | 11 |
| 1.2 Klasifikace CNC strojů..... | 12 |
| 1.3 Konstrukce CNC strojů..... | 12 |
| 1.3.1 Základní dva typy NC strojů..... | 12 |
| 1.3.2 Charakteristické znaky konstrukce..... | 13 |
| 1.3.3 Konstrukční části NC strojů..... | 13 |
| 1.3.4 Vnitřní zpracování dat NC strojů- řídicí systém..... | 13 |
| 1.3.5 Odměrovací zařízení | 14 |
| 1.4. Souřadné systémy NC strojů..... | 15 |
| 1.4.1 Poloha os..... | 15 |
| 1.4.2 Definice pohybu..... | 15 |
| 1.4.3 Souřadnicový systém soustruhu..... | 16 |
| 1.4.4.2 Souřadnicový systém frézky..... | 17 |
| 1.5 Základní body na CNC strojích..... | 17 |
| 1.6 Druhy řízení číslicových systémů..... | 18 |
| 1.6.1 Řídicí systémy s přetržitým řízením..... | 18 |
| 1.6.2 Řídicí systémy se souvislým řízením..... | 19 |
| 1.6.3 Podle způsobu programování..... | 19 |
| 1.7 Výhody a nevýhody použití NC techniky..... | 20 |
| 2 Rozbor technologičnosti konstrukce vzorové součástky | 21 |
| 2.1 Vybraná vzorová součástka..... | 21 |
| 2.2 Obecné zásady technologičnosti konstrukce..... | 22 |
| 2.2.1 Snížení rozsahu obrábění..... | 22 |
| 2.2.2 Obrobitelnost | 22 |
| 2.2.3 Manipulace a přístup nástrojů..... | 23 |
| 2.2.4 Pružné deformace obrobků a nástrojů | 23 |
| 2.2.5 Obrábění na jedno upnutí | 23 |
| 2.2.6 Snižování pracnosti při obrábění..... | 23 |
| 2.2.7 Volba technologické základny..... | 24 |
| 2.2.8 Shrnutí všeobecných zásad technologičnosti..... | 24 |
| 2.3 Rozbor technologičnosti konstrukce MEZIKUSU..... | 24 |
| 2.3.1 Materiál pro výrobu MEZIKUSU..... | 25 |
| 2.3.2 Zhotovování otvoru o $\varnothing 16H7$ | 26 |
| 2.3.3 Souosost otvoru $\varnothing 16H7$ s osazením o $\varnothing 10h6$ | 26 |
| 3 Řešení technologického postupu | 27 |
| 3.1 Náležitosti technologického postupu..... | 27 |
| 3.2 Volba polotovaru..... | 27 |
| 3.3 Výrobní postup..... | 29 |
| 4 Návrh technologie pro CNC obráběcí stroje včetně řídicího programu pro konkrétní systém..... | 35 |
| 4.1 Obecná charakteristika řídicího programu CNC stroje..... | 35 |

| | |
|--|--------|
| 4.2 Obráběcí centra..... | 35 |
| 4.2.1 Obráběcí centrum HAAS VF3..... | 36 |
| 4.2.2 Technické parametry HAAS VF3..... | 37 |
| 4.2.3 Obráběcí stroj HAAS SL20..... | 38 |
| 4.2.4 Technické parametry HAAS SL20..... | 38 |
| 4.3 Programování CNC strojů..... | 39 |
| 5 Porovnání možností použitých řídicích systémů u zvolené technologie.. | 42 |
| 5.1 Řídicí program od firmy Fanuc..... | 42 |
| 5.1.1 Řídicí systém Série 0i MODEL od firmy Fanuc..... | 43 |
| 5.2 Řídicí systém firmy HEIDENHAIN..... | 44 |
| 5.3 Řídicí systém firmy HAAS..... | 46 |
| 5.4 Řídicí systémy pro HAAS VF3 a SL20 | 47 |
| 6 Volba jednotlivých nástrojů a rozbor řezných podmínek..... | 49 |
| 6.1 Stanovení řezných podmínek..... | 49 |
| 6.2 Soustružení..... | 50 |
| 6.3 Vrtání..... | 50 |
| 6.4 Frézování..... | 51 |
| 6.5 Volba jednotlivých nástrojů pro soustružení..... | 52 |
| 6.6 Volba jednotlivých nástrojů pro frézování..... | 53 |
| 7 Technicko - ekonomické vyhodnocení..... | 55 |
| 7.1 Analýza technické připravenosti firmy Raja-Moravia spol.s.r.o..... | 55 |
| 7.2 Obecné srovnání CNC technologie s konvenční technologií, pro posouzení jejich použití pro výrobu..... | 56 |
| 7.3 Stanovení výrobních časů | 57 |
| 7.4 Výrobní náklady na MEZIKUSU..... | 57 |
| 7.4.1 Výpočet nákladů na hodinu práce stroje | 58 |
| 7.4.2 Výpočet výrobních nákladů při konvenčním obrábění..... | 59 |
| 7.4.3 Výpočet výrobních nákladů při CNC obrábění..... | 59 |
| 7.5 Srovnání CNC technologií a konvenčního způsobu | 60 |
| ZAVĚR..... | 61 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ..... | 63 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ..... | 64 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 65 |

Úvod:

Pro podniky v jednadvacátém století, které se zaměřují na obrábění, ale i další odvětví průmyslu, je technologie výroby na CNC strojích téměř nutností. Vývoj ve všech oborech podnikání jde rychle dopředu a tak pokud chce podnik být konkurenčně schopný musí se neustále modernizovat, což v oboru obrábění znamená zavádět CNC technologie do výroby.

Princip CNC stroje přesně „číslicově řízeného výrobní stroje“ je, že ovládání pracovních činností stroje je ovládáno pomocí řídicího systému, který pracuje podle vytvořeného programu. Jednoduše řečeno stroj s počítačem například frézka, soustruh atd.

První počátky strojů s NC programovatelnou technologií obrábění sahají do 40.-50. let minulého století. V 70. letech byly vyvinuty a používány stroje řízené děrnými štítky a pásky. Dnešní systémy CNC technologie obrábění už pracují s nejmodernějšími počítači vybavenými softwarem, který tuto práci zjednodušuje, urychluje, rozšiřuje pole působnosti a zpřehledňuje. Různými simulacemi se předchází chybám a nedostatkům při programování a tím i následným kolizím při spouštění.

Obsluha stroje nemusí být kvalifikovaná, ale musí být k dispozici kvalifikovaný seřizovač a programátor CNC stroje, což může být v případě malého provozu určitou nevýhodou.

Tato práce se zabývá obráběním součástky MEZIKUS pomocí technologie CNC ve firmě Raja-Moravia spol.s.r.o..

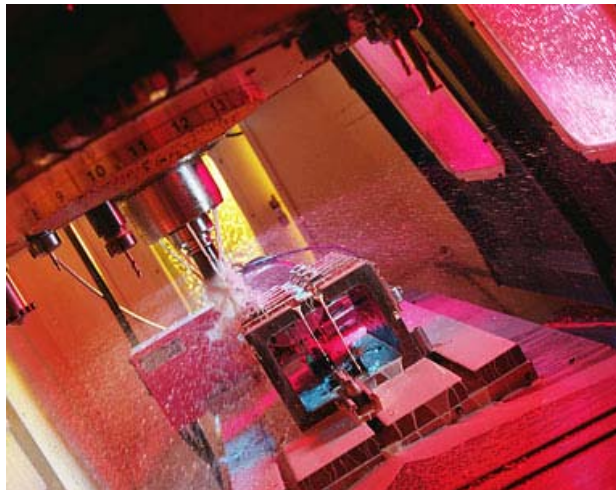
Společnost byla založena v roce 1997 německou společností Rahmer Jansen GmbH (později Raja Love Joy) jako 100% dceřiná společnost určená k výrobě nádrží na hydraulické oleje a příslušenství. V roce 2004 se na podnikání začali účastnit jako majoritní vlastníci čeští investoři, a od roku 2008 je společnost vlastněnou pouze českými subjekty.

Předmětem její činnosti je strojírenská výroba - výroba nádrží na hydraulické oleje, příslušenství (rámů na hydraulické agregáty, apod.). Společnost vyrábí jak standardní výrobky dle vlastní projektové dokumentace, tak výrobky podle výkresové dokumentace zákazníka. Součástí výroby, případně dle požadavků zákazníků je i CNC opracovávání odlitků z hliníku nebo, železa či litiny, která tvoří divizi kovoobrábění.

Společnost v současné době patří k předním nezávislým dodavatelům nádrží pro hydraulické agregáty. 100% produkce společnosti je určeno pro zákazníky ze zemí Evropské unie, 90% produkce je určeno mimo Českou republiku, 100% z toho jsou přední světoví výrobci hydraulických agregátů.

Divize kovoobrábění původně sloužila jako podpora divize kovovýroba se zaměřením na opracovávání hydraulických spojek, vík, dalších hydraulických komponentů, a další výrobu příslušenství k nádržím na hydraulické oleje, zejména návalků, přírub apod. Dnes je to samostatná divize, která prošla významnými změnami.

Konvenční obrábění se postupně rozrostlo o CNC obrábění na moderních CNC strojích, jedná se o CNC soustružení a CNC frézování. Díky těmto změnám v technologii výroby může společnost nabídnout zákazníkům výrobu středně velkých a malých sérií, ale také kusovou zakázkovou výrobu dle přání odběratelů. Ať se jedná o výrobu zhotovenou na konvenčních soustruzích a frézkách nebo o výrobu dosaženou CNC obráběním.



Obr. Obrábění na CNC stroji¹.

1 Technologie CNC

Počátky technologie číslicově řízených strojů (**NC, numerical control**) sahají do 40. a 50. let minulého století. Jsou založeny na tom, že výrobní program obráběné součásti je zadán stroji ve formě čísel (nuly a jedničky), alfanumerických znaků a dalších symbolů ve zvoleném kódu na nositeli informací (děrná nebo magnetická páska, disketa, CD a DVD nosičích, přenosném disku atd.). S vývojem výpočetní techniky nastoupily stroje ovládané počítači nejdříve analogicky a brzy i digitálně a vytvořily moderní číslicově řízené výrobní stroje - **CNC** stroje (computer numerical control). V moderních CNC systémech je celý proces obrábění součástky plně zautomatizován použitím **CAD/CAM** programů^{2,3}.

1.1 Seznámení s CNC technologií (číslíkově řízené stroje)

Při obrábění pomocí CNC stroje se ovládání pracovních funkcí stroje děje pomocí řídicího systému a vytvořeného programu. Výrobní program je posloupnost oddělených skupin znaků, kterým říkáme věty neboli programové bloky. Pro řídicí systém jsou zdrojem po sobě jdoucích příkazů a umožňují řízení CNC stroje při provádění mnohdy i velmi složitých operací (například plynulý pohyb v třech osách současně).

Každá věta obsahuje dva druhy informací a to: geometrické a technologické. Informace jsou převáděny do impulsů elektrického proudu nebo jiných výstupních signálů, které aktivují ovládací mechanismy stroje: (servopohony, hlavní motory, atd.), které jsou nezbytné pro chod stroje.

Na rozdíl od konvenčního stroje, není vlastní výrobní proces CNC stroje ovlivňován vlastnostmi a produktivitou pracovní obsluhou stroje. Obráběcí proces CNC stroje je automatický a zasahování do něj obsluhou je omezeno na minimum, což se projevuje ve spotřebě času, životnosti nástroje i jakosti výroby.

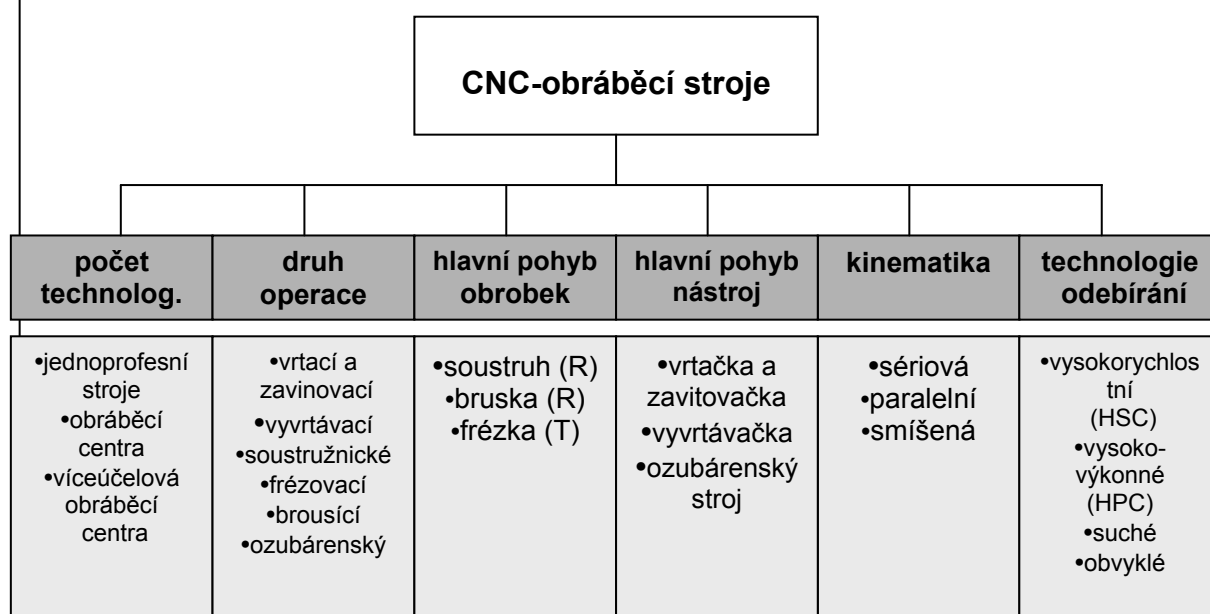
Programátorem sestavujícím program pro výrobu součástí na CNC stroji jsou zpracovaná data přenesena na nosiče informací, ze kterého jsou pomocí řídicí jednotky aktivovány vlastní instrukce stroje.

Zavedením CNC strojů se dosáhlo vyššího využití obráběcího stroje a možné časté střídání tvarově i rozměrově složitosti vyráběného obrobků. Přináší to tedy široké uplatnění při opakované výrobě. Kdy jednou vypracovaný program uložený na nosiče informací se využije kdykoliv při opakování výroby.

Ve strojírenské výrobě se setkáváme s CNC technologií u obráběcích, tvářecích, měřicích a rýsovacích strojů a manipulační techniky. Mimo tyto oblasti je číslicové řízení rozšířeno i na vypalovací stroje, stroje pro svařování, nýtovačky, montážní stroje, stroje pro kontrolu vad materiálu apod. Číslicově řízené stroje můžeme tedy najít ve všech odvětvích průmyslu.

1.2 Klasifikace CNC strojů

Často jsou CNC stroje tříděny na jednoprofesní vykonávající pouze jednu operaci, kam patří např. CNC soustruh, CNC fréza, a víceprofesní takzvaná obráběcí centra. CNC obráběcí stroje rozdělujeme dle šesti hledisek patrných z obrázku č.1.1². Pokud má stroj možnost provádět různé druhy operací, schopnost automatické výměny nástrojů a obrobků pak jej považujeme za obráběcí centrum. Obráběcí centra jsou často klasifikována podle typu výrobků na centra pro výrobu rotačních obrobků, pro výrobu skříňových obrobků a univerzální centra (pro výrobu rotačních i nerotačních součástí s určitým omezením operací).



Obr. č.1.1 Schéma dělení CNC obráběcích strojů²

1.3 Konstrukce CNC strojů

Každý obráběcí stroj je charakterizován kombinací lineárních – posuvových a rotačních pohybů. Rozlišnost konstrukce jednotlivých NC strojů vyžaduje standardizaci v určování jednotlivých os. Používá se kartézský souřadnicový systém (pravoúhlá soustava prostorových souřadnic).

Schopnost NC stroje závisí na počtu os, ve kterých je stroj schopen operovat. Nejvyspělejší CNC stroje umožňují lineární pohyb ve všech třech směrech, včetně rotací kolem tří os (systémy s pohybem v šesti osách)⁴.

1.3.1 Základní dva typy NC strojů:

a) s polohovacím systémem řízení - mají nesynchronizované motory, konečná poloha je docílena vždy samostatným pohybem jednotlivého motoru,

b) souvislým systémem řízení - umožňují souvislý pohyb v libovolných směrech, konečná poloha zadaného bodu je docílena vektorovým součtem rychlostí v jednotlivých směrech.

1.3.2 Charakteristické znaky konstrukce:

- konstrukce musí mít vysokou tuhost a přesnost provedení,
- řezný režim při automatickém chodu stroje musí být co nejhospodárnější,
- vodící plochy musí být provedeny s vysokou přesností a velkou životností, vhodnou konstrukcí je nutno zajisti snadnou vyměnitelnost opotřebovaných částí,
- musí být zajištěna přesná poloha jednotlivých součástí nebo uzlů stroje. K tomu účelu se používá servomechanismů a odměřovacích zařízení, které tvoří regulační obvod pro polohování,
- aby se zvýšila přesnost a životnost stroje, musí být u některých strojů stabilizace teploty oleje,
- automatickou výměnu nástrojů během pracovního cyklu stroje zajišťují systémy automatické výměny nástrojů,
- pro zajištění opracování obrobků z více stran při jednom upnutí slouží různé upínací přípravky, otočné a sklopné stoly, speciálně konstruované palety atd,
- automatický cyklus NC strojů vyžaduje tzv. třískové hospodářství – čištění a odvod třísek,
- vybavení strojů soubory nástrojů, jejich předseřizování, údržba, výměna,
- pro bezporuchový chod slouží pomocné, kontrolní, seřizovací a jiné přípravky,
- aktivní a pasivní kontrola obráběných součástí apod.

1.3.3 Konstrukční části NC strojů

Základní část všech číslicově řízených obráběcích strojů tvoří **lože nebo rám stroje**. Hlavními požadavky na konstrukci lože jsou vysoká tuhost, schopnost přenášet všechny zatěžující síly s minimální deformací, dobrá schopnost tlumit chvění, jednoduchost a snadná obsluha, údržba, dobrý odvod třísek, tepla atd. Je nejčastěji vyrobeno z litiny nebo konstrukční oceli.

Pohon posuvu řízené osy CNC převádí příkazy od regulátoru polohy na pohyb nástroje nebo obrobku. Sestává se obecně z **posuvového motoru** (servomotor), který přenáší buď přímo nebo přes ozubený řemen kroutící moment na šroubový převod tvořený kuličkovým šroubem a maticí. Tento šroubový převod převádí otáčivý pohyb na přímočarý. Používají se pohony elektrické nebo hydraulické. V současnosti se používají nejvíce elektrické střídavé (AC) pohony, méně často stejnosměrné DC motory⁵.

1.3.4 Vnitřní zpracování dat NC strojů- řídicí systém

Vnitřní zpracování informací probíhá v řídicím systému NC obráběcího stroje, ten lze rozdělit do tří základních částí: vstupní a výstupní část a část pro zpracování informací.

Vstupní část NC strojů je tvořena:

- **čtečka** - je snímač informačního média, jejímž úkolem je přečíst údaje na něm zaznamenané,
- **dekodér** - má za úkol přeměnit signál v číslicovém kódu na hodnoty vstupních signálů pro řídicí prvky pohonů. Obsahuje kontrolní obvody pro kontrolu správnosti čtecích znaků,
- **řadič** - informací přijímá signály z dekodéru a ukládá je do paměti bezrozměrných a rozměrných slov,
- **ruční předvolba** - umožňuje zásah do spuštěného programu,
- **volba korekce** - nástroje průměrová nebo délková řeší úpravu průměru nebo délky nasazeného nástroje,
- volba zpomalovacích bodů,
- **volba počátku** - umožňuje při obrábění rozměrově a hmotnostně náročných dílců v určitém rozsahu posunout počátek.

Zpracování informací realizují dvě části NC stroje:

- **řadič** - aritmetické jednotky, který logicky seřazuje informace pro aritmetickou jednotku,
- **aritmetická** - jednotka tvořenou jedním nebo několika počítači zpracovávající potřebné výpočty naprogramované dráhy nástroje v příslušných osách, dále plní funkci porovnávacího členu naprogramované a skutečně ujeté dráhy, výpočty spojené s korekcemi, zajišťuje zpomalování posuvů apod.

Výstupní část poskytuje výstupy dvou druhů:

- **výstupy** - funkcí vyhodnocujících údaje o funkcích F, S, T a přes přízpůsobovací obvody řídí výkonné části NC stroje,
- **výstupy** - vypočtených souřadnic, které se zesilují a mění na formu potřebnou k řízení suportu nebo saní stolu NC obráběcího stroje.

1.3.5 Odměrovací zařízení

Na číslicově řízených obráběcích strojích slouží k odměřování dráhy vykonané řídicím členem, do značné míry ovlivňuje přesnost obráběcího stroje. V zásadě lze rozdělit odměřování podle umístění snímače polohy na obráběcím stroji na přímé a nepřímé. Další členění závisí na principu práce odměrovacího zařízení, charakteru informací, které odměrovací zařízení předává a konstrukčního provedení.

U přímého odměřování

Zařízení je umístěno přímo na pohybujiících se uzlech stroje např. suportu, stolu. Přímé odměřování se proto vyznačuje větší přesností, protože závisí jen na přesnosti snímání z měřítka. Používá se u velmi přesných strojů, zejména u souřadnicových vrtaček, vyvrtávaček a u některých obráběcích center, mají vyšší pořizovací cenu.

U nepřímého odměřování

Je snímač polohy umístěn na posuvovém kuličkovém šroubu, a to buď přímo, nebo pomocí převodu. Dráha pohybové části stroje se odměřuje nepřímo a závisí na potočení kuličkového šroubu nebo jeho převodu. Nevýhodou tohoto způsobu odměřování je, že nepřesnosti pohonu, kuličkového šroubu, převodu i vlivy silových účinků na snímač polohy se přenáší do vlastního měření. Tento způsob je rozšířený pro svou jednoduchost a cenu.

1.4. Souřadné systémy NC strojů

Pro popis pracovních pohybů nosiče nástroje v pracovním prostoru je nutno definovat souřadný systém stroje a souřadný systém obrobku a vztah mezi těmito souřadnými systémy. Pro zjednodušení programování je nutné, aby označování jednotlivých souřadných os souřadných systémů obráběcích strojů různých výrobců bylo stejné.

Charakteristická hlediska jsou:

- poloha os,
- definice pohybu,
- vztažné body.

1.4.1 Poloha os

Definice je dána normou ČSN ISO Terminologie os a pohybu. Základní souřadná soustava je pravoúhlá pravotočivá (systém „pravé ruky“). Podle pravidla pravé ruky směřuje kladná osa X ve směru palce, ukazovák ukazuje kladný směr osy Y a ohnutý prostředník kladný směr osy Z. Natočení kolem souřadných os X, Y, Z označujeme adresami A, B, C, přičemž kladný smysl natočení se řídí podle pravidla „pravotočivého šroubu“.

Pravoúhlý souřadný systém na stroji se umísťuje podle určitých pravidel:

- vždy musí být definována osa X,
- osa X leží v upínací rovině obrobku nebo je s ní rovnoběžná,
- osa Z je totožná nebo rovnoběžná s osou pracovního vřetena,
- kladný smysl lineárních os je od obrobku k nástroji, tedy ve směru zvětšujícího se obrobku.

Pokud jsou na stroji další osy rovnoběžné s osami X, Y, Z, označujeme je U, V, W opět podle pravotočivé soustavy.

Uvedené souřadné osy označují pohyb nástroje vůči nehybnému obrobku. Pokud se pohybuje obrobek vůči nástroji, označují se takové osy X' , Y' , Z' , přičemž platí že $+X' = -X$ atd.

1.4.2 Definice pohybu

Při programování strojů se v principu vychází z toho, že se nástroj relativně pohybuje vůči obrobku.

Kromě základního souřadného systému je nutno v pracovním prostoru NC stroje definovat tzv. vztažné body, s jejichž pomocí se definuje vzájemná poloha stroje, nástroje a obrobku. V závislosti na těchto bodech může být potom určena a kontrolována např. poloha nástroje.

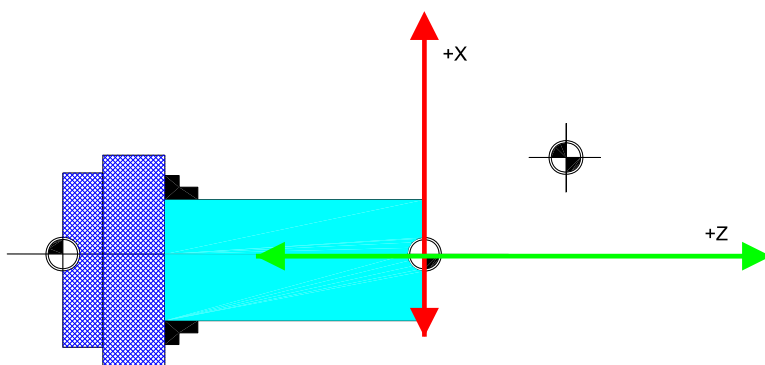
Normou je zadané značení i dalších os, doplňkových souřadnicových systémů. Které se v programech CNC používají v závislosti na technickém řešení stroje a na náročnosti vyráběného obrobku. U víceosých systémů se osy indexují např. Z_1Z_2 . V tabulce jsou shrnuty informace o značení a používání jednotlivých os.

Tab. 1.1 – značení a použití jednotlivých os u CNC strojů²

| Souřadnicový systém CNC strojů | | |
|--------------------------------|------------|---|
| druhy os | značení os | použití os |
| základní osy | X,Y,Z | pohyb nástroje-geometrie |
| rotační osy | A,B,C | pro přídatný rotační pohyb v osách (např. u takového soustruhu osa C je pro nastavení polohy obrobku vůči nástroji) |
| doplňkové osy | I,J,K | parametry interpolace (např. stoupání závitu v osách) |

1.4.3 Souřadnicový systém soustruhu

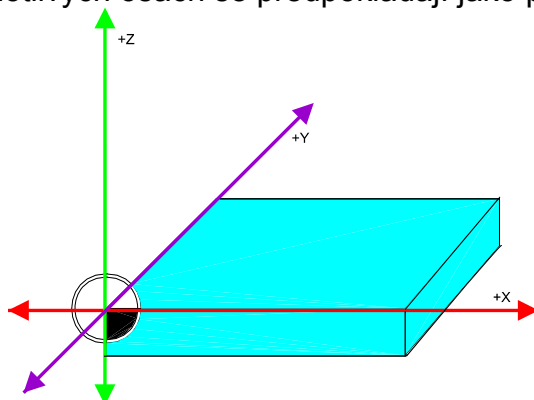
U soustruhu se používají dvě osy X a Z. Osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetena. Kladný smysl os Z a X je definován od obrobku k nástroji (nástroj může být za nebo před osou soustružení), osy definují pohyb nástroje. Soustruží se rozdílné průměry. Při programování se právě zadávají průměry.



Obr.1.2 Schematické znázornění souřadnicový systém soustruhu¹⁰

1.4.4 Souřadnicový systém frézky

Fréza používá tři osy: X,Y,Z. Pracuje ve všech těchto osách. Osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetena. Kladný smysl osy Z je definován od obrobku k nástroji, osy X a Y mají směr a smysl dle pravidla pravé ruky (pohyby v jednotlivých osách se předpokládají jako pohyby nástroje).



Obr.1.3 Schematické znázornění souřadnicový systém frézky¹⁰

1.5 Základní body na CNC strojích

Po zapnutí stroje dochází k aktivaci souřadnicového systému řídicí jednotkou CNC stroje. Svůj počátek má v nulovém bodě.

Nulový bod stroje M

Je stanoven výrobcem. Značíme ho – M. Je zadán počátkem systému souřadnic stroje a je pevně umístěn, zapsán v dokumentaci stroje a je na něj seřizen měřicí systém stroje. U soustruhu je nulový bod stroje M umístěn v ose rotace obrobku v místě čela vřetene (musí být kdykoliv změřitelný). Nemůže být uživatelem měněn, může být posunut do zvolené polohy. U frézky většinou, v místě levé krajní polohy stolu frézky v obou osách na koncovém spinaču.

Referenční bod R

Je druhý bod pevně stanovený výrobcem a realizován koncovými spínači stroje. Značí se – R. Velmi důležitý bod, který definuje základní (výchozí) polohu suportu nebo vřetene na stroji. Body M a R ohraničují pracovní prostor stroje. Při zahájení nebo přerušení práce z tohoto bodu vždy vycházíme a je nutnost ho po každém zapnutí stroje najet, protože takto lze snadněji stanovit velikost přírůstků (inkrementů).

Základní bod nástroje

Je bod ležící na čele vřetene v ose otáčení u frézky, u soustruhu ve středu upínacího prostoru nástrojové hlavy, řídicí systém odměřuje od tohoto bodu pohyb nástroje v příslušné ose a přepočítává k tomuto bodu základní rozměry a korekce nástrojů.

Nulový bod obrobku W

Je při programování a obrábění základním bodem (počátkem) souřadnicového osového systému, můžeme jej volit naprosto volně a v průběhu programu můžeme tento bod měnit podle potřeby. Nulový bod obrobku je výhodné umístit do takového bodu, aby se co nejvíce zjednodušilo vyčítání jednotlivých geometrických bodů na obrobku. Od tohoto bodu jsou většinou počítány rozměry obrobku.

Výchozí bod programu

Je definován jako místo pro počátek CNC programů, je předepisován programovým listem a jeho umístění je zakresleno na seřizovacím listě. Často bývá (zvláště u soustružení) a u většiny jednoduchých programů totožný s nulovým bodem obrobku.

Další body na CNC strojích

Mezi další body na CNC strojích patří:

- bod špičky nástroje – používaný u soustruhu, je nutný pro stanovení délkové korekce a následně radiusové korekce nástroje,
- vztažný bod suportu nebo vřetene – nutný pro vložení nástroje,
- bod nastavení nástroje – bod na držáku nástroje.

1.6 Druhy řízení číslicových systémů

Systémy číslicových řízení se dělí podle řízení dráhy na systémy s přetržitým řízením a systémy se souvislým řízením.

1.6.1 Řídicí systémy s přetržitým řízením

Systémy stavění souřadnic jsou nejstarším řízením, které nemělo mikroprocesor pro lineární a kruhovou interpolaci. Nástroj se pohybuje rychloposuvem na programovaný bod. Přitom nezáleží na vykonané dráze, tzn.

že nejdříve dojde do koncové polohy jedna osa a potom dojde k pohybu v druhé ose. Nebo jedou z počátku obě osy současně pod 45° tak dlouho, než dosáhne první osa naprogramované hodnoty. Druhá osa jede dál až ke koncovému bodu. Po najetí polohy se provede obrobení v další ose.

Pravouhlé řízení jejich hlavním rysem je, že přestavování nástroje je prováděno rovnoběžně se souřadnými osami. Teprve po skončení pohybu v jedné souřadnici, může nastat obrábění v druhé souřadnici. Umožňuje soustružit válcové plochy a frézovat pravouhlé obrobky. Setkáme se s ním v současné době u jednoduchých strojů - vrtačky, soustruhy, lisy, nůžky, pily apod.

1.6.2 Řídicí systémy se souvislým řízením

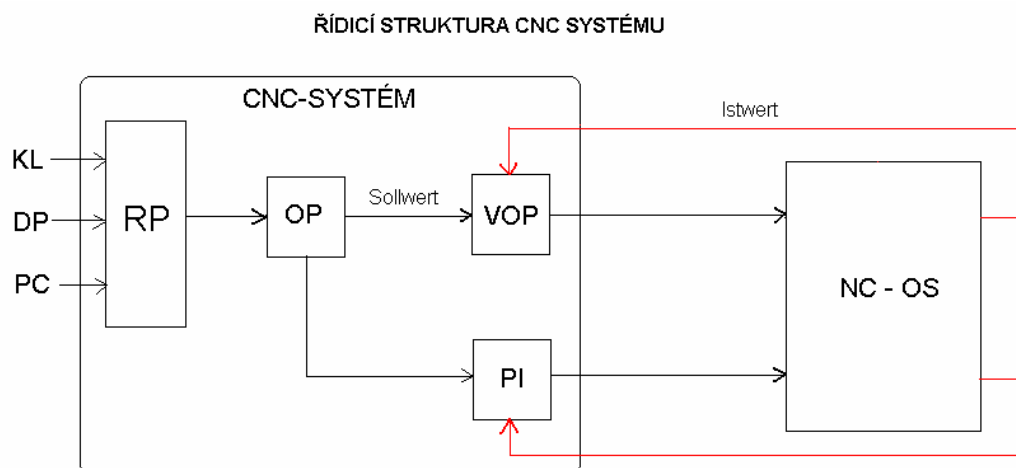
Umožňují výpočet korekce a výpočet geometrie, u soustruhů umožňuje pohyb nástroje v rovině $z - x$ (ve dvou dimenzích) po úkosech a kruhových obloucích. Je to řízení 2D tzn. ve dvou současně pracujících osách. U mnohých frézek se může provádět lineární interpolace volitelně vždy v jedné rovině ($x - y$, $z - x$ nebo $y - z$). V důsledku volného výběru interpolace hovoříme o souvislém řízení $2 \frac{1}{2} D$. Pomocí souvislého řízení 3D lze u frézek obrábět libovolné obrysy a prostorové plochy. Přitom musí interpolátor vypočítat pohyb ve dvou osách v závislosti na další ose. Zde je zapotřebí více početních operací, tzn. je nutný mikroprocesor s vysokým výkonem.

Jestliže jsou vedle pohybu v osách x , y , a z možné ještě další současné pohyby (otočný kolem osy x nebo y) mluvíme o řízení 4D příp. 5D.

1.6.3 Řídicí systémy podle způsobu programování

Řídicí systémy s absolutním programováním – všechny programované souřadnice bodů dráhy jsou vztaženy k předem zvolenému počátku souřadnic.

Řídicí systémy s přírůstkovým programováním - inkrementálním programováním souřadnice všech programovaných bodů se zadávají vzhledem k předchozímu bodu, tzn. že každý předchozí bod je současně považován za výchozí bod. Programuje se po přírůstku – inkrementu.



Obr. 1.4 Řídicí struktura CNC systému:

RP= řídicí paměť, společná paměť pro systémový program a partprogram.

OP=operační paměť, zaznamenává obsah jednoho programového bloku partprogramu

VOP=vyhodnocovací obvod přemístění, vydává číslcový signál pro řízení pohonu posuvu (smysl pohybu, zastavení)

PI=programovatelný interface, vydává výkonný signál pro technologické operace (nahrazuje dřívější přizpůsobovací obvody z elektromagnetických relé)

Sollwert=hodnota žádaná (je zapsána v bloku partprogramu)

Istwert=hodnota skutečná (vyhodnocují odměřovací systému)

KL=klávesnice, Dp=děrná páska, PC=počítač

1.7 Výhody a nevýhody použití NC techniky

Výhody NC a CNC technologie:

- zvýšení kvality i kvantity výrobků,
- produktivnější a hospodárnější výroba,
- možnost vícestrojové obsluhy – nutno méně pracovních sil,
- zvýšení přesnosti a přizpůsobivosti výroby,
- vyšší využití základních fondů, úspora výrobních a skladových ploch,
- zlepšení pracovních podmínek, zvýšení úrovně řídicí práce,
- zkrácení průběžné doby výroby,
- lepší využití životnosti nástrojů.

Nevýhody NC a CNC technologie:

- vysoká pořizovací cena,
- vyšší nároky na technologickou přípravu výroby,
- zvýšené nároky na údržbu a opravy stroje,
- přesnější organizaci práce,
- lepší organizace pracoviště apod.

2 Rozbor technologičnosti konstrukce vzorové součástky

Technologie výroby součástí obráběním patří mezi pracné výrobní metody. V současné době je podíl obrábění stále vysoký $25 \div 30 \%$. Způsob technologie obrábění povrchu polotovarů a celkové náklady závisí na vyžadované tvarové a rozměrové přesnosti. Současné technologie obrábění na CNC obráběcích strojích s velkou produktivitou při použití speciálních přípravků, nástrojů a přídavných mechanismů vyžadují od konstrukce polotovaru určité konkrétní požadavky: snížení rozsahu obrábění řezáním, volba materiálů s dobrou obrobitelností, snížení pružných deformací polotovaru, omezení počtu seřizování stroje, dosažení vysoké tvarové a rozměrové přesnosti⁶.

2.1 Vybraná vzorová součástka

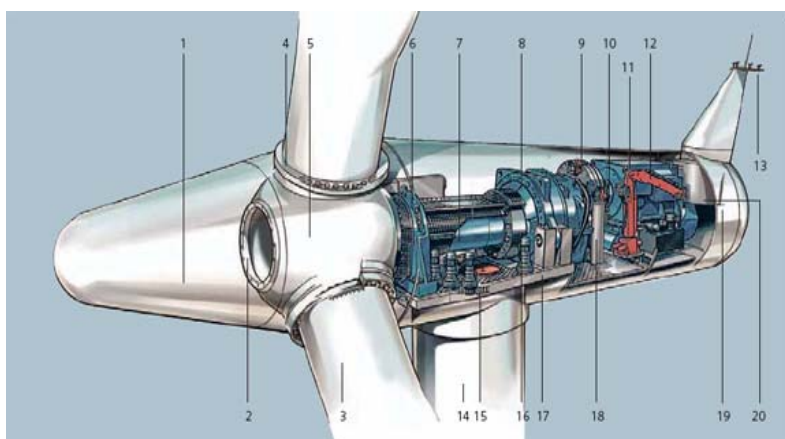
Jako příklad řešení problému technologičnosti konstrukce je vybrána vzorová součástka označená dle výkresové dokumentace Příloha č.1 jako „MEZIKUS“.

Při výrobě této součásti třískovým obráběním s definovanou geometrií břitu nástroje nastává hned několik problémů, které jsou rozebrány blíže v kapitole 2.3.



Obr.2.1 Vzorová součástka MEZIKUS

Její obrábění přijímá malá firma Raja-Moravia spol. s .r.o. opakovaně od firmy Siemens Electric Machines s.r.o. (Drásov). Součástka slouží k ukončení hřídele generátoru větrné elektrárny. Příklad uložení součástky je zobrazen na obrázku č.2.2, generátor č.11.



Obr.2.2 Větrná elektrárna s umístěním generátoru⁷

2.2 Obecné zásady technologičnosti konstrukce

Mezi zásady technologičnosti konstrukce výrobku z hlediska výroby na CNC strojích patří: snížení rozsahu obrábění, vhodná obrobiteľnosť materiálu, optimalizace manipulace a přístupu nástrojů, zvažování pružné deformace obrobků a nástrojů, ideálně obrábění na jedno upnutí a vhodná volba technologické základny⁶.

2.2.1 Snížení rozsahu obrábění

Je dosaženo dodržováním určitých zásad:

- a) součást by měla mít takový tvar, aby rozměry a hmotnost polotovaru byly co nejmenší,
- b) spojovací prvky jsou voleny z tažných a kalibrovaných polotovarů, materiál pro polotovary je vybírán nejčastěji jako normalizované válcované a profilové polotovary,
- c) rozměry a tvar a rozměry výchozího polotovaru mají být co nejbližší tvaru a rozměrům hotového výrobku,
- d) v případě obrábění složitěho tvaru součástky je součástka rozdělována na několik jednodušších,
- e) snižuje se rozsah obrábění tím, že se zmenšují rozměry obráběné plochy, či se spojí několik oddělených povrchů,
- f) použití úzkých tolerancí rozměrů součástek je eliminováno tm, kde to funkčnost nevyžaduje.

2.2.2 Obrobiteľnosť

Technologický cyklus lze úspěšně zkrátit tím, že je volen materiál s dobrou obrobiteľností. Docíleno je tak také zvýšení produktivity při obrábění. Mezi ukazatele charakterizující obrobiteľnosť materiálu patří:

- trvanlivost ostří řezného klínu nástroje, udává se v minutách při odpovídající řezné rychlosti,
- řezný odpor (N),
- nejmenší dosažitelná drsnost obrobeného povrchu,
- druh produkovaných třísek.

Jedním z určujících vlastností materiálu ovlivňující obrobiteľnosť je chemické složení a dále pak makro a mikrostruktura zejména u ocelí. Například uhlíkové a nízkouhlíkové oceli s nízkým obsahem uhlíku mají po vyžhání nízkou kvalitu povrchu. Zatímco konstrukční uhlíkové oceli s obsahem uhlíku nad 0,3% mají hladký povrch po obrábění, ale jejich specifický řezný odpor při jejich obrábění roste spolu s obsahem uhlíku. Oceli nízkolegované manganem mají hladký povrch, specifický řezný odpor prudce vzrůstá s procentem legury - manganu. Mezi špatně obrobiteľné oceli patří například austenitické oceli (struktura a legury Al, Si, Ti).

2.2.3 Manipulace a přístup nástrojů:

- a) zejména je vhodně zabezpečit dobrý vstup a plynulý přechod nástroje při obrábění,
- b) v případě obrábění otvorů nebo i hřidelí, kde nelze zabezpečit průběžnost, nutno zajistit volný výstup polotovaru na odlehlém konci,
- c) nezbytností je zabezpečit přístup k řezným nástrojům v pracovním místě při obrábění a vzájemně oddělovat obráběné a neobráběné povrchy.

2.2.4 Pružné deformace obrobků a nástrojů:

- a) je nutné zajistit dostatečnou a rovnoměrnou tuhost u konstrukčních prvků výrobku,
- b) dbát také v úvahu i tuhost nástrojů, kterými se budou obrábět,
- c) eliminovat tvary stěn na výrobku, které při obrábění ploch tlačí jednostranně na nástroj,
- d) konstruovat tvary výrobků tak, aby se při obrábění jejich povrchu kontakt nástroje a obrobku nepřerušoval,
- e) snažit se současně neobrábět materiály různé tvrdosti.

2.2.5 Obrábění na jedno upnutí

- a) nejvýhodnější pro vytvoření povrchů, jejichž vzájemný styk a polohu nutno vyrobit velmi přesně, by bylo obráběno při jednom upnutí,
- b) v konstrukčních návrzích rámu, skříní apod., které se obrábí na výrobních strojích, nutno zohlednit technologické možnosti těchto strojů,
- c) existují i speciální požadavky na konstrukční řešení skříní apod. Jde např. o vyvrtávání více otvorů najednou vrtacími hlavami a jednotkami,
- d) další možností je obrábění vícevřetenovými vyvrtávacími jednotkami (speciální požadavky na technologičnost konstrukce).

2.2.6 Snižování pracnosti při obrábění

- a) při návrhu tvaru součástí již mít na zřeteli, aby se při jednom upnutí dalo obrobít co nejvíce povrchů na jedno upnutí při minimálním počtu posuvů,
- b) nutno pečlivě navrhovat i méně složité obrobky, protože při obrábění v praxi by mohli způsobovat těžkosti,
- c) často i malé změny v konstrukčním návrhu součásti, např. sražení hrany, změna poloměru apod., značně snižují pracnost při obrábění,
- d) zvýšení produktivity a snížení pracnosti u obrábění skupin stejných obrobků,
- e) mít na zřeteli, že například obrábění tvarových otvorů je podstatně nákladnější než profilových hřidelí,
- f) minimalizovat počet druhů a rozměrů nástrojů používaných k obrábění využitím unifikovaných rozměrů a tolerancí,
- g) brát v úvahu odlišnou technologičnost součástí vyráběných na automatických výrobních strojích,

h) obrábění povrchů protahováním tvarových otvorů apod. si vynucuje konstrukci speciálních protahovacích trnů. Protahované povrchy mají být výrazně oddělené od sousedících povrchů.

2.2.7 Volba technologické základny

- a) technologickou základnou jsou voleny takové povrchy na součásti, které zůstanou neopracované či povrch s nejmenším přídavkem na obrábění,
- b) zvolená technologická základna měla být dle možností stejná u odlévací formy nebo dutiny zápustky, popř. by se měl shodovat s rozměrovou základnou,
- c) body, k nimž se vztahuje technologická základna, se nemají opírat o rovinu z různých částí formy nebo jádra (vzájemné přesunutí),
- d) technologickou základnu se nemají dotýkat míst, kde byla forma spojovaná,
- e) jestliže polotovar nemá vhodná místa, za která by bylo ho možné dobře upnout při obrábění, je nutné navrhnout nálitky nebo výstupky,

2.2.8 Shrnutí všeobecných zásad technologičnosti konstrukce

- a) konstrukce je volena tak, aby byla jednoduchá a funkčně účelná,
- b) konstrukční prvky nutno volit z jednoduchých geometrických tvarů,
- c) počet a velikost obráběných ploch mají být co nejmenší,
- d) snadný přístup k obráběným plochám,
- e) pamatovat na plochy sloužící jako základny k obrábění, měření a upínání,
- f) nutné předepisovat vyhovující minimální přesnost, tzv. racionální tolerance,
- g) druh polotovaru (odlitek, výkovek, výlisek, válcovaný materiál atd.) nutno volit zejména podle velikosti, tvaru a počtu vyráběných součástí,
- h) zvolený materiál polotovaru má vyhovovat požadavkům funkčnosti součásti, ale i technologickým hlediskům (tvářitelnost, svařitelnost, obrobitelnost atd.),
- i) při konstrukci využívat normalizované a typizované součástky,

2.3 Rozbor technologičnosti konstrukce MEZIKUSU

MEZIKUS jak již bylo řečeno slouží ke generátoru větrné elektrárny jako ukončení hřídele rotoru. Osazení o $\varnothing 104\ h6$ zajišťuje středění na hřídeli a tři vybraní jsou pro gáble jdoucí od vnutří rotoru. $\varnothing 16\ H7$ je pro snímač.



Obr.2.3 Obráběná součástka MEZIKUS s průměrem $\varnothing 16\ H7$ a), souosostí osazení o $\varnothing 104\ h6$ b).

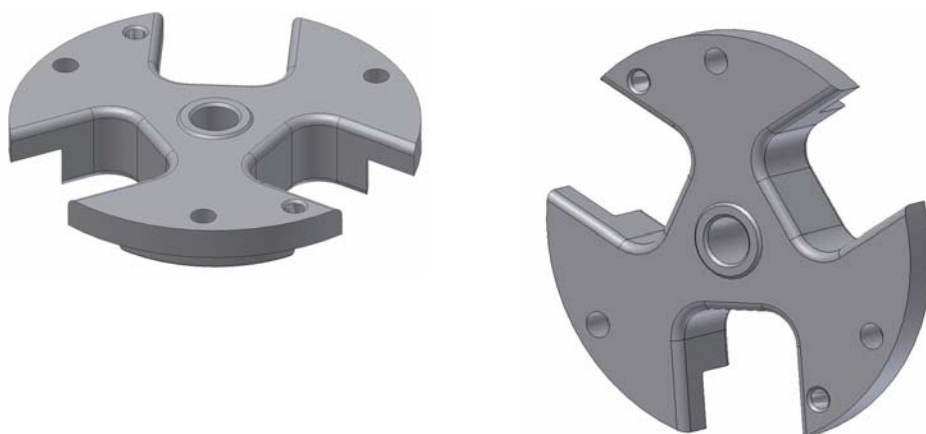
2.3.1 Materiál pro výrobu MEZUKUSU

Zpracovávaná součástka se bude vyrábět z oceli ČSN 11 523.1, je to nelegovaná konstrukční jemnozrná jakostní ocel. Její mechanické vlastnosti jsou R_m 441 až 667 [MPa], R_e 284 až 490 [MPa], tvrdost: max. 274 HB. U tohoto materiálu je zaručená svařitelnost. Tato ocel je používána pro svařované konstrukce, ohýbané profily, součásti strojů, automobilů, motocyklů, jízdních kol, tepelných zařízení a tlakových nádob.

Tab.2.1 Vlastnosti, charakteristika a chemické složení oceli 11 523⁸

| Materiál | ČSN | Charakteristika | Vhodnost použití |
|-------------|---------|--|------------------|
| Ocel 11 523 | 11 523 | Nelegovaná konstrukční jemnozrná ocel vhodná ke svařování. | konstrukční ocel |
| Ocel 11 523 | 41 1373 | Neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti vhodná ke svařování. | konstrukční ocel |

| Materiál | Chemické složení | | | | | | | | | | Poznámka |
|-------------|------------------|-----------|-----------|----|---|----|----|------------|------------|------------|----------|
| | C | Mn | Si | Cr | W | Ni | Cu | P | S | N | |
| Ocel 11 523 | max. 0,20 | max. 1,60 | max. 0,55 | | | | | max. 0,040 | max. 0,040 | max. 0,009 | |
| Ocel 11 523 | max. 0,17 | | | | | | | max. 0,045 | max. 0,045 | max. 0,007 | |



Obr.2.4 Obrázek součástky vytvořený v grafickém programu AUTODESK INVERTOR.

2.3.2 Zhotovování otvoru o $\varnothing 16 H7$

Využitím CNC soustruhu s nástrojem s definovanou geometrií břitu není v dnešní době problém zhotovit otvor $\varnothing 16 H7$ obr.2.3 a), a to v mnohem kratším čase než konvenční technologií. V našem případě je soustružení otvoru třetí operací v technologickém postupu.

První problém se však objevil po čtvrté operaci, kdy byla vyfrézována do MEZIKUSU tři vybrání. Přeměřením bylo zjištěno, že se otvor $\varnothing 16 H7$ vlivem vnitřního pnutí v materiálu se zmenšil.

Možná řešení:

V prostředí malé firmy a výrobní dávky o velikosti maximálně dvaceti kusů není mnoho řešení tohoto problému.

Otvor může být zhotovován na hranici nebo mírně přes hranici tolerance, tj otvor $\varnothing 16 H7$ bude připraven **volněji**. S tím předpokladem, že se později otvor stáhne, což nemusí být vždy a tím pádem může být vyroben zmetkový kus.

Druhou možností je, že daný otvor o $\varnothing 16 H7$ je dokončován po operaci frézování 04 a 05. Tím se nám jednak zvýší počet operací, ale hlavně nebude dodržena sousost otvoru a základny o $\varnothing 104 h6$.

Třetí možností je změna dokončovací technologie. Kdy otvor $\varnothing 16 H7$ by byl upraven metodou válečkování, při kterém vzniká tlakové pnutí na povrchu, kdežto při broušení a soustružení vzniká na povrchu tahové pnutí, což je značně nevýhodné.

U konvenční technologie se zhotovení otvoru realizuje odlišně. Nejdříve dojde k vyvrtání otvoru, následuje obrobení díry s přídavkem na brus a finálně realizujeme broušení na hotovo $\varnothing 16 H7$. Tato metoda je pracnější, náročnější na čas, ale otvor je přesnější.

2.3.3 Souosost otvoru o $\varnothing 16 H7$ s osazením o $\varnothing 104 h6$

Druhý technologický problém konstrukce součásti spočívá v zadané přesnosti s jakou má být dosaženo ideální souběžnosti čela a otvoru o $\varnothing 16 H7$ na obr.2.3 a), s osazením o $\varnothing 104 h6$ obr.2.3 b).

V některých podnicích se domnívají, že předepsáním o stupeň nebo i více větší přesnosti dosáhnou kvalitnější výroby. Z této znalosti a dle našich zkušeností je požadovaná sousost 0,02 otvoru $\varnothing 16 H7$ a souběžnost čela tohoto otvoru do 0,02 se základnou, která je osazením na druhé straně o $\varnothing 104 h6$, **nepřiměřená**. Je důvodné se domnívat, že tento problém představuje klasický příklad nesprávné volby užších tolerancí.

Možná řešení:

Proto by tento problém byl řešen po domluvě s odběratelem **uvolněním** z tolerance 0,02 na 0,05.

3 Řešení technologického postupu

Zadáním technologického postupu se rozumí vypracování technologického výrobní postup na obrábění součásti podle zadaného výkresu. V našem případě je předpokládána malosériová výroba, kdy počet výrobků bývá upřesněn při zadání výkresu a převzetí objednávky.

3.1 Náležitosti technologického postupu

Pro potřebnou dokumentaci a realizaci technologického postupu obrábění je nutné připravit tyto náležitosti⁹:

Technologický postup by měl obsahovat:

- výrobní prostředky, stroj na kterém se bude obrábět, nástroje pokud jsou zapotřebí, přípravky,
- sled operací po sobě následující s popisem práce,
- stanovení řezných podmínek,
- jednotlivé operační rozměry,
- časy jednotkové práce pro jednotlivé operace,
- odměny za odvedenou práci pokud není odměna domluvená jinak.

3.2 Volba polotovaru

Za polotovar může být zvolen:

a) materiál pro řezání pilkou:

TYČ KRUHOVÁ VÁLCOVANÁ ZA TEPLA ČSN 42 5510.11(A), ČSN 42 0138, zn. 11 523.1 za cenu 33.00 Kč bez DPH, 39.27 Kč s DPH, Cena za 1m 5 547,53 Kč s DPH

Materiál bude brán od firmu Feron, a.s., velkoobchod s hutním materiálem, odebírán v množství 1,55 m to je v hodnotě 8600 Kč.

Z materiálu bude nařezáno 42 ks. Pořizovací cena jednoho polotovaru je 204 Kč + dělení.

b) Materiál pro řezání vodním paprskem nebo plamenem:

Materiál PLECH TL.36 11 523.1 ČSN 42 531.11 je navrhnut po adekvátní zhotovení polotovaru a to hned dvěma technologiemi. Řezání vodním paprskem, která nevychází finančně nejlépe.

Řezání plamenem která jednak díky výhodnější ceně polotovaru „plechu TL.36“ a výhodné nabídce od firmy MAJER/KOVO s.r.o. od kterou jsme si nechali vypracovat. Podrobně uvedeno v Příloze 7.

Tab. 3.1 Porovnání ceny polotovaru a jeho dělení připraveného třemi technologiemi.

| Technologie výroba polotovaru | Cena jednoho polotovaru včetně mat. a práce cena v [Kč] s DPH |
|---|--|
| Řezání vodním paprskem (polotovary plech) | 865 |
| Řezání plamenem (polotovary plech) | 233 |
| Řezání pásovou pilkou (polotovary kruhová tyčovina) | 226 |

V případě řezání polotovaru vodním paprskem nebo plamenem se technologický postup výroby uvedený níže nemění. Změna nastává pouze v počtu hrubovacích cyklů při hrubování vybráních, jak je uvedeno ve výrobní návodce List:6 a změněný program v příloze 6.



Obr.3.1 Pásová pila PILOUS na kov ARG 500 PLUS S.A.F. pro přípravu polotovaru²¹



Obr.3.2 Řezání vodním paprskem²⁰



Obr.3.3 Řezání plamenem²⁰

3.3 Výrobní postup

| raja moravia spol s.r.o. | | PRŮVODKA | Počet listů: 6 | | |
|-----------------------------|--------------|--|----------------|-----------------|-----------------|
| | | Souhrnný pracovní postup | List: 1 | | |
| Součást: MEZIKUS | | Kusů: 200 | | | |
| Čís. výkresu: H011704 | | Dávka: 20 | | | |
| Polotovary: 16130360 | | ČSN 42 5310.11 | | | |
| číslo oper | Stroj | Název operace - popis práce | TKK | t _{AC} | t _{BC} |
| 01 | ARG 500 PLUS | Dělení materiálu: L = 31,5 ^{+0,5} pásová pila na kov | | 5,5 | 15 |
| 02 | HAAS SL20 | Vyvtání otvoru Ø 9 Zarovnání čela s přídávkem 0,5 Hrubování Ø 104 h6 na 105,0 ^{+0,2} do délky 15,5 Soustružení načisto čela, Ø 104 h6 do délky 16 _{-0,5} Sražení hran | 1.5 | 12 | 45 |
| 03 | HAAS SL20 | Hrubování Ø 140 a čela Soustružení načisto Ø 26 zarovnání čela šířka 28 soustružení načisto Ø 140 Hrubování otvoru Ø 16 H7 Soustružení načisto Ø 16 H7 srážení hran dle výkresu | 1.5 | 9,5 | 50 |
| 04 | HAAS VF3 | Vrtání otvoru 3X Ø 9 Vrtání otvoru 2X Ø 7,4 pro zavít M8 Posrážení hran 6X Tváření závitů M8 3X po 120° hrubování vybrání šířky 44 ke středu 24 s přídávkem Frézování načisto 3X po 120° vybrání šířky 44 ke středu 24 s přídávkem Frézování zaoblení R3 kolem vybrání | 1 | 30 | 80 |
| 05 | HAAS VF3 | Přeupnutí a zajištění polohy Frézování zaoblení R3 kolem vybrání | 0.5 | 8 | 50 |
| 06 | | Dokončovací operace zapracování hran Srážení hran | | 10 | |
| 10 | | Kontrola vnitřního φ Kontrola vnějšího φ Kontrola vybrání | 4 | | |

Hodnoty řezných parametrů ve výrobních návodkách jsou stanoveny dle doporučení výrobce a vlastních zkušeností a na základě výpočtu vztahu, (6.1) pro soustružení, (6.3) a (6.4) pro vrtání, (6.8) a (6.9) pro frézování v kapitole 6, přepočítány na hodnoty zadávané do programu.

Tab.3.3 Výrobní návodka pro druhou operaci

| raja moravia spol s.r.o. | Číslo Dpe: 02 | VÝROBNÍ NÁVODKA | List: 2 | Počet listů: 6 | | |
|--|---|-----------------|-------------|-------------------|------------|------------|
| Materiál: 11523.1 | Součástka: MEZIKUS | Počet kusů: 200 | | | | |
| Obrobitelnost: 9b | Číslo výkresu: H011704 | Dávka: 20 | | | | |
| Stroj: Soustruh Haas CNC SL20 | Polotovary: Tyč kruhová | | | | | |
| Náčrtek operace | | | | | | |
| Upnutí do sklíčidla - tvrdých čelistí | | | | | | |
| Operační usek | Nástroj | v_c | f_n | a_p | t_{as} | t_{a11} |
| Vrtání otvoru $\varnothing 9$ | Spirálovitý vrták z tvrdokovu DIN6539 11031 HM-K 10/K 20 S vrstvou TiN | 70 | 0,1 | - | 0,5 | 0,2 |
| Zarovnání čela s přídavkem 0,5 | držák plátku PCLNR/L 2525M12 otočné břitové deštičky, CNMM 120408-NM | 180 | 0.15 | 1.5 | 1.6 | 0,2 |
| Hrubování $\varnothing 104$ h6 na 105,0 ^{+0,2} do délky 15,5 | d. p. PCLNR/L 2525M12 otočné břitové deštičky, CNMM 120408-NM | 180 | 0,25 | 2,5 | 2,8 | 0,2 |
| Soustružení načisto čela a $\varnothing 104$ h6 do délky 16-0,5 | Držák plátku PDJNR/L 2525M12 pro otočné břitové deštičky, CNMM 120408-NM | 200 | 0,06 | 0,5 | 3,5 | 0,2 |
| Srážení hran | | 20 | 0,05 | - | 0,3 | 0,2 |
| Výměna kusu | | | | | | 1,2 |

Tab.3.3 Výrobní návodka pro třetí operaci

| raja moravia spol s.r.o. | Číslo Ope: 03 | VÝROBNÍ NÁVODKA | List: 3 | Počet listu: 6 | | |
|--|---|-----------------|------------|-------------------|----------|-----------|
| Materiál: 11523.1 | Součástka: MEZIKUS | Počet kusů: 200 | | | | |
| Obrobitelnost: 9b | Číslo výkresu: H011704 | Dávka: 20 | | | | |
| Stroj: Soustruh Haas CNC SL20 | Polotovar: Tyč kruhová | | | | | |
| Náčrtek operace | | | | | | |
| Upnutí do sklíčidla – do měkkých čelistí | | | | | | |
| Operační usek | Nástroj | V_c | f_n | a_p | t_{as} | t_{a11} |
| Hrubování \varnothing 140 a čela soustružení načisto \varnothing 140 | držák plátku PCLNR/L 2525M12 otočné břitové deštičky, CNMM 120408-NM | 180 | 0,25 | 2,0 | 2,6 | 0,2 |
| Soustružení načisto \varnothing 26 zarovnání čela šířka 28 | držák plátku PCLNR/L 2525M12 otočné břitové deštičky, CNMM 120408-NM | 200 | 0,08 | 0,5 | 1,8 | 0,2 |
| Hrubování otvoru \varnothing 16 H7 | Frézu \varnothing 15 pro hrubování otvoru \varnothing 16H7 Celokarbidová stopková fréza ECH160B32-6C16 ISCAR | 70 | 0,12 | - | 0,9 | 0,2 |
| Soustružení načisto \varnothing 16 H7 | Držák plátku PDJNR/L 2525M12 pro otočné břitové deštičky, CNMM 120408-NM | 155 | 0,06 | 0,4 | 0,9 | 0,2 |
| Výměna kusu | | | | | | 1,5 |

Tab.3.5 Výrobní návodka pro čtvrtou operaci

| raja moravia spol s.r.o. | Číslo Ope: 04 | VÝROBNÍ NÁVODKA | | | List: 4 | Počet listů: 6 |
|---|---|-------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Material: 11523.1 | Součástka: MEZIKUS | | | Počet kusů: 200 | | |
| Obrobitelnost: 9b | Číslo výkresu: H011704 | | | Dávka: 20 | | |
| Stroj: Frézka CNC Haas VF3 | | Polotovary: Tyč kruhová | | | | |
| Náčrtek operace | | | | | | |
| Upnutí do sklíčidla upínkami připevněného ke stolu – měkké čelisti | | | | | | |
| Operační usek | Nástroj | V _c | V _f | a _p | t _{as} | t _{a11} |
| Vrtání otvoru 3xØ9 | Vrták Ø 9 Spirálovitý vrták z tvrdokovu DIN6539 11031 HM-K 10/K 20 S vrstvou TiN upnout do kleštiny | 70 | 300 | - | 0,6 | 0,3 |
| Vrtání otvoru 2x 7,4 pro zavít M8 | Vrták Ø 7,4 pro zavít M8 Spirálovitý vrták z tvrdokovu DIN6539 11031 HM-K 10/K 20 S vrstvou TiN upnout do kleštiny | 70 | 320 | - | 0,40 | 0,2 |
| Srážení hran 6x45° | Kuželový záhlubník a srážeč hran DIN 335 90° 12267 HSS/s vrstvou TiN upínací Ø 10h6, velký Ø 19 upnout do hlavičky | 30 | 120 | - | 0,3 | 0,4 |
| Tváření závitů M8 | Tvářecí závitník M8 na vnitřní zavít DIN 371/376 M8 HSS-E/s vrstvou TiN upnout do kleštiny | 15 | 1000 | - | 0,3 | 0,2 |
| 3x po 120° hrubování vybrání šířky 44 | Celokarbidová fréza Hrubovací ERF160A32-4W16 Ø 16 ap: 32, upnout do Weldonu | 85 | 280 | 7,0 | 11,5 | 0,9 |
| Frézování načisto 3x po 120° | Celokarbidová stopková Dokončovací fréza ECH160B32-6C16 Ø 16 ap 32, upnout do Weldonu | 60 | 180 | 27,0 | 4,8 | 0,4 |
| Frézování zaoblení R3 kolem vybrání | Rádiusová fréza DIN 6518 B Kvalita HSS-E (Co5) malí Ø 6 , velký Ø 12, upnout do Weldonu | 20 | 110 | 3,0 | 6,0 | 0,4 |
| Výměna kusu | | | | | | 1,0 |

Tab.3.6 Výrobní návodka pro pátou operaci

| | | | | | | | |
|---|---|-----------------|-------|-------------------------|-----------------|------------|-------------------|
| raja moravia spol s.r.o. | Číslo Ope: 05 | VÝROBNÍ NÁVODKA | | | | List: 5 | Počet listu: 6 |
| Material: 11523.1 | Součástka: MEZIKUS | | | | Počet kusů: 200 | | |
| Obrobitelnost: 9b | Číslo výkresu: H011704 | | | | Dávka: 20 | | |
| Stroj: Frézka CNC Haas VF3 | | | | Polotovary: Tyč kruhová | | | |
| Náčrtek operace | | | | | | | |
| Upnutí do sklíčidla upínkami připevněného ke stolu do měkkých čelistí, poloha zajištěna broušenou kostkou to drážky. | | | | | | | |
| Operační usek | Nástroj | V_c | V_f | a_p | t_{as} | t_{a11} | |
| Frézování zaoblení R3 kolem vybrání | Rádiusová fréza Kvalita HSS-E (Co5) upínací $\varnothing 12h6$, upnut do Weldonu malí $\varnothing 6$, velký $\varnothing 12$, | 20 | 110 | 3 | 6,0 | 0,4 | |
| Výměna kusu | | | | | | | 1,5 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Tab.3.7 Výrobní návodka pro čtvrtou operaci pro vypalovaný polotovár

| raja moravia spol s.r.o. | Číslo Ope: 04 | VÝROBNÍ NÁVODKA | | | List: 6 | Počet listu: 6 |
|---|---|------------------------|------------------------|-------|-----------------|-------------------|
| Material: 11523.1 | | Součáska: MEZIKUS | | | Počet kusů: 200 | |
| Obrobitelnost: 9b | | Číslo výkresu: H011704 | | | Dávka: 20 | |
| Stroj: Frézka CNC Haas VF3 | | | Polotovár: plech TL.36 | | | |
| Náčrtek operace | | | | | | |
| Upnutí do sklíčidla upínkami připevněného ke stolu – měkké čelisti | | | | | | |
| Operační usek | Nástroj | v_c | v_f | a_p | t_{as} | t_{a11} |
| Vrtání otvoru 3x \varnothing 9 | Vrták \varnothing 9 Spirálovitý vrták z tvrdokovu S vrstvou TiN upínací \varnothing 9h6, \varnothing vrták 9 upnout do kleštiny | 85 | 300 | - | 0,3 | 0,2 |
| Vrtání otvoru 2x 7,4 pro zavit M8 | Vrták \varnothing 7,4 pro zavit M8 Spirálovitý vrták z tvrdokovu S vrstvou TiN upínací \varnothing 8h6 Upnout do kleštiny | 85 | 320 | - | 0,45 | 0,3 |
| Sráženíhran 6x45° | Kuželový záhlubník a srážeč hran DIN 335 90° 12267 HSS/s vrstvou TiN upínací \varnothing 10h6, velký \varnothing 19 Upnout do hlavičky | 30 | 120 | - | 0,3 | 0,4 |
| Tváření závitů M8 | Tvářecí závitník M8 na vnitřní zavit DIN 371/376 M8 HSS-E/s vrstvou TiN Upnout do kleštiny | 15 | 1000 | - | 0,2 | 0,2 |
| 1x po 120° hrubování vybrání šířky 44 | Celokarbidová fréza Hrubovací \varnothing 16 a_p : 32, upínací \varnothing 16h6 upnout do Weldonu | 75 | 240 | 27,0 | 3,5 | 0,4 |
| Frézování načisto 3x po 120° | Celokarbidová stopková Dokončovací fréza ECH160B32-6C16 \varnothing 16 a_p 32, upnout do Weldonu | 60 | 180 | 27,0 | 4,8 | 0,4 |
| Frézování zaoblení R3 kolem vybrání | Rádiová fréza DIN 6518 B Kvalita HSS-E (Co5) , malí \varnothing 6 , velký \varnothing 12, upnout do Weldonu | 20 | 110 | 3,0 | 6,0 | 0,4 |
| Výměna kusu | | | | | | 1,0 |

4 Návrh technologie pro CNC obráběcí stroje včetně řídicího programu pro konkrétní systém.

4.1 Obecná charakteristika řídicího programu CNC stroje

Řídicí program představuje „mozek“ stroje. K tomu abychom dosáhli požadovaný výsledek obrábění na CNC stroji, musí mít stroj CNC optimalizované řízení pohybů stroje. I když CNC představuje centrum a přebírá odpovědnost za ostatní články systému, k výsledku přispívají všechny prvky.

Dnešní požadavky na frézování při výrobě jsou vysoké. Obrobky – většinou v sériích o počtu 1 a více mají složitý tvar a musí se vyrábět s vysokou kvalitou povrchu a být geometricky přesné. Funkce CNC, které ovládají rychlost a posun, výrazně přispívají k dosažení vysoké kvality povrchu během frézování a k odstranění nutnosti další práce. Tyto funkce zlepšují přesnost a rychlost obrábění.

Za výsledek obrábění ovšem neodpovídá jen jednotka CNC. Je pouze jedním článkem v řetězci, který začíná systémem CAD/CAM a končí frézovacím nástrojem. V systému CAM se vytvoří program výrobku z údajů o konstrukci a potom jej zpracuje řídicí jednotka CNC.

Z CNC se vysílají příkazy do pohonného systému stroje. Tedy software výrazně přispívá ke zlepšení výsledků obrábění. Díky tomu lze v konečném důsledku kompenzovat malé chyby stroje.

Funkce kompenzace tohoto druhu obsahuje kompenzaci chyby stoupání kuličkových šroubů, která např. kompenzuje posun, pokud je stoupání hřídele vřetena nepravidelné.

Posledním článkem procesu je nástroj, který má přímý kontakt s obrobkem a musí provést všechno, co mu určí ostatní prvky systému. Ale pozor: u vysokorychlostního obrábění se musí používat správný nástroj, který vyhovuje požadavkům na vysokou rychlost.

Vraťme se k výrobě, kde je v současnosti v mnoha případech extrémně důležitá geometrická přesnost, kvalita povrchu obrobku a především rychlost obrábění. Priority se samozřejmě mění podle způsobu použití – zda se díly vyrábějí individuálně nebo v sériích a zda je důležitější geometrická přesnost nebo vzhled. Moderní jednotka CNC nabízí funkce, které využívají jak programy dílů, tak obráběcí stroje¹⁰.

4.2 Obráběcí centra

Existuje jen velmi málo součástek, které je možno vyrobit pouze jednou technologií. Příruby např. u elektromotorů se vysoustruží, ale otvory po obvodě vrtat na soustruhu je velmi obtížné. Nebo ozubená kola na soustruhu vyrobit je ještě obtížnější.

Nejenom z ekonomického hlediska se několik způsobů obrábění koncentruje do jednoho obráběcího stroje – centra. Jedním z důvodů je snížení či odstranění

vedlejších časů a zvýšení přesnosti výroby. Současný trend je integrace technologií do univerzálního obráběcího centra a automatizace celého provozu.

4.2.1 Obráběcí centrum HAAS VF3



Obr.4.1 Obráběcí centrum HAAS VF3¹¹

CNC obráběcí centrum se 4 řízenými osami HAAS VF3 z USA¹¹

Vertikální obráběcí centrum Haas VF-3 je vybaveno pojezdy 40" x 20" x 25" (1 016 x 508 x 635 mm) a je vyrobeno s využitím litinových součástí, které tlumí vibrace. Podobně jako každý stroj značky Haas i VF-3 je výsledkem mnoha let nepřetržitého vylepšování.

Haas VF-3 je masivní vertikální obráběcí centrum střední velikosti, které nabízí spolehlivost a přesnost středně velkého stroje. VF-3 je opatřen vložkovým vřetenem s kuželem ISO 40 poháněným vektorovým motorem o výkonu 20 hp (14,9 kW). VF-3 dosahuje krouticího momentu 75 ft-lb (102 Nm) při nízkých otáčkách 1 400 ot./min. nebo 250 ft-lb (339 Nm) při 450 ot./min. s volitelnou dvourychlostní převodovkou. Za 1,2 sekundy bude pracovat až na 7 500 ot./min. k dokončování hliníku. Řídicí systém Haas obsahuje pokročilé řízení nástrojů, ovládání jedním tlačítkem, 15" barevný monitor LCD a USB port.

Dlouhý seznam standardních funkcí a volitelné výbavy k zajištění vysoké produktivity činí ze stroje Haas VF-3 jeden z nejhodnotnějších obráběcích strojů současnosti.

Příklady volitelných částí a příslušenství:

a) VF-3 chlazení :

- varianta dražší: středem nástroje (vysokotlaké chlazení středem nástroje, až 1 000 psi (69 barů). Zahrnuje pomocný filtr chladicí kapaliny,
- varianta levnější: chlazení středem nástroje 300 psi (21 barů).

b) další Osa

- měnič bezkartáčového pohonu 4. osy na kartáčový pohon pro použití s otočnými stoly Haas kartáčového typu. Vyžaduje bezkartáčový pohon 4. osy (prodává se zvlášť).
- zapojení a pohon 4. osy pro bezkartáčové otočné stoly,

- zapojení a pohon 5. osy pro bezkartáčové otočné stoly (pohon 4. osy není součástí dodávky).

4.2.2 Technické parametry stroje

Tabulka č. 4.1 informuje o technických parametrech stroje HAAS VF3

Tab.4.1 Technické parametry stroje HAAS VF-3

| HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE | HAAS VF3 |
|--|-------------|
| Velikosti pojezdu: | |
| Osa X - stojan po loži [mm] | 1016 |
| Osa Y – vřeteník po stojanu [mm] | 508 |
| Osa W – výsuv vrtacího vřetena [mm] | 635 |
| Upínací kužel pro nástroje | ISO 40 |
| Otáčky vřetena plynule regulovatelné ve dvou mech. stupních [1/min] | 10 – 7500 |
| Pohon vřetena [kW] | 14,9 |
| Max. moment na vřetenu stroje [Nm] | 339 |
| Kroutící moment při nízkých otáčkách [Nm] | 102 |
| Šnekový dopravník třísek | CC |
| Programovatelná tryska chladicí kapaliny | PCOOL |
| Rozšířená paměť na | 1MB |
| Rotace souřadnic a velikostní faktor | COORD |
| 3,5" floppy disketová jednotka (1.44MB) | FD3 |
| Makro programování | MACRO |
| Visual Quit Code programovací systém – dialogový systém programování | QC-V |
| Interní vysokonapěťový transformátor (360-480) | INTRN |
| Teplotní stabilizace vřetene | TEMP |
| Přímé závitování, teplotní snímač na předepnutých maticích | THRED |
| Kontrola opotřebení nástroje | TOOLCN |
| Sonda sond Renishaw: Nástrojová dotyková sonda a obrobková sonda s přenosem signálu přes infra paprsek. | VOCP5 |
| CNC otočný stůl jako 4-tá CNC s upínací deskou 210, servomotorem, vysocepřesná šneková převodovka, přesnost polohování +/-15'' | HRT210-CNCB |
| | |

4.2.3 Obráběcí stroj HAAS SL20

Všechny řady soustruhů s řízením CNC firmy Haas Automation jsou navrženy tak, aby splňovaly potřeby moderních dílen, a to nejen dnes, ale i v budoucnosti. Řada SL nabízí širokou řadu možností a volitelná funkce Big Bore zvyšuje kapacitu bez požadavků na rozšíření původního půdorysu. S maximální kapacitou soustružení 10,3" x 20" (262 mm x 508 mm) a sklíčidlem 8,3" (210 mm) má SL-20 tyčovou kapacitu až 2,0" (51 mm).^{11,12}

Soustružnická centra Haas s vysokou výkonností se také vyznačují masivním odlitkem vřetenového bloku se symetrickým žebrováním zajišťujícím pevnost a teplotní stabilitu. Přepínání wye-delta za běhu slouží k nejvyšší výkonnosti v rozsahu otáček. Zabudované vany na třísky a velkoobjemové chladicí systémy zajišťují efektivní odvod třísek. Řídicí systém Haas obsahuje pokročilé řízení nástrojů, ovládání jedním tlačítkem, 15" barevný monitor LCD a USB port. Firma Haas dává soustružení CNC nový rozměr spolehlivosti, snadného použití a produktivity.¹²



Obr.4.2 obrázek obráběcího stroje HAAS SL20 z analyzované firmy

4.2.4 Technické parametry HAAS SL20

Tab.4.2 Technické parametry stroje HAAS SJ20

| HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE | HAAS SL20 |
|--|-----------|
| Velikosti pojezdu: | |
| Osa X - stojan po loži [mm] | 262 |
| Osa Y – vřeteník po stojanu [mm] | 508 |
| sklíčidlo [mm] | 210 |
| SL20 tyčová kapacita až [mm] | 51 |
| Šnekový dopravník třísek | CC |
| Sonda sond Renishaw: Nástrojová dotyková sonda | PS |
| Rozšířená paměť na | 1MB |
| 3,5" floppy disketová jednotka (1.44MB) | FD-3 |
| Visual Quit Code programovací systém – dialogový systém programování | QC-V |

| | |
|--|--------|
| Interní vysokonapěťový transformátor (360-480) | INTRN |
| Přímé závitování, teplotní snímač na předepnutých maticích | THREAD |

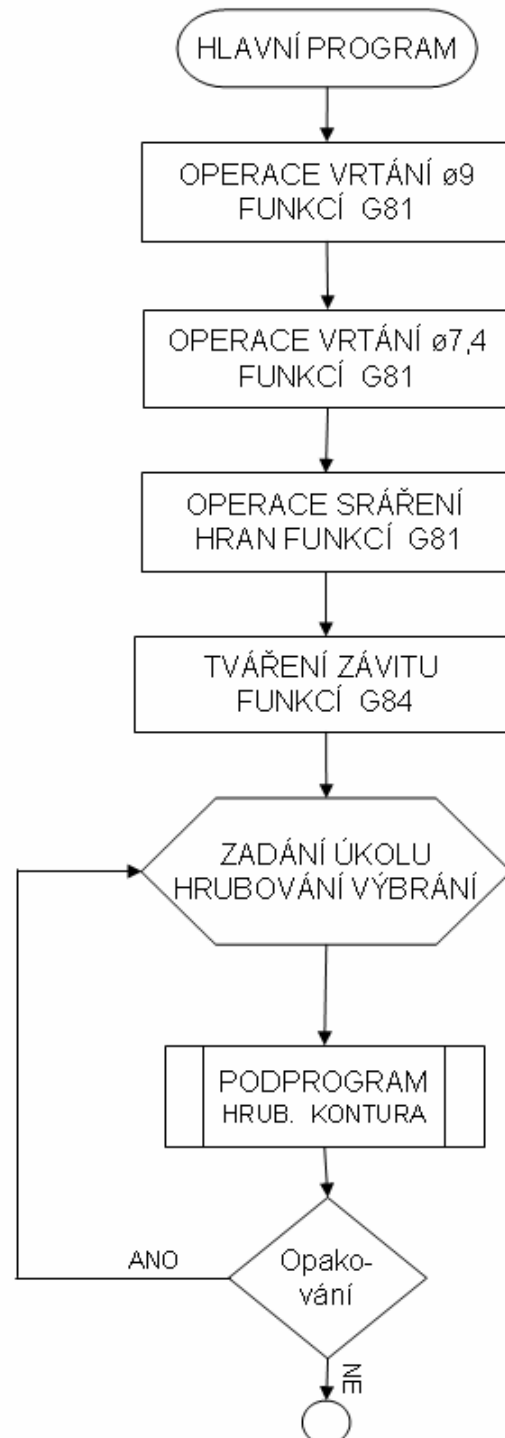
4.3 Programování CNC strojů

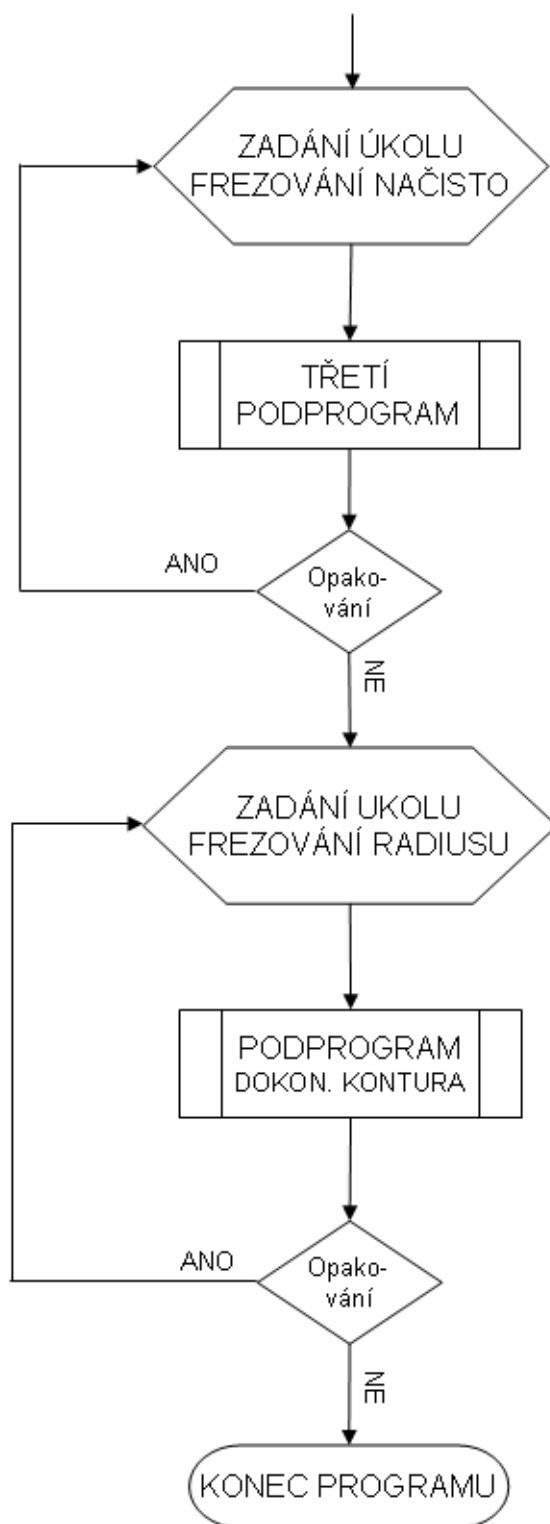
Technologie pro MEZIKUS byla navržena na CNC obrábění. Výrobní postup je rozpracován v části 3.2. Úplný výrobní program pro soustružení a frézování MEZIKUS je v přílohách 2-6.

Právě výhody CNC technologie obrábění mimo jiné sledujeme v možnosti řešení tvarově rozmanitých součástí. Počítačová grafika nám umožňuje naprogramovat výrobu téměř jakékoliv součástky př. „vlny na moři“.

Rozbor části programu pro MEZIKUS

| | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| %% (MEZIKUS 2.STRANA); | Hlavní program |
| G54; | zadání nulového bodu |
| T16 M06 (FREZA RADIUSOVA R3); | číslo nástroje |
| G00 G90 G40 X0 Y0; | |
| M97 P3 L3; | volání podprogramu číslo 3 |
| G00 Z200. M09; | |
| G00 Y277.5; | |
| M30; | konec hlavního programu |
| N3; | začátek podprogramu |
| G91 G68 R120.; | pootočení nulového bodu o 120° |
| G90 M97 P4; | volání podprogramu číslo 4. |
| G00 Z200. M09; | |
| G90 G00 X0 Y0; | |
| M99; | konec podprogramu číslo 3. |
| | Program pokračuje v hlavním programu |
| N4; | začátek podprogramu číslo 4. |
| T16 M06 (FREZA RADIUSOVA R3); | |
| G00 G90 G40; | |
| G00 X0 Y60. S450 M03; | |
| G43 H16 Z40. M08; | |
| G41 G00 X-22. D16; | zapnutí kompenzace řezného nástroje |
| G00 Z-2.9; | |
| G01 Y35. F70.; | |
| G03 X-11. Y24. R11.; | Kruhová interpolace |
| G01 X11.; | (proti směru hodinových ručiček) |
| G03 X22. Y35. R11.; | |
| G01 Y60.; | |
| G00 G40 X0; | vypnutí kompenzace |
| G00 Z40.; | |
| M99; | konec podprogramu číslo 3. |

Vývojový diagram CNC programu pro 04 operaci VP*Obr.4.3 Vývojový diagram CNC programu pro 4 operaci, část první*



Obr.4.4 Vývojový í diagram CNC programu pro 4 operaci, část druhá

5 Porovnání možností použitých řídicích systémů u zvolené technologie.

Odborníci považují CNC řídicí systém za srdce i mozek CNC obráběcího stroje zároveň. Na jeho výkonu, rychlosti zpracování dat, snadnosti obsluhy a programování a především spolehlivosti bude každý uživatel vždy při obrábění závislý.

Obvykle jsou obráběcí stroje konstruovány tak, aby na ně mohlo být aplikováno několik řídicích systémů. V dnešní době jsou na trhu dostupné 4 až 5 nejrozšířenější typy CNC řídicích systémů.

Při výběru CNC řídicího systému je dobré se zaměřit na několik základních otázek: typ výroby, zkušenosti s CNC obráběním, typ výkresové dokumentace, komfort ovládání řídicího systému, spolehlivost, snadná příprava a správa programů atd.

V roce 2004 prošla firma Raja-Moravia spol. s.r.o. jak významnými změnami investoru tak v zaměření odbytu produkce. V témže roce začala s modernizací strojů. Do výběrového řízení se přihlásilo několik firem Siemens, Haas, GILDEMEISTER, Mazak. Při výběru CNC obráběcího stroje byl kladen největší důraz na finanční možnosti naší firmy, která vyprodukuje přibližný hrubý měsíční obrát 450.000,00 Kč, dále pak na znalost, jednoduchost operačního systému v češtině a dostupný servis. Firma přijala strategii řídicího systému to Fanuc a vlastního systému HAAS na CNC obráběcích strojích značky Haas.

Mezi nejvýznamnější řídicí systémy patří:

- **FANUC**
- **HEIDENHAIN**
- **SIEMENS SINUMERIC**
- **FAGOR**

5.1 Řídicí systémy od firmy Fanuc

V analyzované firmě je používán systém řízení CNC stroje od firmy Fanuc. Řada řídicích systémů CNC zahrnuje jak systémy pro základní úroveň strojů (jednoduché stroje) tak i komplexní systémy pro složité a náročné obráběcí stroje. Tato firma rozlišuje tři typy řídicích jednotek v závislosti na počtu ovládaných os: 21i (8 obráběcích a polohovacích os), 18i (16 obráběcích a polohovacích os) a 16i (20 obráběcích a polohovacích os), které se dodávají ve verzi pro frézování (M) a pro soustružení (T)¹³.

Navíc k základní verzi je možné si zvolit různé funkce podle toho, jak přesně má fungovat ovládání posunu. Mezi charakteristické rysy systému Fanuc patří: předem stanovené bloky, detekce rohů, omezení zrychlení, nezávislé ovládání os, nanointerpolace, obrábění v 5-ti osách, interpolace NURBS¹³.

Tab. 5.1 Typy CNC řídicích systémů od firmy Fanuc¹³

| CNC | Počet řízených os | Počet řízených vřeten | Současně řízené osy | Poznámka |
|----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 32i | 9 | 2 | 4 | Univerzální CNC pro moderní a vysoce výkonné stroje |
| 31i | 20 | 6 | 4 | |
| 31i-A5 | 20 | 6 | 5 | |
| 30i | 48 | 8 | 24 | Nejvýkonnější řídicí systém |
| 16i | 8 | 4 | 6 | Velice spolehlivé a univerzální CNC za mimořádnou cenu |
| 18i | 8 | 3 | 4 | |
| 21i | 5 | 2 | 4 | |
| 0i | 4 | 2 | 4 | Základní úroveň CNC (jednodušší stroje) |
| 0i Mate | 3 | 1 | 3 | |
| 0i-TTC | 7 | 3 | 4 osy pro každý kanál | |
| Power Mate i-H | 8 | 0 | 4 osy pro každý kanál | Řešení pro aplikace s více polohovanými osami |
| Power Mate i-D | 2 | 2 | 1 osa pro každý kanál | Analogová nebo sériová vřetena |

Firma Raja-Moravia spol. s.r.o. si vybrala řídicí systém základní série pro základní úroveň CNC **Série 0i** pro svou vysokou spolehlivost, přesnost, vysoké rychlosti, snadnou obsluhu a rozšířenost.

5.1.1 Řídicí systém Série 0i od firmy Fanuc

V současné době jsou nejvyhledávanější levné automatizované řídicí systémy pro nejjednodušší obráběcí stroje, jež mají až 4 osy. Tyto vlastnosti má řídicího systému CNC Série 0i. Ve spojení s nejnovějšími technologiemi pohonů Fanuc GE jsou systémy 0i-D a 0i D-Mate vhodné pro všechny typy obráběcích strojů: soustruhy, frézky, obráběcí centra a vrtačky.

Jsou vybaveny paměťovými kartami (PC karta a karta LAN). Paměťové karty zlepšují využití tím, že umožňují snadný obousměrný přenos NC programů mezi paměťovou kartou a CNC, nastavení parametrů a přenos nástrojových korekcí. Pomocí paměťové karty je rovněž možno snadno získat informace o historii alarmů a záznam zásahů obsluhy, které jsou zaznamenány v CNC. Když je jednotka CNC připojena k PC prostřednictvím karty LAN, servomotory lze pohodlně nastavit podle charakteristik obráběcího stroje. To je

možné provést za použití softwarového nástroje GE Fanuc SERVO, který pracuje na PC.

Série 0i-MODEL C je nejvhodnější pro řízení obráběcích center se 4 osami, frézek, soustruhů, brusek a prostřihovacích lisů. Dále lze tuto jednotku CNC použít u frézek se 3 základními osami a jednou doplňkovou osou a u dvouvřetenových soustruhů, které pak nabízejí rozšířené systémové využití, a tím i vyšší výkonnost a produktivitu. Jednotka CNC Série 0i Mate-MODEL C může ovládat až 3 osy.

Součástí systému je uživatelsky orientovaný dílenský programovací software Manual Guide i umožňuje rychlé a jednoduché programování soustružení, frézování a složeného obrábění. Stará se o správu programů a o simulační program probíhající na pozadí. Možná je také kombinace standardním PC. Part programy, vytvořené na simulátoru na PC, lze převést elektronicky do CNC a spustit. Nabízí prostředí, které umožňuje vývoj od výkresu až k výrobě dílu ve velmi krátké době.

3D simulace soustružení, frézování a složeného obrábění, včetně frézování na nakloněné rovině, pomáhá zkrátit čas strávený kontrolou part programu a v podstatě eliminuje chyby. V nové verzi Manual Guide i může animace probíhat na pozadí. Animace umožňuje simulované testování nového part programu, zatímco obráběcí stroj provádí aktuální operaci.



Obr.5.1 Řídicí systém FANUC-0i MC^{13,14}.

5.2 Řídicí systém firmy HEIDENHAIN¹⁵

Tato renomovaná firma poskytuje pro CNC obrábění systémy pro frézky a pro soustruhy. Níže jsou popsány jejich základní charakteristiky. Dále je popisován systém HEIDENHAIN iTNC530 vhodný pro obráběcí centra.

TNC řízení pro frézky a frézovací centra:

- tvoří kompletní řadu produktů s různými vlastnostmi,
- řídí stroje až s 13 osami,
- dílenské programování díky dialogu Klartext,
- možnost externího programování,
- vhodné také pro automatizovanou výrobu,
- vhodná volba pro všechny aplikace od jednoduchého frézování až po vysokorychlostní obrábění.

MANUALplus 620 - víceúčelové CNC řízení pro soustruhy:

- vhodné jak pro CNC, tak i pro cykly programované soustruhy,
- umožňuje také ruční obrábění jednoduchých dílců,
- je vybaveno bohatou nabídkou cyklů pro cyklové programování,
- pomocí smart.Turn nabízí formulářové zadání a grafickou podporu programování komplexních dílců,
- provádí navíc také frézovací a vrtací operace na jedno upnutí,
- podporuje i vertikální soustruhy,
- zvládne digitální i analogové pohony.

HEIDENHAIN iTNC530

iTNC 530 HEIDENHAIN je univerzální, dílensky orientované souvislé řízení pro obráběcí centra. Má integrované digitální řízení pohonů s integrovaným měničem. Při obrábění s vysokými rychlostmi posuvu dosahuje velmi přesných kontur obrobku. iTNC 530 řídí až 13 os + vřeteno. Doba zpracování 1 bloku je až do 0.5 ms. Paměťovým médiem je pevný disk. S iTNC 530 lze programovat běžné frézování, nebo vrtání přímo na stroji v dialogu s řízením. Má k dispozici množství grafických prostředků v prakticky orientovaných pevných cyklech. Pro jednoduché práce, jako je například plošné frézování, není nutné psát program. iTNC 530 může být také programováno dálkově, stejně jako například v CAD/CAM systému, nebo na programovacím pracovišti HEIDENHAIN. Rozhraní ethernet zaručuje velmi krátkou dobu přenosu i pro velmi dlouhé programy.



Obr.5.2 Řídicí systém HEIDENHAIN iTNC530¹⁵

5.3 Řídicí systém HAAS

Další alternativou je přímo systém od firmy HAAS¹⁶. Je dodáván v provedení pro soustruhy a pro frézky.

Soustruhové řízení CNC Haas¹⁶

• Pokročilé editování programů • Pohony servomotory na střídavý proud • Trojitě 32bitové procesory • Programování G-kódu kompatibilní s normou ISO • Spouštění jedním tlačítkem • Korekce nástrojů a obrobků: - zadávání jedním tlačítkem - kompenzace řezného nástroje (poloměr/průměr). - 200 korekcí geometrie/opotřebení - 105 korekcí obrobku • Správa životnosti nástrojů • Sledování zatížení nástrojů • Šroubovitá interpolace • Editace programů v pozadí • Zobrazení programu na rozdělené obrazovce • Trigonometrické výpočty • Výpočty otáček a posuvů • Výpočty oblouků • Programování metrické či v palcích • Port IRS-232 • Napojení DNC • Opětovné spuštění uprostřed programu • Stránka provozních hlášení • Volitelné jazyky • Autodiagnostika • Kompletní varování v angličtině • Programovatelné zrcadlení • Pokrokové frézování dutin • Vrtání kolíkových děr • Grafická simulace • Speciální klávesnice • Rychlá komunikace • Zrychlení S-křivky • Multifunkční elektronické kolečko • Rytí • Pevné závitování • Vrstevnicová kontrola přesnosti • Vyrobeno v USA



Obr.5.3 Soustruhové řízení CNC Haas

Řízení frézky Haas (VMC/HMC/5AXIS) ¹⁶

Standardní funkce

• Pokročilé editování programů • Pohony servomotory na střídavý proud • Trojitě 32bitové procesory • Programování G-kódu kompatibilní s normou ISO • Spouštění jedním tlačítkem • Korekce nástrojů a obrobků: - zadávání jedním tlačítkem - kompenzace řezného nástroje (poloměr/průměr). - 200 korekcí geometrie/opotřebení - 105 korekcí obrobku • Správa životnosti nástrojů • Sledování zatížení nástrojů • Šroubovitá interpolace • Editace programů v pozadí • Zobrazení programu na rozdělené obrazovce • Trigonometrické výpočty • Výpočty otáček a posuvů • Výpočty oblouků • Programování metrické či v palcích • Port IRS-232 • Napojení DNC • Opětovné spuštění uprostřed programu • Stránka provozních hlášení • Volitelné jazyky • Autodiagnostika • Kompletní varování v angličtině • Programovatelné zrcadlení • Pokrokové frézování dutin • Vrtání kolíkových děr • Grafická simulace • Speciální klávesnice • Rychlá komunikace • Zrychlení S-křivky • Multifunkční elektronické kolečko • Rytí • Pevné závitování • Vrstevnicová kontrola přesnosti • Vyrobeno v USA



Obr.5.4 Řízené frézky Haas (VMC/HMC/5AXIS) ¹⁶

5.4 Řídicí systémy pro HAAS VF3 a SL20

Ve firmě byl řešen výběr řídicích systémů k CNC strojům HAAS VF3 a HAAS SL20. Zde je nabídnuto srovnání vybraného systému Fanuc s systémy HAAS a Heidehain.

Tab.5.2 Typy CNC řídicích systémů

| CNC stroj | Řídicí systém HAAS | Řídicí systém od firmy Fanuc | Řídicí systém od firmy HEIDENHAIN |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| HAAS VF3 (4 osy, 1 vřeteno) | Soustruhové řízení CNC Haas | Fanuc 0i-Model D | iTNC 530 |
| HAAS SL20 (2 osy) | VMC/HMC/5 AXIS | Fanuc 0i-Model D | MANUALplus 620 |



Obr.5.5 Řízení frézky HAAS VF3 v analyzované firmě.



Obr.5.6 Řízení soustruhu SL20 v analyzované firmě.

6 Volba jednotlivých nástrojů a rozbor řezných podmínek

6.1 Stanovení řezných podmínek

Zvláště pro CNC technologii obrábění je důležité správné nastavení řezných podmínek. Jenže správné nastavení optimálních řezných podmínek je velice obtížné. Jednak nato má vliv mnoho faktorů, které byly shrnuty do tabulky 6.1. Velkou výhodou při správné volbě optimálních řezných podmínek jsou dlouhodobé zkušenosti obsluhy a programátora, výrobního procesu, znalost stroje (jeho fyzické možnosti) a znalosti nástroje, které se neustále inovují. Pro stanovení řezných podmínek je největší důraz kladen na tyto faktory: obráběný materiál, druh a typ obrábění, způsob obrábění (hrubování, obrábění načisto) a jakost povrchu.

Tab.6.1 Faktory ovlivňující stanovení řezných podmínek shrnujeme v následující tabulce

| Faktor | Vliv |
|---|--|
| Obráběný materiál | obrobitelnost (dneska spíše tvrdost, pevnost) atd. |
| Povrch obráběného materiálu | výkovek, odlitek, výpalek, válcovaný mat. atd. |
| Druh obrábění | soustružení, frézování, vrtání, broušení, atd. |
| Typ obrábění | přerušovaný řez, doplna |
| Způsob obrábění | - hrubování (využití výkonu stroje) - dokončování (jakost plochy, přesnost) |
| Jakost a přesnost povrchu | posuv, rádius špičky nástroje, tuhost stroje |
| Druh a odvod třísky | lámání a bezpečné odvádění třísek |
| Materiál činné části stroje a jeho povlakování | řezné hrany a tvar deštičky nástroje |
| Nástroj | geometrie a tvar ostří, druh nástroje, tuhost, atd. |
| Výkon stroje, rozměry, dosahovaná přesnost při obrábění | hrubování a dokončování |
| Tuhost soustavy | stroj-upínač-obrobek-nástroj |
| Trvanlivost ostří nástroje | - soustružnické nástroje 15 min. - frézařské nástroje 45 min. |

Výrobci nástrojů poskytují uživatelům pro stanovení řezných podmínek katalogy, v kterých se snaží výše zmíněné faktory již zohlednit. Ale nemohou samozřejmě respektovat konkrétní podmínky našeho obráběcího stroje. Mezi faktory, které jsou zvláště proměnlivé patří výkon a opotřebení stroje. Dále v katalogích pro výkonné výměnné plátky se již neuvádí obrobitelnost materiálu, řídí se převážně tvrdostí materiálu. Údaje, které poskytuje výrobce použitého nářadí nelze jednoznačně jako řezné podmínky použít. Například vzhledem

k automatickému provozu a bezpečnosti práce je tak třeba zjistit lámání třísky. Katalogy výrobců náradí vždy ke každému druhu obrábění uvádějí diagram zaručeného lámání třísek v závislosti na posuvu a hloubce řezu pro doporučené utvářeče třísky.

6.2 Soustružení

Volba řezných podmínek při soustružení je ovlivněna:

- druhem materiálu,
- nástrojovým materiál,
- chlazením,
- velikostí obrábění,
- přesností rozměrů a tvarů atd.

Faktory rozhodující pro soustružení :

- posuv f ,
- hloubka řezu a_p ,
- řezná rychlost v_c ,

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], \quad (6.1)$$

D = průměr obrobku [mm] n = a otáčky jsou v [min^{-1}].

- posuvová rychlost (výpočet je pro určení strojních časů), jinak při soustružení je většinou zadáván posuv na otáčku.

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]. \quad (6.2)$$

f = posuv na otáčku, n = otáčkami

6.3 Vrtání

Operace vrtání je charakterizována:

- řeznou rychlostí,
- velikostí posuvu.

Řezné podmínky jsou základě voleny podle:

- obrobitelnost materiálu,
- materiál nástroje,
- způsob vrtání,
- hloubka děr.

Řezná rychlost v_{ci} je dána vztahem:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], \quad (6.3)$$

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]. \quad (6.4)$$

D_i = průměru vrtáku n = otáčkách vrtáku
 v_f = posuvová rychlost f = posuvu na otáčku
 n = otáčky vrtáku

Průřez třísky je určen:

$$A_D = h_D \cdot b_D = \frac{D \cdot f}{4}, \quad (6.5)$$

h_D = tloušťka třísky b_D = šířka třísky.

Pro vrtání do plného materiálu platí:

$$h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r, \quad (6.6)$$

$$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r}. \quad (6.7)$$

6.4 Frézování

Je charakterizováno:

-řeznou rychlostí frézy v_c

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_z \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], \quad (6.8)$$

- posuvová rychlost v_f (vedlejší pohyb obrobku)

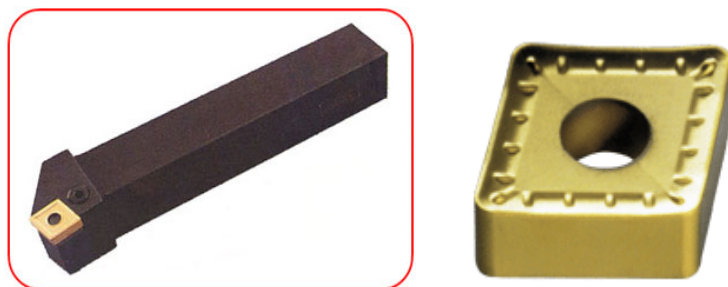
$$v_f = \frac{f_z \cdot z \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]. \quad (6.9)$$

f_z = posuv na zub, z = počet zubů,

- hloubko řezu: a_p
- šířka záběru: b_p

6.5 Volba jednotlivých nástrojů pro soustružení

- Nožový držák pro hrubování je zvolen držák plátku:
PCLNR/L 2525M12 pro otočné břitové deštičky CNMM 120408-NM



Obr. 6.1 Nožový držák²²

doporučený posuv f [mm/ot] : 0.25 – 0.50,
hloubka řezu a_p [mm] : 1.5 – 6.0
doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 150-300

- Nožový držák pro soustružení načisto je volen:
PDJNR/L 2525M11 pro otočnou břitovou deštičku
DNMG 110404-NF
doporučený posuv f [mm/ot] : 0.07 – 0.30,
hloubka řezu a_p [mm] : 0.8 – 3.0
doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 120-320

- Vrták $\varnothing 9$ [mm]
Spirálovitý vrták z tvrdokovu DIN6539
11031 HM-K 10/K 20 S vrstvou TiN
upínací $\varnothing 9h6$, \varnothing vrták 9
doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 60 - 120

- Frézu $\varnothing 15$ pro hrubování otvoru $\varnothing 16$ H7
Celokarbidová stopková fréza
ECH160B32-6C16 ISCAR
 $\varnothing 16$ [mm] a_p : 32, celková délka L [mm]: 92

Počet zubů: 6, upínací \emptyset 9h6, \emptyset vrták 9

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 70 – 150

- Nožový držák pro soustružení načisto otvoru \emptyset 16 H7

E12P SDUCR-07 pro otočnou břitovou deštičku

DCMT 070204-SN

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 150-280

- Kuželový záhlubník a srážeč hran DIN 335 90°

12267 HSS/s vrstvou TiN

upínací \emptyset 10h6, velký \emptyset 19

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 15 - 40

6.6 Volba jednotlivých nástrojů pro frézování

- Vrták \emptyset 7,4 [mm] pro zavít M8

Spirálovitý vrták z tvrdokovu DIN6539

11031 HM-K 10/K 20 S vrstvou TiN

upínací \emptyset 8h6, \emptyset vrták 7,4

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 60 - 120

- Závítník M8 tvářecí,

Tvářecí závítník na vnitřní zavít DIN 371/376 M8.

14365 HSS-E/s vrstvou TiN.

upínací \emptyset 8h6.

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 15 - 45

- Vrták \emptyset 9 [mm]

Spirálovitý vrták z tvrdokovu DIN6539

11031 HM-K 10/K 20 S vrstvou TiN

upínací Ø 9h6, Ø vrták 9

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 60 - 120

- Hrubovací fréza

Celo karbidová stopková fréza

ERF160A32-4ZW6 ISKAR

Ø 16 ap:32, celková délka L: 92

Počet zubů: 4, upínací Ø 16h6,

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 80 - 150

- Dokončovací fréza

ECH160B32-6C16 ISCAR

Ø 16 [mm] ap: 32, celková délka L [mm]: 92

Počet zubů: 6, upínací Ø 16h6,

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 80 – 150

- Rádiusová fréza

DIN 6518 B

Kvalita HSS-E (Co5) s vrstvou TiN

upínací Ø 12h6 , malí Ø 6, velký Ø 12,

doporučená řezná rychlost v_f [m/min] 15 – 30

7 Technicko - ekonomické vyhodnocení

V této práci je srovnána výroba součástky s použitím CNC technologie s technologií konvenční výroby. Pro technicko – ekonomické zhodnocení je nutné znát profil a možnosti společnosti, v které je tato součástka zpracovávána (viz. úvod) a její technická vybavenost (Tab. 7.1).

7.1 Analýza technické připravenosti firmy Raja-Moravia spol.s.r.o.

Analýzovaná součástka MEZIKUS je obráběna v podniku Raja-Moravia spol. s.r.o. jako jedna z mnoha zakázek pro firmu Siemens Electric Machines s.r.o. Je vyráběna v malých sériích opakovaně. Proto podrobné prvotní zpracování a příprava výroby se zohlední při každé další objednávce. Jak již bylo řečeno technické zázemí společnosti umožňuje zpracovat zakázku konvenční technologií na konvenčním soustruhu, frézce a vrtačce, či jak je rozebíráno v této práci pomocí CNC soustruhu (HAAS SL20) a CNC frézky (HAAS VF3).

Tab.7.1 Technické zázemí firmy

| Typ stroje | Konvenční | CNC |
|--------------|-----------------------------|--|
| Soustruh | (SU50) | (HAAS SL20, GILDEMEISTER, PITTLER) |
| Frézka | (FNC25) | 2x (HAAS VF3) |
| Vrtačka | stojanová čtyř vřetenová | |
| Pasová pilka | ARG 500 PLUS | |



Obr. 7.1 CNC frézka VF3

7.2 Obecné srovnání CNC technologie s konvenční technologií, pro posouzení jejich použití pro výrobu

Tab.7.2 Srovnání konvenční a CNC technologie ².

| KONVENČNÍ STROJ | CNC STROJ |
|--|--|
| Vstup: výkres, pracovní postup dané technologické operace. Pracovník prostuduje výkres, druh materiálu a uloží do paměti. Určí strategii obrábění a řezné podmínky. | |
| Obsluha stroje koná před vlastním obráběním, stroj nevyrábí | Programátor v předstihu, strojový čas nečerpán. |
| Pracovník řídí stroj -fyzická obsluha. Pracovník vstupuje jako řídící veličina pro obsluhu stroje. Subjektivní vliv pracovníka na kvalitu výroby | Program řídí stroj. Program vstupuje jako řídící veličina do řídicího systému stroje. V programu jsou zahrnuta data z výkresu součástí, daná strategie obrábění, řezné podmínky. Pracovník: koná dozor (v případě delších časů může být vytižen jinou prací např. vícestrojovou obsluhou). |
| Přípravný čas na seřízení stroje -jeho čerpání: Upínače –ano, Nástroje- ano Narážkový systém pro dodržení rozměrů obrobku – nastavení je časově náročné, rentabilní pro více kusů. Velké přípravné časy. | Přípravný čas na seřízení stroje -jeho čerpání:Upínače- ano, Nástroje –vkládají se do stroje seřízené. Rychlá výměna – často pouze plátek (soustruh). Narážkový systém není, dáno geometrickými daty v programu. Úspora přípravných časů. |
| Strojní časy: vysoké -vzhledem ke dlouhým časům seřizování nástroje jsou řezné rychlosti značně nižší, jsou ekonomicky zdůvodněné s trvanlivostí řezné hrany asi 30-45 min. | Strojní časy: nízké - vzhledem k rychlé výměně nástroje (otupeného plátku) a podílu na provozu stroje používají se ekonomicky zdůvodněné vysoké řezné rychlosti s trvanlivostí řezné hrany asi 15 min. |
| Vedlejší časy: jsou čerpány ve značné velikosti. | Vedlejší časy: jsou velmi nízké nebo odstraněny |
| Měření rozměrů součástí se provádí v průběhu obrábění a porovnává s výkresem (často zkusmý záběr, přidání na noniusu a znovu najetí do řezu). | Měření rozměrů , pokud je nutné, provádí se v překrytém čase – stroj pracuje. Lze provádět mimo stroj (měřicí stůl) nebo na stroji měřicími sondami (rychlé, přesné s vyhodnocovacím protokolem). |
| Nájezdy a příjezdy do třísky ručně a nepřesně – dlouhé časy. Výměna nástroje: ručně, malé počty nástrojů, často pouze jeden | Nájezdy a příjezdy do třísky rychloposuvem při velkých rychlostech – krátké časy. Výměna nástroje: automatizovaně, velké zásobníky nástrojů |
| Akční veličina - silové prvky stroje řízené fyzicky obsluhou stroje. Subjektivní vliv pracovníka v obráběcím procesu na užití stroje. Únava fyzická, duševní. | Akční veličina - silové prvky stroje řízené programem. Dozor nad strojem – potlačen subjektivní vliv obsluhy. |
| Náklady pořízení stroje - nízké. | Náklady pořízení stroje - vysoké. |
| Vhodné pro: kusová výroba, opravárenství. | Vhodné pro: již i pro kusovou výrobu, zejména náročnějších součástek. |

7.3 Stanovení výrobních časů

Z výše uvedeného obecného srovnání je zřejmé, že pro srovnání konvenční a CNC technologie je nutné znát určité informace jako např. výrobní časy a náklady na hodinový provoz stroje.

Výrobní časy jsou stanoveny z normativů, tzn. čas připadající na výrobu dílů potřebných ke zhotovení jednoho kusu výrobku.

Tab.7.3 Výroba jednoho kusu MEZIKUSU

| Typ práce | tA -Strojní časy [min] konv. technologie | tA -Strojní časy [min] stará technologie | tA- Strojní časy [min] nová technologie |
|---|--|--|---|
| Dělení mat. | 5.5 | (5,5) | 5,5 |
| Programování (celkový čas pr/počet kusu) | - | 360/200 | 360/200 |
| Seřízení (celkový čas seř./výrobní dávka) | 160/20 | 240/20 | 240/20 |
| Soustružení | 75 | 21,5 | 21,5 |
| Vrtání a frézování | 110 | 38 | 29,5 |
| broušení | 20 | - | - |
| Dokončovací práce | 10 | 10 | 10 |
| Celkem | 228,5 | 88,8 | 80,3 |

Tabulka č.7.3 porovnává pracovní časy jednotlivých úkonů nutných k výrobě jednoho kusu MEZIKUSU při použití nové a stávající a CNC technologie. Díky modifikaci v přípravě polotovaru řezáním plamenem či vodním paprskem dochází k úspoře času při CNC vrtání a frézování. Když časová úspora není velká je opodstatněný předpoklad, že dojde k odstranění problémů diskutovaných v technologičnosti výroby v oddílu 2.3.

7.4 Výrobní náklady na MEZIKUSU

Dalším důležitým ukazatelem, který je nutno zohlednit, je finanční dopad na podnik, v případě zakoupení nové technologie a zároveň jejího uvedení do provozu, což zahrnuje i nezbytné školení pracovníků, kteří budou k obsluze stroje vyčleněni. Kromě technického přínosu musí být tedy výroba pro podnik užíváním nové technologie i ekonomicky výhodná.

Zde je přiložen příklad výpočtu nákladů na hodinu práce stroje v případě zakoupení stroje HAAS VF_3, zakoupen v roce 2006.

7.4.1 Výpočet nákladů na hodinu práce stroje

Tab.7.4 Příklad výpočtů nákladů na hodinu práce stroje

| Výpočet nákladů na hodinu práce stroje | | | |
|---|--------|---------------------------------------|--|
| Položka | Symbol | Kč | Komentář a výpočty |
| Cena CNC stroje HAAS VF_3 | Cs | 2 821 745 | Nákup od výrobce |
| Náklady související s pořízením: | N | | Dovoz, vybudování základů atd. (stroj pořízen v roce 2006) |
| Balení stroje | | 27 900 | |
| Doprava a pojištění při dopravě | | 58 900 | |
| Instalace a uvedení stroje do provozu | | 29 450 | |
| Náklady demontáže | D | 50 000 | Uvedení do původního stavu z hlediska ekologie |
| Likvidační hodnota | L | 50 000 | Odprodej případně, cena šrotu |
| Doba upotřebitelnosti | T | 5 let | Doba odepisování je dána přílohou k zákonům |
| Roční efektivní fond pracoviště | Fef | 3 060 h/rok | $1\ 800 \cdot 2 \cdot 0.85$ (Fond pracovní doby 1800 H/rok * na dvě směny * využitelnost stroje 85%) |
| Fixní hodinová spotřeba | Sf | 330 Kč/h | Mzda obsluhy, spotřeba nářadí, energie, ostatní náklady na provoz |
| Řešení výpočtu | | | |
| Hodinová částka odpisu stroje | Or | $Or = (Cs + N + D - L) / T \cdot Fef$ | 320 Kč/hod |
| Náklady na hodinu práce stroje | Nh | $Nh = Sf + Or$ | 650 Kč/hod |
| | | | |

7.4.2 Výpočet výrobních nákladů při konvenčním obrábění

Dále je zde srovnávána výroba konvenčním způsobem. Jedná se o pouhý odhad strojních časů.

Tab.7.5 Výrobní náklady konvenční technologií (pouhé odhady t_a)

| Typ práce | Sazba [Kč/hod] | Strojní časy t_a [hod] | Cena [Kč] |
|--------------------------|----------------|--------------------------|-------------|
| Dělení mat. | 240 | 0,09 | 22 |
| seřizování | 300 | 0,13 | 40 |
| soustružení konvenční | 300 | 1,25 | 375 |
| frézování a vrtání | 350 | 1,83 | 640 |
| broušení | 500 | 0,33 | 166 |
| dokončovací operace | 200 | 0,17 | 34 |
| Celkem bez met. | x | x | 1238 |
| Cena s materiálem | x | x | 1481 |

7.4.3 Výpočet výrobních nákladů při CNC obrábění

Zde jsou srovnány dvě technologie na přípravu polotovaru: původní technologie, polotovar tyč kruhová, a nová technologie, polotovar plech – řezání plamenem.

Tab.7.6 Výrobní náklady CNC technologie (polotovar Tyč kruhová – řezání pasovou pilkou)

| Typ práce | Sazba [Kč/hod] | Strojní časy t_a [hod] | Cena [Kč] |
|--------------------------|----------------|--------------------------|-------------|
| Cena polotovaru | x | x | 226 |
| seřizování | 650 | 0,2 | 130 |
| soustružení | 550 | 0,36 | 198 |
| programování | 700 | 0,03 | 21 |
| frézování a vrtání | 650 | 0,63 | 412 |
| dokončovací operace | 200 | 0,17 | 34 |
| Cena s materiálem | x | x | 1021 |

Tab.7.7 Výrobní náklady CNC technologie (polotovary
plech TI.36 – řezání plamenem)

| Typ práce | Sazba [Kč/hod] | Strojní časy t_a [hod] | Cena [Kč] |
|--------------------------|----------------|--------------------------|------------|
| Cena polotovaru | x | x | 233 |
| seřizování | 650 | 0,2 | 130 |
| soustružení | 550 | 0,36 | 198 |
| programování | 700 | 0,03 | 21 |
| frézování a vrtání | 650 | 0,5 | 325 |
| dokončovací operace | 200 | 0,17 | 34 |
| Cena s materiálem | x | x | 941 |

Ze srovnání obou technologií vyplývá, že nový způsob je také finančně výhodnější o 80 Kč/kus (příloha č.7, řezání plamenem).

7.5 Srovnání CNC technologií u výroby MEZIKUSU

K výhodám CNC technologie v našem případě patří jednak úspora strojního času, času výroby a z toho vyplývající úspory finanční. V první řadě je srovnávána CNC technologie původní s CNC technologií inovovanou s odlišnou přípravou polotovaru. Úspora byla vyčíslena na 8 minut a je finančně výhodnější o 80 Kč/kus.

CNC technologie jsou také srovnávány s konvenční technologií. Konvenčním způsobem by se tato součástka pravděpodobně nevyráběla a zůstává otázkou, zda by byla vůbec možná tímto způsobem si obrábět.

ZÁVĚR

CNC technologie je v současné době poměrně hodně žádaná a rozšířená. Pomocí ní je řešen návrh technologie součásti „MEZIKUS“ v prostředí malé strojírenské firmy.

První část je zaměřena na popis technologie CNC, klasifikaci a konstrukci CNC strojů, popis souřadnicového systému u frézek a soustruhu, řídicí systémy, výhody a nevýhody CNC technologie.

Zvýšená pozornost je věnována rozboru technologičnosti konstrukce vzorové součástky. Od obecných zásad technologičnosti se přechází na aplikaci konkrétní situace, realizace obrábění vzorové součástky pomocí CNC technologie: CNC soustruhu HAAS SL20 a CNC frézky HAAS VF3. MEZIKUS bude vyráběn z oceli ČSN 11 523.1, jejíž vlastnosti jsou v práci popsány.

Při obrábění vzorové součástky se naráží na několik problémů. Po vyfrézování tří vybrání dochází ke zmenšení otvoru o $\varnothing 16H7$ vlivem vnitřního pnutí materiálu. V práci jsou navržena (nastíněna) tři možná řešení. Jedním z nich je zhotovování otvoru na hranici tolerance, což nepřináší vždy kýžený výsledek. Druhým řešením je zhotovit tento otvor jako dokončovací operaci, požadovaná sousost tohoto otvoru by byla těžko dosažitelná. Třetí možností je změna dokončovací technologie tohoto otvoru, a to válečkováním. U konvenční technologie by k těmto problémům nejspíš nedocházelo, ale celková výroba touto technologií by byla mnohem časově i finančně náročnější, jak je uvedeno níže.

Druhým výrazným problémem, kterým se práce zabývá, je sousost otvoru o $\varnothing 16H7$ a čelní házení čela tohoto otvoru s osazením o $\varnothing 104 h6$, které je stanoveno jako základna. Tento problém byl v práci klasifikován jako typický příklad nadhodnocení výrobních tolerancí, po domluvě odběratelem by byl řešen uvolněním zmíněné tolerance z 0,02 na 0,05.

Řešení technologického postupu je zahájeno analýzou polotovaru. V práci jsou navrhnuty dva alternativní přístupy pro přípravu polotovaru nahrazující dosavadní používanou technologii řezání pásovou pilkou. Při řezání vodním paprskem či plamenem, sice finančně náročnější operaci, je polotovar připraven ve stavu, kdy může být výrazně redukován první technologický problém.

Výrobní postup je dokumentován průvodkou pro původní postup i pro inovaci změny technologie přípravy polotovaru, výrobními návodkami na klíčové operace technologie obrábění.

Čtvrtá část práce je zaměřena na vlastní návrh technologie na CNC strojích s vytvořením řídicího programu. Nejdříve jsou popsána obráběcí centra a řídicí programy CNC strojů obecně a pak jsou charakterizovány CNC stroje dostupné v analyzované firmě: HAAS VF3 a HAAS SL20. Vlastní technologie je dokumentována navrženými programy na operace frézování a soustružení. Pro přehlednost je uveden vývojový diagram CNC programu pro operaci 04.

V další části práce jsou uvedeny obecné informace o řídicích systémech Fancu, HEIDHAIN a HAAS a jejich uplatnění na analyzované stroje HAAS VF3 a SL20.

Důraz byl také kladen na volbu jednotlivých nástrojů a rozbor rezných podmínek. Nejprve je rozebíráno stanovení rezných podmínek a problémy s tím

spojené. Dále jsou detailně navrženy jednotlivé nástroje na soustružení a frézování.

V poslední kapitole jsou rozebírána technicko-ekonomická hlediska obrábění na CNC strojích. Technologie CNC je srovnávána s konvenční technologií. Pozornost je věnována stanovení výrobního času, který představoval u CNC technologie 88,8 minut strojového času, naproti tomu konvenční přístup byl odhadnut na 228,5 minuty. Výrobní náklady na výrobu jednoho MEZIKUSU byly stanoveny na základě vypočítaných nákladů na hodinu práce stroje a pomocí výrobních časů. Náklady CNC technologie jsou srovnávány s náklady konvenční technologie, neboť CNC technologie je v tomto případě jednoznačnou volbou pro technologii i CNC techniky.

V předložené práci jsou nastíněna řešení konstrukčních a technologických problémů výroby součástky MEZIKUS. Byla navržena levnější technologie výroby čímž se podařilo naplnit zadání práce.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) Rapidpe-CNC *milling* /On - line/ dostupné na <http://www.rapidpe.co.uk>
- (2) ŠTULPA, M. *CNC obráběcí stroje a jejich programování* / 1.vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2007, Praha, 128 stran
- (3) AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- (4) MAREK J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů* (on-line veze publikace)/On - line/ dostupné na <http://www.mmspektrum.com/special-konstrukce-cnc-obrabecich-stroju>
- (5) *CNC technologie*/On - line/ dostupné na www.sps-karvina.cz
- (6) HRUBÝ J. *Technologičnost konstrukce* /On - line/ dostupné na <http://www.345.vsb.cz/jirihruby/Tek/Tek06.pdf>
- (7) SIEMENS /On - line/ dostupné na <http://www.powergeneration.siemens.com/products-solutions-services/products-packages/wind-turbines/products/swt-2-3-93/design/>
- (8) TRIANGLO /On - line/ dostupné na www.triangolo.cz/czech/material.htm
- (9) *Podklady pro vypracování technologického postupu* /On - line/ dostupné na http://12134.fsid.cvut.cz/podklady/TE2/navod_vp.doc
- (10) SVOBODA, E. *Technologie a programování CNC strojů*. 1. vyd.H.Brod: FRAGMENT, 1998.
- (11) HAAS /On - line/ dostupné na http://www.haascnc.com/details.asp?ID=VF-3&webid=VMC_40INCH&plain=1
- (12) HAAS /On - line/ dostupné na http://www.haascnc.com/lang/details.asp?ID=VF-3&intLanguageCode=1029&webid=VMC_40INCH#VMCTreeModel
- (13) FERMATMACHINERY /On - line/ dostupné na <http://www.fermatmachinery.com/cs/9-obrabeci-centra/1039-ridici-systemy.html>
- (14) *Systémy pro řízení obráběcích strojů počítačem* /On - line/ dostupné na <http://www.mmspektrum.com/clanek/systemy-pro-rizeni-obrabecich-stroju-pocitacem>
- (15) HEIDENHAIN /On - line/ dostupné na www.heidenhain.cz
- (16) HAAS /On - line/ dostupné na http://www.haascnc.com/lang/control/MAIN_HaasControl.asp?intLanguageCode=1029#Soustruhové%20řízení%20CNC%20Haas
- (17) KOČMAN, K a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- (18) KOČMAN, K. *Speciální technologie – Obrábění*. 2. vyd. Brno: PC- DIR Real, 1998.
- (19) PERNIKÁŘ, J., TYKAL, M., VAČKÁŘ, J. *Jakost a metrologie: Část metrologie*. 2.vyd. Brno: Akademické, nakladatelství CERM, 2001. 151 s. ISBN 80-214-1997-0.
- (20) ESAB /On - line/ dostupné na www.esab.cz
- (21) *Pasové pily*/On - line/ dostupné na <http://www.pasove-pily.eu/pilous-pasova-pila-na-kov-arg-500-plus-s-a-f-26977.html>
- (22) ISCAR /On - line/ dostupné na <http://www.iscar.com/Ecat/familyhdr.asp/fnum/63/app/30/mapp/IS/GFSTYP/M/lang/EN/type/1>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| Zkratka/Symbol | Jednotka | Popis |
|----------------|---------------------|---|
| CNC | | computer numeric kontrol/počítačově řízené stroje |
| NC | | numeric control/číslicově řízené stroje |
| CAD/CAM | | Komputer Aided Design/Komputer Aided Manufacturing- počítačová podpora konstruktéra/dílenské činnosti |
| HSC | | vysokorychlostní obrábění |
| HSP | | vysokovýkonné obrábění |
| AC pohony | | elektrické střídavé pohony |
| DC pohony | | elektrické stejnosměrné pohony |
| R_m | MPa | mez pevnosti materiálu |
| R_e | MPa | mez kluzu materiálu |
| TKK | min | čas kontroly |
| t_{AC} | min | čas operace |
| t_{BC} | min | čas seřízení |
| v_c | $m \cdot min^{-1}$ | řezná rychlost |
| f | $mm \cdot min^{-1}$ | posuv |
| f_z | $mm \cdot min^{-1}$ | posuv na zub |
| a_p | mm | hloubka řezu |
| D | mm | průměr obrobku |
| n | min^{-1} | otáčky vřetena |
| z | | počet zubů |
| d | mm | průměr frézy |
| a_p | mm | hloubka řezu |
| t_{as} | min | čas jednotkový strojní |
| t_{a11} | min | jednotkový vedlejší čas |
| t_A | min | strojní čas |
| v_f | $m \cdot min^{-1}$ | posuvová rychlost |
| v_{ci} | $m \cdot min^{-1}$ | řezná rychlost vrtání |
| D_i | mm | průměr vrtáku |
| A_D | mm | průřez třísky |
| h_D | mm | tloušťka třísky |
| b_D | mm | šířka třísky |

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|------------|---|
| Příloha 1 | Projektová dokumentace |
| Příloha 2 | Program pro soustruh op.2 |
| Příloha 3 | Program pro soustruh op.3 |
| Příloha 4 | Program pro frézku op.4 |
| Příloha 5 | Program pro frézku op.5 |
| Příloha 6 | Nový program pro frézku op.5 z polotovaru "výpalku" |
| Příloha 7 | Nabídka řezání plamenem |
| Příloha 8 | Pálící plán |
| Příloha 9 | HAAS VF3 rozměry stroje |
| Příloha 10 | HAAS SL20 rozměry stroje |

Příloha 2

| Úplný výrobní program pro soustružení součástky "MEZIKUS" pro Haas SL20 systém FANUK | |
|--|---|
| První strana součásti Druhá operace v pracovním postupu | |
| část první | Část druhá |
| <pre> %%110 (MEZIKUS 1. STRANA) M97 P1 T101 (VRTAK 9) G50 S2000 G00 G54 X0. S1500 M03 G00 Z5. M08 G96 S100 G01 Z-36. F0.1 G00 Z5. M09 M97 P1 T303 (NUZ HRUB) G50 S1500 G00 G54 X153. S600 M03 G00 Z2. M08 G96 S180 G01 X7. F0.1 G00 X153. G00 Z0.5 G01 X7. F0.2 G00 Z1. G00 X150. Z1. G71 P2 Q3 U0. W0. D2. F0.25 N2 (začátek kontury) G00 X105. Z1. G01 Z-15.5 G01 X142. N3 (konec kontury) G00 Z2. M09 M97 P1 </pre> | <pre> T505 (NUZ SLICHT) G50 S2000 G00 G54 X143. S600 M03 G00 Z-16.7 M08 G96 S250 G01 X140.2 F0.12 G01 Z-15.85 X138.4 F0.06 G01 X105.99 F0.08 G03 X103.99 Z-14.85 R1. F0.05 G01 Z-1. F0.08 G01 X101.99 Z0. G01 X7. G00 Z2. M09 M97 P1 T909 (HRANOSRAZEC) G50 S700 G00 G54 X0. S700 M03 G00 Z1. M08 G96 S50 G01 Z-3.7 F0.05 G00 Z2. M09 M97 P1 M30 N1 G97 G40 G00 G53 X-50. Z-150. M99 </pre> |

Příloha 3

| | |
|---|---|
| Úplný výrobní program pro soustružení součástky "MEZIKUS" pro Haas SL20 system FANUK | |
| Druhá strana součásti Třetí operace v pracovním postupu | |
| část první | část druhá |
| <pre> %%111 MEZIKUS 2. strana M97 P1 T303 (NUZ HRUB); G50 S1200; G00 G54 X146. S600 M03; G00 Z2. M08; G96 S200; G01 Z-12.5 F0.25; G00 Z2.; G00 X141.; G01 Z-12.5; G00 X141.5 Z-0.5; G01 X27. F0.15 G01 Z1.5 G00 X141. G01 Z-12.5 F0.25 G00 X143. G00 Z2. M09 M97 P1 T505 (NUZ SLICHT) G50 S1500 G00 G54 X143. S600 M03 G00 Z-1. M08 G96 S250 G01 X26. F0.08 G01 Z0. X24. G01 X7. G00 Z0.5 G00 X138.2 G00 Z-0.8 G01 X140. Z-1.7 G01 Z-12.5 G00 X143. G00 Z2. M09 M97 P1 </pre> | <pre> T707 (FREZA 15.) G50 S700 G00 G54 X0. S700 M03 G00 Z1. M08 G96 S100 G01 Z-22.3 F0.12 G00 Z2. M09 M97 P1 T909 (NUZ DO DIRY) G50 S800 G00 G54 X18.4 S400 M03 G00 Z0.5 M08 G96 S155 G01 Z0.2 F0.06 G01 Z-1.3 X16.01 F0.06 G01 Z-22.3 F0.1 G01 X13.5 G00 Z2. M09 M97 P1 M30 (Konec programu) N1 G97 G40 G00 G53 X-30. Z-140. M99 </pre> |

Příloha 4

| Úplný výrobní program pro frézování součásti "Mezikus" pro Haas VF3 systém FANUC | | |
|---|--|--|
| První strana součásti Čtvrtá operace v pracovním postupu | | |
| Hlavní program | Hrubovací podprogram | Dokončovací podprogramy |
| <p>O00101 (Mezikus-1.strana)</p> <p>G54 T2 M06 (VRT.9) G00 G90 G40 G00 X0 Y0 S3000 M03 G43 H02 Z50. M08 G81 G98 Z-16. R2. L0 F300. G70 I61. J30. L3 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T4 M06 (VRT.7.4) G00 G90 G40 G00 X0 Y0 S3200 M03 G43 H4 Z50. M08 G81 G98 Z-15. R2. L0 F320. X-30.5 Y52.828 X30.5 Y-52.828 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T5 M06 (HRANOSRAZEC) G00 G90 G40 G00 X0 Y0 S1200 M03 G43 H5 Z50. M08 G81 G98 Z-3.8 R-2. F120. L0 G70 I61. J30. L3 G81 G98 Z-3.1 R-1. L0 X-30.5 Y52.828 X30.5 Y-52.828 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T6 M06 (ZAVIT M8) G00 G90 G40 G00 X0 Y0 S800 M03 G43 H6 Z50. M08 G84 G98 Z-18. R2. L0 F1000. X-30.5 Y52.828 X30.5 Y-52.828 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T10 M06 (FREZA 16 HRUB) G00 G90 X0 Y0 M97 P1 L3 G00 Z200. M09 M05</p> <p>T11 M06 (FREZA 16 Dokončovací) G00 G40 G90 X0 Y0 M97 P5 L3 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T12 M06 (FREZA RADIUSOVA R3) G00 G90 G40 X0 Y0 M97 P3 L3 G00 Z200. M09 G00 Y277.5 M30</p> | <p>N1 G91 G68 R120. G90 M97 P2 G90 G00 X0 Y0 M99 N2</p> <p>T10 M06 (FREZA 16 HRUB) G00 G90 G40 G00 X0 Y85. S1700 M03 G43 H11 Z40. M08 G41 G00 X-22. D11 G00 Z-7. G01 Y35. F280. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y85. G00 G40 X0</p> <p>G00 X0 Y85. G41 G00 X-22. D13 G00 Z-14. G01 Y35. F280. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y85. G00 G40 X0</p> <p>G00 X0 Y85. G41 G00 X-22. D13 G00 Z-21. G01 Y35. F280. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y85. G00 G40 X0</p> <p>G00 X0 Y85. G41 G00 X-22. D13 G00 Z-29. G01 Y35. F280. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y85. G00 G40 X0 G00 Z40. M99</p> | <p>N3 G91 G68 R120. G90 M97 P4 G90 G00 X0 Y0 M99</p> <p>N4 T12 M06 (FREZA RADIUSOVA R3) G00 G90 G40 G00 X0 Y77. S790 M03 G43 H12 Z40. M08 G41 G00 X-22. D12 G00 Z-2.9 G01 Y35. F110. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y77. G00 G40 X0 G00 Z40. M99</p> <p>N5 G91 G68 R120. G90 M97 P6 G90 G00 X0 Y0 M99</p> <p>N6 T11 M06 (FREZA 16 DOKONČOVACÍ) G00 G90 G40 G00 X0 Y77. S1500 M03 G43 H11 Z40. M08 G41 G00 X-22. D11 G00 Z-29. G01 Y35. F180. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y77. G00 G40 X0 G00 Z40. M99</p> |

Příloha 5

| | |
|--|--|
| Úplný výrobní program pro frézování součásti "Mezikus" pro Haas VF3 systém FANUC | |
| Druhá strana součásti Pátá operace v pracovním postupu | |
| Hlavní program | Dokončovací podprogramy |
| O00120 (MEZIKUS 2.STRANA) G54 T16 M06 (FREZA RADIUSOVA R3) G00 G90 G40 X0 Y0 M97 P3 L3 G00 Z200. M09 G00 Y277.5 M30 | N3 G91 G68 R120. G90 M97 P4 G90 G00 X0 Y0 M99 N4 T16 M06 (FREZA RADIUSOVA R3) G00 G90 G40 G00 X0 Y60. S790 M03 G43 H16 Z40. M08 G41 G00 X-22. D16 G00 Z-2.9 G01 Y35. F110. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y60. G00 G40 X0 G00 Z40. M99 |

Příloha 6

| Úplný výrobní program pro frézování součásti "Mezikus" pro Haas VF3 systém FANUC nový polotovár | | |
|---|--|--|
| První strana součásti Čtvrtá operace v pracovním postupu | | |
| Hlavní program | Hrubovací podprogram | Dokončovací podprogramy |
| <p>O00101 (Mezikus-1.strana)</p> <p>G54 T2 M06 (VRT.9) G00 G90 G40 G00 X0 Y0 S3000 M03 G43 H02 Z50. M08 G81 G98 Z-16. R2. L0 F300. G70 I61. J30. L3 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T4 M06 (VRT.7.4) G00 G90 G40 G00 X0 Y0 S3200 M03 G43 H4 Z50. M08 G81 G98 Z-15. R2. L0 F320. X-30.5 Y52.828 X30.5 Y-52.828 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T5 M06 (HRANOSRAZEC) G00 G90 G40 G00 X0 Y0 S1200 M03 G43 H5 Z50. M08 G81 G98 Z-3.8 R-2. F120. L0 G70 I61. J30. L3 G81 G98 Z-3.1 R-1. L0 X-30.5 Y52.828 X30.5 Y-52.828 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T6 M06 (ZAVIT M8) G00 G90 G40 G00 X0 Y0 S800 M03 G43 H6 Z50. M08 G84 G98 Z-18. R2. L0 F1000. X-30.5 Y52.828 X30.5 Y-52.828 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T10 M06 (FREZA 16 HRUB) G00 G90 X0 Y0 M97 P1 L3 G00 Z200. M09 M05</p> <p>T11 M06 (FREZA 16 Dokončovací) G00 G40 G90 X0 Y0 M97 P5 L3 G00 Z150. M09 M05</p> <p>T12 M06 (FREZA RADIUSOVA R3) G00 G90 G40 X0 Y0 M97 P3 L3 G00 Z200. M09 G00 Y277.5 M30</p> | <p>N1 G91 G68 R120. G90 M97 P2 G90 G00 X0 Y0 M99 N2</p> <p>T10 M06 (FREZA 16 HRUB) G00 G90 G40 G00 X0 Y85. S1700 M03 G43 H11 Z40. M08 G41 G00 X-22. D11 G00 Z-7. G01 Y35. F280. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y85. G00 G40 X0 G00 Z40. M99</p> | <p>N3 G91 G68 R120. G90 M97 P4 G90 G00 X0 Y0 M99</p> <p>N4 T12 M06 (FREZA RADIUSOVA R3) G00 G90 G40 G00 X0 Y77. S790 M03 G43 H12 Z40. M08 G41 G00 X-22. D12 G00 Z-2.9 G01 Y35. F110. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y77. G00 G40 X0 G00 Z40. M99</p> <p>N5 G91 G68 R120. G90 M97 P6 G90 G00 X0 Y0 M99</p> <p>N6 T11 M06 (FREZA 16 DOKONČOVACÍ) G00 G90 G40 G00 X0 Y77. S1500 M03 G43 H11 Z40. M08 G41 G00 X-22. D11 G00 Z-29. G01 Y35. F180. G03 X-11. Y24. R11. G01 X11. G03 X22. Y35. R11. G01 Y77. G00 G40 X0 G00 Z40. M99</p> |

Příloha 7

Pálicí plán: H011704

Datum: 26.05.2009

Cena práce

| | | | |
|--------------------|---------------------|-----------------|----------|
| Cena řezu: | 90.00 Kč / m | Cena za propal: | 10.00 Kč |
| Délka řezu: | 0.775101046702804 m | Počet propalů: | 1 |
| Celková cena řezu: | 69.76 Kč | Cena propalů: | 10.00 Kč |

Cena práce:

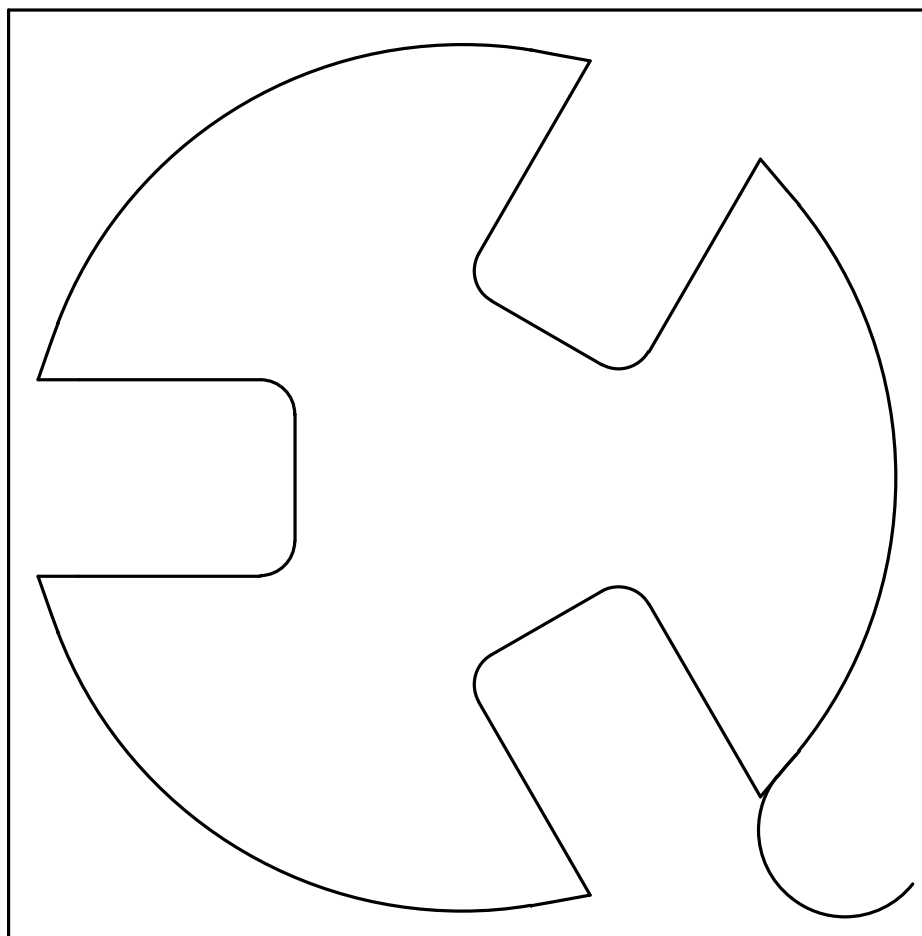
Cena materiálu

| | | | |
|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| Jednotková cena: | 21 Kč / kg | Plošná spotřeba: | 0.02576 m ² |
| Síla: | 36 mm | Hmotnost: | 7.279776 kg |
| Hustota: | 7850 kg/m ³ | Odpad: | 0 kg |

Cena materiálu:

Celková cena:

Celková cena:



Příloha 8

Pálicí plán: H011704

Datum: 26.05.2009

Síla materiálu: P1 36

Karta: 2

Rozměry plánu: 160 x 161 mm

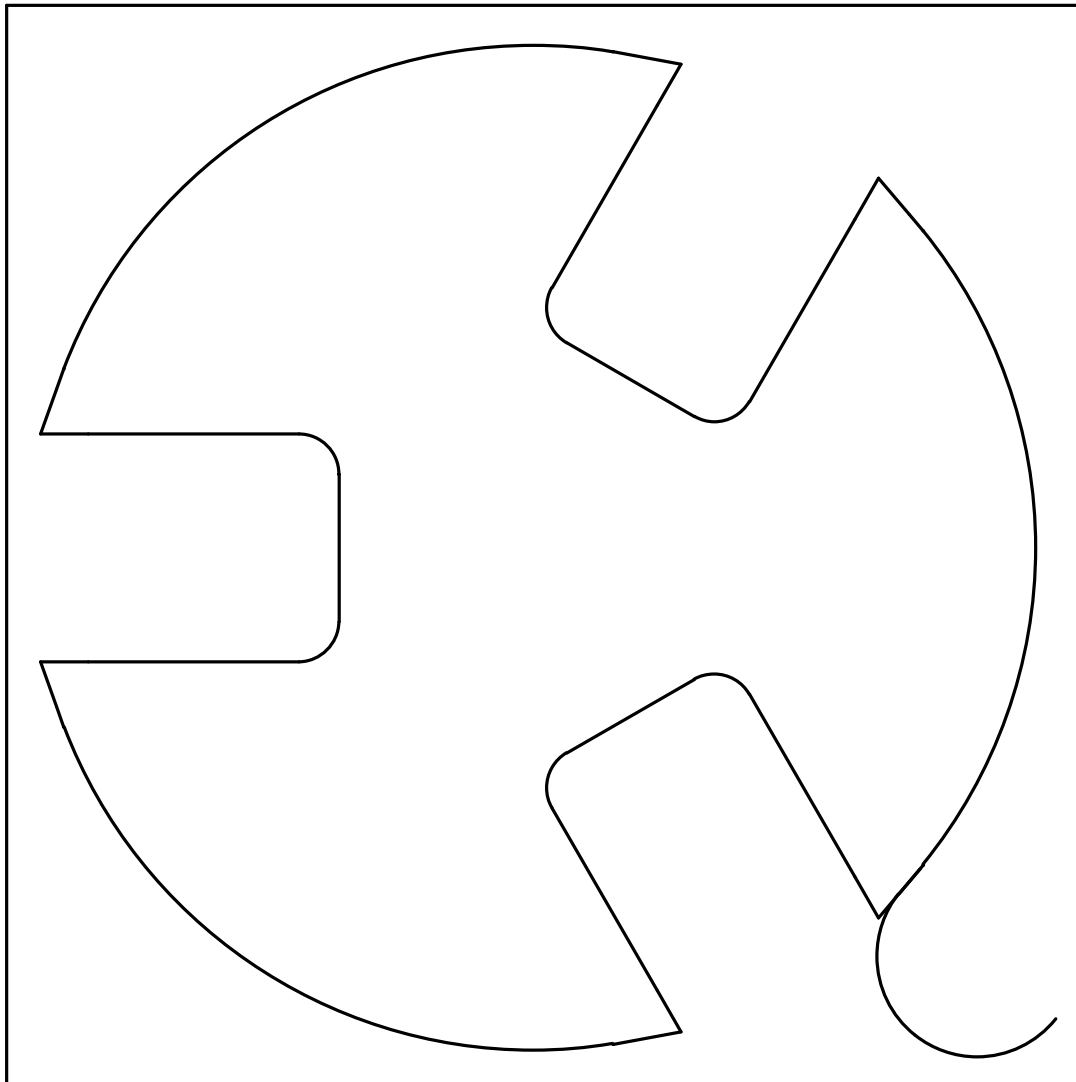
Datum dodání: 26.5.2009

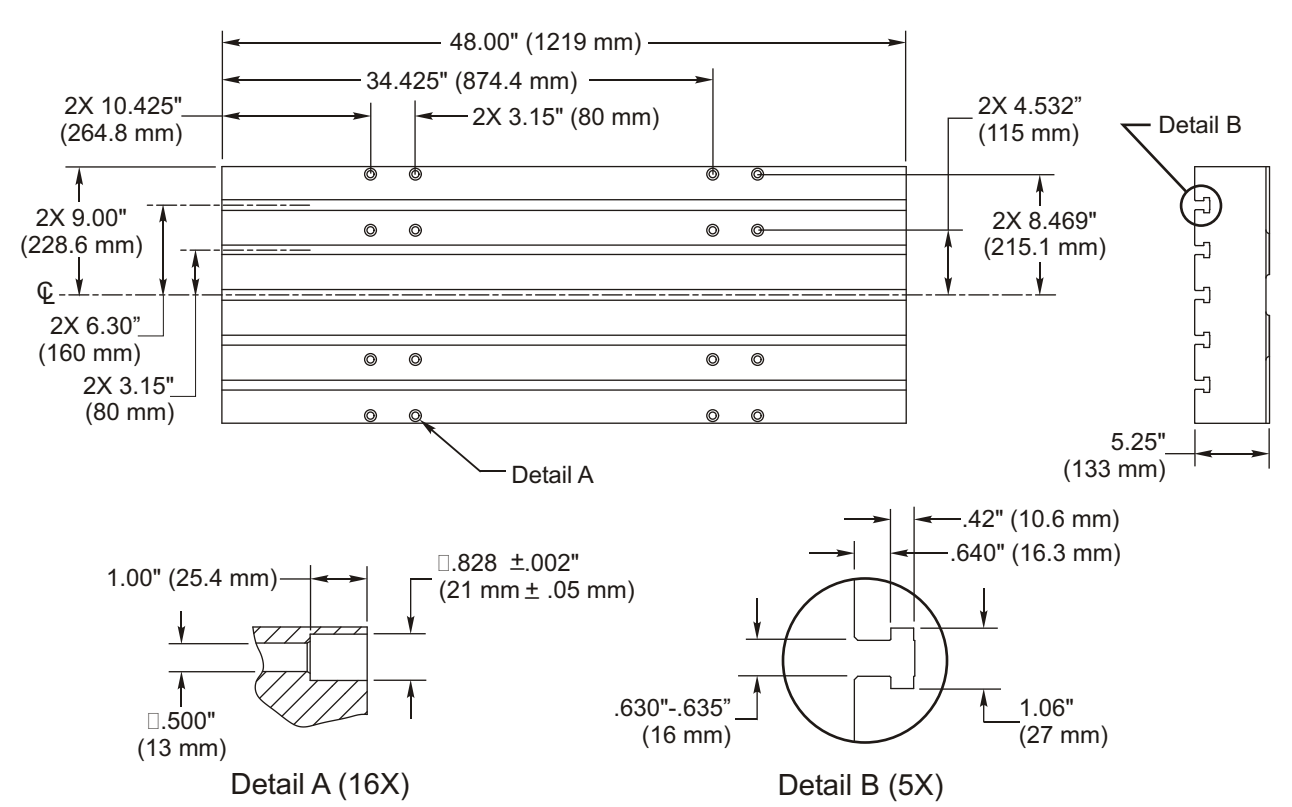
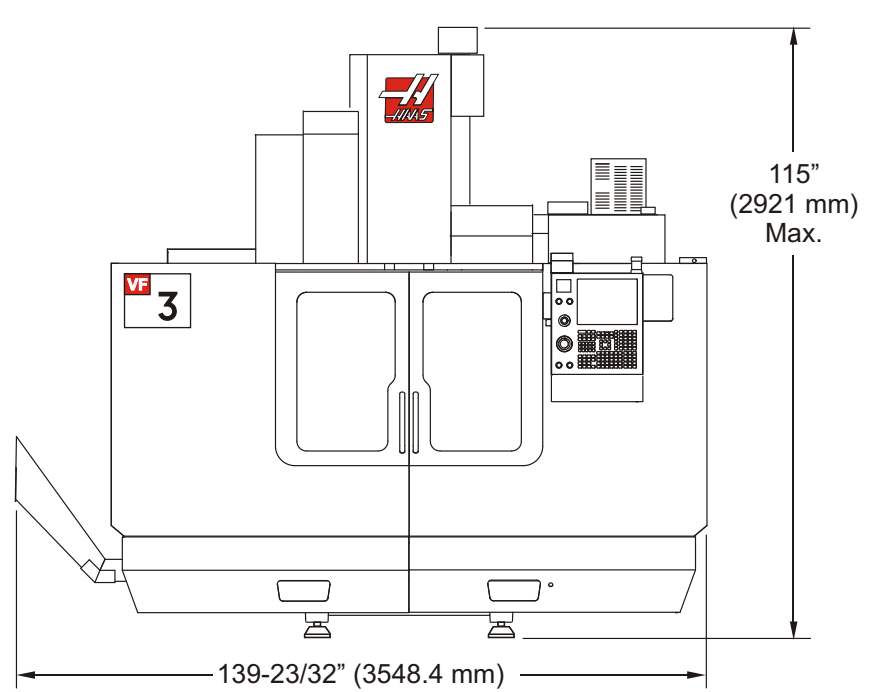
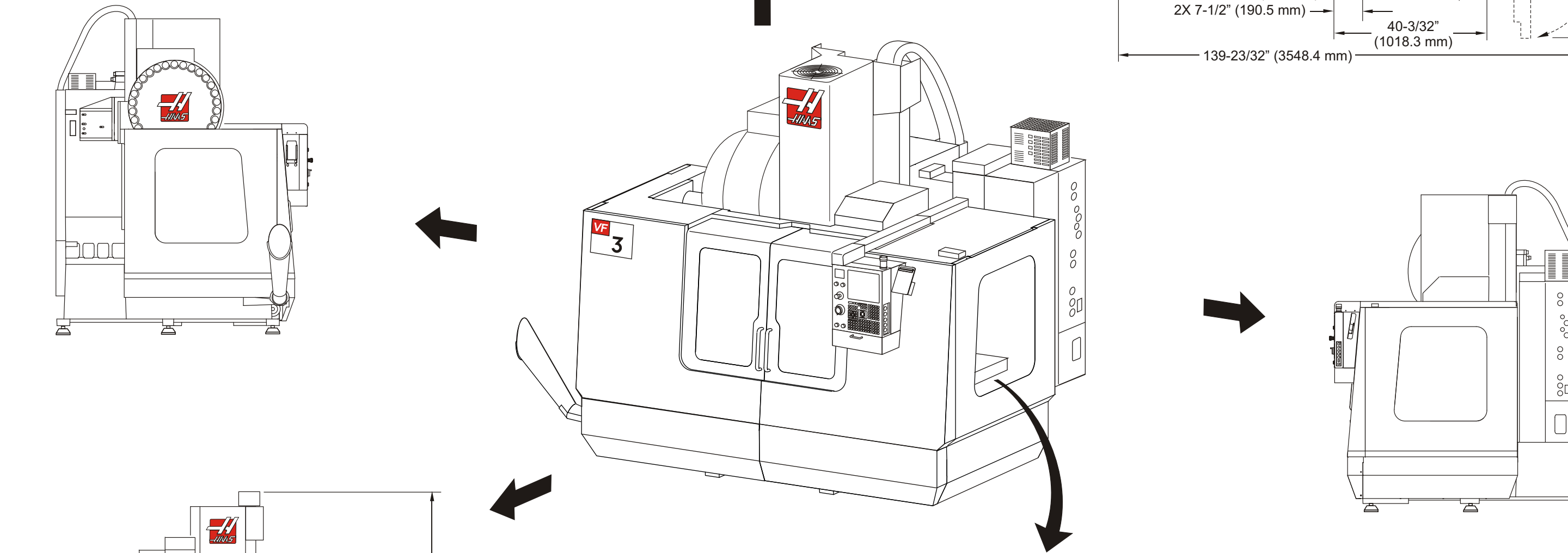
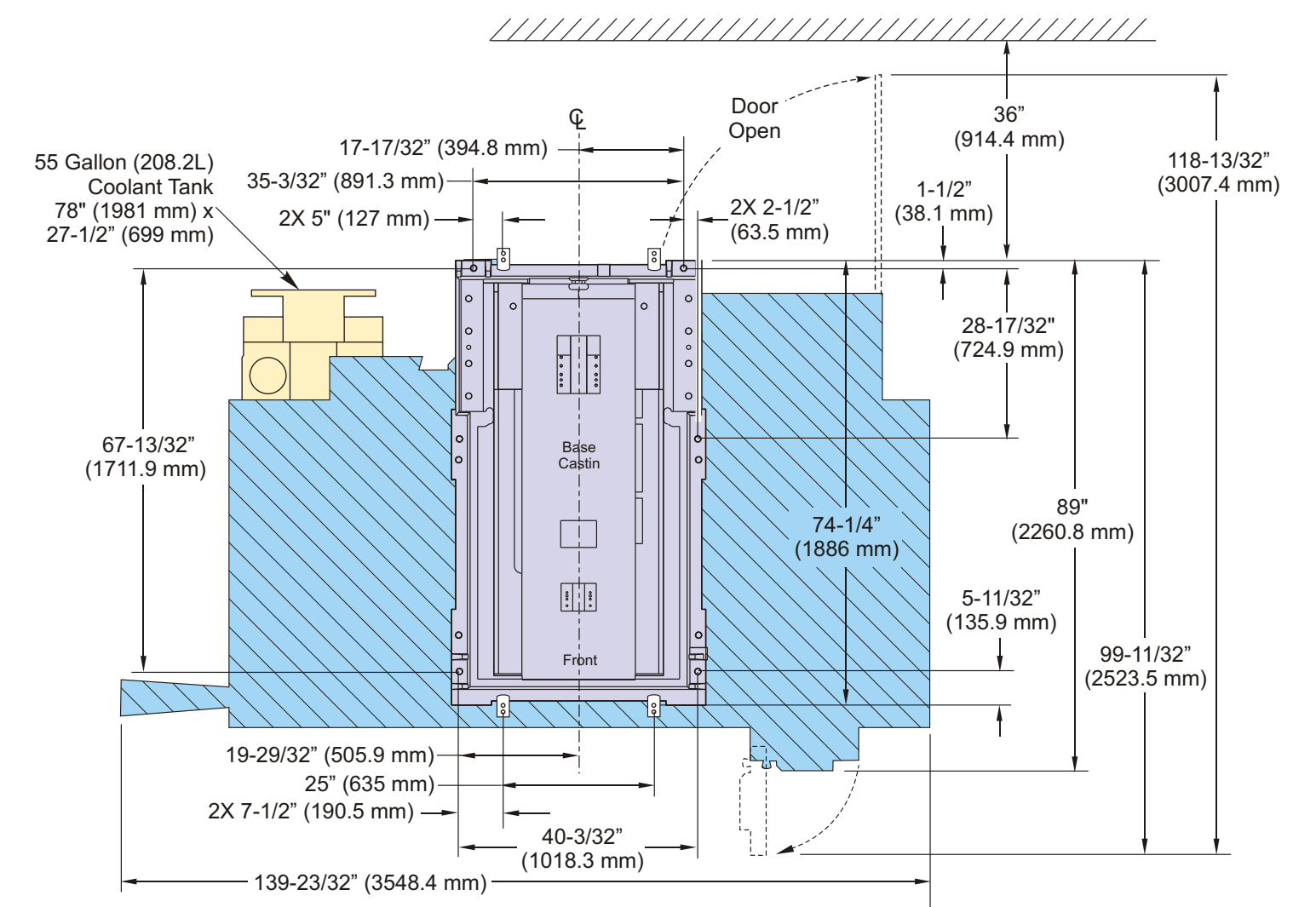
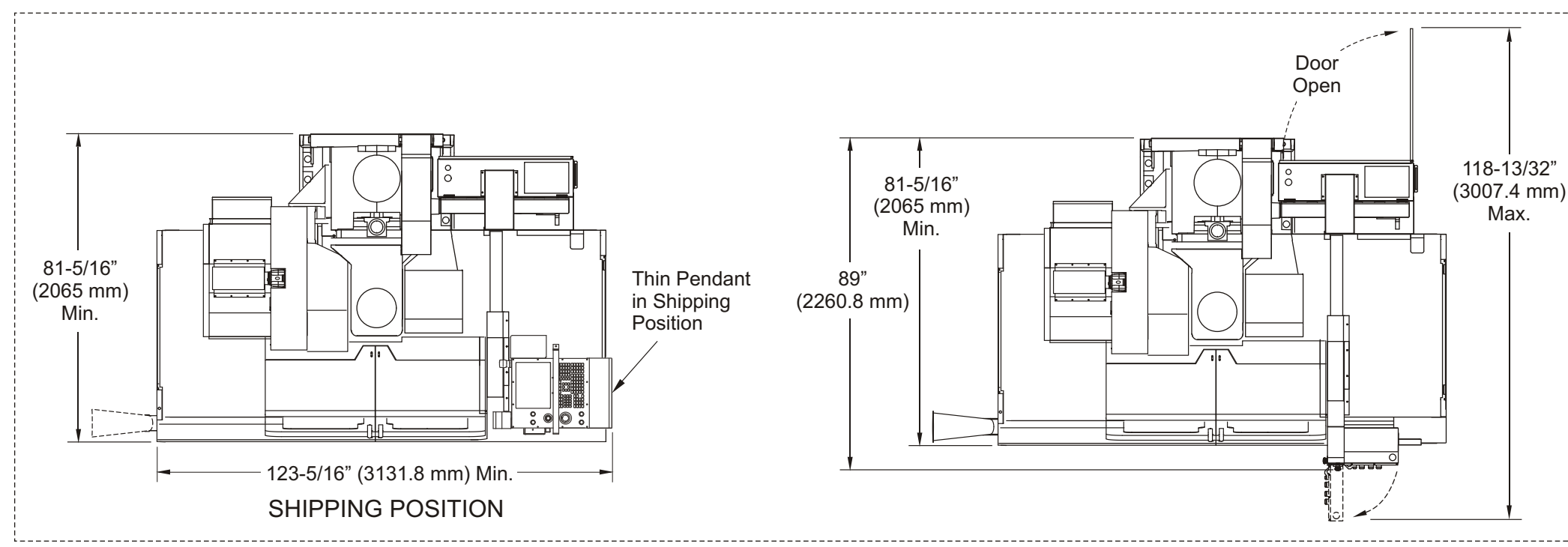
Velikost tabule: D150 mm

Počet kusů: 1

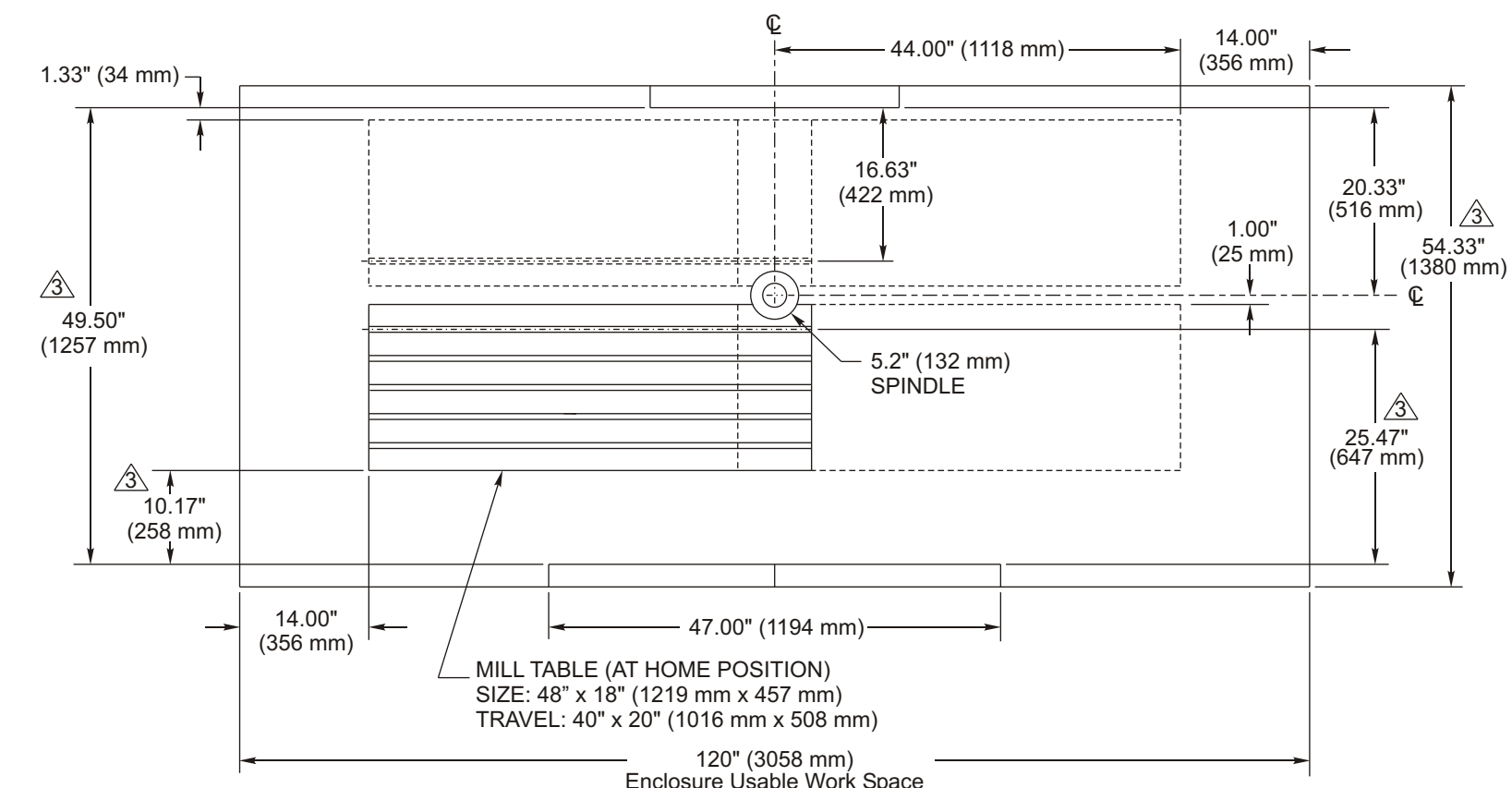
Počet druhů: 1

Pokrytí plánu: 37%



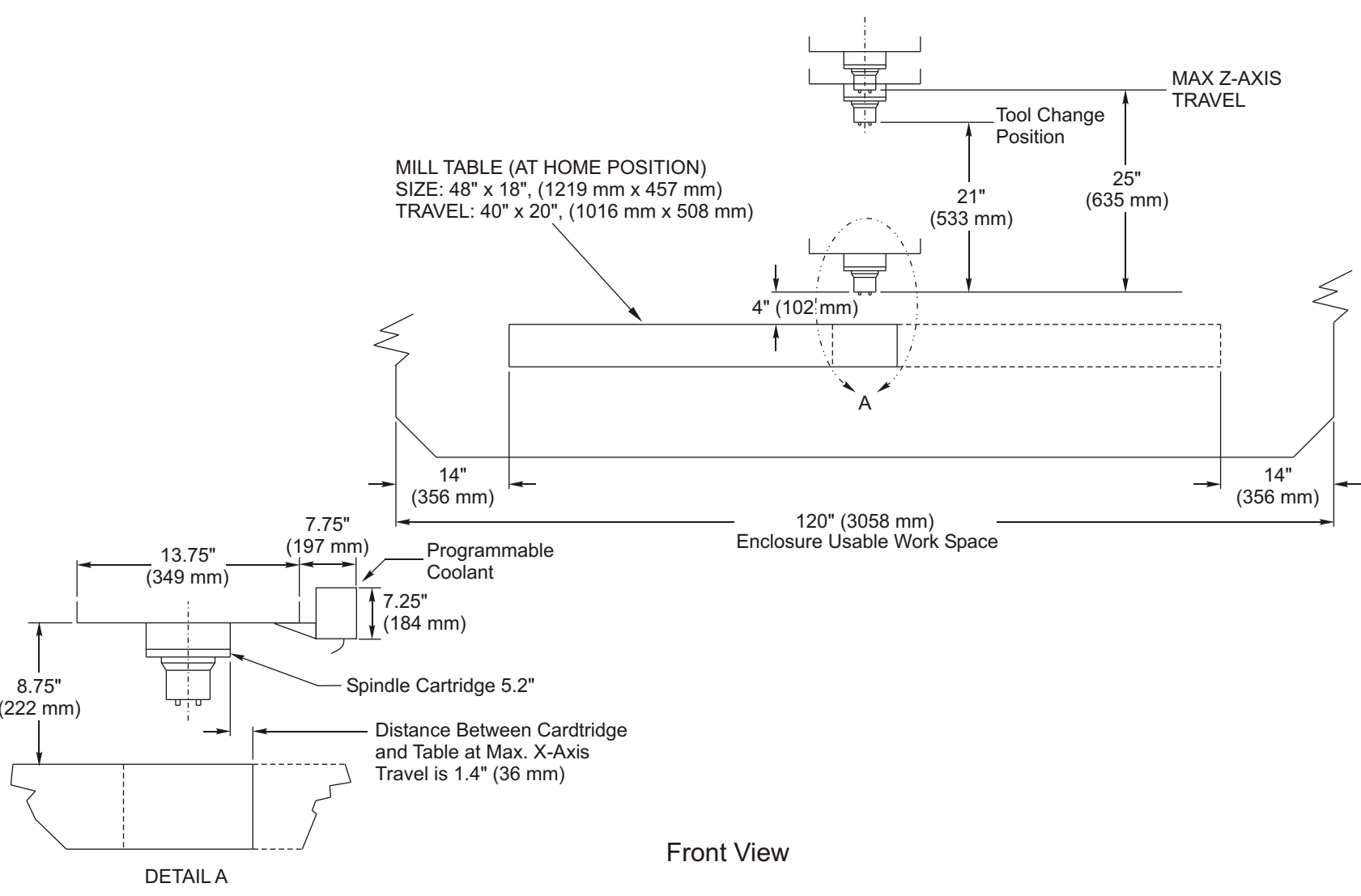


VF-3 Table 20-9004B Dimensions



- NOTES:
- TABLE POSITION(S) AT MAX X & Y TRAVELS.
 - MEASUREMENTS ARE FROM THE EDGE OF MILL TABLE TO NEAREST OBSTRUCTION (ie. ENCLOSURE, WAY COVER, DOORS, ETC.).
 - DIMENSIONS ARE REDUCED AS HEIGHT ABOVE TABLE INCREASES; ie. FRONT OF ENCLOSURE IS SLOPED 5 INWARD FROM BOTTOM TO TOP. DIMENSIONS SHOWN ARE AT TABLE TOP HEIGHT.

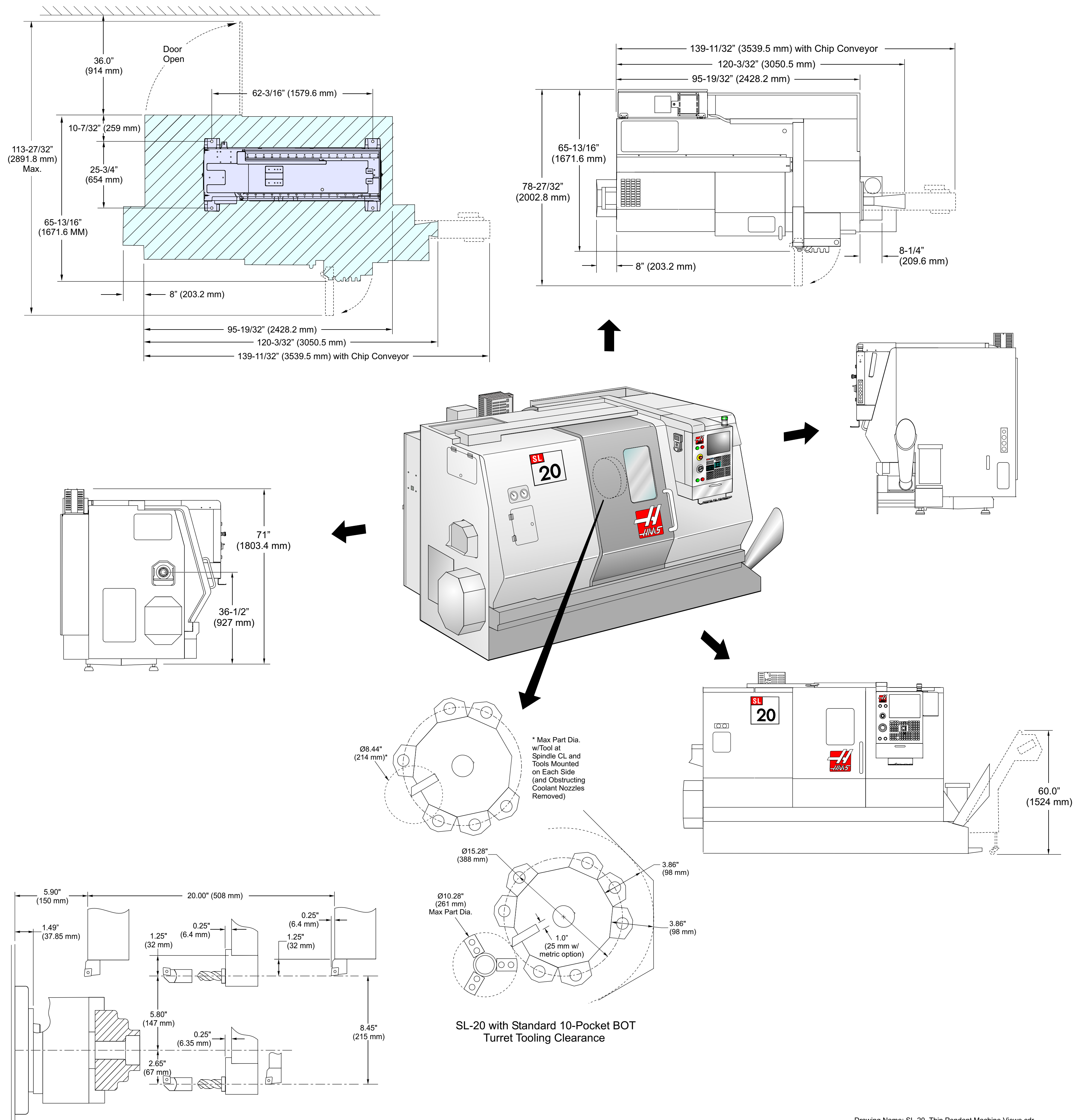
Top View



Front View

VF-3 Enclosure Work Space

Příloha 10



Axis Travels - SL 20 with Standard BOT