

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715P270003 – Strojírenství

Studijní specializace: Programování NC strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh technologie výroby pro zadaný typ součásti

Autor: Tomáš Habich

Vedoucí práce: Ing. Luboš Kroft, Ph.D.

Akademický rok 2023/2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš HABICH**
Osobní číslo: **S22B0236P**
Studijní program: **B0715P270003 Strojírenství**
Specializace: **Programování NC strojů**
Téma práce: **Návrh technologie výroby pro zadaný typ součásti**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

- Úvod do problematiky a cíle řešení
- Analýza současného stavu
- Návrh technologie obrábění pro zadanou součást ve variantách
- Technické zhodnocení navržených variant
- Zhodnocení a závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Elektronické informační zdroje dostupné z www.knihovna.zcu.cz
- CIRP ANNALS – Manufacturing Technology: (<http://www.cirp.net/>)
- SANDVIK Coromant, Sandviken: Technická příručka obrábění, dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/>
- Elektronické informační zdroje
- Interní podklady ZČU-KTO

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Luboš Kroft, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Luboš Kroft, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2024**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Luboši Kroftovi, Ph. D za profesionální přístup, odborné konzultace a věcné rady.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Habich	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715P270003 – Strojírenství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kroft, Ph. D	Jméno Luboš	
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh technologie výroby pro zadaný typ součásti		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2024
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	53	TEXTOVÁ ČÁST	39	GRAFICKÁ ČÁST	14
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Tato bakalářská práce obsahuje návrh přípravku na obrábění ve variantách a posouzení technologičnosti jednotlivých dílů přípravku, který bude používán k obrábění nástrojů s rozhraním HSK 63.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	přípravky, upínače, technologie výroby, technologičnost, obrábění

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Habich	Name Tomáš
STUDY PROGRAMME	B0715P270003 - Engineering	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kroft, Ph. D	Name Luboš
INSTITUTION	ZČU – FST – KTO	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of production technology for the specified component type	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2024
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	53	TEXT PART	39	GRAPHICAL PART	14
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor's thesis includes the design of a jig for machining in various variants and the assessment of the manufacturability of individual parts of the jig, which will be used for machining tools with the HSK 63 interface.
KEY WORDS	jigs, fixtures, manufacturing technologies, manufacturability, machining

Obsah

1	Úvod	13
2	Co je to technologie obrábění.....	14
2.1	Rozdělení obrábění	14
2.1.1	Podle charakteru vykonávané práce rozdělujeme obráběcí metody na:.....	14
2.1.2	Základní rozdělení metod obrábění podle charakteristických znaků břitové geometrie nástroje na:	14
2.1.3	Metody obrábění podle charakteru záběru řezání dělíme na:	14
2.1.4	Dělení metod obrábění podle směru přemístování částic materiálu, vzhledem k řezné hraně	15
3	Přípravky	19
3.1	Definice přípravku	19
3.2	Při konstruování upínacích přípravků se musíme řídit těmito zásadami:.....	19
3.3	Rozdělení přípravků	20
3.3.1	Podle rozsahu použitelnosti:.....	20
3.3.2	Podle operačního určení:	20
3.3.3	Podle zdrojů upínací síly	21
3.4	Přípravky pro obrábění	21
3.4.1	Soustružnické přípravky	21
3.4.2	Frézovací přípravky.....	23
3.4.3	Vrtací přípravky	24
3.4.4	Vyvrtávací přípravky.....	25
3.4.5	Přípravky k automatickým linkám	25
3.4.6	Přípravky k NC strojům	25
4	Upínač HSK63	27
4.1	HSK upínací systém	27
4.2	Současný stav přípravku s upínáním HSK63	29
4.2.1	Popis přípravku	29
4.2.2	Účel přípravku.....	30
4.2.3	Potřebné vlastnosti	31
4.3	Návrh inovativního řešení ve variantách.....	31
4.3.1	Návrh inovace – varianta 1.....	31
4.3.2	Návrh inovace – varianta 2.....	32
4.3.3	Návrh inovace – varianta 3.....	33
4.4	Výběr nejvhodnější možnosti	33

4.4.1	Výběr hodnotících ukazatelů.....	34
4.4.2	Technické hodnocení jednotlivých verzí.....	35
5	Návrh výroby nejvhodnější verze	36
5.1	Technologičnost konstrukce	36
5.1.1	Optimalizace technologičnosti konstrukce obráběného dílce	36
5.1.2	Zásady technologičnosti konstrukce z hlediska aditivní výroby.....	36
6	Zpracování technologie výroby.....	41
6.1	Drážkovaný čep	41
6.2	Drážkovaný trn	42
6.3	Základna	43
6.4	Vrchní díl.....	43
7	Závěr.....	44
	Seznam použitých zdrojů	45
	PŘÍLOHA č. 1	i
	PŘÍLOHA č. 2.....	ii
	PŘÍLOHA č. 3.....	iii
	PŘÍLOHA č. 4.....	iv

Přehled použitých zkratk a symbolů

ČSN	Česká technická norma
FST	Fakulta strojní
KTO	Katedra technologie a obrábění
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
NC	Numerical Control – číslicově řízený
HSK	Hole (Hollow) Schaft (axis) Kegel (taper) v němčině. Kužel s dírou v ose (uprostřed)
CNC	Computer Numerical Control – Počítačem řízený

Seznam obrázků

Obr. 1 Univerzální hrotový soustruh.....	15
Obr. 2 Sousedné a nesousedné frézování.....	16
Obr. 3 Vertikální frézka	16
Obr. 4 Univerzální sklíčidlo	21
Obr. 5 Soustružnický upínací přípravek určený k upínání dutých těles.....	22
Obr. 6 Upínací stavitelný úhelník	22
Obr. 7 Soustružnický přípravek pro upínání tenkostěnných prvků.....	23
Obr. 8 Strojní šroubový svěrák	23
Obr. 9 Samoupínací pákový svěrák.....	24
Obr. 10 Řez samoupínacím pákovým svěrákem.....	24
Obr. 11 Magnetický upínač.....	25
Obr. 12 Přehled typů upínání HSK	27
Obr. 13 Popis funkce HSK pozice před ustavením.....	28
Obr. 14 Popis funkce HSK pozice před plným ustavením.....	28
Obr. 15 Popis funkce HSK pozice plného ustavení	28
Obr. 16 Současný stav přípravku	29
Obr. 17 Současný stav přípravku pohled zhora.....	29
Obr. 18 Současný stav přípravku před upnutím.....	30
Obr. 19 Současný stav přípravku detail na ovládaní vačky	30
Obr. 20 První varianta přípravku Obr. 21 První varianta přípravku - řez	31
Obr. 22 Druhá varianta přípravku Obr. 23 Druhá varianta přípravku - řez.....	32
Obr. 24 Třetí varianta přípravku Obr. 25 Třetí varianta přípravku - řez	33
Obr. 26 Třetí varianta přípravku - popis	36
Obr. 27 Základna.....	37
Obr. 28 Vrchní díl	38
Obr. 29 Drážkovaný čep.....	39
Obr. 30 Drážkovaný trn.....	39
Obr. 31 Upnutí polotovaru	41
Obr. 32 Hrubování drážkovaného čepu.....	41
Obr. 33 Dokončování vnějšího rozměru drážkovaného čepu	41
Obr. 34 Vrtání díry do drážkovaného čepu	42
Obr. 35 Frézování šikminy.....	42
Obr. 36 Frézování drážek	42
Obr. 37 Upichování.....	42

Seznam tabulek

Tab. 1 Hodnocení přípravků.....	35
---------------------------------	----

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh a vývoj přípravku pro obrábění s upínacím rozhraním HSK63. Funkcionalita tohoto přípravku, tedy zejména tuhost a přesnost upínání a polohování, je zásadní pro efektivní a přesnou výrobu nástrojů. Přípravek reaguje na rostoucí poptávku po speciálních nástrojích s tímto rozhraním a potřebu rychlého a přesného upínání polotvarů s HSK63 do pracovního prostoru stroje.

Nejvýznamnější částí práce je vlastní návrh inovace přípravku a zpracování různých technologických strategií výroby. Cílem je navrhnout inovaci stávajícího přípravku a vyvinout různé konstrukční varianty s odlišnými principy upínání. Na základě technického hodnocení bude zvolena nejvhodnější konstrukční varianta, která bude detailně popsán včetně výkresové dokumentace.

Výsledný návrh bude zpracován v softwaru SolidWorks a bude reflektovat nejlepší postupy konstruování přípravků podle teoretické části práce. Na závěr bude zpracována technologie výroby komponent celého přípravku. Tato práce přispěje k rozvoji technologií obrábění a posílení jejich aplikace v moderním průmyslovém prostředí.

2 Co je to technologie obrábění

Obrábění je technologický proces, kterým vytváříme povrchy obrobku určitého tvaru, rozměru a jakosti, a to odebráním částic materiálu pomocí účinků mechanických, elektrických, chemických apod., případně jejich kombinacemi.[1]

Technologií obrábění můžeme považovat za nejstarší výrobní metodu, kterou člověk použil v nejrannějších dobách svého vývoje, pro opracování prvních loveckých zbraní a primitivních předmětů každodenní potřeby. Objev prvních nástrojů a jejich zdokonalování bylo také předpokladem pro další rozvoj ručního obrábění, a s tím spojeného růstu společenské výroby. Významným milníkem pro strojní obrábění byl vynález parního stroje, který významně zasáhl do dalšího vývoje obráběcích strojů, nástrojů a metod obrábění. Díky uplatnění dalších zdrojů elektřiny pro pohon obráběcích strojů, tvoří dnes ruční obrábění pouze nepatrný zlomek v celkovém objemu operací obrábění.[2]

2.1 Rozdělení obrábění

Obráběcí metody lze dělit podle různých hledisek. Klasifikace metod obrábění využívá různé charakteristiky, jako je vzájemný kontakt nástroje s obrobkem, kombinace variant pohybů stroje, nástroje a obrobku. [1]

2.1.1 Podle charakteru vykonávané práce rozdělujeme obráběcí metody na:

2.1.1.1 Ruční

Ručním obráběním se rozumí práce vykonávané člověkem pomocí ručních nástrojů, jako je sekání, pilování, zaškrabávání apod. Patří sem rovněž práce vykonávané ručně ovládanými stroji, jako jsou ruční elektrické brusky, vrtačky aj. Při ručním obrábění je využívána fyzická síla a manuální zručnost pracovníka. Produktivita ručního obrábění má v současné době, vzhledem ke stavu techniky nízkou úroveň, přičemž je ruční obrábění v některých případech stále nenahraditelné. Svůj neopomenutelný význam má ruční obrábění především v údržbě a opravárenství. [1]

2.1.1.2 Strojní

V případě strojního obrábění je potřebná energie, která je obvykle, přiváděna ve formě elektrické energie, k obráběcímu stroji, kde se transformuje v energii mechanickou, využívanou pro realizaci obráběcího procesu. [1]

2.1.2 Základní rozdělení metod obrábění podle charakteristických znaků břitové geometrie nástroje na:

- obrábění s definovanou geometrií břitu (soustružení, frézování, vrtání, vyhrubování, vystružování, vyvrtávání, hoblování, obrážení, protahování aj.)
 - obrábění s nedefinovanou geometrií (broušení, honování, lapování aj.)
 - nekonvenční metody obrábění (např. elektroerozivní, chemické, ultrazvukové, laserové, soustředěným paprskem)
 - úpravy obrobených ploch (např. válečkování, leštění, hlazení, brokování)
- [1]

2.1.3 Metody obrábění podle charakteru záběru řezání dělíme na:

- plynulé řezání, při kterém je řezný klín po celou dobu řezání stále v záběru
- přerušované řezání, při němž řezný klín střídavě vchází do záběru a vychází ze záběru

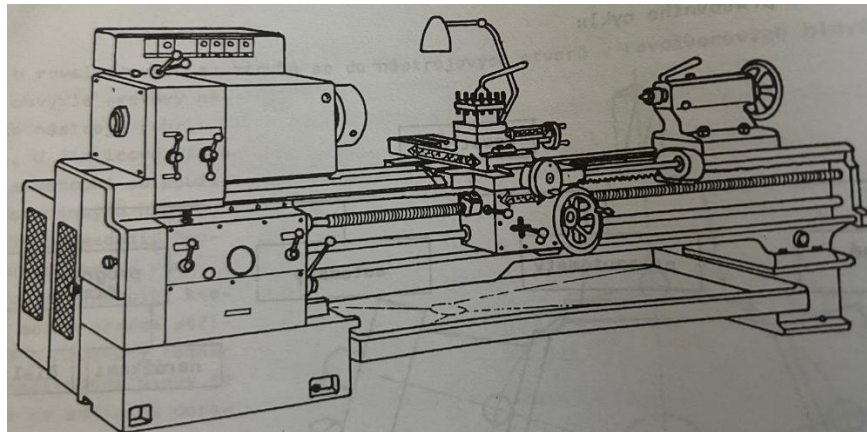
Typickým příkladem takového řezání je frézování. [1]

2.1.4 Dělení metod obrábění podle směru přemístování částic materiálu, vzhledem k řezné hraně

- volné obrábění, při kterém je směr přemístování částic třísky ve všech bodech řezné hrany stejný
- vázané obrábění, při kterém se částice třísky pohybují různými směry, v zásadě však kolmo na řeznou hranu[3]

2.1.4.1 Soustružení

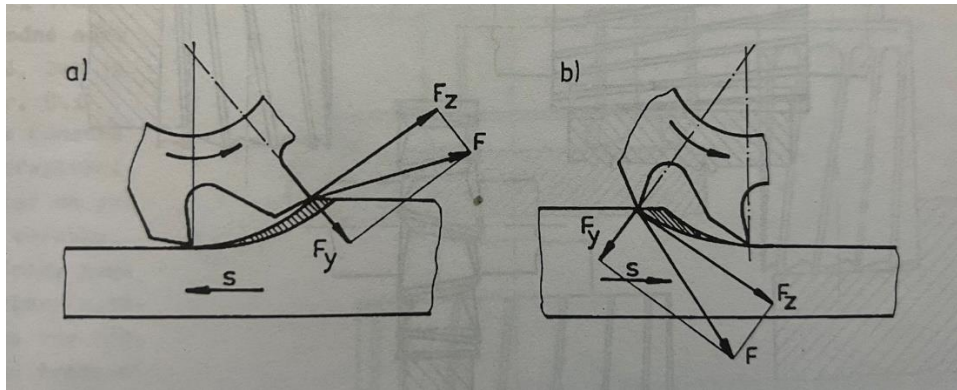
Soustružení je výrobní metoda představující 30 až 40% pracnosti strojního obrábění. Obrábí se při něm, jednobřitým nástrojem především vnější a vnitřní válcové plochy. Nástroj, se pohybuje rovnoběžně k ose rotace obrobku. Soustružením je možno rovněž obrábět rovinné plochy zapichováním (nástroj se pohybuje kolmo k ose obrobku) nebo kuželové plochy (nástroj, se pohybuje současně ve směru rovnoběžném i kolmém k ose obrobku), případně jiné plochy rotační, nejčastěji kulové (nástroj se pohybuje v každém směru proměnnou rychlostí). Na soustruhu je však možno též vrtat díry, vyvrtávat, řezat závity a v některých případech i brousit a frézovat.[2]



Obr. 1 Univerzální hrotový soustruh [2]

2.1.4.2 Frézování

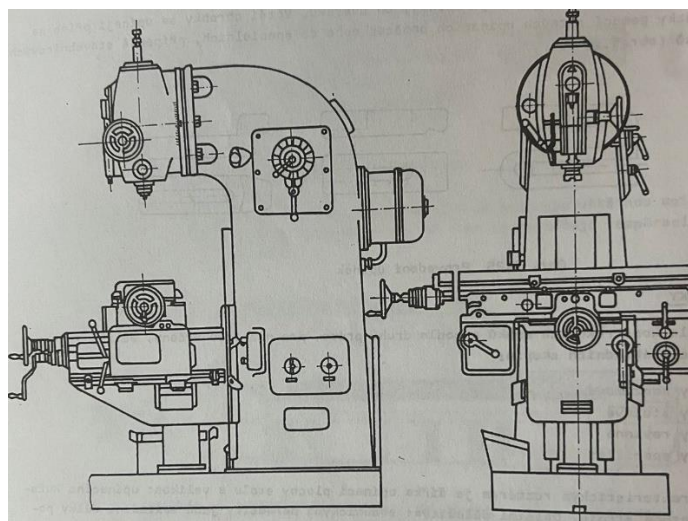
Frézování je obrábění rovinných nebo tvarových ploch několikabřitým nástrojem. Nástroj koná hlavní pohyb rotační, obrobek se posouvá pohybem přímočarým nebo rotačním. Řezný proces je přerušovaný, každý zub odebírá samostatnou třísku proměnné tloušťky. Přesnost a produktivita frézování je hlavním důvodem jeho širokého uplatnění v praxi. Podle způsobu záběru nástroje do materiálu můžeme rozdělit frézování na sousledné a nesousledné[2]



Obr. 2 Sousedné a nesousedné frézování [2]

Při nesousedném frézování se obrobek posouvá do řezu proti směru pohybujících se břitů frézy, které v tomto případě odebírají materiál od minimální tloušťky třísky do maxima. K oddělování třísky nedochází od její nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Přitom vznikají silové účinky a deformace, které způsobují vlnitý povrch obrobené plochy a zvýšené opotřebení nástroje. Výhodou tohoto způsobu frézování je měkčí chod, neboť řezná síla na každém zubu narůstá vždy od nulové hodnoty, dále také to, že k prvnímu záběru zubu frézy dochází v čistém materiálu bez okujů a povrchových nečistot. Řezná síla však směřuje směrem od obrobku, což klade zvýšené nároky na bezpečné upnutí obrobku. [2]

Při sousledném frézování se obrobek posouvá ve stejném směru jako zuby frézy. Tloušťka třísky v tomto případě, při záběru, je maximální a zmenšuje se do nulové hodnoty při výběhu zubu z materiálu. Řezná síla působí do materiálu, což zjednodušuje způsob upnutí obrobku. Tím, že nedochází v počáteční fázi tvorby třísky ke zvýšenému tření hřbetu zubu o obrobenou plochu, docílí se vyšší trvanlivosti nástroje. V důsledku možnosti použití větších posuvů, při stejné trvanlivosti nástroje, se zvyšuje podstatně hospodárný úběr materiálu. Sousedné frézování všech vyžaduje použití tužšího stroje s vymezenou vůlí, mezi maticí a posuvným šroubem stolu frézky. V opačném případě hrozí nebezpečí nerovnoměrného posuvu materiálu, při kterém může dojít k poškození stroje nebo nástroje, případně i obrobku. Podle způsobu práce nástroje můžeme rozlišit frézování obvodové, čelní, okružovací a planetové. [2]



Obr. 3 Vertikální frézka [2]

2.1.4.3 Vrtání, vyhrubování, vystružování, zahlubování

Vrtání je jednou z nejstarších a nejrozšířenějších výrobních metod. Touto metodou je možno obrábět díry buď v plném materiálu, nebo se díry zhotovené v polotovaru rozšiřují vrtákem na větší průměr. Hlavní řezný pohyb i posuv koná zpravidla nástroj. Jsou však možné i jiné kombinace pohybů. Z technologického hlediska rozeznáváme normální vrtání otvorů a vrtání tzv. hlubokých otvorů, tj. otvorů s poměrem $1: d = 10:1$ a více. Vyhrubování, vystružování a zahlubování využívá analogický pohyb nástroje k dosažení vyšších kvalitativních parametrů otvorů (vyhrubování, vystružování), nebo k úpravě tvaru otvoru (zahlubování). Charakteristickou vlastností všech nástrojů na otvory je, že řezná rychlost se u nich zmenšuje od obvodu směrem ke středu nástroje. Jako řezná rychlost se bere obvodová rychlost na maximální průměr ostří nástroje a stanovuje se stejným způsobem, jako při soustružení. [2]

2.1.4.4 Hoblování a obrážení

Hoblování je obrábění rovinných ploch jednobřítým nástrojem. Hlavní řezný pohyb je přímočarý a koná jej obrobek. Posuvový pohyb je přerušovaný a probíhá vždy na konci vratného pohybu stolu s upnutým obrobkem. Obrážení se od hoblování liší tím, že hlavní řezný pohyb koná nástroj a posuv obrobek. Při hoblování i obrážení je jeden zdvih pracovní a druhý naprázdno, což snižuje produktivitu obrábění. I když je hoblování rovinných ploch ve stále větší míře nahrazováno produktivnějším frézováním, díky jednoduché kinematice tvaru nástrojů je hoblování a obrážení stále používáno pro opracování úzkých rovinných ploch, tvarových hlubokých drážek, šikmých a tvarových ploch. Uplatnění má spíše v kusové a malosériové výrobě, ve velkosériové a hromadné výrobě je nahrazováno frézováním a protahováním. [2]

2.1.4.5 Protahování

Protahování patří k nejproduktivnějším metodám obrábění. Nachází uplatnění zejména ve velkosériové a hromadné výrobě, kde nahrazuje méně produktivní hoblování, frézování případně vyvrtávání. Podstatou protahování je současný záběr zubů protahovacího trnu vůči obrobku. Počet zubů v současném záběru je závislý na protahované délce a na rozteči zubů protahováku. Každý zub protahováku odebírá materiál o tloušťce s_z , což je hodnota převýšení dvou sousedních zubů na řezné části protahovacího trnu. [2]

2.1.4.6 Broušení

Broušení je v obrábění mnohobřítým nástrojem a patří mezi nejstarší metody obrábění. Podstata broušení je v zásadě shodná s frézováním. Na rozdíl od frézování mají břity (zrna brusiva) nestejnou geometrii a jsou rozmístěny nepravidelně po obvodu brusného kotouče. Zásadní rozdíl mezi broušením a frézováním je ve velikosti odebírané třísky, která při broušení kolísá v rozmezí 0,0001 až 0,002 mm². [2]

2.1.4.7 Honování

Honování je v podstatě metoda broušení malou rychlostí, při které se kvalita obráběného povrchu zlepšuje jemným překreslováním honovacími kameny upevněnými v honovací hlavě. Honují se převážně otvory, je však možno honovat i vnější válcové plochy. Při vnitřním honování koná honovací hlava rotační pohyb a současně, ve směru osy, přímočarý pohyb. Poměr obvodové a posuvové rychlosti kamenů je přitom 3,5:1 až 1,5:1. Kameny honovací hlavy tak vykonávají vratný šroubový pohyb, takže dráhy zrn se křížují. Pro dodržení správného geometrického tvaru, ve směru osy, je důležité, aby byla nastavena správná velikost přeběhu kamenů přes oba okraje otvoru. Malý přeběh způsobuje vznik konvexně deformované válcové

plochy, velký přeběh způsobuje vznik konkávně deformované válcové plochy. Při nestejném přeběhu může vzniknout kuželový otvor. [2]

2.1.4.8 Lapování

Lapování je dokončovací obrábění, jímž je možno dosáhnout nejvyšší přesnosti rozměrů (0,1 až 0,5 mikronu), geometrického tvaru a povrchu s nejnižší drsností ($R_a = 0,01$ až $0,16$ mikronu). Je vhodné pro dokončování rovinných i tvarových ploch, vnějších i vnitřních kuželových a válcových ploch, závitů apod. Na rozdíl od ostatních dokončovacích operací dochází k úběru materiálu převážně účinkem zrn volného brusiva, přiváděného kapalinou nebo měkkou pastou mezi nástroj a obrobek. Zlepšování drsnosti, a do určité míry i geometrického tvaru obrobených ploch, probíhá při odřezání mikro nerovností brousícími zrny, kterými po povrchu obrobku pohybuje lapovací nástroj. Rovněž plastická deformace malých nerovností, k níž dochází tlakem pohybujících se brusných zrn, přispívá ke zlepšení kvality povrchu. [2]

2.1.4.9 Nekonvenční metody obrábění

Uplatňují se zejména při obrábění těžko obrobitelných a tvarově složitých součástek, z nichž některé by nebylo ani možno klasickými metodami vyrobit. Jejich charakteristickým znakem je, že úběr materiálu nezávisí na jeho mechanických vlastnostech. Při odebrání materiálu nepůsobí na obrobek žádná síla a až na výjimky se nemění vlastnosti obrobené plochy, když úběr materiálu za minutu je daleko menší, než se běžně dosahuje různými nástroji, dá se předpokládat, že význam těchto nekonvenčních metod obrábění neustále poroste. [2]

3 Přípravky

3.1 Definice přípravku

Žádný druh výroby, ať jde o výrobu rukodělnou nebo strojní kusovou, sériovou nebo hromadnou, se neobejde bez přípravků.

Přípravek lze definovat jako pomocné zařízení, které slouží k jednoznačnému ustavení a k pevnému uchycení součástí při jejich obrábění, dále může být určeno k vzájemnému přidržení součástí při jejich sestavování v celek nebo k vedení nástroje. Použití i konstrukce přípravků se řídí druhem výroby, tj. kusové nebo sériové.[4]

Obráběný předmět musí být na stroji upnut tak, aby zachovával neustále správnou polohu vzhledem k nástroji, která se nesmí při práci působením rezných sil měnit. Podobně musí být předmět upnut i při ručním obrábění. Nejjednoduššími upínacími pomůckami jsou ruční a strojní svěráky. Avšak nejen při obrábění součástí, ale i při jejich sestavování je často nutno součásti přidržet ve správné vzájemné poloze, než budou definitivně spojeny. Dále je někdy třeba, aby přípravek vedl nástroj, pokud vedení není součástí obráběcího stroje.[5]

3.2 Při konstruování upínacích přípravků se musíme řídit těmito zásadami:

- a) Před navržením přípravku se musí přesně vyjasnit celý pracovní postup vyráběné součásti. Zvláště důležité je, aby se při prvním obrábění získala základní plocha nebo díra, která bude výchozí při dalších operacích
- b) Pro menší série je výhodné uspořádat operace tak, aby se dalo použít jednoho upínacího přípravku pro několik operací
- c) Obráběcí plocha musí ležet co nejbližší k upínací ploše obráběcího stroje, aby byla zaručena stabilita upínacího přípravku
- d) Přípravek musí být tuhý, aby se nedeformoval působením rezných a upínacích sil
- e) Poloha předmětů v přípravku má být zajištěna pevnými dorazy
- f) Výslednice pracovních sil má působit, pokud možno proti pevným dorazovým plochám
- g) Obsluha má být jednoduchá a pohodlná. Ovládací prvky (páky, rukojeti, ruční kola, matice apod.) musí být dobře dostupné. Jejich počet by měl být co možná nejmenší. Mezi upínací a ovládací prvky se vkládají převody (šrouby, klíny, výstředníky apod.), aby upínání nevyžadovalo velkou tělesnou námahu. Při upínání a uvolňování se nesmí používat kladiva, neboť se tím přípravek značně poškozuje. Smysl pohybu příslušných upínacích prvků má být jednotný (ve smyslu pohybu hodinových ručiček). Poloha obsluhovacích prvků nesmí při práci překážet nástroji nebo odcházejícím třískám. Upínání i uvolňování musí být provedeno ve velmi krátkém čase
- h) Má-li se přípravek při práci přemísťovat a snímat ze stroje, nesmí mít větší hmotnost než 20 kg. Pro snazší přemísťování se přípravky opatřují rukojetmi, uchy, oky apod.
- i) Je třeba pamatovat na odtok chladicí kapaliny (řezné kapaliny) a na odvod třísek. Zvláště je potřeba snadno očistit od třísek dosedací plochy
- j) Plochy, které jsou vystaveny opotřebení, musí být tvrdé, případně vyměnitelné
- k) Přípravky, které se upínají přímo na vřeteno stroje, musí být vyvážené, aby nepůsobovaly nepřípustné chvění vřetena, a tím i nepřesnost výroby a menší

trvanlivost stroje. Musí být lehké, aby neztěžovaly moment setrvačnosti vřetene, a tím neztěžovaly rozbíhání a brzdění. Tento požadavek je důležitý především u rychloběžných strojů

- l) Všechny ostré hrany, které mohou přijít do styku s lidskou rukou, musí být zaobleny, aby se dělník nezranil
- m) Vkládací prostor pro obrobek musí být upraven tak, aby se ruční manipulace konala z dostatečné vzdálenosti od nebezpečných částí stroje, nástrojů a apod.
- n) Při konstrukci je vhodné co nejvíce používat normalizovaných součástí.
- o) Nejdříve je nutno se přesvědčit, zda by se pro daný případ nemohlo použít přípravku již hotového, popřípadě upraveného. Proto je důležitá přehledná evidence všech již vyrobených upínacích pomůcek
- p) Je vhodné řešit přípravek stavebnicově
- q) Konstrukce přípravku nesmí připustit obrácené vložení předmětu.[4]

3.3 Rozdělení přípravků

Přípravky se rozdělují do několika skupin podle různých hledisek.

3.3.1 Podle rozsahu použitelnosti:

- a) **Univerzální přípravky** vhodné pro upínání několika druhů obrobků téhož typu, avšak různých velikostí a tvarů. Některé z nich vyžadují pro každý druh obrobku speciální doplněk (strojní svěrák doplněný o speciální čelisti apod.)
- b) **Skupinové přípravky**, u nichž je buď celý přípravek, nebo jeho část společná pro celou skupinu obrobků. Skupinové přípravky se skládají ze stálých a vyměnitelných nebo seřiditelných součástí. **Stálé jsou:** těleso přípravku, upínací mechanismus a jeho silová jednotka apod.; **vyměnitelné nebo seřiditelné** jsou ustavovací a vodící elementy přípravku, někdy i upínací elementy. Vyměnitelné součásti nebo jejich skupiny se řeší podle zvláštností tvaru každé součásti skupiny a vyměňují se při přechodu z obrábění dávky součástí jednoho druhu, na obrábění součástí jiných druhů
- c) **Stavebnicové přípravky**, které se sestavují z typizovaných dílů v určitý přípravek
- d) **Speciální přípravky** k upínání jednoho obrobku podle určité operace. Je to jednoúčelové upínací zařízení, v němž lze obrobek mnohem lépe upnout než v univerzálním přípravku[4]

3.3.2 Podle operačního určení:

- a) **Obráběcí přípravky** k upnutí obrobku v určité poloze vzhledem k nástroji. Je-li nutno zároveň nástroje vést, bývá jejich vedení vytvořeno jako součást přípravku
- b) **Montážní přípravky** k přidržení součástí při jejich vzájemném rozebíratelném i nerozebíratelném spojování. Do této skupiny lze zařadit i svařovací přípravky
- c) **Kontrolní přípravky**, kterých se využívá k překontrolování správnosti rozměrů, popř. geometrických tvarů
- d) **Rýsovací přípravky** k rýsování součástí před obráběním
- e) **Ostatní pomocná a dílenská zařízení.** Sem řadíme pomůcky, které zlepšují pracovní možnosti stroje (např. mnoho vřetenové vrtací hlavy), a pomůcky, které jsou určeny k obrábění ploch speciálních tvarů a dají se obrábět na normálních obráběcích strojích jen s přidavným zařízením (např. zařízení k soustružení eliptických ploch, k řezání závitů s proměnným stoupáním apod.). Řadíme sem i pomocná nakládací zařízení, která umožňují vkládání těžších součástí do stroje i jejich vyjímání.[4]

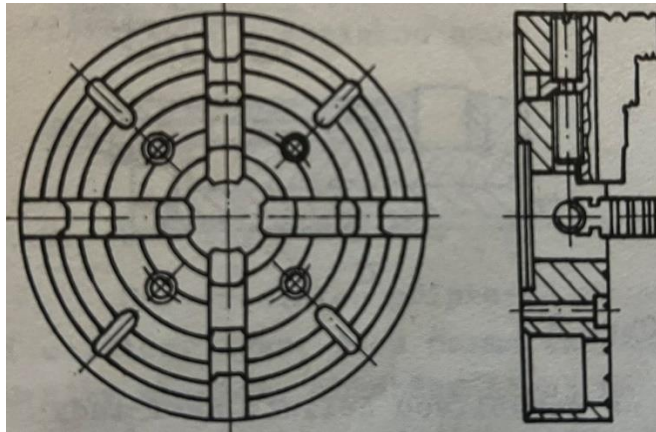
3.3.3 Podle zdrojů upínací síly

- a) **Přípravky s ručním upínáním** vyvozují upínací sílu ručně a na upínací prvek působí přes mechanický převod
- b) **Přípravky s mechanickým upínáním** (vzduchovým, olejovým, elektromechanickým, magnetickým nebo kombinovaným z několika těchto mechanických upínání). Společným znakem všech těchto přípravků je snížená námaha, zkrácení neproduktivních časů a zvýšení stupně automatizace výroby. Tato zařízení jsou určena pro větší upínací síly.[4]

3.4 Přípravky pro obrábění

3.4.1 Soustružnické přípravky

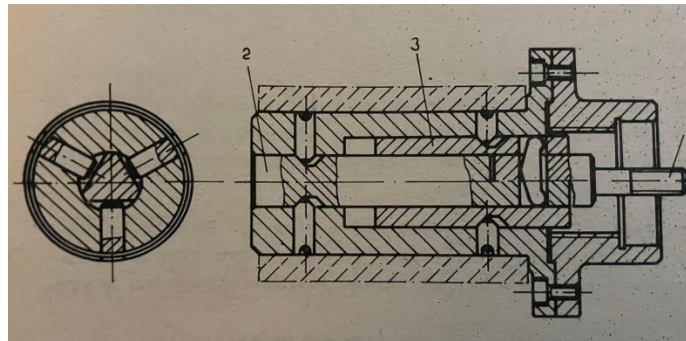
Jsou určeny k upínání součástí na soustruzích a na podobných strojích při sériové a hromadné výrobě. Patří sem všechny pevné a rozpínací trny, kleštiny, trny s upínacími kameny, trny a pouzdra s plastickou látkou apod. [4]



Obr. 4 Univerzální sklíčidlo [4]

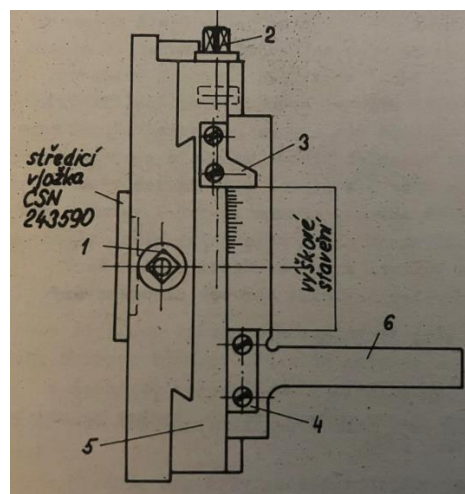
Při navrhování přípravku je důležité znát velikost upínacích sil. Upínáme-li předmět na kterémkoliv soustruhu, jde většinou o upnutí za vnější, nebo za vnitřní povrch. Při upínání za vnější povrch ve sklíčidle závisí upínací síla na poměru upínacího průměru k délce, odpovídající vzdálenosti rezného nástroje od konce upnutého předmětu. Zároveň závisí velikost potřebné upínací síly i na průměru, za který upínáme k obráběnému průměru. [5]

K upínání dutých těles se většinou používá přípravků s klíny. Jednoduchý přípravek k upínání dlouhých dutých těles je znázorněn na obr.5, kde je vyobrazený soustružnický upínací přípravek určený k upínání dutých těles. Tah tyče 1 vyvozený buď strojně, nebo ručně, přenáší se vahadlem stejně na vnitřní smykadlo 2, i na vnější smykadlo 3. Axiálním pohybem těchto smykadel vlevo, se vytlačují působením klínových styčných ploch kameny a zatlačují se do vnitřního povrchu předmětu. [5]



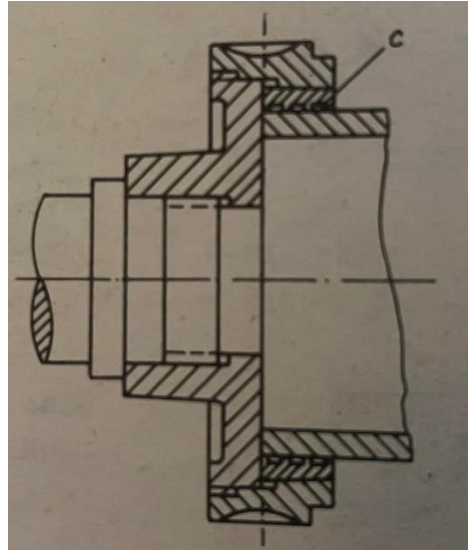
Obr. 5 Soustružnický upínací přípravek určený k upínání dutých těles [5]

Typickým představitelem přípravků pro soustružení nerotačních obrobků je upínací stavitelný úhelník na obr.6, kde 1 - je šroub k výškovému nastavení, 2 - šroub k příčnému nastavení, 3 a 4 – narážky pro koncové měřky, 5 – podélné saně, 6 – příčné saně (úhelník). Práce při ustavení obrobku je obdobná jako u křížového stolu. [5]



Obr. 6 Upínací stavitelný úhelník [5]

K upínání tenkostěnných obrobků se místo běžných tříčelist'ových nebo čtyřčelist'ových sklíčidel (k zamezení deformace obrobku), používá upínacích přípravků, které obepínají a svírají obrobek rovnoměrně na celém obvodu. Přípravky tohoto druhu jsou založeny na principu kleštin nebo upínacích trnů. Nejjednodušší uspořádání je na obr.7. Je vhodné pouze pro menší průměry, neboť při větších průměrech vzniká při utahování, vzhledem k velkým poloměrům třecích ploch, značný třecí moment. Rozpínací kroužek c je vzhledem k velkému průměru a malé tloušťce dostatečně poddajný, je-li jen v jednom místě rozříznut.[5]

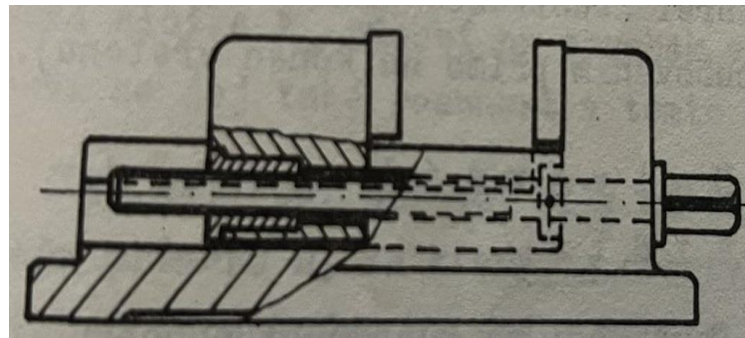


Obr. 7 Soustružnický přípravek pro upínání tenkostěnných prvků [4]

3.4.2 Frézovací přípravky

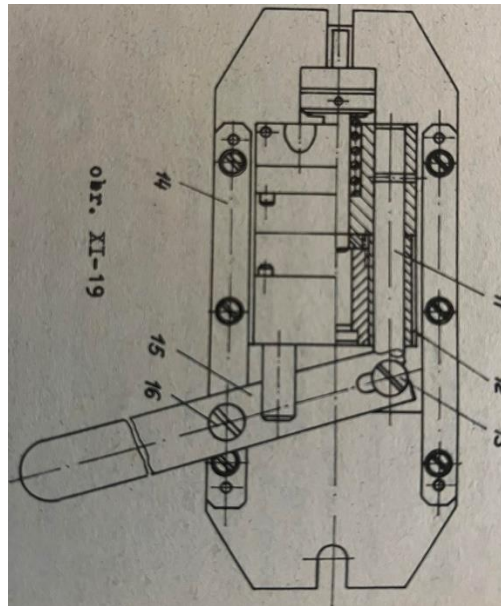
Při frézování působí značné řezné síly, které se snaží vychýlit obrobek ze správné polohy, v níž je ustaven. Velikost těchto sil, jimiž působí na obrobek každý zub frézy, je proměnná. Proto zvláště frézovací přípravky musí být dostatečně tuhé, aby byla zajištěna přesnost výroby. [4]

Vzhledem k mnoha velmi rozličným druhům frézování i nástrojů samých, k složitému stanovení velikostí i směru řezných sil, musí se zvolit pro výpočet potřebné upínací síly velmi zjednodušené vztahy, užívající různých opravných součinitelů získaných zkouškami. [4]

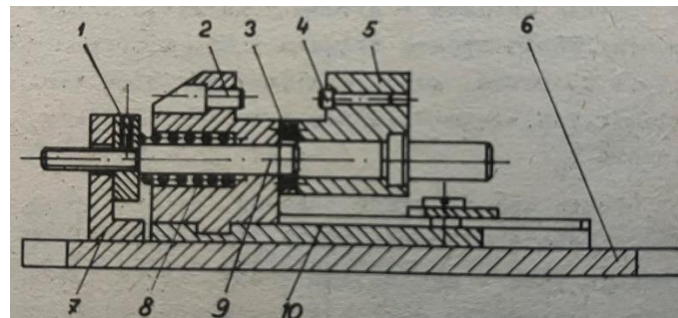


Obr. 8 Strojní šroubový svěrák [4]

Frézovací přípravky se připevňují ke stolu stroje šrouby a ustavují středícími kameny. Podle počtu současně upínaných obrobků, se frézovací přípravky rozdělují na **jednomístné** a **několikamístné**. Jednomístné frézovací přípravky se používají při velkých obrocích, při menších obrocích se používají jen u kusové a malosériové výroby. Několikamístné přípravky se dále rozdělují podle způsobu frézování na tři druhy, a to pro postupné frézování, pro současné frézování a pro současné a postupné frézování.



Obr. 9 Samoupínací pákový svěrák [5]



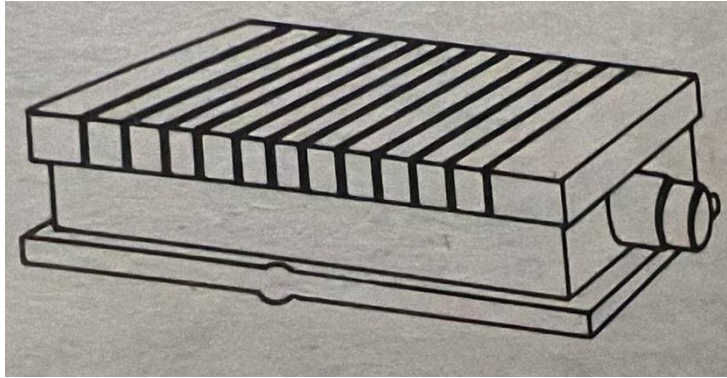
Obr. 10 Řez samoupínacím pákovým svěrákem[5]

U postupného frézování jsou součástky upnuty v přípravku za sebou ve směru posuvu a obrábějí se jedna za druhou. Při současném frézování jsou součástky v řadě ve směru kolmém ke směru posuvu. V současném a postupném frézování se spojují výhody obou předcházejících způsobů. Pro tento způsob frézování jsou součástky upnuty v přípravku v několika řadách. V každé řadě jsou součástky položeny kolmo k posuvu a vlastní řady jsou ve směru posuvu.[5]

3.4.3 Vrtací přípravky

Vrtacích přípravků se používá tam, kde se má vrtat, nebo vrtat a vyhrubovat, popřípadě vrtat, vyhrubovat a vystružit jedna nebo více děr, jejichž vzájemná poloha a umístění na obrobku se má dodržet s určitou přesností. Při tom se může obrábět jedna díra po druhé, nebo použije-li se mnoho vřetenových hlav, všechny najednou. [4]

Při vrtání musí být obrobek upnut tak, aby byly vhodným způsobem zachyceny řezné síly na něj působící. Mají-li se zachytit velké řezné síly a točivé momenty, je přípravek s obrobkem upevněn na stole obráběcího stroje. Mají-li se zachytit malé řezné síly a momenty, opírá se v této poloze přípravek s obrobkem o opěrné dorazy na stole vrtačky tak, aby byl zachycen kroučící moment. Dělník ho v této poloze přidržuje rukou. [4]



Obr. 11 Magnetický upínač [4]

3.4.4 Vyvrtávací přípravky

U rozměrově velkých obrobků nebo u obrobků s více stěnami (skříně), kde je několik děr na jedné ose, obrábíme díry vyvrtáváním. Nástrojem je soustružnický nůž připevněný ve vyvrtávací tyči. Obráběcím strojem je vodorovná vyvrtávačka nebo otočná vrtačka. Obrobek je upnut buď přímo na stole stroje, pak můžeme vyvrtat tyčí podepřenou a vedenou pouzdrům v konzole, nebo při malém vyložení tyče, a hlavně u neprůchozích otvorů tyčí uchyceno letmo. [4]

Je-li obrobek upnut ve vyvrtávacím přípravku, pak vyvrtávací tyč je s náhonem (vřeteníkem) spojena kloubovou spojkou. Spojka bývá spojena s vyvrtávací tyčí pomocí bajonetového uzávěru, aby se dala pohotově spojit a odpojit od vřetene. [4]

3.4.5 Přípravky k automatickým linkám

Jedním ze způsobů zvýšení produktivity současné výroby je komplexní automatizace, která je v současné strojírenské výrobě charakterizována širokým využitím automatických výrobních linek. [4]

Výrobní linky pro obrábění jsou sestavovány z obráběcích strojů propojených vhodným zařízením k dopravě obrobků. Současně jsou zabezpečeny všechny funkční vztahy pro práci v automatickém cyklu. Instalované obráběcí stroje bývají často stavebnicové konstrukce. [4]

Automatické výrobní linky jsou obvykle rozdělovány podle ustavení a upnutí obrobku do dvou skupin.

- a) **Linky bez upínací desky.** Jsou výhodné vždy tam, kde tvar obrobku umožňuje jeho přepravu mezi jednotlivými pracovními místy, a zároveň zajišťuje možnost dokonalého ustavení a upnutí v pracovním prostoru. (Přípravek stacionární)
 - b) **Linky s upínací deskou.** Nedílnou součástí upínací desky je přípravek pro ustavení a upnutí obrobku. (Pohyblivý přípravek)
- [4]

3.4.6 Přípravky k NC strojům

Současně se zavedením NC obráběcích strojů vyvstala otázka zhuštění výroby při malých a středních počtech výrobků. Protože hlavní časy se na NC strojích snížily jen velmi málo, zaměřila se pozornost na snižování vedlejších časů, tj. na čas potřebný k nastavení programu, výměně nástrojů a upnutí obrobku. [4]

3.4.6.1 Upínání obrobků na NC soustružnických strojích

Při rotaci obrobku je mimo běžné požadavky pro upínání třeba respektovat působení odstředivé síly při vysokých otáčkách vřetena a přenášení kroutícího momentu na obrobek. Vzhledem k tomu, že na NC strojích jde o zpracování menších sérií, je kladen důraz na rychlé přestavení upínacích zařízení v důsledku odlišných rozměrů obrobku. Zatímco na konvenčních strojích se hrubuje a dokončuje obrábění na dvou strojích, u NC strojů se celé obrábění provádí na jedno upnutí. [4]

Při upínání rotačních dílů se téměř výhradně používají tříčelist'ová sklíčidla, přizpůsobená pro vysoké otáčky vřetene segmentovým vybráním mezi čelistmi, pro snížení momentu setrvačnosti. Ovládání sklíčidel je na konci vřetene a pracuje na principu hydraulickém, pneumatickém nebo elektrickém. [4]

3.4.6.2 Upínání součástí na vrtací, vyvrtávací a frézovací NC stroje

Při zavádění NC strojů do výroby se jako jedna z jejich předností uvádí, že nevyžadují zvláštní upínací prvky, jako jsou upínky, dorazy, podložky, upínací úhelníky, stavěcí podpěry, stojánky, podpěrky pod upínky apod. Většinou jde o prvky normalizované, vyráběné v několika velikostech, které bývají běžně zahrnuty do vybavení obráběcího stroje nebo jsou sestaveny do upínacích souborů, jež jsou určeny speciálně pro NC stroje.[4]

Přesto snaha zkrátit vedlejší časy při upínání obrobků vedla, k vývoji dalších upínacích prvků, pokud možno univerzálních, jako např. upínacích palet, nebo celých upínacích soustav, které představují vhodně zvolený soubor jednoduchých upínacích prvků [4]

4 Upínač HSK63

4.1 HSK upínací systém

HSK je akronym z němčiny "hollow taper shank" a znamená, že upínací systém se skládá z kužele s úhlem 1/10, který má uprostřed díru. Tato díra slouží jako vnitřní přívod chladicí kapaliny pro nástroj. Kužel je zakončen drážkou se zaoblenými hranami. Drážka slouží jako element pro správné ustavení nástroje. Přesný kužel zaručuje to, aby bylo spojení stroj-nástroj přesné a tuhé, i při opakované výměně nástroje. Systém HSK se vyrábí v několika různých verzích označených A až F.

Type	Application	Tapered Tool (Tool)	Tapered Hole (Spindle)
A Type	Automatic tool change (ATC), center coolant (mainly milling tools)	<input type="checkbox"/>	
B Type	Automatic tool change (ATC), angular flow coolant (mainly turning tools)	<input type="checkbox"/>	
C Type	Manual tool change, center coolant (mainly milling tools)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D Type	Manual tool change, angular flow coolant (mainly turning tools)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obr. 12 Přehled typů upínání HSK [6]

HSK systém upínačů má šest typů držáků (A, B, C, D, E, F), které se vyrábí v devíti velikostech (25, 32, 40, 50, 63, 80, 125, 160). Uživatel má tak možnost si vybrat vhodný držák, který bude splňovat jeho požadavky pro určitou aplikaci.

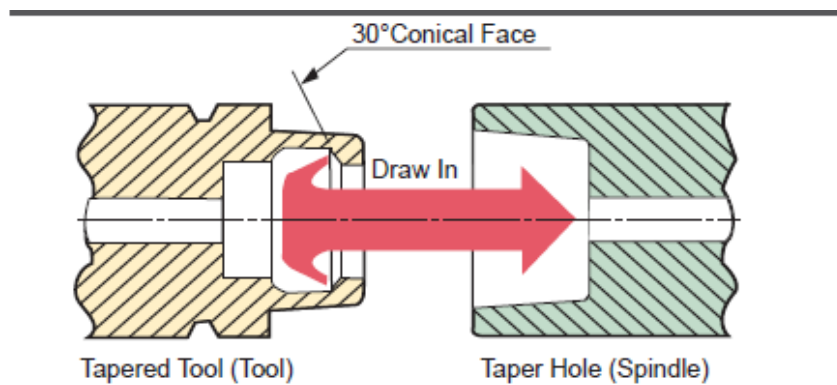
Typy HSK-A a C jsou určeny pro přenos malého kroutícího momentu a pro střední až vysoké otáčky vřetene, typ A je pro automatickou výměnu nástroje, typ C pro ruční výměnu nástroje, chlazení u těchto typů upínačů je řešeno středem držáků.

Typy HSK-B a D jsou určeny pro přenos velkého kroutícího momentu a pro střední až vysoké otáčky vřetene, typ B je pro automatickou výměnu nástroje, typ D pro ruční výměnu nástroje, chlazení u těchto typů upínačů je realizováno přes přírubu držáků.

Typy E a F jsou určeny pro přenos malých kroutících momentů a pro velmi vysoké otáčky vřetene tzv. HSC obrábění (High Speed Cutting), oba typy jsou určeny pro automatickou výměnu nástroje a chlazení je řešeno přes střed držáku.

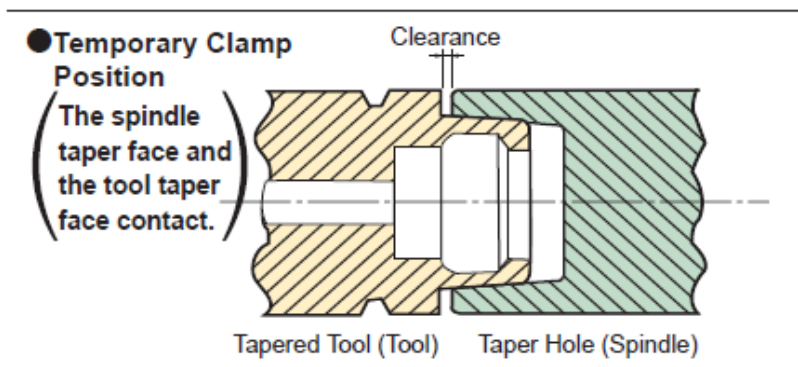
Výhodou HSK upínače oproti ISO držáku je axiální přesnost a velká tuhost upnutí, dále také rychlejší čas pro automatickou výměnu nástroje z důvodu lehčí konstrukce HSK upínače. Další z výhod je to, že můžeme tyto držáky použít pro HSC obrábění, což ISO držáky nesplňují.

Nevýhodou tohoto upínacího systému je vysoká pořizovací cena, vzhledem k náročné výrobě a vyšším nárokům na upínače. Pokud chceme využít dané hodnoty upínačů pro použití, musíme udržovat upínače a vřeteno stroje v čistotě. Docílíme tak stále stejného upnutí při každém přeupnutí a také lepší životnost upínače. Držáky pro HSC je třeba dobře vyvážit, aby při vysokých otáčkách nevznikaly vibrace nástroje a tím horší povrch obrobenej plochy, než předpokládáme.[7]



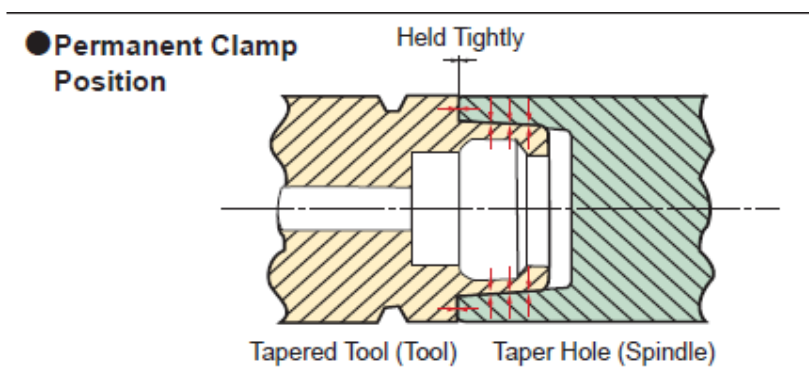
Obr. 13 Popis funkce HSK pozice před ustavením [6]

Držák osazený nástrojem se vloží do vřeteníku na obráběcím stroji obr.13. Poté co je držák zasunut do vřeteníku, se uzavře táhlo. Při utahování táhla dochází vlivem tlaku k vtažení nástroje do vřeteníku. Během tohoto procesu dochází také v nástrojovém držáku k elastickým deformacím samotného dutého kužele. Tato deformace má za následek pevný a stabilní kontakt s vřetenem, i při vysokých otáčkách, jak je vidět na obr.15.



Obr. 14 Popis funkce HSK pozice před plným ustavením [6]

Kromě toho, když táhlo sevře nástrojový držák, je držák vtahován do vřetená, vytvářející druhý kontaktní povrch mezi lícním prstencem držáku a povrchem vřeteníku. To pomáhá zajistit přesnost polohování a poskytuje další podporu proti radiálním silám během těžšího obrábění.



Obr. 15 Popis funkce HSK pozice plného ustavení [6]

4.2 Současný stav přípravku s upínáním HSK63

4.2.1 Popis přípravku

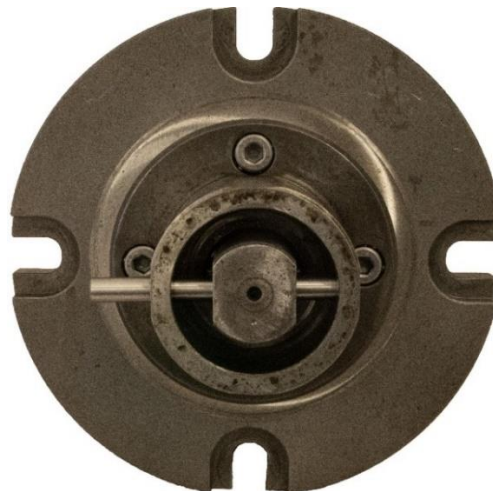
Přípravek slouží k obrábění a výrobě nástrojů vybavených systémem upínání HSK63. Skládá se ze 4 hlavních částí, které jsou základna, vrchní díl s osazením, zatahovací trn a vačka. Obráběný dílec, který má upínání HSK63, se vloží do tohoto přípravku, a prostrčí se jím, a zatahovacím trnem, hladký kolík. Pomocí šroubu spojeného s vačkou se vačkou pootočí a dojde k zatažení zatahovacího trnu, a tím k pevnému ustavení obráběného dílce.



Obr. 16 Současný stav přípravku

Výhodou tohoto provedení je jednoduchost konstrukce a oboustranně situované ovládací prvky. Díky použití kombinace vačky a šroubu, je zajištěna dostatečná síla pro pevné ustavení obráběného dílce.

Nevýhody tohoto provedení tkví v pomalé výměně obráběných dílců, vždy je třeba najít správnou pozici, kdy lze vyndat a zandat kolík skrze otvor v obráběném dílci a zatahovacím trnu. Další problém je v tom, že do přípravku jde obráběný dílec vložit více než jedním způsobem. Nevýhody jsou i v samotném ustavení obráběného dílce v přípravku, kdy nedochází k řádnému vystředění. Obráběný dílec pouze dosedá na čelní ploše. Poslední negativa jsou v místě upínání, protože se jedná o netolerovanou díru může nastat problém s tím, že nebude možné prostrčit kolík skrz obráběný dílec.



Obr. 17 Současný stav přípravku pohled zhora

4.2.2 Účel přípravku

Funkcí tohoto přípravku je jednoznačné ustavení obráběného dílce. Další úloha, kterou musí přípravek naplnit je, že upnutý dílec musí být pevně uchycen tak, aby bylo zabráněno možnosti vytržení, pootočení nebo případnému vychýlení z předem stanovené polohy. V tomto případě jsou využity jako dosedací a středící plochy čelo přípravku a kužel HSK 63, tím je zajištěna poloha obrobku. Dílec musí být zpravidla opatřen upínáním HSK63, kterým disponuje i zmíněný přípravek.



Obr. 18 Současný stav přípravku před upnutím

Tento přípravek se vytváří za účelem zjednodušení upínání obráběných dílců a zrychlení výměny obrobku za neobrobek. Dalším důvodem pro výrobu tohoto přípravku je minimalizace oděrek, škrábanců a jiných optických vad způsobených zbytečnou manipulací a upínáním. Stávající přípravek má navíc další nedostatky, které nejsou hned zjevné. Uchycení obrobku se provádí za pomoci netolerovaného otvoru, který se může kus od kusu značně lišit. Z tohoto důvodu to není příliš vhodné řešení, protože není možné upnout spolehlivě všechny obrobky. Dalším problémem je samotné zakládání dílu do přípravku a jeho zajištění pomocí kolíku. Kolík zde drží pevně, ale dá se do zatahovacího trnu vložit pouze v jednom úzkém místě, a tím prodlužuje a komplikuje výměnu dílů.



Obr. 19 Současný stav přípravku detail na ovládní vačky

4.2.3 Potřebné vlastnosti

Přípravek musí být dostatečně tuhý, aby odolal deformaci působením řezných a upínacích sil. Poloha obrobků v přípravku musí být zajištěna pevnými dorazy. Ideální je, aby směr pracovních sil směřoval proti pevným dorazovým plochám. Dále je potřeba zajistit, aby obrobek šlo vložit pouze jedním způsobem.

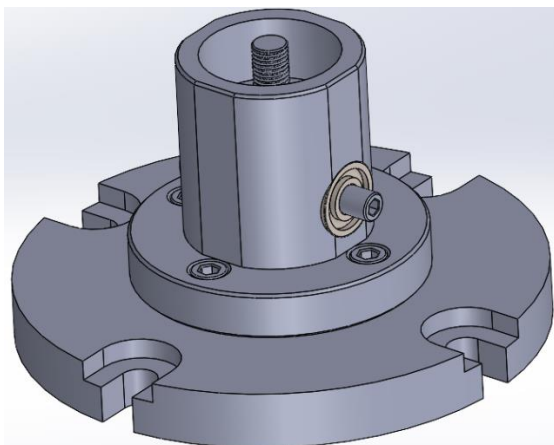
Obsluha musí být jednoduchá a pohodlná, s dobře dostupnými ovládacími prvky, kterých by mělo být co nejméně. Při upínání a uvolňování se nesmí používat kladiva, aby nedošlo k poškození přípravku. Pokud má být přípravek při práci přenášen a odstraňován ze stroje, jeho hmotnost by neměla přesáhnout 20 kg. Je důležité zajistit odvod chladicí kapaliny a třísek a dosedací plochy musí být snadno čistitelné od třísek.

Všechny ostré hrany, které mohou přijít do kontaktu s lidskou rukou, musí být zaobleny, aby se předešlo zranění pracovníků. Vstupní prostor pro obrobek musí být navržen tak, aby bylo možné ruční manipulaci provádět z bezpečné vzdálenosti od nebezpečných částí stroje a nástrojů. Je vhodné v konstrukci co nejvíce využívat standardizovaných součástí a mít přehled o již vyrobených upínacích pomůckách. Konstrukce přípravku by měla být řešena stavebnicově a nesmí umožnit obrácené vložení předmětu.

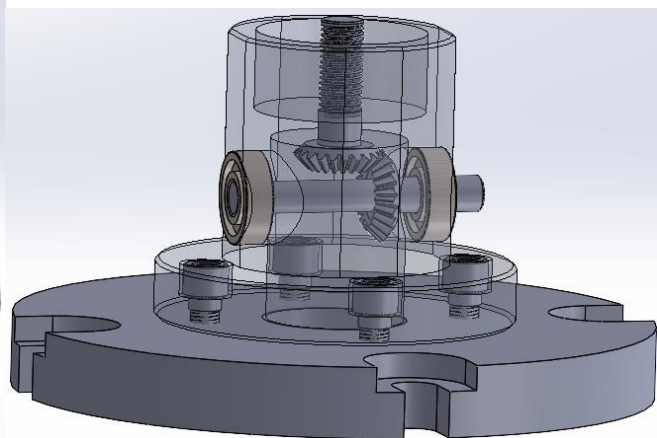
4.3 Návrh inovativního řešení ve variantách

Dle stanovených podmínek byly vypracovány různé verze přípravku.

4.3.1 Návrh inovace – varianta 1



Obr. 20 První varianta přípravku



Obr. 21 První varianta přípravku - řez

První verze inovace upínacího přípravku využívá jednoduchého ozubeného soukolí. Princip funkce je následující, obrobek se vloží do vrchní části přípravku, kde jsou vytvořeny dosedací plochy, které se skládají z kužele 1/10 a čelní plochy. Tím je zajištěna rovinnost a souosost celé soustavy. Následně se za pomoci šestihřanného klíče začne otáčet šroubem. Otáčením tohoto šroubu se dá do pohybu ozubené soukolí, které je napojené na zatahovací šroub. Tento zatahovací šroub se otáčením našroubuje do obrobku, kde je vytvořený zavit, který odpovídá upínacímu systému HSK63. Tento závit slouží pro uchycení čepu, který přivádí chladicí kapalinu skrz obráběcí nástroj. Po zašroubování zatahovacího šroubu do obráběného dílce dojde, k přitažení do přípravku, a tím ho ustaví na správném místě a vystředí.

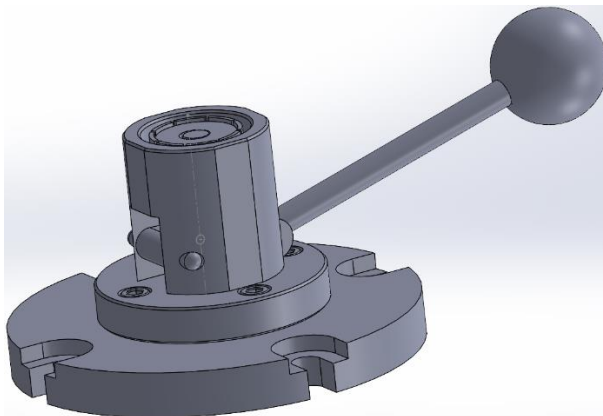
4.3.1.1 Výhody

Výhody toho provedení jsou jednoduchost obsluhy, rychlá výměna obráběných dílců a malý počet jednotlivých dílů, ze kterých je přípravek složen.

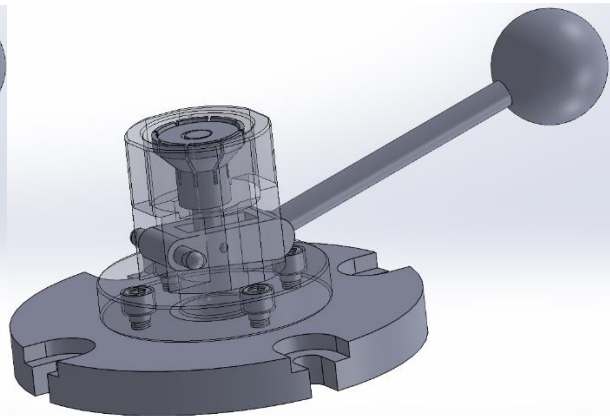
4.3.1.2 Nevýhody

Nevýhody u tohoto provedení tkví v obtížné výrobě vyžadující přesné tolerance pro správné fungování celého přípravku. Další problém se nalézá ve využití ložisek, které by se museli často měnit. Je problematické je utěsnit, aby se do nich nedostávaly nečistoty, které přispívají ke značnému snížení životnosti ložisek. Zatahovací šroub by se musel měnit z důvodu vymačkání závitu, a tím by i hrozilo poškození závitu v obráběném dílci.

4.3.2 Návrh inovace – varianta 2



Obr. 22 Druhá varianta přípravku



Obr. 23 Druhá varianta přípravku - řez

Druhá verze inovace upínacího přípravku je vybavena zatahovacím systémem s rozpínací kleštinou. Obráběný dílec se vloží do vrchní části přípravku a usadí na trn opatřený kleštinou. Po stlačení páky dojde k zatažení trnu, což má za následek roztažení kleštiny uvnitř obráběného dílce. Kleština se uvnitř obráběného dílce opře o vnitřní osazení a zatáhne pak s pohybem páky obráběný dílec dovnitř do přípravku. Po dotažení páky je obráběný dílec opřen o čelo přípravku tím je zaručena rovinnost s pracovním stolem a pomocí rozevřené kleštiny a stěny přípravku, kde je vytvořen kužel 1/10 odpovídající systému HSK63, a tím je zajištěna souosost obráběného dílce.

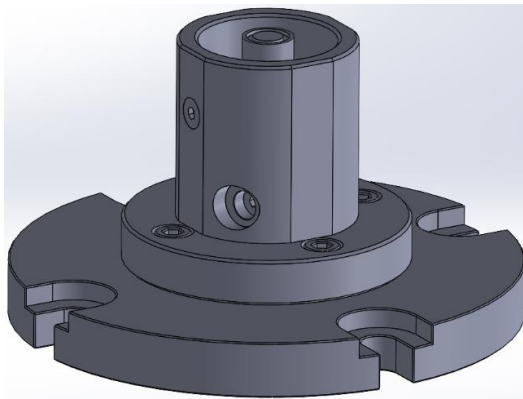
4.3.2.1 Výhody

Výhodou tohoto provedení je velice rychlá výměna obráběných dílců a jednoduchá obsluha. Další výhodou je snadná modifikovatelnost pro automatické ovládání. Místo páky lze namontovat elektrické, pneumatické či hydraulické ovládání.

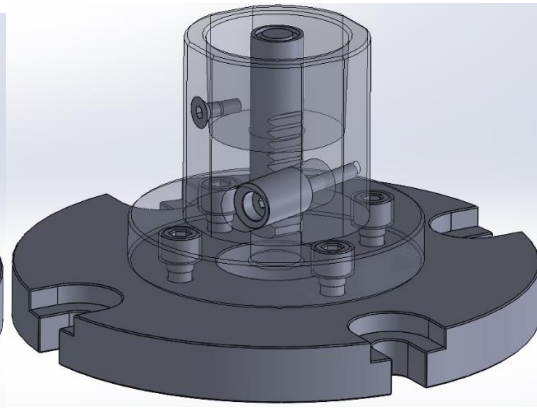
4.3.2.2 Nevýhody

Nevýhody u této verze přípravku jsou v jeho celkové složitosti a náročnosti výroby. Další nevýhody, které by se mohly vyskytnout jsou, že upínání se provádí z části za netolerované rozměry, tudíž upínání nemusí být dostatečně přesné.

4.3.3 Návrh inovace – varianta 3



Obr. 24 Třetí varianta přípravku



Obr. 25 Třetí varianta přípravku - řez

Třetí možnost inovace upínacího přípravku se skládá ze 4 hlavních částí základny, vrchního dílu, trnu a drážkovaného čepu. Do obráběného dílce, ve kterém je ze spodní strany vytvořený závit odpovídající systému HSK63. Do tohoto závitu se našroubuje trn opatřený pravoúhlým vroubkováním. Obráběný dílec opatřený tímto trnem se následně vsune do přípravku. Díky čepu, který je vložený do vrchního dílce kolmo k ose trnu, je zajištěno, že obráběný dílec lze vložit pouze jedním způsobem. Toho je docíleno tím, že upínače vybavené systémem HSK63 mají na spodní straně dvě drážky kolmé k jejich ose. Každá z těchto drážek je jinak hluboká. Tím je docíleno jednoznačného ustavení obráběného dílce. Po vsunutí obráběného dílce opatřeného trnem se za pomoci šroubu, který prochází skrz drážkovaný čep a utahuje se do vrchního dílu, zatáhne přes drážkování směrem dolů. Toho je docíleno za pomoci drážkování a mimoběžností drážkovaného čepu a trnu. Drážkování na čepu a trnu do sebe zapadají a mimoběžným pohybem dochází k zatažení trnu směrem dolů. Po dotažení šroubu dosedá obráběný dílec na čele a vnitřním kuželu k přípravku. Tím je dosaženo rovinnosti vůči pracovnímu stolu a souososti s přípravkem, zároveň i pevného upnutí.

4.3.3.1 Výhody

Výhody této verze jsou malý počet dílů, menší nároky na přesnost výroby. Další výhodou je poměrně rychlá výměna a možnost vytvořit více trnů, které se mohou předem připravit do následujících obráběných dílců. Nízká náchylnosti na znečištění a snadná údržba také patří mezi výhody této verze.

4.3.3.2 Nevýhody

Nevýhodou této verze je náročnost výroby vrchního dílu, který má v sobě mimoběžnou členitou díru, která zasahuje i do středové díry ve vrchním dílu. Také rozsah upínání je u této varianty značně zkrácen, což může vést k nedostatečnému zatažení do přípravku.

4.4 Výběr nejvhodnější možnosti

V této části bude provedeno samotné technické hodnocení jednotlivých výrobních verzí. Úkolem procesního hodnocení je snaha vzájemně porovnat technické a ekonomické parametry.

Ukazatele slouží k popisu jednotlivých procesů tak, aby bylo jasné, podle jakých kritérií je daný proces hodnocen. Každý ukazatel má své jednoznačné jméno a náplň, která je definována jako veličina ukazatele, hodnoty a jednotky. Důležitým bodem je, že každý ukazatel musí mít určitou vypovídací hodnotu. [7]

Prvním krokem je výběr hodnotících kritérií.

4.4.1 Výběr hodnotících ukazatelů

Jako kritérium je možné zvolit takřka jakýkoliv aspekt daného problému. Kritéria neboli ukazatele mohou být z pohledu ekonomického, technického, bezpečnostního nebo designového. V tomto případě byly zvoleny následující ukazatele.

Počet dílu-vyjadřuje množství dílu, ze kterých se přípravek skládá. Tím je dána i celková složitost dané verze přípravku.

Náročnost výroby-udává, jak náročné bude vytvořit daný přípravek. Toto kritérium se odvíjí od složitosti jednotlivých dílů tvořící celý přípravek.

Rychlost výměny-udává množství času nutného k výměně hotového dílce za neobrobený. Tento ukazatel ovlivňuje produktivitu a výrobní časy přípravku.

Ovládání-je kritérium určující, jak dobře jsou navrženy ovládací prvky, a jak náročné je pro obsluhu přípravek ovládat. Další ovlivněná oblast je výrobní čas. Toto kritérium má vliv i na předešlou rychlost výměny.

Možnost automatizace-vypovídá o tom, jak snadno by bylo možné daný přípravek plně automatizovat. Tento aspekt může být důležitý v případě přechodu z malosériové a kusové výroby na velkosériovou. Díky automatizaci by se pak značně zkrátily časy pro výměnu obráběných dílců.

Odolnost-schopnost a vlastnost hmoty odolávat vnějším vlivům a účinkům prostředí, také je to údaj, který vypovídá o celkové tuhosti přípravku.

Údržba-udává informaci o náročnosti a nutnosti přípravek servisovat a čistit. Toto kritérium souvisí i s odolností přípravku v případě, pokud by se obtížně přípravek čistil, mohlo by to snižovat jeho celkovou odolnost a životnost.

4.4.2 Technické hodnocení jednotlivých verzí

Tab. 1 Hodnocení přípravků

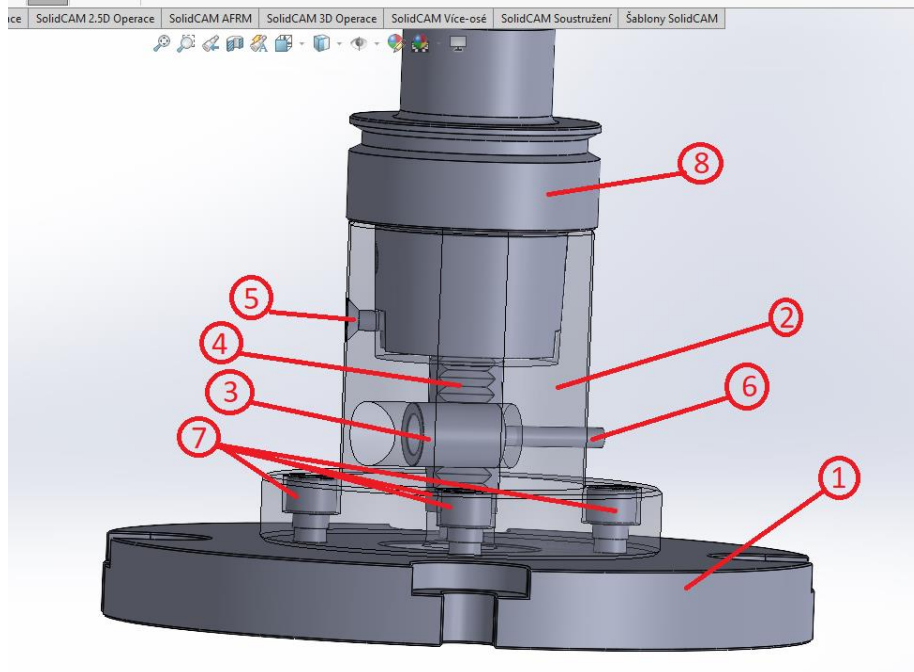
Faktory	Počet dílů	Náročnost výroby	Rychlost výměny	Ovládání	Možnost automatizace	Odolnost	Údržba	Hodnocení
1.Verze	5	3	1	3	1	3	3	19
2.Verze	1	1	5	5	3	1	1	17
3.Verze	5	5	3	3	1	5	3	25

Jednotlivá kritéria jsou ohodnocena množstvím bodů od 1 do 5, kdy 1 znamená nejmenší známku a 5 nejvyšší.

Z hodnot vycházejících z tabulky 1. je jasné, že nejvhodnější verzí inovace přípravku je verze 3. Je tomu tak z důvodu malého počtu dílů, nízké náročnosti na výrobu a vysoké odolnosti, i přestože si v některých kritériích nevedl nejlépe např. špatné možnosti automatizace. Dalším krokem je návrh výroby zvolené verze přípravku.

5 Návrh výroby nejvhodnější verze

Z předchozí kapitoly vyplývá, že nejvhodnější variantou je verze 3. Z tohoto důvodu se dále budeme zabývat návrhem výrobní technologie pouze pro tuto variantu.



Obr. 26 Třetí varianta přípravku - popis

- | | |
|-------------------|---|
| 1- Základna | 5- Čep |
| 2- Vrchní díl | 6- Ovládací šroub |
| 3- Drážkovaný čep | 7- Šrouby pro upevnění vrchního dílu k základně |
| 4- Drážkovaný trn | 8- Obráběný dílec |

5.1 Technologičnost konstrukce

Cílem technologičnosti konstrukce je najít a zvolit takové konstrukční řešení, které nám zaručí co nejlevnější výrobu při splnění všech požadovaných funkcí. Všechny tyto parametry a funkce musíme volit s ohledem na výrobní možnosti podniku, ve kterém je součást vyráběná. Musí se vzít v potaz dostupné stroje, technologie a také objemovou náročnost výroby, zda-li se bude jednat spíše o sériovou anebo kusovou výrobu. [8]

5.1.1 Optimalizace technologičnosti konstrukce obráběného dílce

Optimalizační kroky mají za cíl zjednodušit a zlevnit výrobní procesy součástí. Tohoto cíle se dá dosáhnout různými způsoby. Jedná se o úpravu velikostí obráběných prvků, změnu jednotlivých prvků nebo celkovou změnu tvaru vyráběného dílce.

5.1.2 Zásady technologičnosti konstrukce z hlediska aditivní výroby

Aditivní výroba je metoda výroby, kde jsou vrstvy materiálu postupně nanášeny, aby vytvořily pevný objekt. [9]

V oblasti aditivních technologií jsou téměř všechny procesní parametry nastaveny výrobcem stroje. Výška vrstvy používaná v kovovém 3D tisku se pohybuje mezi 20 až 50 mikrometry a závisí na vlastnostech kovového prášku (tekutost, distribuce velikosti částic, tvar a další).[9]

Geometrická přesnost je spojena s úrovní detailu, kterého může každý proces dosáhnout a kvalitou stavby každé 3D tiskárny. Procesy, které nabízejí vyšší přesnost, obvykle dokážou vytvářet díly s jemnějšími detaily. Průmyslové stroje mají vyšší přesnost a opakovatelnost než stolní tiskárny. Výška vrstvy ovlivňuje geometrickou přesnost. [10]

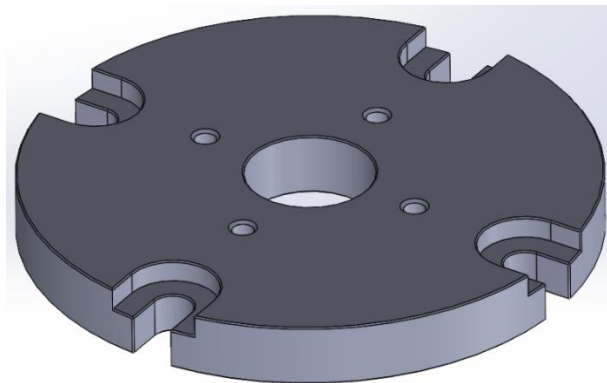
Pokud navrhujete prototypovou část, která bude v kontaktu s jinými komponenty, je důležité definovat potřebné tolerance. Výběr procesu s vyšší dimenzionální přesností může zvýšit vaše náklady, ale můžete také dokončit prvky s kritickými rozměry, nebo malé detaily po 3D tisku (například vyvrtáním děr nebo závitováním). [10]

Velikost pracovního prostoru určuje maximální rozměry dílu, který může 3D tiskárna vyrobit. Pro komponenty, které přesahují typickou velikost pracovního prostoru, zvažte přechod na alternativní technologii nebo rozdělení dílu do více komponent, které lze později sestavit. [10]

Podpůrné struktury určují úroveň designové svobody a ovlivňují množství očekávaného post-processingu.[10]

5.1.2.1 Zhodnocení technologičnosti základny

Základna slouží k upevnění přípravku k pracovní ploše obráběcího stroje. K tomuto účelu byla namodelována 4 záchytná vybrání pro šrouby. Tato vybrání mají definovanou pozici na základně, tak aby vyhovovala standartním T drážkám, které jsou běžně k nalezení na pracovních stolech obráběcích strojů. Pro správnou funkci základny musí tento díl splňovat následující podmínky.

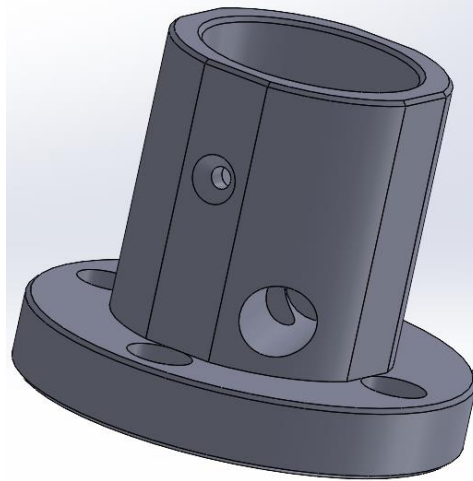


Obr. 27 Základna

Rovnoběžnost horní a dolní plochy. Rozměrové tolerance jsou voleny především do plusových hodnot. Díry sloužící k upevnění vrchního dílu přípravku musí být správně pozicovány tak, aby bylo možné vrchní díl snadno připevnit za pomoci šroubů. Stejně tak musí být vyfrézována vybrání určena pro hlavy šroubu, které budou držet samotný přípravek na pracovním stole obráběcího stroje. Pozice děr a vybrání na šrouby musí být vztaženy ke středové díře, která bude sloužit jako odtokový kanál pro chladící kapalinu.

5.1.2.2 *Zhodnocení technologičnosti vrchního dílu*

Vrchní díl je nejpodstatnější součást z celého přípravku. Slouží jako schránka pro všechny elementy potřebné pro správné fungování přípravku. Je zde uložen drážkovaný trn i drážkovaný čep. Dalším úkolem tohoto dílu je správné ustavení obráběného dílce, pro tento úkol je tento díl ošetřen následujícím způsobem.

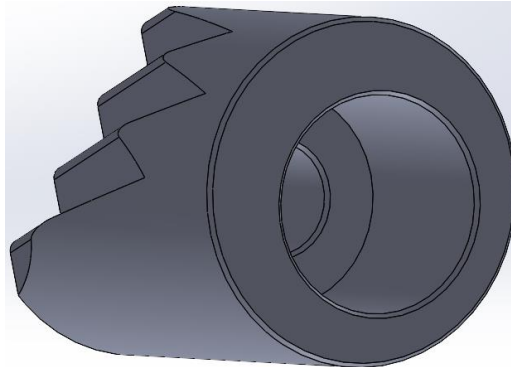


Obr. 28 Vrchní díl

Vnější tvar vrchního dílu se vytvoří pomocí soustružení a boční drážkování se dodělá pomocí frézování. Dosedací plochy na čele a vnitřní kužel budou nahrubo osoustruženy s přídatkem a následně broušeny pro lepší dosednutí obráběného dílce. Současně musí být čelní plocha rovnoběžná se spodní plochou, která slouží jako základna. Stejně tak osa kužele musí být kolmá k základně tohoto dílu. Díry pro upevnění k základně musí mít správnou rozteč, aby bylo možné tyto díly spojit. Poté je nutné těmto dířům vyfrézovat zhloubení pro hlavy šroubů. Středová díra musí být tolerována a vyrobena tak, aby zamezila nežádoucímu pohybu drážkovaného trnu. Mimoběžná díra sloužící jako vedení drážkovaného čepu, musí být vyfrézována tak, aby její osa byla rovnoběžná se základnou vrchního dílu. Souose s touto dírou se z druhé strany vyvrtá díra, do které se poté vyřízne závit, aby bylo možné přitáhnout drážkovaný čep. Poslední prvek, který je třeba na tomto díle vytvořit je díra se závitěm procházející kuželem. Tato díra slouží pro vložení čepu, který má za úkol zajistit, aby bylo možné vložit obráběný dílec pouze jedním možným způsobem.

5.1.2.3 Zhodnocení technologičnosti drážkovaného čepu

Drážkovaný čep má za úkol zajisti a zatáhnout drážkovaný trn uvnitř přípravku. Tohoto úkolu dosáhne pomocí pravoúhlého drážkování, které je na něm vytvořené. Čep je uložen ve vrchním dílu v mimoběžné drážce, kde se může za pomoci šroubu osově posouvat.



Obr. 29 Drážkovaný čep

Vnější tvar drážkovaného čepu vznikne za pomoci soustružení. Vnější rozměr musí být tolerovaný, aby šel vložit těsně do vyfrézované díry ve vrchním dílu. Díra na čele čepu je vyvrtána excentricky a je na ní vytvořeno zahloubení. Zahloubení musí být souosé s excentricky uloženou dírou. Díra se udělá odlehčená pro snadné prostrčení šroubu. Pravoúhlé drážkování se nakonec udělá za pomoci frézování.

Současně existuje i další způsob výroby za pomoci aditivních technologií. Tento díl je možné tisknout ve svislé pozici, kdy bude odstraněna většina nežádoucích vlivů na tisk. Tento díl by pak bylo nutné ještě opracovat z vnějšku, aby mohl být používán.

5.1.2.4 Zhodnocení technologičnosti drážkovaného trnu

Drážkovaný trn slouží jako vedení obráběného dílce v přípravku. Drážky čepu a trnu do sebe dosedají. Po přitažení drážkovaného čepu dojde ke vtažení drážkovaného trnu do přípravku.



Obr. 30 Drážkovaný trn

Vnější tvar drážkovaného trnu je vytvořen za pomoci soustružení. Vnější tvar musí být správně válcovitý a tolerovaný tak, aby jej šlo těsně vložit do osové díry ve vrchním dílu. Jemný zavit na konci trnu bude vytvořen také za pomoci soustružení. Pravoúhlé drážkování bude poté vytvořeno za pomoci frézování.

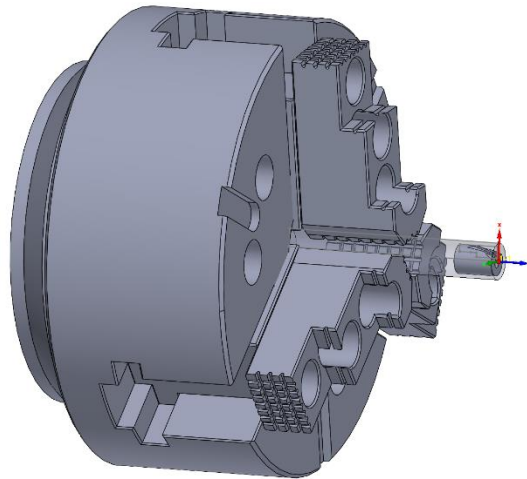
Zároveň existuje druhý způsob, jak by bylo možné tento díl vytvořit za pomoci aditivních technologií. Pokud by se tento díl tisknul, bylo by nutné jej dále opracovávat, aby mohl být hned k použití.

Pro tento typ součástí by bylo mnohem vhodnější zvolit postup pomocí obrábění. Díly vytvořené za pomoci obrábění jsou více homogenní než díly tisknuté. Zároveň tisknuté díly by potřebovaly ještě další opracování po vytisknutí, proto byla zvolena varianta třískového obrábění.

6 Zpracování technologie výroby

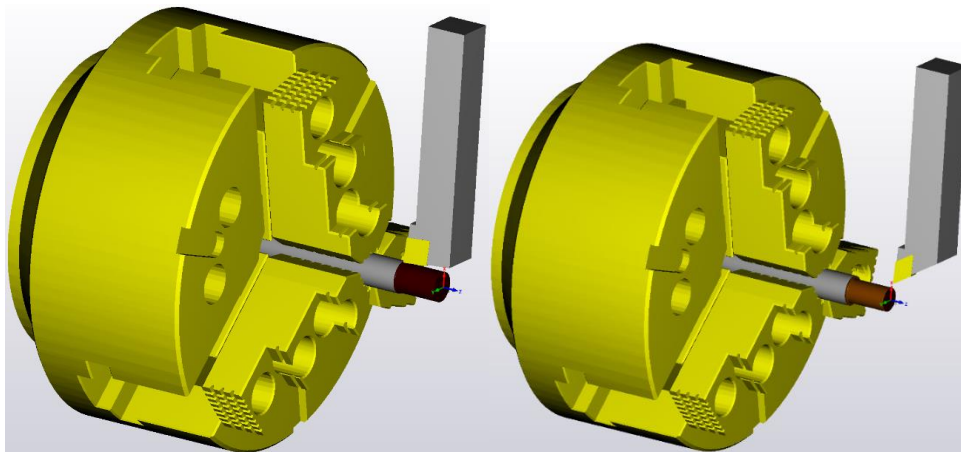
6.1 Drážkovaný čep

Výrobní postupy byly vyhotoveny v programu SolidCAM. Výkresy těchto dílů byly umístěny v příloze. Grafické zpracování bylo vypracováno pouze pro drážkovaný čep.



Obr. 31 Upnutí polotovaru

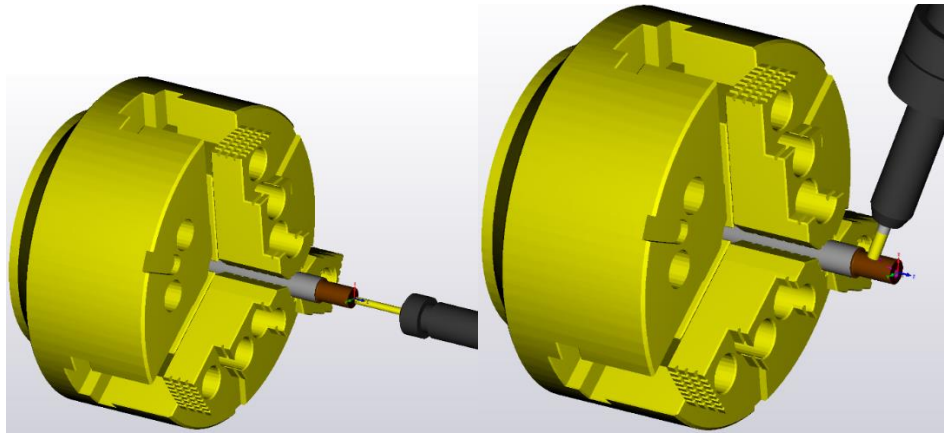
Všem obráběcím operacím přechází příprava materiálu, stroje, nástrojů a programu. Jako první dojde k nařezání materiálu na vhodnou délku s vhodným průměrem s přídatkem. Další úkon je zasazení nástrojů do nástrojových držáků a následné uložení do stroje. Poté se už jen vloží nařezaný materiál do upínače a sestava je připravena k obrábění.



Obr. 32 Hrubování drážkovaného čepu Obr. 33 Dokončování drážkovaného čepu

První operací je hrubování. Slouží jako oddělování většiny přebytečného materiálu. Obrobek se hrubuje na rozměr zvětšený o přírůstek na dokončení.

Druhá operace je dokončování vnějšího rozměru. Tato operace má za úkol vytvořit povrch o zadané hrubosti a vytvořený povrch musí dále splňovat stanovené geometrické tolerance. V tomto případě jde o geometrickou toleranci válcovitosti.

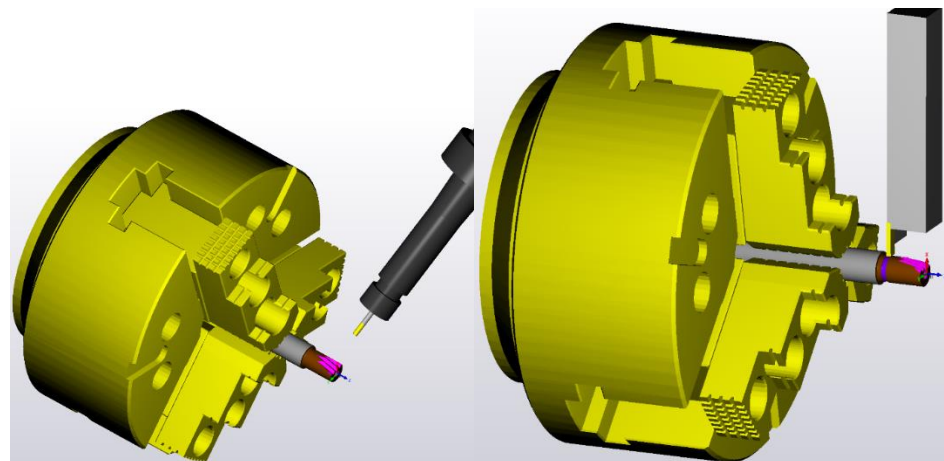


Obr. 34 Vrtání díry do drážkovaného čepu

Obr. 35 Frézování šikminy

Následující operace je vrtání. V tomto případě jde o díru excentricky uloženou. Tato díra slouží k protažení šroubu skrz čep.

Další operace je frézování. Pomocí naklonění nulového bodu a nástroje, dojde k vytvoření šikmé plochy, která je tak připravená na následující operaci.



Obr. 36 Frézování drážek

Obr. 37 Upichování

V této operaci dojde k vyfrézování pravoúhlých drážek, které vzniknou na šikmé ploše vytvořené v předešlé operaci.

V poslední operaci dojde k upíchnutí hotového obrobku.

6.2 Drážkovaný trn

Dalším vyráběným dílem je drážkovaný trn. Jako polotovar je nejvhodnější zvolit kruhovou tyč. Vnější tvar bude obroben pomocí soustružení. Soustružením vznikne válec splňující požadovanou toleranci válcovitosti na tento díl.

Dalším krokem je vytvoření závitu M18x1, který se také vytvoří za pomoci soustružení. Drážkování se poté dodělá pomocí frézování. U tohoto dílu je potřeba dodržet stanovenou válcovitost a danou hrubost povrchu, aby součást správně plnila svou funkci.

6.3 Základna

Pro tuto součást je nejvhodnější polotovary tyč kruhového tvaru. Polotovary se upne do soustruhu za pomoci univerzální sklíčidla. Pomocí soustružení dojde k vytvoření vnějších rozměrů. Dalším krokem je vyvrtat středovou díru.

Následně se součást upne na frézku, kde se vyvrtají díry pro upnutí vrchního dílu a vyvrtají se i díry pro upínání na pracovní stůl. Nakonec se pomocí frézování vytvoří drážky pro šrouby a zahloubení pro hlavy šroubů.

6.4 Vrchní díl

Jako polotovar této součásti bude použita kruhová tyč. Polotovar se v první operaci upne do univerzálního sklíčidla soustruhu. Vnější tvar se osoustruží nejprve nahrubo a poté na čisto. Do vzniklého osazeného hřídele se následně vyvrtá díra, která se poté vystruží dle zadané tolerance tak, aby byla dodržena i geometrická tolerance.

Za pomoci vnitřního soustružení se vytvoří kužel 1/10 s přídavkem na dokončení a stejně tak i čelní plocha. Následuje upnutí na frézku, kde vyfrézují plošky na vrchní části obrobku. Další operace je vrtání děr, které slouží k montáži na základnu. Následně se v těchto dírách vyfrézují zahloubení pro hlavy šroubů.

Za pomoci sklápěcího stolu se obrobek napozicuje tak, aby bylo možné vytvořit díru, která prochází dílem pod úhlem 18°. Pro dodržení tolerancí, které se vztahují k této díře bude nutné tuto díru vyfrézovat. Následně se proti této díře souose vyvrtá díra, ve které se poté vytvoří závit.

Poslední operace na tomto obrobku je broušení čelní a kuželové plochy, a tím vytvořit dosedací plochy pro systém HSK63.

7 Závěr

V této bakalářské práci byly popsány základy a rozdělení třískového obrábění, a dále byla shrnuta teorie konstrukce, rozdělení a vývoje upínacích přípravků. V rámci analýzy současného stavu bylo zjištěno, že stávající řešení přípravku je nevhodně navržené, což vedlo k nutnosti vytvořit řešení nové.

Na základě analýzy současného stavu byl navržen inovativní přípravek pro obrábění s upínacím rozhraním HSK63 v souladu s teorií konstruování a vývoje přípravků. Byla navržena a vyhodnocena tři různá konstrukční provedení přípravku, která byla následně vzájemně porovnána. Z výsledků tohoto technologického porovnání vyplynulo, že nejvhodnější variantou je varianta 3, pro kterou byl vypracován posudek technologičnosti konstrukce a technická dokumentace, uložená v příloze této práce.

V poslední části práce byla navržena technologie výroby. Pro jeden zvolený díl byla vypracována technologie v grafickém provedení. Pro díly **drážkovaný čep** a **drážkovaný trn** byly vypracovány dva technologické postupy. Postup pomocí třískového obrábění a postup pomocí 3D tisku. Výsledky ukázaly, že ačkoliv je možné tyto součásti vyrobit oběma způsoby, třískové obrábění je pro tyto součásti vhodnější. Výrobek z třískového obrábění má větší homogenitu a tuhost než díl vyrobený 3D tiskem, a navíc nevyžaduje další úpravy po dokončení, což je v případě 3D tisku nezbytné.

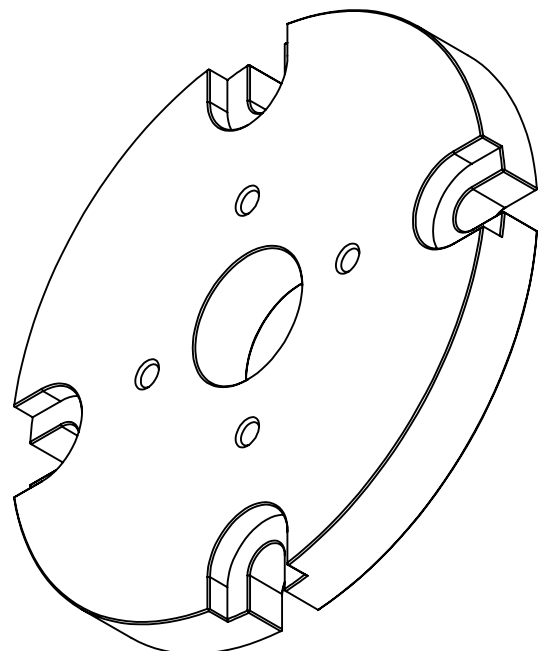
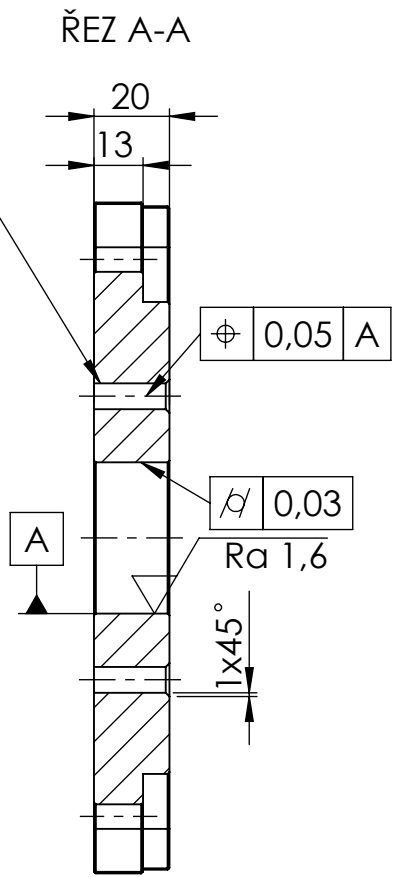
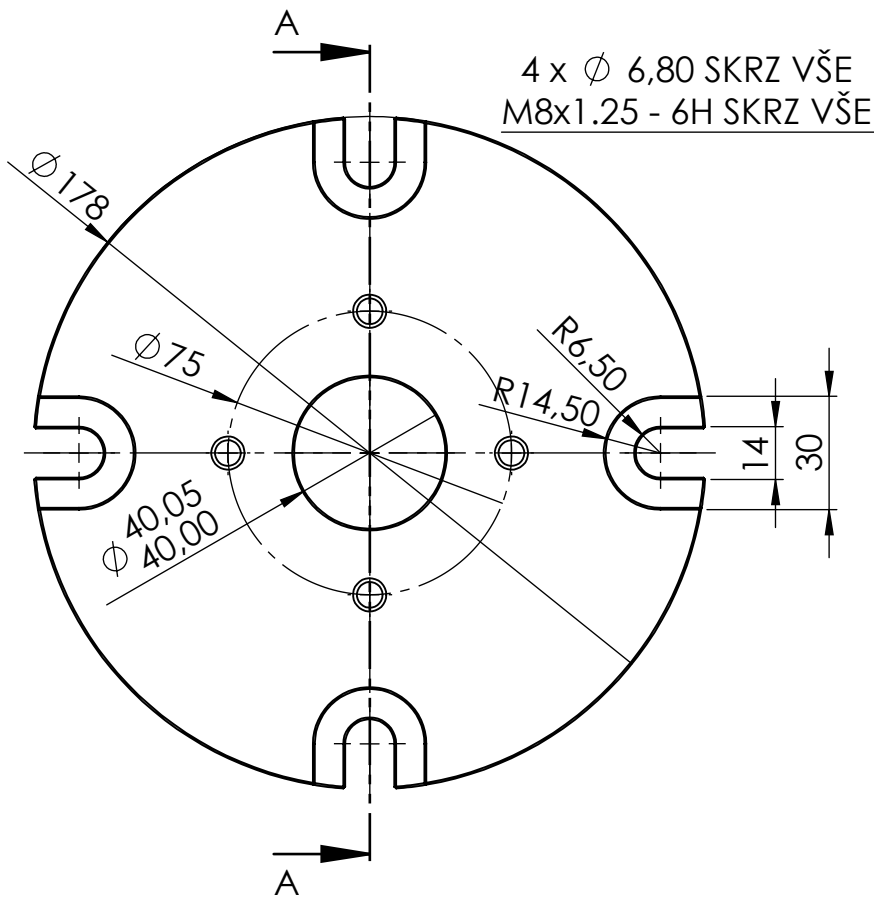
Tato práce tedy přispívá k rozvoji technologií obrábění a posílení jejich aplikace v moderním průmyslovém prostředí. Návrh inovativního řešení přípravku s upínáním HSK63 a následná analýza technologií výroby přináší praktická řešení, která mohou být využita pro zvýšení efektivity a přesnosti výrobních procesů.

Seznam použitých zdrojů

- [1] *Obrábění* [online]. 2023 [vid. 2023-12-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD&oldid=23312377>
- [2] PROF.ING. FRANTIŠEK SOVA, CSC. *Technologie obrábění a montáže*. 1998. ISBN 80-7082-449-2.
- [3] *Úvod do teorie obrábění.pdf* [online]. [vid. 2023-12-20]. Dostupné z: https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_002/%C3%A1vod%20do%20terorie%20obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD.pdf
- [4] PROF. ING. BŘETISLAV CHVÁLA, DRSC., DOC. ING. JOSEF VOTAVA, CSC. *Přípravky*. 1. vyd. B.m.: ALFA, 1988.
- [5] PROF. ING. BŘETISLAV CHVÁLA, DRSC. , DOC. ING. JOSEF VOTAVA, CSC. *Přípravky*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1980.
- [6] Sistema HSK - Información Técnica / Fórmula de Corte. *MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION* [online]. 6. červenec 2022 [vid. 2024-05-15]. Dostupné z: https://www.mmc-carbide.com/mx/technical_information/tec_rotating_tools/tec_tooling/guide/tec_tooling_hsk_system
- [7] MAREK, J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů. 2. přepracované a rozšířené vydání*. Praha: MM publishing, s. r. o, 2010. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [8] MÁDL, JAN, ANTONÍN ZELENKA A MARTIN VRABEC. *Technologičnost konstrukce: obrábění a montáže*. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03288-4.
- [9] What is additive manufacturing? Get started with 3D printing. *Protolabs Network* [online]. [vid. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-process/>
- [10] What's the right 3D printer for prototyping? Comparing 3D printing processes. *Protolabs Network* [online]. [vid. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.hubs.com/knowledge-base/selecting-right-3d-printing-process/>

PŘÍLOHA č. 1

Výkres základny

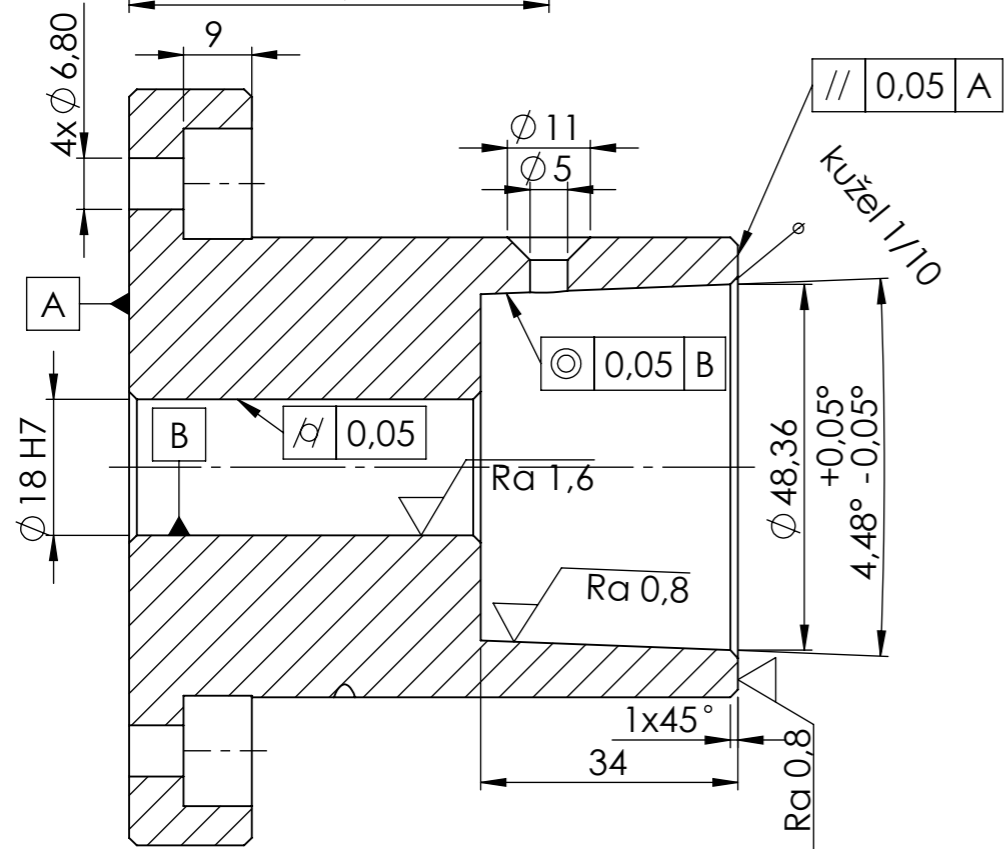
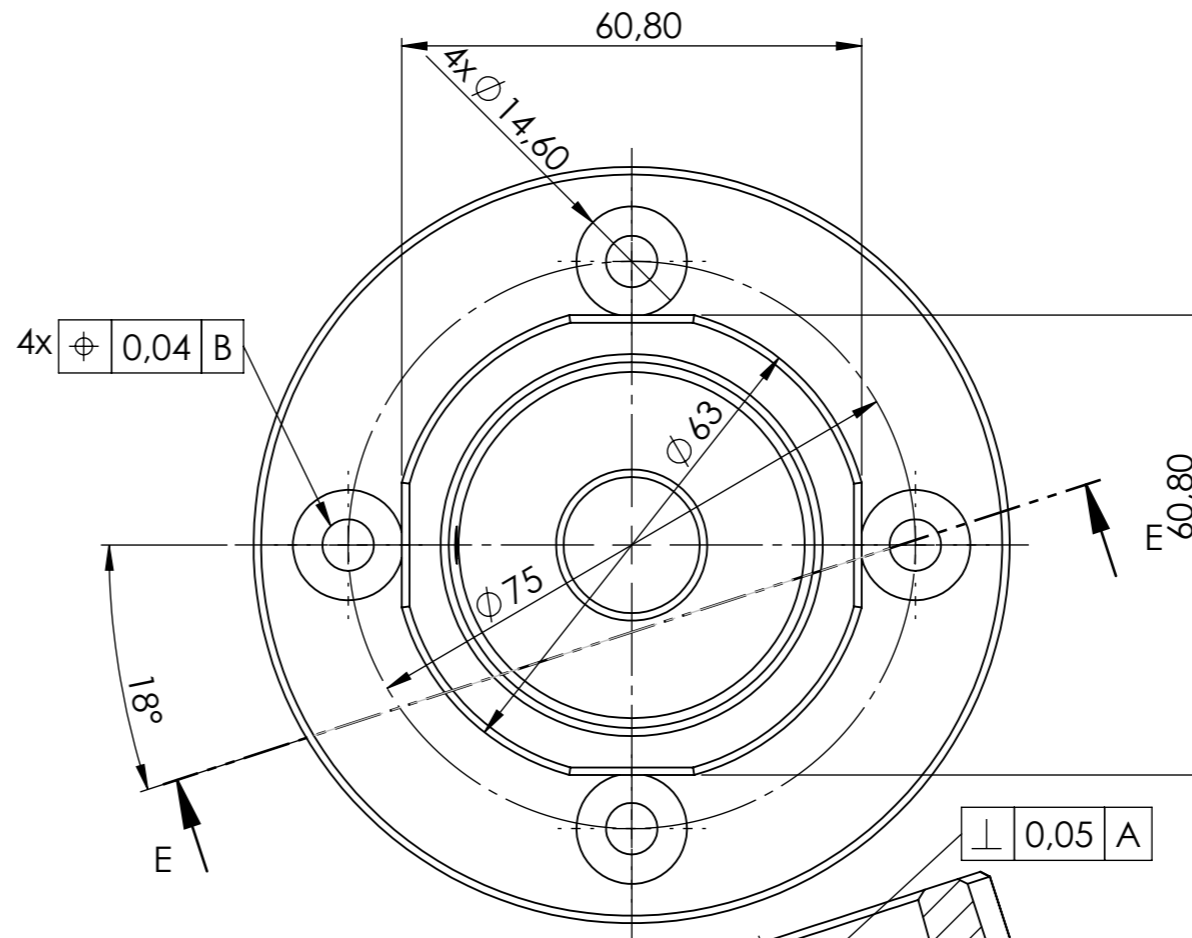
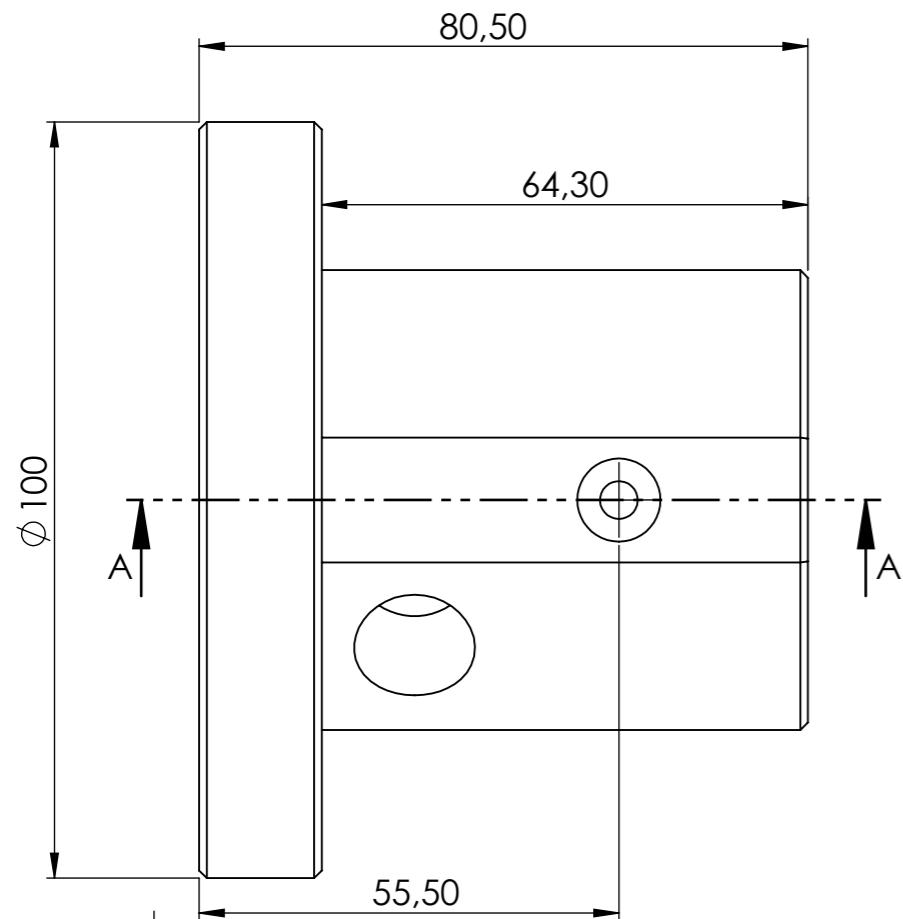


∇ Ra 3,2

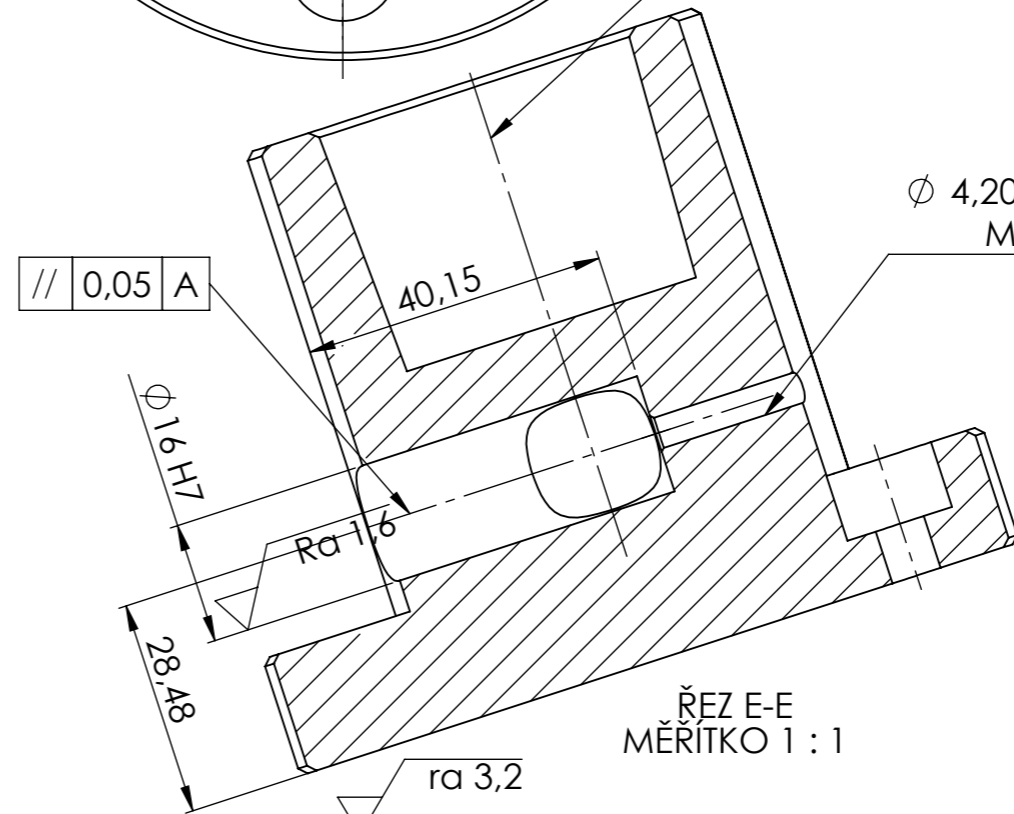
Tolerování ISO 8015		Mezní úchytky délk. rozměru	0,5 - 6	$\pm 0,1$	30 - 120	$\pm 0,3$	315 - 1000	$\pm 0,8$	2000 - 4000	$\pm 2,0$
Všeobecné tolerance ISO 2768 - mK			6 - 30	$\pm 0,2$	120 - 315	$\pm 0,5$	1000 - 2000	$\pm 1,2$	4000 - 8000	$\pm 3,0$
Neoznačené hrany obrobku		∇ -0,4	∇ +1,6	Drsnost povrchu Ra v μ m	Promítání	Délkové jednotky mm	Měřítko 1:2	Hmotnost		
Kreslil:	thabich	Název Základna								
Schválil:	----	Číslo výkresu V3-01-001								
Datum:	20.05.2024									
Projekt:	----	ZČU / RTI / LTO		-		A4	list 1	listů 1		
				Index		For.				

PŘÍLOHA č. 2

Výkres vrchního dílu

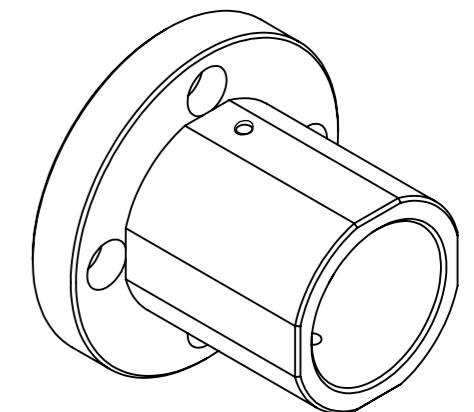


ŘEZ A-A
MĚŘITKO 1 : 1



ŘEZ E-E
MĚŘITKO 1 : 1

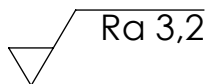
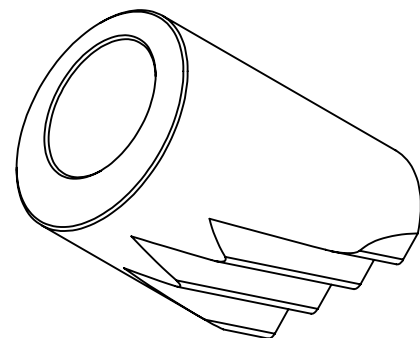
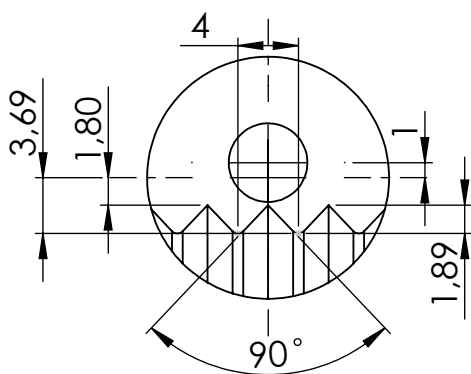
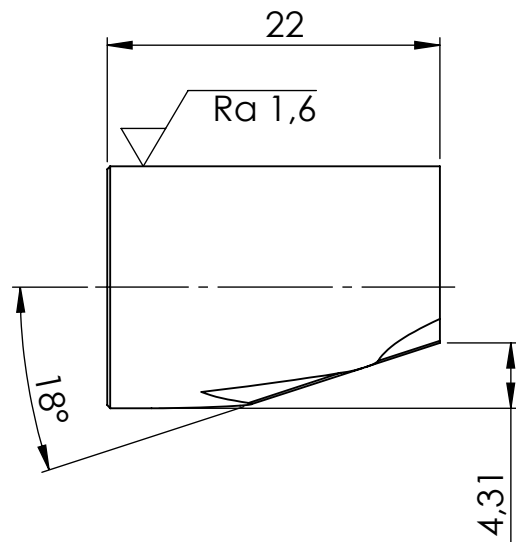
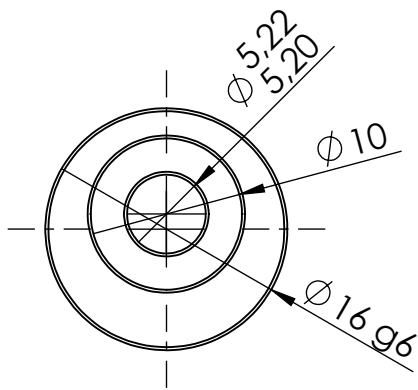
$\phi 4,20$ SKRZ VŠE
M5x0.8



Tolerování ISO 8015		Mezní úchytky délk. rozměru		0,5 - 6	$\pm 0,1$	30 - 120	$\pm 0,3$	315 - 1000	$\pm 0,8$	2000 - 4000	$\pm 2,0$
Všeobecné tolerance ISO 2768 - mK				6 - 30	$\pm 0,2$	120 - 315	$\pm 0,5$	1000 - 2000	$\pm 1,2$	4000 - 8000	$\pm 3,0$
Neznačené hrany obrobku				Drsnost povrchu Ra v μm		Promítání 		Délkové jednotky mm		Měřítko 1:1	
Kreslil:	thabich	Název Vrchní díl									
Schválil:	----										
Datum:	20.05.2024										
Projekt:	----	Číslo výkresu V3-04-001									
ZČU / RTI / LTO		Index		A3		For.		list 1		listů 1	

PŘÍLOHA č. 3

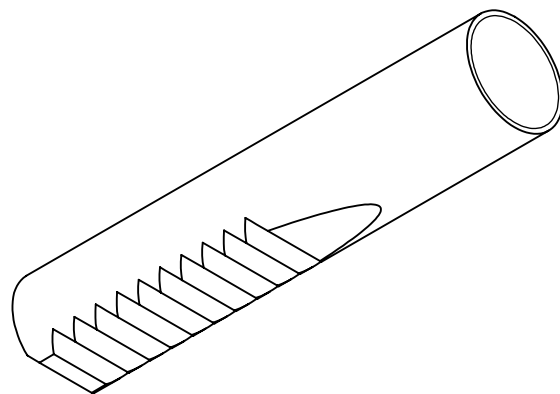
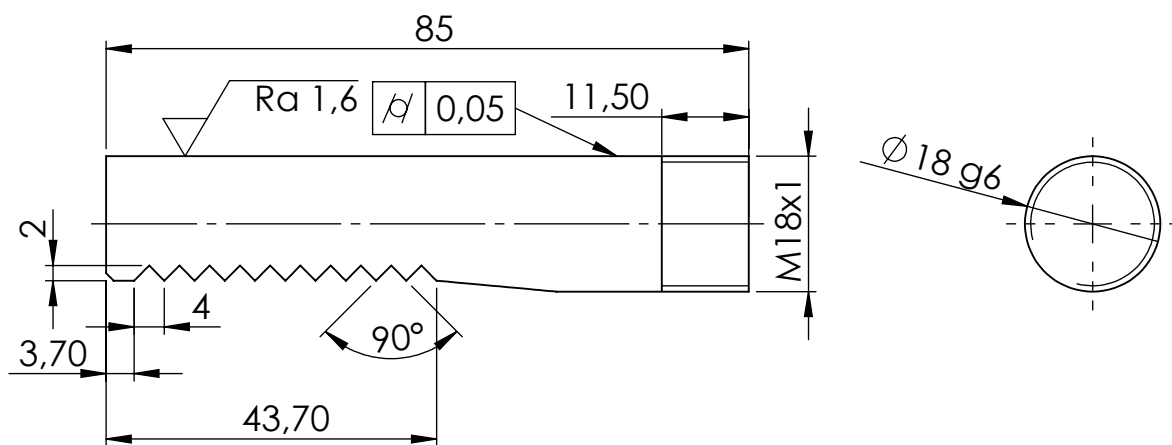
Výkres drážkovaného čepu



Tolerování ISO 8015		Mezní úchytky délk. rozměru	0,5 - 6	±0,1	30 - 120	±0,3	315 - 1000	±0,8	2000 - 4000	±2,0
Všeobecné tolerance ISO 2768 - mK			6 - 30	±0,2	120 - 315	±0,5	1000 - 2000	±1,2	4000 - 8000	±3,0
Neoznačené hrany obrobku			Drsnost povrchu Ra v μm	Promítání	Délkové jednotky mm	Měřítko 2:1	Hmotnost			
Kreslil:	thabich	Název								
Schválil:	----	<h1>Drážkovaný čep</h1>								
Datum:	20.05.2024									
Projekt:	----	Číslo výkresu								
		<h2>V3-03-001</h2>				- A4		list		1
								Index		For.

PŘÍLOHA č. 4

Výkres drážkovaného trnu



Ra 3,2

Tolerování ISO 8015		Mezní úchytky délk. rozměru	0,5 - 6	±0,1	30 - 120	±0,3	315 - 1000	±0,8	2000 - 4000	±2,0
Všeobecné tolerance ISO 2768 - mK			6 - 30	±0,2	120 - 315	±0,5	1000 - 2000	±1,2	4000 - 8000	±3,0
Neoznačené hrany obrobku			Drsnost povrchu Ra v µm	Promítání	Délkové jednotky mm	Měřítko 1:1	Hmotnost			
Kreslil:	thabich		<p>Název</p> <h1>Drážkovaný trn</h1> <p>Číslo výkresu</p> <h2>V3-02-001</h2>							
Schválil:	----									
Datum:	20.05.2024									
Projekt:	----									
			Index				For.		list 1 listů 1	