

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Strategie 3osého frézování odlitku vřetene v CAM systému
s aplikací multimediální podpory**

Strategy 3axis Milling of Cast Spindle in CAM System with
Support of Multimedia Application

Student: Vojtěch Kovařík

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Vojtěch Kovařík**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Strategie 3osého frézování odlitku vřetene v CAM systému s aplikací multimediální podpory**
Strategy 3axis Milling of Cast Spindle in CAM System with Support of Multimedia Application

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor 3osých strategií v CAM systému.
2. Návrh technologie obrábění odlitku tělesa vřetene frézky.
3. Aplikace multimediální podpory pro tvorbu technologického postupu v CAM systému.
4. Závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] SADÍLEK, M.; SADÍLKOVÁ Z. *Počítačová podpora procesu obrábění*. VŠB – TU Ostrava, 2012, 149 s., Dostupné na: <http://vyuka.fs.vsb.cz/>. ISBN 978-80-248-2770-4. Součástí této výukové je 14 animací.
- [2] AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Překl. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cutting - A Practical Handbook*. ISBN 91-972299-4-6.
- [3] SADÍLEK, M. *Počítačová podpora výroby*. VŠB – TU Ostrava, 2011, 80 s., Dostupné na: http://www.346.vsb.cz/studijni_literatura.html. Součástí této výukové opory je 18 animací.
- [4] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. VŠB – TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.

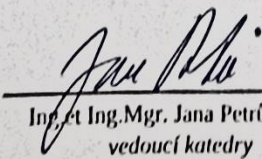
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

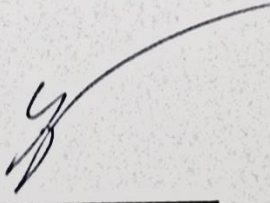
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Sadilek, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



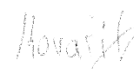

Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrá, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 20.5.2013.



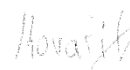
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18.5.2013



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Vojtěch Kovařík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Věrovany 93

Věrovany 783 76

Anotace bakalářské práce

KOVAŘÍK, Vojtěch. *Strategie 3osého frézování odlitku vřetene v CAM systému s aplikací multimediální podpory*. Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013, 43s. Bakalářská práce.

Vedoucí práce: doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Tato bakalářská práce se zabývá strategií 3osého frézování odlitku vřetene. V teoretické části práce je zpracovaná problematika strategie frézování, technologie obrábění a inovací v obrábění. Hlavní částí je multimediální podpora vytvořena programem Microsoft FrontPage. V závěru jsou shrnuty všechny zjištěné poznatky.

Annotation of Bachelor Thesis

KOVAŘÍK, Vojtěch. *Strategy 3axis Milling of Cast Spindle in CAM System with Support of Multimedia Application*. Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2013, 43 p. *Bachelor Thesis*

Thesis head: doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

This thesis discusses strategies 3osého milling spindle casting. The theoretical part is treated the issue of strategy milling, machining technology and innovation in machining. The main part of the multimedia support generated by Microsoft FrontPage. The conclusion summarizes all the lessons learned.

Seznam použitých značek a symbolů	7
1. Úvod.....	8
2. Strategie 3osého frézování	9
2.1. Strategie obrábění.....	9
2.2. Strategie 3osého hrubování	9
2.3 Strategie 3osého zbytkového hrubování	13
2.4 Strategie 3oseho dokončování.....	14
3 Přehled současného stavu výroby vřetene	19
3.1 Představení firmy TOS Olomouc	19
3.2 Konstrukce vřetene	21
3.3 Technologie výroby	24
3.3.1 První upnutí.....	25
3.3.2 Druhé upnutí	30
3.3.3 Třetí upnutí.....	34
4 Inovace technologie obrábění vřetene	38
4.1 Obrábění okénka pro vrtací posuv.....	38
4.2 Úspora dosažená změnou nástroje.....	39
5 Multimediální podpora	40
6 Závěr	41
Seznam použitých zdrojů	42
Seznam příloh	43

Seznam použitých značek a symbolů

3D	Trojrozměrný prostor	
CAM	Computer aided manufacturing <i>[Počítačem podporovaná výroba]</i>	
CNC	Computer numeric control <i>[Počítačem číslicově řízený]</i>	
ISO	International Organization for Standardization <i>[Mezinárodní organizace pro normalizaci]</i>	
KNB	Kubický nitrid bóru	
NC	Numeric control <i>[Číslicově řízený]</i>	
PVS	Pružný výrobní systém	
Ra	Drsnost povrchu	[μm]
TÜV	Technischer Überwachungs-Verein <i>[Technické kontrolní sdružení]</i>	
VBD	Vyměnitelná břitová destička	
f	Posuv	[mm/ot.]
i	Počet záběrů	[-]
t	Strojní čas	[min.]

1. Úvod

Dnes se ve strojírenství již skoro běžně používá k výrobě obráběcích strojů s CNC řízením. Tyto stroje lze v případě potřeby ovládat přímo pomocí řídicích panelů, nebo je lze naprogramovat obráběcím CAM softwarem pro. Bakalářská práce se zabývá strategií frézování vřetene hlavy frézky TOS FGV 32 a přiblížením této problematiky širší veřejnosti formou multimediální podpory. V jednotlivých bodech bude osvětlena problematika strategie, stávající technologické řešení výroby vřetene a inovační možnosti, závěry práce budou shrnuty do multimediální podpory pro další využití ve vzdělávání. K vytvoření modelu byl použit parametrický 3D modelář Autodesk Inventor. Program je určen k objemovému i plošnému modelování. V prostředí programu je model doplněn do sestavy a polohován vazbami k upínacím prvkům. V první části práce bude představena konstrukce vřetenové hlavy a firma zastřešující její výrobu, dále stávající technologie obrábění a možnosti inovace ve výrobě vřetena, nakonec si s hlediska ekonomie a technologie porovnáme inovované technologie s předchozím stavem výroby.

2. Strategie 3osého frézování

3osé frézování nám dává možnost obrábět formy, zápustky a jiné tvarové složité součásti. Široká škála hrubovacích, zbytkově hrubovacích a dokončovacích operací kompletně pokryje požadované spektrum operací pro obrábění tvarových ploch, na nichž za pomoci následujících strategií drah nástrojů dosahujeme požadovaného rozměru, tvaru a kvality povrchu.

2.1.Strategie obrábění

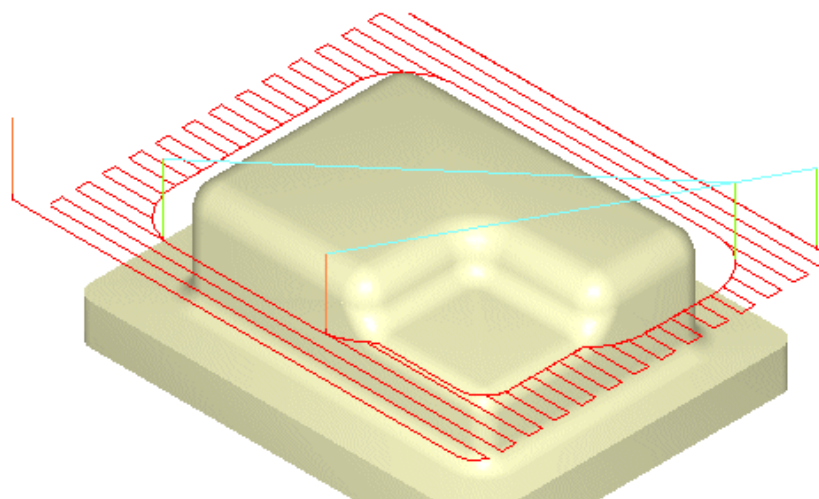
Rozumíme jimi předdefinované dráhy nástroje, optimalizované pro obrábění různých tvarových ploch tak, aby byla součást obrobena co nejlépe. V dnešní době kdy jsou stále větší požadavky na kvalitu obrobku je volba strategie obrábění stěžejní a nelehký úkol. Jejich vytváření, tedy generování nových způsobů přechodu nástroje po obráběné ploše je záležitostí mnoha oborů a shrnuje poznatky s oblasti teorie obrábění, informatiky i matematiky. Správná volba strategie ovlivní obráběcí časy i opotřebení nástroje. Většinou je cílem konstantně zatížit nástroj, aby se méně opotřebovával a řezal kvalitnější povrch.

2.2.Strategie 3osého hrubování

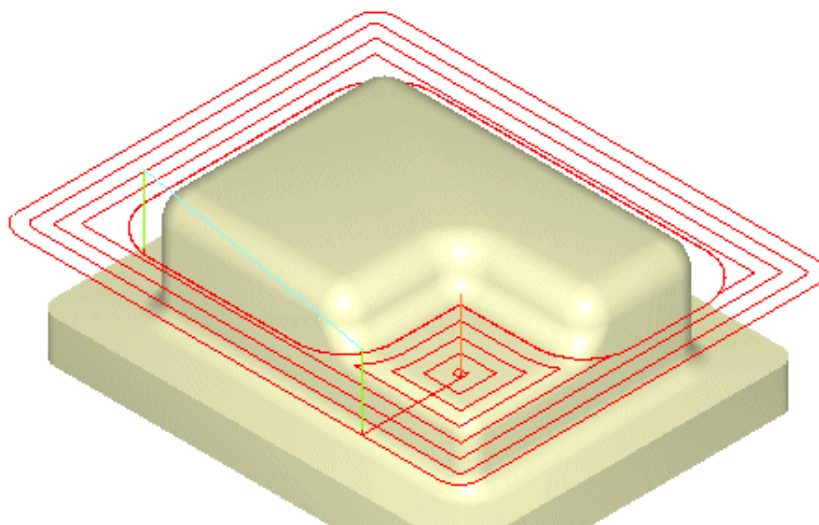
Hrubování je operace používaná na začátku výrobního procesu. Je při ní odebráno co největší možné množství materiálu nástrojem o velkém průměru. Pro toto je 3osé obrábění velice výhodné a to z důvodu tuhosti soustavy stroj nástroj obrobek. Použití víceosého hrubování není z důvodu konstrukce a kinematiky víceosých strojů příliš vhodné. V programu Mastercam například najdeme tyto strategie hrubování.

Hrubování Z průřezy - po vrstevnici

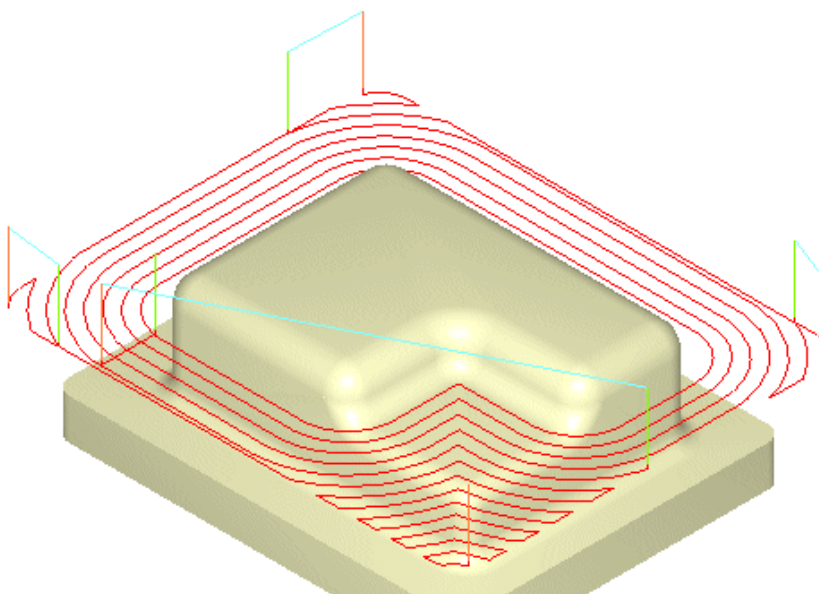
Tato základní hrubovací strategie je také označovaná jako Hrubování s konstantní hodnotou Z, nebo Horizontální hrubování. Materiál je odebrán v horizontálních úrovních. Tento typ obrábění je velice účinný při odebrání velkých objemů materiálu na strmých oblastech a typicky se provádí nástrojem o velkém průměru před spuštěním předdokončovacích nebo dokončovacích operací. Při určení regionu pro bezpečné obrábění se bere do úvahy geometrie součásti i obrobku. Lze vybrat různé tvary obráběcích drah: lineární (paralelní, tam i zpět), ofset obrobku (spirálový tvar uvnitř obrobku a součásti) a ofset součásti (spirálový tvar vně obrobku a součásti). [1], [2]



Obrázek 1 Hrubování po vrstevnici - horizontální hrubování – lineární [1], [2]



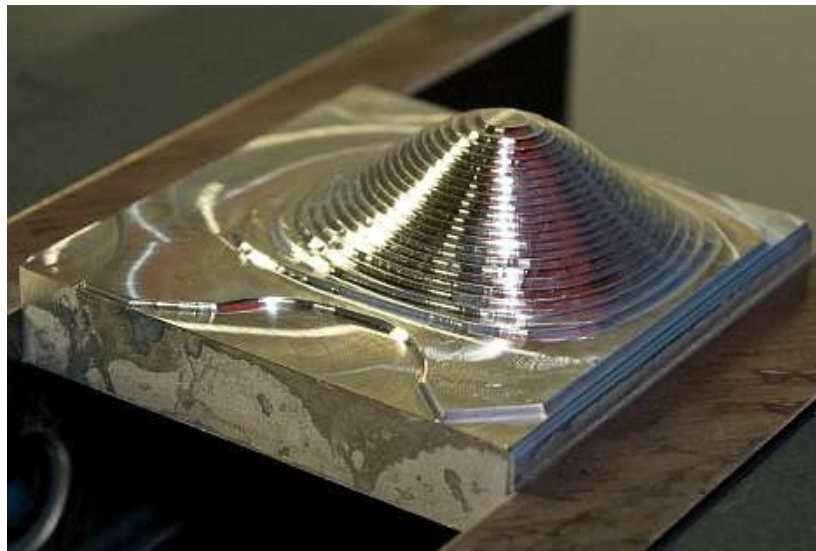
Obrázek 2 Hrubování po vrstevnici - horizontální hrubování – ofset obrobnku (kapsování) [1], [2]



Obrázek 3 Hrubování po vrstevnici - horizontální hrubování – ofset součásti (čelní obrábění) [1], [2]

Řádkování

Tato strategie je velice užitečná pro rychle odebrání materiálu, zejména pro stroje s větší tuhostí. Strategie řádkování odstraní materiál z modelu s využitím paralelních řad. Pohyb je z pravidla veden dle osy X nebo Y, ale je možné nastavit i jiný úhel směru drah. Tato strategie umožňuje objetí kontury (tedy skutečného tvaru modelu) po, před nebo při úběru každé Z hladiny. Strategii řádkování se rovněž někdy říká Cik-Cak či rastr. [1], [2]



Obrázek 4 Hrubování řádkováním [5]

Paprskově

Paprskovité obrábění umožňuje uživateli snadno obrábět radiální díly. Řezy se sbíhají do centrálního bodu se schopností zastavit kousek od středu, kde se dráhy nástroje zhušťují. Tato strategie je ideální pro použití na oblasti, které obsahují mělké zahnuté povrchy a kruhové oblasti, spolu s použitím kontaktního úhlu mezi 0° a 40° . [3]

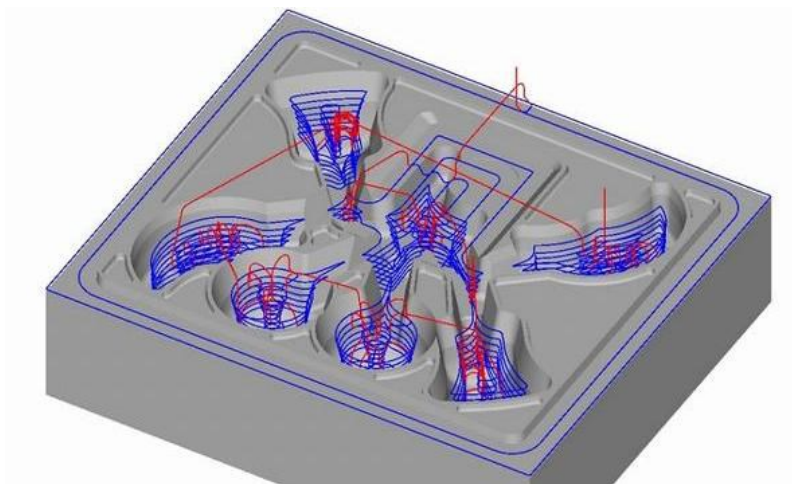
Projekce

Frézování projekcí, umožňuje lepší kontrolu nad plánováním směru obráběcích strategií součástky. Aplikace zahrnuje podřezané technologické prvky pomocí speciálních nástrojů a přesnější dokončení technologických prvků pozicovaných do více úhlů nástrojové osy. Nejjednodušší způsob pro pochopení principu projekčního frézování je představit si paprsky světla, které dopadají nebo se vracejí od určeného cíle. [4]

Hrubování kontur

Konturové hrubování je hrubovací strategie určená pro efektivní odstranění velkého objemu materiálu. Série ekvidistantních drah v zadaných Z úrovních jsou generovány tak, aby docházelo k odstranění maximálního množství materiálu bez přerušení řezu.

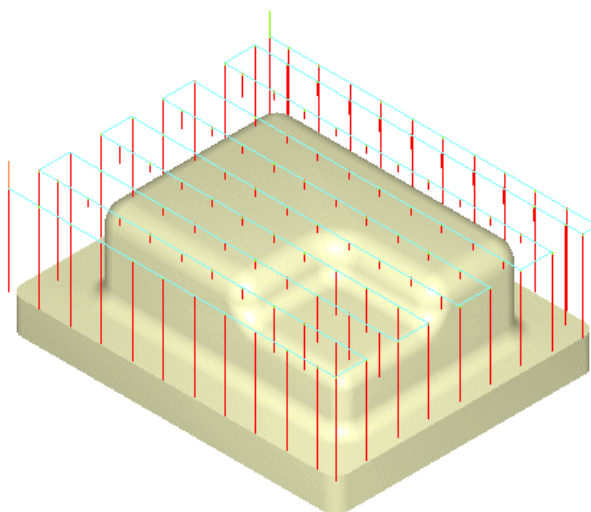
Hloubka řezu je automaticky upravována s ohledem na vodorovné rovinné plochy. Je podporováno zavrtání po šroubovici, rampování i nájezd podél tvaru. Dráhy nástroje jsou vyhlazené pomocí oblouků, což umožňuje použití vyšších posuvů a prodlužuje životnost nástroje. [1], [2]



Obrázek 5 Hrubování kontur [1], [2]

Odvrtávání (zapichování) osou nástroje

Tato hrubovací strategie je také označovaná jako Svislé hrubování, nebo BORE JET, či vrtací hrubování. Je to velmi efektivní hrubovací strategie frézování, používána pro úběr velkého objemu materiálu. Obrábění se provádí zapichováním při využití vhodného nástroje. Nástroj vykonává sérii vrtacích pohybů (pohybem v Z-ové a nikoliv v X-ové nebo Y-ové ose) v pravidelně uspořádané síti bodů. Nástroj tedy vykonává sérii překrývajících se pohybů, které se podobají vrtání. Postupně tak odstraňuje válcové objemy materiálu. [1], [2]



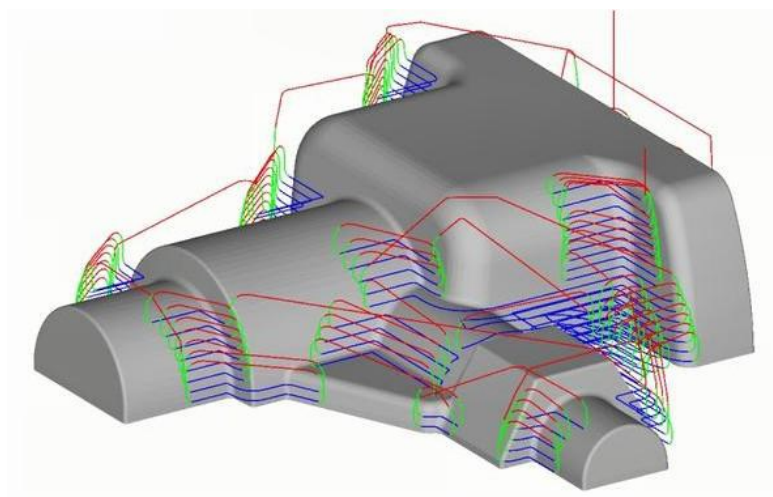
Obrázek 6 Zapichování osou nástroje [1], [2]



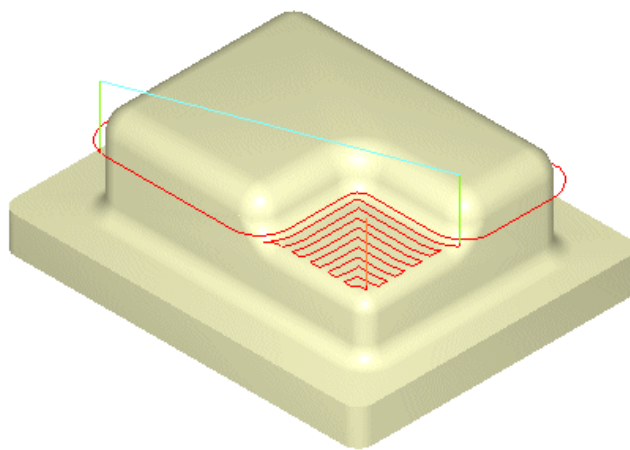
Obrázek 7 Zapichování osou nástroje v praxi

2.3 Strategie 3osého zbytkového hrubování

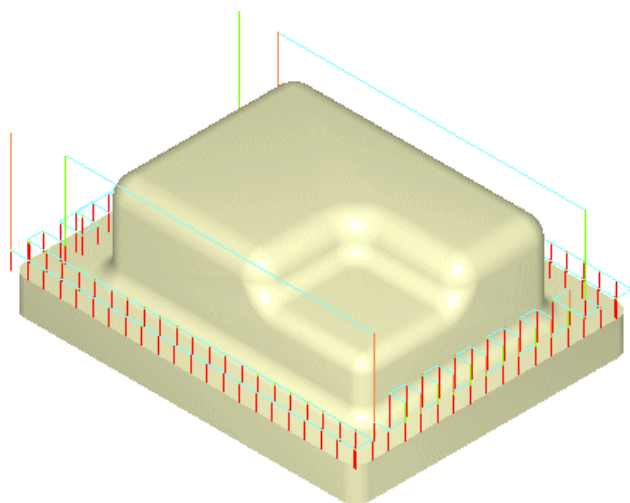
Po prvotních hrubovacích operacích na obrobku zůstanou neobrobená místa. Toto je způsobeno velikostí nástroje. Při prvotním hrubování se nám nevyplácí volit malý průměr nástroje z důvodu jeho rychlého opotřebení, zařazujeme jej tedy při zbytkovém hrubování. Menší nástroj bude při zbytkovém hrubování schopen odebrat materiál, který zůstal v rozích, zaobleních a jiných konstrukčních prvcích se složitějším přístupem. Výhodou je, že nástroj znovu nekopíruje celkový tvar obrobku, ale dofrézuje pouze zbytky materiálu, které jsou nepřijatelné pro rychlé, efektivní a kvalitní dokončení povrchu a tvaru.



Obrázek 8 Dráhy nástroje zbytkového hrubování [1], [2]



Obrázek 9 Strategie zbytkového hrubování horizontální dohrubování [1], [2]

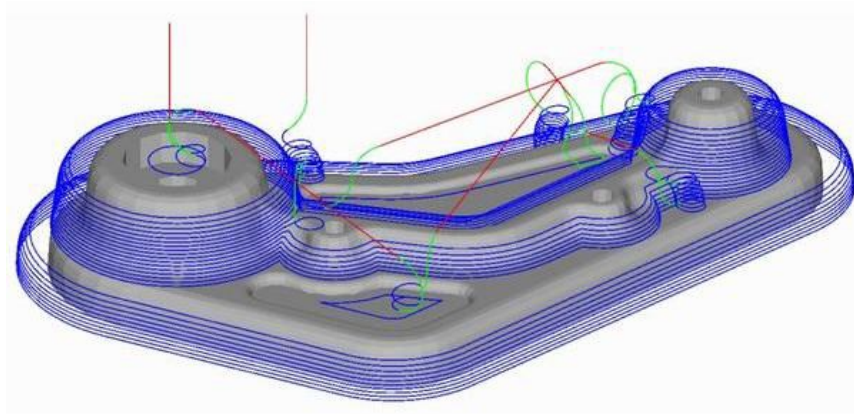


Obrázek 10 Strategie zbytkového hrubování svislé dohrubování [1], [2]

2.4 Strategie 3oseho dokončování.

Z – průřezy

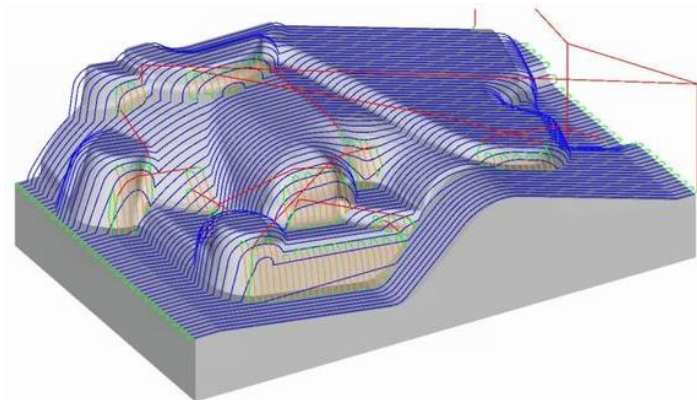
Strategie je také označována jako Konstant Z, nebo Dokončování po vrstevnici, nebo Horizontální dokončování. Dráhy vycházejí z rovnoběžných řezů dle tvaru dílce v jednotlivých Z úrovních. Tato strategie je výhodná pro předdokončování a dokončování strmých tvarů. Typicky se používá na součásti obsahující velké vertikální oblasti, ve kterých by strategie řádkování nepřinesla uspokojivé výsledky. Pomocí limitních úhlů lze omezit aplikování této strategie pouze na strmé plochy a na obrobení zbylých ploch pak použít jinou- vhodnější strategii. Typická je kombinace právě se strategií řádkování. Obě strategie se pak hladce propojují na hranici mezního sklonu tvaru. Dokončování pak bývá velice často ještě doplněno o strategie zbytkového dokončování. [3]



Obrázek 11 Dokončování Z – průřezy [3]

Řádkování

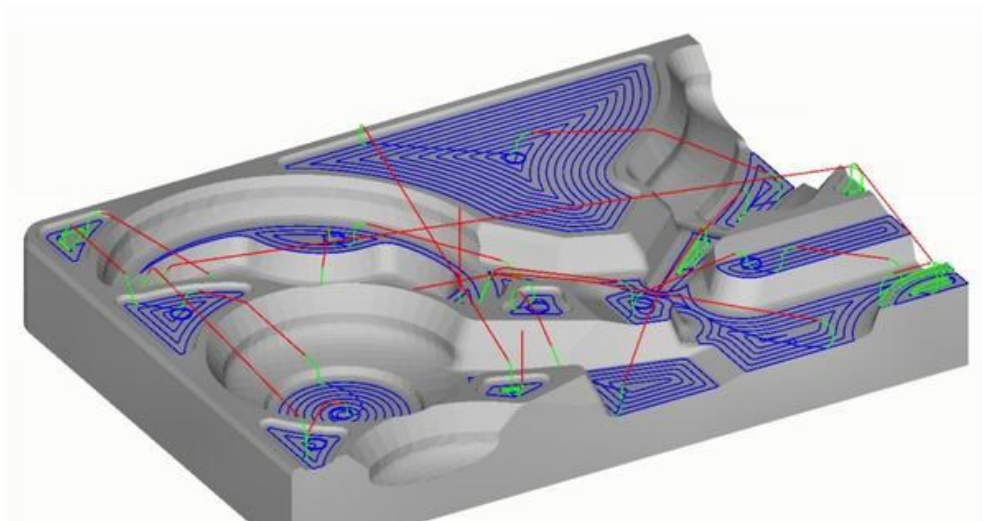
Řádkování je jedna z nejčastěji používaných dokončovacích strategií. Typicky se tato strategie používá pro dokončování mělkých (plochých) tvarů. Strategie je velice účinná a nejčastěji se používá tehdy, když je součást relativně mírně zakřivená - rovinná. Jednotlivé dráhy jsou vzájemně rovnoběžné ve směrech XY, ve směru Z pak kopírují obráběný tvar, tj výškově se řídí konturami geometrie součásti. Směr drah i jejich horizontální rozestupy lze libovolně volit. Pro dokončení celé tvarové plochy lze také použít tzv. dokončení do kříže. Povrch je obráběn kolmo na předchozí dráhy, avšak pouze na tu část tvaru, která v předchozím kroku nezískala potřebnou drsnost. [3]



Obrázek 12 Dokončování řádkováním [3]

Vodorovné oblasti (obrábění rovin)

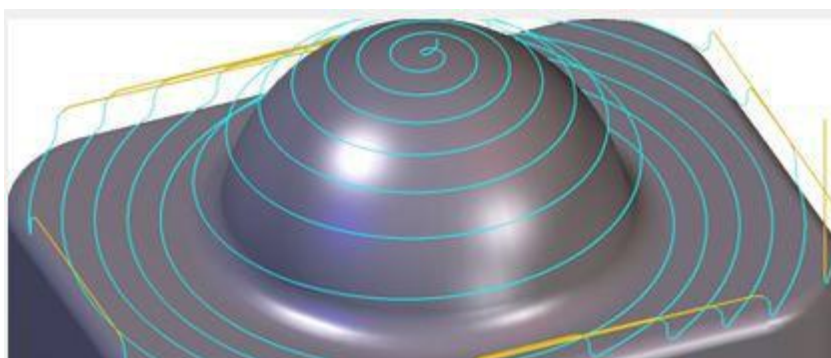
Obrábění rovin je strategie, která dokáže rozpoznat všechny vodorovné rovinné oblasti tvaru a pokrýt je ekvidistantními drahami odvozenými z hranice oblasti. Dráhy jsou plně vyhlazené, stejně jako u hrubovacích strategiích. Obdobně jsou aplikovány i způsoby zavrtání (po šroubovici, rampováním) a vyhlazení drah přejezdů nástroje. Uživatel má možnost obrobit tyto rovinné oblasti na libovolný počet úběrů. [3]



Obrázek 13 Dokončování vodorovných oblastí [3]

Spirálně

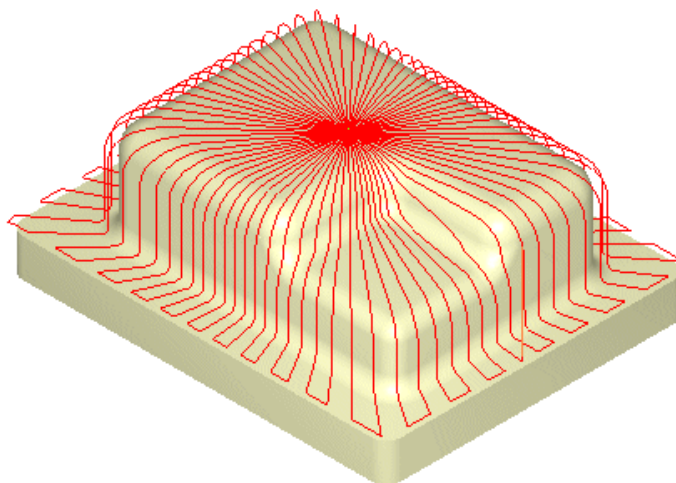
Spirální strategie dokončování se užívá pro dokončování regionů, které obsahují přibližně kruhové tvary, tedy pro součásti tvaru kulového vrchlíku. Dráha nástroje je ve tvaru spirály, která začíná na nejvyšší, nebo nejnižší hloubce obrábění. [1], [2]



Obrázek 14 Dokončování po spirále [1], [2]

Dokončování paprsky

Tato strategie je také označována jako radiální obrábění. Paprsková strategie je způsob obrábění pro součásti hvězdicovitého nebo kruhového charakteru. Všechny dráhy se rozbíhají ze středového bodu s možností vynechání blízké oblasti kolem středu, kde by docházelo k přílišnému zahuštění drah. Lze volit velikost průměru a posunutí středu. Tato strategie je ideální pro použití na tvary, které jsou tvořeny mělkými zakřivenými plochami, a na kruhové oblasti splňující podmínku kontaktního úhlu s nástrojem v rozmezí $0^\circ - 40^\circ$. Dobrých výsledků i se dosahuje při obrábění tvarů optických ploch. [1], [2]

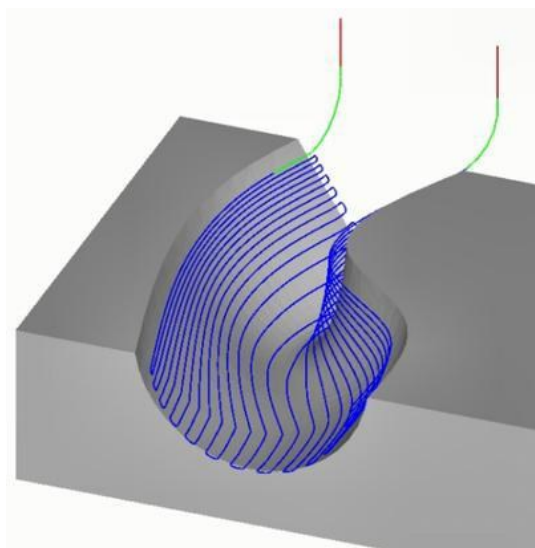


Obrázek 15 Dokončování po paprskových drahách [1], [2]

Dokončování podle řídicích křivek

Tato strategie umožňuje obrábět mezi dvěma uživatelem definovanými křivkami. Křivky mohou být otevřené nebo uzavřené. Lze volit, zda má obrábění probíhat rovnoběžně nebo kolmo na zvolené křivky. Vytvořená dráha bude tvořit postupné přechody od jedné křivky ke druhé v závislosti na geometrickém tvaru obou křivek. Vzniknou tak dráhy nástroje, kterými lze účinně dokončovat složité tvary. Obrábění mezi křivkami generuje dráhu nástroje na základě hranic tvarů a směrových profilů. Dráhy probíhají přes plochu souběžně s tvarem a ve směru odvozeném od průběhu okolních hranic. Každá dráha má ohled na tvar předcházející dráhy a přejímá některé charakteristiky dráhy následující, čímž dochází k plynulým změnám ve tvaru drah. Obrábění mezi křivkami je vhodnou dokončovací strategií dosahující kvalitního povrchu a vysoké produktivity na mírně proměnlivých podélných tvarech se zakřiveným profilem.

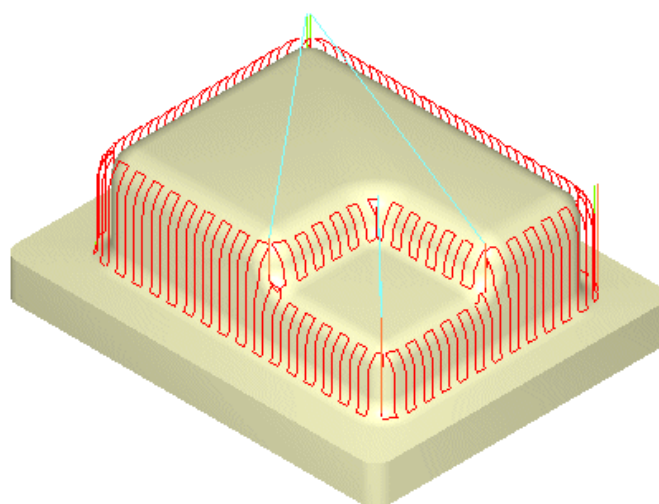
Podobnou strategií je strategie obrábění po křivce. Tato strategie je vhodná pro obrábění izolovaných oblastí nebo útvarů. Touto strategií probíhá obrábění podél křivky. Je nutné určit jeden nebo více obráběcích regionů, směr a tvar obrábění. Nástroj současně sleduje region a kontury součásti, která se nachází pod ním. [1], [2]



Obrázek 16 Dokončování mezi křivkami [1], [2]

Paralelní dokončování strmých oblastí

Tato strategie se používá pro obrábění strmých oblastí. Jsou to oblasti, které jsou definovány určitým úhlem vůči vertikále. Tato strategie se typicky používá tehdy, když zůstane po provedení dokončování na strmých oblastech zvýšená drsnost ve směru kolmém na posuv (tzv. řádky). Úhel obrábění je nastaven tak, aby byl vždy kolmý ke strmým oblastem. Díky tomu pak fréza zanechá co nejmenší řádky. [1], [2]

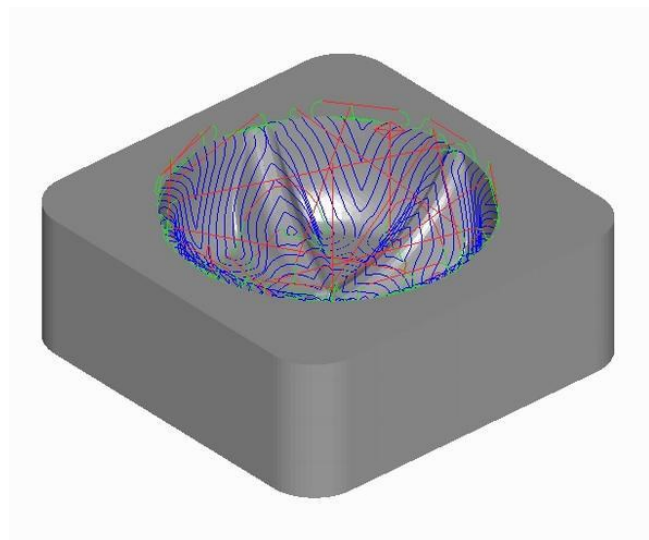


Obrázek 17 Paralelní dokončování strmých oblastí [1], [2]

Strategie rohový offset

Další možnou strategií je Rohový offset (užívaná v SolidCAMu). Tato strategie je podobná strategii Z průřezu (Konstantní krok). Tato strategie vytvoří dráhu nástroje s ohledem na ostré kouty tak, aby pohyb nástroje probíhal souběžně s kouty.

Může se tak postupně přiblížit do obtížně obrobitelné oblasti bez rizika výrazné změny řezných podmínek, jako je přílišná velikost úhlu styku nástroje s materiálem (v praxi označována jako opásání nástroje) a množství odebíraného materiálu. Nastavení rozdílné šířky řezu (kroku nástroje) dle zakřivení povrchu je efektivní pro obrábění komplexních a složitých tvarů. [3]



Obrázek 18 Strategie rohový offset [3]

3 Přehled současného stavu výroby vřetene

V následující kapitole bude představena firma zastřešující výrobu vřetene a jeho konstrukce. Dále se budeme zabývat technologií výroby. Popíšeme si strategie drah nástrojů při obrábění, technologické postupy, upínání, nástroje, upínky a nástrojovou paletu.

3.1 Představení firmy TOS Olomouc

Historie

Společnost TOS Olomouc, s.r.o. byla založena roku 1950. V průběhu času se firma zaměřovala na výrobu a vývoj různých obráběcích strojů, přičemž získala tradiční zázemí a zaslouhuje si tak být považována za renomovaného výrobce, který se dnes úzce specializuje na výrobu konzolových frézek.

A to od roku 1964, kdy byla zkonstruována a do výroby uvedena frézka FA3, která se v různých modelech vyráběla až do roku 2003. Během existence firmy bylo vyprodukováno na 30 000 obráběcích strojů.

1922 založení firmy WAGNER, provádění elektroinstalačních prací a výroba elektrotechnických zařízení
1935 výroba prvního obráběcího stroje – bezhroté brusky BBZ 45
1937 expedice prvních tří kusů strojů BBZ 45 do Anglie a Indie
1948 znárodnění firmy WAGNER a spol., připojení firmy SVOBODA
1950 vznik národního podniku TOS v Olomouci s pobočnými závody TOS Lipník (1.1.1951) a TOS Svitavy (1.1.1952)
1958 podnik TOS Olomouc byl začleněn jako pobočný závod pod podnik TOS Kuřín, n.p.
1964 Zahájení výroby frézky FA3
1969 TOS Olomouc, n.p. je opět samostatným podnikem v rámci trustu Továrny strojírenské Techniky – TST Praha
1972 vyroben prototyp a ověřovací série numericky řízeného stroje druhé generace –FB 25V CNC
1973 realizace třetího vývojového stupně vývoje obráběcích center MC FV 63 a MC FH 63
1985 do provozu byla uvedena nejmodernější výrobní linka pro opracování nerotačních dílů o rozměrech 400x400x400mm - pružný výrobní systém PVS 400
1987 výroba bezobslužného obráběcího stroje
1993 Privatizace a změna obchodního názvu na Obráběcí stroje Olomouc, s.r.o.
2008 Po auditu TÜV udělen certifikát systému řízení jakosti ČSN EN ISO 9001:2001 Návrat k původnímu obchodnímu názvu TOS Olomouc, s.r.o.

Současný profil společnosti

Firma je ověřena certifikátem řízení ČSN EN ISO 9001:2001, který získala v roce 2008 od inspekční firmy TÜV.



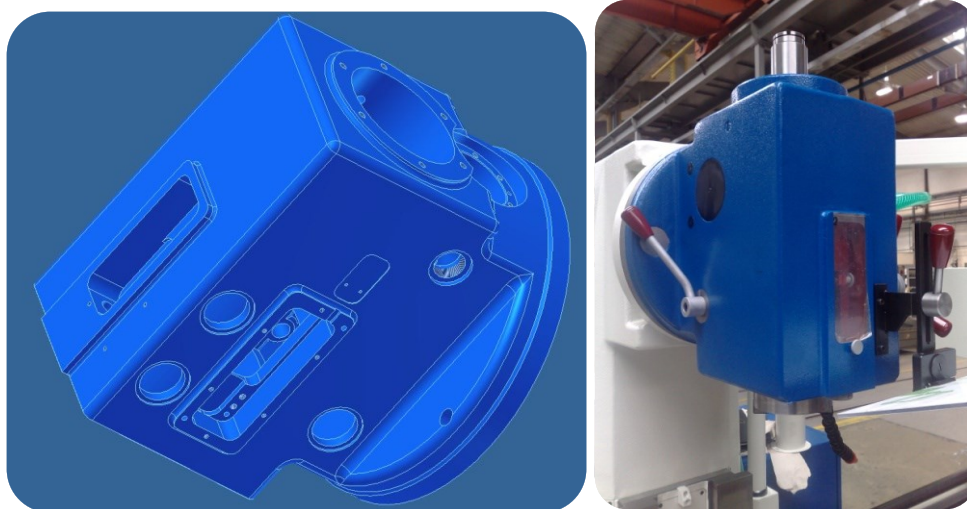
Firma od roku 2008 užívá svůj původní název TOS Olomouc a je dceřinou společností firmy TOS Varnsdorf.

Dnes se firma specializuje nejen na výrobu frézek, ale také na kooperační výrobu strojních dílů, v nichž největší podíl na odbytu registruje u zahraničních výrobců obráběcích strojů. Kvalita a technická úroveň strojů této firmy je známá po celém světě.

3.2 Konstrukce vřetene

Těleso vřetene

Těleso vřetenové hlavy je odlitek. Sestava je doplněna o normálie a další strojní součásti, jako například hřídele, ozubená kola, pouzdra a další. Předlohová hřídel je osazena dvěma ozubenými koly. První v řadě je kuželové, které je v soukolí mající osy svírající úhel 90 stupňů, jeho pastorek přenáší kroutící moment z převodové skříně. Druhé v řadě je pastorek se šikmým ozubením který přenáší kroutící moment na další ozubené kolo se šikmými zuby, které je na hřídeli uloženo pomocí drážkového spoje. Odlitek pro těleso je ze šedé litiny. Díky schopnosti tohoto materiálu absorbovat chvění, se frézka stává stabilnější a tak i přesnější. Šedá litina je taktéž velmi dobře obrobitelná, takže složitější obráběcí procesy, které se na tělese provádí, pak nejsou tolik technologicky náročné. Soustava hřídelů, v pinole a ovládací prvky jsou v tělese většinou uloženy v soustavě distančních kroužků. Hmotnost obrobeného tělesa je necelých 100 kg. Před montáží se ještě těleso ošetřuje speciální barvou, která je odolná chladicím kapalinám, mazivům a odlétajícím třískám.



Obrázek 19 Těleso vřetene

Předlohová hřídel

Předlohová hřídel je prvním stupněm při přenosu kroutícího momentu z převodové skříně. Na hřídeli je nasazeno pouzdro s pery na vnitřním i vnějším průměru, pero ve vnitřní straně pouzdra slouží k přenosu kroutícího momentu z hřídele na druhé ozubené kolo a z prvního ozubeného kola na hřídel.

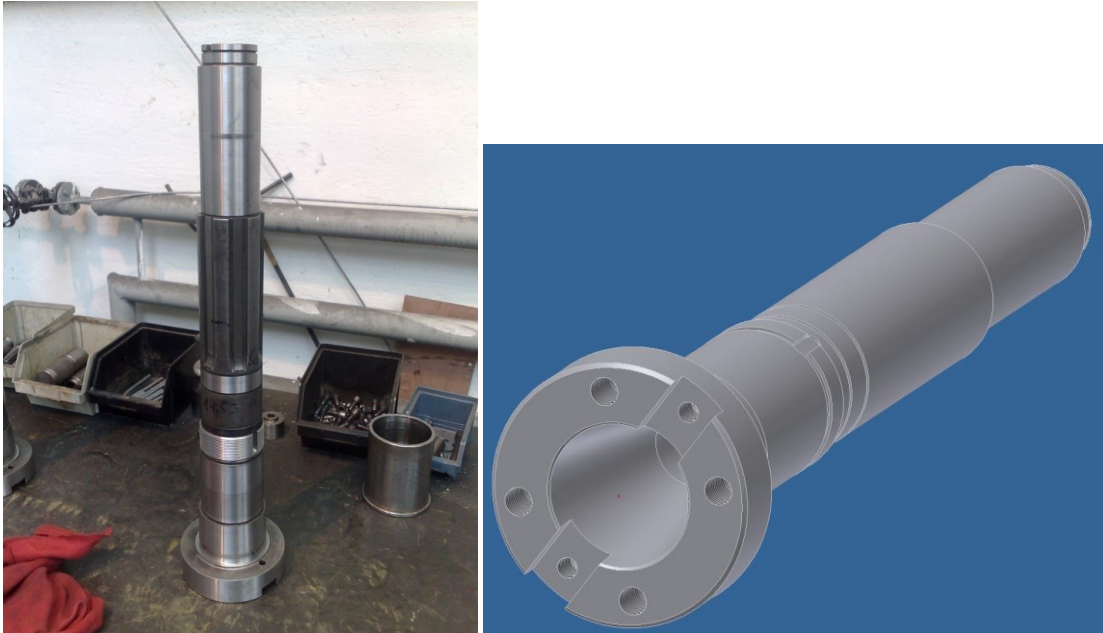
Pero na vnějším průměru přenáší kroutící moment z prvního ozubeného kola na hřídel a z hřídele na druhé ozubené kolo. Polotovár je ocel 14 220.3 žíhaná na měkko. Ocel 14 220 je všeobecně používaná pro tento druh strojních součástí, protože je dobře obrobitelná a po cementování má velmi tvrdou svrchní vrstvu a pevné jádro. Hřídel je po obrobení kalená a cementovaná do hloubky 0,6 mm.



Obrázek 20 Předlohová hřídel

Hřídel s Morse upínáním

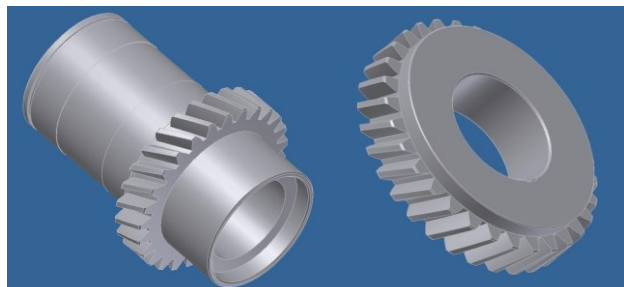
Dutá hřídel s rovnobokým drážkováním na průměru pro uložení ozubeného kola. Kroutící moment je tedy přenášen drážkováním. Uvnitř je kužel ISO 50, který slouží k upnutí nástroje. Nástroj je upnut pomocí upínacího šroubu, ten je shora hlavy dotahován



Obrázek 21 Hřídel s upínačem

Ozubená kola

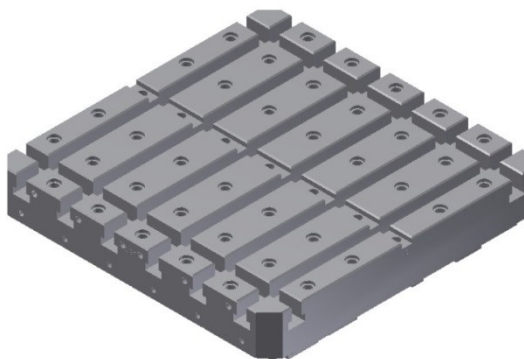
Z důvodu eliminace rázů při rozběhu a řazení jsou ozubená kola konstruována se šikmými zuby. První je kuželové z polohou os soukolí 90° , kvůli přenosu kroutícího momentu z převodovky, kde je hřídel přenášející kroutící moment axiálně uložena, na hlavu, kde je hřídel uložena radiálně.



Obrázek 22 Ozubená kola

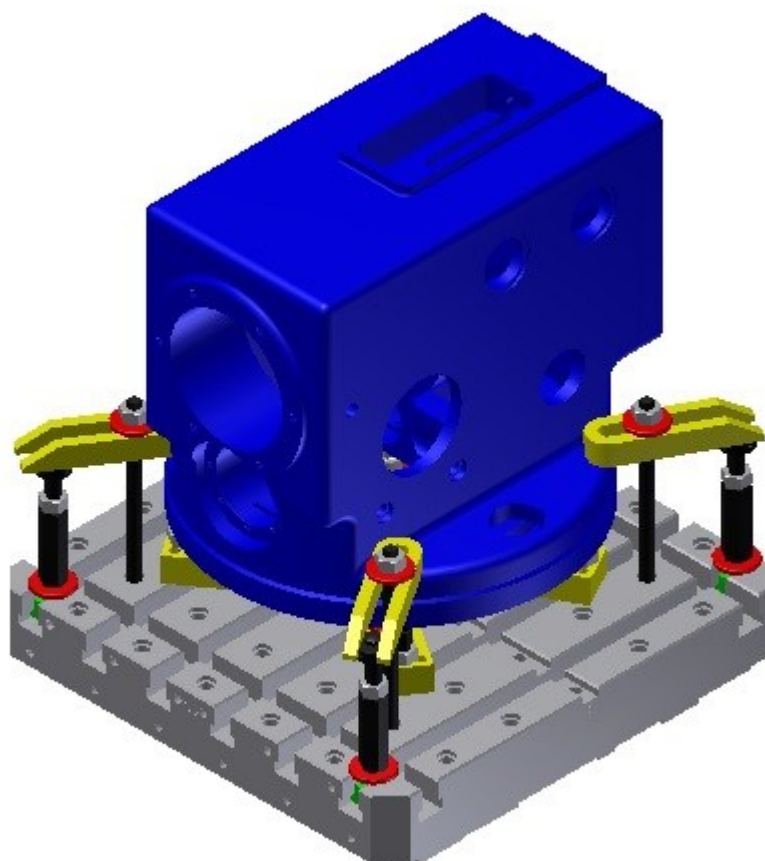
3.3 Technologie výroby

Těleso vřetene se vyrábí na horizontálním CNC frézovacím centru, které je součástí PVS linky. Polotovár je upnut na upínací otočné paletě v soustavě upínacích a stavěcích prvků. Tato paleta je ke stroji dopravována dopravníkem a automaticky založena. Výroba probíhá celkem ve třech upnutích. Při každém upnutí se paleta podle potřeb otáčí. Při každém otočení je proveden určitý počet operací. Nástroje jsou zakládány automaticky z nástrojového regálu. V prvních dvou upnutích probíhají hrubovací operace a některé dokončovací operace. Ty nelze v důsledku teplotní roztažnosti provádět ve dvou upnutích, ve druhém upnutí totiž probíhají silově velmi náročné hrubovací operace a odlitek je velice tepelně zatížen. Aby bylo možné na posledních dokončovacích operacích dosáhnout požadované rozměrové přesnosti a kvality povrchu, musí se po druhém upnutí vřeteno nechat určitý čas vychladnout a poté znovu upnout.

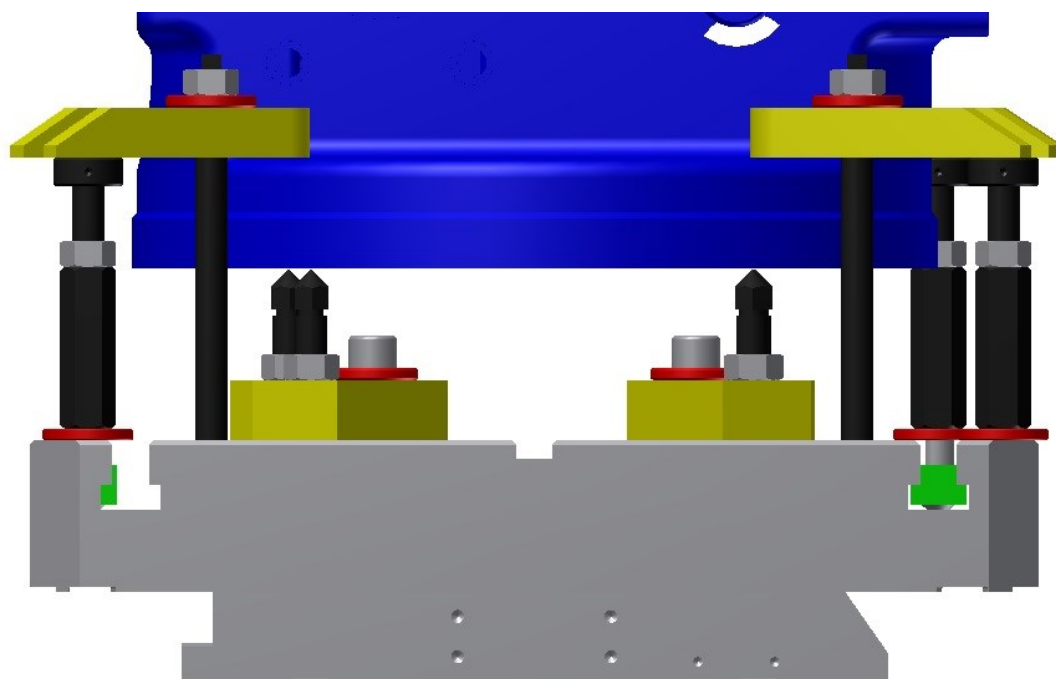


Obrázek 23 Upínací paleta

3.3.1 První upnutí



Obrázek 24 Iso pohled první upnutí



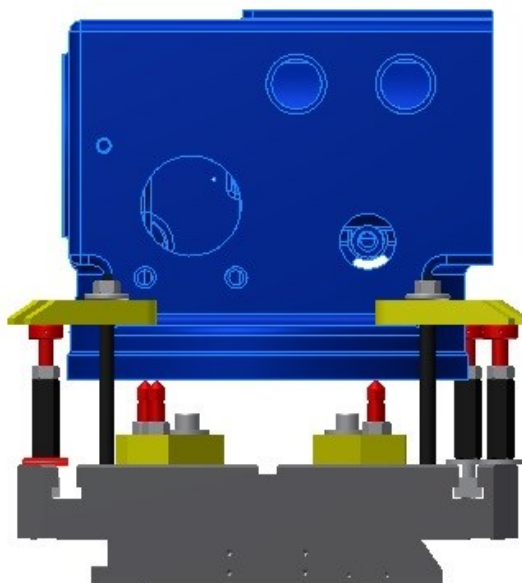
Obrázek 25 Detail soustavy upnutí

V prvním upnutí se vyhrubují čela odlitku a otvory pro hřídele a ložiska. Boční strany jsou dále dokončeny.

Dokončení otvorů a funkčních ploch se z důvodu teplotní roztažnosti přesouvá na 3. upnutí. Při obrábění se používá upnutí do stavebnice od firmy Vunar Nové Zámky, kompletní přehled upínacích prvků viz. příloha A. Používané nástroje viz. tabulka 1. NC kód viz. příloha D a rámcový technologický postup viz. příloha G. Každý nástroj na jedno upnutí ve sklíčidle obrobí potřebný počet operací v potřebném počtu otočení palety. Pro zjednodušení bude v dalších odstavcích obrábění členěno na strany palety 0, 90, 180 a 270°.

Operace v natočení palety na 0°

Čelní fréza řádkováním zarovná celou plochu strany. Hrubovacími tyčemi se vyhrubují velké otvory na spodní straně. Čelní frézou kruhovou interpolací v kapse se vyrobí sedla zásepky montážních otvorů na horní straně a sedla montážních šroubů na spodní straně. Sadou vrtáku a vrtacích tyčí jsou pak dokončeny všechny otvory.

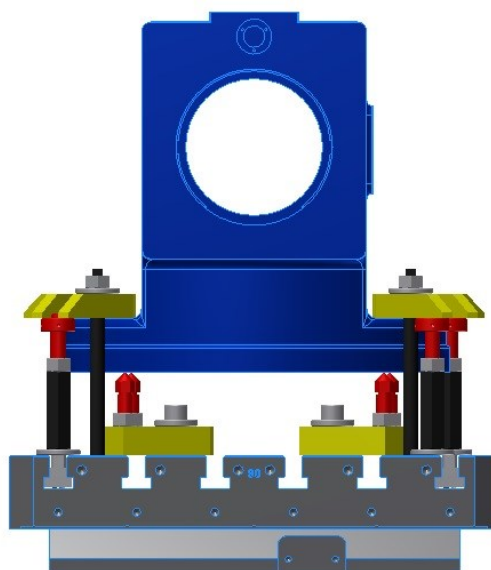


Obrázek 26 Operace v úseku 0°

Operace v natočení palety na 90°

Čelní fréza řádkováním zarovná celou plochu strany. Tato plocha je ve vztahu k pinole funkční, dále je důležitá její rovnoběžnost s protilehlou plochou na horní straně, dokončovací operace se z důvodu teplotních vlivů při obrábění provedou až na posledním upnutí.

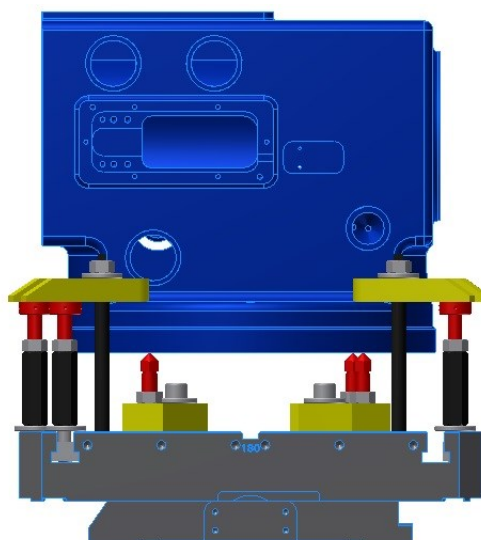
Hrubovací tyčí se vyhrubuje otvor pro pinolu, její dokončení s předchozích důvodů probíhá také ve třetím upnutí.



Obrázek 27 Operace v úseku 90°

Operace v natočení palety na 180°

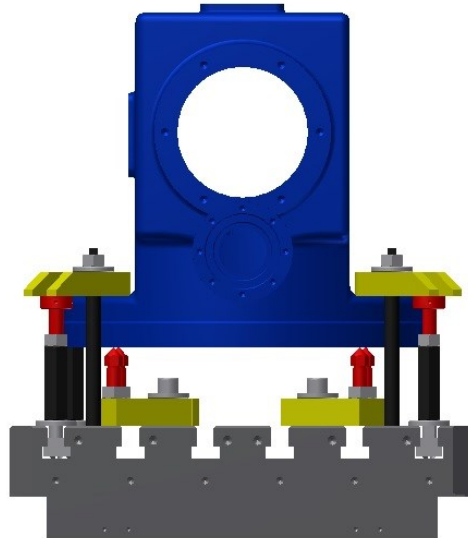
Čelní fréza řádkováním zarovná plochu okénka pro ovládání vrtacího posuvu. Sada čelních fréz pomalým posuvem a malou třískou obrobí kapsu okénka. Tato technologie je nevhodná z hlediska efektivity, později se budeme věnovat jejímu zefektivnění. Hrubovací tyčemi jsou vyhrubovány otvory, ty pak dokončí sada vrtacích tyčí, vrtáků a v případě děr se závity také závitníků. Sedla záslepek na montážní díry jsou kruhovou interpolací obrobena čelní frézou. Povrch okénka je dokončen nakonec čelní frézou strategií řádkování.



Obrázek 28 Operace v úseku 180°

Operace v natočení palety na 270°

Čelní fréza řádkováním zarovná plochu díry pro uložení ložisek. Hrubovací tyčí jsou vyhrubovány díry pro ložiska. Vrtacími tyčemi se zhotoví sedla pro ložiska v tělese. Čelní frézou interpolací v kruhu se vyhrubuje kruhová kapsa se sedlem pro vymezovací víko. Díry, povrchy a sedla pro ložiska jsou dokončeny až na třetí upnutí v důsledku teplotního namáhání během obrábění.



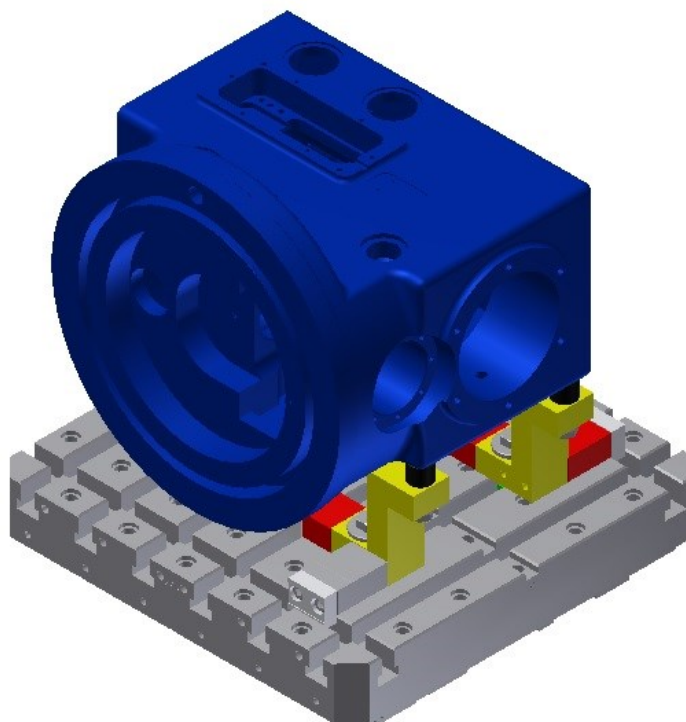
Obrázek 29 Operace v úseku 270°

Tabulka 1 Seznam nástrojů prvního upnutí

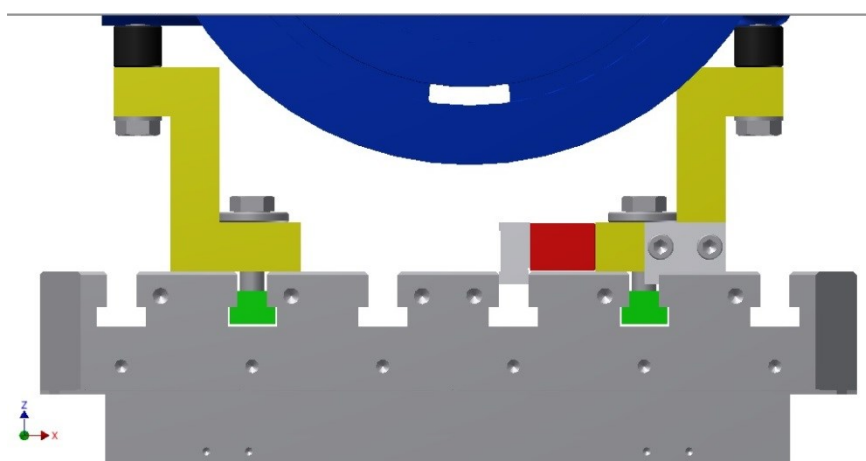
Nástroj	Čas
1. Fréza čelní 100	20
2. Hrubovací tyč 158	20
3. Hrubovací hlava 138	8
4. Hrubovací tyč 78	5
5. Hvězdice 50 SWN	5
6. Hrubovací tyč 60	5
7. Hrubovací tyč 54	5
8. Hrubovací tyč 98	5
9. Vrták 34,5	5
10. Navrtávák 18 TK	5
11. Vrták 14 DLOUHÝ	5
12. Fréza stopková 32*30 TK	20
13. Vrták 15	5
14. Vrták 11,8	5
15. Vrták 5	5
16. Vrták 20	5
17. Fréza na drážky 16 TK	10
18. Fréza vrtací 14	5
19. Vrták 5,9	5
20. Vrtací tyč 55,8	5
21. Vrtací tyč 99,6	5
22. Výstružník 22 H7	5
23. Vrtací tyč 56 H7	5
24. Vrtací tyč 100 H7	5
25. Závitník M16	5
26. Závitník M16 dlouhý	3
27. Závitník M6	5
28. Závitník M36x1,5	3
29. Fréza čelní 25 TK	5
30. Navrtávák 8 R0	3

Pozn. časy v tabulce nejsou časy strojní, nýbrž orientační naměřené obsluhou a obsahující i výměny.

3.3.2 Druhé upnutí



Obrázek 30 Iso pohled druhé upnutí



Obrázek 31 Detail soustavy upnutí

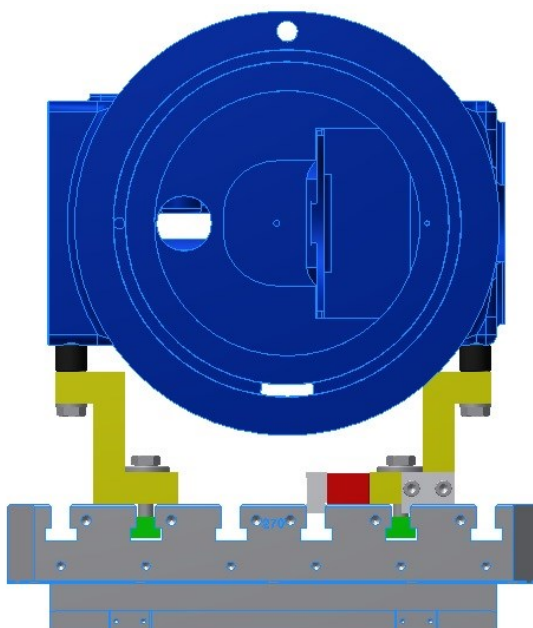
Ve druhém upnutí se vyhrubují dosud nepřístupná čela. Dále se vyhrubuje a vyvrtá otvor pro frézu na T drážky. Vyhrubuje se T drážka a ohrubuje kruhová kontura stykové plochy se stojanem. Vnitřní kruhová kapsa je rovněž vyhrubována. Dále se vyhrubují a dokončí vnitřní kapsy a kapsa odměřovacího okénka. Dokončení funkčních ploch se z důvodu teplené roztažnosti přesouvá na 3 upnutí.

Při obrábění se používá upnutí do stavebnice od firmy Vunar Nové Zámky, kompletní přehled upínacích prvků viz. příloha B.

Používané nástroje viz. tabulka 2. NC kód viz. příloha E a rámcový technologický postup viz. příloha H. Každý nástroj na jedno upnutí ve sklíčidle obrobí potřebný počet operací v potřebném počtu otočení palety. Pro zjednodušení bude v dalších odstavcích obrábění členěno na strany palety 0, 90, 180 a 270°.

Operace v natočení palety na 270°

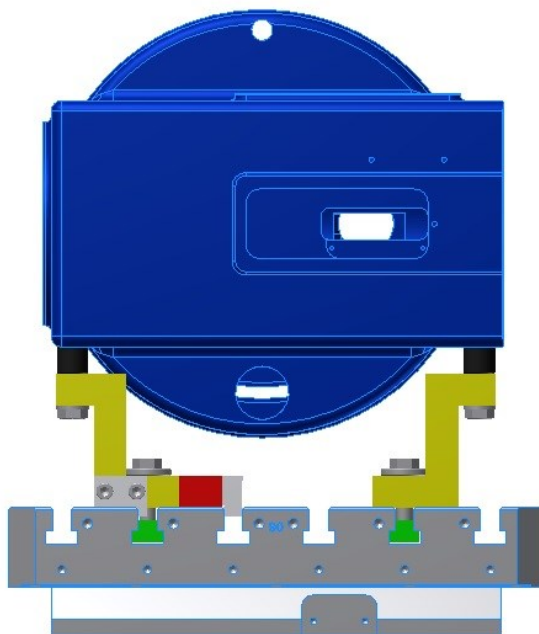
Čelní frézou je ohrubováno čelo. Válcovými frézami jsou obrobena vnitřní kapsy, kruhová kontura zvenku a kruhová kapsa zevnitř. Aby se zamezilo podřezání zkosení na zdaní straně kruhové kontury, tak se kotoučovou frézou tato strana nejprve zarovná, poté je obrobena zkosení. Stopkovou frézou je předhrubována T drážka. Vrtáky se vyvrtají díry. Hrubovací tyč vyhrubuje díru před kapsou. Fréza na T drážky se zapojuje na vodorovnou polohu, najede se s ní do předpřipraveného otvoru, kde se roztočí a pohybem zpátky zařeže do materiálu, kde následně kruhovým pohybem obrobí T drážku.



Obrázek 32 Operace v úseku 270°

Operace v natočení palety na 90°

Kopinatým vrtákem se vyvrtá díra na kruhové kontuře pro roztočení frézy. Čelní fréza zarovná čelo okénka pro odměřování. Válcovými frézami se obrobí kontury uvnitř okénka. Nakonec vrtáky vyvrtají díry.



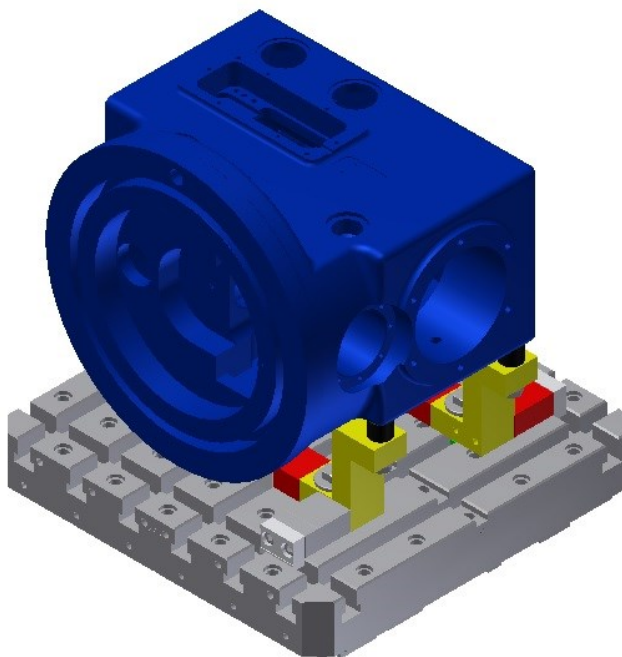
Obrázek 33 Operace v úseku 90°

Tabulka 2 Seznam nástrojů druhého upnutí

Nástroj	Čas
1. Fréza čelní SECO 100	10
2. Fréza stopková 50 TK	10
3. Vrták 20	2
4. Fréza stopková 18,2	15
5. Vrták kopinatý prodl. 40 SWN	2
6. Hvězdice 48 SWN	3
7. Hrubovací tyč 49,8 SWN	5
8. Vrtací tyč 50 H7	10
9. Zahl. Nástroj 40/21	3
10. Fréza na T drážky 30 TK	20
11. Fréza na T drážky 38 TK	20
12. Fréza kotoučová 60	10
13. Fréza úhlová 24/25	5
14. Hrubovací tyč 50	5
15. Fréza čelní 25 TK	6
16. Fréza válcová 16 RO	18
17. Fréza válcová 40 RO	12
18. Fréza na zápichy 16 x 2,4	10
19. Vrták 3,3	5
20. 1Navrtávák 13	2
21. Vrták 5,9	6
22. Vrták 6,8	5
23. Vrtací tyč 79,8	4
24. Vrták 5 Nástr.	1

Pozn. časy v tabulce nejsou časy strojní, nýbrž orientační naměřené obsluhou a obsahující i výměny.

3.3.3 Třetí upnutí

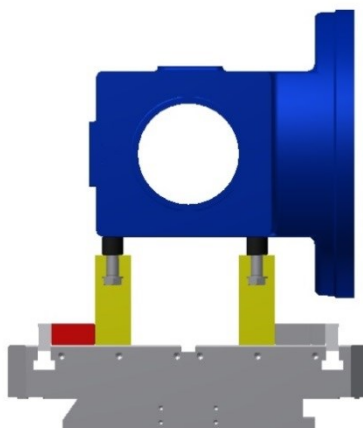


Obrázek 34 Iso pohled třetí upnutí

V tomto upnutí se částečně obroběný odlitek znovu upne, budou dokončeny všechny otvory, sedla a díry. Dále se zde zhotoví zkosení hran, dovrtnají díry a dokončí plochy na rovnoběžnost a malou drsnot. Při obrábění se používá upnutí do stavebnice od firmy Vunar Nové Zámky, kompletní přehled upínacích prvků viz. příloha C. Používané nástroje viz. tabulka 3.NC kód viz. příloha F a rámcový technologický postup viz. příloha I. Každý nástroj na jedno upnutí ve sklíčidle obrobí potřebný počet operací v potřebném počtu otočení palety. Pro zjednodušení bude v dalších odstavcích obrábění členěno na strany palety 0, 90, 180 a 270°.

Operace v natočení palety na 180°

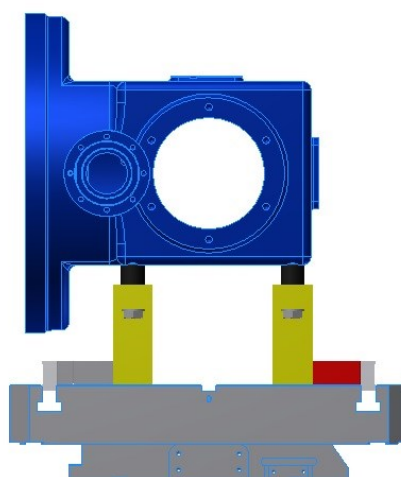
Zde se navrtávákem, vrtákem, vrtací tyčí a poté výstružníkem obrobí díra na seřizování odměřovacího nosu, malým vrtákem budou pak vyvrtány díry pro jeho aretaci. Dále se předdokončí a dokončí díra pro pinolu za pomoci hrubovací a vrtací tyče a čelní frézou se zarovná čelo.



Obrázek 35 Operace v úseku 180°

Operace v natočení palety na 0°

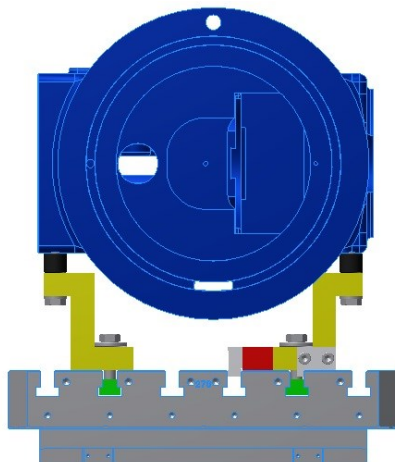
Hrubovací tyč předdokončí otvor pro ložiska, ta je poté dokončena vrtací tyčí. Sedla pro ložiska jsou rovněž dokončena vrtací tyčí. Čelní frézou se zarovnají čela na požadovanou rovnoběžnost s protilehlou plochou. Toto obrábění bude v následující kapitole rovněž zefektivněno. Vrtáky a závitníky se zhotoví otvory pro šrouby. Úhlovými frézami se dokončí zkosení. Zkosení z vnitřních stran budou obrobena tyčí na srážení hran.



Obrázek 36 Operace v úseku 180°

Operace v natočení palety na 270°

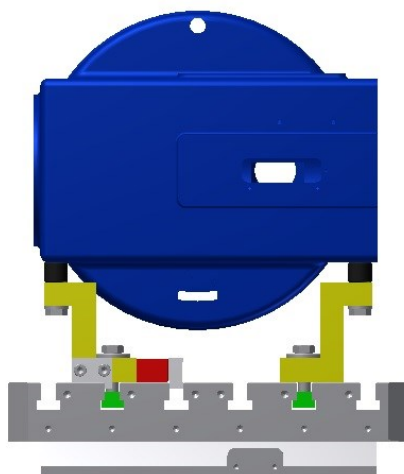
Při tomto natočení se vrtacími hlavami dokončí průměry vnější kontury a vnitřní kruhové kapsy. Nožovou hlavou s KNB destičkou se zarovná povrch na Ra 0,8. Válcová fréza vyhladí stranu nad T drážkou. Dále se vrtací tyčí dokončí otvor uvnitř kontury, srazí hrany úhlovou frézou a dostruží díry výstružníkem.



Obrázek 37 Operace v úseku 270°

Operace v natočení palety na 90°

Zde se pouze zhotoví závity a dorovná čelo.



Obrázek 38 Operace v úseku 90°

Tabulka 3 Seznam nástrojů třetího upnutí

Nástroj	Čas
1. Vrtací tyč 159,4	5
2. Navrtávák 13	3
3. Vrták 20	2
4. Vrtací tyč 21,9	4
5. Výstružník 22H7	4
6. Vrták 2,5	3
7. Fréza na drážky 25 TK	5
8. Fréza na drážky 6 FRAISA	2
9. Vrtací tyč 139,4	9
10. Vrtací tyč 169,8	10
11. Vrtací tyč 51,9	6
12. Fréza kotoučová 32	10
13. Nožová hlava KNB 100	6
14. Tyč na sražení hran 172	3
15. Vrtací hlava 400 – 0,2	10
16. Vrtací hlava 250 H6	12
17. Fréza úhlová 25*45	6
18. Vrtací tyč 170 H7	8
19. Závitník M6	5
20. Závitník M6	5
21. Hrubovací tyč 49,8 SWN	10
22. Výstružník 50 H7	3
23. Vrtací tyč 52 H7	11
24. Fréza čelní 100	10

Pozn. časy v tabulce nejsou časy strojní, nýbrž orientační naměřené obsluhou a obsahující i výměny.

4 Inovace technologie obrábění vřetene.

V této kapitole se zaměříme jen na první upnutí, konkrétně na operace vykapsování okénka pro ovládání vrtacího posuvu.

4.1 Obrábění okénka pro vrtací posuv

Z předchozí kapitoly víme, že je toto okénko obráběno několika nástroji, malým posuvem a malou třískou. Toto je dáno stářím programu. V dnešní době kdy firma těleso může vyrábět na renovovaném stroji s CNC řízením HEIDENHAIN, je možné použít technologie pro kapsování jedním nástrojem. Toto ušetří čas nejen na výměnách nástrojů, ale také při samotném obrábění je díky této strategii samotný řezný proces mnohem rychlejší.

Původní nástroje a řezné podmínky operace

Z NC kódu pro první upnutí viz. příloha D byla určena celková dráha, kterou nástroj během obrábění vykonal. Z této dráhy a posuvu rovněž určeného na základě NC kódu byl určen čas obrábění obou nástrojů, jak hrubovacího, tak dokončovacího.

Hrubovací nástroj:

Čelní fréza 32 (RO): $f = 150$, $i = 6$, $t = 14,75$

Dokončovací nástroj:

Válcová fréza 20 (RO): $f = 80$ v rozích fréza zpomalí až na $f = 20$, $i = 2$, $t = 15$

Pozn. zde bylo z hlediska proměnného posuvu během operace čas výhodnější určit změřením času stopkami u stroje spuštěním sekvence naprázdno.

Výměna nástroje trvá 20 s

Celkový čas operace kapsování okénka: $t = 30,08$

Nový nástroj:

Válcová čelní fréza CoroMill Plura: $f = 450$, $i = 4$, $t = 4,35$

Výkres nástroje viz. příloha K.



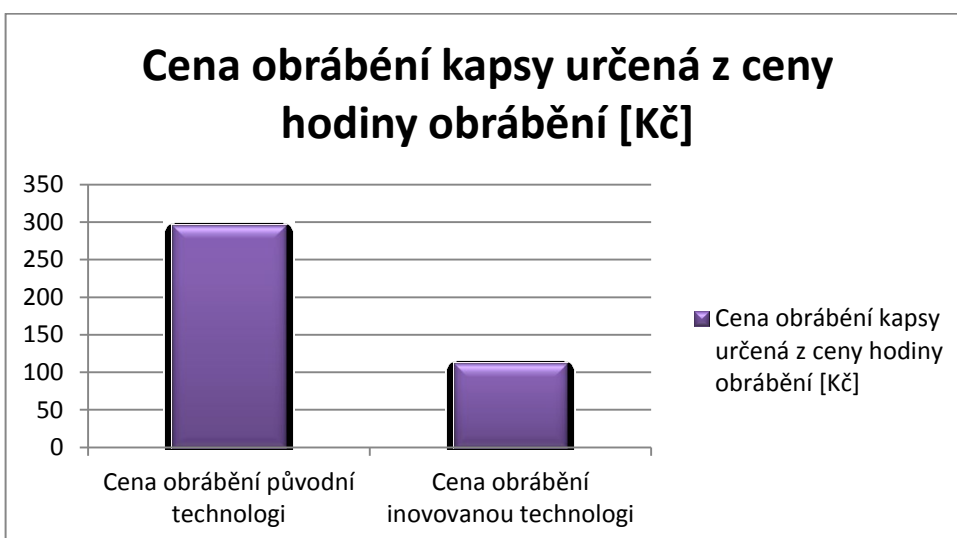
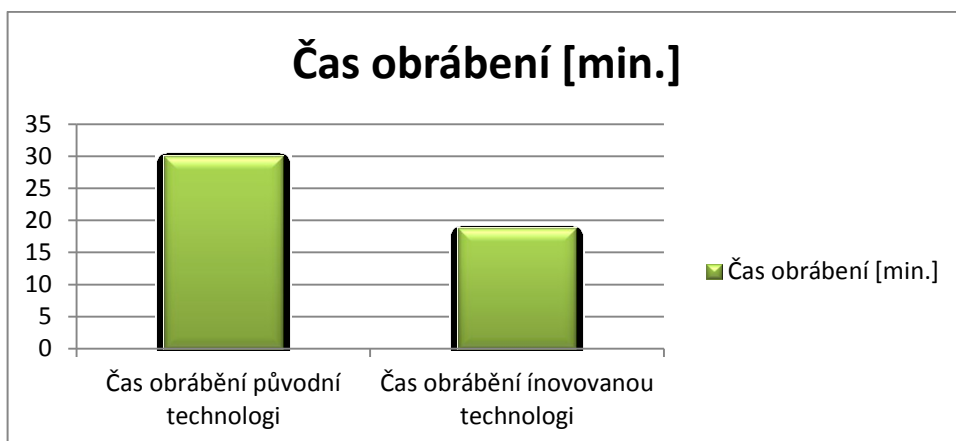
Obrázek 39 Fréza CoroMill Plura

4.2 Úspora dosažená změnou nástroje

Nový nástroj je propagován jako ideální řešení pro frézování do rohů. Zhodnocením úspor času obrábění v sérii výroby 100 kusů získáme přehled o tom, jak se nám nový nástroj dokáže vyplatit.

Cena jedné hodiny obrábění na PVS lince ve Firmě TOS Olomouc je:	590 Kč
Čas přechozího obrábění i s výměnou nástroje na dokončování byl:	30,08 min.
Čas obrábění novým nástrojem:	11,39 min.
Celková časová úspora:	18,69 min.

V sérii 100 kusů obráběných vřeten je úspora času 18,98 hodin, nástroj tedy z nákladů na obrábění ve sto kusové sérii ušetří 11 198,20 Kč.



5 Multimediální podpora

Jako průvodce celé problematiky byl vytvořen off-line web, který obsahuje přehled použitých technologií, strategií a nástrojů. Student jeho prostřednictvím může zjistit, jak a jakým nástrojem dojde k obrobění jednotlivých ploch. Web je vytvořen v dobře dostupném software Microsoft FrontPage, není tedy problémem jej doplnit o další informace, či jiné praktické příklady a rozšířit tak jeho výukové možnosti.

Multimediální podpora viz. příloha J.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat strategie drah 3osého obrábění. Rozebrat současný stav technologie výroby tělesa vřetene a zpracovat multimediální podporu pro průvod danou problematikou. V průběhu práce bylo shledáno, že technologie obrábění nejsou v souladu s dnešními standardy a je možné tyto technologie inovovat a zlepšit tak efektivitu výrobního procesu.

Po zpracování teoretické části týkající se strategií obrábění bylo představeno obrábění daného tělesa. Na základě konzultací s firmou TOS Olomouc byl sestaven upínací systém. V souladu s dostupnými NC kódy pro jednotlivá upnutí byl určen technologický postup obrábění, to musí s ohledem na teplotní účinky řezných cyklů probíhat ve třech upnutích. Ve druhém upnutí pobíhají náročné řezné procesy a tak je nutné dokončování provést po určité době chlazení odlitku. Během rozboru operace kapsování otvoru pro upevnění ovládání vrtacího posuvu, byli současné dráhy a nástroje v nesouladu s dnešními možnostmi pro jejich řízení pomocí CAM software. Dráhy byly přepracovány a nástroje změněny, výsledek práce je zahrnut v multimediální podpoře a kapitole 4 Inovace technologie obrábění vřetene.

Z technicko-ekonomického hlediska byl zhodnocen přínos přepracování dráhy a výměny nástroje. Bylo zjištěno, že nový monolitní nástroj firmy Sandvik ve spojení s novou strategií drah vygenerovanou pomocí CAM software, dokáže ušetřit poměrně velké finanční prostředky a pracuje v nepoměrně kratších časech.

V závěru projektu byly výsledky práce shrnuty formou multimediální podpory v podobě internetových stránek. Jsou zde popsány technologie obrábění jejich strategie a použité nástroje. Další částí jsou animace simulací inovačních řešení v CAM software. Závěry jsou rozděleny na dvě hlavní části. První část, rozdělena na 3 části, z nichž každá je jedno upnutí, se zaměřuje na původní technologie a druhá na technologie inovované CAM softwarem a jejich animace.

Seznam použitých zdrojů

- [1] SADÍLEK, M.; SADÍLKOVÁ Z. [I]Počítačová podpora procesu obrábění. [i] VŠB – TU Ostrava, 2012, 149 s., Dostupné na: <http://vyuka.fs.vsb.cz/>. ISBN 978-80-248-2770-4.
- [2] MecSoft Corporation RhinoCAM. Začínáme s RhinoCAMem, uživatelská příručka. 150 s. 2005.
- [3] HSM Hrubovací strategie. TOP TECH [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.top-tech.cz/SA531B1820C1840D0S0-hsm.html>
- [4] 3D frézování. Delcam: Advanced Manufacturing Solutions [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.cam-pro-solidworks.cz/cnc-programovani-v-solidworks/3d-frezovani/>
- [5] CAM systémy a hodnocení strategií obrábění. CAM.CZ [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/2385-cam-systemy-a-hodnoceni-strategii-obrabeni.htm>

Seznam příloh

Příloha A	Výkres upnutí 1
Příloha B	Výkres upnutí 2
Příloha C	Výkres upnutí 3
Příloha D	NC kód upnutí 1
Příloha E	NC kód upnutí 2
Příloha F	NC kód upnutí 3
Příloha G	Rámcový technologický postup upnutí 1
Příloha H	Rámcový technologický postup upnutí 2
Příloha I	Rámcový technologický postup upnutí 3
Příloha J	Multimediální podpora
Příloha K	Výkres nástroje CoroMill Plura