

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Verifikace frézovacího centra DMU 50 v CAM systému Mastercam

Verification of Milling Machine DMU 50 in CAM system Mastercam

Student:

Petr Hamrozi

Vedoucí bakalářské práce

doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Petr Hamrozi**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Verifikace frézovacího centra DMU 50 v CAM systému Mastercam**
Verification of Milling Machine DMU 50 in CAM System Mastercam
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Problematika simulace a verifikace procesu obrábění.
2. Převod jednotlivých částí stroje DMU 50 do počítačové podoby.
3. Verifikaci stroje DMU 50 v prostředí CAM systému Mastercam.
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.
[2] SADÍLEK, M.; KOSAŘ F. *Řešené praktické příklady v CAM systému Mastercam*. VŠB – TU Ostrava, 2011, 169 s.
[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: **doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, 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 16.5.2016

..... *J. M. M. M. M.*

podpis

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji 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 nevydělečně ke své vnitřní potřebě 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 16.5. 2016

.....
.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Petr Hamrozi

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Polní 36

Český Těšín 737 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HAMROZI, P. *Verifikace frézovacího centra DMU 50 v CAM systému Mastercam : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 46 s. Vedoucí práce: SADÍLEK, M.

Bakalářská práce je zaměřena na Verifikaci frézovacího centra DMU 50 v CAM systému Mastercam. V teoretické části se práce zabývá charakteristikou CAM systému a základními pojmy spojené se systémem CAM. Praktická část je zaměřena na úpravu poskytnutého modelu frézovacího centra DMU 50 v CAD systému a zavedením modelu frézovacího centra do prostředí Mastercam. V další části je uveden návod na vytvoření simulace frézovacího centra, postup vkládání centrálního upínače CU T 77 a obrobku. V poslední části je uveden program na poskytnuté součásti a následná verifikace a simulace stroje.

ANOTATION OF THESIS

HAMROZI, P. *Verification of Milling Machine DMU 50 in CAM System Mastercam : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2016, 46 p. Thesis head: SADÍLEK, M.

The bachelor thesis is focused on verification of a milling centre DMU 50 in CAM system called Mastercam. The theoretic part of thesis is about CAM system and about basic concepts related to CAM systems. Practical part is focused on modification of the provided model of milling centre DMU 50 in CAD system and on installation of the milling centre to the environment of Mastercam. In the next part, there are installation of the milling centre simulation, for a setup and procedure of inserting the central fixture CU T 77 and a workpiece in to the machine. In the last part, there is a program for provided parts and a following verification and simulation of machine behaviour.

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	8
1 Úvod.....	9
2 Charakteristika CAD/CAM systémů.....	10
2.1 CAD/CAM systém.....	10
2.2 NC program	11
2.3 Struktura programu	11
2.4 Historie CAD/CAM systémů.....	12
2.5 Dělení CAM systémů.....	12
2.6 Uplatnění CAD/CAM systémů v praxi.....	12
3 Víceosé frézování.....	14
4 Struktura výroby v CAD/CAM systémech	16
5 Simulace a verifikace procesu obrábění v CAM systému	17
6 Postprocesor	19
6.2 Rozdělení postprocesorů.....	20
7 Popis stroje DMU 50.....	21
8 Sestavení stroje DMU 50 v prostředí Mastercam	23
8.1 Úpravy jednotlivých částí frézky v prostředí Solid Edge ST4	23
8.2 Příprava modelu frézovacího centra k vytvoření simulátoru stroje v prostředí Mastercam.....	26
9 Vytvoření simulátoru stroje.....	27
10 Vložení centrálního upínače CU T 77 do prostředí Mastercam.....	30
11 Nastavení operací obrábění	33
11.1 Definování polotovaru	33

11.2	Technologický postup tvorby programu.....	33
12	Způsoby simulace a verifikace v Mastercamu.....	35
12.1	Simulace stroje.....	35
12.2	Simulace drah nástroje.....	39
12.3	Verifikace.....	40
13	Závěr	42
14	Použitá literatura	43
15	Seznam příloh.....	45

Seznam použitých zkratk

Značení	Význam
CA	počítačem podporovaný systém
CAD	počítačem podporovaný návrh
CAE	počítačem podporované inženýrství
CAM	počítačem podporovaná výroba
CNC	počítačem číslicově řízený
D	dráha nástroje v číslicově řízeném obrábění
G	geometrické funkce při obrábění
HSC	vysokorychlostní obrábění
M	pomocné funkce při obrábění
N	věta v číslicově řízeném obrábění
NC	čísllicově řízený
S	otáčky nástroje v číslicově řízeném obrábění [min^{-1}]
T	nástroj v číslicově řízeném obrábění
XYZ	osy souřadného systému
*.asm	přípona sestav vytvořených ve formátu ASM
*.exe	přípona, ve které je spustitelný program uložen ve formátu EXE
*.gif	grafický formát s příponou GIF
*.par	přípona modelu vytvořeného ve formátu PAR
*.stl	přípona modelu vytvořeného ve formátu STL
*.stp	přípona sestav vytvořených ve formátu STEP
*.xml	přípona definic stroje ve formátu XML

1 Úvod

Stále zvyšující se konkurence nutí firmy a osoby samostatně výdělečně činné používat novější výrobní technologie, které zvyšují množství výroby a zároveň snižují náklady vzniklé při výrobě. V dnešní době používání CNC strojů s technologií použití do tří os nestačí. Proto se podniky snaží zařadit do výroby stroje s technologií použití více jak tří os a zavedením CAD/CAM systémů.

Rostou také požadavky na bezpečnost NC programů. NC program by měl být co nejbezpečnější a čas výroby co nejkratší. Proto použití těchto strojů ve výrobě přispívá ke zkrácení jednotlivých časů. V současnosti se stále více používá tzv. simulace a verifikace při obrábění, díky které se NC programy stávají bezpečnější, protože pomocí simulací a verifikací lze zjistit případné kolize mezi nástrojem a obrobkem nebo upínačem.

Cílem této práce je přiblížit funkci simulace a verifikace procesu obrábění frézovacího centra DMU 50 v CAM systému Mastercam, což může sloužit jak pro technology, tak i jako výukový materiál pro studenty katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie.

Jeden z hlavních úkolů práce je převod jednotlivých částí stroje DMU 50 do počítačové podoby pomocí CAM systému a vytvoření simulátoru tohoto stroje. Dále se tato práce zabývá vkládáním upínacích prvků do systému Mastercam a nastavením jednotlivých operací při výrobě na poskytnuté součásti. V poslední kapitole se práce zabývá ověřením procesu výroby v simulaci stroje.

Čtenář by se měl přečtením této práce seznámit se základní charakteristikou CAD/CAM systémů a problematikou víceosého frézování. Také by měl být schopen vytvořit simulátor stroje.

Cíle bakalářské práce:

- Charakteristika CAD/CAM systémů,
- Charakteristika víceosého obrábění,
- Úprava poskytnutého modelu frézovacího centra DMU 50,
- Vytvoření simulace stroje,
- Simulace a verifikace procesu obrábění na poskytnuté součásti,
- Realizace v praxi.

2 Charakteristika CAD/CAM systémů

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou simulace a verifikace frézovacího centra DMU 50 v CAM systému Mastercam. Jednotlivé modely frézovacího centra byly upravovány v CAD programu Solid Edge ST4, z tohoto důvodu se první kapitola věnuje charakteristice CAD/CAM systémů.

2.1 CAD/CAM systém

CNC stroje se programují ručně, nebo pomocí použití CAD/CAM systémů, které se spíše používají pro výrobu složitějších součástí. Příkladem takového systému je i program Mastercam. [1]

První část CAD je počítačem podporovaný návrh. Jedná se o modul, který počítačově podporuje konstruování. Mluvíme o návrhu nové součásti, kde se celá geometrie interaktivním způsobem modeluje a poté se zobrazí ve skutečné formě. Pomocí různých konstrukčních prvků se vytvoří model. K jednotlivým hranám lze připojit různé atributy jako např. barva nebo kóty. Výsledkem konstruování v CAD systému jsou modely, sestavy a výkresy, které mají další využití např. import modelu do prostředí CAM. [1]

Druhá část CAM je počítačem podporovaná výroba. Je to systém, který nachystá data a programy pro řízení CNC strojů. CAM využívá geometrické informace a jiné, které jsou vytvořené v systému CAD. Systém umožňuje simulovat sérii technologických operací při výrobě dané součásti. Simulují se dráhy nástrojů v různých odvětvích obrábění, jako jsou frézování, vrtání nebo soustružení, či jiné druhy obrábění. Po simulování a odzkoušení správnosti a bezpečnosti provozu výroby součásti je pomocí modulu vygenerován kód pro řízení NC a CNC strojů. Výsledek funkce modulu je partprogram. [1]

Partprogram se skládá s posloupností jednotlivých adres, který obsahuje kódový zápis geometrie a technologie součástí. Tato posloupnost adres jasně popisuje obráběcí postup, který je postprocesorem upravován pro konkrétní obráběcí stroj. [1]

Postprocesor zpracovává informace z geometrického a technologického procesu na daný NC stroj a používaný řídicí systém. Postprocesor rozmísťuje pozice nástrojů zásobníku. Dráhy nástrojů se mění do souřadného systému stroje. Stanoví se konečné otáčky vřetene a rychlosti posuvu. Výstup řídicího programu se uskuteční na nositeli informací, v kódu, ve kterém daný řídicí systém CNC stroje pracuje. [1]

Postprocesor je detailněji popsán v kapitole 6.

Vygenerovaný NC program se odešle na daný stroj. Lze to provést pomocí sítě, bezdrátovým přenosem nebo fyzickým přenosem dat (CD, flash disků apod.). [1]

2.2 NC program

NC program je soubor geometrických, technologických a pomocných informací, který vyžaduje řídicí systém obráběcího stroje.

Geometrické funkce určují dráhy nástrojů. Může to být úsečkou nebo kruhovým obloukem. Dráhy nástrojů jsou dány rozměry a tvarem obráběné součásti a pracovním posuvem nebo rychloposuvem stroje. U soustružení se dráhy nástrojů uvádí v osách X a Y a u frézek X, Y, Z, nebo i v dalších osách, to však záleží na konstrukci stroje. Zapisování geometrických funkcí se provádí podle normy ISO a značí se písmeny G. [1]

Technologické údaje jako posuv, hloubka řezu, otáčky vřetena, řezná rychlost, stanovují technologii obrábění. [1]

Pomocné údaje, nejčastěji se značí písmenem M, nesou informace o pomocných funkcích jako je zapnutí nebo vypnutí otáček vřetene. [1]

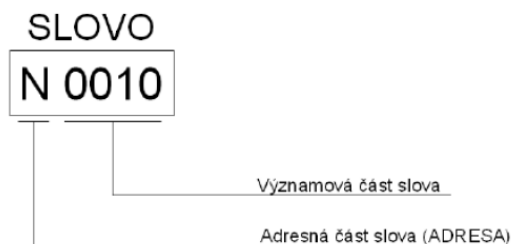
2.3 Struktura programu

Program se skládá z jednotlivých bloků, které se skládají z vět. Každý blok má své vlastní číslo a adresu. Adresa říká, kam bude informace směřována. Slovo může být rozměrové nebo bezrozměrové. [1]

Slovo rozměrové je tvořeno fyzikální veličinou, která představuje např. velikost otáček vřetena nebo velikost posuvu. [1]

A slovo bezrozměrové se dělí na přípravné funkce, které sdělují, jak se bude daný pohyb provádět, a na pomocné, které vyvolají určitou činnost stroje. [1]

SLOVO	SLOVO	SLOVO	SLOVO	SLOVO	SLOVO
N0010	G96	T1	D1	S150	M04



Obr. 1 Popis věty programu a jednoho slova v této větě [1]

2.4 Historie CAD/CAM systémů

Historie a vývoj CAD/CAM systémů začíná v polovině 20. století, kdy vznikl geometrický jazyk ATP. Významným datem je rok 1963, který můžeme považovat za počátek interakční počítačové grafiky, protože v tomto roce byly představeny výsledky vykreslení a manipulace grafických objektů na obrazovce. [1]

První CAD/CAM systémy byly vyvinuty hlavně pro oblast obrábění, což má v současnosti za následek dominantní postavení v této oblasti. Ze začátku se používaly čistě děrné pásky nebo děrné štítky. Zavedením CNC systémů se zvýšila produktivita a efektivnost obráběcích procesů. V dnešní době se CNC stroje využívají jak v hromadné, malosériové, tak i v kusové výrobě. V současnosti jsou CAD/CAM systémy nenahraditelným pomocníkem při tvorbě CNC kódu pro CNC obráběcí stroje. [1]

2.5 Dělení CAM systémů

CAM systémy se dělí podle několika kritérií podobně jako systémy CAD. Způsoby dělení jsou různá, např. podle velikosti systému. Tím se myslí využití konkrétní aplikace (množství obráběcích cyklů, doplňků nastavením a další). Dále se dělí podle ceny, použití, podle počtu licencí, podle propojení na další CA systémy, apod. Podle ceny lze CAM systémy dále dělit na CAM systémy malé, střední a velké. A podle propojení na další CA systémy na CAD/CAM systémy, tj. na speciální, a na systémy integrované komplexních CAD/CAM/CAE. [2]

2.6 Uplatnění CAD/CAM systémů v praxi

V praxi se setkáváme s tlakem konkurence, která nutí konstruktéry a technology pracovat na nových řešeních, jako např. zkrácení výrobních časů, rychlejší změna

výrobního programu, zlepšení kvality aj. Tato nová řešení doprovázejí i nové problémy. Tyto problémy je možné řešit použitím CAD/CAM systémů. [1]

V dnešní době se mnoho firem a osob samostatně výdělečně činných snaží do výrobního procesu zavést obráběcí stroje řízené počítačem. Faktory jako rychlost, přesnost, produktivita a efektivita jsou rozhodující pro existenci každé firmy. [1]

CAD/CAM systémy mají výrazné uplatnění při výrobě tvarově složitých součástí jako např. výroba forem a zápustek a to v celém strojném průmyslu nebo všude tam, kde není možné použít ruční obrábění z důvodu složitosti výrobku nebo tam, kde programování ručním způsobem je zdlouhavé. Také se uplatňují v nových technologiích obrábění, jako je suché obrábění, HSC obrábění nebo tvrdé obrábění. Různí výrobci CAD/CAM softwarů se soustředí na obrábění elektrod, umělecké obrábění např. výrobu prstenů a šperků, tvorby reliéfů. [1]

3 Víceosé frézování

Pod pojmem víceosého frézování rozumíme frézování s technologií použitím více jak tří os. Nejčastěji se setkáváme s technologií 5osého nebo 4osého frézování. 4osé obrábění je oproti 3osovému pohybu nástroje vybaven o např. otočný stůl nebo kloněním nástroje. Při 5tiosém frézování je možno obrábět plochy s libovolnou orientací, protože nástroj je schopen pohybovat se v 5ti osách. Je to docíleno plynulým natáčením vřeteníku nebo obrobku. [2, 14, 15] Použitím více - osového frézování můžeme zvýšit konkurenceschopnost provozu. [3, 13]

Základní výhody 5osového frézování: [2]

- možnost obrobení celého dílu,
- kratší časy výroby,
- možnost obrobení dílů mnohem efektivněji (na menší počet upnutí obrobku – tím se sníží možnost výskytu chyby při seřizování),
- možnost použití kratších nástrojů, zásluhou kterých se zvýší produktivita obrábění a zvýšení trvanlivosti nástrojů,
- lepší funkční vlastnosti obrobeného povrchu (mikrotvrdoost, parametry drsnosti, zpevnění povrchové vrstvy, aj.) což je docíleno obráběním mimo osový střed nástroje,
- přesnější výroba,
- použití vyšších řezných a posuvových rychlostí.

Tyto výhody lze dále rozšířit o: [2]

- obrábění velmi tvarově složitých obrobků,
- odstranění v procesu výroby operace s nekonvenčními technologiemi,
- možnost naklonění nástroje, aby nedocházelo ke kolizi mezi nástrojem, držákem nástroje a obrobkem,
- možnost naklonění nástroje za účelem lepšího přístupu k obráběné ploše, což se docílí menším vyložením nástroje (př. při obrábění hlubokých částí zápustek a forem),
- možnost utváření konstantního průřezu třísky,
- v porovnání s 3osým frézováním lze docílit použití efektivnějších strategií.

Nevýhody použití 5osového frézování: [2]

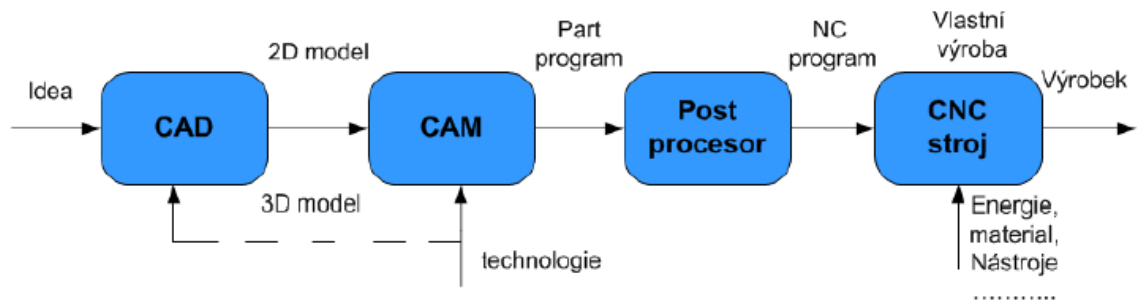
- rostou pořizovací náklady (náklady na vybavení stroje, cena frézovacího centra, použití CAD/CAM systémů, postprocesor),
- vyšší požadavky na obsluhu stroje a programátora,
- větší možný výskyt kolizí a problémová vizualizace,
- vyšší náklady na opravu stroje.

Důležitou součástí 5 osového obrábění je tzv. indexování, díky kterému lze současně obrábět např. ve třech osách a ve zbylých dvou dochází k nastavování součásti mimo samotný řez. To se často označuje jako 3 + 2 obrábění, protože při 5osém frézování obráběcí stroj používá tři lineární osy a dvě osy rotační. Tři lineární osy jsou ovládány najednou a dvě osy jsou rotační, díky kterým se vřeteník přesouvá na novou pozici, kde pak probíhá samotné obrábění. Metodou indexování se vyrábí mnoho součástí, ale pro výrobu forem a zápustek je tato metoda neefektivní. Indexování je vhodné pro hrubovací fáze výroby. Nejprve se nastaví dvě rotační osy do požadované polohy, které se poté zablokují. Následně dochází k 3osému frézování. Zablokováním rotačních os se dosáhne vyšší tuhosti než při 5osém simultánním frézování, což znamená, že metoda indexováním je přesnější než simultánní frézování ve více osách. [2]

Úhlové osy A a B se z hlediska kinematiky realizují natáčením obrobku, vřeteníku nebo rozdělení kinematiky mezi nástrojový a obrobkový systém. Použití dvouosého polohování vřeteníku je efektivní hlavně u strojů s velmi rozměrnými obrobky. Umístění obrobku na otočném a sklopném stole není totiž reálné. [2]

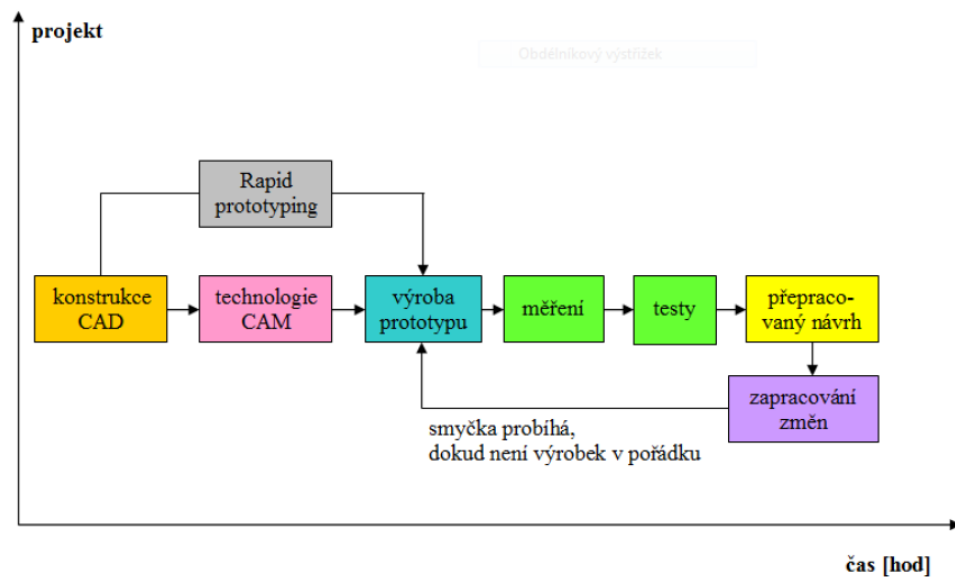
4 Struktura výroby v CAD/CAM systémech

Strukturu výroby lze chápat soubor činností, které probíhají na jednotlivých rozhraních, které uskutečňují provedení výrobku od první fáze návrhu až po finální fázi výroby (výrobek). [1] Postup těchto činností lze vidět na obrázku 2 a obrázku 3.



Obr. 2 Hierarchie výroby součásti pomocí CAD/CAM systémů [1]

Idea je myšlenka, která představuje nejvolnější možný vstup do systémů a bývá omezena rozměrovými a jinými požadavky na budoucí vyráběné součásti. [1]



Obr. 3 Proces vývoje výrobku při použití CAD/CAM systémů [1]

5 Simulace a verifikace procesu obrábění v CAM systému

Vizualizace a verifikace NC programu ve velké míře přispívá k růstu účinnosti obrábění a je již vestavěna do většiny CAM systémů. Zásadou verifikace jsou zkontrolovány kolize s nástrojem a obrobkem nebo upínkami, ale také lze rozebrat možný zbytkový materiál nebo podřezání. Některé systémy simulují a verifikují i kolize s celým obráběcím strojem, včetně geometrie a pohybů. Tyto programy poskytují modelování libovolných tvarů nástrojů, držáků, svěráků apod., které se ukládají do knihovny. Speciální moduly umožňují definovat rozměry a kinematiku daného stroje, importovat jeho řídicí systém a provést simulaci a verifikaci stroje. Simulace stroje se chová totožně jako skutečný stroj v provozu, protože modelovaný obráběcí stroj je řízený s totožnými řídicími funkcemi. Zásadou tomuto způsobu se zvyšuje spolehlivost obrábění a je možné provést kontrolu stroje. [1]

Při výskytu kolizí, jsou hlášení o kolizích seřazeny a rozděleny ve zvláštním okně. Simulátor jako např. SolidCAM poskytuje zjištění symbolů kolizí na daných řádcích NC kódu. [1]

Simulace poskytuje posouzení správnosti obráběcího procesu v CAM systému na virtuálním stroji z problematiky kinetického převodu zhotovených dat, ale i z hlediska dynamického chování stroje, která je v dané simulaci zohledněna. [6]

Při simulaci výroby lze zhotovit model součástí po individuálních operacích a poté ho použít jako obrys pro další modelování. [1]

Simulace může být uložena do komprimovaného *.exe souboru. Toto ale poskytují jen některé systémy. Soubor se pak dá spustit a prezentovat na libovolném počítači bez instalované plné verze daného softwaru. Např. EdgeCAM poskytuje uložení simulace do videí, tato videa lze pak bez problémů prezentovat. [1]

Firma MachineWorks s produktem CNC Simulation & Verification v 6.0. je jedním z největších dodavatelů verifikací pro jednotlivé CAM moduly. Tento produkt používá jako modul i CAM systém Mastercam a řada jiných. Existují i jiné programy pro vizualizaci výroby, mezi ně patří i např. Vericut a Predator. Tyto systémy umožňují načítat ISO kódy a systém CAD/CAM zhotoví NC dráhu nástroje. [1]

Vericut je produktem společnosti CGTech obsahující modul pro simulaci strojů s paralelními kinematikami. Také umožňuje využívat funkci pro přepočítávání posuvné

rychlosti vzhledem k momentálně odebíranému množství materiálu při třiosém obrábění. [6]

Tento produkt se stal od roku 1988 průmyslovým standardem pro simulace CNC obrábění. Je schopen zjistit oblasti neefektivního obrábění, kolize a chyby v programu. Vericut je používán ve více jak 55 - ti zemí světa a používají ho společnosti všech velikostí, vládní organizace nebo třeba také univerzity. Také rozšiřuje strojní kapacitu zásluhou eliminování procesů přímo manuálního ověřování na CNC strojích. Použitím modulu pro optimalizaci lze zvýšit kvalitu a produktivitu obrobeneho povrchu. Systém Vericut se používá v CAM systémech nebo jako samostatná aplikace. Tento systém dokáže simulovat všechny druhy strojů, mezi které patří i jeden z předních výrobců DMG/MORI SEIKI. [7]

Mezi základní moduly Vericut patří i modul Optipath Optimalizace, který upravuje posuvy v NC programu tak, aby nástroje byly nejpříznivěji zatíženy a zajišťovaly tak jejich maximální produktivitu, což zkracuje délku programů. [7, 12]

K simulaci je nutno navíc vytvořit grafiku držáku nástroje s reálnými rozměry, protože by jinak CAM systém simuloval jen nástroj bez držáku a to by neumožnilo zabránit případným kolizím držáku s obrobkem nebo s jinými částmi stroje. Mnoho CAM systémů poskytuje vlastní vytvoření grafiky nástroje. Držáky nástroje, zhotovené v CAD systému, se následně vloží do systému CAM. Poté se zvolí nové roviny držáku, uložení umístění grafiky držáku a další úkony a úpravy k dosažení bezproblémové simulace. Následně se držák uloží do databáze. Mnoho výrobců nástrojů a držáků nástrojů spolupracují s výrobcí CAM systémů. Zásluhou této spolupráce se vytvořené databáze nástrojů a držáků dodávají spolu se softwarem CAM. [1]

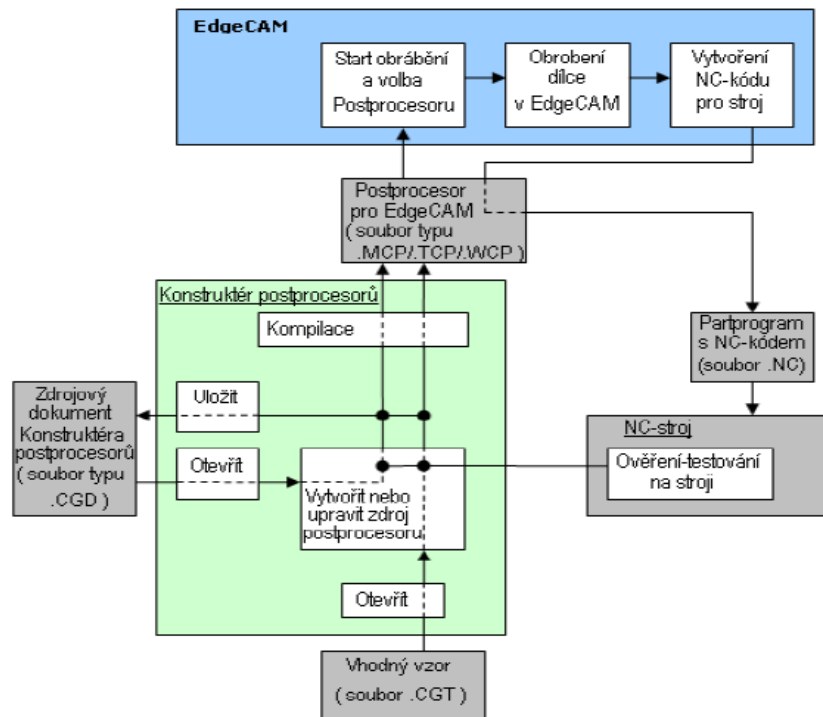
6 Postprocessor

Pojmem postprocessor lze chápat jako převodník vytvořených drah nástroje (INC souborů) do srozumitelného jazyka příslušného řídicího systému obráběcího stroje. Lze také říci, že NC kód se vygeneruje až po dokončení tvorby všech obráběcích cyklů a po simulaci obrábění bez kolizí. NC kód lze vyvolat pomocí dané nabídky (tvorby NC programu), ale jen za předpokladu, že je nastaven daný postprocessor. CAM systém používá pro vytvoření NC kódu generátor, který převádí zhotovený technologický postup do pokynů daného stroje a řídicího systému. Generátor zaznamená pokyny do ASCII textového souboru, který lze před odesláním do stroje upravovat. Soubor lze upravovat pomocí speciálního NC editoru nebo jednoduchým programem, který se vyskytuje na každém počítači např. poznámkový blok. [1]

Uživatel může postprocessor získat objednáním postprocessoru u dané firmy, vyhledáním v databázi již existujících postprocessorů u svého prodejce, nebo vytvořením vlastního postprocessoru pomocí specifického modulu CAM systému (konstruktéra postprocessoru). [1]

V dnešní době se ve světě i u nás nachází mnoho variant řídicích systémů. Požadavky na postprocessor vždy vycházejí z daného použitého stroje. Existuje i možnost postprocessorsy upravovat, konfigurovat tak, aby se práce postprocessorů mohla adaptovat různým lokálním zvyklostem. [1]

Výběr postprocessoru se provádí před tvorbou obrábění, protože CAM systém při tvorbě postupu nabízí jen ty instrukce, které zvolený postprocessor podporuje. [1]



Obr. 4 Průběh vytvoření postprocesoru a jeho vazeb [1]

6.2 Rozdělení postprocesorů

Rozdělení postprocesorů lze charakterizovat podle více kritérií. [1]

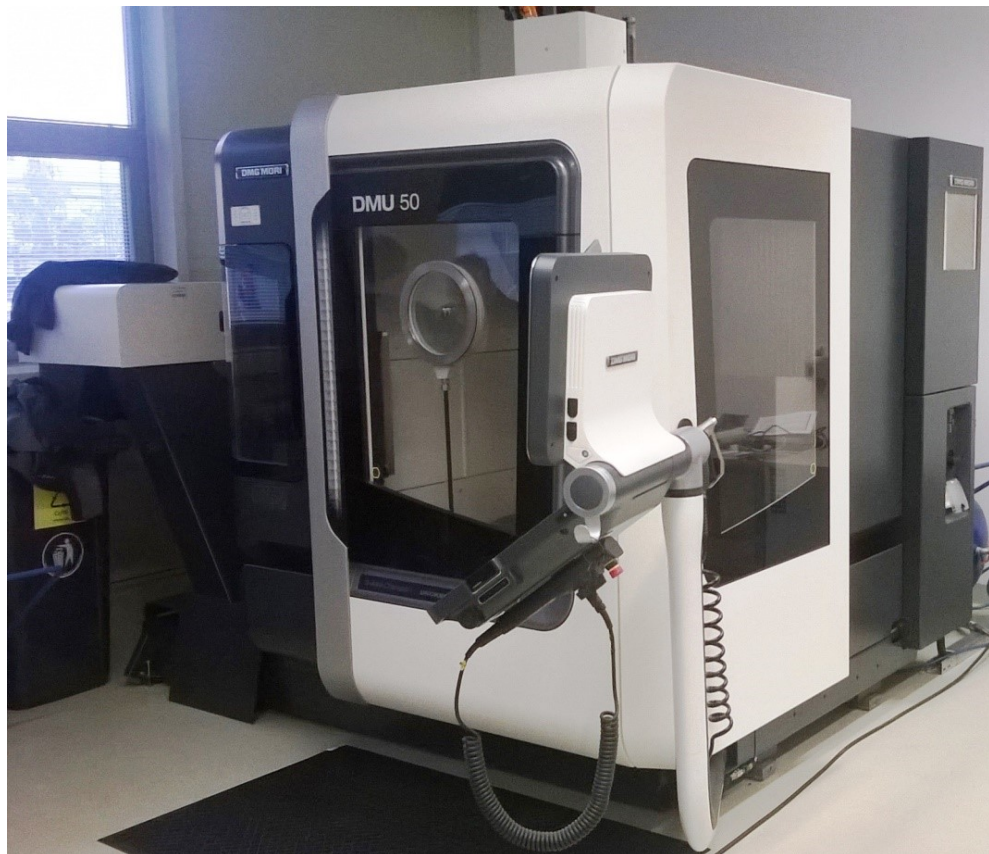
- Podle počtu os, pro které se generuje současný pohyb nástroje:
 - jednoosé,
 - dvouosé,
 - trojosé, atd.
- podle počtů řídicích systémů, pro které se generuje NC program,
- podle typu generovaných NC dat (diskrétní a “splinové” postprocesory).

Další možné rozdělení postprocesorů:

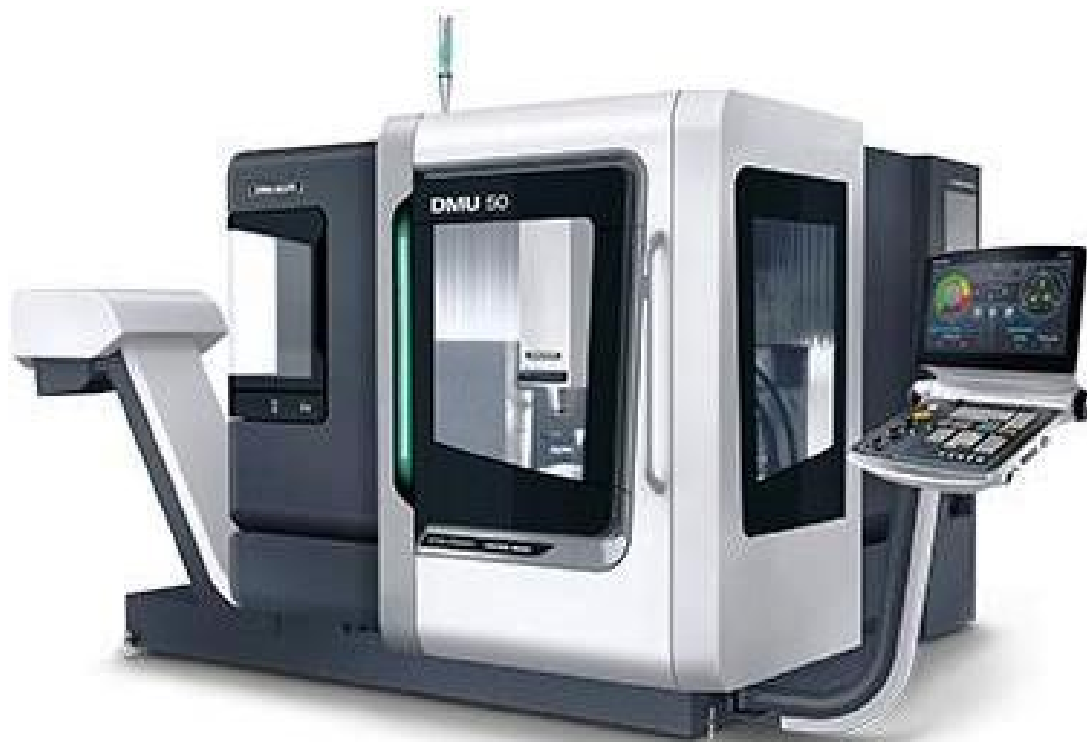
- adaptivní,
- neadaptivní,
- parametrické,
- neparametrické.

7 Popis stroje DMU 50

DMU 50 (obr. 5) je 5tiosá CNC frézka s řídicím systémem Heidenhain a slouží jak k výzkumu a vědě, tak ke vzdělávání studentů na katedře obrábění, montáže a strojírenské metrologie. Hlavní technické parametry jsou popsány v tabulce 2, která se nachází v přílohách. [4]



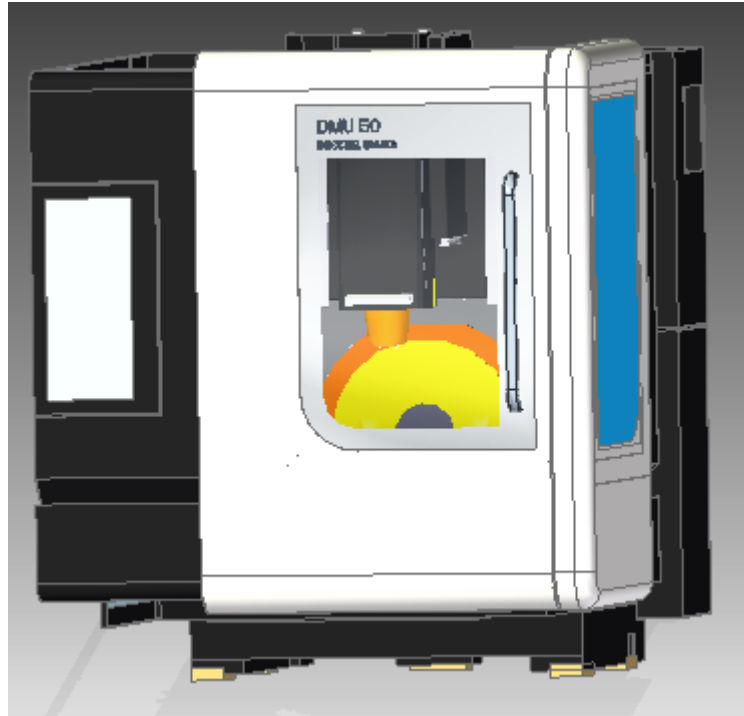
Obr. 5 Stroj DMU 50 v laboratořích katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie



Obr. 6 Stroj DMU 50 [4]

8 Sestavení stroje DMU 50 v prostředí Mastercam

Tato kapitola se zabývá modelováním a způsoby úpravy modelu frézovacího centra. Pro tuto bakalářskou práci byl poskytnut model frézovacího centra DMU 50 (obr. 7) ve tvaru *.stp, který byl dále upravován v CAD programu Solid Edge ST4 tak, aby se co nejvíce podobal skutečné frézce. Po všech úpravách se výsledná sestava vložila do prostředí MasterCam, kde se sestavil stroj pro verifikaci.



Obr. 7 Poskytnutý model frézovacího centra DMU 50

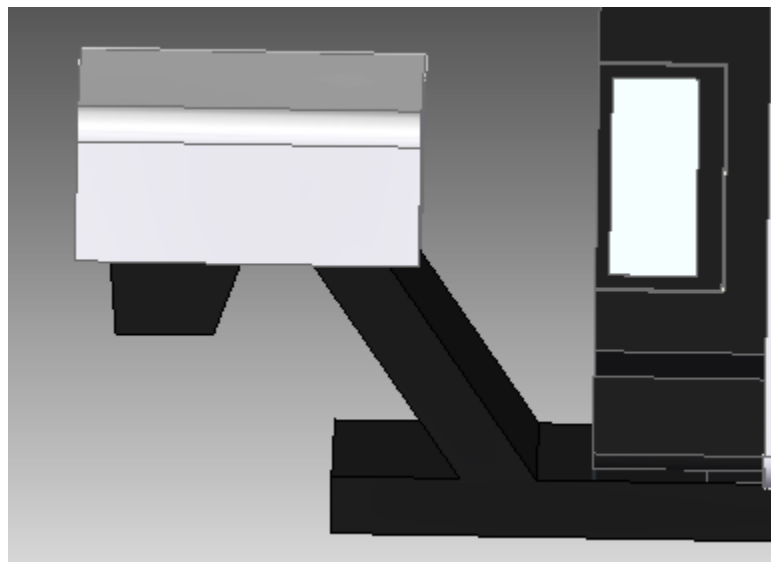
8.1 Úpravy jednotlivých částí frézky v prostředí Solid Edge ST4

Prvním krokem bylo rozložení poskytnutého frézovacího centra na jednotlivé modely ve formátu *.par a sestavy ve formátu *.asm. Dále se jednotlivé modely upravovaly, přidávaly se nové modely a vznikaly sestavy. Do poskytnutého modelu frézovacího centra bylo přidáno logo katedry (obr. 8), zařízení k odvádění třísek (obr. 9), ovládací panel (obr. 10), a další menší části, aby výsledný model vypadal co nejskutečněji.



Obr. 8 Logo katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie vymodelovaný v Programu Solid Edge ST 4

Model loga katedry se skládá z dalších menších modelů, aby se poté v prostředí Mastercamu logo lépe sestavilo.



Obr. 9 Zařízení k odvádění třísek vymodelovaný v programu Solid Edge ST 4

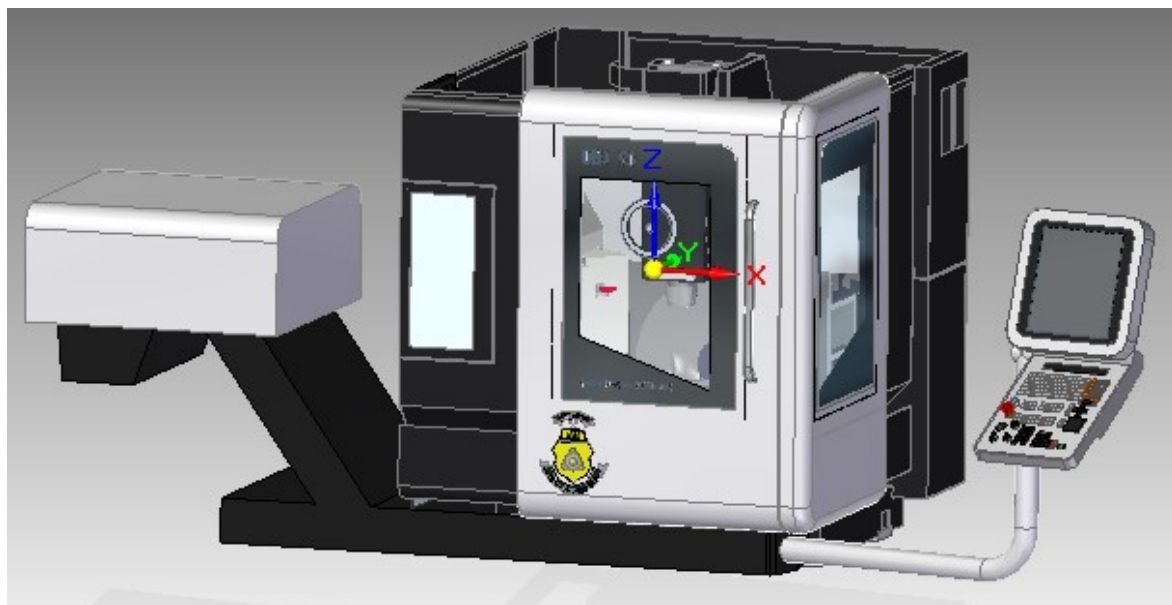
Sestava ovládacího panelu obsahuje nejvíce částí, aby se model co nejvíce přiblížil skutečnému vzhledu.



Obr. 10 Ovládací panel vymodelovaný v programu Solid Edge ST 4

U ostatních částí frézovacího centra probíhaly úpravy jako např. změna rozměrů, změna barvy, zkosení, zaoblení, doplňky o několik prvků vysunutím aj., přidány nápisy nebo nahrazeny novou detailnější částí apod.

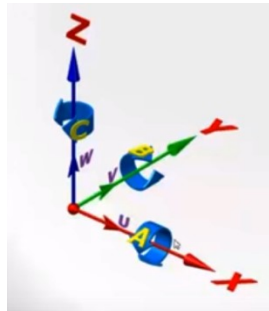
Konečnou verzi modelu frézovacího centra DMU 50 lze vidět na obrázku 11.



Obr. 11 Konečná verze modelu frézovacího centra DMU 50

8.2 Příprava modelu frézovacího centra k vytvoření simulátoru stroje v prostředí Mastercam.

Po všech úpravách se frézka DMU 50 otevřela v prostředí CAM systému Mastercam X8. Po otevření je nutno, aby se sestava frézky nacházela v souřadnicovém systému X (podélná), Y (příčná), Z (vertikální), jak lze vidět na obrázku 12. A posunout sestavu do nulového bodu, protože v simulaci stroje nelze jednotlivými částmi otáčet, nebo je jakkoliv transformovat.



Obr. 12 Souřadnicový systém [5]

Jelikož se sestava v tomto souřadnicovém systému nenacházela, bylo jí nutno pomocí funkce „Transformace“ příkazem „Transformace dynamicky“ otočit tak, aby se v tomto souřadnicovém systému vyskytovala. Dále je nutné posunout sestavu frézky do nulového bodu, protože podle něj se bude dále vytvářet simulace stroje. Polohování lze docílit pomocí funkce „Transformace“ příkazem „Přesunutí do počátku“. V tomto případě se nulový bod ideálně volí tak, aby bylo možné kolem něj otáčet osu B (stůl s obrobkem) a zároveň, aby se nacházel na čele upínacího prvku nástroje. Příčné a podélné sáně tomuto bodu přizpůsobíme.

Dalším krokem je rozložení sestavy na jednotlivé části, které se následně uloží v souboru *.stl. Tyto soubory se ukládají do složky, která má stejný název jako název stroje.

9 Vytvoření simulátoru stroje

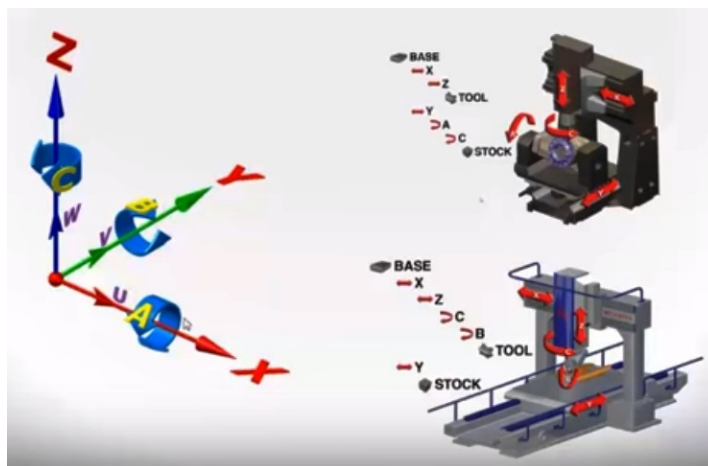
Vytvoření simulace stroje se může provést dvěma způsoby.

První způsob vytvoření simulace stroje se provádí úpravou již vytvořené simulace podobného stroje, který se následně uloží jako nový stroj. Druhým způsob je vytvoření nového stroje.

Postup vytvoření nového simulátoru stroje:

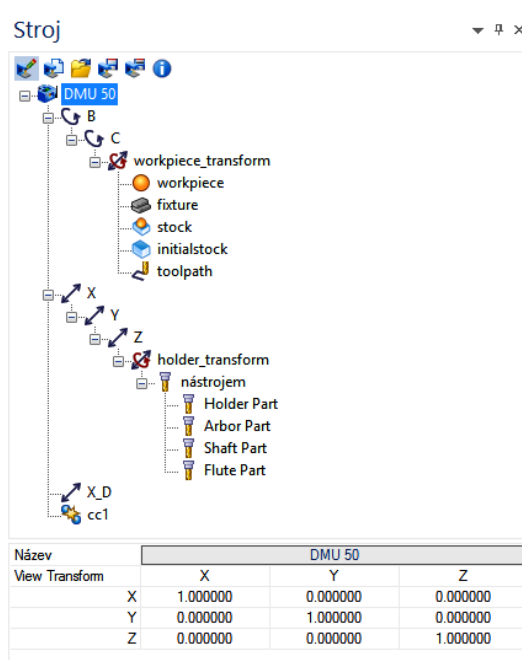
- modelovat jednotlivé části stroje,
- založit složku s názvem 5XDMU_50, do které se následně budou ukládat všechny soubory *.stl. Do této složky se také vloží obrázek stroje v souboru *.gif, který slouží v simulaci při výběru stroje jako náhled,
- vytvořit simulátor stroje a následně uložit do vytvořené složky 5XDMU_50 (viz popis níže),
- zkopírovat složku 5XDMU_50 do adresáře C:\Users\Veřejné\Veřejné Dokumenty\shared mcamx8\MachineSimulation\MachSim.

Prvním krokem je otevření souboru *.emcx-8, ve kterém je již vytvořený NC program. Pomocí funkce „Simulation startup settings“ se vybere jakýkoliv vytvořený simulátor stroje a poté „Simulovat“. Následně pomocí příkazu „Edit machine“ a funkce „Stroj“ příkazem „Nový stroj“ se vytvoří struktura stroje. Zde je důležité si uvědomit, jaká část stroje bude odpovídat příslušné ose. Podle následujícího obrázku 13 se sestaví struktura stroje DMU 50.



Obr. 13 Tvorba simulace stroje [5]

Na ose C se nastaví místo pro obrábění a do osy Z se vloží nástroj. Na obrázku 14 lze vidět strukturu stroje.



Obr. 14 Struktura stroje DMU 50

Následně se ke každé ose přiřadí odpovídající části stroje a upraví se barvy pro reálnější vzhled. Dle technických parametrů stroje se nastaví omezení jednotlivých os podle tabulky 2, která se nachází v přílohách. U osy B je nutno přepsat směr Y. Osa X_D je osa otevírání dveří. Jako příklad nastavení omezení os slouží obrázek 15, na kterém se také nachází přepsání směru Y.



Obr. 15 Nastavení omezení os a přepsání směru Y

Omezení jednotlivých pracovních os stroje

Tab. 1 Omezení os stroje DMU 50

Název osy	Minimum	Maximum
B	-5 °	110 °
C	-1000 °	1000 °
X	-250 mm	250 mm
Y	-225 mm	225 mm
Z	99.9 mm	499.9 mm
X_D	-1000 mm	1000 mm

Nakonec se simulace stroje uloží do složky 5XDMU_50 jako soubor *.xml. K tomu slouží funkce „Save machine as...“.

Na obrázku 16 je znázorněn model frézky DMU 50 v simulaci stroje.



Obr. 16 Model frézky DMU 50 v simulaci stroje

10 Vložení centrálního upínače CU T 77 do prostředí Mastercam

Tato kapitola se zabývá vložení poskytnutého centrálního upínače do Mastercamu. Centrální upínač je sestava, která byla zhotovena v prostředí CAD. V této kapitole se budou rozebírat způsoby vkládání svěráku. Centrální upínač lze vkládat dvěma způsoby a to pomocí maker a pomocí příkazu „*Soubor – vložit soubor...*“ a pomocí „*Transformace*“ zapolohovat upínač k obrobku.

Způsobem použití maker se Mastercam nezabývá z důvodu, že tvorba maker v tomto prostředí je velice náročná.

V této práci byl použit způsob vkládání přes příkaz „*Soubor – vložit soubor...*“.

Postup vkládání centrálního upínače do Mastercamu

a) Vložení upínače

Jak už bylo několikrát zmíněno, sestava se vloží pomocí „*Soubor – vložit soubor...*“.

b) Změna hladiny

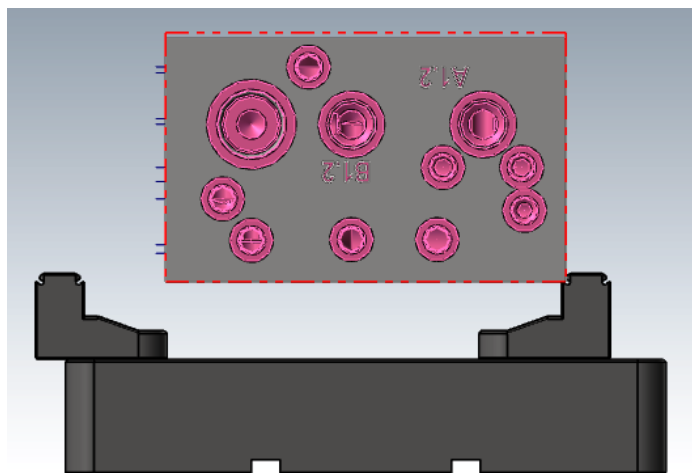
Upínač má po vložení každou část, pevnou čelist a posuvnou čelist, v jiné hladině. Pro účinné vložení je nutné převést všechny části upínače do společné hladiny. Označí se všechny části upínače a přes funkci „*Analyzovat*“ a příkazu „*Vlastnosti prvku...*“ a vloží se do společné hladiny. V tomto případě se vytvořila hladina nová s číslem 10 a názvem svěrák. Přes tlačítko „*Na celý výběr*“ se provedou změny na všechny součásti, které se poté jen potvrdí.

c) Polohování centrálního upínače a obrobku.

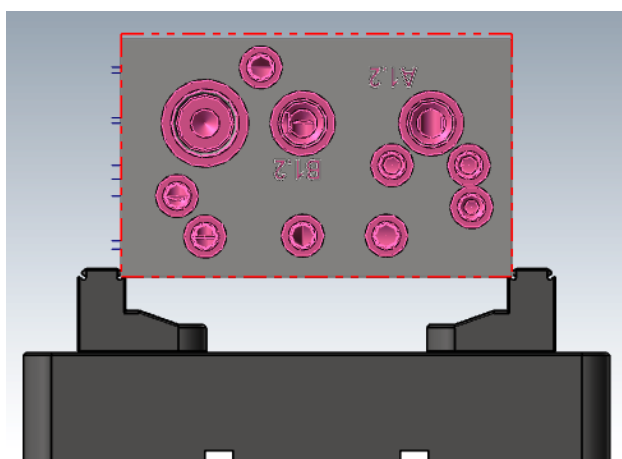
K polohování upínače a obrobku je potřeba nejdříve vložit obrobek, který byl k této práci také poskytnut. Obrobek se vloží stejně jako centrální upínač a to přes funkci „*Soubor – vložit soubor...*“. Nejdříve obrobek posuneme tak, aby jedna strana obrobku doléhala na pevnou část čelisti (obr. 18). Obrobek se bude upínat za pokud možno nejvyšší bod svěráku, protože daný obrobek se bude obrábět z více stran indexovým obráběním. Plocha, ke které se má obrobek polohovat, je vyznačena na obrázku 17. Polohování se provede pomocí „*Transformace*“. Jestliže je potřeba znát přesný rozměr posunutí, lze použít tlačítko „*Analýza vzdálenosti*“, pomocí které se zjistí přesná vzdálenost upínače a obrobku. Nakonec se posuvná část upínače přisune k obrobku (obr. 19).



Obr. 17 Upínací plocha upínače k obrobku



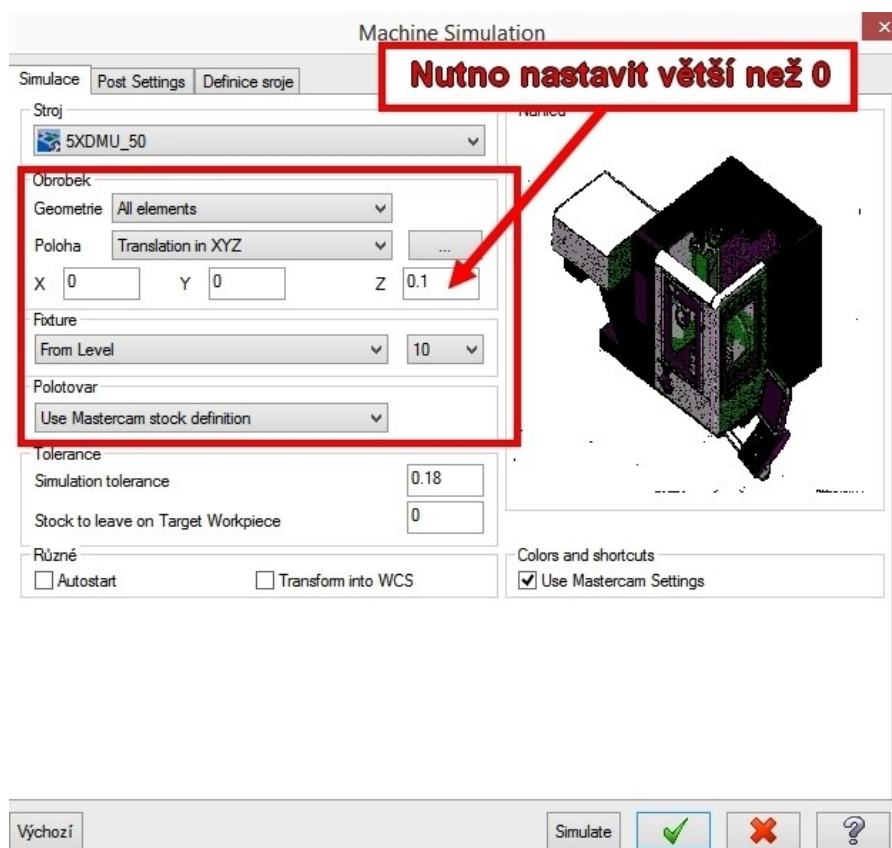
Obr. 18 Transformace obrobku vzhledem k pevné části upínače



Obr. 19 Upnutý obrobek ve svěráku

Upnutý obrobek ve svěráku se nakonec vloží do simulace, a to přes „simulation startup settings“, kde v sekci „obrobek“ nastavíme geometrii na „All elements“ a „poloha“ na „Translation in XYZ“. Hodnoty X a Y nepřepisujeme, pokud byl nulový bod svěráku s obrobkem nastaven v procesu zapolohování, hodnotu Z nastavíme větší než 0.

Důvodem je skutečnost, že když je hodnota nastavena na 0, simulace hlásí kolizi. Proto je nutné nastavení osy Z na kladné číslo. Upínač byl zvolen z hladiny 10. V tomto případě je Z nastaveno na 0,1.



Obr 20 Nastavení svěráku v simulaci stroje

Kromě vkládání obrobků a upínačů lze vkládat i polotovar nebo vybrat stroj. V nastavení stroje lze vybrat mnoho druhů strojů. Vybere se stroj 5XDMU_50, který byl sestaven v předchozí kapitole č. 9.

Obrobek lze vybrat několika způsoby a to všechny prvky, vybrané prvky, z hladiny, žádný, nebo načtením *.STL souboru. Způsob „Všechny prvky“, který byl použit v tomto případě, bere simulace všechny prvky, které jsou vloženy jako obrobek. Způsobem „Vybrané prvky“ lze vybrat i více součástí. „Z hladiny“ simulace bere všechny prvky, které se vyskytují ve zvolené hladině.

Způsob vybraní upínače je podobný jako u volení obrobku, ale je vybaven o „Použití definici upínače z Mastercamu“. Tímto způsobem simulace vybere upínač, který byl definován v Mastercamu. V tomto případě byl upínač vybrán z hladiny 10.

Polotovár se vybírání pětí způsoby a to „nepoužít polotovár“, „použít definici z Mastercamu“, „Z hladiny“ a „načíst soubor *.stl“. Polotovár byl vybrán jako definice z Mastercamu. Definování polotovaru je popsán v následující kapitole.

Více o simulaci se bude zabývat kapitola 12.

11 Nastavení operací obrábění

Jako první krok se zvolí typ stroje a to pomocí funkce „Typ stroje“, kde vybereme „frézka“ a následně „výchozí“. Z okna drah nástrojů se rozklikne nabídka „Vlastnosti – Mill Deafault MM“, kde se postprocessor nahradí postprocesorem DMG DMU 50. Jednotlivé součásti postprocesoru je nutno nakopírovat:

- Soubory DMG DMU 50.CONTROL-8 a DMG DMU 50.MMD-8 do c:\Users\Veřejné\Veřejné dokumenty\shared mcamx8\CNC_MACHINES\.
- Soubory DMG DMU 50.psb a DMG DMU 50.pst do c:\Users\Veřejné\Veřejné dokumenty\shared mcmx8\mill\Posts\.

11.1 Definování polotovaru

Polotovár byl definován jako hranol podle rozměrů obrobku s přídavkem v ose Z o 1 mm. Rozměr polotovaru je tedy v ose X = 140 mm, v ose Y = 200 mm a v ose Z = 87 mm. Dále je nutné nastavit nulový bod polotovaru, který byl nastaven k jeho středu. Nulový bod polotovaru je v ose X = 0 mm, v ose Y = 0 mm a v ose Z = 104 mm. Tato definice byla provedena funkcí „Vlastnosti obráběného postupu“ v záložce „Polotovár“.

11.2 Technologický postup tvorby programu

Zadaná součást obsahuje mnoho děr a zahloubení. Proto většina cyklů jsou cykly frézovací a vrtací. První cyklus je frézování čelní plochy, které lze nalézt ve funkci „Dráhy nástrojů“. V parametrech se nastaví průměr frézy. Frézováním čela plochy se fréza volí s co největším průměrem. V tomto případě byla zvolena čelní fréza s průměrem 50 mm. Vybere se držák nástroje a v sekci „Hloubky záběru“ se zaškrtně políčko „Nástroj dole“ z důvodu úspory času při obrábění. Podobným způsobem zadáváme další cykly, jako jsou frézování zahloubení pomocí frézování kapes a vrtání děr, které se nachází ve funkci „Dráhy nástrojů“. [8, 9]

Po nadefinování cyklů pro celou čelní plochu, se bude provádět obrábění pro 1. bok obrobku, což lze provést pomocí indexování. V záložce „Roviny“ se vybere „Rovina podle

stěny tělesa“, následně se určí rovina na obrobku a počátek této roviny. Tohle se provede pomocí „Vybrat nový počátek“. Nakonec se rovina přejmenuje. Podobný postup se aplikuje i na zbylé 3 strany obrobku. Pro každou obrobenou stranu obrobku byla zvlášť vytvořena sekce obrábění pro lepší přehlednost. Nakonec se obrobek vyjme ze svěráku, otočí se a následně se obrobí poslední zbylá strana.

12 Způsoby simulace a verifikace v Mastercamu

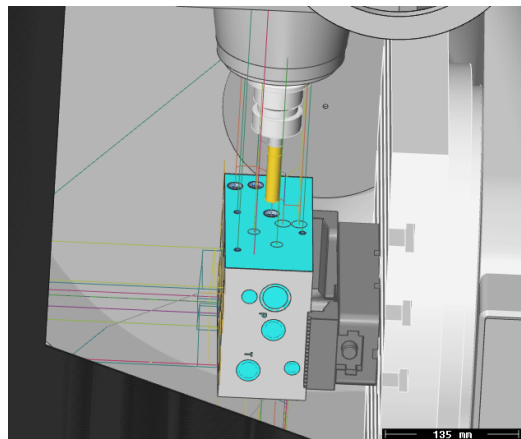
V Mastercamu se vyskytují tři základní způsoby simulace obrábění. Tato kapitola se zabývá popisem všech tří způsobů simulací a nastavení simulace stroje tak, aby se případné kolize zobrazily hlášením i změnou barvy kolizních součástí.

12.1 Simulace stroje

Simulátor stroje se vytváří za účelem ověření správnosti NC programu, ke zjištění případných chyb, kolizí s obrobkem nebo upínačem. Simulace stroje jako jediný prvek, který se v Mastercamu nachází, dokáže zjistit případné kolize zčervenáním kolizních součástí.

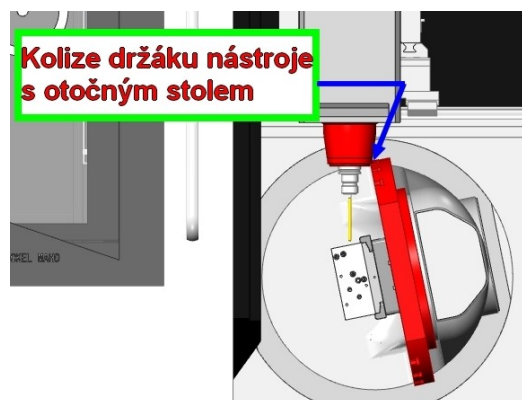
Simulátor slouží k:

- Zobrazení geometrie nástroje a jeho kinematiky,



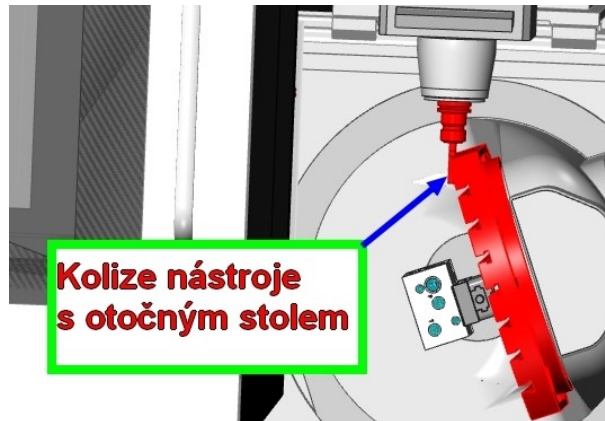
Obr. 21 Geometrie nástroje a jeho kinematika

- Poukazuje na kolizi různých částí stroje,



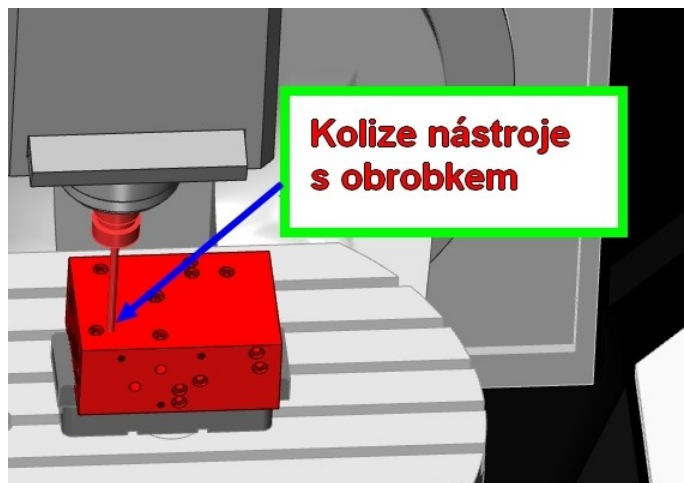
Obr. 22 Kolize držáku upínače a otočného stolu

- Poukazuje na kolizi nástroje a části stroje,



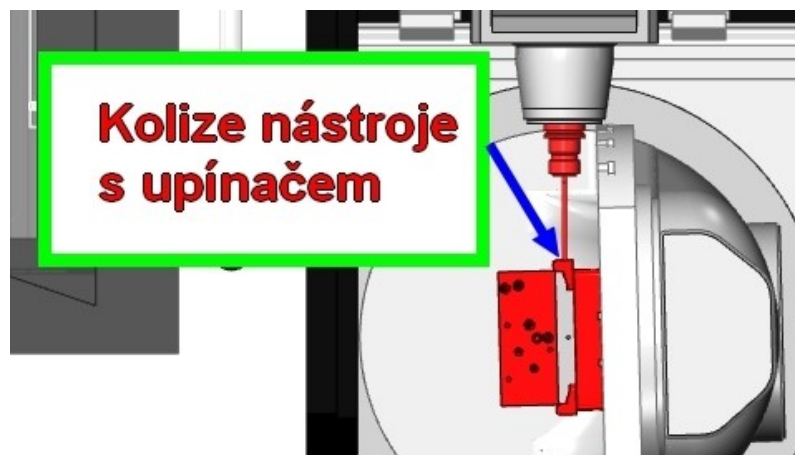
Obr. 23 Kolize nástroje s otočným stolem

- Poukazuje na kolizi nástroje a obrobku,



Obr. 24 Kolize nástroje a obrobku

- Poukazuje na kolizi nástroje a upínače,



Obr. 25 Kolize nástroje a upínače

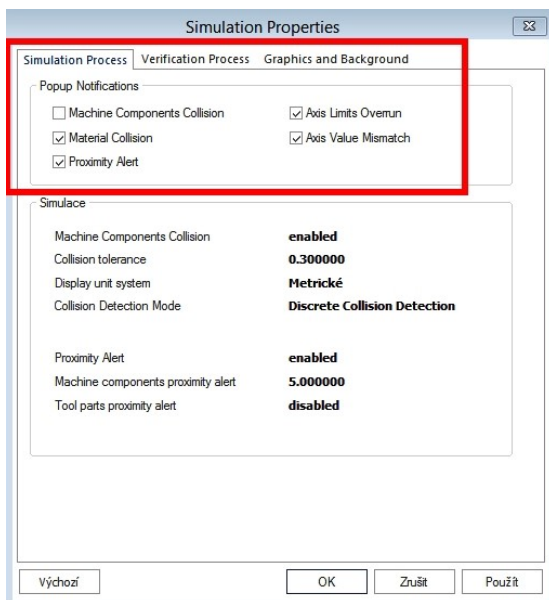
- Upozorňuje na překročení daného rozsahu stroje.

Jak již bylo psáno, simulace stroje je jediný způsob jak v Mastercamu zjistit kolize jednotlivých částí stroje. Aby případné kolize byly při simulaci hlášeny, je nutno je nejdříve nastavit v simulaci stroje. Použitím funkce „nastavení spuštění simulace“ a vybráním stroje 5XDMU_50 se lze znovu dostat k úpravě simulace stroje. V okně „stroj“ a pomocí příkazu „Edit machine“ se nadefinují kolizní části a to pomocí „Add collision check“. Viz. Obrázek 26.



Obr. 26 Nastavení kolizí mezi jednotlivými částmi stroje

Jak lze vidět na obrázku 26, zde je možnost nastavit upozornění kolizí mezi jednotlivými součástmi. V levém okně byl přidán obrobek, svěrák a stůl. V pravém okně se nachází nástroj a upínač nástrojů. Pomocí funkce „Simulation properties“ se zaškrtnou upozornění kolize s materiálem, překročení omezení os, neshoda hodnot os a kontrola kolizí při odebírání materiálu. Viz následující obrázek 27.



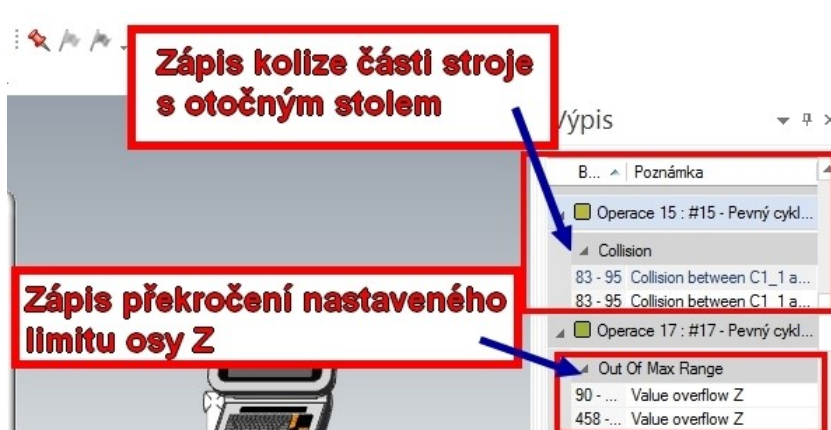
Obr. 27 Nastavení kolizí

Po nadefinování všech obráběcích cyklů se spustila simulace stroje a byla zjištěna kolize zčervenáním kolizních částí mezi jednotlivými částmi stroje. Např. při pracovním cyklu č. 15, kde se vrtala díra vrtákem Ø 8 mm do hloubky 111 mm s držákem nástroje

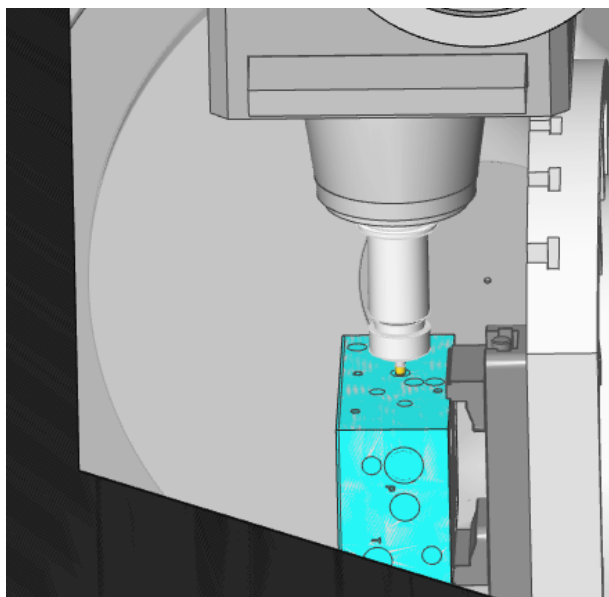
H4C3A0032. Následně se tato kolize zapsala do výpisu (obr. 29). Této kolizi lze předejít mnoha způsoby. Jeden ze způsobů je použití rozměrnějšího polotovaru, který se po obrobení odřízne, použitím jiného držáku nástroje, nebo použitím vrtáku s delší řeznou částí. Výměna držáku nástroje se jeví jako nejjednodušší řešení, proto byl stávající držák vyměněn za držák H4C4F0032. Kromě této kolize se také vyskytovaly kolize z důvodů překročení omezení osy Z stroje. Tyto kolize vznikly z důvodu chybně nastaveného bodu výměny, který je nutno nastavit v simulaci stroje. Tento bod však nebyl nastaven, proto se upravily jednotlivé dráhy nástroje a to konkrétně dráhy najetí a odjetí. [10] Na následujícím obrázku (obr. 28) lze vidět kolizi s použitím držáku H4C3A0032 a stejnou operaci s použitím držáku H4C4F0032 na obrázku 30.



Obr. 28 Kolize stroje s otočným stolem za použití držáku H4C3A0032



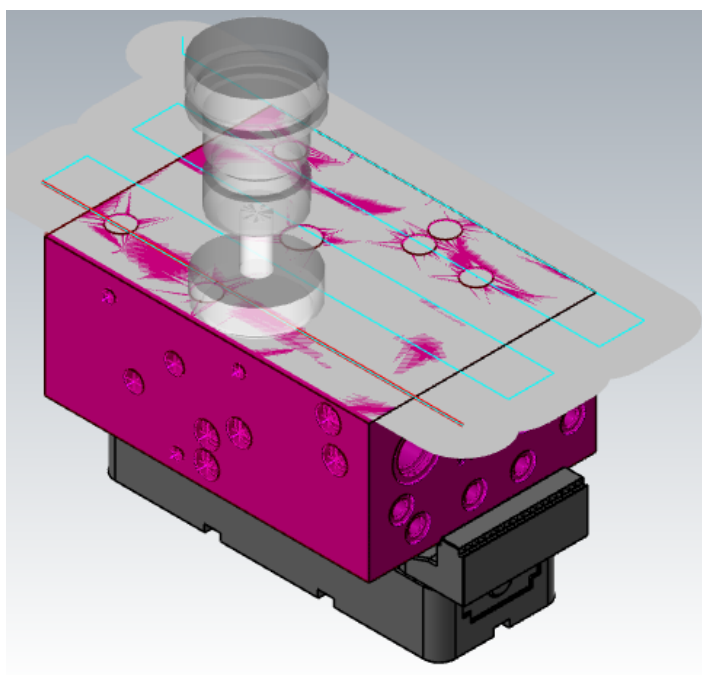
Obr. 29 Výpis kolizí



Obr. 30 Simulace s držákem H4C4F0032

12.2 Simulace drah nástroje

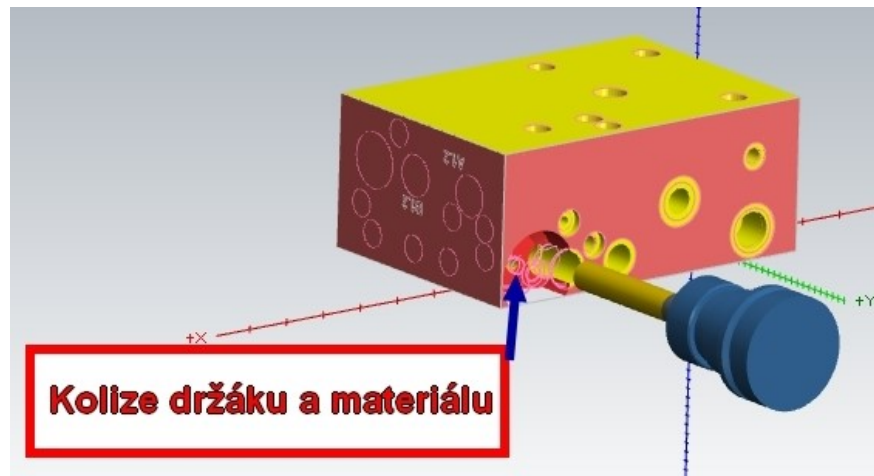
Tato simulace je základem simulování v systému Mastercam. Nevýhodou je však fakt, že nezobrazuje případné kolize mezi nástrojem a obrobkem (obr. 31).



Obr. 31 Simulace drah nástroje

12.3 Verifikace

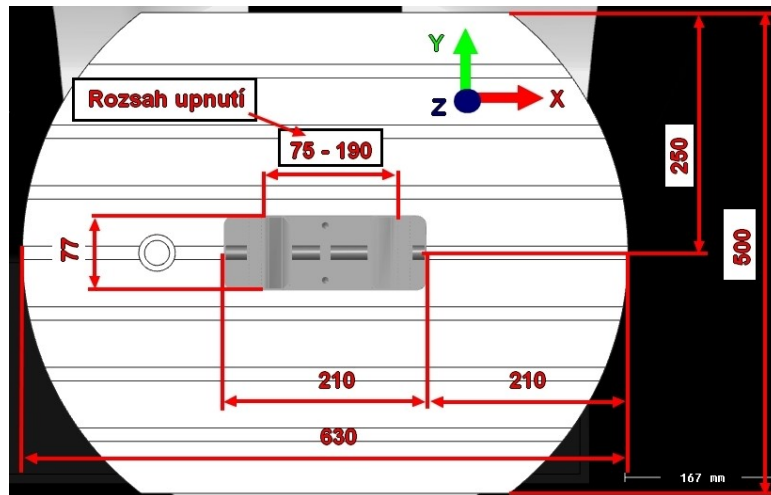
Ověření nebo také jinými slovy verifikace je nejčastějším způsobem kontroly obráběcích operací v CAM systémech. Pomocí verifikace lze odhalit nedořezaný materiál nebo případnou kolizi mezi držákem nástroje a neodebraným materiálem. Materiál, který byl odebrán držákem nástroje zčervená (obr. 32). Ve verifikaci nelze zobrazit kolizi nástroje s obrobkem nebo kolize s upínačem. Z tohoto důvodu je verifikace nevhodný způsob kontroly případných kolizí s nástrojem upínače.



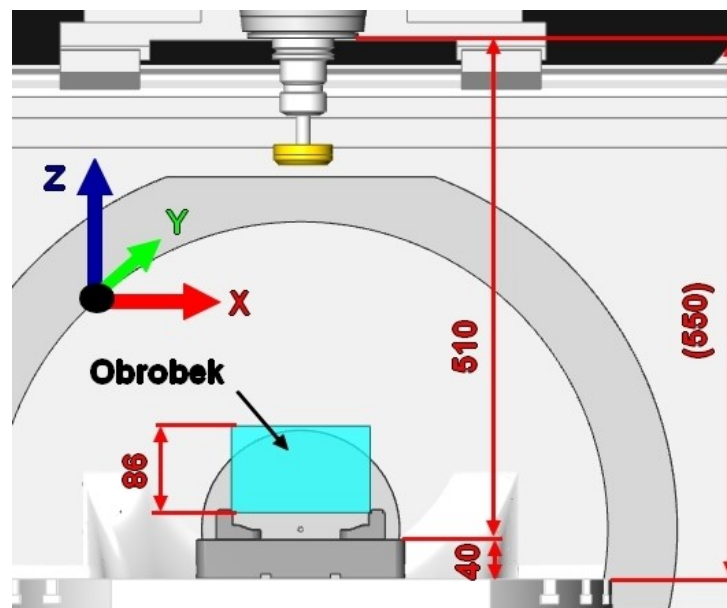
Obr. 32 Zobrazení kolize držáku a materiálu zčervenáním ve verifikaci

13 Maximální možné hodnoty pro obrábění

Obrobek by měl být umístěn doprostřed upínací plochy stolu, aby využití pracovního rozsahu bylo co největší (obr. 33 a obr.34). Maximální možné hodnoty pro obrábění jsou znázorněny na obrobku, který byl použit v kapitolách 11 a 12.



Obr. 33 Pracovní rozsah stroje z horního pohledu



Obr. 34 Pracovní rozsah stroje s ohledem na upínač nástroje a svěráku z předního pohledu

Podle omezení pracovních os stroje a rozsahu svěráku pro upnutí obrobku lze říci, že maximální teoretický rozměr obrobku, který by mohl být obroben, za použití daného svěráku je 190 x 450 x 510 mm. [11]

13 Závěr

V teoretické části této práce byla popsána charakteristika CAD/CAM systémů, charakteristika víceosého frézování, NC programů a simulace a verifikace stroje včetně postprocesoru. Čtenář byl také seznámen s parametry frézovacího centra DMU 50, které je k dispozici v přílohách.

V praktické části se řešila úprava modelu frézovacího centra DMU 50 v CAD systému Solid Edge ST4. Jednotlivé úpravy modelu byly stručně popsány z důvodu, že se předpokládaly základní znalosti čtenáře o modelování v CAD systémech. Následně se tento model frézky otevřel v systému Mastercam, kde se sestava modelu frézky rozložila na jednotlivé modely a vytvořila se simulace stroje. Čtenář se dozvěděl podrobný postup vytvoření simulace stroje a nastavení jednotlivých omezení os podle výrobce. Dále se také seznámil se způsoby vkládání upínačů do prostředí Mastercamu a polohování obrobku s upínačem. Obráběcí postup, který byl vytvořen na poskytnuté součásti, byl odsimulován ve třech základních simulacích Mastercamu. V simulaci stroje, v simulaci drah nástrojů a verifikaci. Simulace stroje byla upravena tak, aby systém hlásil jak případné kolize zčervenáním kolizních částí, tak hlášením kolizí ve výpisu simulace. V následné simulaci stroje se zásluhou nastavením kolizí zjistily kolize stroje s otočným stolem a překročení limitu osy Z, které byly poté odstraněny. Postup vytváření stroje a následná simulace a verifikace budou sloužit jako výukový materiál pro studenty katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie.

14 Použitá literatura

- [1] SADÍLEK, M. *Počítačová podpora výroby* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 80 s. [cit. 2016-05-11]. ISBN 978-80-248-2738-4. Dostupné z: <http://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/346/cs/studium/studijni-literatura/Pocitacova-podpora-vyroby.pdf>
- [2] SADÍLEK, Marek a Zuzana SADÍLKOVÁ. *Počítačová podpora procesu obrábění: učební text* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012 [cit. 2016-05-11]. ISBN 978-80-248-2770-4. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/459/ucebniopory/Pocitacova_podpora_procesu%20_obrabeni.pdf
- [3] Mastercam. <Http://www.mastercam.cz/> [online]. (c)1997-2016 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.mastercam.cz/produkty/5d-obrabeni>
- [4] *DMU 50/70 series: CNC universal milling machines* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://cz.dmgmori.com/blob/123874/dde0f533146bc1c6047edc7f022b26ac/pm0uk15-dmu-50-70-pdf-data.pdf>
- [5] Building a virtual machine for Machine simulation in Mastercam. In: *Youtube* [online]. 31. 3. 2014 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=OlxJN7hyxv8>
- [6] *IMPLEMENTAČNÍ AKČNÍ PLÁN OBORU STROJÍRENSKÉ VÝROBNÍ TECHNIKY* [online]. Praha, 2010, 250 s. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://tpsvt.cz.uvirt6.active24.cz/docs/implement-akcni-plan-plnaverze.pdf>
- [7] AXIOM TECH s.r.o. *Axiomtech.cz* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.axiomtech.cz/24753-vericut>
- [8] SADÍLEK, Marek a František KOSAŘ. *Řešené praktické příklady v CAM systému MasterCAM: učební text předmětu "CAD/CAM systémy v obrábění" a "CAD/CAM systémy v obrábění II"* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012, 169 s. [cit. 2016-05-11]. ISBN 978-80-248-2706-3. Dostupné z: <http://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/346/cs/studium/studijni-literatura/Sadilek-Kosar-Resene-prakticke-priklady-v-CAM-systemu-MasterCAM.pdf>

- [9] SADÍLEK, Marek. *Týmová cvičení předmětu CAD-CAM systémy v obrábění: Návody do cvičení předmětu "CAD-CAM systémy v obrábění"* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 39 s. [cit. 2016-05-11]. ISBN 978-80-248-2708-7. Dostupné z: <http://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/346/cs/studium/studijni-literatura/Tymova-cviceni-predmetu-CAD-CAM-systemy-v-obrabeni.pdf>
- [10] TFM - Mastercam Tool Change Position Output & Control. In: *Youtube* [online]. 3. 4. 2014 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=6LymFH3frTM>
- [11] KADERKA, Miloslav. *Cu77_rozmary* [online]. 7 s. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://www.upinace.cz/down/cu77_rozmary.pdf
- [12] CAM, Simulace virtuálního obrábění, postprocesing a verifikace NC programu. *T-support: "trvalá podpora vašich provozů"* [online]. 2011 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <https://www.t-support.cz/kat/cam-simulace-virtualniho-obrabeni-postprocesing-a-verifikace-nc-programu-9>
- [13] CAM pro víceosé obrábění. *MM spektrum* [online]. 2003, strana 62 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/cam-pro-viceose-obrabeni.html>
- [14] REKTOŘÍK, Luděk. HSC obrábění v 5 osách. *MM spektrum* [online]. 2008, strana 60 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/hsc-obrabeni-v-5-osach.html>
- [15] ČOŽÍK, Zdeněk. Pětiosé frézování na portálových strojích. *MM spektrum* [online]. 2011, strana 36 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/cam-pro-viceose-obrabeni.html>

15 Seznam příloh

Příloha 1 - Tab. 2 Technické parametry stroje DMU 50

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. M. Sadílkovi, Ph.D. za cenné odborné rady, které přispěly k vyšší kvalitě práce.