



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY KRYTU VÝKYVNÉ HLAVY

PRODUCTION TECHNOLOGY OF THE PIVOTABLY HEAD COVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Roman Uličný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karel Osička, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Roman Uličný
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Karel Osička, Ph.D.
Akademický rok:	2016/17

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:

1 TECHNOLOGIE VÝROBY KRYTU VÝKYVNÉ HLAVY

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešení technologie kusové výroby krytu výkyvné hlavy se zaměřením na aplikaci progresivních metod výroby.

Cíle bakalářské práce:

Posouzení technologičnosti konstrukce krytu výkyvné hlavy.
Návrh technologického postupu krytu včetně výběru nářadí.
Zpracování NC programu pro CNC obráběcí stroj.
Diskuze výsledků.

Seznam doporučené literatury:

AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ, s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vydání. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.

KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

ŠTULPA, Miroslav. CNC obráběcí stroje. 2. dotisk, 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

SVOBODA, Emil. Technologie a programování CNC strojů. 1. vydání. Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1998, 278 s.

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně / Technická 2896/2 / 616 69 / Brno

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vydání. Praha: MM Publishing, 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá technologií výroby součásti sestavy, zadaného zákazníkem ve strojírenské firmě, která je zaměřená na kusovou výrobu. Zadaný díl se vyrábí na čtyřech strojích, pile, soustruhu, vertikálním 3.osém obráběcím centru s polohovatelnou 4.osou a konzolové frézce. Z velké části je obráběcí proces podporován CAD/CAM softwarem Spaceclaim a Edgecam.

Klíčová slova

Stroje, nástroje, výrobní postup, CAD/CAM systém

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the production technology of the part of a set assigned by the customer in the engineering company focusing on a unit production. The assigned unit is produced on four machines: saw, lathe, vertical three-axis milling machine with adjustace fourth axis and console milling machine. The manufacturing process is mainly supported by CAD/CAM softwares Spaceclaim and Edgecam.

Key words

Machines, tools, production process, CAD/CAM system

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ULIČNÝ, R. *Technologie výroby krytu výkyvné hlavy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojírenského inženýrství, 2017. 60 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Osička, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Technologie výroby krytu výkyvné hlavy** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Roman Uličný

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Karlu Osičkovi Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT.....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 POSOUZENÍ TECHNOLOGIČNOSTI SOUČÁSTI.....	10
1.1 Popis.....	10
1.2 Materiál součásti.....	11
1.3 Vlivy na posouzení technologičnosti.....	11
2 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU.....	14
2.1 Strojní vybavení.....	14
2.2 Použité nástroje.....	20
2.3 Pomůcky.....	33
2.4 Výrobní postup.....	34
3 ZPRACOVÁNÍ NC PROGRAMU PRO CNC OBRÁBĚCÍ STROJ.....	36
3.1.1 Úvod.....	36
3.1.2 CAD.....	36
3.1.3 CAM.....	37
3.2 Úpnutí a seřízení nulového bodu na obrobku.....	38
3.3 Cyklus hrubování.....	40
3.3.1 Základní.....	40
3.3.2 Výšky a hloubky.....	41
3.3.3 Provedení.....	42
3.3.4 Zařízení.....	43
3.4 Cyklus profilování.....	44
3.4.1 Základní.....	44
3.4.2 Výšky a hloubky.....	45
3.4.3 Provedení.....	46
3.4.4 Starty/konce.....	47
3.4.3 Najetí/vyjetí.....	48
3.4.4 Přejížděcí.....	49
3.5 Cyklus obrábění děr.....	50
3.5.1 Základní.....	50
3.5.2 Výšky a hloubky.....	51

3.5.3 Provedení	52
3.5.4 Vymezit výběr.....	53
3.6 Generovaný NC kód	54
4. DISKUZE	55
ZÁVĚR	56
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	57
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

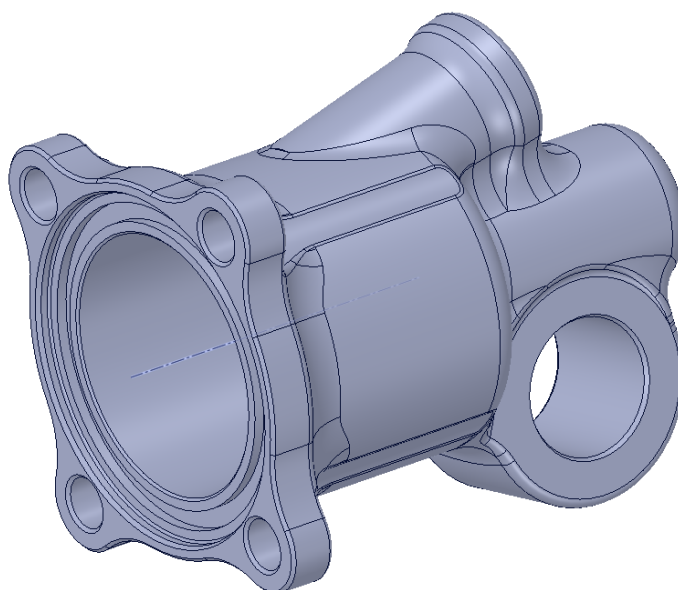
Progresivní metody výroby jsou dnes samozřejmou věcí, bez které by se většina firem nemohla obejít. Je to dáno poptávkou zákazníků a náročností obrobků. V dnešní době, kdy na prvním místě hraje velkou roli čas, potřebujeme díly zhotovit co nejrychleji a nejefektivněji. K tomu nám pomáhají CNC stroje a podporující CAD/CAM softwary. Pomocí těchto systémů, nemusíme zdlouhavě vytvářet program na stroji podle výkresu, který také zabere určitý čas, ale jednoduše pro vymodelovanou součást v CAM programu vytvoříme technologické postupy a následně vygenerované NC kódy převedeme do stroje.

Náplní této práce je zpracování technologie kusové výroby krytu výkyvné hlavy, zadanou obchodním partnerem firmy. Součástí je obalem sestavy hydraulické řídicí jednotky pro šesti-stupňovou sekvenční převodovku, využívanou v závodních automobilech. Následná výroba je provedena dle zaslané výkresové dokumentace a 3D modelu ve formátu .stp. Vybraný dílec je vyroben z materiálu ČSN 42 4203.

2 POSOUZENÍ TECHNOLOGIČNOSTI SOUČÁSTI

1.1 Popis

Vyráběná součást je kryt výkyvné hlavy. Polotovarem obrobku je tyč kruhového průřezu o průměru 60 mm a délce 69 mm ze slitiny hliníku ČSN 42 4203. Jak je patrné z obrázku (obr. 1.1), díl má vnější a vnitřní obráběné plochy. Vnitřní část začíná na maximálním průměru 36H8 a končí na minimálním průměru 10H7, na kterém je umístěn zápich pro těsnící kroužek. Celková hloubka díry činí 57,5 mm. Vnější část má tvarově náročnější profil o celkové délce 63,774 mm. Dále je součást opatřena čtyřmi dírami o průměru 5,3 mm pro šrouby M6, dírou 14H7 a dírou se závitem M10x1. Hmotnost součásti je 66,74 g, kterou nám vygeneroval program Spaceclaim viz obr. 1.2 podle 3D modelu.



Obr.1.1 Zobrazení modelu krytu.

Celková plocha	13738,6462
Těžiště	(-28,0482, -1,6422, 0)
Hmotnost	66,7494
Objem	24010,5724
Hlavní moment a osa	14185,3060359287 g ^2 (0,98096, 0,1942, 0,00001)
Hlavní moment a osa	25744,6461439662 g ^2 (-0,1942, 0,98096, -0,00002)
Hlavní moment a osa	29087,9050481937 g ^2 (-0,00001, 0,00001, 1)

Obr.1.2 Informace o modelu vygenerované v softwaru Spaceclaim.

1.2 Materiál součásti

Součást je vyráběna ze slitiny hliníku ČSN 42 4203. Tento materiál je řazen do lehkých neželezných kovů, které vynikají nízkou měrnou hmotností, spolu s dobrými pevnostními charakteristikami. To znamená, že některé slitiny mohou mít obdobné charakteristiky jako oceli. Vyznačuje se přijatelnou odolností proti korozi, špatnou svařitelností, dobrými elektrickými a tepelnými vlastnostmi a také obrobiteľností. Jedná se tedy o nejvhodnější konstrukční materiál s vysokou pevností a dobrou lomovou houževnatostí. Možnosti značení slitiny naleznete v tabulce 1.1. V tab.1.2 je uvedeno chemické složení této slitiny. [1]

Tab. 1.1 Způsoby značení slitiny. [1].

Způsob značení	Značka
Označení slitiny dle ČSN	42 4203
Označení slitiny dle EN	2024
Označení slitiny dle chemického složení	AlCu4Mg1

Tab.1.2. Chemické složení slitiny ČSN 42 4203 [2].

Slitina ČSN 42 4203	Chemické složení (hm. %)							
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ni
	0,50	0,50	3,80 4,90	0,30 0,90	1,20 1,80	-	0,30	0,10

1.3 Vlivy na posouzení technologičnosti

Technologické posouzení konstrukce je vázáno na výrobní podmínky firmy. Na výsledné požadavky má vliv:

- tvarová náročnost,
- přesnost rozměrů,
- obrobiteľnost,
- drsnost povrchu.

Tvarová náročnost

Tento díl, jak již bylo zmíněno v popisu je z vnějšku tvarově náročný. Z toho důvodu je na klasickém konvenčním stroji nevyrobitelný. Nutností je použití CNC stroje a počítačových softwarů CAD/CAM, kde počítač umí vypočítat přesné dráhy nástroje a následně stroj provede úkony podle vygenerovaného NC kódu. U vnitřních obráběných ploch se setkáváme pouze s rotačními prvky, které nejsou nijak tvarově komplikované a lze použít klasického univerzálního stroje.

Přesnost rozměrů

Reálné plochy vyrobených součástí se liší od ideálních ploch svými rozměry, tvarem a polohou. Tzn. nejsou vyrobeny s ideální přesností. Přesnost může být ovlivněna zvolenou výrobní technologií, vlastním procesem výroby a lidským faktorem, proto je vhodné předepisovat dovolené nepřesnosti tolerováním, které ale zvyšuje nároky na výrobu. Z toho důvodu je důležité tolerovat pouze funkční rozměry. Neopodstatněně vysoké požadavky na přesnost mají vliv na výrazné zvýšení nákladů. [3]

Řešená součást obsahuje tolerované rozměry, které spadají do soustavy tolerancí a uložení dle normy ČSN EN 20 286-1 (01 4201). Tato soustava se skládá z poloh tolerančních polí děr (vnitřních rozměrů) a hřídelů (vnějších rozměrů). Toleranční pole je plocha ve tvaru obdélníku, kde výška značí možnou míru nepřesnosti a jejich polohy jsou uloženy vzhledem k nulové čáře. Při zápisu tolerančního pole děr, používáme písmena velké abecedy a tolerance vnějších rozměrů značíme malými písmeny. Všechny rozměry, které nejsou nijak konkrétně tolerovány spadají do všeobecných tolerancí zařazené pod normu ČSN ISO 2768-1, které mají čtyři třídy přesnosti. [3].

Podle výkresové dokumentace jsou v níže uvedené tabulce (tab.1.3) vypsány použité tolerované rozměry součástí. Tabulky obsahují název tolerančního pole a úchytky dle soustavy tolerancí a uložení.

Tab.1.3 Použité tolerance podle výkresové dokumentace. [4].

Soustava tolerancí a uložení (hodnoty v mm)			
Jmenovitý rozměr	Horní mezní úchylka	Dolní mezní úchylka	Toleranční pole
Φ27H12	0,210	0,000	0,210
Φ29,5h11	0,000	-0,130	0,130
Φ33,5H11	0,160	0,000	0,160
Φ36H8	0,039	0,000	0,039
Φ14H7	0,018	0,000	0,018
Φ1,9H13	0,140	0,000	0,140
Φ10H7	0,150	0,000	0,150

Obrobitelnost

Je to schopnost materiálu daného obrobku být obráběn. Zahrnuje vliv mechanických, a fyzikálních vlastností materiálu, chemického složení, struktury a tepelného zpracování. Obrobitelnost se nemůže vztahovat pouze k materiálu obrobku, závisí také na způsobu obrábění a řezných podmínkách. Kritérii obrobitelnosti mohou být např. drsnost obráběné plochy, opotřebení břitu nástroje, druh a tvar třísek atd. [5]

V případě obrábění slitiny hliníku ČSN 42 4203, se díky jeho fyzikálním vlastnostem setkáváme s velmi dobrou obrobitelností, což znamená klidný průběh obráběcího procesu a dobrou životnost nástroje.

Drsnost povrchu

Skutečný povrch součásti se liší od ideálního povrchu. Na skutečném jsou velmi jemné nerovnosti. Drsnost povrchu volíme s ohledem na funkční vlastnosti obráběných ploch. Mohou být plochy stykové, kde dochází ke styku dvou součástí a jakost ploch ovlivňuje funkci celku, například čep uložený v kluzném ložisku. Zde je nutné klást větší nároky na drsnost obráběné plochy. Dále jsou plochy volné, které nejsou ve vzájemném styku a požadavky nejsou náročné. Nejběžnějším způsobem pro hodnocení drsnosti povrchu je střední aritmetická úchylka profilu Ra. V tab.1.4 jsou uvedeny doporučené hodnoty Ra pro různé způsoby obrábění. [6]

Tab1.4 Drsnosti povrchu podle druhu obrábění [4].

Způsob výroby	Ra (μm)
Soustružení	
podélné	12,5 - 0,8
příčné	12,5 - 1,6
Broušení	
rovinné	1,6 - 0,2
obvodové	1,6 - 0,4
Frézování	
čelní	12,5 - 0,8
obvodové	12,5 - 1,6
Honování	0,8 - 0,025
Lapování	0,8 - 0,1

2 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

2.1 Strojové vybavení

Pásová pila-Pilous ARG 250

Horizontální pásové pily na kov (obr.2.1), umožňují dělení širokého sortimentu různých druhů materiálu. Zvedání výkyvného ramene pily, přísun, upínání a odebírání obrobků se provádí ručně. Jako řezný nástroj, slouží nekonečný svařovaný kovový pás. Tento pás je poháněn hnacím kolem, které je přes šnekovou převodovku spojeno s dvourychlostním motorem. V místě obrábění je pás přesně veden mezi vodícími kostkami. Mimo oblast obrábění je pilový pás chráněn krytováním. Pro dělení duralové tyče o průměru 60mm je vhodné použít optimální pilový pás, který je definován podle řezaného rozměru. Dle tab.2.1.2 je využit pás s ozubením 5/8. Technické parametry pásové pily jsou vypsány v tabulce tab.2.1.1 [7], [8]



Obr.2.1 Pásová pila ARG250

Tab.2.1.1 Technické parametry pásové pily ARG 250. [7]

Technické parametry	
Hlavní motor	400 V / 50 Hz / 0,9/1,4 kW
Motor čerpadla	400 V / 50 Hz / 0,05 kW
Rychlost pásu	40/80 m/min.
Pracovní výška svěráku	900 mm
Nádrž chladicí kapaliny	cca 15 l
Rozměry stroje (min.)	1400 x 750 x 1500 mm
Rozměry stroje (max.)	2050 x 1550 x 1850 mm
Hmotnost stroje	320 kg

Tab.2.1.2 Doporučené ozubení pilového pásu [8].

Průřez	Zubů na palec
mm	tpi
do 25	10/14
20-40	8/12
30-60	6/10
40-70	5/8
60-110	4/6
80-140	3/4
120-350	2/3
300-600	1/2
550 a více	0,75/1,25

Univerzální soustruh-SV18

Univerzální hrotové soustruhy jsou určeny pro obrábění rotačních součástí hřídelového i přírubového tvaru v kusové a malosériové výrobě (obr.2.1.2). Z technologického hlediska lze stroj využívat pro obrábění vnějších i vnitřních ploch a díky vodícímu šroubu i pro řezání vnějších a vnitřních závitů [9]



Obr.2.1.2 Univerzální hrotový soustruh SV18.

Tab.2.1.3 Technické údaje soustruhu SV18

Technické údaje SV 18 R	
Oběžný průměr nad ložem	380 mm
Vzdálenost hrotů	1000 mm
Točná délka při použití kuželového pravítka	350 mm
Oběžný průměr nad suportem	215 mm
Vrtání vřetena	41 mm
Kužel ve vřetenu	50 metrický
Kužel hrotů	3 Morse
Přední konec vřetena	M68
Největší průměr soustružení v opěrce pevné	100 mm
Největší průměr soustružení v opěrce souběžné	100 mm
Šířka lože	340 mm
Průměr upínací desky	320 mm
Průměr unášecí desky	220 mm
Průměr sklíčidla	160-250 mm
Vzdálenost stran čtyřnož. hlavy vnitřní/vnější	80-125 mm
Největší průřez nože	22x22 mm
Zdvih hrotové objímky koníku	120 mm
Největší váha obráběné součásti	300 mm
Otáčky vřetena: 21 stupňů v rozsahu	14 - 2800 ot/min
Posuvy: rozsah podélných	0,02-5,6 mm/ot
rozsah příčných	0,01-2,8
Stoupání vodícího šroubu	4 záv./1"
Závity: rozsah závitů metric., stoupání v mm	0,2-140
rozsah závitů palc., počet záv. na 1"	1/5-140
rozsah závitů modulových	0,2-70
rozsah závitů Diam. Pitch	1-224
Otáčky motoru	2800
Otáčky motoru pro čerp. na chlad. kap.	2800
Výkon motoru	6 kW
Půdorysná plocha stroje (šířka x délka)	950x2520 mm
	950x2720 mm
	950x3020 mm
Hmotnost stroje s normálním příslušenstvím	1730 kg
	1800 kg
	1850 kg
Hmotnost stroje s obalem	2100kg
	2150 kg
	2300 kg

Vertikální frézovací centrum-AKIRA SEIKI SV815

Jsou to frézovací obráběcí stroje s vertikální osou vřetena. Mohou být tři- až pětiosé stroje na obrábění plochých nerotačních součástí. K hlavním charakteristickým znakům patří vysoký rozsah a plynulá regulace řezných a posuvových rychlostí, valivé, zakrytované vedení všech pohybů a zásobníky nástrojů. Většina těchto strojů je také vybavena dopravníkem k odvodu třísek. [5] [10]

Pro obrábění zadané součásti je použit obráběcí stroj AKIRA SEIKI SV815 (obr. 2.1.3). Jedná se o tříosé frézovací centrum, vybavené polohovatelným dělicím přístrojem. Stroj zvládá vrtání, frézování i závitování. Je vybaven řídicím systémem Mitsubishi M700, který umožňuje obrábět ve 3 osách X-Y-Z současně. Programování na stroji se provádí pomocí ISO kódů. Stroj je postprocesorem odladěný pro CAM software Edgcam, díky kterému může být zadaná součást vyrobena. Rozjezdy os činí v ose X 815mm, v ose Y 540mm a v ose Z 560mm. Maximální výkon vřetena dosahuje 31kW a je schopný vyvolat otáčky 15 000/min. Dále je vybaven zásobníkem s otočným ramenem pro 36 nástrojů a pásovým dopravníkem pro odvod třísek materiálu. Více technických parametrů je uvedeno v tab.2.4 [11].



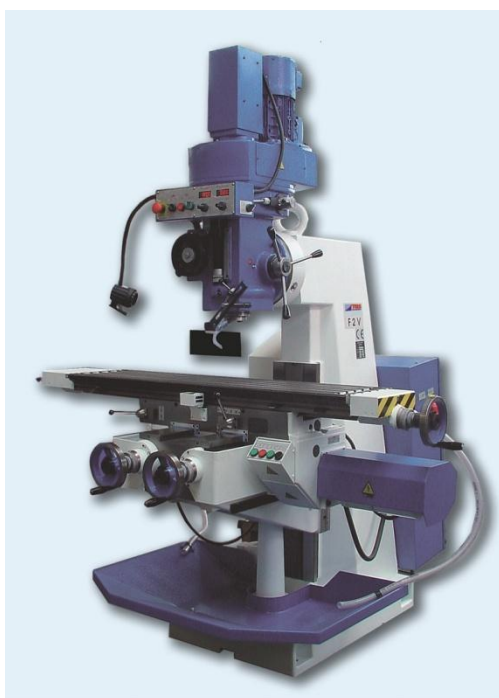
Obr.2.1.3 Vertikální frézovací centrum AKIRA SEIKI [11].

Tab.2.1.4 Technické parametry pro AKIRA SEIKI SV815 [11].

Technické parametry	
Pracovní prostor stroje	
Rozjezd v ose X/Y/Z	815/540/560 mm
Vzdálenost čela vřetena od stolu	75-595 mm
Rozměr stolu	950x480 mm
Maximální/běžné zatížení stolu	1350/900 kg
Šířka, vzdálenost a počet T-drážek	18 mm, 80 mm, 5
Vřeteno	
pohon vřetene	řemenem
maximální výkon na vřetenu	31kW
otáčky na vřetenu	15000 ot/min
kužel vřetene	DIN69871
chlazení vřetene	olejová klimatizace
Posuv v osách a přesnost	
rychlposuv v osách X/Y/Z	48/48/36 m/min
průměr a stoupavost kuličkového šroubu	D40, 12mm
Přesnost najetí	0,01 mm
Opakovaná přesnost	0,002 mm
Zrychlení v osách X/Y/Z	0,6/0,6/0,5 G
Systém výměny nástrojů	
Výměník nástrojů	Ramenový typ 36 pozic
Maximální průměr nástroje	65 mm
Max.průměr nástroje (vedle prázdná pozice)	130 mm
Maximální hmotnost nástroje	7 kg
Maximální délka nástroje	250 mm
Výměna nástroje	1.9 s
Systém oplachu a chlazení	
Průtok chladicí kapaliny	140 l/min
Tlak chladicí kapaliny	3 kg/cm ²
Zásobník na chladicí kapalinu	350 l
Obecné	
Příkon stroje	35 kVA
Rozměry půdorysu stroje	3400x2240 mm
Spotřeba vzduchu	30 l/min
Hmotnost	6280 kg

Konzolová frézka-F2VR

Tento stroj je určen pro frézování a vrtání obrobků do 200kg (obr.2.1.4). Vřeteník s vřetenem je uložený ve výsuvné pinole a je možné ho naklápět v podélné rovině stolu. Rozsah otáček vřetena a pracovních posuvů umožňuje hospodárné obrábění různých druhů materiálů nástroji z rychlořezných materiálů, ale i ze slinutých karbidů. Mezi hlavní přednosti stroje patří například plynule nastavitelné otáčky vřetene pomocí frekvenčního měniče, možnost horizontálních prací při natočení vřetene o 90°, pneumatické upínání nástrojů a jednoduchá obsluha. [12].



Obr.2.1.4 Frézka F2VR

Tab.2.1.5 Technické parametry frézky F2VR [12].

Technické parametry	
Rozměr pracovní plochy	300x1300 mm
Max. zatížení stolu	200 kg
Pracovní zdvih X/Y/Z	820/355/400 mm
Rozsah otáček	60-4000 ot/min
Výkon motoru	3 kW
Oboustranné natočení vřetene	90°
Výsuv pinoly	125 mm
Hmotnost	1550 kg
Zastavěná plocha	2660x1760 mm

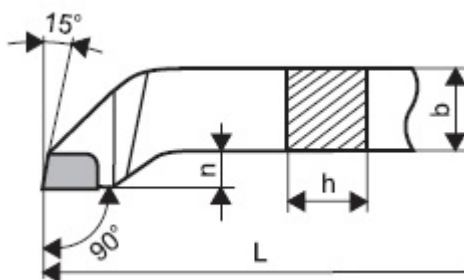
2.2 Použité nástroje

1. Soustružnický nůž ubírací stranový-pravý [13]

-letovaný karbid: P20

-výrobce: Denas

-norma: DIN 4972



Obr.2.2.1 Soustružnický nůž ubírací stranový-pravý [13].

Tab. .2.2.1 Parametry soustružnického uběracího nože [13].

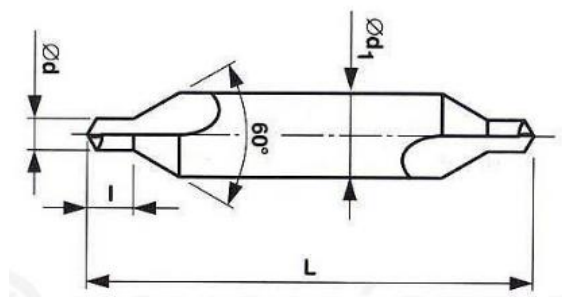
b/h (v mm)	L (v mm)	n (v mm)
16/16	110	6

2.Vrták středící A 4mm [14]

- materiál nástroje: HSS - ČSN 19830

-výrobce: Stimzet

-norma: DIN 333A



Obr. .2.2.2 Vrták středící A 4mm. [14].

Tab. .2.2.2 Parametry středícího vrtáku [14].

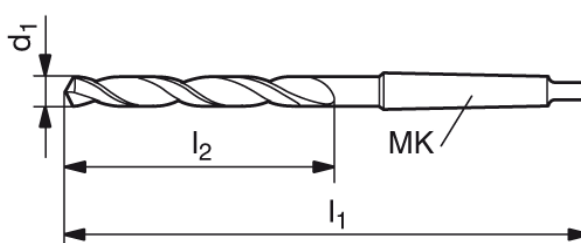
navrtávaný průměr- ϕd (v mm)	průměr těla - ϕd_1 (v mm)	Celková délka-L (v mm)
4	10	56+-3

3. Vrták s kuželovou stopkou 9.5mm[14]

-materiál: HSS – ČSN 19830

-výrobce: Stimzet

-norma: ČSN 221140



Obr. .2.2.3 Vrták s kuželovou stopkou

Tab. .2.2.3 Parametry vrtáku s kuželovou stopkou

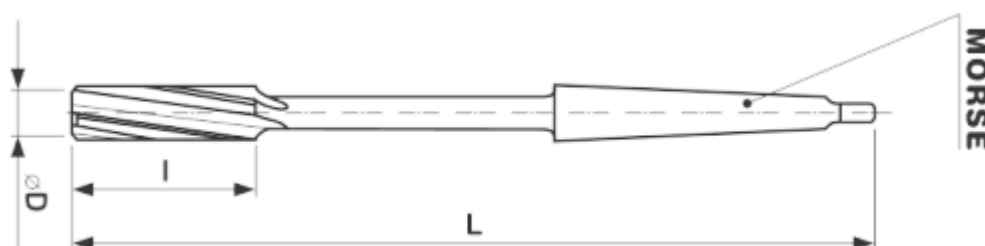
Průměr d_1 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)	Délka šroubovice l_2 (v mm)
9,5	162	81

4. Výhrubník s kuželovou stopkou 9,75mm [14]

-materiál: HSS- ČSN 19830

-výrobce: Stimzet

-norma: ČSN 221411



Obr. .2.2.4 Výhrubník s kuželovou stopkou [14].

Tab. .2.2.4 Parametry výhručníku s kuželovou stopkou.

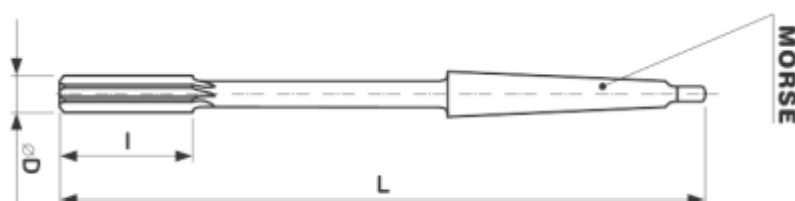
Průměr d (v mm)	Celková délka L (v mm)	Délka řezné části l (v mm)
9,8	168	38

5. Výstružník strojní s přímými zuby s kuželovou stopkou 10H7 [14]

-materiál: HSS - ČSN 19830

-výrobce: Stimzet

-norma: ČSN 221446



Obr. .2.2.5 Výstružník s přímými zuby s kuželovou stopkou [14].

Tab. .2.2.5 Parametry výstružníku 10H7 [14].

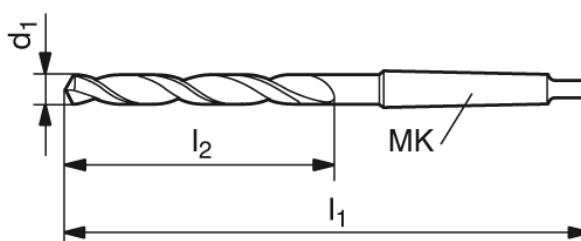
Průměr d (v mm)	Celková délka L (v mm)	Délka řezné části l (v mm)
10,0	168	38

6. Vrták s kuželovou stopkou 25mm [14]

-materiál: HSS- ČSN 19830

-výrobce: Stimzet

-norma: ČSN 221140



Obr. .2.2.6 Vrták s kuželovou stopkou [14].

Tab. .2.2.6 Parametry vrtáku s kuželovou stopkou [14].

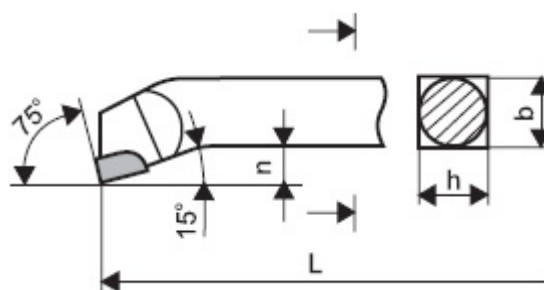
Průměr d_1 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)	Délka šroubovice l_2 (v mm)
25	281	160

7.Soustružnický nůž vnitřní ubírací [13]

-materiál: P20

-výrobce: Denas

-norma: ČSN 223724



Obr. .2.2.7 Soustružnický nůž vnitřní ubírací [13].

Tab. .2.2.7 Parametry soustružnického nože [13].

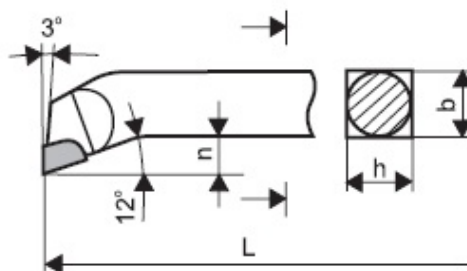
b/h (v mm)	L (v mm)	n (v mm)
16/16	210	6

8.Soustružnický nůž vnitřní rohový [13]

-materiál: P20

-výrobce: Denas

-norma: ČSN



Obr. .2.2.8 Soustružnický nůž vnitřní rohový [13].

Tab. .2.2.8 Parametry soustružnického vnitřního rohového nože [13].

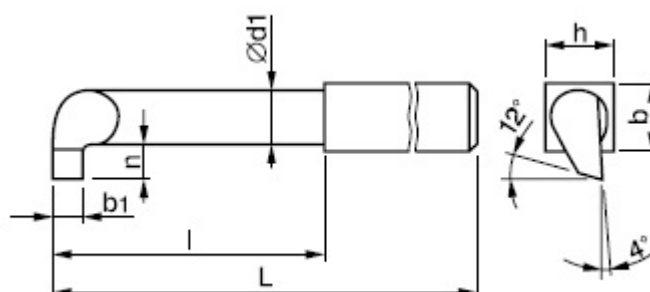
b/h (v mm)	L (v mm)	n (v mm)
16/16	210	6

8.Soustružnický nůž vnitřní zapichovací [22]

-materiál: P20

-výrobce: Strojírny Poldi

-norma: ČSN 223552



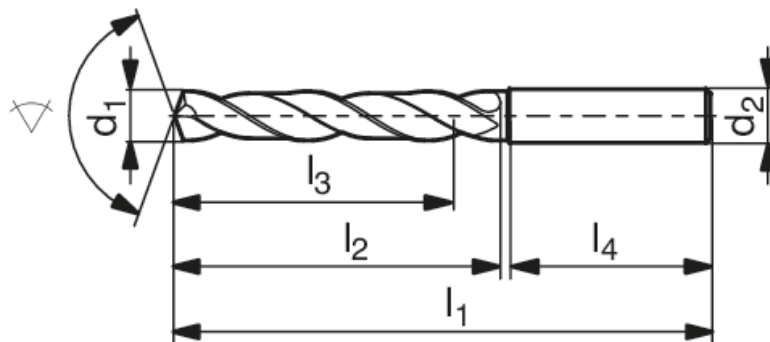
Obr. .2.2.9 Soustružnický nůž vnitřní zapichovací [13]

Tab. .2.2.9 Parametry vnitřního zapichovacího soustružnického nože [22]

b/h (v mm)	L/l (v mm)	n (v mm)	b ₁	d ₁
16/16	220/80	10	6(2)	14

9. Vrták s válcovou stopkou 4.2mm[15]

- materiál: slinutý karbid
- povrchová úprava: TiAlN
- výrobce: WNT Česká republika s.r.o.
- označení:WPC-UNI.4.20



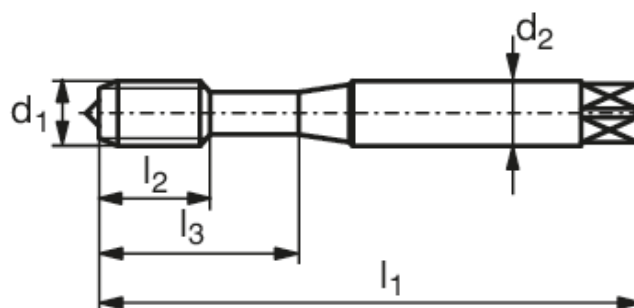
Obr.2.2.10 Vrták s válcovou stopkou [15].

Tab. .2.2.10 Parametry vrtáku s válcovou stopkou [15].

Průměr d_1 (v mm)	Průměr d_2 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)
4,2	6	66
Délka šroubovice l_2 (v mm)	Délka řezné části l_3 (v mm)	Délka stopky l_4 (v mm)
24	17	36

10.Pravý strojní závitník pro slepé díry M5 [15]

- materiál: HSS
- výrobce: WNT Česká republika s.r.o.
- označení: SL15.M5



Obr. .2.2.11 Strojní závitník M5 [15].

Tab. .2.2.11 Parametry strojního závitníku M5 [15].

Průměr d_1 (v mm)	Průměr d_2 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)
M5	6	70
Délka řezné části l_2 (v mm)	Max. pracovní hloubka l_3 (v mm)	-
8	25	-

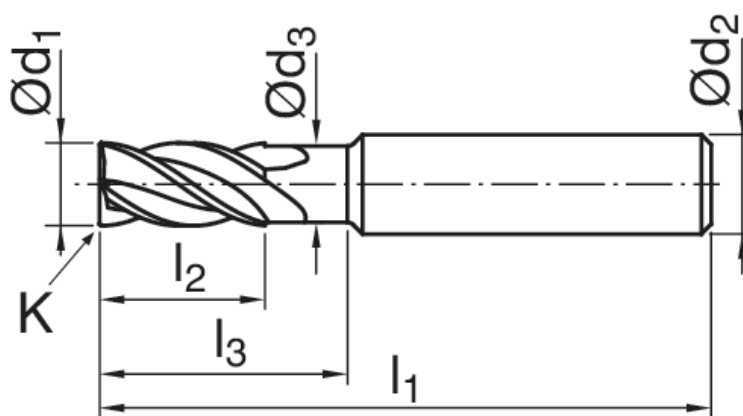
11.Stopková čtyř-břítá fréza 10mm[21].

-materiál: slinutý karbid

- povrchová úprava: TiAlN

-výrobce: WIDIN Co.,Ltd.

-označení: TX224100



Obr. .2.2.12 Fréza TX224100 [21].

Tab. .2.2.12 Parametry frézy TX224100 [21].

Průměr D (v mm)	Průměr D_2 (v mm)	Délka řezné části l_1 (v mm)	Celková délka l_2 (v mm)
10	10	40	100

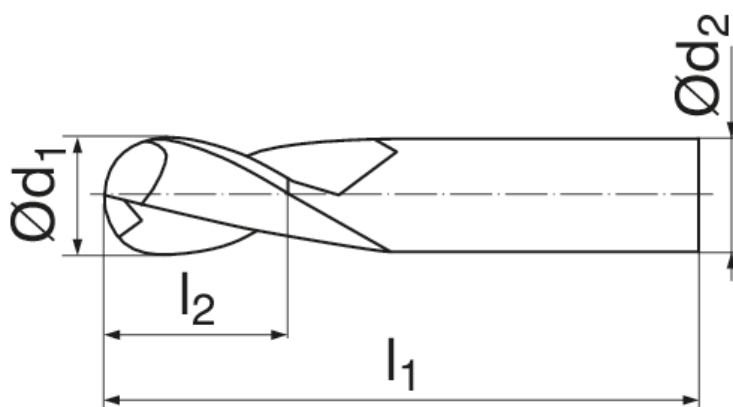
12. Rádusová čtyř-břítá fréza R4 [21].

-materiál: slinutý karbid

- povrchová úprava: TiAlN

-výrobce: WIDIN Co.,Ltd.

-označení: TXB304080



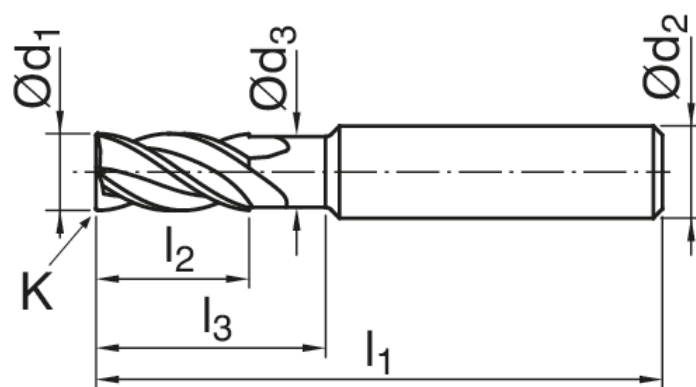
Obr.2.2.13 Fréza TXB304080 [21].

Tab. .2.2.13 Parametry frézy TXB304080 [21].

Průměr d_1 (v mm)	Průměr d_2 (v mm)	Délka řezné části l_2 (v mm)
8	8	14
Celková délka l_1 (v mm)	Rádus	-
60	R4	-

13. Stopková čtyř-břítá fréza 6mm

- materiál: slinutý karbid
- povrchová úprava: TiAlN
- výrobce: WIDIN Co.,Ltd.
- označení: TX304060



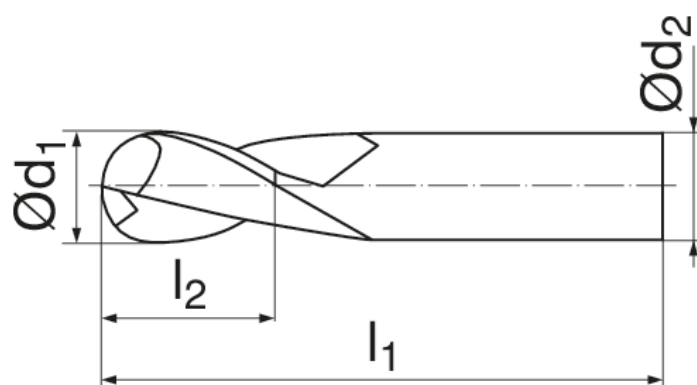
Obr.2.2.14 Fréza TX304060 [21].

Tab.2.2.14 Parametr frézy TX304060 [21].

Průměr D (v mm)	Průměr d1 (v mm)	Délka řezné části l2 (v mm)	Celková délka L ₁ (v mm)
6	6	16	50

14. Rádiusová čtyř-břítá fréza R4 [21].

- materiál: slinutý karbid
- povrchová úprava: TiAlN
- výrobce: WIDIN Co.,Ltd.
- označení: TXB232030



Obr.2.2.15 Fréza TXB304030 [21].

Tab.2.2.15 Parametry frézy TXB304030 [21].

Průměr d1 (v mm)	Průměr D ₂ (v mm)	Délka řezné části l2 (v mm)
3	3	5
Celková délka l1 (v mm)	Rádus	-
75	R1,5	-

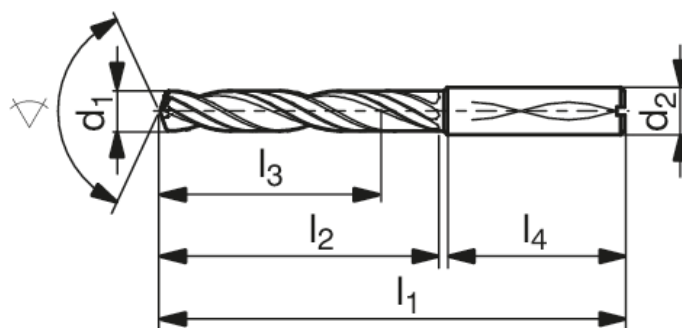
15. Vrtací výstružník 14H7 [15]

-materiál: slinutý karbid

-povrchová úprava: Ti700

-výrobce: WNT Česká republika s.r.o.

-označení: WTX-FINISH-BR.14H7



Obr. 2.2.16 Vrtací výstružník 14H7 [15]

Tab. 2.2.16 Parametry vrtacího výstružníku 14H7 [15]

Průměr d_1 (v mm)	Průměr d_2 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)
14	14	124
Délka šroubovice l_2 (v mm)	Délka řezné části l_3 (v mm)	Délka stopky l_4 (v mm)
77	60	45

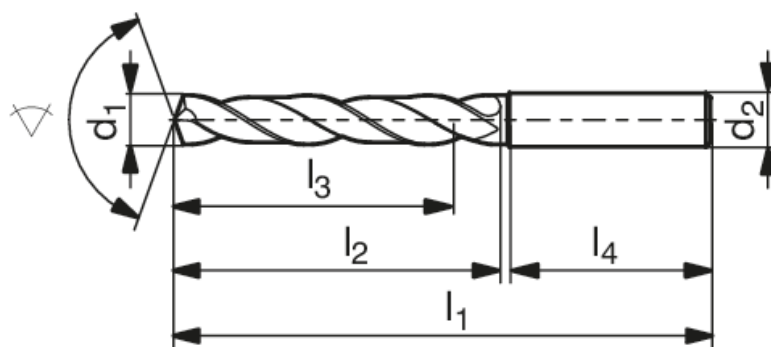
9. Vrták s válcovou stopkou 5.3mm [15]

-materiál: slinutý karbid

-povrchová úprava: TiAlN

-výrobce: WNT Česká republika s.r.o.

-označení: WPC-UNI.5.30



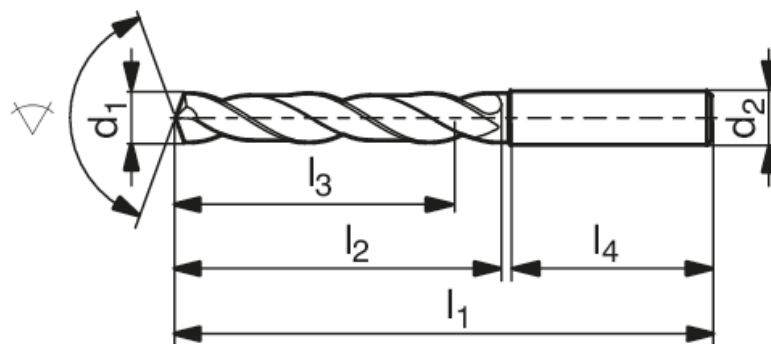
Obr. 2.2.17 Vrták WPC-UNI.5.30 [15]

Tab. 2.2.17 Parametry vrtáku WPC-UNI.5.30 [15]

Průměr d_1 (v mm)	Průměr d_2 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)
5,3	6	82
Délka šroubovice l_2 (v mm)	Délka řezné části l_3 (v mm)	Délka stopky l_4 (v mm)
44	35	36

10. Vrták s válcovou stopkou 9mm [15]

- materiál: slinutý karbid
- povrchová úprava: TiAlN
- výrobce: WNT Česká republika s.r.o.
- označení: WPC-UNI.9.0



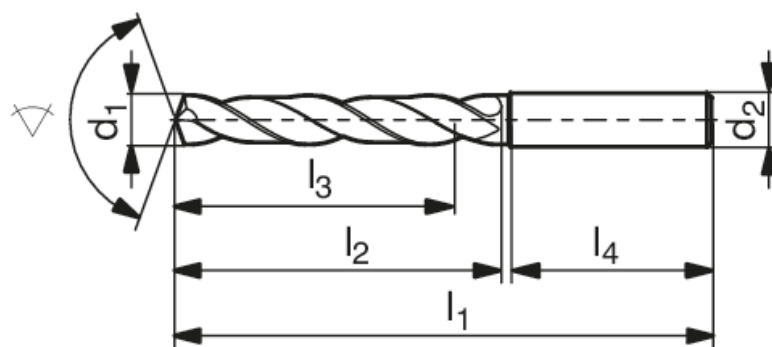
Obr. 2.2.18 Vrták WPC-UNI.9.00 [15].

Tab. 2.2.18 Parametry vrtáku WPC-UNI.9.00 [15].

Průměr d_1 (v mm)	Průměr d_2 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)
9	10	103
Délka šroubovice l_2 (v mm)	Délka řezné části l_3 (v mm)	Délka stopky l_4 (v mm)
61	49	40

11. Vrták s válcovou stopkou 1.5mm [15]

- materiál: HSS
- povrchová úprava: TiN
- výrobce: WNT Česká republika s.r.o.
- označení: UNI.1,50.R.5D.



Obr. 2.2.19 Vrták WPC-UNI.9.00 [15].

Tab. 2.2.19 Parametry vrtáku WPC-UNI.9.00 [15].

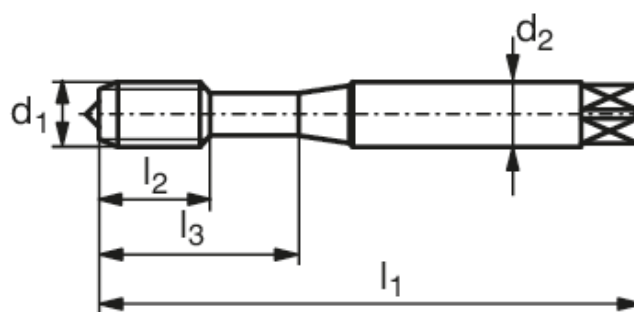
Průměr d_1 (v mm)	Průměr d_2 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)
1,5	1,5	40
Délka šroubovice l_2 (v mm)	Délka řezné části l_3 (v mm)	Délka stopky l_4 (v mm)
18	7,5	22

10. Právý strojní závitník pro slepé díry M10x1 [20]

-materiál: HSS

-výrobce: Narex

-norma: DIN 376



Obr. 2.2.20 Strojní závitník M5 [15].

Tab. 2.2.20 Parametry strojního závitníku M5 [20].

Průměr d_1 (v mm)	Průměr d_2 (v mm)	Celková délka l_1 (v mm)
M10	7	100
Délka řezné části l_2 (v mm)	-	-
20	-	-

2.3 Pomůcky

Pro výrobu zadané součásti byly využity pomůcky uvedené v tabulce 2.3.1.

Tab.2.3.1 Pomůcky využití při výrobě.

Pomůcky		
Pořadí	Název	Označení/Norma
1	Digitální posuvné měřítko 150mm	Mitutoyo
2	Válečkový kalibrační trn 10H7	DIN 7162
3	Dutinový mikrometr 25-50mm	Somet
4	Válečkový kalibrační trn 14H7	DIN 7162
5	Přípravek pro frézování	
7	3D sonda	Mahr-Martest 802NW
8	Hydraulický svěrák	Vertex VAF-6
9	Úhlový svěrák	Vertex VW-4

2.4 Výrobní postup

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		Název celku: Kryt výkyvné hlavy			
Dne : 09-05- 2017		Zhotovil : Uličný Roman		Polotovár: kr60x69	Materiál: ČSN 42 4203		
Číslo pracovi ště	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Číslo operac e pořado vé / orienta ční	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	výrobní podmínky	
						v_c [m/min]	n [ot/min] f [mm/mi n]
05961	Pásová pila ARG 250	10/10	Řez kruhové tyče o průměru 60mm, délka 69mm	Pilový pás 5/8		40	- -
04125	Soustruh SV18	20/20	Upnutí součásti do sklíčidla				
			Zarovnat čelo z délky 69mm na délku 66.5mm	Soustr. Nůž ubírací	P2 0	135	715
			Vrtat středící otvor A 4/6	Vrták středící A 4	HS S	15	1120
			Vrtat otvor o průměru 9.5mm do hloubky 57.5mm	Vrták 9.5mm	HS S	40	1120 -
			Vrtat otvor o průměru 25mm do hloubky 29.5mm	Vrták 25mm	HS S	44	560 -
			Vyhrubovat díru o průměru 9.75mm do hloubky 57.5 mm	Výhrubník 9.75mm	HS S	23	715 200
			Vystružit díru 10H7 do hloubky 57.5mm	Výstružník 10H7	HS S	23	715 180
			Soustružit díru 25mm na průměr 27H12 do hloubky 29.5mm	Soustr. nůž vnitřní -rohový	P2 0	60	715 -
			Soustružit průměr 36H8 do hloubky 1.5+-0.05 mm			80	715 -
			Srazit hranu 1x45°	Soustr. nůž vnitřní -ubírací	P2 0	23	715 -
			Srazit hranu 0.5x45°			80	715 -
			Srazit hranu 0.25x45°			60	715 -
			Vytvořit zápich o průměru 12.6H11, šířky 1.9H13 v hloubce 33.4	Sostr. nůž vnitřní - zapichovací	P2 0	30	715 -
			Vytvořit čelní zápich o průměru 29.5h11 až 33.5H11 do hloubky 2.6mm	Soustr. nůž čelní zapichovací	P2 0	75	715 -

4521 3	Akira Seiky SV815	30/3 0	Upnutí do přípravku a sklíčidla				
			Nastavení nulového bodu obrobku				
			Program 1 - cyklus hrubování	TX224100	TiAIN	14 5	4600 1430
			Program 1 - cyklus profilování	TXB304080	TiAIN	20 0	7900 540
				TX304060	TiAIN	14 5	7600 1430
				TXB232030	TiAIN	11 0	1140 0 575
		40/4 0	Indexované polohování obrobku kolem osy A o 180°				
			Program 2 - cyklus hrubování	TX224100	TiAIN	14 5	4600 1430
			Program 2 - cyklus profilování	TXB304080	TiAIN	20 0	7900 540
				TX304060	TiAIN	14 5	7600 1430
				TXB232030	TiAIN	11 0	1140 0 575
			Program 2 - obrábění děr	WTX-FINISH-BR.14H7	Ti700	12 5	2843 680
50/5 0	Upnutí do svěráku						
	Nastavení nulového bodu obrobku						
	Program 3 - cyklus profilování	TX224100	TiAIN	14 5	4600 1430		
	Program 3 - cyklus obrábění děr	WPC-UNI.5.30	TiAIN	15 0	9000 1350		
0522 6	Frézka F2VR	60/6 0	Upnutí do úhlového svěráku pod úhlem 15°				
			Vrtat díru o průměru 9mm	WPC-UNI.9.0	Ti700	15 0	5300 1450
		Závit M10x1.0 do hloubky 15mm			8	255	
		70/7 0	Nastavení úhlu -15°				
Vrtat díru o průměru 1.5mm	UNI.1,50.R.5D.		HSS E TiN	44	9300 200		
0986 3	Kontrola	80/8 0	Měření rozměrů dle výkresové dokumentace				

3. ZPRACOVÁNÍ NC PROGRAMU PRO CNC OBRÁBĚCÍ STROJ

3.1.1 Úvod

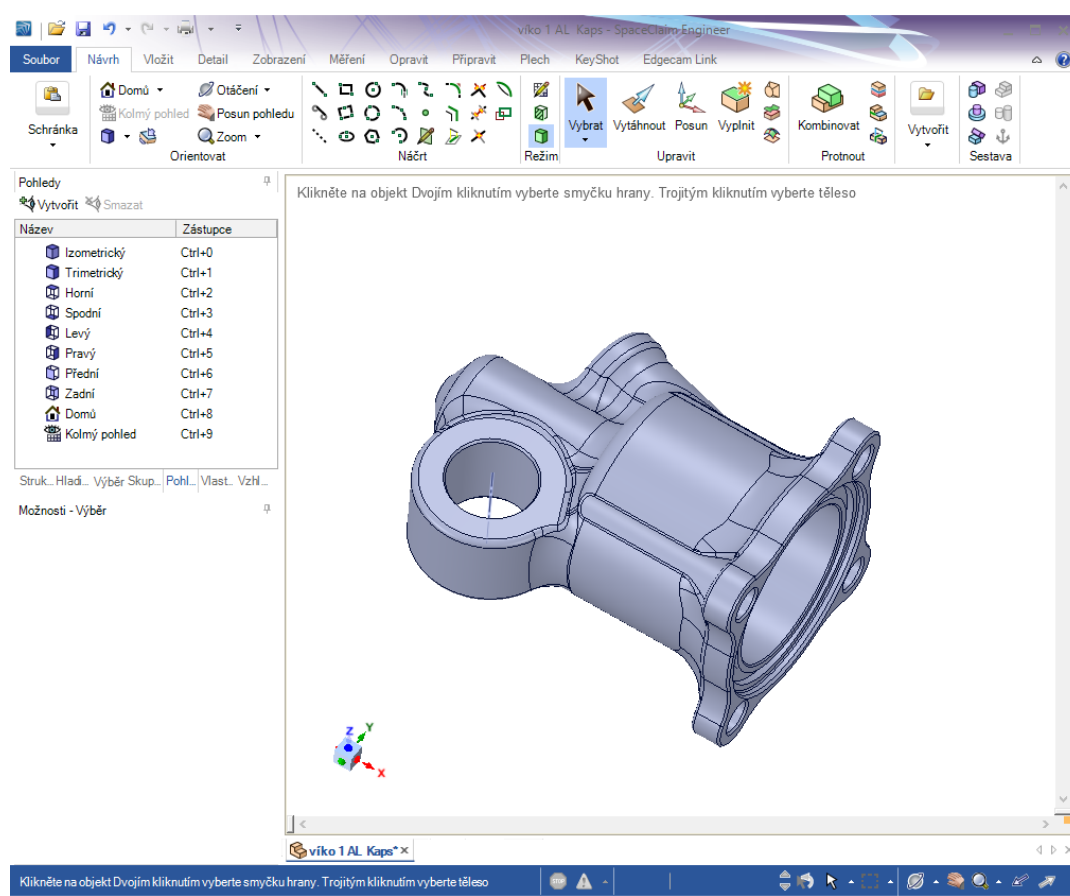
CAD/CAM jsou anglické zkratky různých počítačových systémů, které vychází z počítačové grafiky. Zabývají se návrhem nových produktů a jejich realizací. Tyto systémy obsahují aplikace pro 3D modelování, tvorbu sestav, výkresové dokumentace, programování NC stroje a testování. Cílem zavádění těchto softwarů je zvýšení produktivity práce, zkrácení průběžné doby vývoje a výroby a zvýšení kvality výrobků. Zároveň je kladen požadavek na vyšší znalosti programátora. Čím vyšší má programátor znalosti, tím vyšší je kvalita výsledného programu. [18]

3.1.2 CAD (Computer Aided Design) = počítačem podporovaný návrh

Počítačová podpora návrhu je virtuální možností modelování tří rozměrných modelů navrhované součásti pomocí její geometrie a dvou rozměrných výkresů součástí. Používáním těchto systémů vzhledem k vytváření výkresu a modelů ručně jsou konstruktéři schopni vyvinout jejich nápady mnohem rychleji, vyzkoušet různé alternativy a vytvořit přesné výrobní prototypy. CAD dovoluje konstruktérům velmi rychle prozkoumat možnosti konceptů ve 3D a eliminovat následné chyby. Tento systém dále umožňuje efektivní komunikování se systémy pro výrobu a montáž. [16]

Spaceclaim

Tento systém, se od ostatních programů liší v tom, že nabízí princip přímé editace Solid modelů, což umožňuje uživateli naprostou volnost při modelování v co nejkratším čase. Geometrii je možné vytvářet a upravovat dynamicky pomocí tažení myši. Všechny změny jsou ihned zobrazeny v reálném čase, což umožňuje udržení představy o kompletním modelu v celém průběhu práce. Hlavní předností je technologie, že uživatel bez znalosti historie tvorby geometrie a bez znalosti jednotlivých vztahů mezi jednotlivými prvky modelu může modifikovat kompletní tvar modelu. Tím je také potlačena možnost vzniku chyb při přenosu mezi jednotlivými formáty a zároveň model zůstává živým a funkčním. Na obr. 3.1.1. je zobrazeno uživatelské rozhraní tohoto systému. [17]



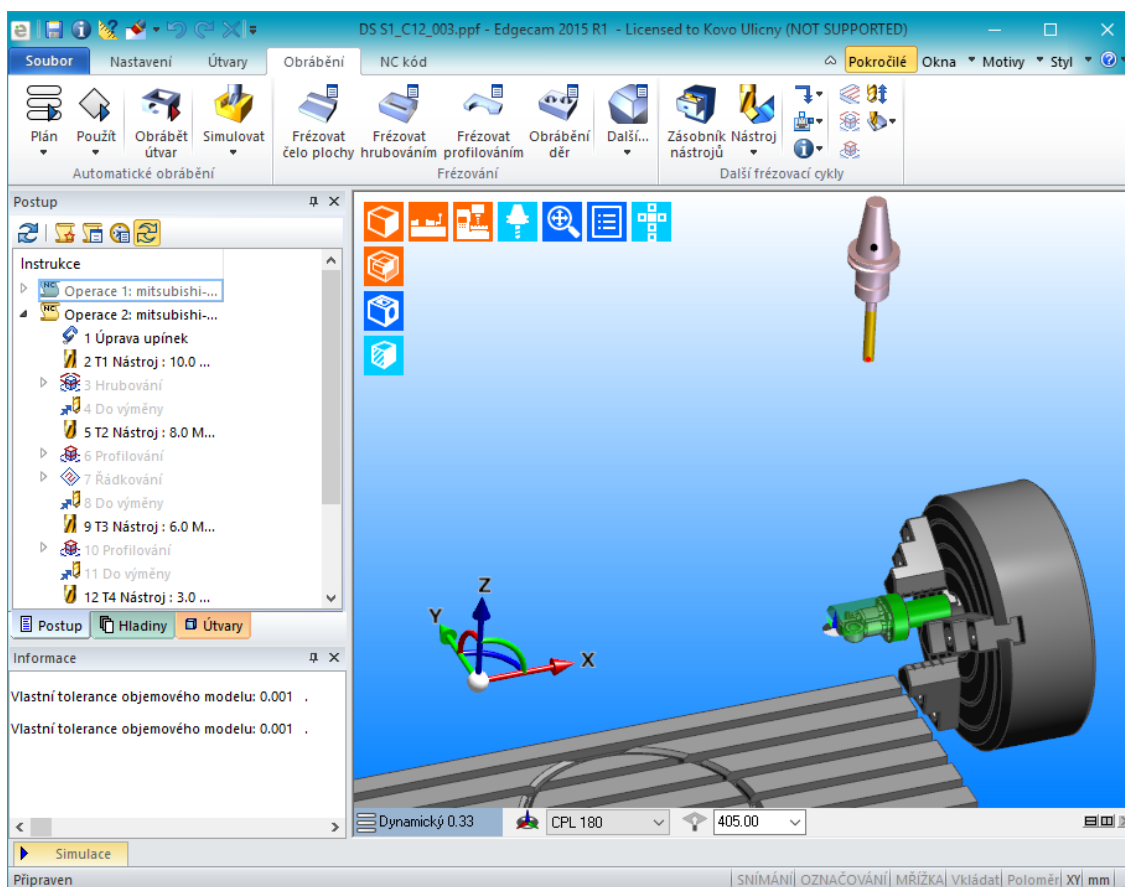
Obr.3.1.1 Uživatelské prostředí systému Spaceclaim

3.1.3 CAM (Computer Aided Manufacturing) = počítačem podporovaná výroba

Tyto systémy zprostředkovávají data a programy pro numericky řízené stroje pro automatickou výrobu součástí. Využívá informace vygenerované konstruktérem v systému CAD. Tyto produkty simulují sled technologických operací při výrobě součástí. Představují práci jednotlivých nástrojů v různých technologiích obrábění například soustružení, frézování, obrábění vodním paprskem, laserem a následně po ověření simulací daného procesu, je zhotoven program pro řízení CNC stroje [18].

Edgecam

Je to systém, který je navržen tak, aby byl schopen programování od jednoduchých součástí až po složité dílce s nutností indexování nebo plynulým polohováním. Představuje kompletní rozsah dvou- až pětiosých frézovacích strategií, dále podporuje soustružení a drátové řezání. Uživatel těží z vysoké stability a rychlosti programu, což má vliv na zlepšení výkonu v cyklech hrubování a profilování, kde bylo dosaženo snížení času nutného pro zpracování komplexních drah nástroje. Vizualizace obrábění poskytuje přesné zobrazení modelu stroje, obrobek a simulaci všech pohybů během obrábění, které kontrolují celý proces. V případě kolize, okamžitě program upozorní uživatele o daném problému [19]. Na obr. 3.1.2. je zobrazeno uživatelské rozhraní tohoto systému.



Obr.3.1.2 Uživatelské prostředí systému Edgcam

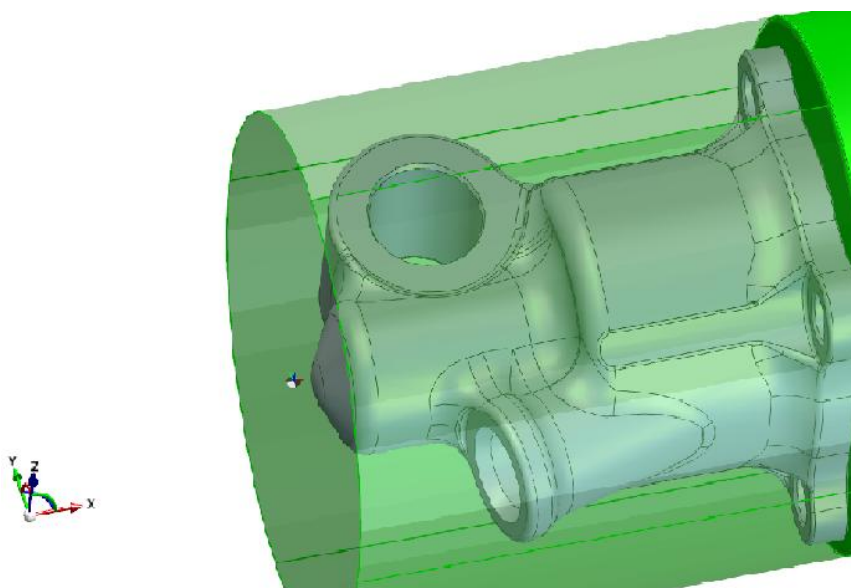
3.2 Upnutí a seřízení nulového bodu na obrobku

Upnutí

Do polotovaru po soustružení byly zhotoveny čtyři díry se závitem, pro upevnění součásti do přípravku. Jelikož jsou na výkresové dokumentaci předepsány díry o průměru 5.3mm, nemohl se tento rozměr přesáhnout a byly vytvořeny díry o průměru 4.2mm a opatřeny závitem M5. Po spojení polotovaru s přípravkem byla sestava vložena do čtyřčelistového sklíčidla o průměru 160mm s tvrdými čelistmi a upnuta. Sklíčidlo je součástí pneumatického polohovatelného zařízení, upnutého ke stolu stroje pomocí čtyř upínek. Toto zařízení umožňuje otáčení kolem osy X s minimálním přírůstkem 0,001°

Seřízení nulového bodu obrobku

Nulový bod byl zvolen v programu Edgecam na čele polotovaru a v jeho ose (obr.3.2.1.). Je tedy nutné tento nulový bod seřídít i na stroji. Pomocí analogové obrobkové sondy od společnosti Mahr byl polotovar vyrovnán v rovině XY. Následně byly provedeny doteky na čele a průměru polotovaru a byly vyhodnoceny nulové souřadnice obrobku.



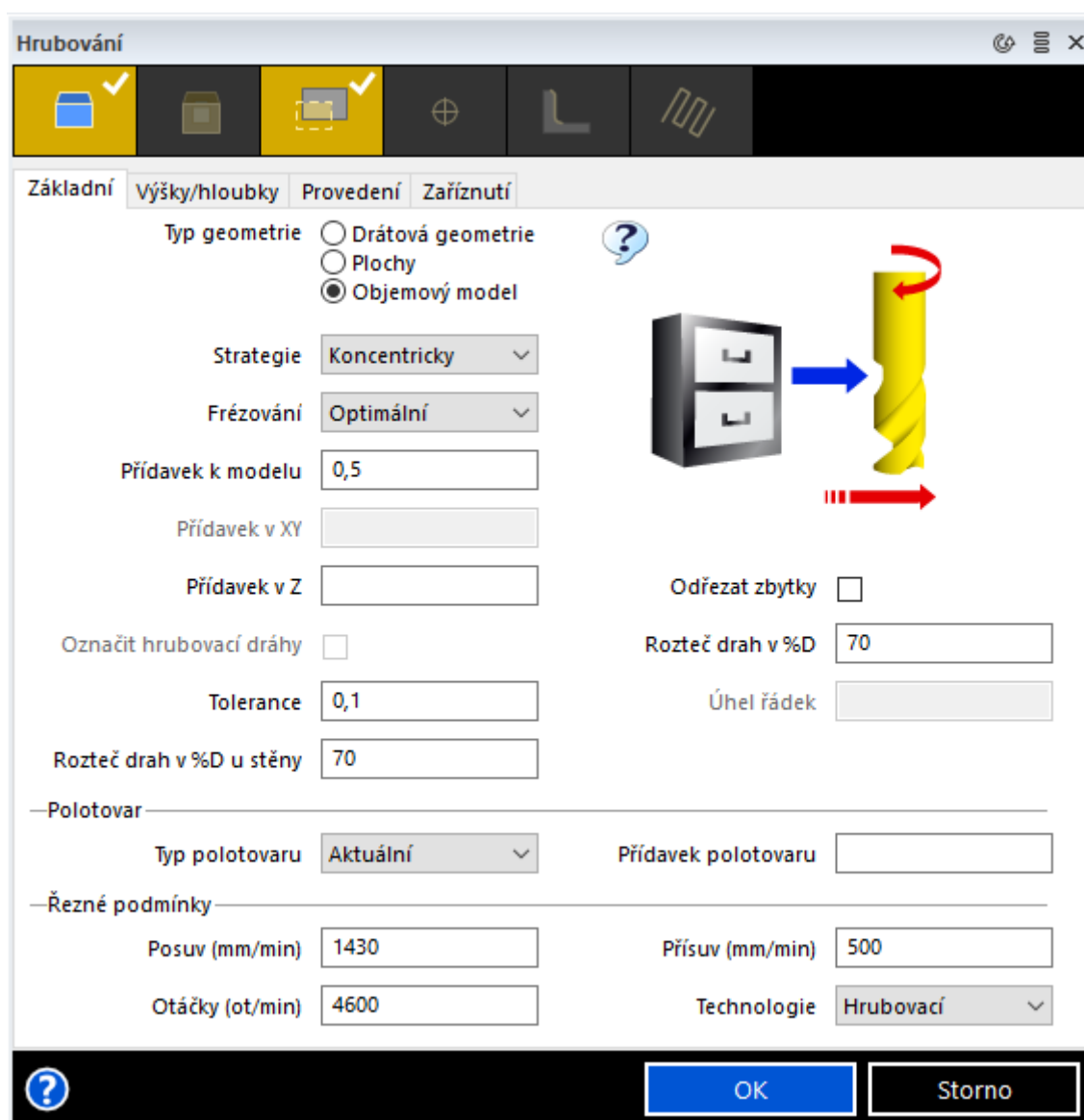
Obr.3.2.1 Nastavený nulový bod obrobku.

3.3 Cyklus hrubování

Hrubování je proces obrábění, kde je snahou odebrat co největší množství materiálu v co nejkratší možné době. Tento cyklus se vyvolá příkazem z menu frézování, který obsahuje čtyři sekce, kde následně jsou řešeny možnosti a strategie obrábění.

3.3.1 Základní

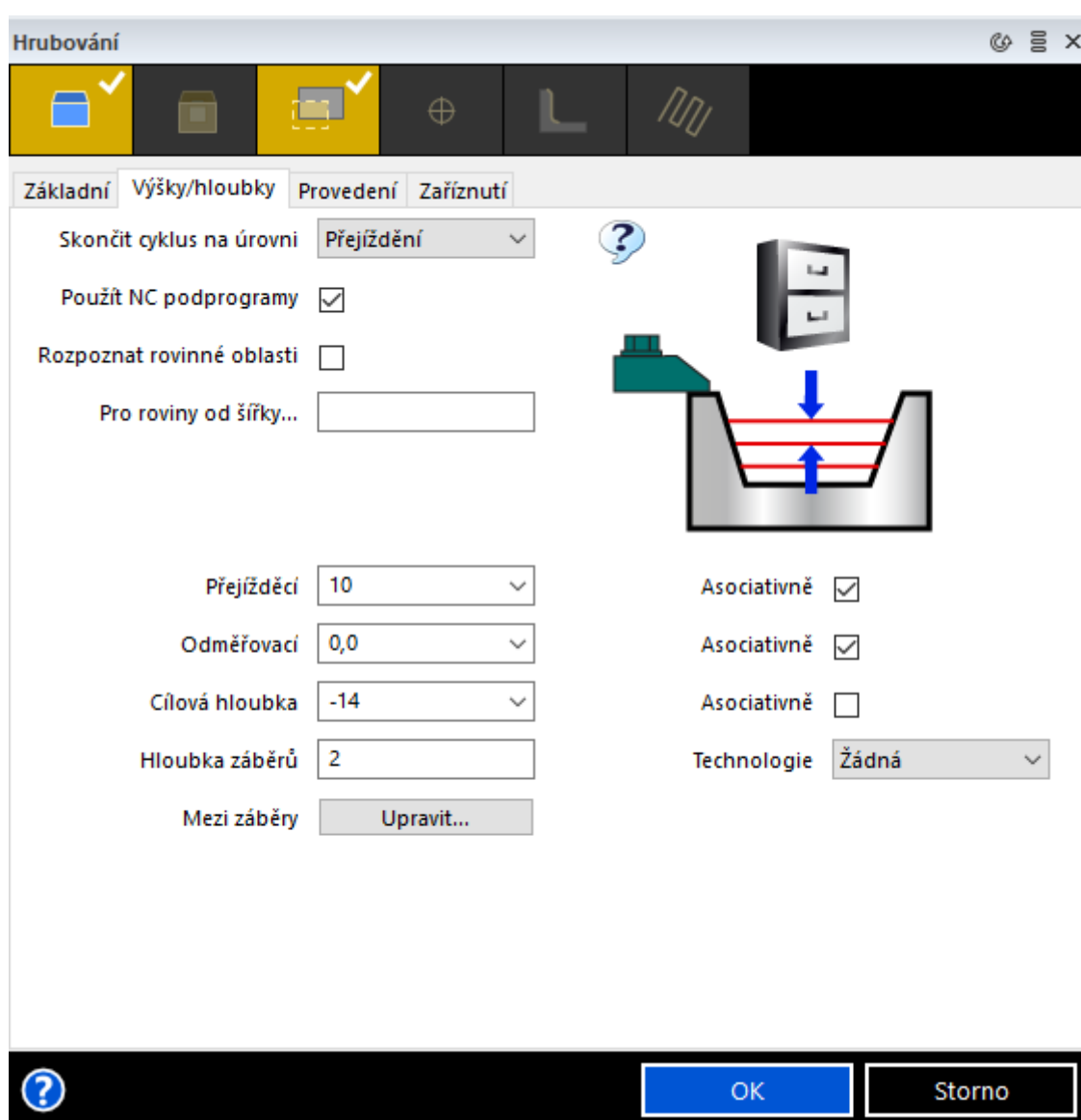
V první sekci (obr.3.3.1), cyklus automaticky reaguje na model obrobku, který je zaveden a podle toho je vybrán následující typ geometrie. V našem případě se jedná o objemový model. Hrubuje se postupnými záběry v ose Z, přičemž dráhy nástroje v záběrech mohou být koncentrické, řádkovací nebo spirální. Dále je zde možnost volby optimálního, sousledného a nesousledného frézování. Následujícím požadavkem jsou přídávky pro obrábění. Přídavek k modelu byl zvolen 0,5mm ve všech třech osách. V této sekci hrubování se vkládají také řezné parametry a vzdálenost mezi drahami nástroje.



Obr.3.3.1 Cyklus hrubování-základní

3.3.2 Výšky/hloubky

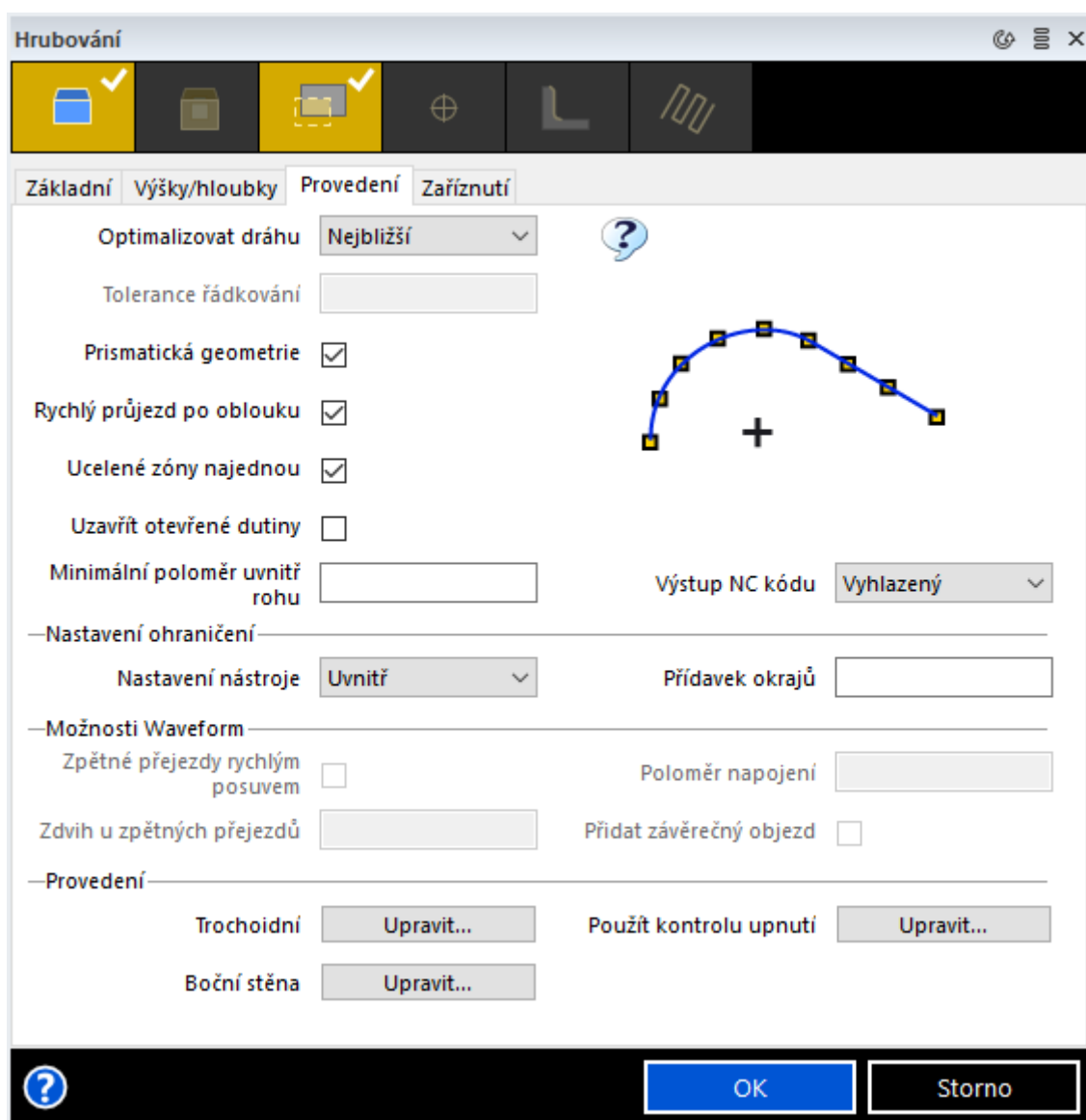
V následujícím kroku (obr.3.3.2) jsou řešeny výšky a hloubky obrábění. Volí se absolutní výška přejíždění nad materiálem, výška startu obrábění, cílová hloubka a hloubka záběru nástroje. Při zaškrtnutí asociativního odměřování, cyklus počítá s přírůstkovou hodnotou od nejvyššího bodu. Je ale nutné, aby se jednalo o objemový model, v jiném případě asociativní odměřování není k dispozici. Kolonkou upravit mezi záběry dostáváme možnost odebrat materiál v místech, kde zbyl materiál mezi hloubkami záběru nástroje. Tato aplikace se provádí u tvarově náročnějších součástí, aby dokončovací proces probíhal plynule.



Obr.3.3.2 Cyklus hrubování-výšky/hloubky

3.3.3 Provedení

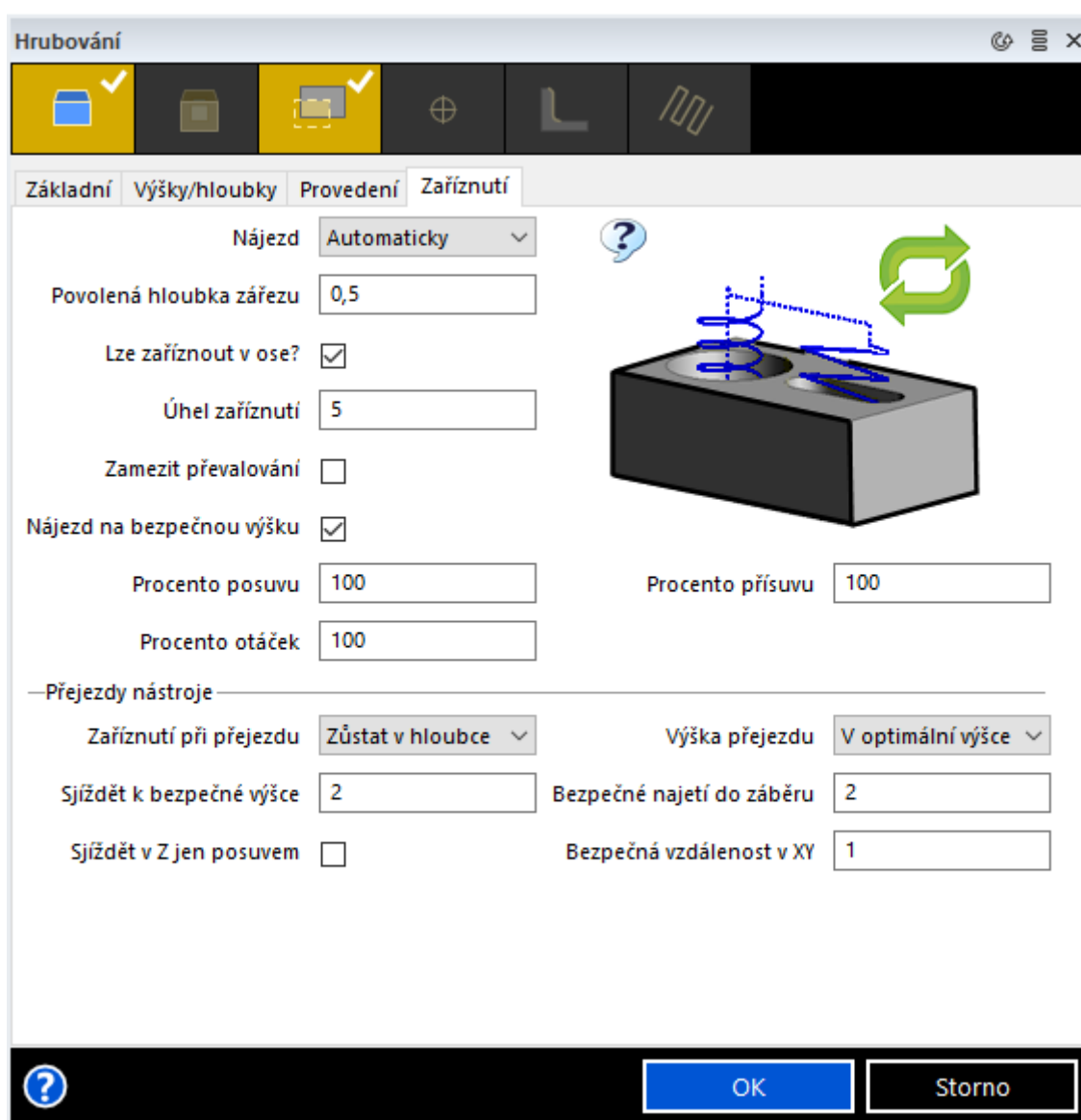
V oddílu provedení (obr.3.3.3), se řeší strategie drah nástroje, kde volíme metody řídicí pořadí obrábění. Na výběr může být pořadí nejbližší, řádkování v ose X/Y a nebo pouze ve směru jednotlivých os. Volba prismatické geometrie má za účinek hlavně při obrábění solid-modelu. Edgecam určí na modelech prismatické partie (válec, hranol, kužel, atp.). Pro tyto útvary následně vytvoří NC-kód se standardními pohyby (lineární a kruhové interpolace), odpovídající jejich 2D geometrii. V případě, kdy není tato volba zatržena, pohyb nástroje je v úsečkách, aproximujících v zadané toleranci ideální dráhu. Jestliže model obsahuje více ucelených částí, je možno pomocí modifikátoru "ucelené zóny najednou" dokončit cyklus obrábění v oblasti do plné hloubky a následně se přesune do jiné. Dalším nastavením v tomto menu je výstup NC-kódu, který ovládá typ pohybů, které může výstupní NC-kód obsahovat a nastavení ohraničení, kde volíme dráhy nástroje vně, uvnitř nebo na střed hranice a jejich přídávky.



Obr.3.3.3 Cyklus hrubování-provedení

3.3.4 Zařízení

Poslední záložka hrubování řeší nájezdy a přejezdy nástroje (obr.3.3.4). Při najíždění, nabízí možnost začít cyklus od předvrtaných děr, nastavení šikmého zářezu, spirály a nebo ponechat automatický výběr systému. Dále se také určuje maximální vzdálenost v ose Z, do které může nástroj použít přísuv, zda lze nástroj zaříznout v ose, úhel zařiznutí a procentuální hodnoty posuvu, přísluvu a otáček, které jsme použili v kartě základní viz (obr.3.3.1). Posledním požadavkem hrubování jsou přejezdy nástroje. Zde je řešen pohyb nástroje mezi koncem jedné hloubky zářezu a počátkem druhé nebo mezi jednotlivými oblastmi, aby se například vyhnul překážce. Lze zvolit optimální výšku, kde systém vyhodnotí nejvhodnější pohyb, přejíždění v hloubce nebo nástroj při každém startu obrábění po přejezdu v novém záběru provede zvolený způsob zařiznutí.



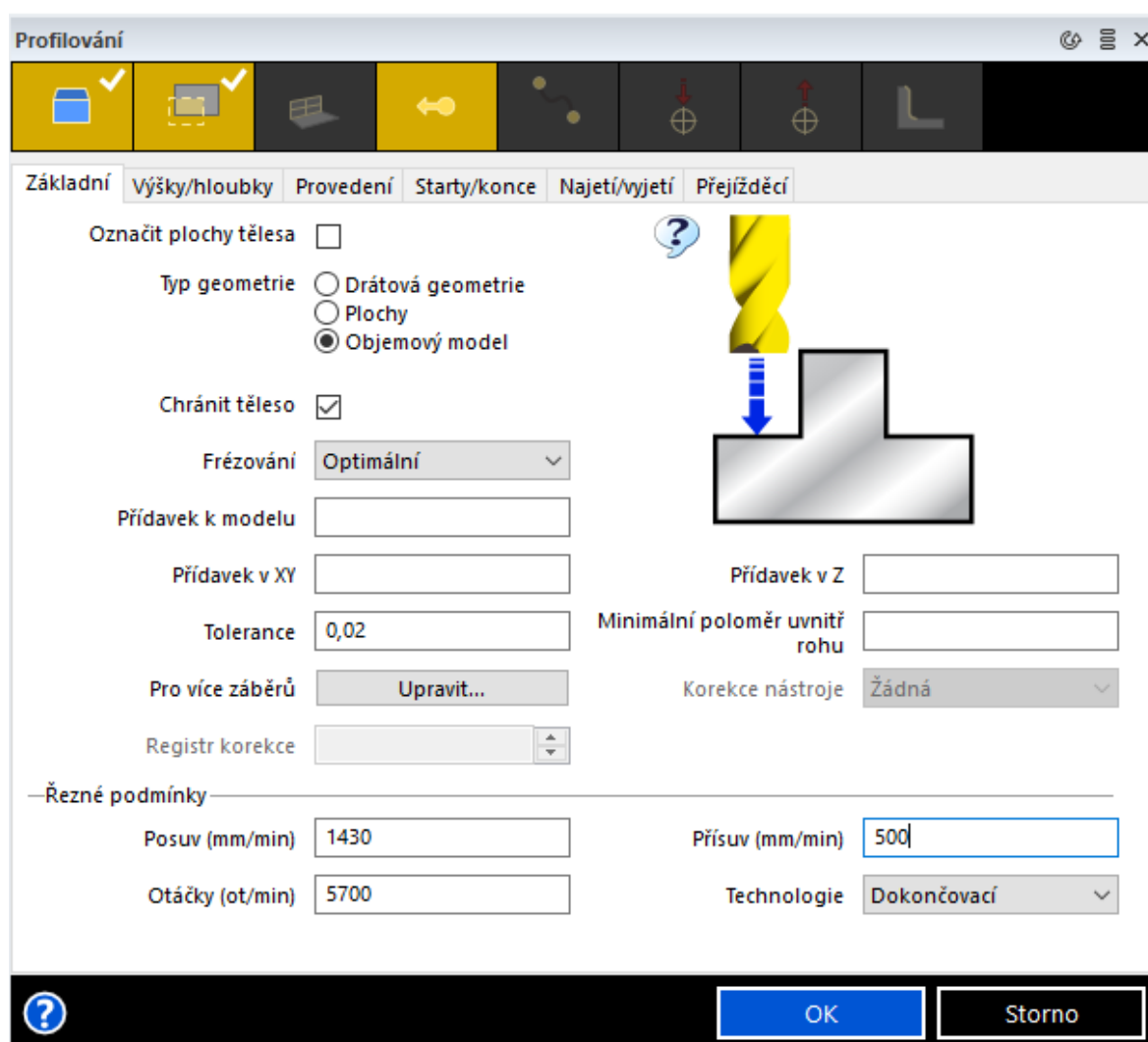
Obr.3.3.4 Cyklus hrubování-zařízení

3.4 Cyklus profilování

Pomocí profilování se dokončují plochy v sérii profilů XY podél osy Z na plochách a objemových modelech. Lze jej také použít pro obrábění kolem profilů drátové geometrie. Tento cyklus obsahuje šest oddílů nastavení.

3.4.1 Základní

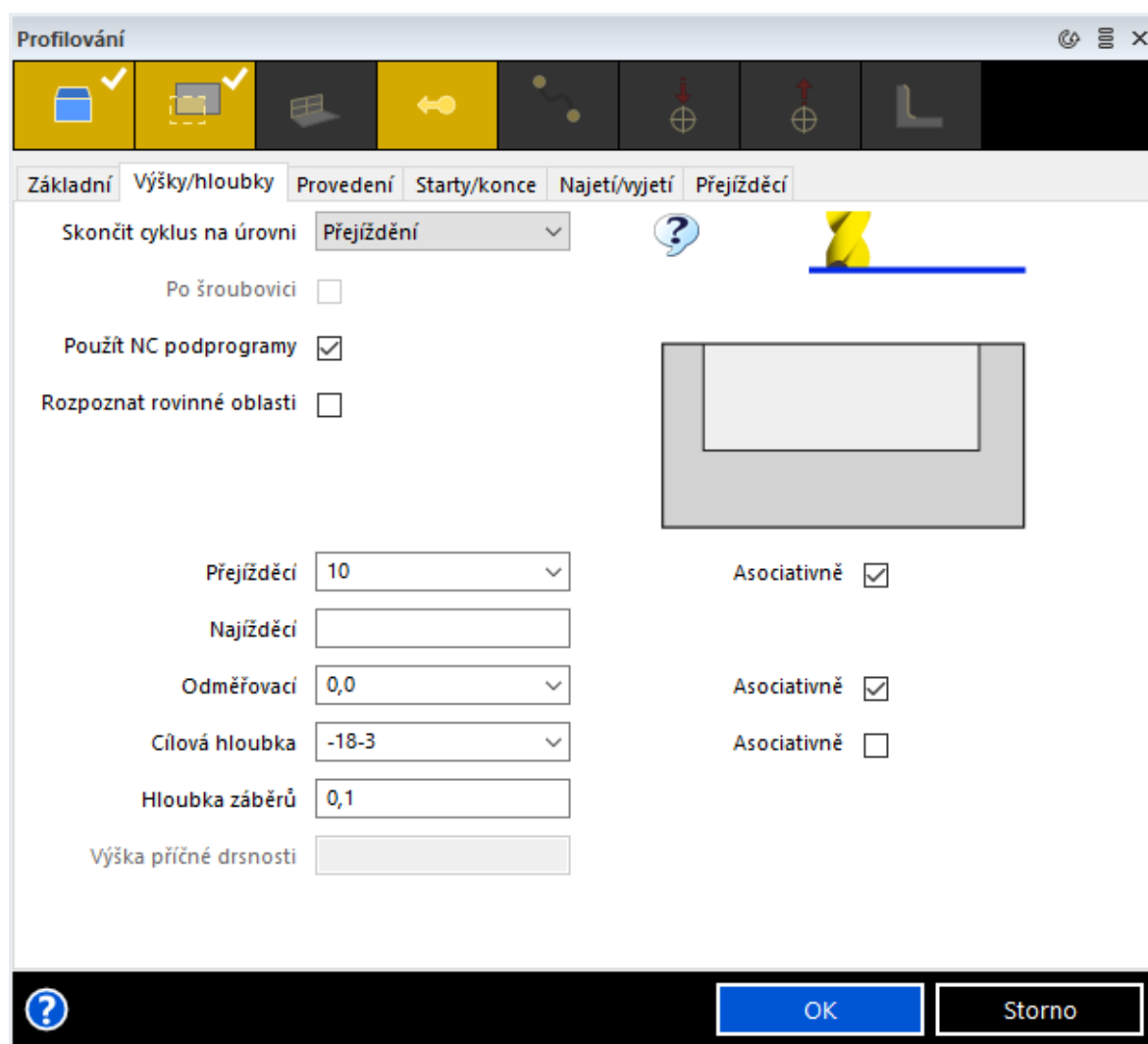
Prvním oddílem profilování je záložka základní (obr.3.4.1). Podobně jako je tomu u hrubování, je zde řešeno nastavování, jakým způsobem budou označovány oblasti pro obrábění, přídávky v osách nebo celkově k modelu obrobku, tolerance se kterou bude program vyhodnocovat průběh obrábění a rezní podmínky nástroje.



Obr.3.4.1 Cyklus profilování-základní

3.4.2 Výšky a hloubky

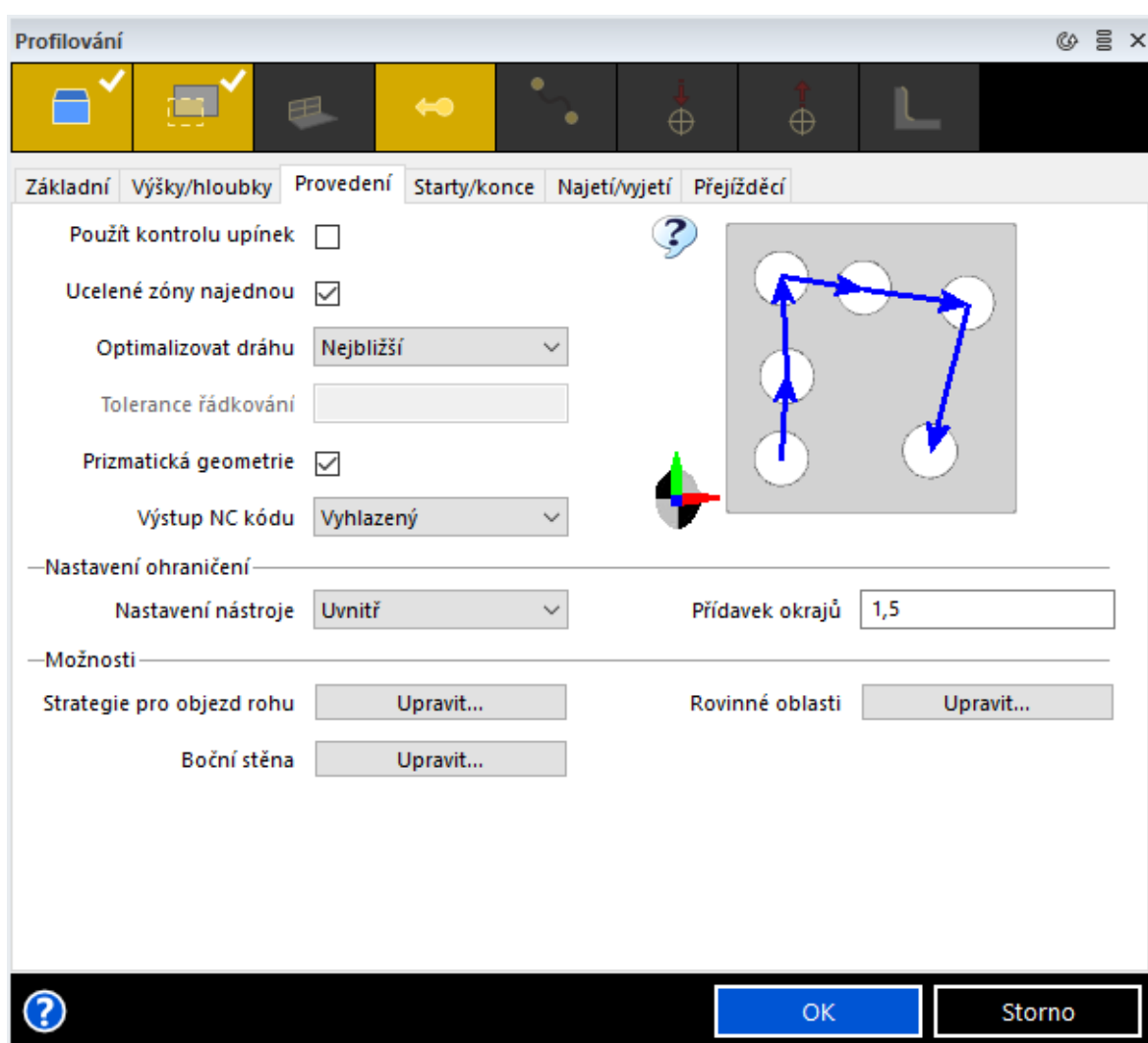
Dalším krokem profilování jsou výšky a hloubky (obr.3.4.2), kde obsah tohoto menu je téměř totožný s cyklem hrubování. Jsou zde ale nastavovány optimální hodnoty pro dokončovací operace.



Obr.3.4.2 Cyklus profilování-výšky/hloubky

3.4.3 Provedení

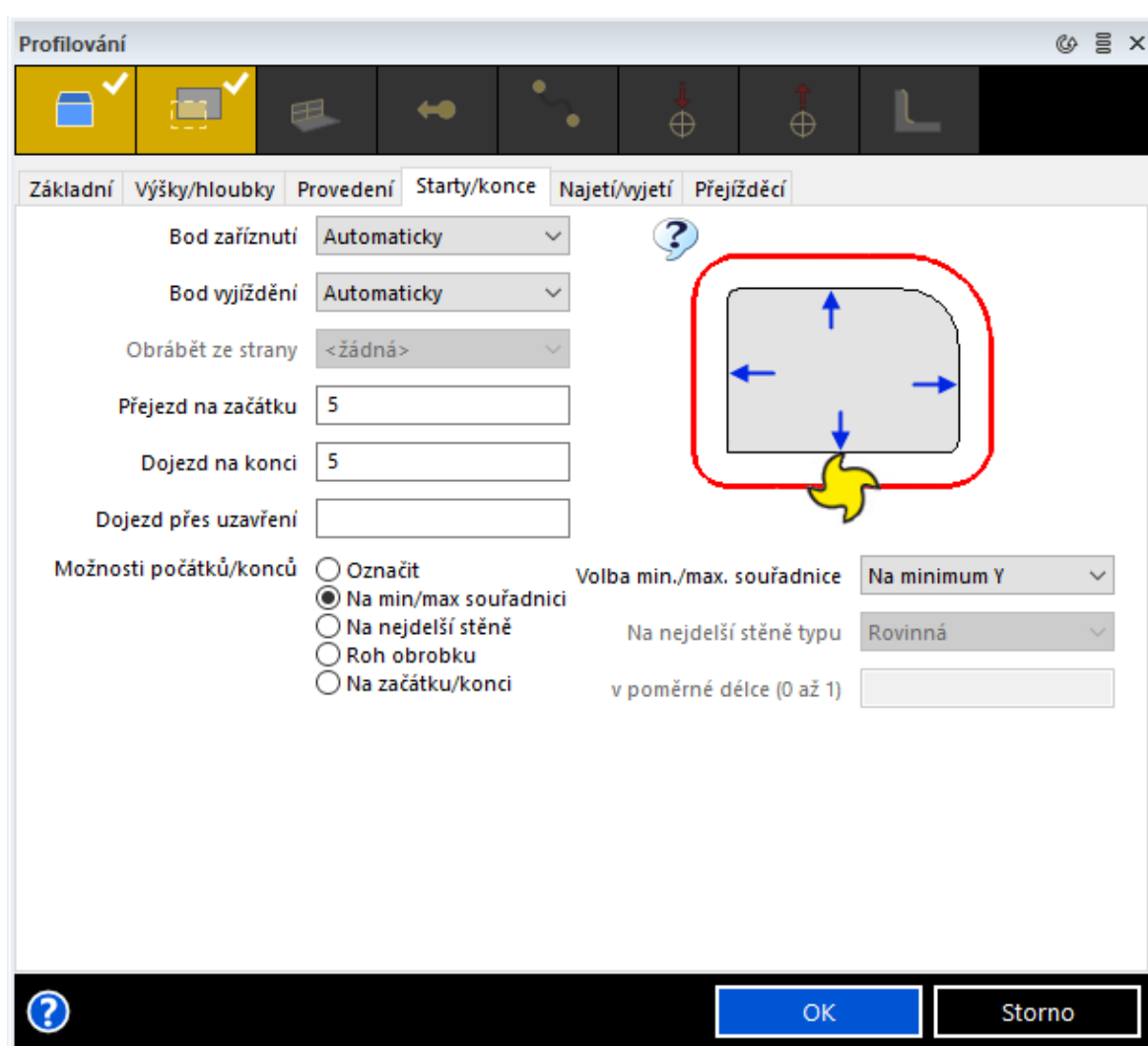
Ve třetím kroku profilování (obr.3.4.3) se opět setkáváme s podobnými nastaveními jako bylo u provedení při hrubování. Změnou, ve spodní části menu je strategie pro objezd rohu, kde můžeme řídit pohyb nástroje podél ostrých rohů. Způsob objezdu může být obloukem, sražený, zaoblený, ostrý nebo smyčka. Dále je zde možno dokončovat rovinné oblasti s výběrem možnosti frézování sousledného, nesousledného a optimálního, které vkládají další záběry na úrovní Z, aby vytvořily plynulé dokončení.



Obr.3.4.3 Cyklus profilování-provedení

3.4.4 Starty a konce

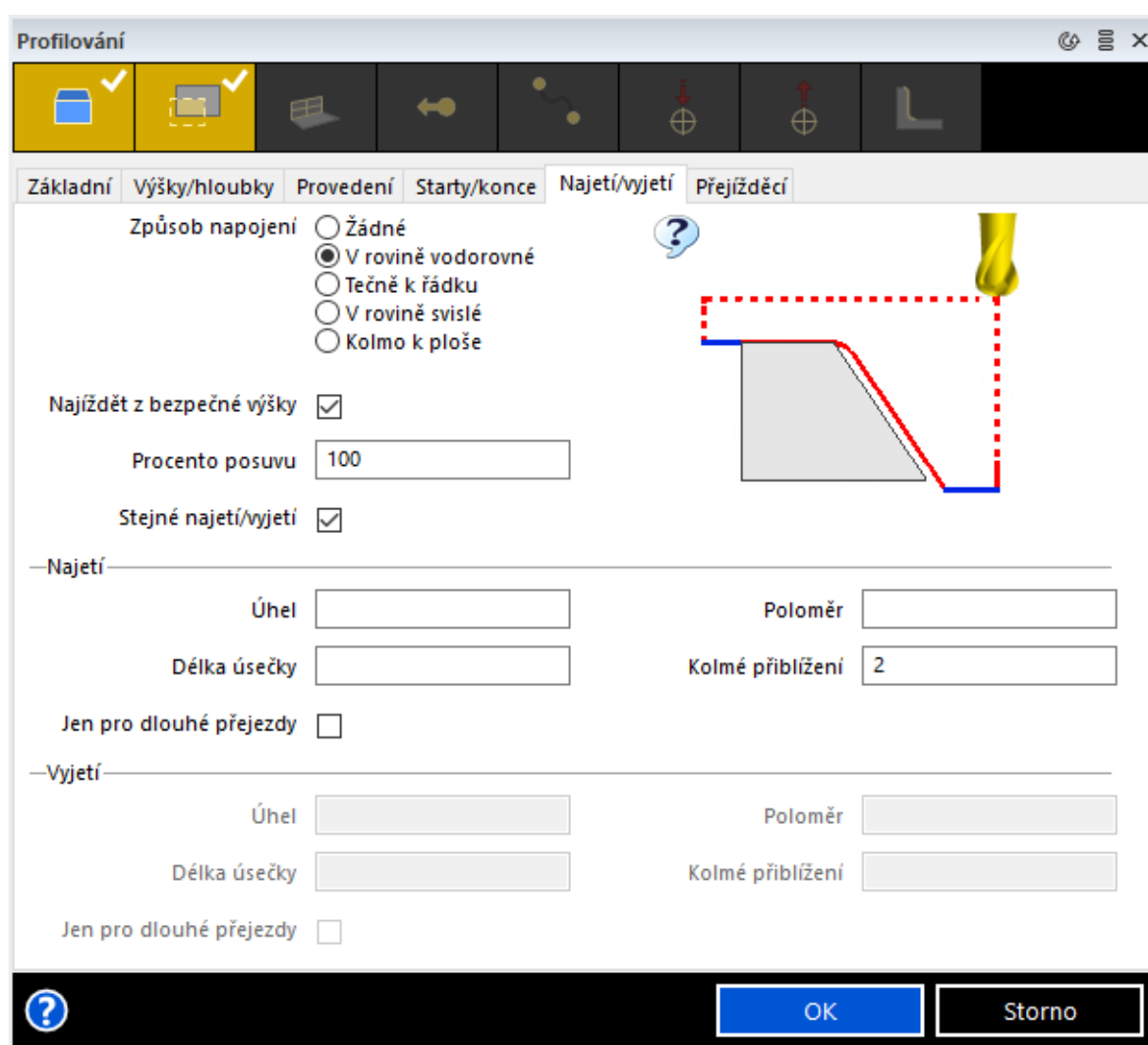
Ve čtvrtém oddílu se program zabývá starty a konci dokončovacího cyklu (obr.3.4.4). Je zde volba bodu zaříznutí nástroje a jeho vyjetí. V případě zaříznutí nástroje na počátku cyklu můžeme zvolit umístění uprostřed zóny, označení místa uživatelem nebo ponechat automatické výběr umístění programu. Tyto možnosti se nám nabízejí také pro vyjíždění, které je ještě rozšířeno o možnost vyjetí v bodě zaříznutí. Dále jsou určovány hodnoty vzdáleností pro najetí, vyjetí či překrytí nástroje ze záběru a možnosti počátku a konce cyklu, kde podle zvolené metody, se otvírají rozšířené možnosti.



Obr.3.4.4 Cyklus profilování-start/konce

3.4.5 Najetí/vyjetí

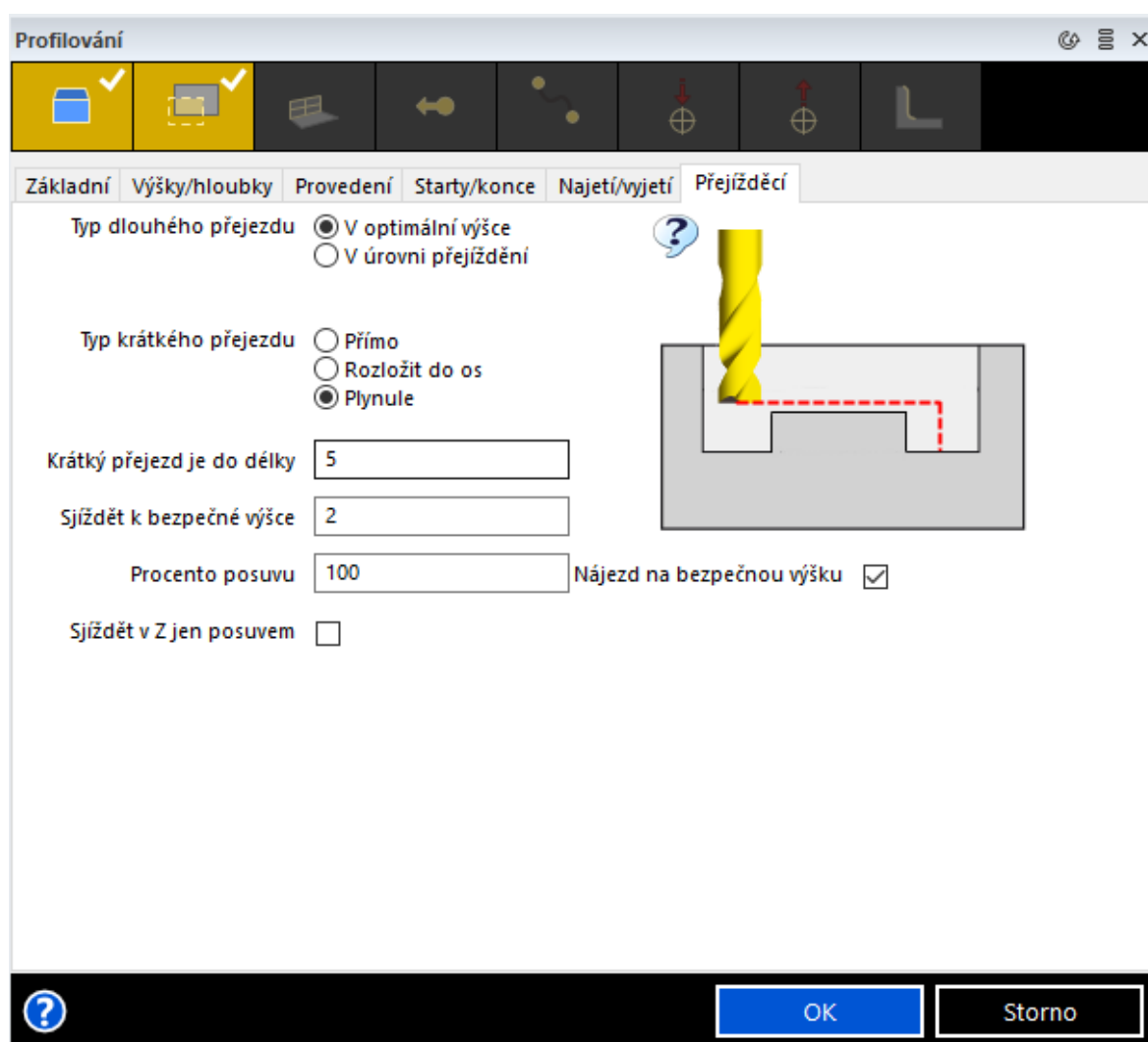
V této oblasti profilování se program zabývá dodatečnými pohyby pro najetí nástroje do řezu a jeho vyjetí z řezu (obr.3.4.5). Způsob napojení se skládá z obloukového nebo přímého napojení na obráběný segment. Lze vybrat z několika typů orientace například najetí a vyjetí ve vodorovné rovině XY, rovině tečné ke směru dráhy nástroje, rovině kolmé k obráběné ploše nebo žádné, kdy se bere v úvahu pouze bezpečná výška pro sjezd nástroje. U vodorovných pohybů najetí můžeme zaškrtnout políčko "Najíždět z bezpečné výšky". To zajistí, že nástroj zastaví v bezpečné vzdálenosti určené na záložce přejíždění a poté nakloní najetí dolů do hloubky záběru. Dalším nastavením jsou přímé hodnoty pro najetí a vyjetí, kde může být zvolen úhel, poloměr délka úsečky a kolmé přiblížení. Při zaškrtnutí pole stejné najetí/vyjetí nastavení parametrů pro vyjetí není k dispozici.



Obr.3.4.5 Cyklus profilování-najetí/vyjetí

3.4.6 Přejížděcí

Poslední sekce přejížděcí (obr.3.4.6), je spojená s předchozí, najetí/vyjetí. Jsou zde řešeny přejezdy mezi jednotlivými částmi dokončování, které jsou kontrolovány vůči součásti a upraveny tak, aby zamezily kolizím. Definováním délky krátkého přejezdu se typ přejezdu dělí na krátký a dlouhý, kde je dále řešeno jakým způsobem bude přejezd probíhat. U dlouhého typu přejezdu je na výběr přejezd v optimální výšce, kde se nástroj zvedne do takové výšky, kde se vyhne kolizi a přejezd v úrovni přejíždění, zde se nástroj zvedne do úrovně přejíždění, přejede v rovině XY nad místo dalšího obrábění a klesne na začátek najížděcího pohybu. U krátkého typu přejezdu jsou tři možnosti a to, že nástroj se pohybuje nejkratší úsečkou, plynule s návaznými oblouky nebo rozložením do os. Posledním nastavením je sjíždění v ose Z, kde se volí hodnota bezpečné výšky, procento posuvu a možnost sjíždět v Z pouze posuvem.



Obr.3.4.6 Cyklus profilování-přejížděcí

3.5 Cyklus obrábění děr

Pomocí tohoto cyklu můžeme obrábět útvary děr, včetně vrtání, vystružování, vyvrtávání a závitování. Nastavení obrábění je zde rozděleno do čtyř kroků, základní, výšky/hloubky, provedení a vymezení výběr.

3.5.1. Základní

Prvním nastavením cyklu (obr.3.5.1) je volba geometrie, kterou se chystáme obrábět, jakým způsobem bude obrobení provedeno, jestli se jedná o vrtání, vyvrtávání, vystružování nebo vrtání s odtrhem a doba, po kterou zůstane nástroj v hloubce. V případě závitování, je zde možnost jeho nastavení. Spodní část tohoto kroku se věnuje řezným parametrům nástroje.

Obrábění děr

Základní Výšky/hloubky Provedení Vymežit výběr

Typ geometrie Drátová geometrie
 Objemový model

Strategie Vrtat
 Vrtat s odtrhem
 Vystružovat
 Vyvrtat

Čas prodlevy

Průměr díry

—Modifikátory závitů—

Závitovací cyklus Vyrovnávací hlava Závitování Pravé

Procento posuvu

—Posuv—

Posuv (mm/min) Přísuv (mm/min) 540

Otáčky/řezná rychlost (ot/min) 1820 Technologie Žádná

? OK Storno

Obr.3.5.1 Cyklus obrábění děr-základní

3.5.2 Výšky/hloubky

V druhém kroku obrábění děr jsou řešeny výšky a hloubky (obr.3.5.2), kde jsou řešena přejíždění vůči nejvyššímu bodu tělesa vztaženého buď k útvaru, modelu nebo aktuálnímu polotovaru. Dále od které vlastnosti útvaru se má měřit hloubka a zda cílová hloubka má být měřena na špičku nebo plný průměr. Následně jsou zapisovány hodnoty pro výšky přejezdů a hloubky záběrů.

Obrábění děr

Základní Výšky/hloubky Provedení Vymezit výběr

Přejíždění přiřazené k Útvar
 Model
 Použít aktuální polotvar

Hloubka přiřazena k Plná hloubka
 Hloubka zahloubení
 Hloubka závitu

Řídit pohyb na Na špičku
 Na plný průměr

Možnosti

Přejíždění (absolutně) 5

Najížděcí

Odměřovací 0,000001

Cílová hloubka -5

Hloubka záběrů

Vyjždět mezi záběry

Asociativně

Asociativně

Asociativně

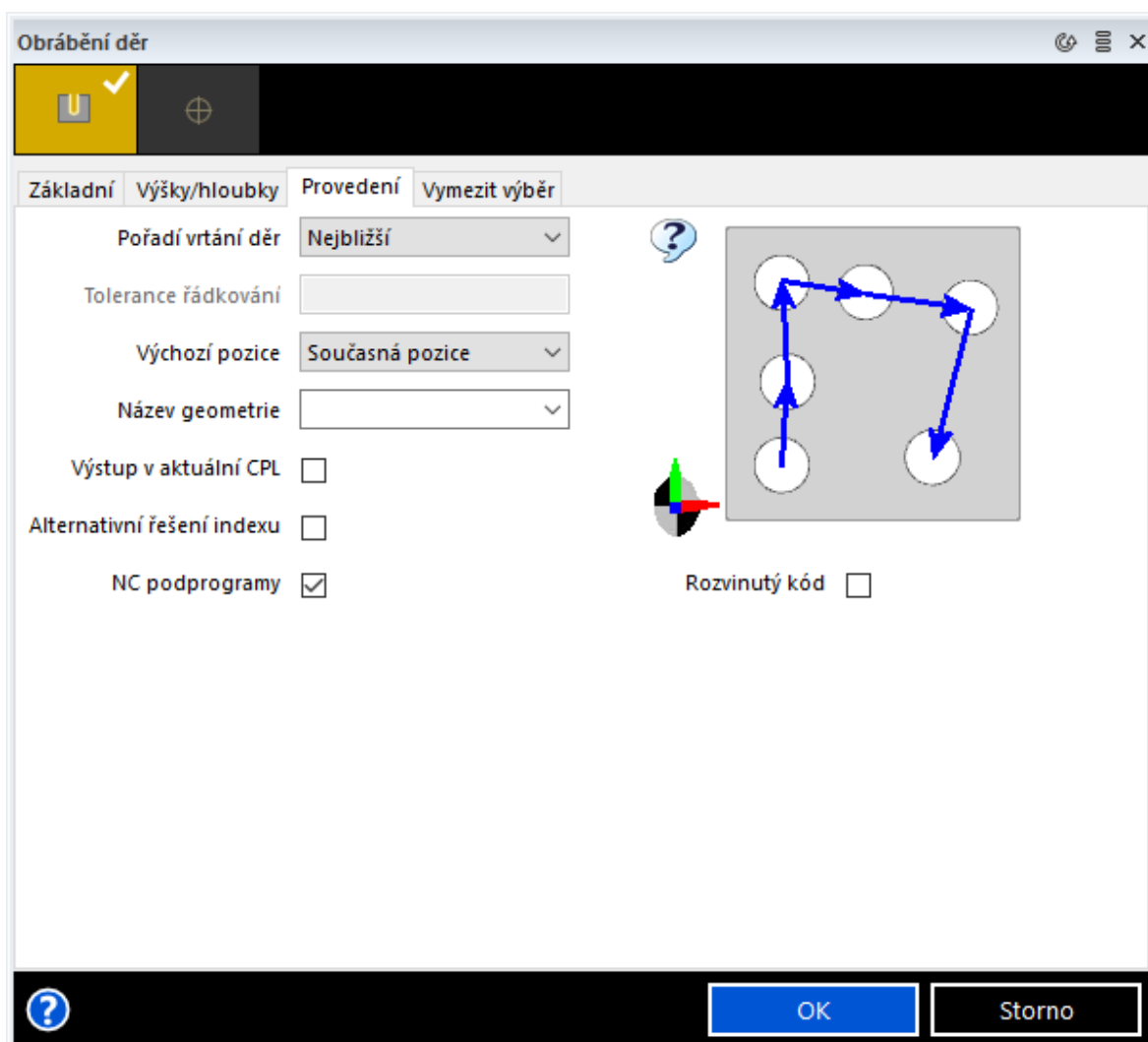
Úbytek záběrů

OK Storno

Obr.3.5.2 Cyklus obrábění děr-výšky/hloubky

3.5.3. Provedení

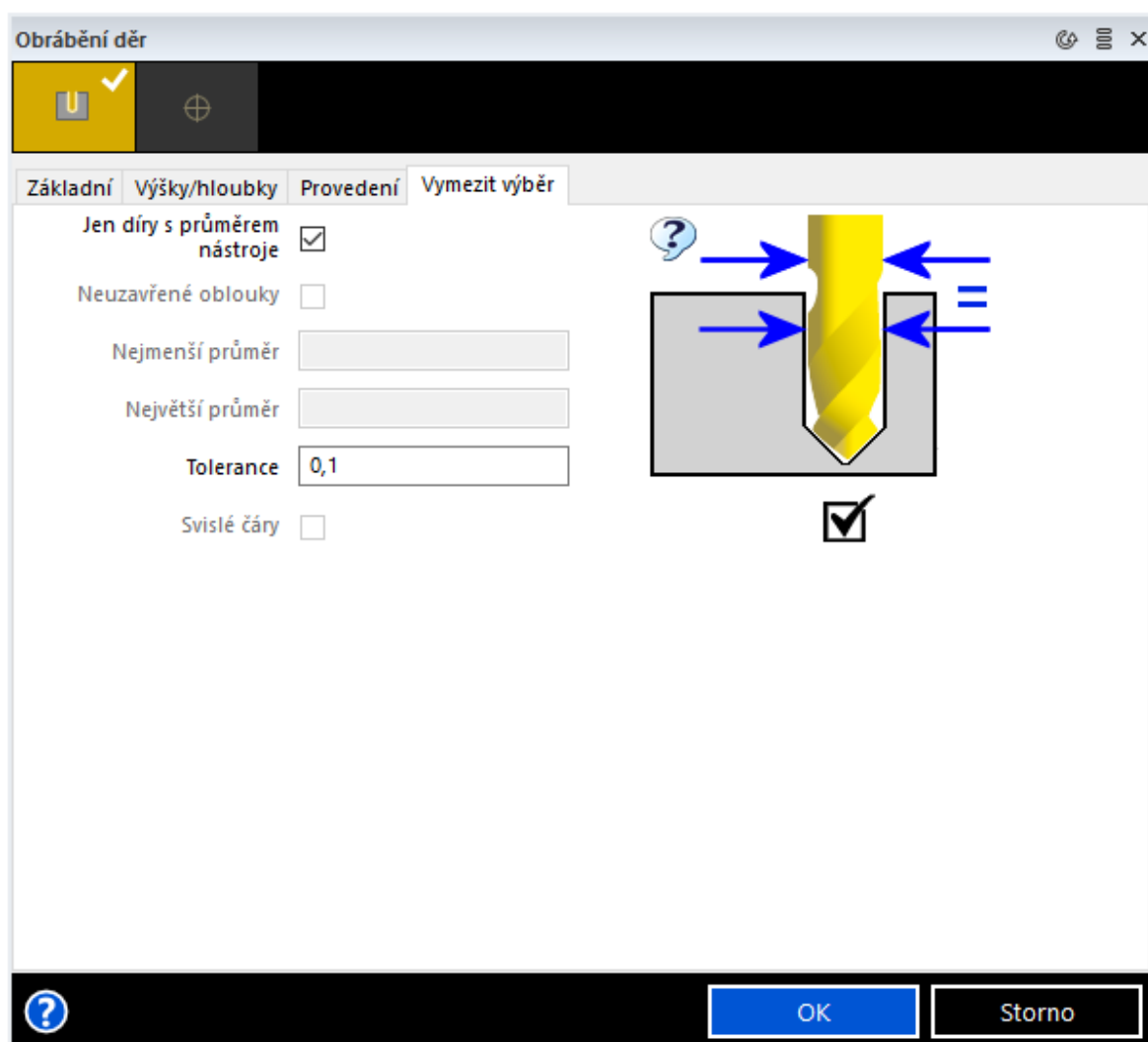
Ve třetím kroku (obr.3.5.3), pokud má cyklus obrábět více děr, je vhodné stanovit pořadí vrtání děr. Možnostmi jsou například pořadí obrábění v jakém byly díry vybrány, pořadí, ve kterém vznikne nejkratší dráha nástroje nebo řádkování v jednotlivých osách XY vpravo a vlevo nebo pouze v jednom směru. Dalším nastavovacím parametrem tohoto kroku je pozice nástroje, z jaké má být obrábění započnuto. Další nastavení se využívají například při obrábění děr na válcové součásti a je nutné tento obrobek polohovat.



Obr.3.5.3 Cyklus obrábění děr-provedení

3.5.4 Vymezit výběr

V posledním kroku tohoto cyklu (obr.3.5.4) je řešen výběr otvorů, který má být obráběn. Mohou být zvoleny pouze díry se stejným průměrem jako je průměr nástroje nebo jsou zadávány rozmezí od nejmenšího průměru, až po největší. Následně program vybere otvory a vytvoří dráhy nástroje.



Obr.3.5.1 Cyklus obrábění děr-vymezit výběr

3.6 Generování NC kódu

Před vygenerováním NC kódu je nutné si nejprve vytvořený program zkontrolovat pomocí simulace obrábění. Tímto je možné zjistit různé kolize a zda-li je součást správně obrobena. V případě kolize je simulace zastavena a uživatel je na ní upozorněn. Následně je program nutné opravit a znovu spustit simulaci obrábění. Při tomto postupu má možnost uživatel zrychlovat a zpomalovat proces obrábění a zároveň sledovat přesné dráhy, které nástroj vykonává. Pokud je program v pořádku, bez kolizí a součást správně obrobena, uživatel vyvolá generování NC-kódu. Program vypočítá a zobrazí NC-kód v textovém souboru. Následně je program přenesen do stroje a spuštěn. Níže je uvedena ukázka zhotoveného NC-kódu pro první operaci.

```
G21 G90 G40
G28 Z0
N10 G21 G90 G40 M1
T001 M06 (10.0 MM DIA MULTI-FLUTE END MILL)
G54
M3 S4000
M8
G0 X-5.9345 Y-10.3257
G43 Z39.0 H001
Z28.0
G94 G1 Z27.0 F1000.0
.
.
.
G3 X32.0227 Y14.8047 I1.25 J-0.8291 (R=1.5)
G1 X29.7009 Y9.1994
G2 X10.2994 I-9.7008 J4.0182 F1312.5 (R=10.5)
G1 X9.9169 Y10.1228 F1500.0
X9.7947 Y10.7462
X8.8323 Y15.6527
G0 Z10.0
M5 M9
G28 Z0.0 M19
M06 T001
M2
```

4. DISKUZE

Pro výrobu zadané součásti zákazníkem, byly využity dostupné technologie firmy. Byly použity celkem čtyři stroje, kterými firma disponuje a to rámová pila, soustruh, vertikální frézovací centrum a konzolová frézka. Pro práci na soustruhu byly využity nástroje, které již dnes nejsou tolik uplatňovány, avšak firma je využívá jako levnou variantu nástrojů s možností úprav, pro výrobu atypických rozměrů prototypových součástí, aniž by navyšovala náklady kupováním nových speciálních nástrojů, vyráběných na zakázku. Při obrábění na frézovacím centru byly využity nástroje ze slinutého karbidu s hlavním využitím pro obrábění oceli a zároveň částečným pro neželezné kovy. Jelikož se jednalo o výrobu jednoho kusu, nemělo význam se zabývat možnostmi jiných nástrojů zaměřeným přímo na obrábění neželezných kovů, které by měly určitě lepší řezné parametry, než nástroje, které byly využity, ale došlo by k navýšení výrobních nákladů, což bylo nežádoucí. Při těchto operacích byly využity moderní počítačové systémy. Ať už se jednalo o Spaceclaim nebo Edgecam, oba programy jsou pro uživatele velmi dobře zpracovány a vedou uživatele postupně jednoduchými kroky od zadávání polotovaru až do posledního kroku obrábění a následného generování NC kódu. Tento způsob výroby je ale časově náročný a cena za takovýto díl je vysoká. Při sériové výrobě by se ovšem postupovalo úplně jinou technologií. Například přesným odlitím vnějších ploch a následným soustružením ploch vnitřních na CNC soustruhu osazeným nástroji pro obrábění neželezných kovů, to se ale jedná o velké série. V menších sériích, kdy odlévání by už nebylo finančně výhodné, by bylo vhodné vnější plochy obrábět na pětiosém obráběcím stroji, kde jsou dráhy nástroje navrhovány úplně jiným způsobem a nebylo by zapotřebí, tak jako tomu bylo v našem případě dalšího stroje – konzolové frézky. Tímto způsobem by se ušetřilo spoustu času a financí.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vyrobení součásti patřící do sestavy dílů tvořící řadící segment. Jednalo se o kryt výkyvné hlavy, který se obráběl pomocí tří konvenčních strojů a jednoho stroje počítačem řízeného. Nezbytnou částí bylo využití CAD/CAM systémů, bez kterých by součást nemohla být vyrobena. V systému Edgecam byly vytvořeny programy pro obrobení vnějších ploch, následně odsimulovány a byl vygenerován NC kód, který byl zaslán do stroje.

Výrobní postup byl navržen tak, aby splnil technologické podmínky firmy. Byly využity nové, ale i starší, dostupné nástroje, jimiž firma disponuje z důvodu minimalizování výrobních nákladů. I za pomoci těchto starších nástrojů bylo dosaženo tolerovaných rozměrů, které byly předepsány na výkresové dokumentaci. Během procesu výroby nenastaly žádné kolize, či jiné potíže. Při závěrečné kompletaci sestavy, kryt splňoval veškeré požadavky a nedošlo k žádnému problému se zakomponováním této součásti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Normy, chemické složení slitin hliníku* [online]. 2017 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.ehlinik.cz/prilohy/zakladni-technicke-informace.pdf>
- [2] *Slitiny hliníku* [online]. c2009 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.proal.cz/info/424203.htm>
- [3] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení: učebnice pro střední průmyslové školy*. Vydání druhé. Brno: Computer Press, 2004. Edice strojaře.
- [4] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [5] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: CERM, 2001. ISBN 8021419962.
- [6] *Technická dokumentace: Drsnost povrchu* [online]. Ostrava [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/td/01-textyVSB/005_Drsnost%20povrchu.pdf
- [7] *Pásové pily na řezání kovů* [online]. Pilous [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://pilous.cz/metal/pasove-pily-na-kov/gravitacni/arg-250/>
- [8] *Pilové pásy na řezání kovů* [online]. Pilana, c2006-2017 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.pilana.cz/cz/technicke-informace-k-pilovym-pasum>
- [9] *Článek: Druhy soustruhů* [online]. Tumlikovo, 2010 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/druhy-soustruhu/>
- [10] ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 8073002078.
- [11] *Vertikální obráběcí centrum: Akira Seiki SV815* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.akiraseiki.com/productsDia.php?d=9>
- [12] *Konzolové frézky: F2V-R* [online]. TOS Olomouc, c2009 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://www.tos-olomouc.cz/cz/vyrobni-program/univerzalni-produkcni-frezky/konzolova-frezka-f2v-r/>
- [13] *Soustružnické nože s SK* [online]. Denas [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://denasdc.cz/stranka/soustruznicke-noze-s-sk/>
- [14] *Řezné nástroje pro obrábění otvorů* [online]. M&V [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://stimzet.cz/>

- [15] *Nástroje pro obrábění: Vrtání* [online]. WNT Česká republika, c2017 [cit. 2017-05-04]. Dostupné z:
<https://www.wnt.com/mastertool/CS/category/Hlavn%C3%AD%20katalog/Vrt%C3%A1n%C3%AD/TK%20vrt%C3%A1ky>
- [16] *Cad and rapid prototyping for product design*. S.l.: Laurence King Publishing, 2014. ISBN 9781780673424.
- [17] *3D CAD software: Spaceclaim* [online]. Nexnet, 2011 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/snadne-a-rychle-3d-modelovani.html>
- [18] SADÍLEK, Marek a Zuzana SADÍLKOVÁ. *Počítačová podpora procesu obrábění: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 9788024827704.
- [19] *Nové možnosti v obrábění: Edgecam* [online]. Nexnet, 2007 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nove-moznosti-v-obrabeni.html>
- [20] *Strojní závitníky* [online]. Narex [cit. 2017-05-07]. Dostupné z:
<https://www.narexd.cz/strojni-zavitniky/3000/#scrollTo=041531420107000>
- [21] *Řezné nástroje: Monolitní frézy* [online]. Widin [cit. 2017-05-07]. Dostupné z:
http://us.iwidin.com/sub02/01_01.php?code=1385001995&pos=1
- [22] *Soustružnické nože* [online]. Strojírny Poldi [cit. 2017-05-07]. Dostupné z:
<http://www.strojipoldi.eu/cs/vyrobni-program/nastroje/nastroje-z-rychloreznych-oceli-na-obrabeni/soustruznicke-noze/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
Al	[-]	Hliník
CAD	[-]	Computer Aided Design
CAM	[-]	Computer Aided Manufacturing
CNC	[-]	Computer Numerical Control
HSS	[-]	High Speed Steel
Mg	[-]	Hořčík
N	[-]	Dusík
NC	[-]	Numerical Control
P2O	[-]	Slinutý karbid
Ra	[μm]	Průměrná aritmetická úchylka profilu
Si	[-]	Křemík
.stp	[-]	STEP
Ti	[-]	Titan

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkresová dokumentace součásti

