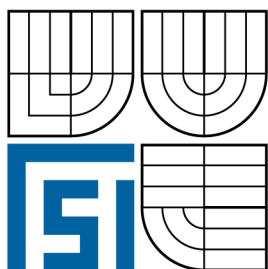


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

APLIKACE CAD/CAM SOFTWARE POWERMILL PŘI 2,5D OBRÁBĚNÍ

APPLICATION CAD/CAM SOFTWARE POWERMILL WHEN 2,5D MACHINING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RADEK NOVOTNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. ALEŠ POLZER, PH.D.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Novotný Radek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Aplikace CAD/CAM softwaru PowerMILL při 2,5D obrábění.

v anglickém jazyce:

Application CAD/CAM software PowerMILL when 2,5D machining.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor strategií pro 2,5D obrábění v systému PowerMILL, včetně praktické aplikace na zadané součásti. Vytvoření NC programů a jejich simulace v prostředí PowerMILL s následným obráběním a měřením sondou na FV 25 CNC A / Heidenhain iTNC 530.

Cíle bakalářské práce:

Aplikace CAD/CAM softwaru PowerMILL při 2,5D obrábění. Zpracování technické dokumentace zadaných součástí. Zpracování a experimentální ověření NC programů.

^{2.}
Seznam odborné literatury:

AB SANDVIK COROMANT -SANDVIK CZ, s. r. o. Příručka obrábění. - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997.857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6

Uživatelská příručka PowerMILL. What's New in PowerMILL 6.0 by Delcam pic.

PowrMILL 6.0 .release issue 1,0 07/0712005 User Guide by Delcam.

HEIDENHAIN: Příručka pro uživatele, Popisný dialog-Heidenhain iTNC 530. 533 190-81-SWOI.3.1/2005, Německo, Traunreut, 1. vyd., 652 s.

HEIDENHAIN: Příručka pro uživatele DIN/ISO, Programování iTNC 530. 533 I 88-Co-SWO 1.1.5/2005, Německo, Traunreut, 1. vyd., 578 s.


Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Bmě, dne 13.10.2007

L.S.





doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



doc.RNDr.Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

3.

ABSTRAKT

Bakalářská práce obsahuje rozbor základních operací pro 2,5D obrábění v CAD/CAM software PowerMILL a jejich vyhodnocení. Uvádí postup a důležité poznatky pro výrobu zadané součásti s následným vytvořením NC programu pro CNC obráběcí stroj.

Klíčová slova:

2,5D obrábění, CAD/CAM, PowerMILL, NC program, CNC obráběcí stroj

ABSTRACT

The bachelor thesis includes analysis of basic operations for 2,5D machining in CAD/CAM software PowerMILL and their evaluation. It shows procedure and important knowledge for production endgaged component with consequential creation of NC program for CNC machine tool.

Key words:

2,5D machining, CAD/CAM, PowerMILL, NC program, CNC machine tool

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Novotný, Radek. *Aplikace CAD/CAM softwaru PowerMILL při 2.5D obrábění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 38 s., 1 příloha. Vedoucí bakalářské práce Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Aplikace CAD/CAM softwaru PowerMILL při 2.5D obrábění* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 22. 5. 2008

.....
Radek Novotný

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Aleši Polzerovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	8
1 Volba vhodné součásti pro 2,5D obrábění.....	9
1.1 Model obráběné součásti.....	9
2 Materiál obráběné součásti.....	10
2.1 Volba materiálu.....	10
2.2 Vlastnosti zvoleného materiálu.....	11
3 CNC stroj.....	13
3.1 Volba stroje.....	13
3.2 Upínání nástrojů.....	13
3.3 Upínání obrobků.....	14
3.4 Chladicí kapalina.....	14
4 Realizace výroby součásti.....	15
4.1 Volba polotovaru.....	15
4.2 Příprava k uchycení obrobku.....	16
4.3 Import CAD modelu do aplikace PowerMILL.....	17
4.4 Obrábění děr v aplikaci PowerMILL.....	18
4.4.1 Vrtání.....	18
4.4.2 Vrtání děr s výplachem.....	19
4.4.3 Vrtání děr s přerušením.....	19
4.4.4 Řezání závitů.....	20
4.5 Volba nástrojů a řezných podmínek pro vrtací operace.....	21
4.6 Obrobení polotovaru s otvory v aplikaci PowerMILL.....	24
4.7 Rozbor 2,5D frézovacích strategií v aplikaci PowerMILL.....	25
4.7.1 Hrubování offsetem 2D.....	26
4.7.2 Hrubování profilu 2D.....	27
4.7.3 Hrubování rastrem 2D.....	27
4.8 Volba nástrojů a řezných podmínek pro frézovací operace.....	28
4.9 Obrobení součásti v aplikaci PowerMILL.....	31
5 Tvorba NC programu.....	32
6 Měření sondou.....	33
Závěr.....	35
Seznam použitých zdrojů.....	36
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	37
Seznam příloh.....	38

ÚVOD

V dnešní době ústupu konvenčních technologií a masivním nárůstem technologií CNC je podpora výroby pomocí CAD/CAM již nezastupitelným pomocníkem, a to z několika důvodů. Zkrácení především přípravných časů, ale i dalších výrobních časů a tím zefektivnění celého výrobního procesu. V dalším případě při výrobě tvarově složitých obrobků jde jen stěží vytvořit NC program jiným způsobem než za pomoci CAD/CAM.

Ve velkém počtu operací se běžně setkáváme při obrábění na frézovacích obráběcích centrech s obráběním útvarů ve 2,5D jako je např. frézování profilů, rovinných ploch, kapes, ostrůvků, závitů dále s vrtáním, řezáním závitů, vystružováním a gravírováním.

Tato práce se zabývá rozбором 2,5D obráběcích strategií v CAD/CAM software PowerMILL a zpracování technologie výroby zadané součásti s výběrem nejvhodnější strategie k obrobení této součásti. Následně bude vytvořen NC program k praktické realizaci na obráběcím stroji FV 25 CNC A / Heidenhain iTNC 530.

1 Volba vhodné součásti pro 2,5D obrábění

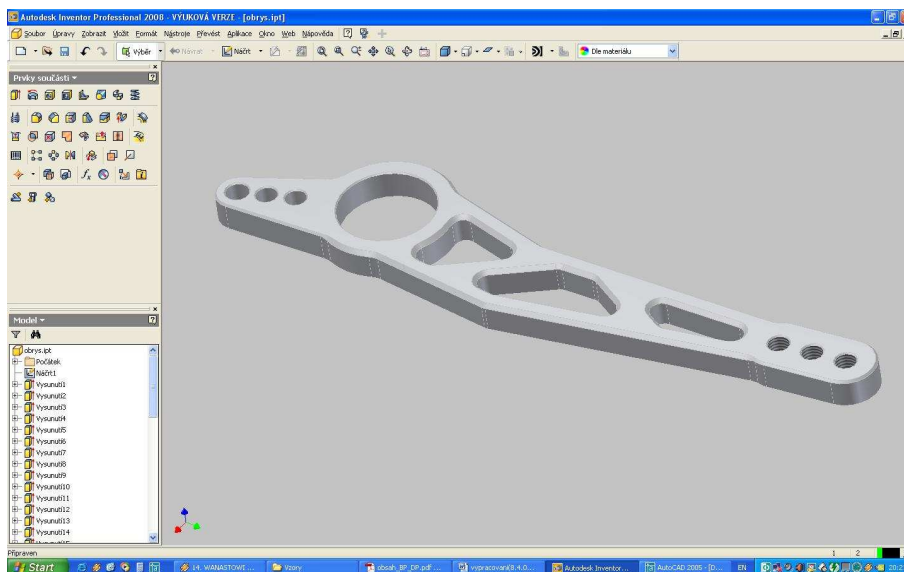
Součást typická pro 2,5D obrábění musí obsahovat pouze útvary jakými jsou otvory určené k vrtání, řezání nebo tváření závitů, vyvrtávání. Dále to jsou 2D kontury určené k profilovému frézování, srážení hran. Kontury ohraničující různé tvary kapes a ostrůvků. Útvary by se měly nacházet v jedné rovině, v opačném případě by byla součást vhodná pro 4-osé indexované obrábění.

1.1 Model obráběné součásti

Jedná se o model brzdového pedálu motocyklu, který slouží jako universální díl stupačkového setu (obr. 1.1) určeného pro závodní motocykly vyráběný firmou ARP-motoracing. Model brzdového pedálu (obr. 1.2) je vytvořen v prostředí systému Autodesk Inventor 2008. Součást obsahuje pouze 2D prvky a tudíž je vhodná k rozboru strategií 2,5D obrábění v programu v CAD/CAM software PowerMILL a následné výrobě.



obr. 1.1 Set pro Kawasaki Zx-6R(05-06)



obr. 1.2 model brzdového pedálu

2 Materiál obráběné součásti

Jednotlivé díly stupačkového setu jsou extrémně zatěžovány, především v závodních podmínkách. U závodních motocyklů je kladen velký důraz na nízkou hmotnost použitých komponentů. Další funkcí stupačkového setu je ochrana motocyklu při pádu, z těchto důvodů je nutné volit materiál s co nejlepšími mechanickými vlastnostmi. V neposlední řadě hraje roli estetický vzhled, a proto musí být zvolená slitina vhodná k anodické oxidaci (eloxování) a dalšímu vybarvení povrchu. Z technologického hlediska je výhodná dobrá obrobiteľnosť slitiny.

2.1 Volba materiálu

Na základě předchozích nároků je volena slitina EN AW 7022 – AlZn5Mg3Cu, také známá pod obchodním názvem CERTAL. Jako polotovár je volen přířez z válcované desky.

2.2 Vlastnosti zvoleného materiálu

Jedná se o vytvrditelnou slitinu vysoké pevnosti s vynikající obrobitelností. Tyto desky se díky přesné receptuře na výrobu (zúžené pole chemického složení dále válcování, pēchování a tepelné zpracování), se vyznačují rovnoměrnými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi v celém průřezu desky (bloku) a jsou proto předurčeny jako ideální materiál pro výrobu forem.

Použití:

- formy na plasty
- formy na pěnové a gumové materiály
- prototypové formy
- základové desky střižných nástrojů
- strojírenství
- stavba jednoúčelových strojů

Zpracovatelnost:

Svařitelnost TIG/MIG:.....možná
Přídavný materiál EN AW 5083 a EN AW 5356
Eloxovatelnost technická:.....dobrá
Obrobitelnost.....vynikající
Leštitelnost.....velmi dobrá
Vhodnost k erozivnímu obrábění.....velmi dobrá

Fyzikální vlastnosti:

Hustota:2 760 kg/m³
Tepelná vodivost.....120-150 W/m.K
Koeficient tep. roztažnosti.....23,6.10⁻⁶K⁻¹
Modul pružnosti v tahu.....72 000MPa

Orientační mechanické vlastnosti desek (stav T651):

Pevnost v tahu R_m550MPa
Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$495MPa
Tvrdość.....165HB (1)

Pozn.: T651 – po rozpouštěcím žihání, uvolnění vnitřního pnutí vypnutím řízenou velikostí a umělém stárnutí (2)

Chemické složení

Si.....max. 0,5 %
Fe.....max. 0,5 %
Cu.....max. 0,5 – 1 %
Mn.....0,1 – 0,4 %
Mg.....2,6 – 3,7 %
Cr.....0,1 – 0,3 %
Zn.....4,3 – 5,2 %
Ti + Zn.....max. 0,2 %

3 CNC stroj

Číslicově řízené obráběcí stroje představují nosný prvek pružné automatizace obráběcích procesů v oblasti středněsériových, malosériových a v řadě případů kusových výrob. Při opakované výrobě je snadno aplikovatelný řídicí program, který byl již dříve zpracován a využit. Číslicové řízení daleko překračuje funkce jednoho stroje, ale umožňuje návaznost na ostatní prvky celých obráběcích systémů. S velkou výhodou využívá všech předností a možností výpočetní techniky a zasahuje do struktury a organizace výroby v nejširším slova smyslu.

Vlastní řezný proces probíhá analogicky jako při práci na standardním obráběcím stroji, avšak technologické postupy při aplikaci číslicově řízených obráběcích strojů vykazují řadu specifických složek. (3)

3.1 Volba stroje

Při použití nástrojů s malými průměry (do 8mm) je pro produktivní obrábění nutné volit stroj s vysokootáčkovým vřetenem (tj. min. $12\,000\text{ min}^{-1}$) nebo u strojů s menším rozsahem otáček je možnost doplnit zrychlovacím přístrojem (cca $20\,000\text{ min}^{-1}$). Díky vysoké ceně zrychlovacího přístroje a použití velkého rozsahu průměrů nástrojů by bylo jeho použití finančně neefektivní. Díky nárokům na vysokootáčkové vřeteno je vhodné volit stroj s vertikální osou vřetene, u horizontálních obráběcích center většina výrobců nabízí stroje s rozsahem otáček max. do $8\,000\text{ min}^{-1}$.

V tomto případě, kdy je použit stroj FV 25 CNC A / Heidenhain iTNC 530 jsou maximální použitelné otáčky $6\,000\text{ min}^{-1}$.

3.2 Upínání nástrojů

Upínání nástrojů s válcovou stopkou je možné realizovat mnoha způsoby, které jsou běžně dostupné na trhu. Mezi nejrozšířenější upínání patří použití kleštinových pouzder, jejich výhodou je příznivá cena, variabilita a nízké obvodové házení. V dnešní době je stále častěji k vidění upínání tepelné. Tepelné upínání se vyznačuje velmi nízkou hodnotou obvodového házení, které je důležité pro trvanlivost bříty nástroje, a velkou upínací silou. Nevýhodou je pořizovací cena upínače pro tepelné upínání a zařízení pro jeho ohřev. Dále se používají hydraulicko deformační, silově deformační upínací systémy, upínací systémem Weldon nebo Whistle Notch.

Cílem při vhodném výběru nástrojových držáků je především dosažení jejich flexibility, minimalizace přípravných časů výroby a kompatibility držáků s obráběcím strojem, získání maximálních tuhostí a výkonů při obrábění, jakož i dlouhodobé životnosti držáků. (4)

3.3 Upínání obrobku

Tuhé upnutí materiálu zaručuje přesnost obráběné součásti a požadovanou kvalitu povrchu. Špatné upnutí a případně vzniklé vibrace výrazně zkracují životnost nástroje, ale i celého obráběcího stroje. U frézovacích operací se používají k upínání obrobků strojní svěráky, universální sklíčidla, ale především různých speciálních upínacích přípravků.

3.4 Chladící kapalina

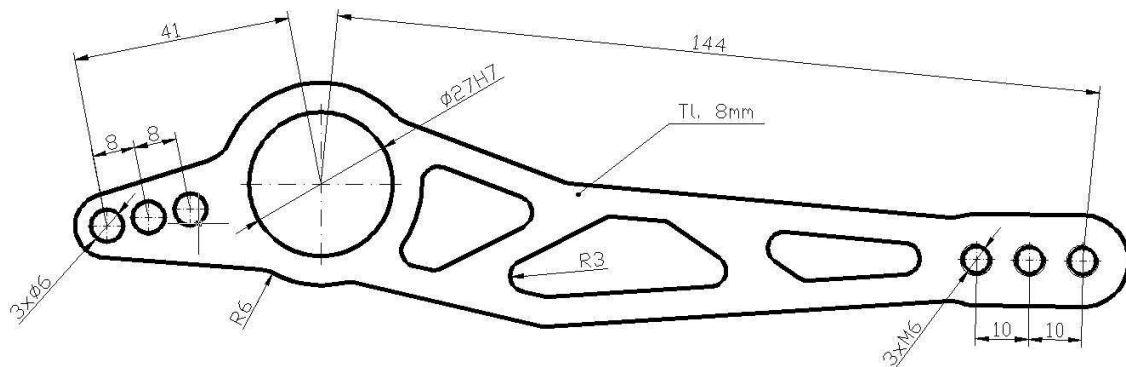
Při obrábění hliníku a hliníkových slitin je nutné použití chladící a řezné kapaliny z důvodu zabránění nalepování třísky na nástroj. U moderních obráběcích strojů se s výhodou používá tzv. vysokoobjemové a vysokotlaké chlazení, které zaručuje odstraňování velkého množství třísek z místa řezu při produktivním obrábění, a tím zabránění poškození nástroje i obrobku.

Je možné se setkat s různými druhy chladících a řezných kapalin. Ať už to jsou kapaliny minerální, polosyntetické či plně syntetické. Dále se rozdělují dle použití, a to jako jednoúčelové, použití pouze na obrábění např. oceli, litiny, hliníkových slitin. Při kusové nebo malosériové výrobě se používají kapaliny pro universální použití.

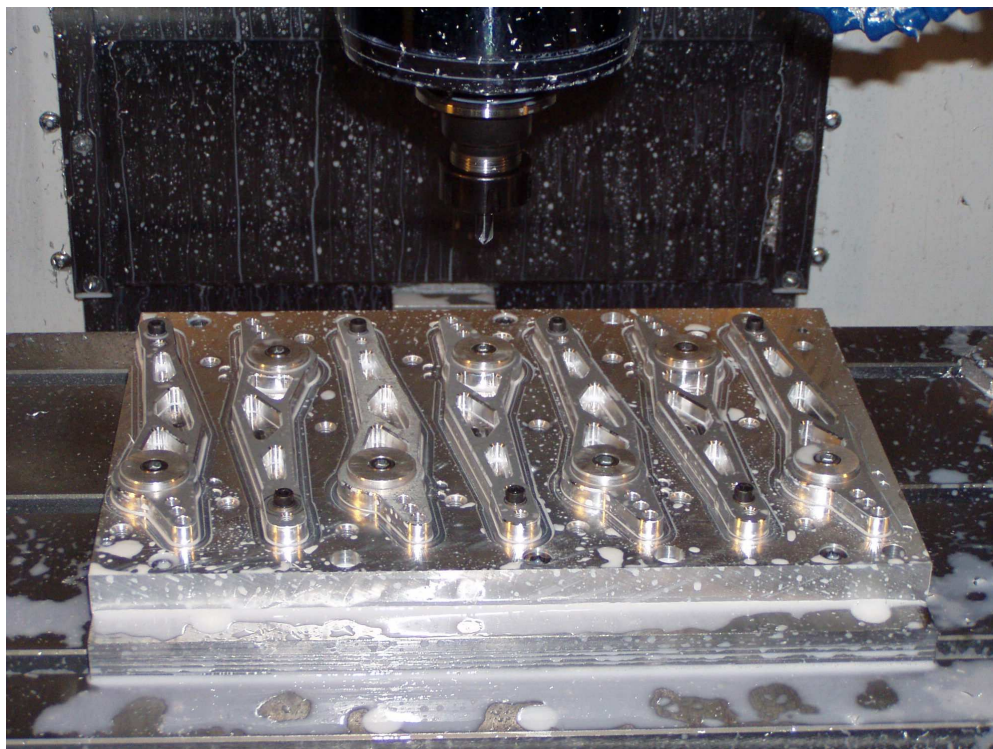
4 Realizace výroby součásti

4.1 Volba polotovaru

Při objemu výroby zadané součásti není ekonomické obrábět součást (obr. 4.1) jako jednotlivý kus, ale obrábět dílce v sadě (obr. 4.2).



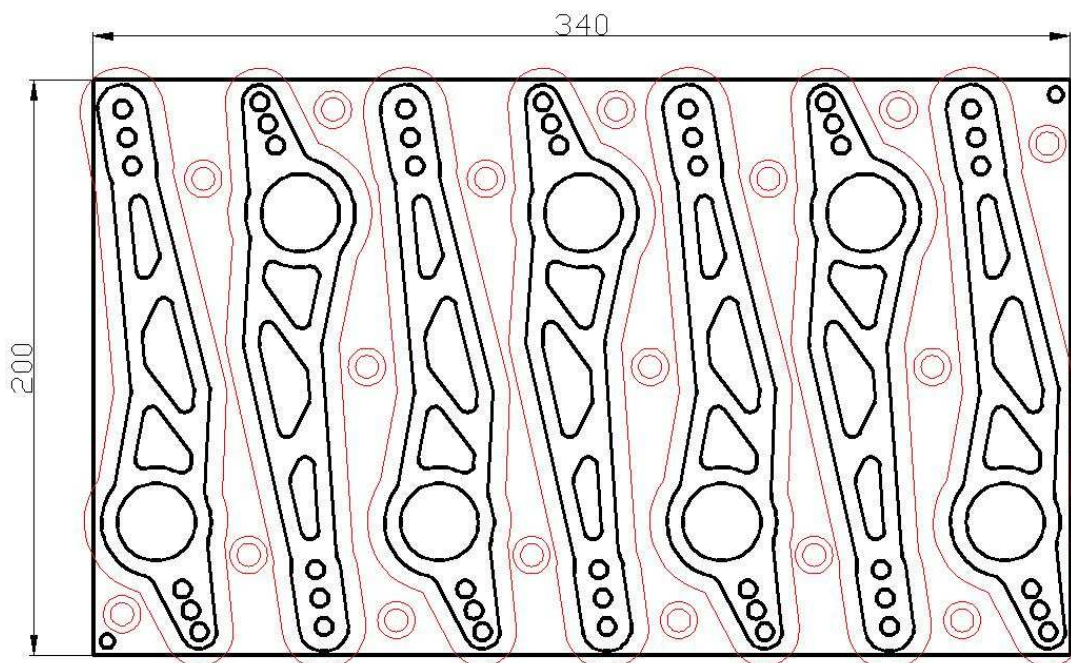
Obr. 4.1 2D náčrt obráběné součásti



obr. 4.2 ustavení obráběných dílců v upínacím přípravku

Při ustavování dílů do polotovaru je důležité dbát na uchycení zbytků materiálu vniklých při objetí kontury nástrojem. Vniklé zbytky by mohli nevhodným rozmístěním poškodit, respektive zničit jak nástroj tak obrobek vniknutím právě mezi rotující nástroj a obrobek. V dutinách, kde není možnost zbytky uchytit, je nutné z tohoto důvodu materiál odebrat všechen.

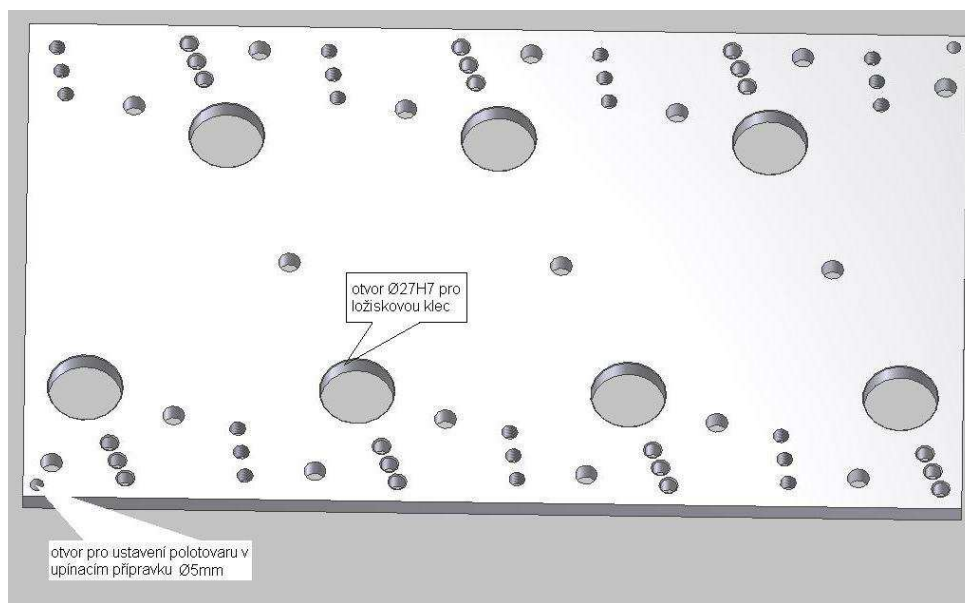
S ohledem na maximální možné rozměry upínacího přípravku a ustavení jednotlivých dílů vůči sobě je volena velikost polotovaru 8x200x340 mm. Nákres dílců umístěných v polotovaru včetně naznačených upínacích šroubů a kontury vytvořené nástrojem o průměru 6mm na obr.4.3



obr. 4.3 naznačení umístění dílů v polotovaru

4.2 Příprava k uchycení obrobku

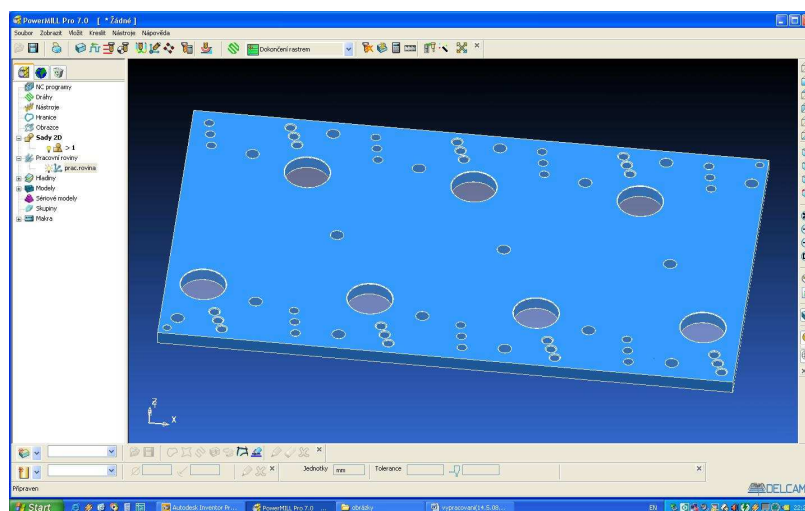
Jelikož je potřeba obráběné díly uchytit k upínacímu přípravku, je nutné do výchozího polotovaru nejprve předvrtat otvory, kterými se pomocí šroubů uchytí jednak samotné dílce, ale i zbytky materiálu vzniklé při objetí kontury obráběného dílu nástrojem. Z praktických důvodů je vhodné obrobit i zbylé otvory a otvory se závity, které jsou přímo na obráběných součástech, ale také otvory které slouží k ustavení polotovaru v upínacím přípravku (obr. 4.4). Jsou vyfrézovány i otvory $\text{Ø}27\text{H}7$, kde se nejprve otvor vyhrubuje s přídkem 0,2 mm na stěnu a následně se pomocí dokončovací stopkové frézy a korekce nástroje nastavované na stroji vytvoří otvor v dané toleranci.



obr. 4.4 Polotovar s otvory pro uchycení

4.3 Import CAD modelu do aplikace PowerMILL

Model součásti vytvořený v CAD software je nutné importovat do programu PowerMILL, to je řešeno pomocí PS-Exchange, který převede model do formátu který je PowerMILL schopný importovat. Lze s jeho pomocí převádět běžně používané formáty jako např. iges, step, atd.



obr. 4.5 Polotovar s otvory v aplikaci PowerMILL

4.4 Obrábění děr v aplikaci PowerMILL

Při volbě strategie obrábění děr lze volit z několika nejčastěji používaných postupů:

- 4.4.1 Vrtání
- 4.4.2 Vrtání děr s výplachem
- 4.4.3 Vrtání děr s přerušením
- 4.4.4 Řezání závitů

4.4.1 Vrtání

Při vrtání nástroj zajede do materiálu na zadanou hloubku tzv. „na jednu dráhu“ (obr. 4.6)



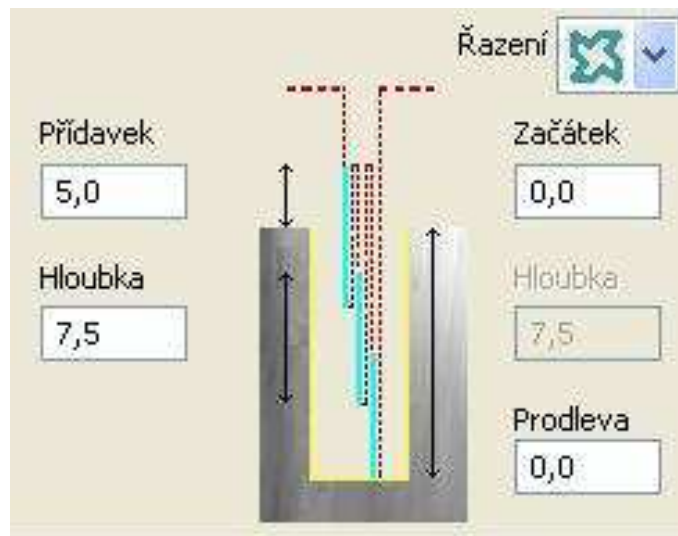
obr. 4.6 vrtání děr tzv. „na jednu dráhu“

Výhody: - nástroj je v záběru v celém průběhu vrtací operace a strojní čas je kratší než u následujících operací, který je především u pomalejších strojů nezanedbatelný

Nevýhody: - možnost použití pouze na otvory do hloubky cca 3xD, při vrtání hlubších děr by docházelo k zahlcení šroubovice vrtáku třískami a k následnému poškození, respektive zničení vrtáku a obráběné součásti.

4.4.2 Vrtání děr s výplachem

Vrtání děr s výplachem se používá především pro vrtání hlubokých děr u strojů bez chlazení středem nástroje, kdy vrták vyjíždí mezi záběry nad obráběný materiál a tím odstraňuje vzniklé třísky při vrtání a umožňuje chladicí kapalině přístup do místa řezu (obr. 4.7). Tento vrtací cyklus umožňuje jednak konstantní velikost záběru, ale i se zvětšující se hloubkou záběry zmenšovat



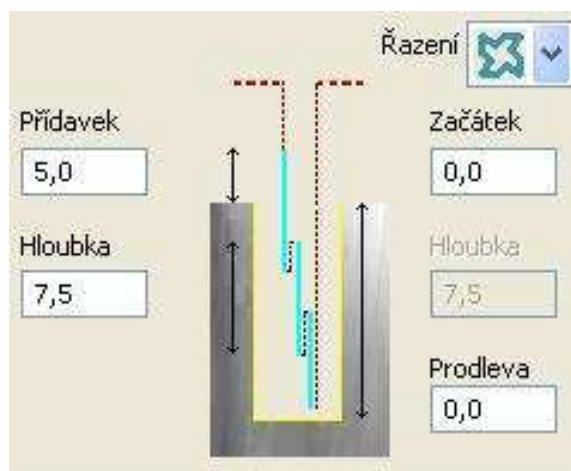
obr. 4.7 strategie vrtání děr s výplachem

Výhody: - tato metoda vrtání umožňuje dosažení větší hloubky otvoru než při běžném vrtání

Nevýhody: - možnost použití pouze na CNC strojích
- nutnost vyjíždění nástroje nad obráběný materiál a tím zvyšování celkové času potřebného na zhotovení daného otvoru

4.4.3 Vrtání děr s přerušením

Vrtání děr s přerušením se používá především pro vrtání hlubokých děr, kdy vrták vyjíždí mezi záběry pouze o předem nastavenou hodnotu nad obráběný povrch a nevyjíždí až nad povrch obráběného materiálu jakou předcházející metody. Hodnota vyjetí je řádově 0.1mm. Tato metoda je vhodná pouze pro stroje které jsou vybaveny chlazením středem nástroje. Je důležité u této metody nastavit velikost časové prodlevy, která je nutná na odvod třísek z prostoru mezi obrobkem a vrtákem (obr. 4.8). Stejně jako u metody vrtání děr s výplachem je možné nastavit konstantní velikost záběru nebo se zvětšující se hloubkou otvoru velikost záběru postupně zmenšovat.



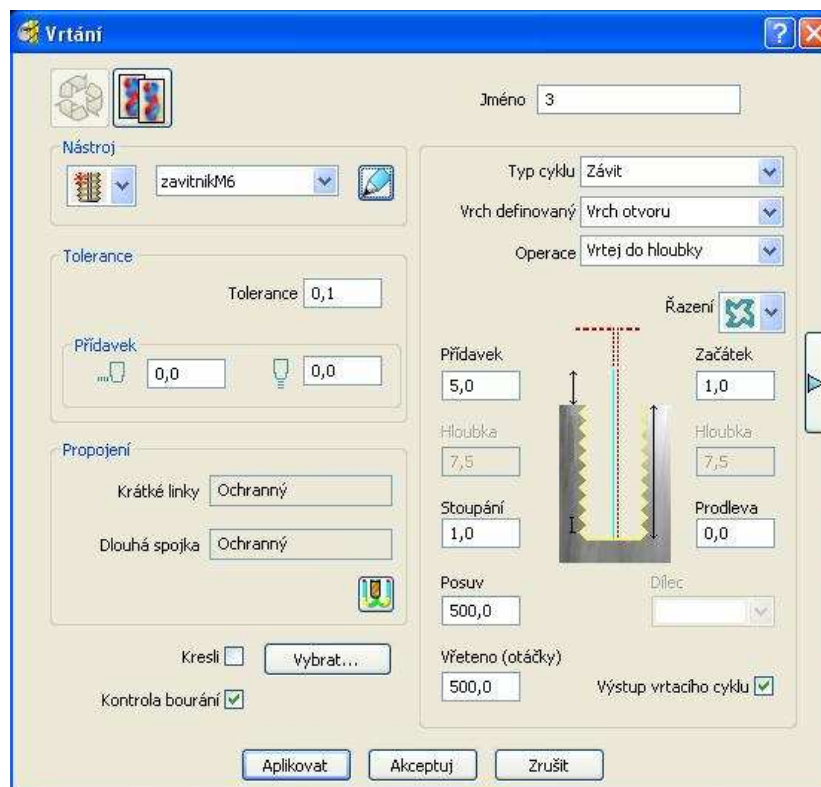
Obr. 4.8 strategie vrtání děr s přerušením

- Výhody:**
- tato metoda je vysoce produktivní pro obrábění hlubokých děr, celkový strojní čas je nižší než u metody vrtání děr s výplachem
 - chladicí kapalina je přiváděna přímo do místa řezu a je možné dosažení vyšších řezných rychlostí
 - třísky jsou průběžně odstraňovány z místa řezu vysokým tlakem a objemem chladicí kapaliny a je možné použít větší hloubku záběru na jeden záběrný cyklus

- Nevýhody:**
- možnost použití pouze na CNC strojích
 - pořizovací cena stroje s chlazením středem nástroje
 - cena nástrojů určených k chlazením středem nástroje
 - vyšší nároky na čištění chladicí kapaliny

4.4.4 Řezání závitů

Při řezání závitů je nutné aby byly synchronizovány otáčky vřetene a posuv vřetene. U CNC strojů s menším výkonem vřetene je nepřesnost synchronizace otáček a posuvu řešena tzv. vyrovnávacími pouzdry pro kompenzaci délky. Stroje s výkonnějším vřetenem mají tzv. pevné závitování, to znamená, že závitník je v držáku upevněn bez jakékoliv možnosti délkové kompenzace např. v kleštinovém pouzdru. Výhoda pevného závitování je absence drahých vyrovnávacích pouzder, ale ze zkušeností z praxe je vhodné použití vyrovnávacích pouzder i na strojích s pevným závitováním, a to z důvodu delší životnosti závitníku především při obrábění oceli a litiny. Výhodou závitovacího cyklu na CNC stroji je, že vyjíždí ze záběru vyššími otáčkami než jsou otáčky při řezání závitu. Tabulka pro zadání parametrů závitovacího cyklu v aplikaci PowerMILL na obr. 4.9.



obr. 4.9 tabulka parametrů závitování

4.5 Volba nástrojů a řezných podmínek pro vrtací operace

Řezné nástroje významně přispívají ke splnění hlavního požadavku na metody obrábění, tj. zajištění vysoké produktivity výroby a dosažení požadované jakosti obrobeneho povrchu. Vývoj technologií obrábění zajišťuje nejen zvyšování výkonů při úběru materiálu, ale i vyšší rozměrovou a tvarovou přesnost, jakost obrobeneých povrchů, zkrácení časů obrábění a snížení podílu pracovníka na obsluze obráběcího stroje. Základním předpokladem přípravy procesu obrábění je správná volba řezného nástroje, který spolu s obráběcím strojem a vhodnými řeznými podmínkami zajistí optimální provedení operace. Vývoj řezných nástrojů je základní součástí racionalizace procesů obrábění, spojené se zpracováním nových konstrukčních materiálů a použitím progresivních řezných materiálů. Řezné nástroje významně přispívají ke splnění

hlavního požadavku na metody obrábění, tj. k zajištění vysoké produktivity výroby a dosažení požadované jakosti obrobeneho povrchu. (5)

Vzhledem k výběru stroje s vysokootáčkovým vřetenem je vhodné použití produktivních monolitních tvrdokovových nástrojů. Ty umožňují dosažení vyšších řezných rychlostí a vyšší trvanlivosti oproti nástrojům z HSS oceli a tím snížení strojních časů.

Dle útvarů na modelu jsou voleny následující nástroje - vrták Ø5 mm
- závitník M6
- vrták Ø6 mm
- vrták Ø8 mm

Vrták Ø5 mm (6)

Výpočet otáček vrtáku:

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 70-380$ m/min

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{90 \cdot 1000}{\pi \cdot 5} = 5729 \text{ ot/min} \Rightarrow 5800 \text{ ot/min} \quad 1.1$$

Výpočet posuvu vrtáku:

Posuv na otáčku doporučený výrobcem: $f_o = 0,12-0,2$ mm/ot

K zachování kontrolovaného lomu třísky (kapkovitá tříska) nesmějí být dosahované hodnoty nižší než limity posuvových řad uvedené v tabulce hodnot řezných podmínek. (6)

$$v_f = n \cdot f_o = 5800 \cdot 0,12 = 696 \text{ mm/min} \quad 1.2$$

Závit M6 (6)

Průměr vrtáku pro závit M6 z katalogu výrobce WNT => Ø5 mm

Řezné podmínky viz. výše

Závitník M6

Výpočet otáček závitníku:

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 10-20$ m/min

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{15 \cdot 1000}{\pi \cdot 6} = 795,8 \text{ ot/min} \Rightarrow 800 \text{ ot/min} \quad 1.3$$

Výpočet posuvu závitníku:

Stoupání závitu $P=1$ mm

$$v_f = n \cdot P = 800 \cdot 1 = 800 \text{ mm/min} \quad 1.4$$

Vrták Ø6 mm (6)Výpočet otáček vrtáku:

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 70-380$ m/min

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{110 \cdot 1000}{\pi \cdot 6} = 5836 \text{ ot/min} \Rightarrow 5800 \text{ ot/min} \quad 1.5$$

Výpočet posuvu vrtáku:

Posuv na otáčku doporučený výrobcem: $f_o = 0,12-0,2$ mm/ot

K zachování kontrolovaného lomu třísky(kapkovitá tříska) nesmějí být dosahované hodnoty nižší než limity posuvových řad uvedené v tabulce hodnot řezných podmínek. (6)

$$v_f = n \cdot f_o = 5800 \cdot 0,15 = 870 \text{ mm/min} \quad 1.6$$

Vrták Ø8 mm (6)Výpočet otáček vrtáku:

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 70-380$ m/min

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{140 \cdot 1000}{\pi \cdot 8} = 5570 \text{ ot/min} \Rightarrow 5600 \text{ ot/min} \quad 1.7$$

Výpočet posuvu vrtáku:

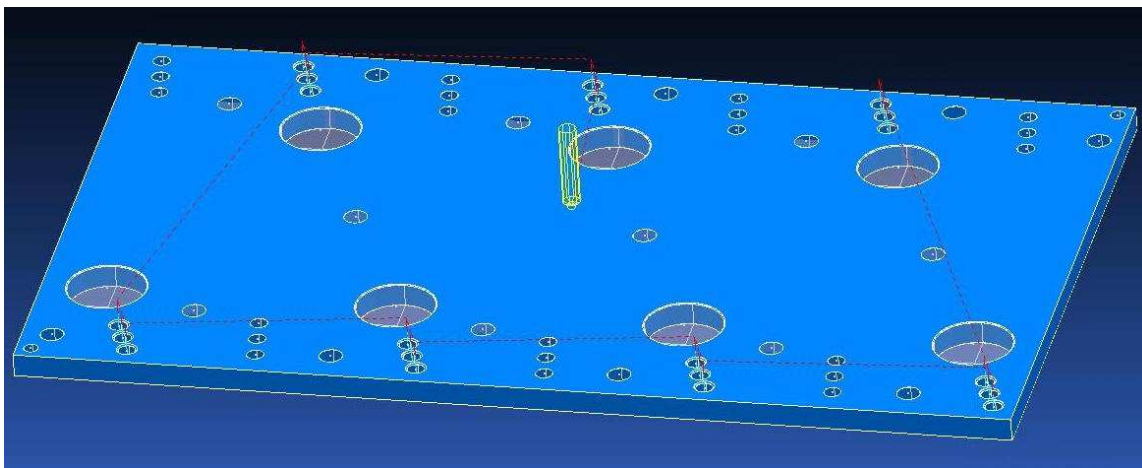
Posuv na otáčku doporučený výrobcem: $f_o = 0,12-0,2$ mm/ot

K zachování kontrolovaného lomu třísky(kapkovitá tříska) nesmějí být dosahované hodnoty nižší než limity posuvových řad uvedené v tabulce hodnot řezných podmínek. (6)

$$v_f = n \cdot f_o = 5600 \cdot 0,2 = 1120 \text{ mm/min} \quad 1.8$$

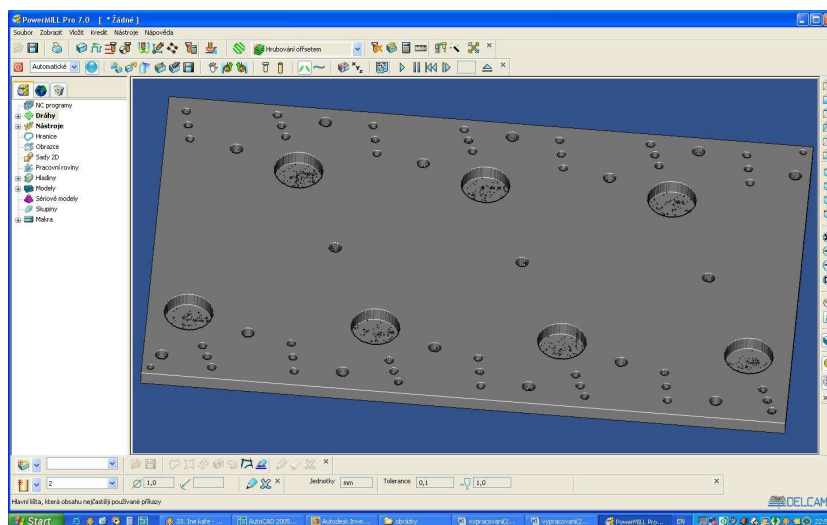
4.6 Obrobení polotovaru s otvory v aplikaci PowerMILL

Po importu modelu je nutné především nadefinovat polotovar. V tomto případě se bude jednat o kvádr s počátkem souřadného systému v levém dolním rohu. Dále je třeba nadefinovat 2D sady pro daný útvar, např. otvory o průměru 6mm, podle kterých se vytvoří dráha nástroje (obr. 4.10)



Obr.4.10 dráhy nástroje pro vrták Ø6mm

Postupně se obrobí zbývající útvary. Otvory o průměru 27H7 se vytvoří odfrézováním materiálu drážkovací stopkovou frézou s přídalkem a dokončení bude realizováno dokončovací stopkovou frézou za pomoci korekce nástroje nastavených přímo na stroji se vytvoří otvor v dané toleranci. Strategie pro tyto operace budou rozebrány v dalším textu. Obráběná součást po simulaci na obr. 4.11 a součást na pracovním stole obráběcího centra Haas VF-2SS obr. 4.12



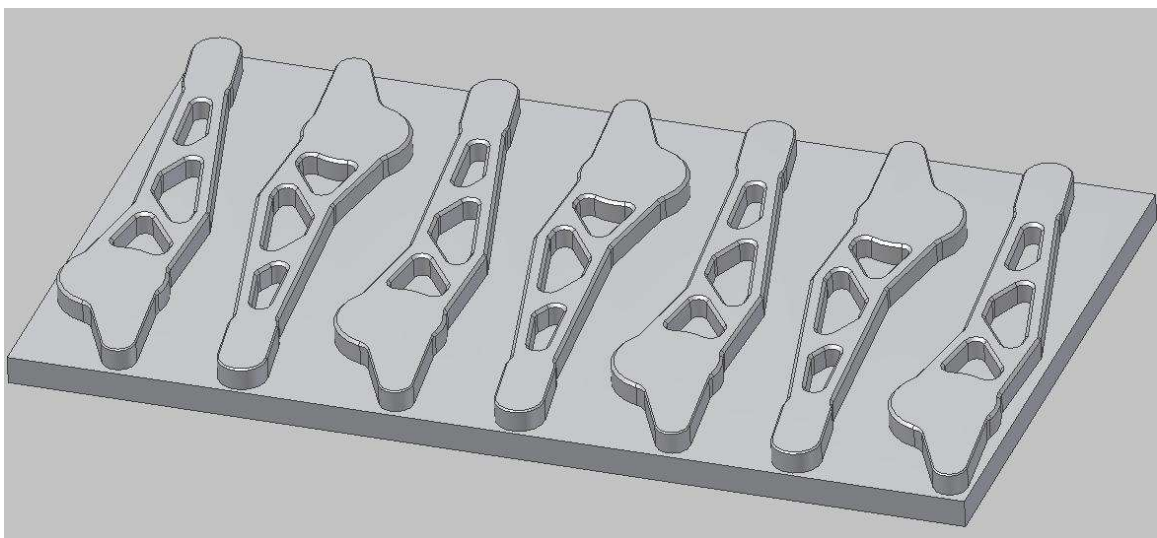
obr. 4.11 simulace obrábění



obr. 4.12 obrobený díl na pracovním stole
obráběcího centra Haas VF-2SS

4.7 Rozbor 2,5D frézovacích strategií v aplikaci PowerMILL

Polotovár s předvrtanými otvory pro uchycení do upínacího přípravku je hotov z předchozího kroku. Následující operace bude obrobení brzdových pedálů na hotovo.



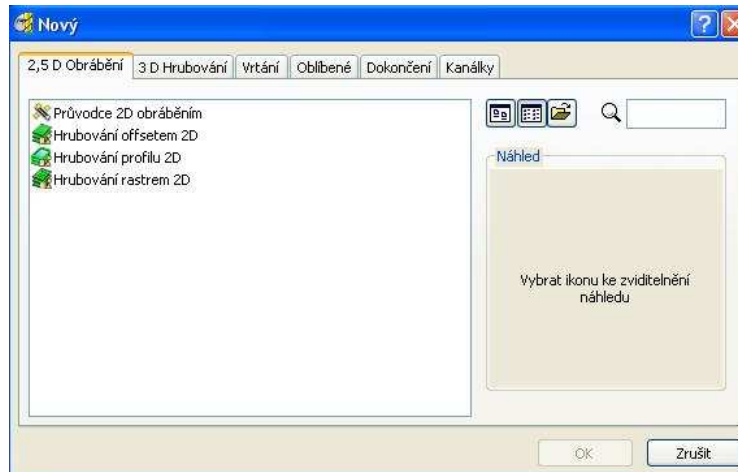
obr. 4.13 model sestavy brzdových pedálů

Při volbě 2,5D frézovací strategie lze volit ze tří nabízených (obr. 4.14)

4.7.1 Hrubování offsetem 2D

4.7.2 Hrubování profilu 2D

4.7.3 Hrubování rastrem 2D

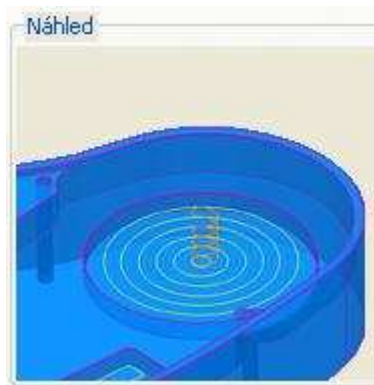


obr. 4.14 volba strategií pro 2,5D obrábění

4.7.1 Hrubování offsetem 2D

Tato hrubovací metoda je vhodná především pro frézování kapes a nálitků, kde se nástroj pohybuje po spirále a odebírá materiál v celém objemu kapsy, respektive nálitku. Výhoda této strategie oproti hrubování rastrem je, že dráha nástroje je tvořena spirálou a nástroj je plynule v záběru, což má pozitivní vliv na životnost nástroje. Navíc nástroj nekoná časté přejezdy a minimalizuje tak vedlejší časy.

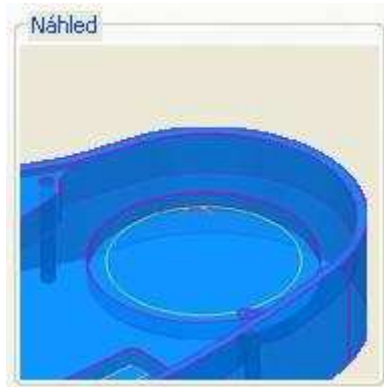
Tato operace je vhodná v tomto případě na obrobení vnitřních kapes pedálu, kde musí být materiál odebrán všechen z již výše uvedeného důvodu. Metoda není vhodná pro obrábění vnějšího obrysu pedálu, a to z důvodu výrazného zvýšení strojní času kde se by se odebíralo zbytečně velké množství materiálu. Strategie hrubování offsetem 2D je naznačena na obr. 4.15.



obr. 4.15 hrubování offsetem 2D

4.7.2 Hrubování profilu 2D

Tato metoda je tzv. „profilování“ a slouží k obrobení profilu tvořeným danou součástí. Proto je tato metoda vhodná k obrobení vnějšího obrysu součásti, kdy nástroj tvoří drážku a odebírá jenom materiál nezbytně nutný k vytvoření profilu součásti. Tím se výrazně sníží strojní čas potřebný k výrobě. Strategie hrubování profilu 2D je naznačena na obr. 4.16.



obr. 4.16 hrubování profilu 2D

4.7.3 Hrubování rastrem 2D

Tato metoda je vhodná především k frézování rovinných ploch. Její nevýhody jsou především časté přejezdy do nového záběru a tím zvýšení celkového strojního času, dále se snižuje životnost nástroje, který se musí opakovaně zavrtávat do materiálu a najíždět do plného materiálu. Strategie hrubování rastrem 2D je naznačena na obr. 4.17.



obr. 4.17 hrubování rastrem 2D

4.8 Volba nástrojů a řezných podmínek pro frézovací operace

Dle útvarů na modelu jsou voleny následující nástroje:

- drážkovací stopková fréza Ø5 mm, počet zubů $z = 2$, (hrubování vnitřních kapes)
- drážkovací stopková fréza Ø6 mm, počet zubů $z = 2$, (hrubování vnějšího profilu součásti)
- dokončovací stopková fréza Ø5 mm, počet zubů $z = 4$, (dokončení povrchu vnitřních kapes)
- dokončovací stopková fréza Ø6 mm, počet zubů $z = 4$, (dokončení vnějšího povrchu součásti)
- odjehlovací hrot Ø8 mm, vrcholový úhel $\alpha = 90^\circ$ (sražení hran)

Drážkovací stopková fréza Ø5 mm (6)

otáčky nástroje:

dle možností stroje jsou voleny max. otáčky $n = 6000$ ot/min

Výpočet řezné rychlosti:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 6000}{1000} = 94,2 \text{ m/min} \quad 1.9$$

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 80\text{-}500$ m/min

=> řezná rychlost leží v rozmezí doporučeném výrobcem nástroje

Výpočet posuvové rychlosti:

Posuv na zub doporučený výrobcem: $f_z = 0,05$ mm

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z = 0,05 \cdot 6000 \cdot 2 = 600 \text{ mm/min} \quad 1.10$$

Drážkovací stopková fréza Ø6 mm (6)

otáčky nástroje:

dle možností stroje jsou voleny max. otáčky $n = 6000$ ot/min

Výpočet řezné rychlosti:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 6000}{1000} = 113,1 \text{ m/min} \quad 1.11$$

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 80-500$ m/min

=> řezná rychlost leží v rozmezí doporučovaném výrobcem nástroje

Výpočet posuvové rychlosti:

Posuv na zub doporučený výrobcem: $f_z = 0,06$ mm

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z = 0,06 \cdot 6000 \cdot 2 = 720 \text{ mm/min} \quad 1.12$$

Dokončovací stopková fréza Ø5 mm (6)

otáčky nástroje:

dle možností stroje jsou voleny max. otáčky $n = 6000$ ot/min

Výpočet řezné rychlosti:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 6000}{1000} = 94,2 \text{ m/min} \quad 1.13$$

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 80-600$ m/min

=> řezná rychlost leží v rozmezí doporučovaném výrobcem nástroje

Výpočet posuvové rychlosti:

Posuv na zub doporučený výrobcem: $f_z = 0,05$ mm

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z = 0,05 \cdot 6000 \cdot 2 = 600 \text{ mm/min} \quad 1.14$$

Dokončovací stopková fréza Ø6 mm (6)otáčky nástroje:

dle možností stroje jsou voleny max. otáčky $n = 6000$ ot/min

Výpočet řezné rychlosti:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 6000}{1000} = 113,1 \text{ m/min} \quad 1.15$$

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 80-600$ m/min

=> řezná rychlost leží v rozmezí doporučovaném výrobcem nástroje

Výpočet posuvové rychlosti:

Posuv na zub doporučený výrobcem: $f_z = 0,06$ mm

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z = 0,06 \cdot 6000 \cdot 2 = 720 \text{ mm/min} \quad 1.16$$

Odjehlovací hrot Ø8 mm (6)otáčky nástroje:

dle možností stroje jsou voleny max. otáčky $n = 6000$ ot/min

Výpočet řezné rychlosti:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 6000}{1000} = 150,8 \text{ m/min} \quad 1.17$$

Řezná rychlost doporučená výrobcem: $v_c = 150-350$ m/min

=> řezná rychlost leží v rozmezí doporučovaném výrobcem nástroje

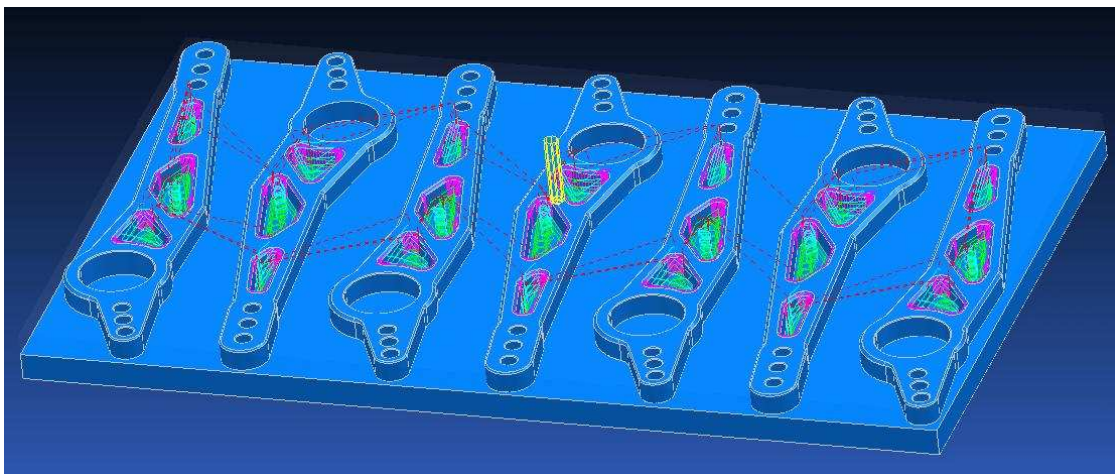
Výpočet posuvové rychlosti:

Posuv na zub: $f_z = 0,05$ mm

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z = 0,05 \cdot 6000 \cdot 3 = 900 \text{ mm/min} \quad 1.18$$

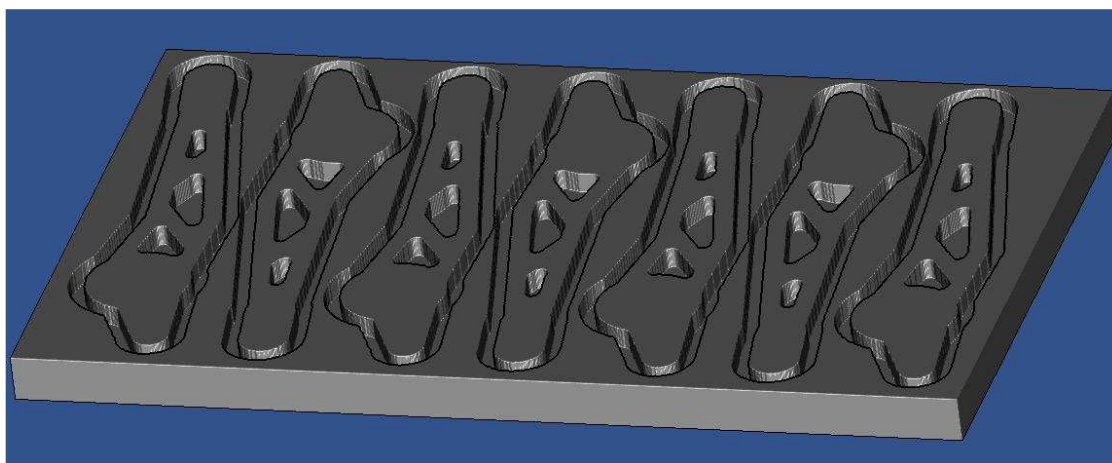
4.9 Obrobení součásti v aplikaci PowerMILL

Po importu modelu je nutné především nadefinovat polotovar. V tomto případě se bude jednat o kvádr s počátkem souřadného systému v levém dolním rohu. Dále je třeba nadefinovat 2D sady pro dané útvary, které se následně obrobí vhodnou strategií.

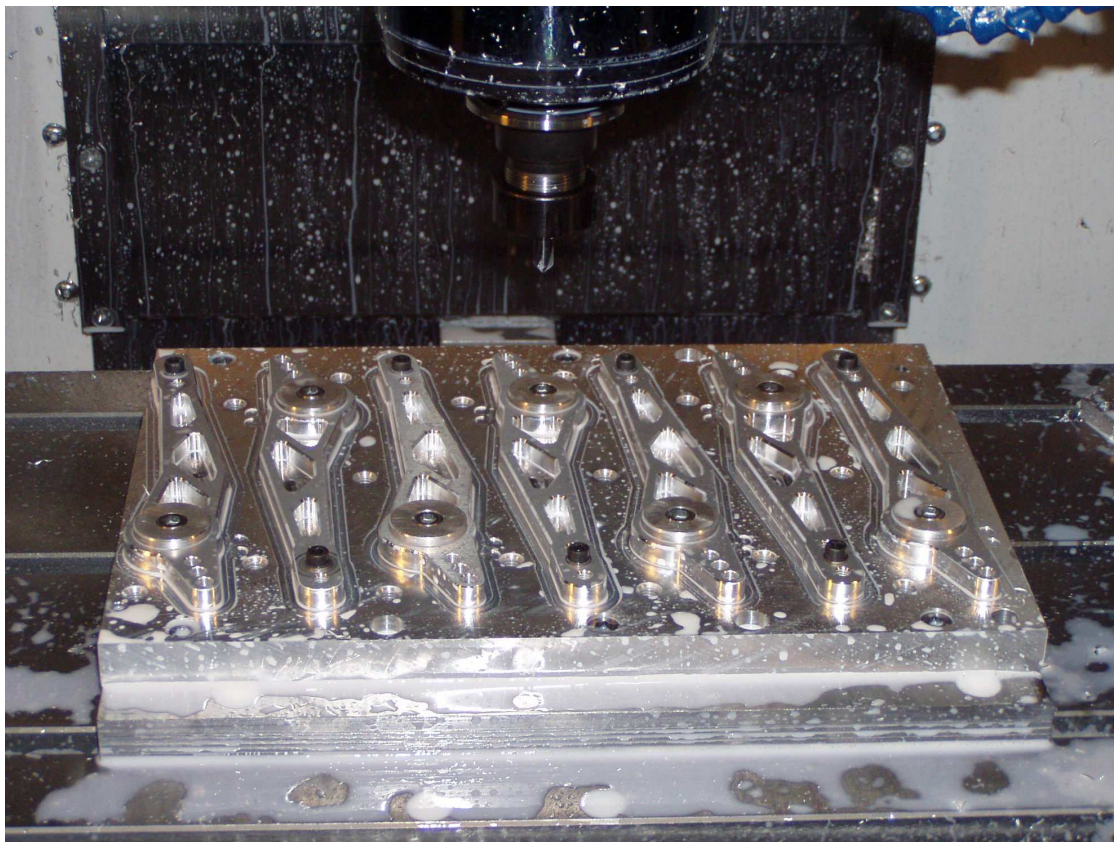


Obr.4.18 dráhy nástroje pro drážkovací stopkovou frézu Ø5 mm

Nejprve se vyhrubují dutiny a profil součásti s přídavkem 0,2 mm na plochu a následně se dokončovacími nástroji obrobí zbylé přídavky, kdy se dosáhne požadované kvality povrchu. Jako poslední operace je sražení hran, které má v tomto případě především estetický vzhled. Obrobené součásti po simulaci na obr. 4.19 a součásti na pracovním stole obráběcího centra Haas VF-2SS obr. 4.20



obr. 4.19 simulace obrábění



obr. 4.20 obrobené díly na pracovním stole
obráběcího centra Haas VF-2SS

5. Tvorba NC programu

Po vytvoření strategií obrábění je třeba vyhotovit NC program, který je srozumitelný pro daný obráběcí stroj a jeho řídicí systém. To je řešeno pomocí tzv. postprocesoru.

Postprocesor je softwarový převodník dat z CAD/CAM systému do datového jazyka konkrétního obráběcího stroje. Kvalitní postprocesor v sobě obsahuje veškeré informace o vlastnostech daného stroje, tak aby bylo optimálně a efektivně využito všech jeho funkcí v souladu s CAD/CAM systémem. Univerzální postprocesor neexistuje, bohužel je potřeba jej naprogramovat pro každý stroj zvlášť. Cesta k dokonalému postprocesoru se stává obtížnější i kvůli faktu, že pravděpodobně neexistují dvě identické konfigurace obráběcího CNC stroje. Počet možných kombinací je velmi vysoký. (7)

6 Měření sondou

Sondy se na obráběcích strojích používají především na:

Ustavení obrobku

Používání sond eliminuje potřebu nákladných přípravků a ručního ustavování pomocí číselníkových úchytkoměrů. Sondy se montují do vřeten v obráběcích centrech a přinášejí následující výhody:

- Omezení prostojů stroje
- Automatické upevnění, vyrovnaní dílce a ustavení rotační osy
- Eliminace chyb plynoucích z ručního ustavování
- Snížení zmetkovosti
- Zvýšení produktivity a flexibility výroby

Kontrola obrobku

Sondy montované do vřeten mohou být použity k měření v průběhu cyklu a ke kontrole prvního kusu. Ruční měřidla spoléhají na dovednost obsluhy a přesunování dílců do souřadnicových měřicích strojů není vždy praktické. Mezi výhody patří:

- Měření dílců v průběhu cyklu s automatickou opravou korekce
- Zlepšená spolehlivost bezobslužného obrábění
- Kontrola prvního kusu s automatickou aktualizací korekce
- Omezení prostojů stroje eliminací čekání na výsledky měření prvního kusu (8)



obr. 6.1 sonda

Vzhledem ke geometrii součásti a funkčním rozměrům součásti je vhodné měřit sondou rozměr $\text{Ø}27\text{H}7$ zda leží v tolerančním poli. U ostatních rozměrů měření není třeba aplikovat, jelikož se jedná o volné míry. Měření je nejlépe aplikovat na prvním obráběném kusu a v případě, že rozměr nebude vyhovující provést korekci nástroje a měření opakovat. Aby se zabránilo možnosti výroby zmetku u prvního kusu, je nutné nastavit před obráběním korekci nástroje tak, aby výsledný rozměr otvoru byl o něco málo menší než požadovaný a byl prostor pro další opravu. V dalším průběhu výroby je vhodné měření opakovat, zda nedošlo např. k otupení nebo poškození nástroje a následné změně rozměru.

Závěr

Cílem této práce bylo zhodnotit jednotlivé strategie 2,5D obrábění v aplikaci PowerMILL. Strategie 2,5D jsou jen malou částí strategií, které jsou v aplikaci PowerMILL obsaženy, ale v běžné strojírenské praxi jsou díly vhodné k aplikaci 2,5D hojně rozšířené. Z tohoto důvodu bylo vhodné jejich rozbor a následnou aplikaci na zvolené součásti provést. Byly popsány nejpoužívanější metody obrábění děr s jejich následným hodnocením vhodnosti použití na zvolené součásti. Dále byly popsány jednotlivé frézovací strategie obrábění ve 2D, které jsou obsaženy v CAD/CAM softwaru PowerMILL. Také u nich byla hodnocena vhodnost použití k obrobení dané součásti. Správnost postupu výroby součásti byla ověřena v simulačním prostředí PowerMILLu s následným vytvoření NC programu. Dále byla uvedena vhodnost použití sondy pro měření obráběného dílu přímo na obráběcím stroji.

Seznam použitých zdrojů

1. Alfun a.s. [online]. c2007, [cit.2008-04-03]. Dostupné z:
<<http://www.alfun.cz/hlinik-if-desky.htm>>
2. LEINVEBER, J. – ŘASA, J. – VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, spol. s r. o., pedagogické nakladatelství, 1996, 1998, 1999. 216 s. ISBN 80-7183-164-6
3. KOČMAN, K. – PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2005. 241s. ISBN 80-214-3068-0
4. www.mmspektrum.com/clanek/svet-nastrojovych-drzaku (2.5.2008)
5. www.mmspektrum.com/clanek/rezne-nastroje-soucasnosti (10.5.2008)
6. WNT, katalog distributora obráběcích nástrojů
7. www.mmspektrum.com/clanek/postprocesor-slabe-misto-cam-systemu (20.5.2007)
8. www.renishaw.cz/client/product/Czech/PGP-141.shtml (21.5.2007)

Seznam použitých symbolů a zkratk

CAD	[-]	Computer Aided Design
CAM	[-]	Computer Aided Manufacture
CNC	[-]	Computer Numerical Control
HSS	[-]	High Speed Steel
MIG	[-]	Metal Inert Gas
NC	[-]	Numerical Control
TIG	[-]	Tungsten Inert Gas

D	[mm]	průměr nástroje
f_o	[mm]	posuv na otáčku
f_z	[mm]	posuv na zub
n	[ot/min]	otáčky
P	[mm]	stoupání závitu
v_c	[m/min]	řezná rychlost
v_f	[mm/min]	posuvová rychlost
z	[-]	počet zubů nástroje

Seznam příloh

- Příloha 1 CD – ROM - Model brzdového pedálu v aplikaci Inventor 2008
- Model polotovaru s obrobenými otvory v aplikaci Inventor 2008
 - Model sady brzdových pedálů v aplikaci Inventor 2008
 - Program pro obrobení polotovaru s otvory v aplikaci PowerMILL
 - Program pro obrobení sady brzdových pedálů v aplikaci PowerMILL
 - NC program pro obrobení polotovaru s otvory
 - NC program pro obrobení sady brzdových pedálů