

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: 2303T004 / Strojírenská technologie-technologie
obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh přípravků pro úpravu a měření mikrogeometrie břítu

Autor: **Josef Mužík**
Vedoucí práce: **Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.**

Akademický rok 2011/2012

Garance a vedení diplomové práce

Vedoucí katedry:	Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
Vedoucí oddělení:	Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.
Konzultant bakalářské práce:	Ing. Petr Šrachta
Konzultant bakalářské práce z KTO:	Ing. Jaroslava Fulemová

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Autorská práva

Podle Zákona o právu autorském č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoli nakládání s nimi, možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Poděkování za pomoc při řešení diplomové práce

Rád bych poděkoval všem pedagogickým pracovníkům Západočeské univerzity, kteří mě během studia vedli a předávali mi své znalosti a zkušenosti.

poděkování patří především vedoucímu diplomové práce

Ing. Miroslavu Zetkovi, Ph.D.

konzultantům diplomové práce

Ing. Jaroslavě Fulemové a Ing. Petru Šrachtovi

a firmě Hofmeister s.r.o, jmenovitě především Ing. Pavlu Kožmínovi Ph.D.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Mužik	Jméno Josef	
STUDIJNÍ OBOR	2303T004 / „Strojírenská technologie-technologie obrábění“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Zetek, Ph.D.	Jméno Miroslav	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh přípravků pro úpravu a měření mikrogeometrie břitu		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZDÁNÍ	2012
----------------	---------	----------------	-----	----------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	62	TEXTOVÁ ČÁST	62	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)	Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout přípravky pro úpravu a měření mikrogeometrie břitu dle konkrétních požadavků zadávající firmy. Teoretická část se zabývá současnými poznatky ohledně úpravy mikrogeometrie břitu, zásadami konstrukce přípravků a popisuje použité strojní vybavení. Praktická část se zabývá vlastním návrhem přípravků ve variantách a následným vybráním a detailním návrhem vybraných přípravků.
ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL, POZNATKY A PŘÍNOSY	
KLÍČOVÁ SLOVA	VBD, přípravek, mikrogeometrie, návrh, konstrukce

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Mužik	Name Josef	
FIELD OF STUDY	2303T004 / „Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Zetek, Ph.D.	Name Miroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of fixtures for preparation and measuring of microgeometry of cutting edge		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Cutting technology	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	--------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	62	TEXT PART	62	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	The main goal of this thesis is to design fixtures for adjustment and measurement of cutting edge microgeometry according to specific requirements of the contracting company. Theoretical part deals with current knowledge on the cutting edge microgeometry adjustments, design principles of the fixtures and describes the used machinery. The practical part deals with design versions of the fixtures and then selecting from the variants and completing detailed design of selected fixtures.
TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	
KEY WORDS	insert, fixture, microgeometry, design, construction

Anotace

Tato diplomová práce na téma „Návrh přípravků pro úpravu a měření mikrogeometrie břitu“ se ve své úvodní části zabývá popisem aktuálních poznatků a možností v oblasti úpravy mikrogeometrie břitu, popisem zásad při návrhu přípravků a dále popisem použitého strojního vybavení pro úpravu i pro měření mikrogeometrie břitu. V této části jsou též uvedeny poznatky o tom, jaká úprava mikrogeometrie břitu je vhodná pro jakou aplikaci a jakých lze dosáhnout výsledků.

Praktická část této diplomové práce je věnována návrhu přípravků pro úpravu a měření mikrogeometrie břitu ve variantách dle konkrétních požadavků zadávající firmy. Přípravek pro měření mikrogeometrie břitu je navrhován ve variantách pro každou z jeho čtyř funkčních částí a přípravek pro měření mikrogeometrie je navrhován v každé variantě jako celek.

V další části této diplomové práce jsou vybrány konkrétní varianty obou navrhovaných přípravků. Následně jsou dořešeny a popsány jejich konstrukční detaily a případné úpravy konstrukce.

Klíčová slova: VBD, přípravek, mikrogeometrie, návrh, konstrukce

Annotation

This diploma thesis subject „Design of fixtures for preparation and measuring of microgeometry of cutting edge“ is dealing in the introduction with the description of current knowledge and capabilities in adjustments of cutting edge microgeometry, description of the principles in the design of fixtures and description of the machinery used for adjustment a measurement of cutting edge microgeometry. In this section is also listed the knowledge of what cutting edge microgeometry modifications are suitable for different applications and achievable results.

The practical part of this thesis is dedicated to the design of fixtures for measurement and adjustment of the cutting edge microgeometry in versions according to specific requirements of the contracting company. The fixture for adjusting cutting edge microgeometry is designed in versions for each of its four functional parts and the fixture for microgeometry measurement is proposed in each version as a whole.

In the following part of this thesis are selected concrete versions of designed fixtures. Subsequently are solved and described the design details and possible modifications of the design.

Key words: insert, fixture, microgeometry, design, construction

Obsah

Anotace.....	4
Annotation	5
Obsah.....	6
1. Seznam zkratek a symbolů.....	8
2. Úvod.....	9
3. Rozbor současného stavu	10
3.1. Mikrogeometrie břítu	10
3.1.1. Úprava mikrogeometrie kartáčováním	14
3.1.2. Úprava mikrogeometrie laserem.....	15
3.1.3. Úprava mikrogeometrie mikropískováním.....	15
3.1.4. Úprava mikrogeometrie magnetickým leštěním.....	16
3.1.5. Úprava mikrogeometrie vlečným omíláním.....	16
3.2. Stroj OTEC DF-5	18
3.3. Přístroj Alicona Infinite Focus.....	20
3.4. Obecný úvod do přípravků.....	20
3.5. Hospodárnost použití přípravků.....	21
3.6. Zásady konstrukce přípravků	21
3.7. Obsluha a manipulace s přípravkem	21
3.8. Volba materiálu součástí přípravku	22
4. Vlastní konstrukční návrh přípravků.....	22
4.1. Stanovení okrajových podmínek.....	22
4.2. Návrh přípravku pro úpravu mikrogeometrie břítu ve variantách.....	23
4.2.1. Upínací část	24
4.2.2. Polohovací část	25
4.2.3. Výměnná hlavička	27
4.2.4. Upínací část výměnné hlavičky	29
4.3. Návrh přípravku pro měření mikrogeometrie břítu ve variantách.....	38
5. Realizace přípravků.....	45
5.1. Výběr optimální varianty přípravku pro úpravu mikrogeometrie břítu.....	45
5.1.1. Určení vah jednotlivých kritérií výměnné hlavičky	45
5.1.2. Vážená bodovací metoda pro výběr optimální varianty výměnné hlavičky... 46	

5.1.3.	Popis vybrané optimální varianty pro úpravu mikrogeometrie břitu	47
5.2.	Výběr optimální varianty přípravku pro měření mikrogeometrie břitu	51
5.2.1.	Určení vah jednotlivých kritérií přípravku pro měření mikrogeometrie břitu	51
5.2.2.	Vážená bodovací metoda pro výběr optimální varianty přípravku pro měření mikrogeometrie břitu.....	52
5.2.3.	Popis optimální varianty pro měření mikrogeometrie břitu	52
5.3.	Výrobní dokumentace přípravků	57
6.	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	58
7.	Závěr.....	60
8.	Použitá literatura	61

1. Seznam zkratek a symbolů

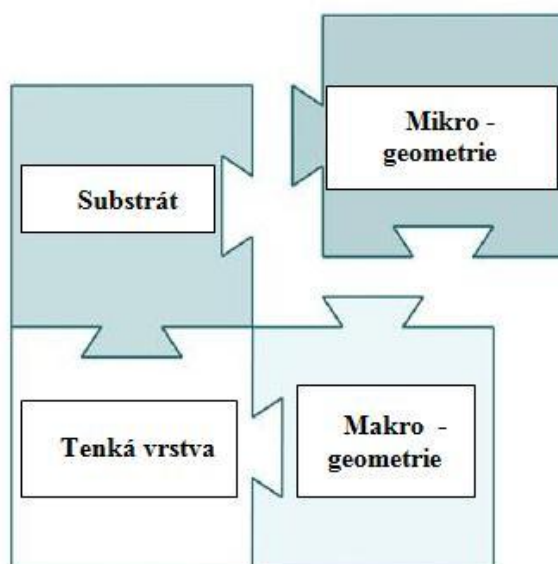
Zkratka	Popis
DP	Diplomová práce
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní norma
VBD	Vyměnitelná břitová destička
WG	Wiper geometrie (hladící geometrie)
DLC	Diamond Like Carbon (uhlík jako diamant)
SK	Slinutý karbid
Al ₂ O ₃	Oxid hlinitý
TiC	Karbid titanu
TiN	Nitrid titanu
CBN (KBN)	Kubický nitrid boru
TiCN	Karbonitrid titanu
TaC	Karbid tantalu
PKD	Polykrystalický diamant
PKNB (PCNB)	Polykrystalický kubický nitrid boru
PVD	Physical Vapor Deposition (fyzikální metoda depozice vrstev)
CVD	Chemical Vapor Deposition (chemická metoda depozice vrstev)
HSC	High speed machining (vysokorychlostní obrábění)

Symbole a značky	Jednotky	Popis
a _e	[mm]	radiální hloubka řezu
a _p	[mm]	axiální hloubka řezu
f _{ot}	[mm/ot]	posuv na otáčku
v _c	[m/min]	řezná rychlost
f _z	[mm/zub]	posuv na zub
v _f	[mm/min]	posuvová rychlost

2. Úvod

Chceme-li získat produktivní nástroj, musíme na jeho návrh nahlížet komplexně. Nejprve se provede analýza obráběného materiálu, z čehož vyplynou požadavky na materiál nástroje, dále se navrhne jeho makrogeometrie, která vychází z již existujících nástrojů a ze zkušeností s konkrétní aplikací. Následuje volba mikrogeometrie břitu, jaký tvar a velikost zaoblení zvolit. Mikrogeometrie břitu má významný vliv na životnost nástroje, řezné síly vznikající při obrábění a na způsob opotřebení břitu. Proto je vhodné mikrogeometrii věnovat zvýšenou pozornost. V dnešní době, kdy je nutné dosahovat vysoké produktivity, vysokých řezných rychlostí, dlouhé životnosti a vysoké tepelné odolnosti je nutné používat nové způsoby úpravy břitu nástroje a nové materiály, které tyto vlastnosti spolu s mikrogeometrií zaručí. Závěrečnou fází návrhu je volba tenké vrstvy, která se volí na základě mnoha faktorů vztahujících se k nástroji a procesu obrábění. Je-li kombinace těchto proměnných faktorů vhodná, získáme velmi produktivní nástroj s výhodou oproti nástrojům bez povlaku, resp. bez upravené mikrogeometrie.[1],[5]

Jednou z možností úpravy mikrogeometrie nástroje je použití procesu vlečného omílání. Jedná se v podstatě o vlečení nástroje v abrazivním médiu, čímž dochází k abrazivnímu opotřebení nástroje. Tento proces je pro dosažení požadovaných výsledků nutné řídit. Abychom tyto výsledky dosáhly i při opakování tohoto procesu, je nutné zajistit vždy stejné nastavení všech parametrů.[1],[3],[5],[9]



Obr. 1: Soubor charakteristik nástroje [1]

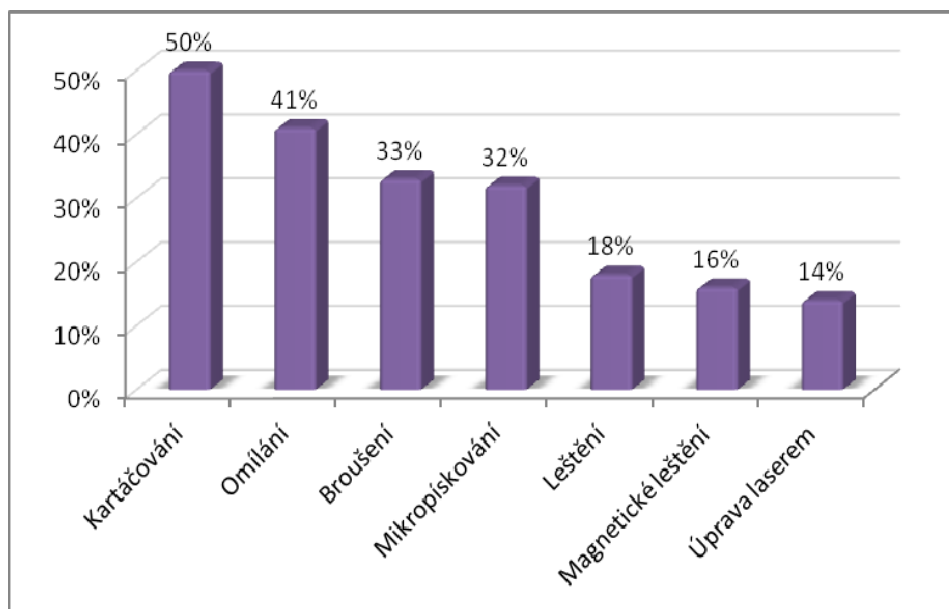
Tato práce se bude zabývat především úpravou mikrogeometrie břitu, která má v dnešní době zásadní význam. Mikrogeometrie má zásadní vliv na životnost nástroje, řezné síly, kvalitu povrchu apod.

Hlavní cílem této práce je navrhnout vhodný přípravek úpravy a měření mikrogeometrie břitu, který bude splňovat požadavky na variabilitu a opakovatelnost procesu. Vzhledem k rozdílným požadavkům na přípravek pro úpravu mikrogeometrie břitu a pro její měření, budou navrženy přípravky dva. První z nich bude sloužit k úpravě mikrogeometrie břitu a druhý bude sloužit pro měření mikrogeometrie břitu. Na oba navrhované přípravky jsou kladeny jisté nároky na variabilitu, nastavitelnost potřebných parametrů a opakovatelnost procesu.

3. Rozbor současného stavu

3.1. Mikrogeometrie břítu

V současnosti je pro úpravu mikrogeometrie ostří využíváno několik metod. Patří mezi ně kartáčování, omílání, broušení, mikropískování, leštění, magnetické leštění, úprava laserem, elektrochemické leštění, plazmové obrábění apod. Jejich procentuální zastoupení je vyobrazeno na obrázku (Obr. 2). Většina těchto metod úpravy mikrogeometrie ostří je založena na principu působení abrazivních částic nesených vhodným nosným médiem jako např. vzduch, kapalina, přírodní či umělá vlákna, pojivo, ořechové skořápky apod. [3]



Obr. 2: Procentuální vyjádření používaných metod úpravy ostří [4]

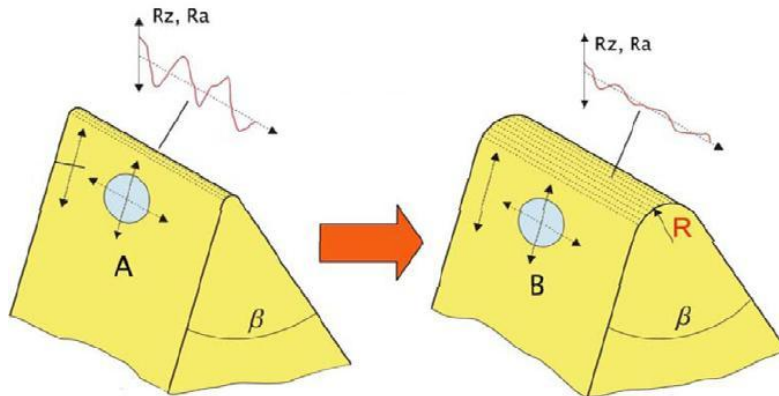
Úprava mikrogeometrie ostří má vliv na následující parametry:

- zvýšení pevnosti břítu
- příprava povrchu před depozicí (lepší přilnavost)
- eliminace otřepů po broušení
- snížení sklonu k vyštípnutí břítu
- zvýšení životnosti nástroje
- vytvoření definovaného tvaru a rozměru ostří
- zvýšení kvality povrchu obrobků

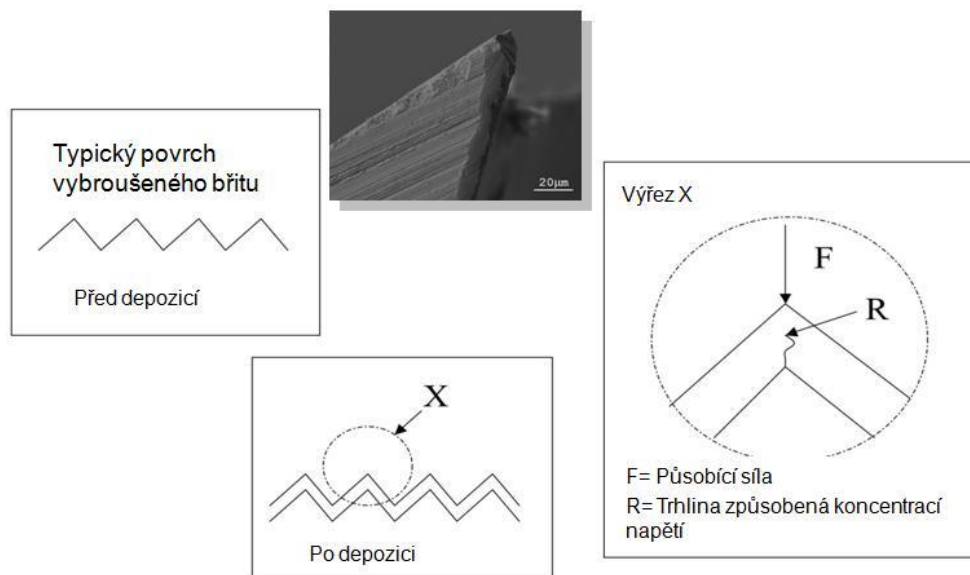
[1],[3]

Na obrázku (Obr. 3 vlevo) je ilustrován břit po vybroušení plochy čela a hřbetu (bez úpravy mikrogeometrie) ve srovnání s břitem po úpravě mikrogeometrie. Břit bez úpravy mikrogeometrie má taktéž určitý rádius, což je způsobeno faktem, že nelze vyrobit dokonale ostrý břit. Drsnost jeho funkčních ploch je relativně vysoká. Dále může být užitná hodnota břítu snížena dalšími vadami, jako jsou mikrodefekty a otřepy způsobené brusným nástrojem při výrobě. Tyto defekty mohou působit jako koncentrátor napětí a způsobit selhání nástroje i po depozici tenké vrstvy (Obr. 4). Je patrné, že břit po úpravě disponuje jmenovitým pravidelným rádiusem a nižší drsností funkčních ploch. Upravený břit též rovnoměrněji

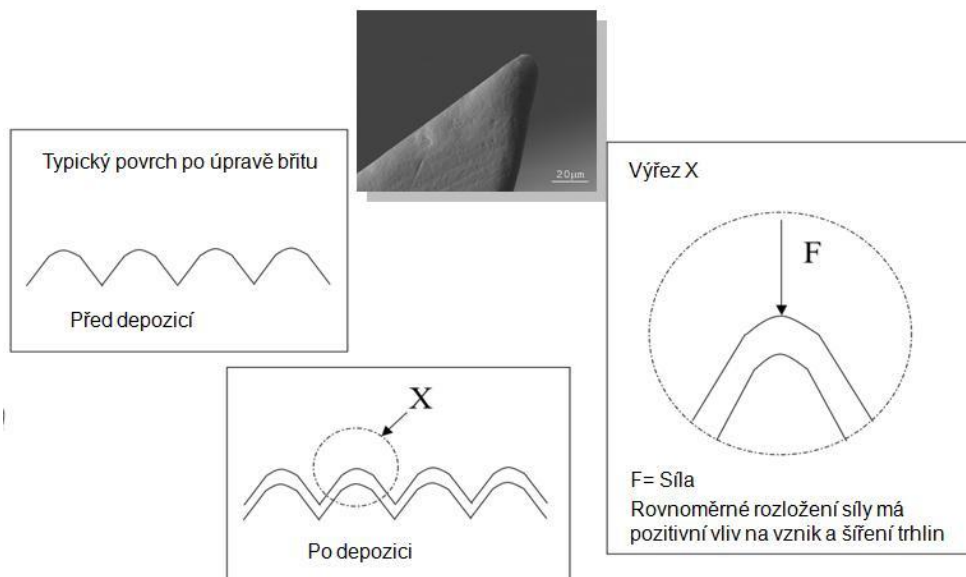
rozloží působící sílu a nástroj je tedy méně náchylný k tvorbě a šíření mikrotrhlin, viz obrázek (Obr. 5). [2],[3]



Obr. 3: Charakteristika úpravy břitu [2]

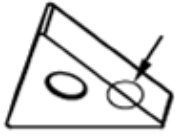

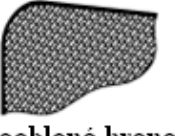




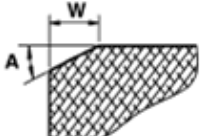
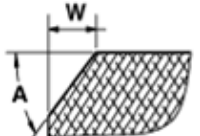
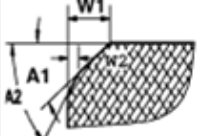


Obr. 4: Charakteristika břitu po vybroušení [3]



Obr. 5: Charakteristika břítu po úpravě mikrogeometrie [3]

Mikrogeometrie nástroje má vliv nejen na jmenované parametry, ale dále i na rozložení řezných sil, šíření teplot, ale i tvar deformačních zón. Pro konkrétní podmínky je nutná správně zvolená mikrogeometrie, neboť její nevhodné zvolení může mít na proces obrábění a výsledný produkt negativní vliv. [1],[3]

	Základní úpravy řezné hrany a jejich varianty		
 Ostrá hrana			
 Zaoblená hrana	 Ideální rádius	 Kaskádovitý	 Opačně kaskádovitý
 Sražená hrana			

Obr. 6: Základní úpravy řezné hrany a jejich varianty [3]

Výběr provedení řezného břítu se odvíjí od budoucího použití nástroje. Sražená hrana se obecně využívá tam, kde je vyžadována vyšší pevnost břítu a to konkrétně pro tvrdé soustružení, těžké hrubovací operace a přerušované řezy. Využívá se u nástrojů z CBN, PCBN a řezná keramika. Toto sražení má pozitivní vliv na odolnost břítu a šíření tepla. [1],[3]

Zaoblený břit se využívá pro předdokončování, dokončování, jemné a mikroobrábění. Aplikuje se na nástroje z rychlořezné oceli, slinutých karbidů, cermetů a diamantu. [1],[3]

Kaskádovitá (kombinovaná) úprava břitu kombinuje výhody obou výše uvedených provedení. Tedy zvýšení pevnosti špičky a úhlu čela. Oválná část usnadňuje odvod třísky z místa řezu. [1],[3]

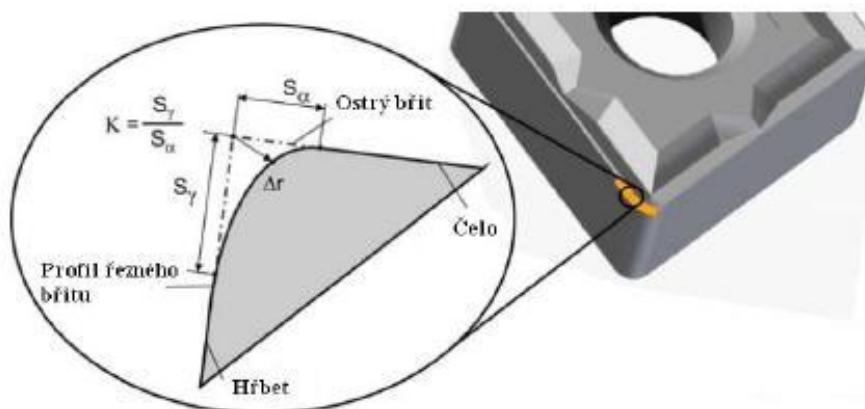
Jako ukazatel symetričnosti mikrogeometrie břitu se využívá tzv. K faktor. Jeho velikost je dána poměrem úseček spojujících počátek rádiusu (ze strany hřbetu resp. ze strany čela) s teoretickou špičkou břitu. Tato hodnota se využívá zejména při měření mikrogeometrie a její volba se odvíjí od předpokládaného použití. [5],[8]

Je možné popsat 3 oblasti hodnot K faktoru a to následovně:

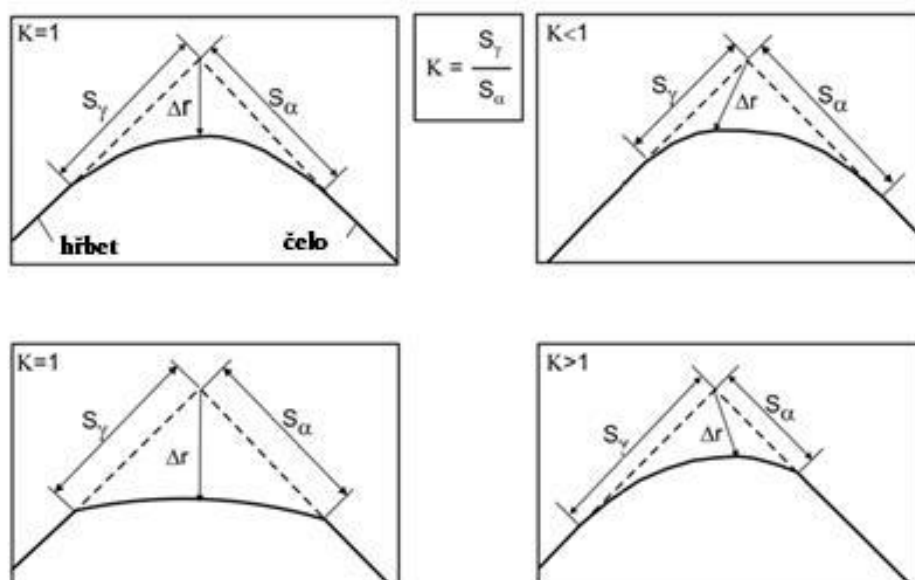
$K < 1$ Jde o asymetrický rádius směrem k ploše čela. Toto provedení je využíváno pro nižší hloubky řezu a dokončovací operace.

$K = 1$ Tato hodnota vyjadřuje symetrickou mikrogeometrii

$K > 1$ Jde o asymetrický rádius směrem k ploše hřbetu. Toto provedení je využíváno pro hrubovací operace a větší hloubky řezu.



Obr. 7: K faktor [8]

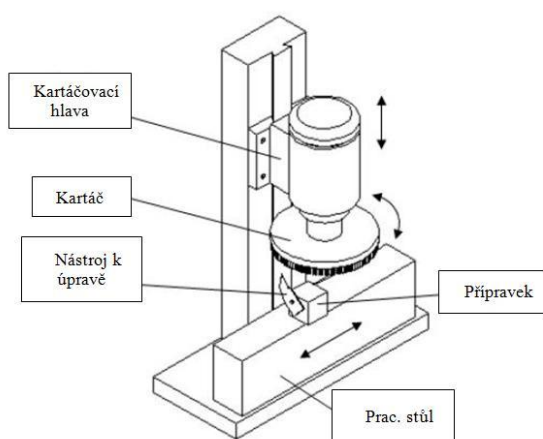


Obr. 8: Ilustrace velikosti K faktoru [8]

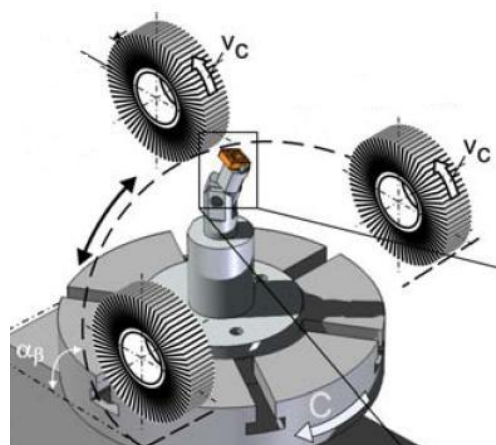
V následující části budou popsány základní způsoby úpravy mikrogeometrie břitu.

3.1.1. Úprava mikrogeometrie kartáčováním

Tato metoda úpravy mikrogeometrie břitu využívá jemného kartáče se štětinami z přírodních (žíně, rýžové kořínky) nebo umělých (polymer) vláken a abrazivního materiálu. Přírodní vlákna se využívají společně s brusnou pastou, nebo granulátem na diamantové bázi. Umělá vlákna se již vyrábějí s obsahem abraziva SiC, Al₂O₃, někdy CBN nebo PCD. Obsah těchto částic je 30 až 40% a není tedy nutné používat přídavné abrazivní médium. [1],[3],[4],[6]



Obr. 9: Schéma kartáčovacího stroje [1]



Obr. 10: Detail principu kartáčování [8]

3.1.2. Úprava mikrogeometrie laserem

Tato metoda je od tradičních metod poněkud odlišná. Laserový paprsek soustředí většinu energie blízko osy svazku, čímž lze zajistit plynulý přechod mezi upravenou a neupravenou částí. Laser při této úpravě pracuje v pulzním režimu a jeho princip je založen na ohřátí materiálu na teplotu tavení a jeho následném odpaření. Tento proces se provádí postupným řádkováním. V případě, že není možné vyrobít požadované zaoblení odebráním jedné vrstvy, je nutné odebrat vrstev několik. Laser vytváří specifický povrch odlišný od tradičních metod (viz. Obr. 11).

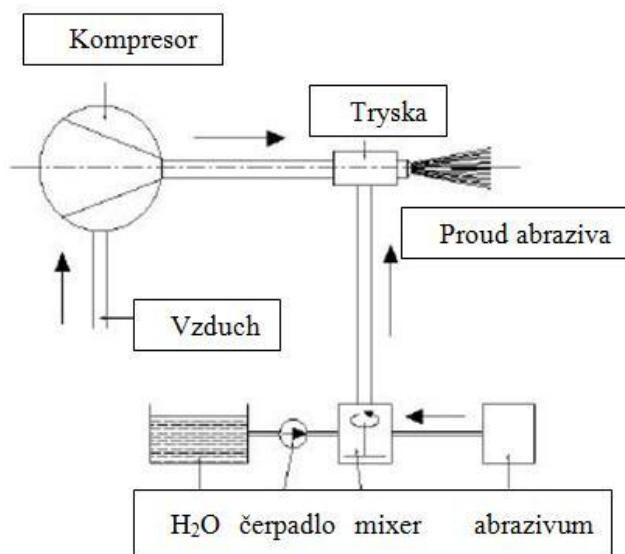


Obr. 11: Povrch břitu po úpravě laserem [7]

3.1.3. Úprava mikrogeometrie mikropískováním

Úprava mikropískováním je založena na principu umílání abrazivem unášeným plynem nebo kapalinou. Podle nosného média rozdělujeme mikropískování na mokré a suché. Této metody se využívá jak pro úpravu před depozicí, tak pro úpravu po depozici. Krom úpravy mikrogeometrie tato metoda navíc čistí povrch a tím usnadňuje následnou depozici tenké vrstvy. [1],[6]

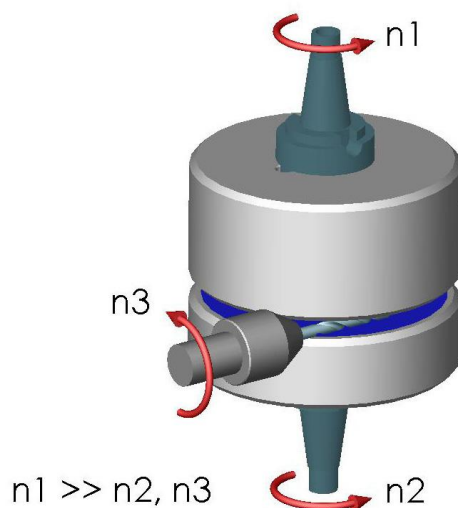
Proudu vzduchu se využívá nejen u suchého, ale i u mokrého mikropískování a to z důvodu urychlení proudu abraziva. Schéma zařízení je ilustrováno na obrázku (Obr. 12). [1],[6]



Obr. 12: Schéma typického zařízení pro mikropískování [1]

3.1.4. Úprava mikrogeometrie magnetickým leštěním

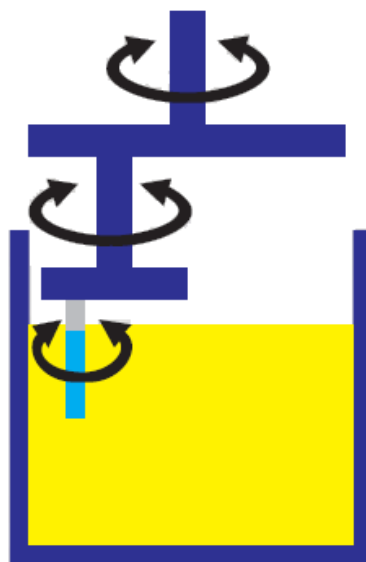
Tato metoda spočívá v umístění nástroje mezi 2 rotující disky s tím, že mezera mezi nimi je vyplněna procesním médiem. Procesní médium obsahuje magnetickou a abrazivní složku. Magnetická složka udržuje médium v mezeře a abrazivní složka způsobuje omílání nástroje. Jedná se o jednoduchý a účinný proces se stejnoměrně zaobleným výsledným břitem.[4],[6]



Obr. 13: Schéma magnetického leštění [4]

3.1.5. Úprava mikrogeometrie vlečným omíláním

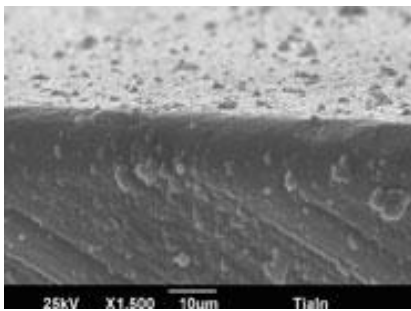
Tato metoda úpravy mikrogeometrie spočívá v upevnění nástroje do speciálního držáku, ponoření do pracovního média a jeho následným pohybem po planetární dráze (viz. Obr. 14) dochází k pracovnímu procesu. Při tomto procesu dochází vlivem ponoření do média k vysokému tlaku mezi nástrojem a médiem a následný pohyb způsobí abrazivní odebrání materiálu z nástroje. Rychlost pohybu lze nastavit konstantní, nebo proměnnou. Nastavit lze i směr otáčení, čímž lze zajistit omílání ze strany čela, nebo i ze strany hřbetu nástroje. Lze takto dosáhnout zaoblení až $150\mu\text{m}$. [4],[5],[6]



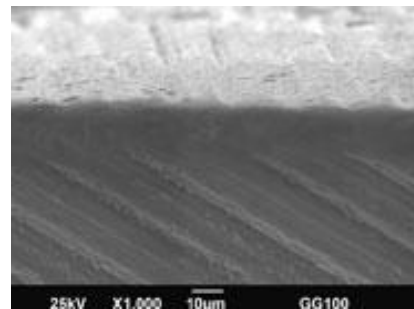
Obr. 14: Kinematika pohybu omílaného nástroje [4]

Médium volíme podle konkrétních požadavků pro danou aplikaci. V nabídce výrobců se nalézají média keramická, diamantová, ocelová, plastová apod. Ta jsou dodávána dle konkrétních potřeb ve formě jemných zrn, granulátu, abrazivních či brusných tělísek, nebo past. Jako nosného média se často využívají drcené ořechové skořápky. [6],[9]

Touto metodou lze jak zaoblovat řezné hrany, tak i leštit povrch nástroje do zrcadlového lesku, čemuž odpovídá hodnota Ra 0,01. Omíláním je možno upravovat i již nepovlakovaný nástroj a to z důvodu odstranění nežádoucích částic z povrchu (viz. Obr. 15 a Obr. 16). Lze takto odstranit i rez nebo zbarvení po tepelném zpracování. Metoda omílání se nevyužívá pouze pro úpravu řezných nástrojů, ale lze ji využít i pro úpravu povrchu různých kovových i nekovových součástí, jako například pro leštění tvarově složitých součástí s požadavkem na leštěný povrch bez otřepů a jiných vad (např. kloubní implantáty, šperky apod.). [5],[9]



Obr. 15: PVD vrstva před úpravou [9]



Obr. 16: PVD vrstva po úpravě [9]

Hlavními parametry, které ovlivňují výsledek jsou:

Hloubka ponoření do média. S rostoucí hloubkou roste statický tlak a tedy intenzita abraze.

Rychlost. Lze nastavit konstantní, nebo proměnnou.

Doba procesu. Může se pohybovat od několika sekund (úprava tenké vrstvy) až po desítky minut.

Druh média. Má vliv na rychlost omílání a kvalitu povrchu.

Směr rotace. V závislosti na směru rotace lze docílit různých výsledků.

Mezi výhody této metody patří opakovatelnost procesu, možnost leštění drážek a spolehlivost mechanismu. Nevýhodou pak je pevný upínací systém a nutnost rovnoměrného osazení hlavy z důvodu stejnoměrného opracování řezné hrany.[1],[9]

3.2. Stroj OTEC DF-5

V současnosti je firma OTEC GmbH jednou ze dvou firem na trhu produkující stroje pro vlečné omílání nástrojů. Firma dodává několik řad strojů, ze kterých je ve strojovém parku firmy Hofmeister právě model DF-5.



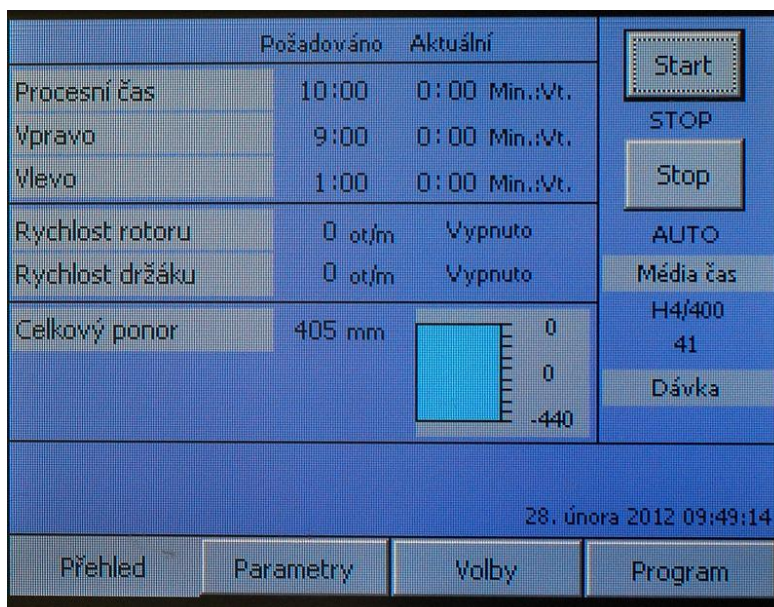
Obr. 17: OTEC DF-5 [14]

Hlavní vlastnosti a výbava stroje:

- pracovní nádoba o objemu 114 litů
- 5 pracovních hlav, každá pro 6 nástrojů
- hmotnost 780 kg
- max. hloubka ponoru 250 mm
- max. hmotnost nástrojů i s držáky až 5x15 kg
- paměť na 200 programů
- dostatek prostoru pro manipulaci mezi hlavami stroje a nádobou s médiem
- možnost uložení programů na paměťovou kartu MMC

Stroj je vybaven přehledným panelem, na kterém je možné nastavit veškeré potřebné parametry. Mezi ně patří například čas, rychlost a směr rotace upnutých nástrojů. Je možno nastavit rozdílný čas pro rozdílný směr rotace a tím ovlivnit K-faktor. Jednou z dalších funkcí

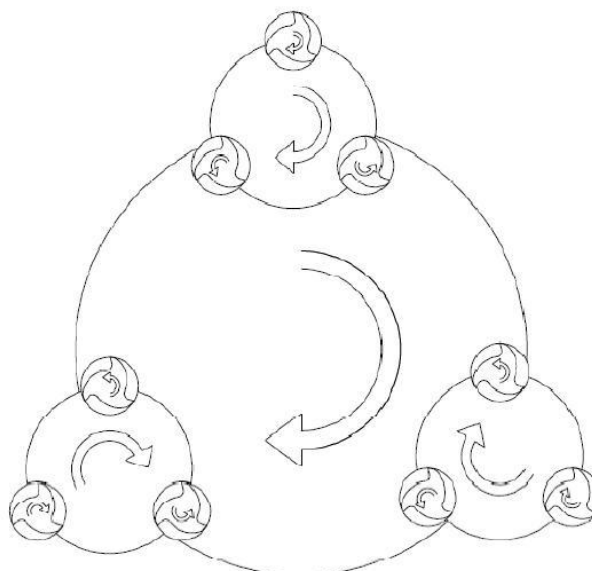
řídící jednotky je to, že počítá pracovní čas substrátu a upozorní na jeho včasnou výměnu. [14]



Obr. 18: Řídící panel stroje

Pro rotační pohyb je stroj vybaven dvěma motory. Jeden motor se stará o rotaci všech šesti pracovních hlav kolem jejich společného středu a druhý motor se stará o rotaci pracovních hlav kolem jejich vlastní osy a zároveň o rotaci jednotlivých nástrojových držáků. Je tedy možno nastavit pro oba motory rozdílný směr a rychlost rotace. Mezi pracovní hlavou a držákem nástroje je pevný poměr 3:1. Samotný držák se tedy otáčí s trojnásobnou frekvencí než nástrojová hlava. [9]

Na zjednodušeném obrázku je u každé rotační osy naznačen pouze jeden směr, ve skutečnosti je však možný i opačný.



Obr. 19: Kinematika stroje OTEC DF-5 [5]

3.3. Přístroj Alicona Infinite Focus

Jedná se o optický měřicí přístroj pro oblast mikro a nano rozsahu. Přístroj umožňuje měření rozměrů, drsnosti a povrchovou analýzu. Vertikální rozlišení je možné s přesností až 10nm. Princip měření je založen na snímání objektu objektivem s velmi malou hloubkou ostrosti a postupnou změnou zaostřené vzdálenosti. Příslušný software z nasnímaných 2D obrazů následně složí 3D obraz měřeného předmětu a měření se provádí přímo na tomto obrazu. Přístroj zachovává původní barevnou informaci a umožňuje měření plošné drsnosti, profilové drsnosti, tvaru profilu, 2D měření, měření úhlů na břitu, zaoblení břitu, drsnost břitu a diferenční měření. Vysledované kalibrační standarty umožňují ověření výsledků. [5], [12], [15]



Obr. 20: Alicona Infinite Focus [15]

3.4. Obecný úvod do přípravků

Obecně lze přípravky definovat jako podpurné prostředky sloužící k jednoznačnému a opakovatelnému ustavení a zároveň pevnému uchycení součástí během jejich výroby, k přidržování součástí při montáži nebo k vedení nástroje. [10],[11]

Přípravky lze rozdělit podle:

Použitelnosti:

Univerzální – slouží k upnutí podobných součástí lišících se velikostí a tvarů (někdy mohou vyžadovat doplnění specifických prvků jako např. změna upínacích čelistí)

Skupinové – celý přípravek, nebo jeho část slouží k upnutí celé skupiny součástí

Stavebnicové – k výrobě přípravku využíváme typizované díly (některé netypizované je nutno vyrobit)

Speciální – jednoúčelové zařízení sloužící k upnutí pouze jednoho obrobku

Zdroje upínací síly:

S ručním upínáním – upínací síla je vyvozena lidskou silou

S mechanickým upínáním – síla je vyvozena hydraulicky, pneumaticky, elektromagneticky, nebo i kombinací těchto možností [10],[11]

3.5. Hospodárnost použití přípravků

Přípravky mohou napomáhat ke zvýšení produktivity, jakosti a v některých případech je jejich použití k provedení dané operace nezbytné. [10],[11]

Uvažujeme-li rentabilitu je možné přípravky rozdělit na:

Nezbytné pro výrobu – bez těchto není možné danou operaci provést

Pro zvýšení jakosti či produktivity – tyto se musí po určité produkci amortizovat [10],[11]

3.6. Zásady konstrukce přípravků

Konstrukce a použití přípravků je určeno charakterem výroby. Při kusové výrobě se zpravidla používají jednoduché univerzální přípravky, zatímco při sériové výrobě se vyplatí použití speciálních přípravků zvyšujících jakost i produktivitu výroby. K upínání se používá speciálních upínacích přípravků, které zaručují přesné a opakovatelné umístění součásti vůči nástroji. [10],[11]

Před návrhem přípravku je nutno naplánovat celý výrobní proces. Zvláště důležité je při první operaci vyrobít plochu, která bude při dalších sloužit jako technologická základna. Přípravek se nesmí deformovat vlivem provozních sil a tyto síly by měly (pokud je to možné) působit proti pevným dorazovým plochám. Pro snížení výrobní ceny je vhodné použít normalizované díly (je-li to možné). Obsluha má být pohodlná a jednoduchá a nesmí vyžadovat použití hrubé síly (kladivo), neboť by se jím přípravek poškozoval. Polohovací prvky nesmí omezovat pracovní proces a jejich utahování i uvolňování musí být provedeno v krátkém čase. Má-li se přípravek při pracovním procesu přemísťovat, nesmí být těžší než 15 kg. Všechny hrany, které mohou přijít do styku s rukou obsluhy, musí být upravené zkosením, nebo zaoblením, aby nedošlo ke zranění. Vkládací prostor musí umožňovat upínání součásti v bezpečné vzdálenosti od nebezpečných částí stroje. [10],[11]

3.7. Obsluha a manipulace s přípravkem

Měla by být co nejjednodušší a nejpohodlnější. Všechny upínací prvky by měly být dobře přístupné a jejich počet co nejmenší. Směr pohybu upínacích prvků je vhodné volit jednotný a to tak, aby upínání probíhalo směrem doprava. Dosedací plochy by měly být snadno dostupné z důvodu čištění. Všechny hrany, s nimiž může dělník přijít do styku, musí být sražené nebo zaoblené. Pro snížení fyzické námahy obsluhy se používají různé šrouby, výstředníky, klíny apod., které zvyšují upínací sílu. [10],[11]

3.8. Volba materiálu součástí přípravku

Materiál přípravku nebo jeho součástí musí vyhovovat požadavkům na pevnost, přesnost, tepelnou odolnost a odolnost proti opotřebení. Tato hlediska můžeme shrnout do několika bodů:

- namáhání a opotřebení součástí přípravku
- tvar a funkce součástí přípravku
- prostředí, ve kterém bude přípravek pracovat
- požadovaná přesnost přípravku
- váha přípravku
- cena a druh materiálu, případně výrobní možnosti

Jako konstrukční materiály se většinou volí oceli. Jejich konkrétní norma se volí podle potřeb pro požadovanou pevnost a další vlastnosti. Vyžadujeme-li nízkou hmotnost, je možné použít slitiny hliníku. [10],[11]

4. Vlastní konstrukční návrh přípravků

V této kapitole budou představeny konkrétní okrajové podmínky pro návrh přípravků a následně i jejich vlastní návrhy ve variantách. Přípravek pro úpravu mikrogeometrie břitů bude navrhován ve variantách s tím, že budou vypracovány návrhy pro každou z jeho čtyř funkčních částí, které jsou blíže popsány v příslušné kapitole. Přípravek pro měření mikrogeometrie bude navrhován vždy jako celek.

4.1. Stanovení okrajových podmínek

Tato diplomová práce řeší návrh a realizaci dvou přípravků pro na sebe navazující procesy a na oba dva jsou kladeny jisté požadavky. Některé požadavky jsou stejné (např. použitelnost pro stejné typy VBD) a jiné rozdílné. Tyto požadavky jsou sumarizovány v tabulce a byly sestaveny na základě konzultace autora diplomové práce, vedoucího DP, konzultantů DP a zaměstnanců firmy Hofmeister s.r.o.

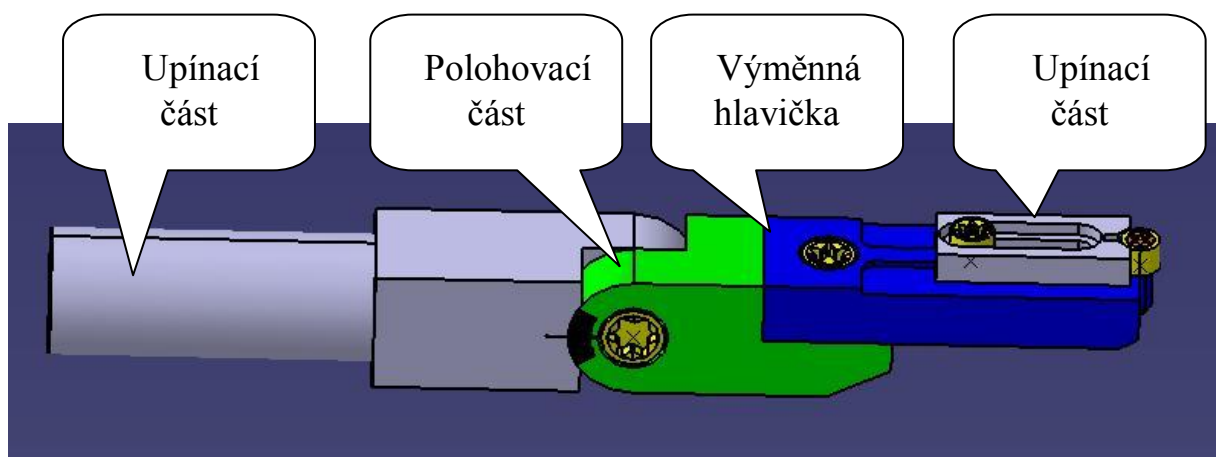
Vstupní podmínky pro úpravu mikrogeometrie	Vstupní podmínky pro měření mikrogeometrie
Možnost upnout VBD dle normy ISO ve velikostech alespoň 5 až 10 mm a tangenciálních VBD	
Možnost naklápět v rozsahu alespoň $\pm 15^\circ$	Opakovatelnost natočení
Zakrytí právě neomílaných řezných hran	Zajištění polohy na pracovním stole
Opakovatelnost upnutí	
	Opakovatelnost polohy

Tabulka 1: Okrajové podmínky pro návrh

4.2. Návrh přípravku pro úpravu mikrogeometrie bříty ve variantách

Hlavní funkční části přípravku budou popsány na základním návrhu (Obr. 21). Ten se skládá z upínací části sloužící pro upnutí do stroje OTEC, polohovacího kloubu pro nastavení a zajištění požadované polohy, výměnné hlavičky a upínací části pro upnutí VBD různých tvarů a velikostí s možností opakovaného přesného upnutí do požadované polohy. Výměnná hlavička má výhodu v možnosti výměny za jinou hlavičku stejného i rozdílného typu, ale i v tom, že není tak drobná jako samotná VBD a usnadní manipulaci při výměně VBD ve stroji, ale i při přenosu k zařízení pro vyhodnocení mikrogeometrie.

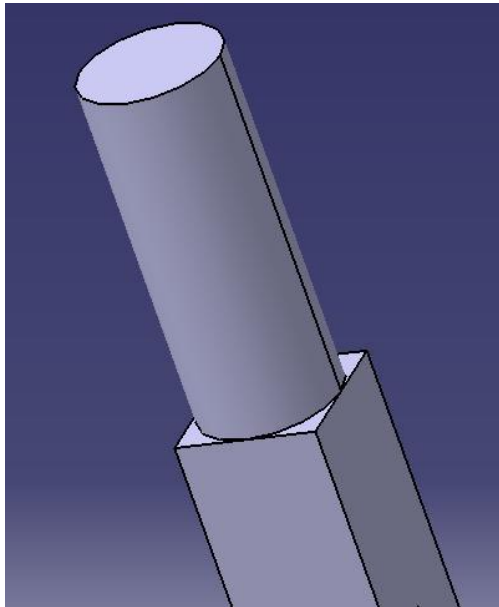
Pozn.: Barvy modelů neodpovídají skutečnosti. Jsou použity pro zpřehlednění navrhovaných přípravků.



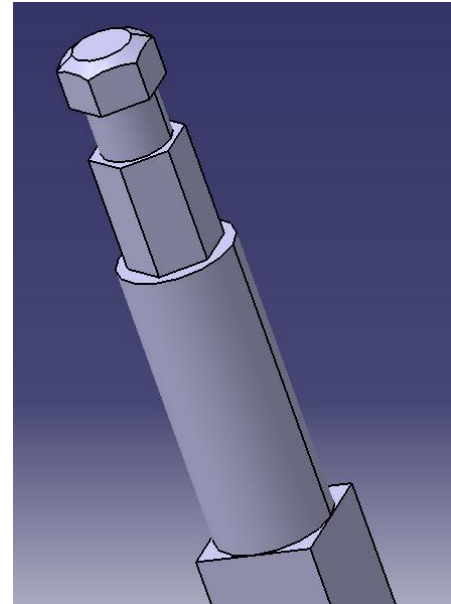
Obr. 21: Základní návrh přípravku pro úpravu mikrogeometrie bříty

4.2.1. Upínací část

Upínací část je možno použít válcovou (varianta **a**, Obr. 22), která se upne do redukčního pouzdra (Obr. 24) a to se následně upne do pracovní hlavy stroje OTEC. Druhou variantou je použití speciální stopky (varianta **b**, Obr. 23), která se upne přímo do hlavy stroje bez použití redukčního členu. Vzhledem k tomu, že mezi tuto stopku a hlavu stroje se nevkládá žádný další člen je tato stopka delší, aby se vyrovnala celková délka přípravku. Speciální stopka vychází ze šestihránného profilu se zúžením pro upnutí v hlavě a náběhového kužele pro snadnější zavedení do hlavy stroje.



Obr. 22: Válcová stopka - varianta a



Obr. 23: Speciální stopka - varianta b

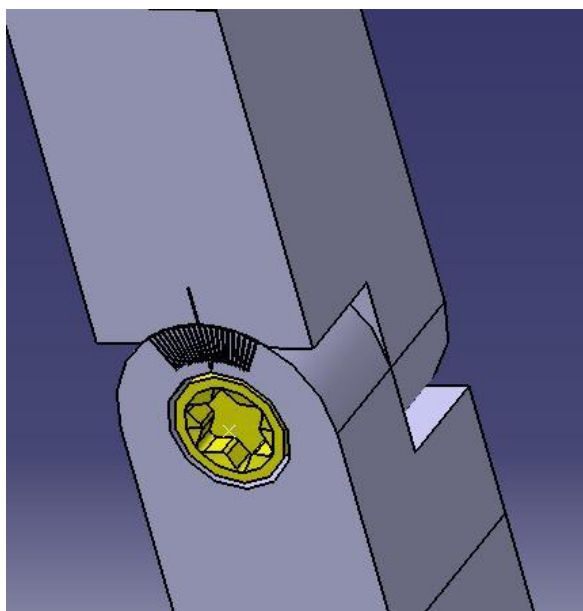


Obr. 24: Redukční pouzdro pro upínání

4.2.2. Polohovací část

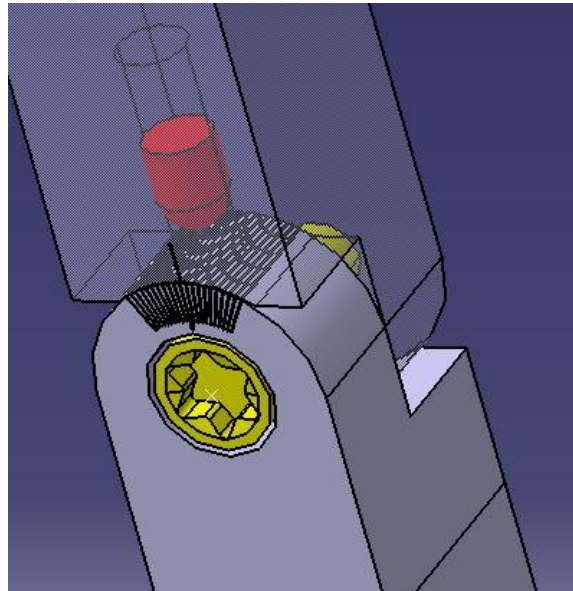
Tato část slouží k nastavení a zajištění polohy natočení směrem dopředu nebo dozadu (uvažováno vzhledem ke směru normály čela VBD). Toto natočení zajistí možnost získání různých výsledků úpravy bříty, tedy rozdílných hodnot K faktoru. Cejchování rysek je u všech variant navrženo po 3° . Tato hodnota je pro požadovaný účel dostatečná a vzhledem k velikosti přípravku je stupnice přehledná. Další totožný prvek pro všechny varianty je šroub, který požadovanou polohu zajistí a to M6x15 v pevnostní třídě 12.8 s válcovou hlavou pro klíč torx, který má velkou styčnou plochu klíče a šroubu a tedy i vysokou životnost. Tato část je navržena v následujících variantách:

Varianta a: Tato varianta je nejjednodušší a je založena na ručním nastavení do požadované polohy a následném dotažení šroubu, který danou polohu zajistí během procesu omílání. Poloha je tedy zajištěna třecí silou mezi dvěma částmi přípravku a tato třecí síla je vyvozena právě dotažením šroubu.



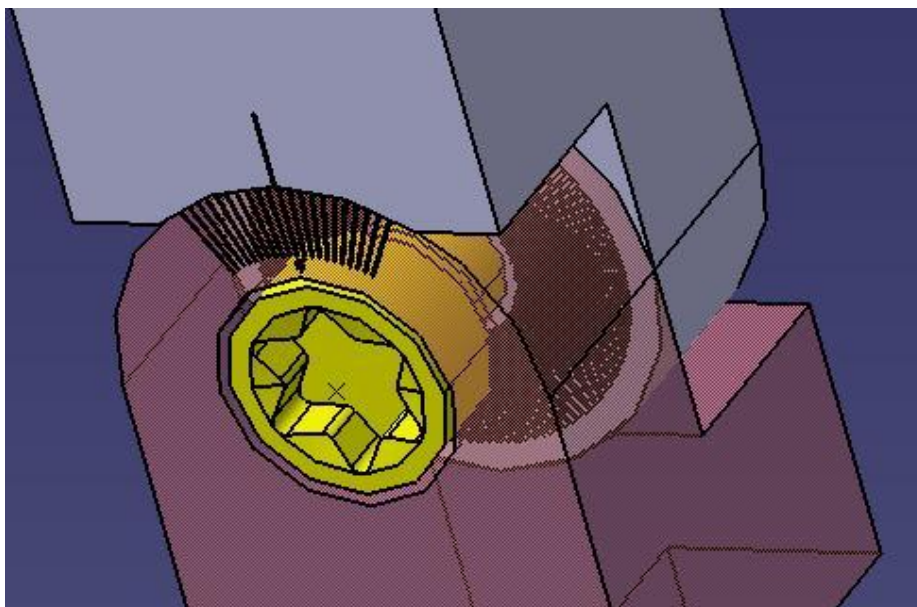
Obr. 25: Polohovací kloub - varianta a

Varianta b: U následující varianty je polohování ulehčeno drážkováním na půlkulové ploše spodní části přípravku, do které je pružinou (pro přehlednost nezobrazena) zatlačováno těleso tvaru válce s jedním zakulaceným čelem. Uvažované drážkování je navrženo se stejným rozestupem drážek jako stupnice pro odečtení polohy, tedy 3° . Toto drážkování slouží pouze k ulehčení přesného napolohování přípravku, nikoli k zajištění polohy během procesu omílání. Je tedy opět nutno polohu zajistit dotažením šroubu.



Obr. 26: Polohovací kloub - varianta b

Varianta c: Třetí uvažovaná varianta využívá k nastavení polohy do sebe zapadající drážky na obou částech přípravku. Jde tedy o princip čelní zubové spojky. Tyto drážky plní funkci jak při polohování, tak i při samotném procesu a to tím, že nejen ulehčují nastavení požadovaného úhlu, ale dokáží ho i udržet během procesu omílání. Nehrozí tedy změna úhlu při nedostatečném utažení šroubu. Rozstup těchto drážek je uvažován stejný jako rozstup rysek na stupnici pro odečtení nastavení úhlu a to 3° . Stejné rozstupy drážek jsou nutné z důvodu překrývání rysek stupnice noniu.

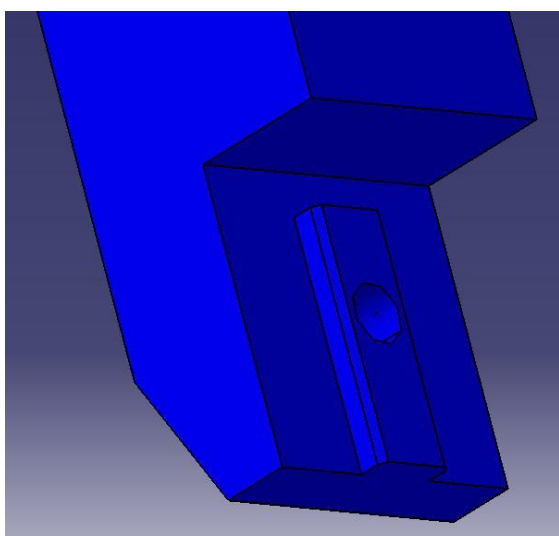


Obr. 27: Polohovací kloub - varianta c

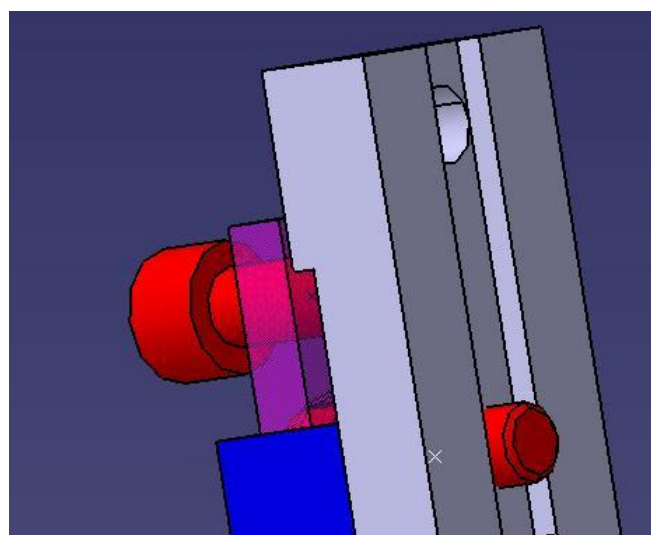
4.2.3. Výměnná hlavička

Tato část slouží pro upnutí VBD různých tvarů a velikostí s možností opakovaného přesného upnutí do požadované polohy. Tato výměnná hlavička má výhodu nejen v možnosti výměny za jinou stejného nebo rozdílného typu (je tedy možné mít pouze jedno základní těleso pro polohování a v něm používat několik hlaviček), ale i v tom, že usnadňuje manipulaci se samotnou VBD. Výměnné břitové destičky mohou mít velikost např. 5mm a tloušťku 2,38mm a s takovouto destičkou je manipulace problematická v tom, že při přenášení snadno vypadne z ruky a následně se může poškodit, či ztratit. Při přenášení VBD již upnuté v hlavičce se toto riziko minimalizuje.

Pro zajištění přesné a opakovatelné polohy slouží lůžko s perem umístěné na polohovací části přípravku (Obr. 28: Detail uložení hlavičky Obr. 28), které přesně zapadne do drážky ve spodní dosedací ploše výměnné hlavičky (Obr. 29). Vzájemnou vazbu mezi polohovací částí přípravku a výměnnou hlavičkou zajišťuje šroub M6x15. Kvůli abrazivnímu opotřebení a časté montáži a demontáži je zvolena pevnostní třída 12.8.



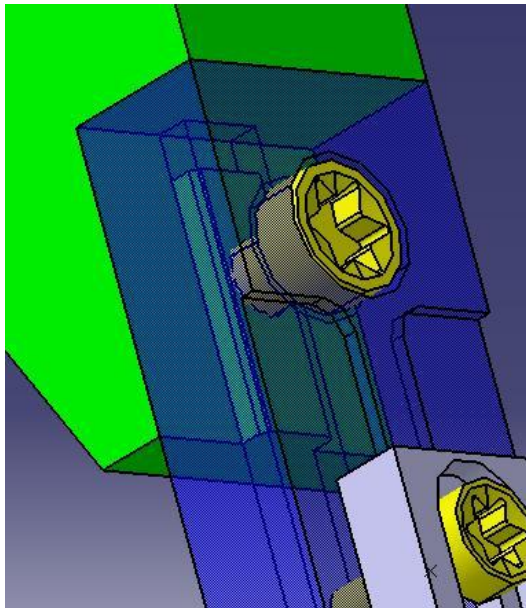
Obr. 28: Detail uložení hlavičky



Obr. 29: Detail drážky

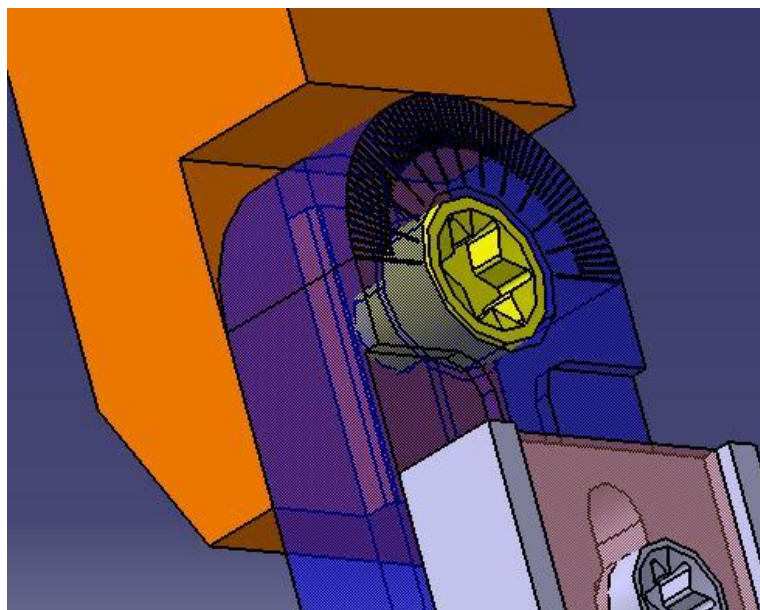
Samotný tvar výměnné hlavičky je navržen v následujících variantách:

Varianta a: Tato navržená varianta je zakončena hranatou částí bez dalších funkcí.



Obr. 30: Výměnná hlavička - varianta a

Varianta b: Tato varianta na rozdíl od předchozí není zakončena hranatou částí, ale zaoblenou se stupnicí pro natáčení. Natáčení však u tohoto přípravku není možné, jelikož je výměnná hlavička proti otočení zajištěna perem a drážkou, má však funkci u jedné z variant přípravku pro měření mikrogeometrie bříty. Tato funkce bude detailněji popsána v kapitole příslušné varianty přípravku pro měření mikrogeometrie bříty.



Obr. 31: Výměnná hlavička - varianta b

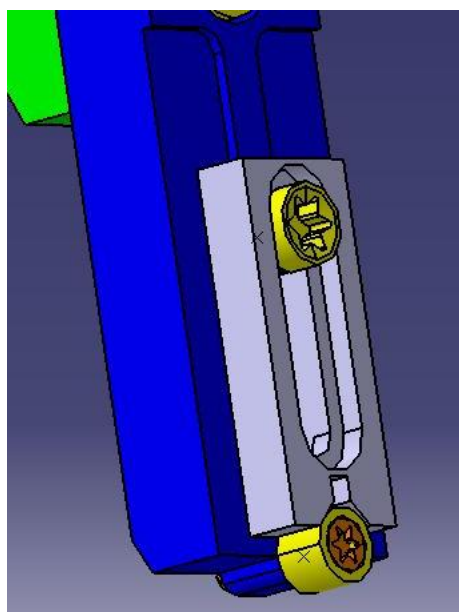
4.2.4. Upínací část výměnné hlavičky

Tento prvek má za úkol plnit funkci udržení nastavené polohy a udržení VBD v této poloze. Cílem je zajistit upnutí VBD popsanych normou ISO. Tedy různé tvary a různé velikosti. Není však nutno pokrýt veškeré rozměry, které norma popisuje, dostatečný rozsah pokrytí pro plánované použití je pro velikosti 5 až 10 mm. Tyto VBD se vyrábí se středovou dírou i bez ní, je tedy nutno zajistit upnutí obou možnostmi. Středová díra může mít u různých uvažovaných velikostí VBD různý průměr a to cca od průměru 2,2mm do 5mm. Pro použití vhodného šroubu by bylo nutno vyrobít větší množství totožných výměnných hlaviček lišících se pouze závitem pro upevnění VBD. To by bylo neekonomické, a proto je vhodnější vyrobít výměnnou hlavičku se závitem odpovídajícím nejmenšímu předpokládanému závitu a v případě potřeby upnout VBD s příliš velkou dírou pro tento šroub by se použil šroub s integrovanou podložkou a ten by již zajistil upnutí s dostatečnou styčnou plochou mezi šroubem a VBD.

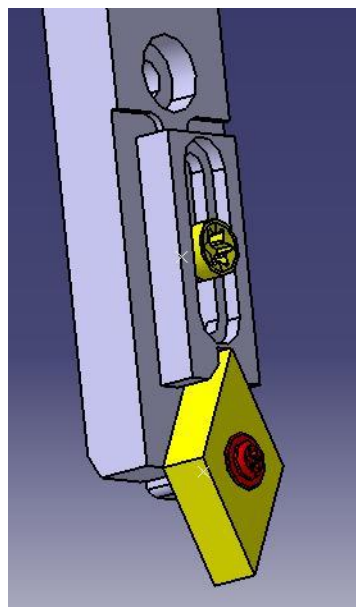
Další možností tvaru VBD, nad rámec tvarů popsanych normou ISO jsou tangenciální VBD. Vzhledem k rozdílné geometrii klasických a tangenciálních VBD se nepodařilo navrhnout přípravek, který by dokázal upnout dle požadavků veškeré požadované typy VBD. Pro tuto část přípravku je možno navrhnout velké množství různorodých variant a proto je tento prvek navržen ve více variantách, než předchozí prvky.

Pro názornost jsou popisované varianty vyobrazeny s různými tvary a velikostmi VBD. tyto VBD jsou vždy vyobrazeny ve žluté barvě.

Varianta a: Tato varianta je navržena jako základní koncept, který slouží pro upínání VBD podle normy ISO, ovšem pouze pro ty se středovou dírou. Poloha dorazu se nastavuje ručně podle aktuálně použité VBD a ve své poloze se následně zajistí utažením šroubu. Směr posuvu a polohy dorazu je zajištěn systémem pero – drážka ve styčných plochách na sebe dosedajících součástí. VBD je proti pootočení během procesu omílání zajištěna tvarovou částí dorazu a na určeném místě je zajištěna šroubem. Na Obr. 32 je vyobrazena s VBD průměru 6mm a odpovídajícím šroubem, obrázek Obr. 33 zobrazuje VBD kosočtvercovou velikosti 12,7mm s větší středovou dírou upnutou šroubem s integrovanou podložkou.

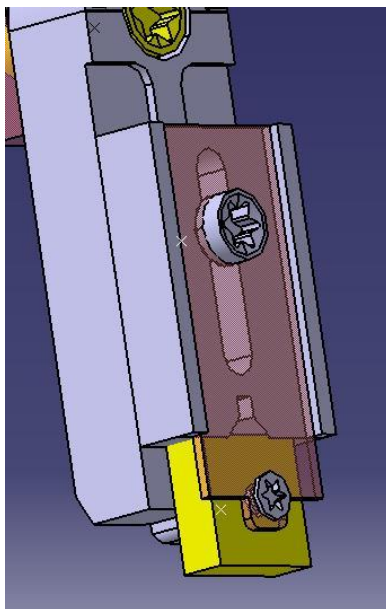


Obr. 32: Upínací část výměnné hlavičky - varianta a



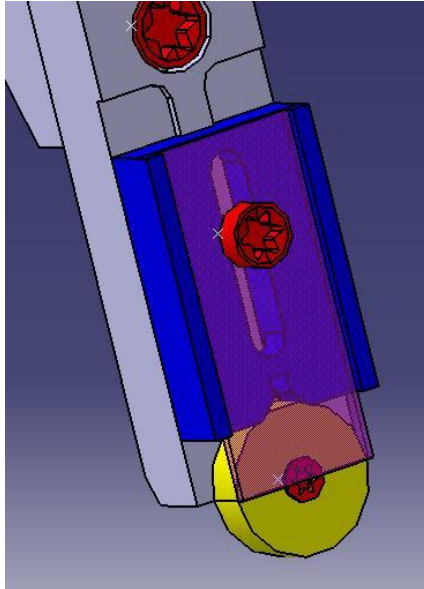
Obr. 33: Upínací část vým. hlavičky – varianta a

Varianta b: Varianta **a** nesplňuje jeden z požadavků a to ten, že nedokáže během procesu omílání zakrýt břit, který k omílání v danou dobu není určen. Při naklopení přípravku dopředu či dozadu totiž nedochází k požadovanému stejnému zaoblení spodní a horní řezné hrany VBD. Tento nedostatek je již ošetřen variantou **b**. Ta je na rozdíl od předchozí doplněna krytkou, která dosahuje přesně do osy středového šroubu, a tedy umožní úpravu VBD přesně do poloviny. Druhá polovina VBD se upraví po otočení VBD o 180° kolem osy středové díry. Krytka na svém místě drží pomocí šroubu, který na svém místě drží i právě omílanou VBD. Krytka je proti otočení při provozu zajištěna zvýšenými boky dorazu.



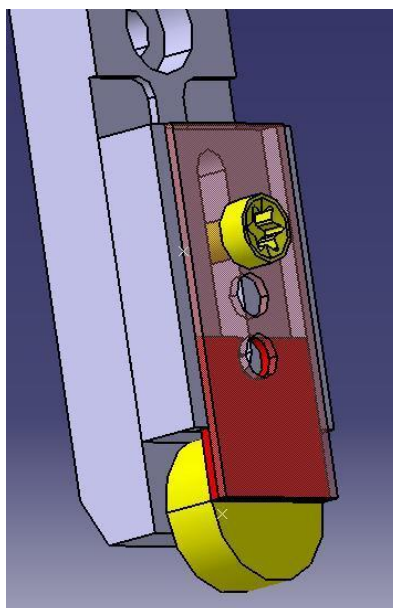
Obr. 34: Upínací část výměnné hlavičky - varianta b

Varianta c: Tato varianta je stejně jako předchozí osazena krytkou břitu, který se nemá v danou dobu omílat. Rozdíl je v tom, že u varianty **b** byla krytka upevněna stejným šroubem jako VBD a u této varianty je upevněna šroubem, který je primárně určen k upevnění dorazu. Zajištění proti pootočení během provozu je zde opět zajištěno zvýšenými boky dorazu. V případě, že by se postupně v jedné hlavičce omílalo více stejných VBD a nebylo by tedy vhodné hýbat s dorazem, je možno tuto variantu doplnit o vybrání pro šroubovák v krytce v místě středového šroubu VBD.



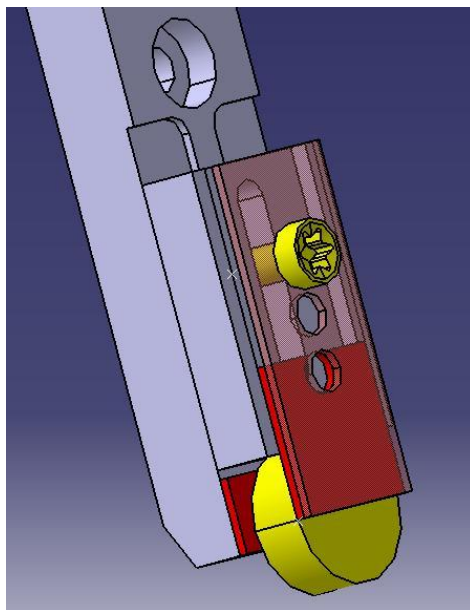
Obr. 35: Upínací část výměnné hlavičky - varianta c

Varianta d: Tento systém je navržen pro upínání VBD bez středové díry, tu často nemají například cermetové a keramické VBD. Princip upnutí spočívá v tom, že se VBD položí do požadované polohy na dosedací plochu výměnné hlavičky a přisune se doraz. Následně se přiloží pružná krytka podlepená adhezním materiálem a dotáhne se šroubem. Tato krytka dosahuje přesně k čelu hlavičky a je vhodné VBD vložit tak, aby se omícala přesně do poloviny. Toto je na rozdíl od VBD se středovou dírou problematictější a je třeba větší pečlivost při obsluze. Funkce je tedy založena na principu přitlačení listovou pružinou. Pro možnost změny délky páky a tím i změny přitlaku jsou hlavička i krytka opatřeny několika otvory pro šroub a ten se vždy vloží do vhodného otvoru. Proti otočení je krytka zajištěna zvýšenými boky dorazu.



Obr. 36: Upínací část výměnné hlavičky - varianta d

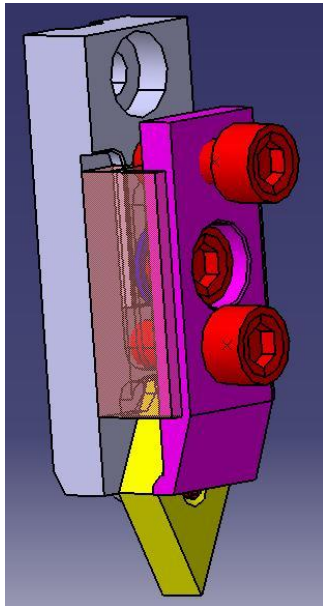
Varianta e: Tato varianta se od předchozí liší tím, že adhezní vrstva je nanášena na obě plochy, které svírají VBD. Tím se ještě zvýší tření a tedy i jistota, že VBD se během pracovního procesu v přípravku neposune. I tato varianta je opatřena několika otvory pro šroub pro možnost změny přítlaku na VBD. Proti otočení slouží i u této varianty zvýšené boky dorazu.



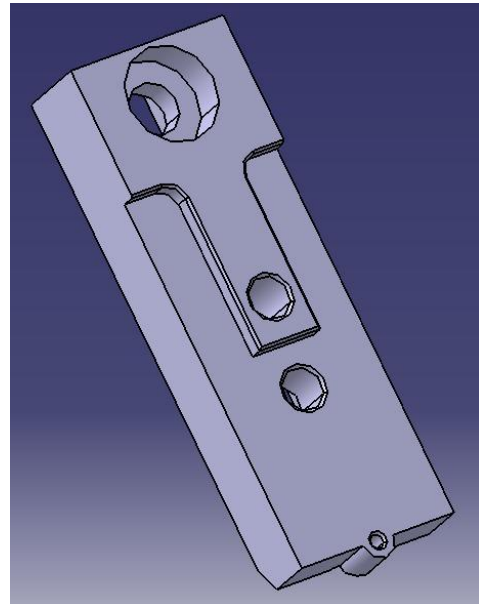
Obr. 37: Upínací část výměnné hlavičky - varianta e

Varianta f: Tato varianta je určena pro upnutí VBD se středovou dírou i bez ní. Při upnutí VBD se středovou dírou se upevní šroubem, přisune se doraz pro zajištění proti otočení a následně přikryje do poloviny krytkou a ta se spolu s dorazem zajistí ve své poloze.

Při použití VBD bez středové díry se tato VBD vloží do polohy a přisune se k ní doraz, ten je možno utáhnout ihned. K zajištění upínky slouží šroub uprostřed. Dále se přiloží krytka, která u této varianty plní funkci krytky a zároveň upínky. Tato krytka (upínka) je spodním šroubem přitahována k tělesu výměnné hlavičky a tedy vyvozuje sílu směrem dolů. Horní šroub je v krytce umístěn v otvoru se závitem, ale v samotném tělese výměnné hlavičky žádný příslušný otvor nemá. Tento šroub se tedy opírá o horní plochu výměnné hlavičky a při utahování má tendenci zvedat krytku. Tento systém zajistí dostatečné upnutí VBD v požadované poloze. Tento šroub v podstatě zastupuje funkci podložek u klasických upínek. Použití podložek by bylo taktéž možné, ovšem vzhledem k široké škále tloušťek VBD by toto řešení nebylo praktické. Stejně jako u předchozích variant, tak i u této dosahuje krytka přesně na okraj tělesa výměnné hlavičky, tedy do středu VBD a jejímu natočení během pracovního procesu je opět zamezeno zvýšenými boky dorazu.

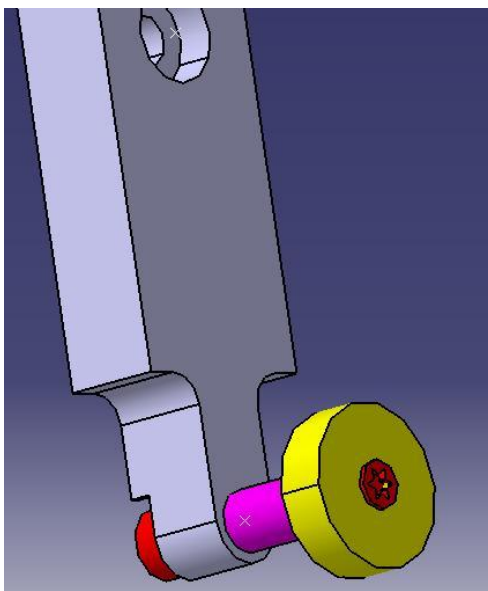


Obr. 38: Upínací část výměnné hlavičky - varianta f



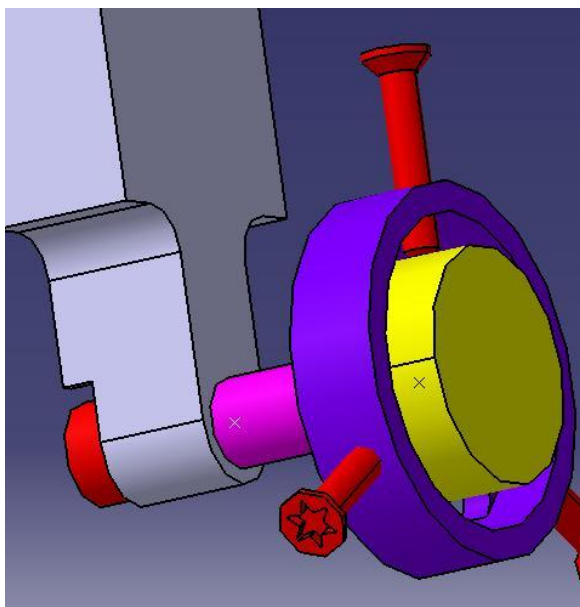
Obr. 39: varianta f - detail

Varianta g: Především u kruhových VBD může být problém jejich přesné otočení o 180° kolem vlastní osy a v případě nedodržení přesného otočení by mohla vzniknout přechodová část ostří, která by upravená nebyla vůbec, nebo by její zaoblení bylo příliš velké. Z tohoto důvodu je vhodné právě kruhové VBD upravovat po celém obvodu najednou. K tomuto účelu je navržena varianta **g**, která je založena na jednoduchém tělese výměnné hlavičky, ke kterému se připevní redukční člen a na ten se následně připevní VBD. Omílaná VBD je vyvýšena nad úroveň výměnné hlavičky z důvodu snazšího obtékání abrazivního média. Nevýhodou této varianty je však ztráta možnosti naklápění přípravku, jelikož při naklopení by již nedocházelo ke stejné úpravě ve všech bodech břitu VBD. Tato nerovnoměrnost je zapříčiněna měnícím se úhlem dopadu abrazivních částic během omílání s naklopeným přípravkem. Naklápění však umožňuje i pracovní hlava stroje OTEC a její naklápění možné je i při použití této varianty. Naklápění pracovní hlavy stroje ovšem neumožňuje takovou variabilitu jako naklápění samotného přípravku.

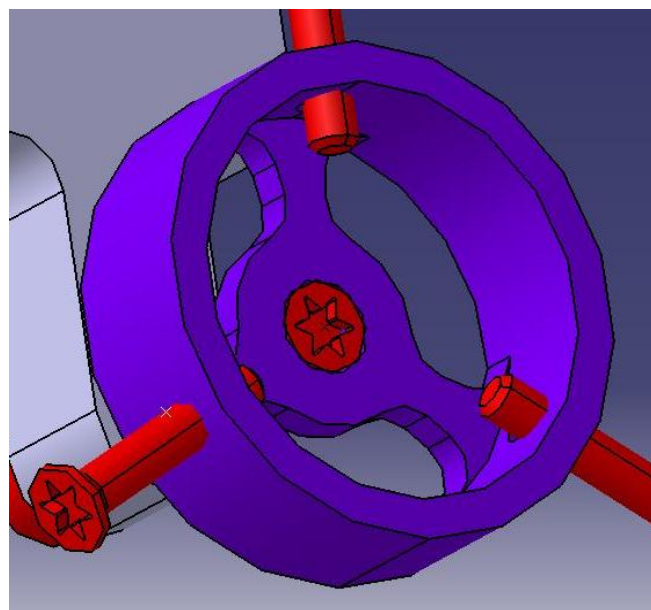


Obr. 40: Upínací část výměnné hlavičky - varianta g

Varianta h: Variantu g je možno použít pouze pro VBD se středovou dírou. Některé kruhové VBD se ovšem vyrábějí bez středové díry (např. cermetové) a nebylo by je možno do tohoto přípravku upnout. Tento nedostatek je ošetřen u varianty **h**, kde se VBD upínají pomocí 3 šroubů umístěných po obvodu a celá VBD je částečně ponořena do válcového držáku s vybráním ve středu. Kromě vyvýšení nad základní část výměnné hlavičky je dno válce navíc opatřeno otvory pro snazší obtékání abrazivního média. Nevýhodou tohoto řešení je stejně jako u předchozího nemožnost naklápění přípravku, při kterém by nedošlo k rovnoměrné úpravě břitu po celém obvodu VBD.

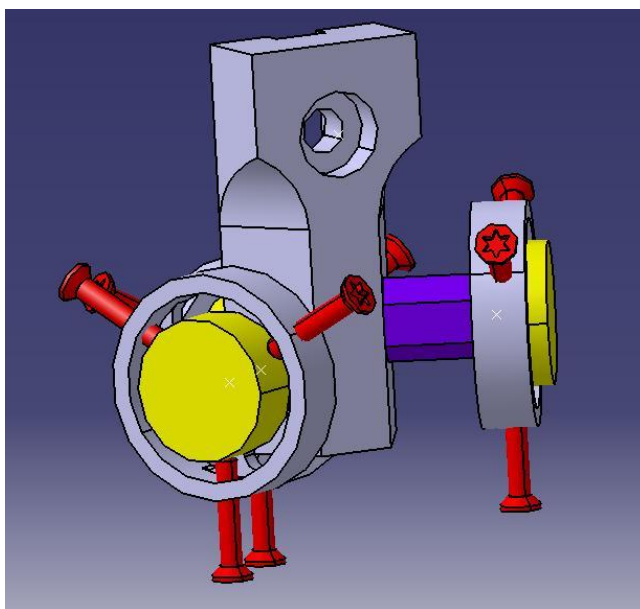


Obr. 41: Upínací část vým. hlavičky - varianta h



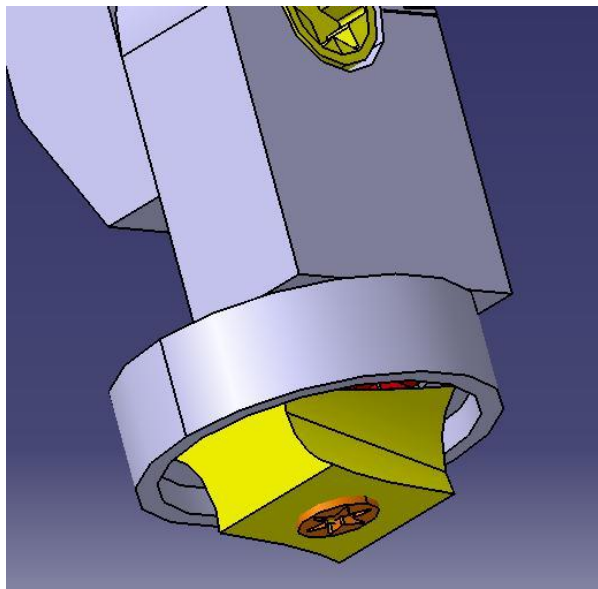
Obr. 42: varianta h - detail

Varianta i: Tato varianta vychází z předchozí s tím, že umožňuje upnutí více VBD. Pokud se omílá celá VBD najednou, tak není možné naklápění přípravku, je ovšem možné zvýšit produktivitu umístěním více VBD do jednoho přípravku. Vyobrazený návrh je osazen 3 upínacími prvky rozmístěnými po 120° a s mírným výškovým přesazením. Výškové přesazení má důvod v tom, že by se bez něj protínaly závitové otvory pro redukční členy (ilustrovány fialově). Toto výškové přesazení je malé a nezpůsobilo by nerovnoměrnost opracování řezných hran v důsledku různé hloubky ponoření do abrazivního média.



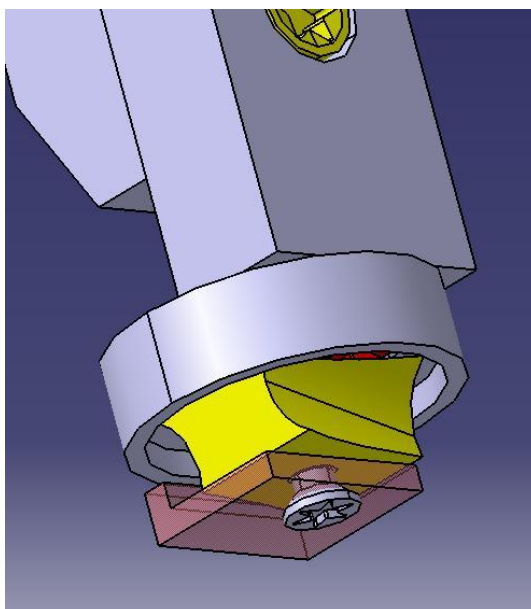
Obr. 43: Upínací část výměnné hlavičky - varianta i

Varianta j: Žádná z variant a až i není navržena pro úpravu mikrogeometrie břitu tangenciálních VBD. Pro tyto VBD slouží následující návrh, který se od předchozích liší především z důvodu rozdílné geometrie tangenciálních VBD. Toto řešení předpokládá umístění tangenciálních VBD do válce s vybráním ve středu. Dno válce a obvodová stěna ve tvaru mezikružší zde tedy zakrývají řezné hrany, které se právě nemají omílat. Zbývající 1 až 2 řezné hrany (v závislosti na typu VBD) jsou odkryté a probíhá jejich úprava. Tato základní varianta nemá krytku břitu, který se nemá omílat a je s ní tedy možné upravovat VBD pouze bez náklonu přípravku.



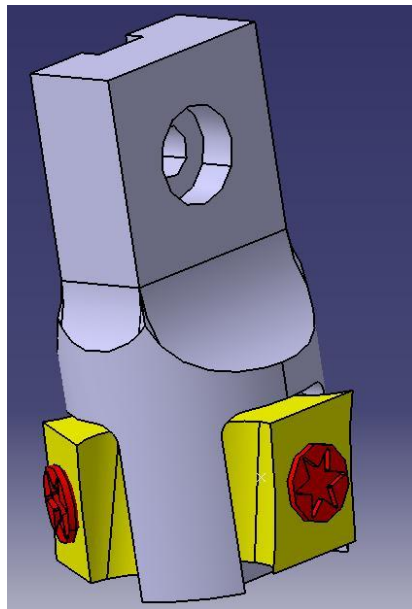
Obr. 44: Upínací část výměnné hlavičky - varianta j

Varianta k: Tato varianta je koncepčně stejná jako předchozí, s tím rozdílem, že je doplněna krytkou břitu, který se nemá omílat současně s odkrytým. Tato krytka má průřez ve tvaru písmene L a je k VBD připevněna pomocí upínacího šroubu. Výhoda tohoto řešení spočívá v možnosti využít naklápění přípravku, což předchozí varianta neumožňuje. Za nevýhodu lze považovat to, že během jednoho pracovního cyklu lze omílat jen jednu řeznou hranu.



Obr. 45: Upínací část výměnné hlavičky - varianta k

Varianta I: Tato výměnná hlavička určená pro úpravu mikrogeometrie břitu tangenciálních VBD má válcovou upínací část s vybráním v místech pro upnutí VBD. Toto vybrání zabrání omílání řezných hran, které v tu chvíli přiléhají ke dnu vybrání a úprava bude probíhat pouze na břitech na vnější straně VBD. Břitové destičky jsou zde uchyceny téměř ve stejné poloze jako na nástroji a nejsou doplněny krytkou. Při omílání jedním směrem by nebylo možné dosáhnout stejného zaoblení na všech břitech, ovšem při omílání jedním a poté stejný čas druhým směrem budou vystaveny stejnému abrazivnímu účinku a dosáhnou tedy i stejného zaoblení břitu. U této varianty se opět ztrácí výhoda v naklápění přípravku a zůstává pouze možnost naklápění pracovní hlavy stroje. Za výhodu lze považovat produktivitu, jelikož je omíláno více VBD najednou.



Obr. 46: Upínací část výměnné hlavičky - varianta I

4.3. Návrh přípravku pro měření mikrogeometrie břitu ve variantách

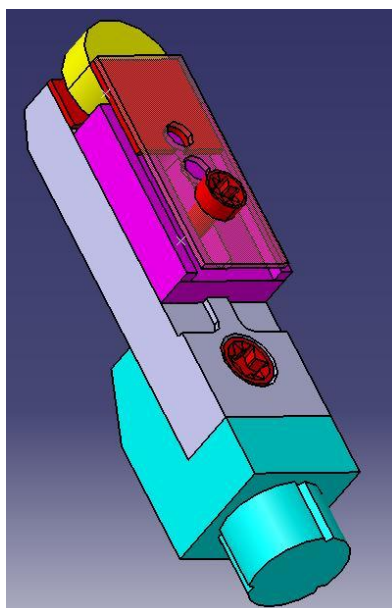
Kapitola 4.2 pojednává o návrhu přípravku pro úpravu mikrogeometrie břitu a to konkrétně pro aplikaci v omílacím stroji OTEC. Máme-li již tuto mikrogeometrii upravenou, následuje její vyhodnocení pomocí zařízení firmy Alicona GmbH. K tomu je zapotřebí přípravek, který umožní nastavit požadovanou polohu a zároveň zajistí její opakovatelnost v případě opakování vyhodnocování. O návrhu tohoto přípravku pojednává následující text a tento přípravek je navržen v následujících variantách. Jedním z požadavků na tento přípravek je možnost zajištění polohy na pracovním stole mikroskopu. Tuto polohu lze jednoduše zajistit pomocí dvou šroubů a pro jednoduchost není na následujících modelech zobrazeno. Toto zajištění bude detailně řešeno pouze u vybrané varianty.

Pozn.: Barvy modelů neodpovídají skutečnosti. Jsou použity pro zpřehlednění navrhovaných přípravků.

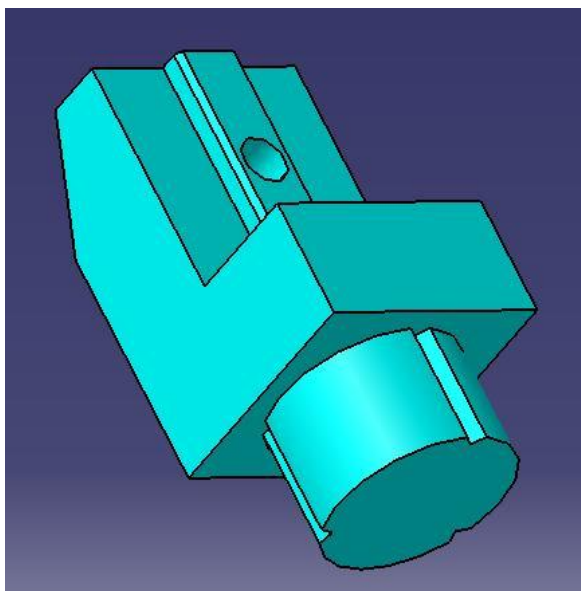
Varianta a: Základní návrh přípravku pro měření mikrogeometrie břitu spočívá v jednoduchém držáku, který se upne do sklíčidla přípravku pro měření mikrogeometrie monolitních nástrojů (Obr. 49) a do něj se následně umístí výměnná hlavička, jejíž navrhované varianty byly představeny již dříve. Opakovatelná poloha ve svěráku je zajištěna v axiálním směru zasunutím na doraz a ve směru kolem vlastní osy je zajištěna třemi drážkami po obvodu upínací části přípravku, do kterých přesně zapadnou čelisti sklíčidla.

Zajištění polohy samotné výměnné hlavičky v přípravku je zajištěno spojem pero – drážka a utažením šroubu.

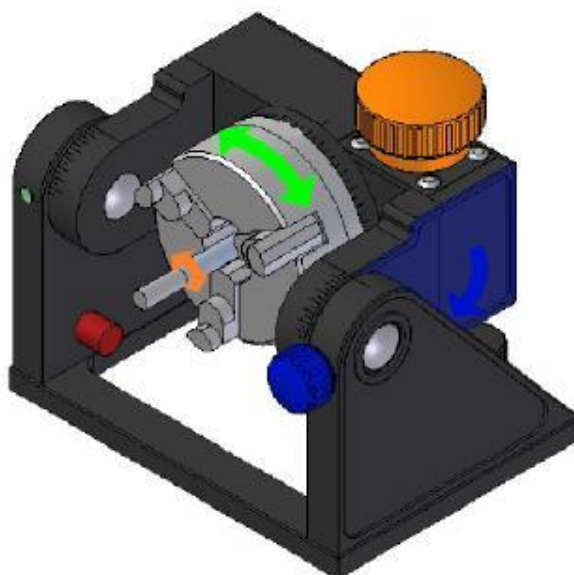
Tato varianta umožňuje přesné natáčení kolem jedné osy (zelená šipka) pomocí převodu v přípravku pro měření monolitních nástrojů a kolem vodorovné osy (modrá šipka) umožňuje pouze nastavení ruční, které se následně zajistí dotažením šroubu (modrý šroub). Zajištění polohy na pracovním stole je umožněno pomocí dvou šroubů spojujících těleso přípravku s pracovním stolem. Otvory pro šrouby jsou v zadní části přípravku a na vyobrazeném modelu nejsou vidět.



Obr. 47: Přípr. pro měření mikrogeometrie – var. a

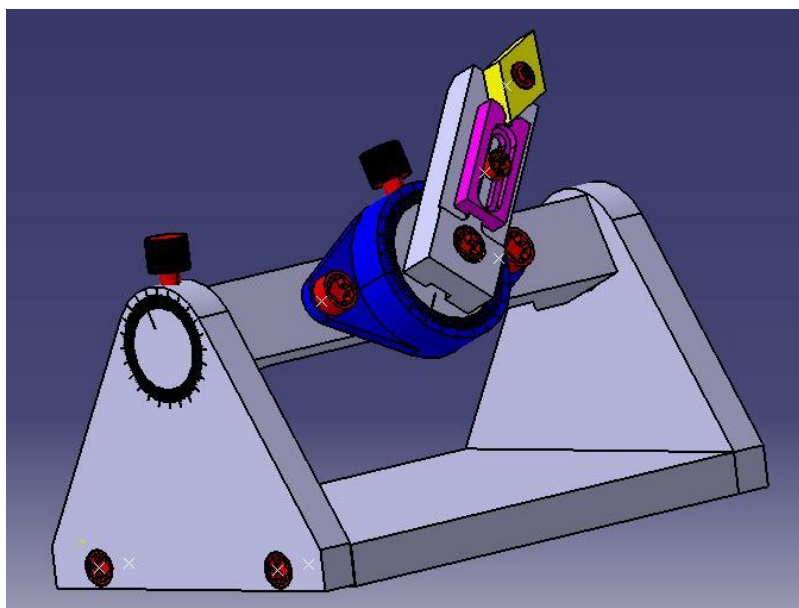


Obr. 48: Varianta a - detail



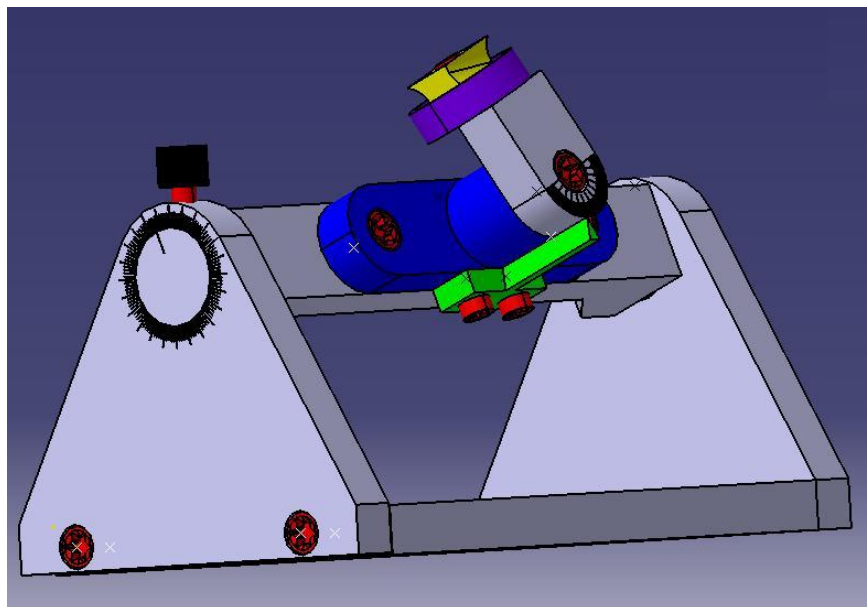
Obr. 49: Svěrák pro monolitní nástroje [12]

Varianta b: Tato varianta přípravku je založena na možnosti rotace kolem 2 os a to kolem vodorovné (vzhledem k pracovnímu stolu mikroskopu) a kolem osy kolmé ke spodní ploše VBD. První jmenovaná osa je uložena v kluzných ložiskách a na jedné straně je opatřena stupnicí pro odečítání úhlu naklonění. Rotace kolem druhé osy je umožněna díky bubínku, který opět využívá kluzná ložiska a je umístěn na příčce, která rotuje kolem vodorovné osy. Poloha natočení obou os se nastavuje ručně a zajišťuje dotažením příslušného rychloupínacího šroubu.



Obr. 50: Přípr. pro měření mikrogeometrie – var. b

Varianta c: U této navrhované varianty je stejně jako u předchozí možnost rotace kolem 2 os. Zatímco rotace kolem vodorovné osy je opět umožněna uložením v kluzných ložiskách a na jedné straně je opatřena stupnicí, tak rotace kolem druhé osy je zde zajištěna ručním otáčením kolem středového šroubu a zajištění polohy se provede jeho dotažením. Odečítání nastavené polohy je umožněno díky použití výměnné hlavičky varianty **b**, tedy hlavičky se zaoblenou upínací částí a se stupnicí pro odečítání úhlu natočení. Jako ukazatel tohoto natočení je zde použita ručka (na obrázku ilustrována zeleně) ukazující na příslušnou rysku stupnice výměnné hlavičky.



Obr. 51: Přípr. pro měření mikrogeometrie – var. c

Rotační stůl: Ačkoli se v tomto odstavci nejedná o další navrhované variantě, je umístěn právě na toto místo, jelikož pojednává o součásti, která je shodná pro následující 2 varianty **d** a **e**. Tento rotační stůl je vyráběn jako komponent pro univerzální použití a dodává jej firma ELESA+GANter CZ s.r.o., anebo podobný produkt dodává firma ERO Führungen GmbH. Tento přípravek slouží pro nastavení úhlu s přesností dle konkrétního typu 1 až 2° a jeho vhodné varianty jsou vyráběny s průměry těla od 50 mm do 100 mm. Otočný mechanismus tohoto přípravku dokáže zajistit přesnější nastavení polohy, než lidská ruka a je zakomponován do již zmíněných variant **d** a **e**. Za nevýhodu lze považovat relativně vysokou cenu (viz. Tabulka 2). Tělo a stůl přípravku jsou vyrobeny u variant od firmy ELESA+GANter z nerezové oceli AISI 303 a kolečko pro ruční ovládání je vyrobeno z hliníku a povrchově upraveno černou eloxovanou vrstvou. Obě nabízené varianty této firmy obsahují šnekovou převodovku s jedním převodovým stupněm. Varianty od firmy ERO Führungen jsou celé vyrobeny z eloxovaného hliníku. Výrobky firmy ERO Führungen jsou navíc vyrobeny tak, že umožňují rychlé otáčení (konec výstupní hřídele) a pomalého otáčení (ovládací prvek ve středu výstupní hřídele). Jsou navíc opatřeny druhou stupnicí značenou po minutách a aretační pákou pro fixaci polohy. Umožňují tedy rychlé nastavení do přibližné polohy a následné přesné doladění této požadované polohy. Montáž tohoto přípravku do sestavy je zajištěna pomocí závitových děr v podstavě a v rotačním stole přípravku. [13],[16]



Obr. 52: Rotační stůl GN 900.6[13]



Obr. 53: Rotační stůl VS100DTA [16]

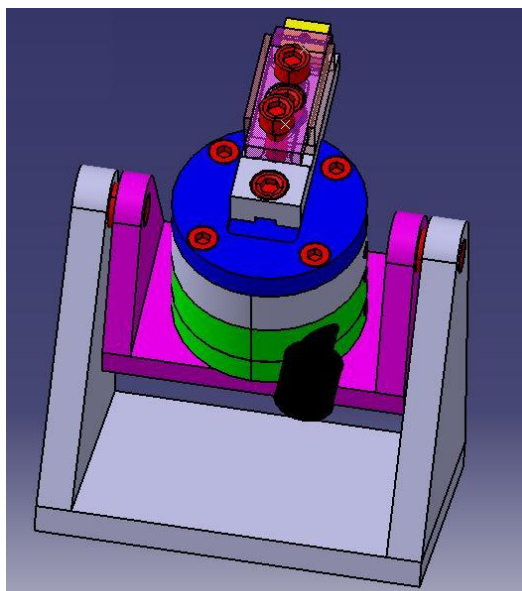
Označení	Průměr přípravku [mm]	Cena [Kč]
E+G GN 900.6 55	55	21 682
E+G GN 900.6 80	80	40 441
ERO VS 50 DTA	50	9 890
ERO VS 75 DTA	75	11183
ERO VS100DTA	100	12375

Ceny jsou včetně DPH a jsou platné ke dni 9.3.2012 [13]

Tabulka 2: Informace o rotačních přípravcích [13],[16]

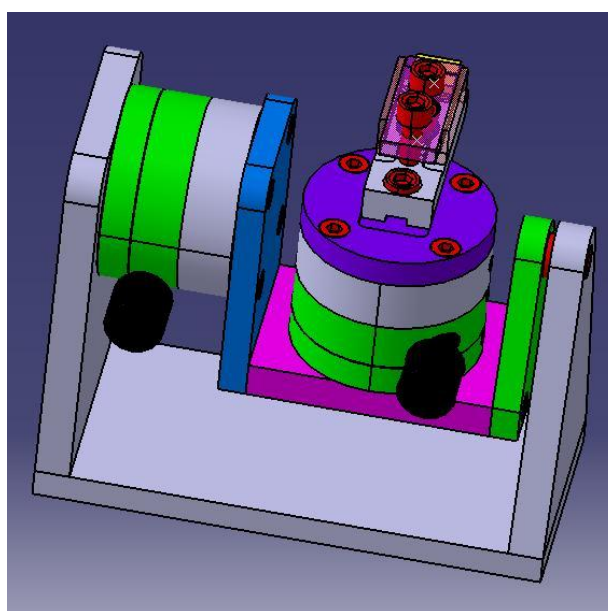
Obě následující varianty jsou zobrazeny s rotačním stolem o průměru 55 mm. U varianty e mají tento průměr oba rotační stoly.

Varianta d: Tato varianta předpokládá použití kolébky s ručním naklápěním s tím, že by na jedné straně byla umístěna stupnice pro odečítání polohy a šroub pro ruční utahování k zajištění nastavené polohy. Rotace kolébky je umožněna pomocí dvou kluzných ložisek. Na této kolébce je uložen rotační stůl GN 900.6 ve velikosti 55 mm. Ten zajišťuje rotaci kolem druhé pracovní osy a její zajištění není nutné, jelikož mechanismus tohoto přípravku je samosvorný. Výměnnou hlavičku nelze umístit přímo na rotační stůl, jelikož by nebylo možno zajistit opakovatelnost polohy. Na rotačním stole je speciální mezičlen s vybráním pro výměnnou hlavičku. Umístěním výměnné hlavičky do tohoto vybrání a následným utahováním šroubu je zajištěna požadovaná poloha. Mezičlen je k rotačnímu stolu připevněn čtyřmi šrouby v příslušných polohách.



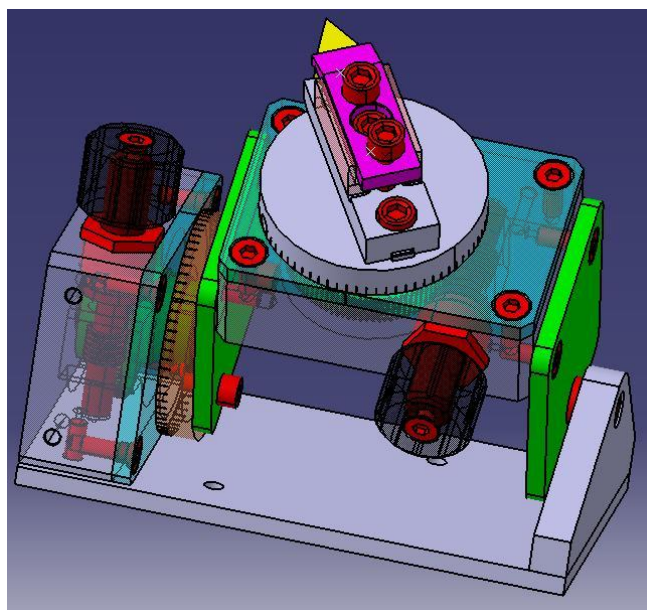
Obr. 54: Přípr. pro měření mikrogeometrie – var. d

Varianta e: Tento návrh je založen na přesném polohování obou dvou os. Princip tedy spočívá v použití jednoho rotačního stolu k polohování vodorovné osy a druhého k polohování samotné výměnné hlavičky. Rotační přípravek určený k naklápění kolem vodorovné osy je podstavou připevněn k rámu přípravku a jeho otočná část je připevněna ke kolébce. Tím je zajištěna stálá poloha ovládacího kolečka. Druhý přípravek určený k naklápění samotné výměnné hlavičky je podstavou připevněn ke kolébce a na jeho rotační část je umístěn stejný mezičlen, jako je tomu v případě varianty **d**. Ovládací kolečko druhého rotačního přípravku si zachovává konstantní polohu vůči kolébce a otáčí se pouze jeho rotační část s výměnnou hlavičkou a tedy i s VBD. Tyto rotační stolky mají samosvorný mechanismus a není tedy třeba dodatečně řešit zajištění polohy. Ložisko na pravé straně obrázku plní úkol podpěry a má za úkol zvýšit tuhost přípravku. Na rozdíl od předchozí varianty je u této kolébka sestavená z více součástí a to z důvodu snazší montáže.



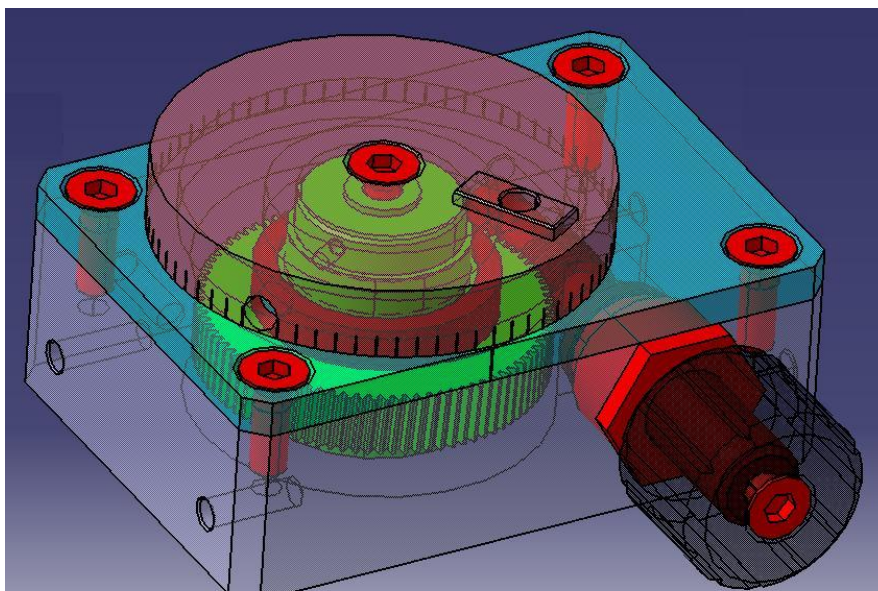
Obr. 55: Přípr. pro měření mikrogeometrie – var. e

Varianta f: Vzhledem k vysoké ceně a přílišné univerzálnosti továrně vyráběných rotačních stolů, které vyžadují použití většího množství redukčních členů, vznikla tato varianta. Zde je navrženo použití rotačního stolu podle vlastního návrhu. Ten na rozdíl od nakupovaného přípravku neslouží pro univerzální použití, ale je navržen pro konkrétní potřeby a proto odpadá použití redukčních členů a složité kolébky. Oba použité rotační přípravky mají totožný základ a liší se pouze použitým stolem, který je vždy modifikován pro konkrétní aplikaci. V levé části obrázku (Obr. 56) je vidět přípravek pro rotaci kolem vodorovné osy, ten má stůl se dvěma závitovými dírami (Obr. 58) pro uchycení levé bočnice. Na tuto bočnici dále navazuje druhý přípravek, který je osazen stolem přizpůsobeným pro upnutí výměnné hlavičky s měřenou VBD (Obr. 57). Kluzné ložisko v pravé části přípravku slouží jako podpěra a zvyšuje tuhost přípravku, letmé uložení by v tomto případě nebylo dostatečně tuhé. Oba stoly jsou po obvodu značeny ryskami pro odečítání úhlu natočení. Ryska ukazující na příslušnou rysku na stole je umístěna na víku převodovky. Tato varianta umožňuje například i výměnu stolku pro upínání výměnné hlavičky za jiný dle aktuálních požadavků, nebo například i nasazení sklíčidla (po modifikaci) pro upnutí nástrojů s válcovou stopkou.



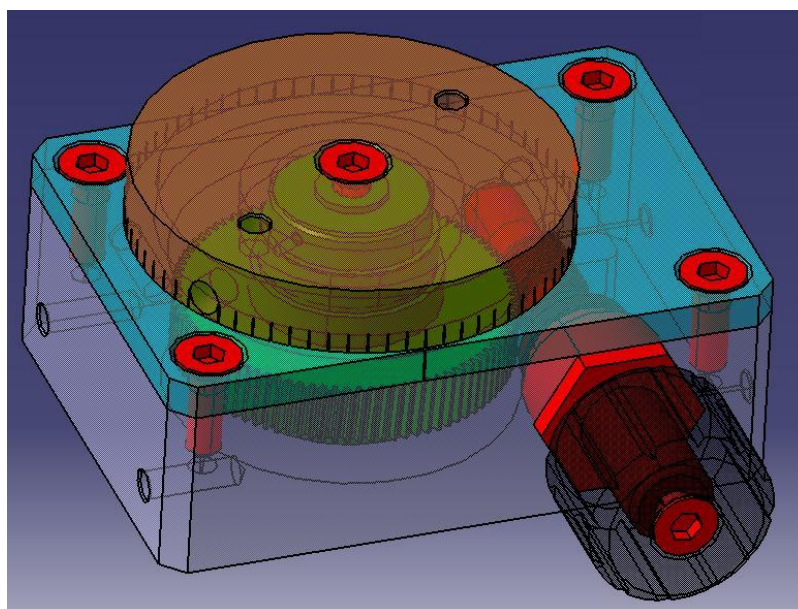
Obr. 56: Přípr. pro měření mikrogeometrie – var. f

Následující obrázek ilustruje navrhovaný rotační přípravek osazený stolem pro upnutí výměnné hlavičky. Vystupující žebro plní funkci pera a zapadne do drážky ve spodní ploše výměnné hlavičky. Následné dotažení šroubu zajistí tuto výměnnou hlavičku v požadované poloze. Spojení stolu s převodovkou je zajištěno nasazením stolu, který má ve spodní ploše válcové vybrání, na hřídel šnekového kola. Spojení je zajištěno jedním šroubem v axiálním směru a proti pootočení je stůl zajištěn stavěcím šroubem.



Obr. 57: Šneková převodovka přípravku pro měření mikrogeometrie

Na následujícím obrázku je ilustrován rotační přípravek pro polohování kolem vodorovné osy. Od předchozího se liší pouze stolem, který je přizpůsobený pro montáž bočnice, ke které se následně připevní druhý rotační stůl. Tento stůl obsahuje na rovné ploše 2 závitové díry, do kterých přijdou šrouby spojující bočnici s tímto stolem. Spoj stolu s tělem převodovky je řešen stejně jako u předchozí modifikace.



Obr. 58: Šneková převodovka přípravku pro měření mikrogeometrie 2

5. Realizace přípravků

5.1. Výběr optimální varianty přípravku pro úpravu mikrogeometrie břitu

Výběr optimální varianty upínací a polohovací části proběhl na základě zvážení funkčních aspektů bez vypracování rozhodovací analýzy. Upínací část, která jde upnout přímo do stroje je vybrána z důvodu, že ji lze použít bez dalších redukčních součástí a polohovací část je vybrána z důvodu přesnějšího opakovaného upnutí a také pro větší bezpečnost proti pootočení během procesu omílání.

Výběr optimálního provedení je z důvodu velkého množství navrhovaných variant rozsáhlejší, a proto je zde využita k výběru vážená bodovací metoda. Váhy jednotlivých kritérií jsou stanoveny na základě metody porovnání v trojúhelníku párů.

Na základě konzultace bylo určeno, že hlavním cílem tohoto přípravku je omílání VBD dle normy ISO 912. Tyto VBD nelze upnout do variant **j**, **k** a **l**, které jsou určeny pro tangenciální VBD. Ačkoli je upínání tangenciálních VBD jedním z vstupních požadavků, tak není hlavním cílem a jelikož tyto varianty jsou jednoúčelové pouze pro tangenciální VBD, nepředpokládá se jejich výroba a do rozhodovací analýzy nebudou začleněny.

5.1.1. Určení vah jednotlivých kritérií výměnné hlavičky

Jak již bylo napsáno dříve, bude pro určení vah jednotlivých kritérií použita metoda porovnání v trojúhelníku párů. Hodnocení proběhlo na základě konzultace autora DP, vedoucího DP a jejich konzultantů. Vybraná kritéria a jejich označení je uvedeno v následující tabulce. Jako podklad pro vypracování následujícího textu posloužil zdroj: [17] a [18]

Kriterium	Označení kritéria
Použitelné pro VBD s dírou	1
Použitelné pro VBD bez díry	2
Použitelné pro více VBD	3
Významnost natáčení	4
Opakovatelnost upnutí	5
Předpokládaná výrobní cena	6

Tabulka 3: Kritéria a jejich označení

Následující tabulka zobrazuje hodnocení po vzájemném porovnání jednotlivých párů kritérií čtyřmi experty. Významnější kritérium z páru je vždy zvýrazněno. Považuje-li Expert obě porovnávaná kritéria za stejně významná, jsou zvýrazněna obě dvě.

Expert 1					Expert 2					Expert 3					Expert 4				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	4	5	6		3	4	5	6		3	4	5	6		3	4	5	6	
	3	3	3			3	3	3			3	3	3			3	3	3	
	4	5	6			4	5	6			4	5	6			4	5	6	
		4	4				4	4				4	4				4	4	
		5	6				5	6				5	6				5	6	
			5					5					5					5	
			6					6					6					6	

Tabulka 4: Hodnocení kritérií jednotlivými experty

Jednotkový podíl zvolených kritérií získáme vydělením četnosti konkrétního kritéria celkovým součtem tučně označených kritérií.

Kritérium	1	2	3	4	5	6
Četnost	20	19	3	10	5	2
jednotkový podíl	0,34	0,32	0,05	0,18	0,08	0,03

Tabulka 5: Zhodnocení porovnání kritérií

Tabulka 5 zobrazuje četnost a jednotkové podíly četností jednotlivých kritérií. Tyto jednotkové podíly budou v následující kapitole použity jako váhy pro hodnocení těchto kritérií u jednotlivých variant.

5.1.2. Vážená bodovací metoda pro výběr optimální varianty výměnné hlavičky

Tabulka s obodováním jednotlivých kritérií byla sestavena na základě konzultace autora DP, vedoucího DP a jejích konzultantů a byla hodnocena body 0 až 5 (0 nejhorší, 5 nejlepší). Některá kritéria lze ohodnotit pouze jako ANO/NE a jsou tedy hodnoceny buď 0, nebo 5 bodů. Vzhledem k tomu, že součet jednotkových četností kritérií je 1, tak maximální dosažitelný součet vážených bodů je 5. Postup při výpočtu je ilustrován na variantě **a**:

$$B_a = 5 \cdot 0,34 + 0 \cdot 0,32 + 0 \cdot 0,05 + 0 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,08 + 5 \cdot 0,08 = 2,25$$

Výpočet pro ostatní varianty je analogický. Jako optimální vyšla varianta **f**, která získala nejvyšší počet vážených bodů a to 4,69, tedy téměř možné maximum.

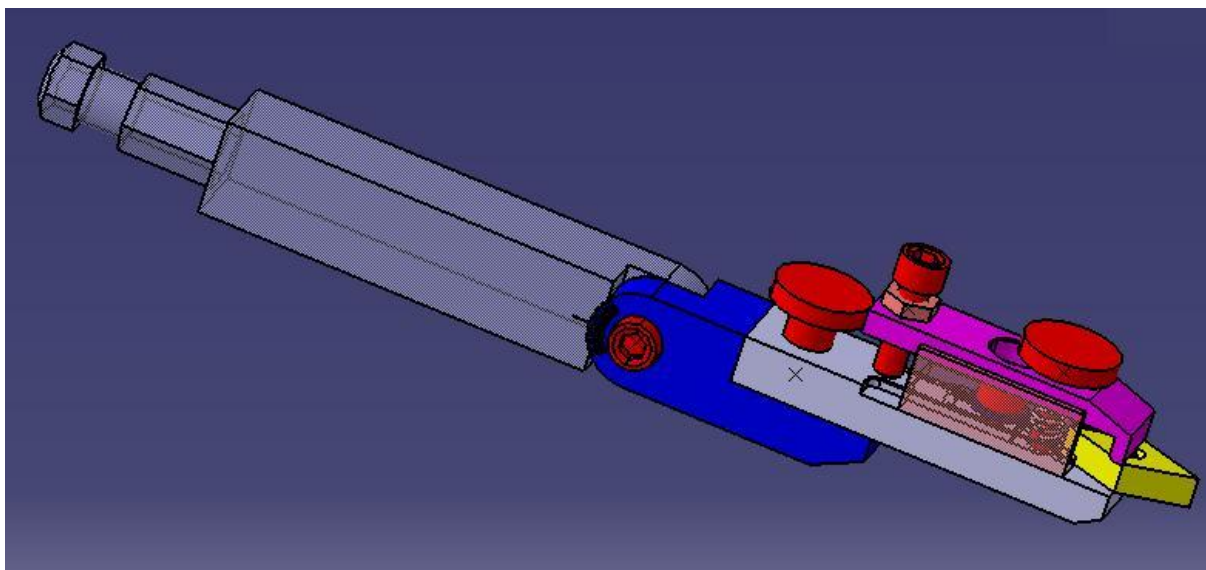
váha	0,34	0,32	0,05	0,18	0,08	0,03	
Kriterium/ Varianta	1	2	3	4	5	6	součet vážených bodů
a	5	0	0	0	5	5	2,25
b	5	0	0	5	5	4	3,12
c	5	0	0	5	5	4	3,12
d	3	4	0	5	4	4	3,64
e	3	4	0	5	4	4	3,64
f	5	5	0	5	5	3	4,69
g	5	0	0	0	5	4	2,22
h	3	4	0	0	5	4	2,82
i	3	5	5	0	5	1	3,30

Tabulka 6: Vážená bodovací metoda

Na základě vážené bodovací metody vyšla jako optimální varianta **f**.

5.1.3. Popis vybrané optimální varianty pro úpravu mikrogeometrie bříty

Na základě rozhodovací analýzy byla jako optimální varianta přípravku pro úpravu mikrogeometrie bříty vybrána varianta sestavená z upínací části ve variantě **b**, polohovací části varianty **c** a výměnné hlavičky varianty **f**. Pro veškeré vyráběné součásti je navržena povrchová úprava černěním s tím, že popis a stupnice (Obr. 60) se bude provádět laserem až po černění.

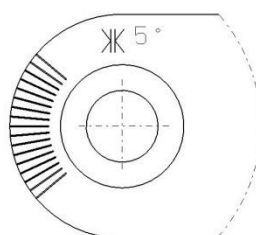


Obr. 59: Výsledné provedení přípravku pro úpravu mikrogeometrie bříty

Upínací část varianty **b** je totožná s továrně vyráběnou upínací částí pro pouzdra pro monolity a je blíže popsána v kapitole 4.2.1.

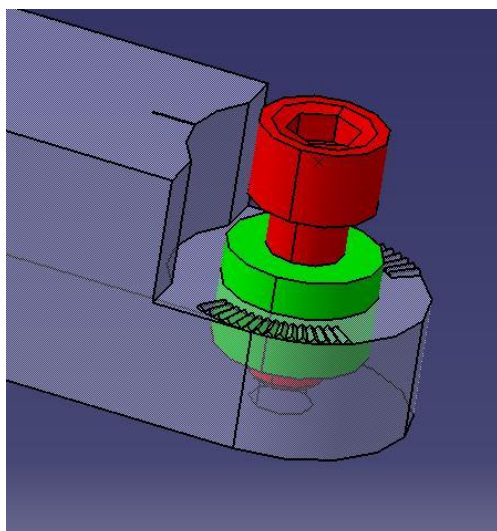
Polohovací část navržená jako varianta c vychází z principu zajištění polohy čelní zubovou spojkou. Oproti původnímu návrhu došlo k dodatečným změnám a to následovně:

- Zuby jsou umístěny pouze v krajních polohách dosedacích ploch. V zadní části dosedací plochy jsou vynechány z důvodu obtížné výroby (předpokládá se výroba čelní vřetovkou vykloněnou o 90°), kde by nástroj neměl dostatek prostoru pro nájezd a výjezd. V přední části přípravku by zuby být mohly, ovšem vzhledem k tomu, že protikus je stejný, tedy by byly zuby v těchto částech vždy pouze na jedné ploše, jsou zuby i v této části vynechány. Oproti původně plánované rozteči 3° , kdy výška zubů vycházela pouze cca 0,2 mm je u výsledné varianty navržena rozteč 5° , u které je výška zubů 0,44 mm. Tato rozteč je pro daný účel stále ještě dostatečná.

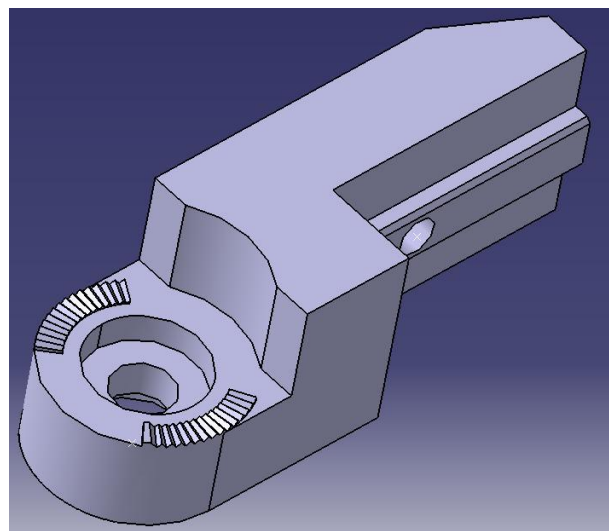


Obr. 60: Výřez z výrobního výkresu – otočná část přípravku

- Otočný kloub je doplněn středícím čepem z vhodného materiálu (mosaz nebo bronz). Tento čep slouží k bezpečnějšímu a pohodlnějšímu natáčení otočné části přípravku. U tohoto detailu je využito návrhu jednotného hřídele a to z důvodu, že čep s jedním vnějším průměrem je do jedné části přípravku zalisován (P8/h8), zatímco v druhé části je požadována vůle (E8/h8), kvůli volnému otáčení.
- Pevné nastavení polohy během pracovního procesu je zajištěno šroubem M6 s vnitřním šestihranem. Kvůli častému povolování a utahování je zvolena pevnostní třída 12.9.
- Navržený materiál obou hlavních součástí polohovací části přípravku je 15142.6. Tento materiál byl zvolen kvůli vyšší pevnosti požadované především u zubů



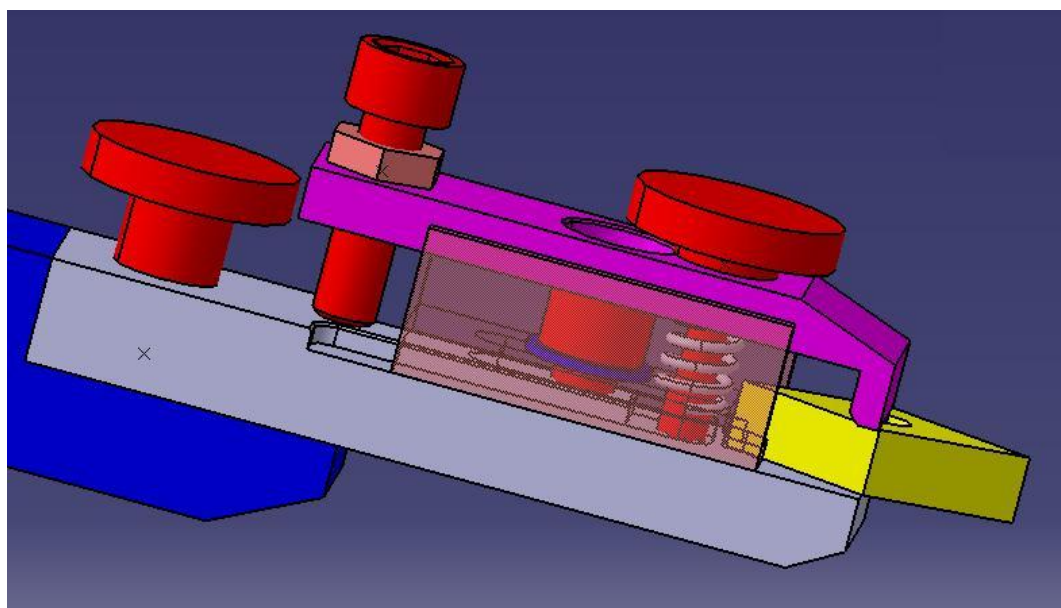
Obr. 61: Polohovací část přípravku - pevná část



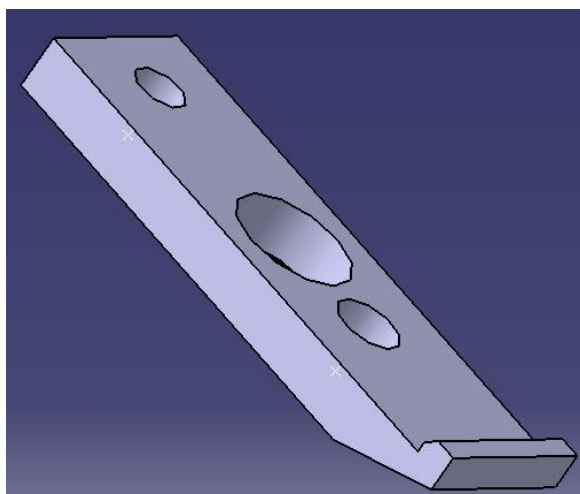
Obr. 62: Polohovací část přípravku - otočná část

U výměnné hlavičky došlo taktéž k několika změnám oproti původnímu návrhu:

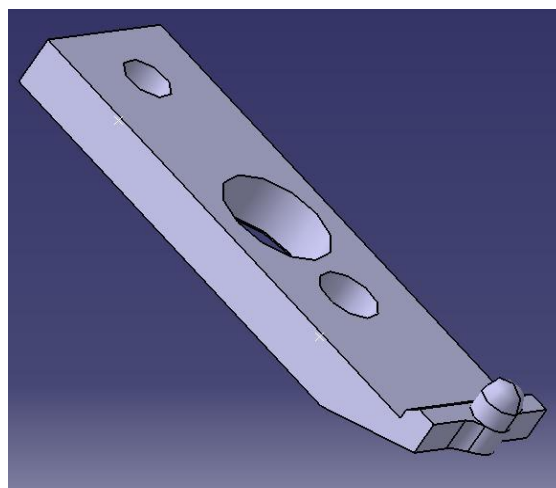
- Je vynechán šroub pro upnutí VBD. Vzhledem k tomu, že pro malé VBD byl navržen klasický šroub s kuželovou hlavou, pro velké VBD šroub s integrovanou podložkou a pro VBD bez díry žádný, došlo ke zjednodušení na takové řešení, že se šroub nebude používat žádný a polohu bude zajišťovat pouze upínka. Dalším důvodem k tomuto rozhodnutí byla potřeba skladovat poblíž stroje Náhradní šrouby obou typů. Vzhledem k jejich malé velikosti (např. M2,2x10) dojde snadno k jejich ztrátě a tím i ke zdržení během hledání ztraceného nebo nového šroubu.
- Upínky budou k této hlavičce vyrobeny 2 a to dle Obr. 64 pro VBD bez středové díry, nebo dle Obr. 65 pro VBD se středovou dírou. U druhé navržené varianty je poloha zajištěna pomocí zaobleného čepu, který zapadne do příslušné díry na VBD. Kulová plocha této upínky zajistí upnutí rozdílných průměrů středových děr a zároveň ochrání případný utvařec třísky na VBD, jelikož nedovolí dosednutí samotného těla upínky na tuto VBD. Na Obr. 66 je ilustrován model, jak dosedne tento zaoblený čep do díry různého průměru.
- Další změnou je to, že je hlavička doplněna pružinou, která při uvolnění VBD nadzvedne upínku a usnadní vyjmutí i vložení další VBD.
- 2 šrouby, se kterými se bude nejčastěji manipulovat, jsou vyměněné za šrouby pro ruční utahování. Šroub M5, který drží hlavičku ke zbytku přípravku je standardně dodávaný a šroub, který zajišťuje upevnění VBD je upravený podle příslušného výkresu (není součástí ani přílohou DP), pro snížení výšky hlavičky z ergonomických důvodů.



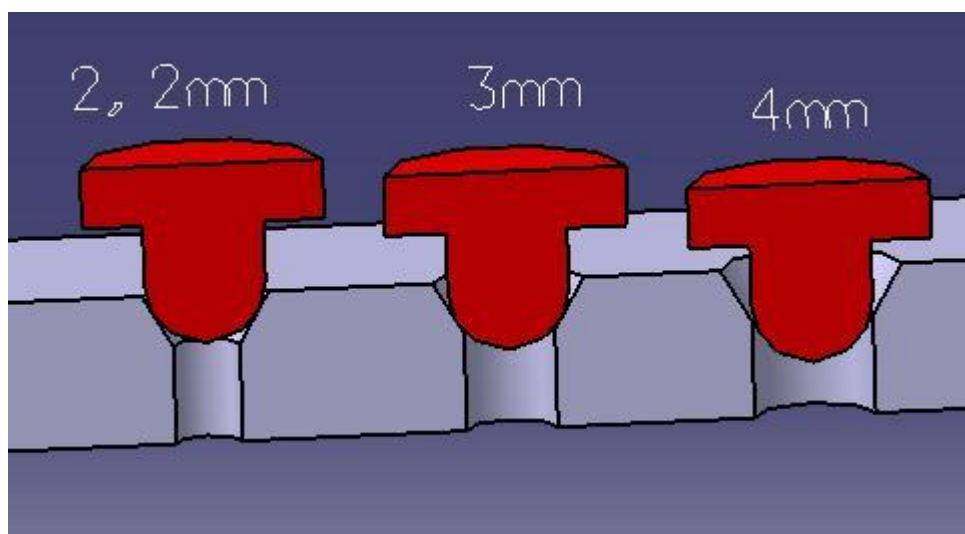
Obr. 63: Výsledné provedení výměnné hlavičky



Obr. 64: Upínka - typ 1



Obr. 65: Upínka - typ 2



Obr. 66: Model dosedání upínky

Během procesu omílání dojde k usazení abrazivního média pod upínkou. To je při přenosu k přístroji pro měření mikrogeometrie nežádoucí, jelikož by při uvolnění tohoto abrazivního média došlo ke znečištění přesného měřícího přístroje. Proto je po omílání, před přenosem výměnné hlavičky, nutné odstranit abrazivní médium ofukovací pistolí se stlačeným vzduchem. Na VBD však i po očištění stlačeným vzduchem zůstávají drobné nečistoty, které se při vyhodnocování mikrogeometrie mohou projevit. K jejich odstranění se ve firmě Hofmeister s.r.o. používá speciální plastická hmota, která se přitiskne na břit a při jejím oddálení dojde k odstranění i těchto drobných nečistot. Tento postup je v současnosti již používán.

5.2. Výběr optimální varianty přípravku pro měření mikrogeometrie břitu

Výběr optimální varianty přípravku pro měření mikrogeometrie břitu je opět proveden za pomoci vážené bodovací metody, s tím, že body budou získány na základě metody porovnání párů. Tato metoda je stručně popsána v kapitole 5.1 a zde bude pro zjednodušení uvedena pouze samotná analýza bez opakujícího se vysvětlení. Hodnocení proběhlo opět na základě konzultace autora DP, vedoucího DP a jejich konzultantů. Jako podklad k provedení analýzy posloužil zdroj: [17] a [18]

5.2.1. Určení vah jednotlivých kritérií přípravku pro měření mikrogeometrie břitu

Následující tabulka obsahuje hodnocená kritéria a jejich označení. Dále je uvedeno porovnání důležitosti jednotlivých kritérií a zhodnocení tohoto porovnání.

Kriterium	Označení kritéria
Citlivost polohování vodorovné osy	1
Citlivost polohování druhé osy	2
Opakovatelnost polohy	3
Předpokládaná výrobní cena	4
Možnost dalšího využití	5

Tabulka 7: Kritéria a jejich označení

Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4
1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1
2 3 4 5	2 3 4 5	2 3 4 5	2 3 4 5
2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2
3 4 5	3 4 5	3 4 5	3 4 5
3 3	3 3	3 3	3 3
4 5	4 5	4 5	4 5
4	4	4	4
5	5	5	5

Tabulka 8: Hodnocení kritérií jednotlivými experty

Kriterium	1	2	3	4	5
Četnost	16	13	8	2	5
jednotkový podíl	0,36	0,30	0,18	0,05	0,11

Tabulka 9: Zhodnocení porovnání kritérií

5.2.2. Vážená bodovací metoda pro výběr optimální varianty přípravku pro měření mikrogeometrie bříty

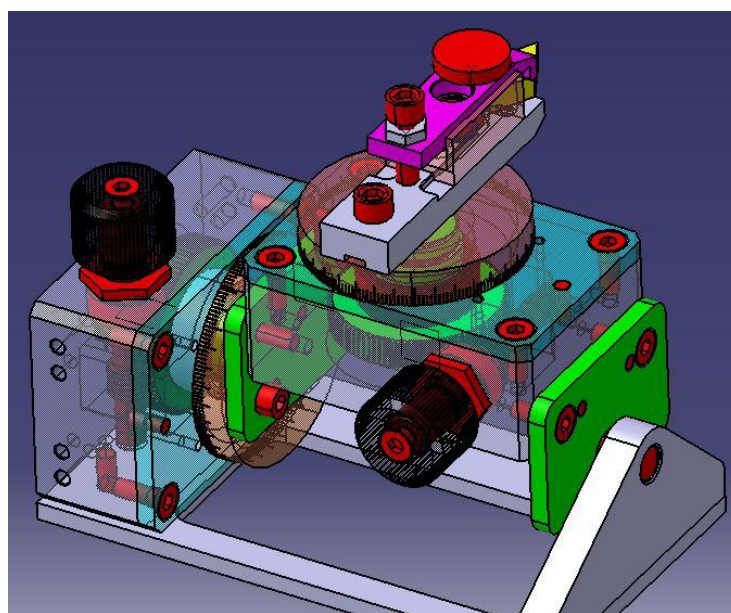
váha	0,36	0,30	0,18	0,05	0,11	
Kriterium/ Varianta	1	2	3	4	5	součet vážených bodů
a	1	4	3	5	1	2,46
b	2	3	3	4	2	2,58
c	2	3	3	4	2	2,58
d	2	4	5	3	2	3,19
e	4	4	5	1	4	4,03
f	5	5	5	2	5	4,85

Tabulka 10: Vážená bodovací metoda

Na základě vážené bodovací metody vyšla jako optimální varianta f.

5.2.3. Popis optimální varianty pro měření mikrogeometrie bříty

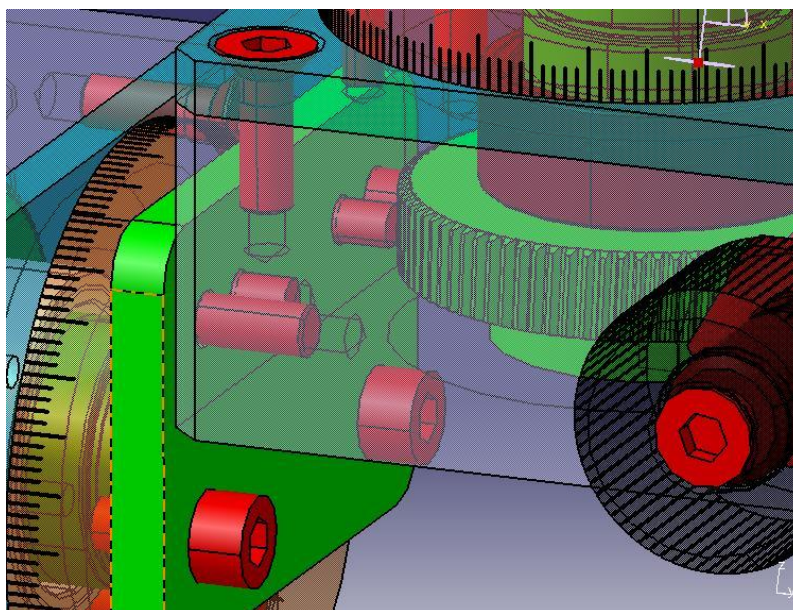
Na základě rozhodovací analýzy byla jako optimální varianta přípravku pro měření mikrogeometrie bříty vybrána varianta f. Pro veškeré vyráběné součásti, které nebudou ukryty uvnitř převodovek, je navržena povrchová úprava černěním s tím, že popis a stupnice se bude provádět laserem až po černění. Na obrázku (Obr. 67) je výsledné provedení ilustrováno i s výměnnou hlavičkou, která slouží pro použití u obou přípravků.



Obr. 67: Výsledné provedení přípravku pro měření mikrogeometrie bříty

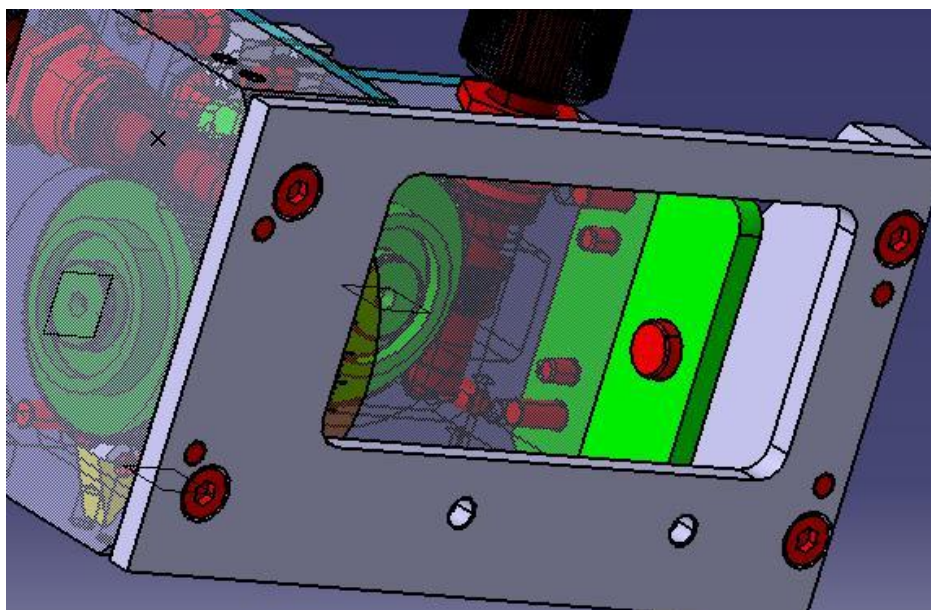
Hlavními prvky tohoto výsledného provedení jsou dva rotační přípravky (šnekové převodovky), které se liší pouze nasazeným stolkem. Základní popis přípravku je uveden

v kapitole 4.3. Oproti návrhu jsou u výsledné varianty doplněny lícované kolíky mezi hlavními částmi přípravku. K tomuto rozhodnutí došlo z důvodu, že jde o relativně složitý řetězec součástí s požadavkem na přesné smontování, které by pouze šrouby nemohlo být zajištěno.



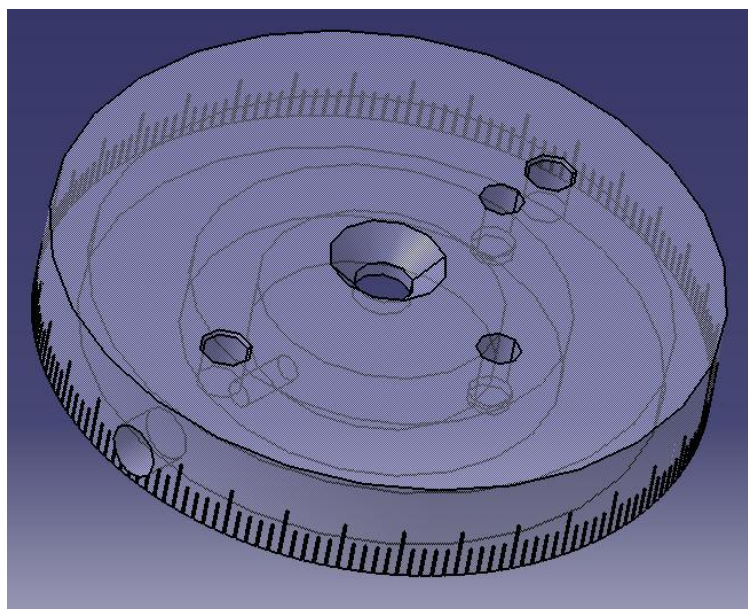
Obr. 68: Detail umístění lícovaných kolíků

Tyto kolíkové spoje zajišťují vzájemnou polohu převodovky pro rotaci kolem vodorovné osy a podstavy přípravku. Na tuto převodovku navazuje příslušný stolek a vzájemná poloha mezi ním a převodovkou je zajištěna nasazením přesné díry na výstupní osazení šnekového kola. Proti pootočení je stolek zajištěn stavčím šroubem a k hřídeli je pevně spojen pomocí šroubu z plochy stolu.



Obr. 69: Přípr. pro měření mikrogeometrie - pohled zespoda

Dále je k tomuto stolku pomocí redukčního členu připevněna druhá převodovka. Detail spoje je zobrazen na obrázku (Obr. 68) a je řešen tak, že redukční člen je ke stolu připevněn pomocí dvou šroubů a vazba mezi těmito dvěma součástmi je zajištěna lícovanými kolíky. Ty nejsou, tak jako šrouby, umístěny v řadě, ale vzhledem k ose rotace je jedna díra pootočená o 90°. To je z důvodu, že v původně zamýšlené pozici by došlo ke kolizi se stavěcím šroubem. Díry pro šrouby jsou průchozí a jsou umístěny v části, kde je ze spodní části stolku vybrání z důvodu odlehčení. Oproti tomu díry pro kolíky jsou umístěny v části bez vybrání a to z důvodu, že zde jsou vhodnější neprůchozí díry. Rozmístění děr je znázorněno na obrázku (Obr. 70).



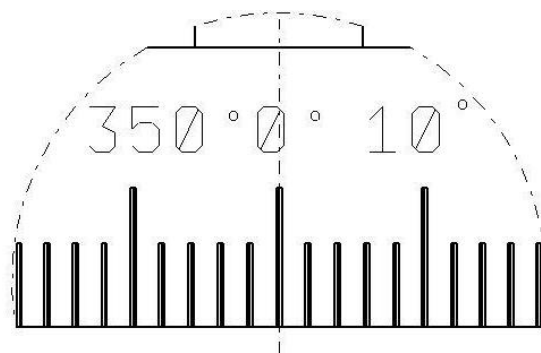
Obr. 70: Stolek pro rotaci kolem vodorovné osy

Vzájemná poloha již zmíněného redukčního členu a druhé převodovky je opět zajištěna pomocí dvou šroubů a dvou lícovaných kolíků. Na rozdíl od stolku je zde možné všechny čtyři otvory umístit do jedné pomyslné osy.

Na druhou převodovku z pravé strany navazuje další redukční člen a vzájemná poloha těchto dvou součástí je zajištěna stejným způsobem jako v předchozím případě. Na tento redukční člen navazuje bočnice, která slouží jako podpěra. Ovšem její vyosení by mohlo znamenat potíže při montáži i během používání přípravku a proto je i zde nutné zajistit přesnou vzájemnou polohu. Ta je zajištěna rotačním čepem, který z jedné strany zapadá do redukčního členu a z druhé strany zapadá do bočnice. Tato bočnice je připevněna k podstavě přípravku a to opět pomocí dvou šroubů a dvou lícovaných kolíků. Je tedy nutné zajistit přesnou vzájemnou polohu děr na redukčním členu, i na bočnici.

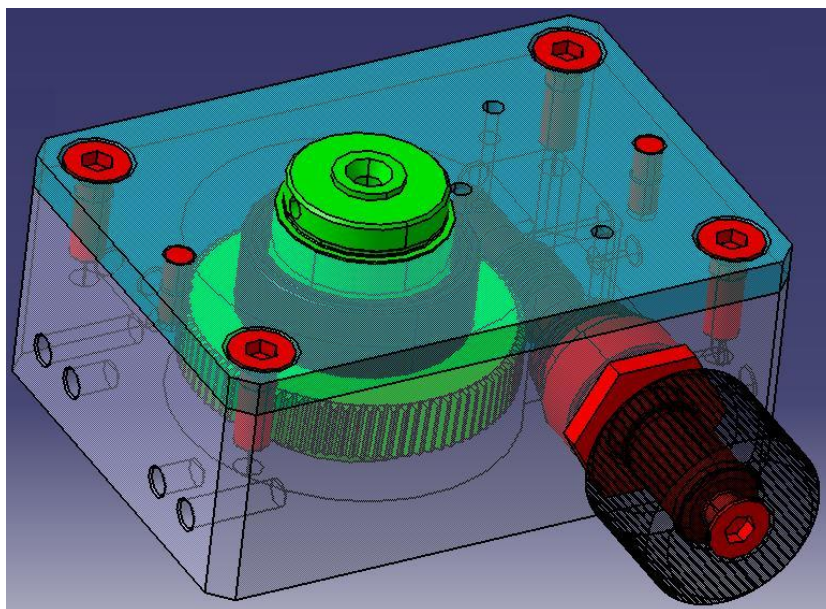
Na druhé převodovce je umístěn stolek, na který se bude následně připevňovat výměnná hlavička spolu s měřenou VBD. Tento stolek se shoduje s původně navrhovaným, popsáním v kapitole 4.3.

Oba stolky budou po černění opatřeny ryskami a jejich popisem (Obr. 71). Tento popis bude proveden laserem.



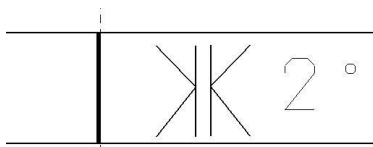
Obr. 71: Výřez z výrobního výkresu – detail stupnice a popisu

Jak již bylo uvedeno, jsou obě převodovky totožné. V tělese jsou umístěny otvory příslušných rozměrů a do nich je vloženo šnekové kolo a šnek. Následně je těleso uzavřeno víkem, jehož jeden příslušný otvor plní funkci ložiska a spodní strana plní funkci opěry pro dilatační člen nasazený na hřídeli šnekového kola. Výška tohoto dilatačního členu se pro dosažení požadované vůle upraví při montáži. Lze tedy říct, že spodní strana víka plní funkci axiálního ložiska. Tento otvor i spodní plochu je tedy nutno vyrobit v požadované přesnosti a drsnosti a současně zajistit vzájemnou polohu otvoru vůči neprůchozímu otvoru na dně dutiny převodovky, která slouží jako kluzné ložisko pro druhý konec hřídele šnekového kola. Spodní strana šnekového kola je pro snížení tření opatřena vybráním (Obr. 75), takže se po příslušné ploše nebude třít celá čelní plocha, ale pouze její mezikruží. Tato vzájemná poloha je zajištěna dvěma lícovanými kolíky umístěnými na stranách převodovky. Víko je na místě drženo čtyřmi šrouby v rozích převodovky.



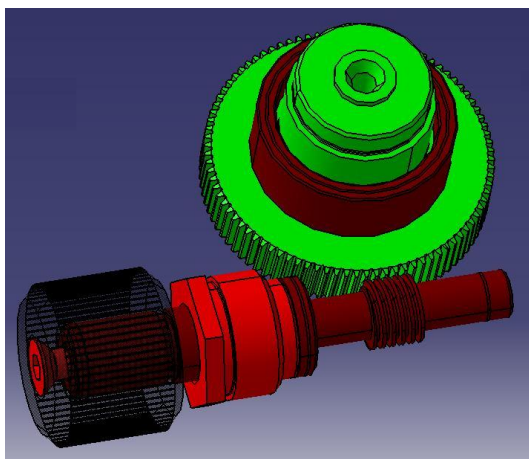
Obr. 72: Rotační přípravek

Víko převodovky je v ose hlavního otvoru opatřeno ryskou určující natočení stolku a popisem rozteče rysek na stolku. Tato ryska a popis budou provedeny laserem po černění.

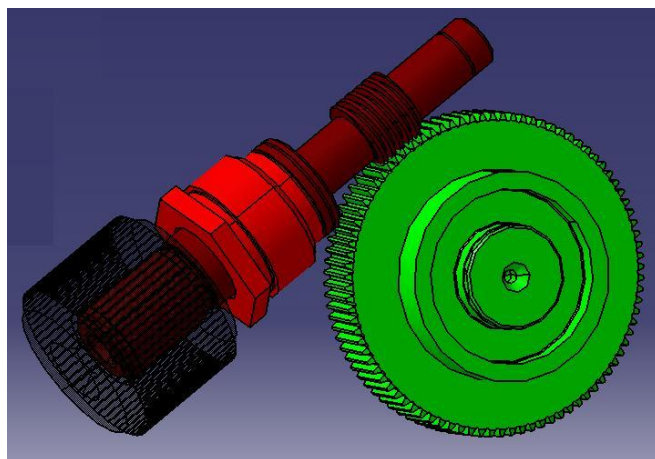


Obr. 73: Výřez z výrobního výkresu - Ryska a popis víka převodovky

Samotný šnek je umístěn do tělesa otvorem vyrobeným kolmo k otvoru šnekového kola a umístěným v příslušné vzdálenosti. Jeho úzký konec slouží jako radiální opěrné ložisko a je umístěn v nejhlubší části několikrát osazeného otvoru. Osazení šneku s největším průměrem (na obrázcích zhruba uprostřed) slouží jako ložisko a to v radiálním i axiálním směru. Z jedné strany je jeho poloha vymezena dnem příslušného osazení v otvoru a z druhé strany je vymezena zátkou, jejíž délka se pro dosažení požadované vůle upraví při montáži. Navrhovaný materiál šneku je bronz. Výstupní konec šneku je určen pro nasazení polohovacího kolečka pro ruční otáčení. Povrch kolečka je rýhován pro jistější otáčení.



Obr. 74: Šnekový převod



Obr. 75: Šnekový převod - spodní strana šnek. kola

Vzhledem k tomu, že ložiska této převodovky jsou kluzná, je nutné zajistit jejich mazání. Víko převodovky je opatřeno třemi otvory umístěnými ve vhodných polohách. Dva otvory zajišťují mazání ložisek šneku a jsou umístěny přímo nad těmito ložisky. Jeden otvor slouží k mazání šnekového kola a je umístěn nad mezikružím dilatačního členu. Všechny plochy umístěné pod těmito mazacími otvory jsou opatřeny zápichem sloužícím k snazšímu šíření maziva po celé třecí ploše. Spodní část hřídele šnekového kola má mazacími otvory opatřena. Zde se počítá s tím, že bude na dně převodovky vždy zůstat jistá vrstva maziva, která vznikne během mazání ostatních míst. Předpokládá se mazání olejem.

Těleso převodovky je opatřeno několika otvory pro montáž k dalším součástem přípravku. Jejich funkce a rozmístění bylo již popsáno během popisu celého přípravku.

Návrh a výpočet šnekového převodu byl proveden pomocí programu MITCalc. Základní parametry ozubení jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 11).

Parametr	Označení	Jednotka	ŠNEK	ŠNEKOVÉ KOLO
Typ šneku			ZA	
Modul m_n		[mm]	0,5	
Součinitel průměru šneku	q		20	
Počet zubů	n		1	90
Smysl stoupání boční křivky zubu			pravý	
Úhel stoupání šroubovice / sklonu zubů	γ/β	[°]	2,86	
Osová vzdálenost	a_w	[mm]	27,5	
Průměr roztečné kružnice	$\varnothing d_a$	[mm]	10,01	45,06
Tloušťka zubu na konst. těživě	S_c	[mm]	0,79	
Úhel profilu podle ČSN 01 4756	α	[°]	20	
Úhel os	Σ	[°]	90	

Tabulka 11: Základní parametry převodu

5.3. Výrobní dokumentace přípravků

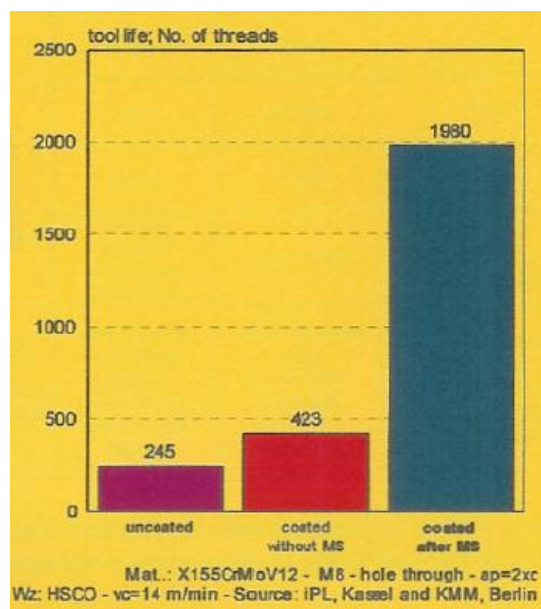
Na základě kapitol 5.1 a 5.2 byla vytvořena výrobní dokumentace pro oba vybrané přípravky. Výrobní dokumentace přípravku pro úpravu mikrogeometrie břitu je tvořena jako jedna sestava, zatímco výrobní dokumentace přípravku pro měření mikrogeometrie břitu je tvořena dvěma totožnými podsestavami převodovky, které spolu s několika jednotlivými součástmi tvoří výslednou sestavu.

Veškeré výrobní výkresy již byly předány firmě Hofmeister s.r.o.

Z důvodu zachování firemního know-how není výrobní dokumentace součástí ani přílohou DP.

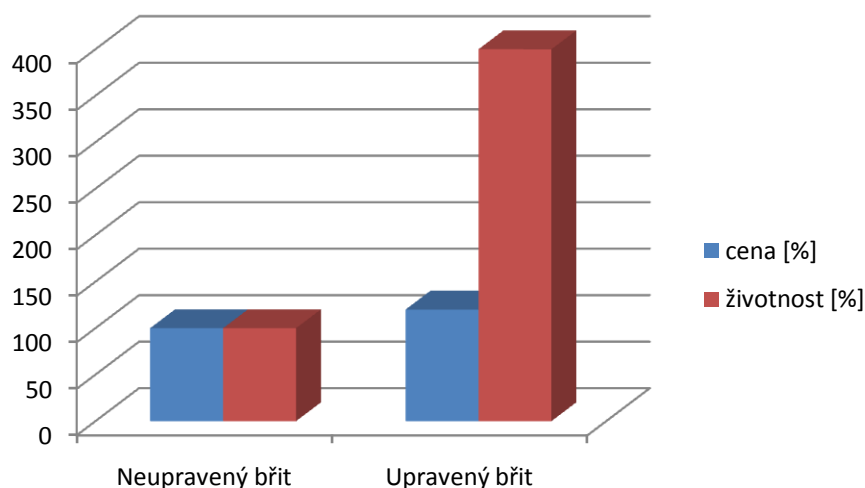
6. Technicko-ekonomické zhodnocení

Při použití navrženého přípravku pro úpravu mikrogeometrie předpokládáme jisté zvýšení životnosti břitu za předpokladu jistého zvýšení prodejní ceny produktu. Obrázek (Obr. 76) ilustruje porovnání životnosti neupravené řezné hrany bez povlaku, neupravené řezné hrany s povlakem a upravené řezné hrany s povlakem (Test probíhal za stejných řezných podmínek monolitním nástrojem). Srovnáme-li životnost neupravené a upravené řezné hrany s povlakem, zjistíme, že životnost upravené řezné hrany je 4,6 krát vyšší. Srovnáme-li neupravenou řeznou hranu bez povlaku a upravenou s povlakem, je rozdíl životnosti 8 krát vyšší ve prospěch upravené a povlakované řezné hrany. [9]



Obr. 76: Porovnání životnosti řezné hrany [9]

Firma Hofmeister s.r.o. předpokládá zvýšení prodejní ceny o 20%. Pro to, aby se zvýšené pořizovací náklady na nástroj vyplatily, je nutné, aby životnost byla alespoň o stejný procentuální podíl vyšší, tedy o 20% vyšší. Budeme-li předpokládat, že životnost upravených VBD bude podobně jako u monolitních nástrojů cca 4 krát vyšší, tedy 400% životnosti neupravené řezné hrany, je toto navýšení ceny o 20% pro zákazníka výhodné. Můžeme tedy říci, že jedna VBD s upravenou mikrogeometrií dokáže svoji životností nahradit čtyři VBD bez upravené mikrogeometrie. Tento předpoklad je ilustrován na obrázku, kde je patrné, že mírné zvýšení pořizovací ceny velkou měrou zvýší životnost VBD.



Obr. 77: Srovnání předpokládaných nákladů a životnosti VBD

Další úsporou je úspora časová a nepřímo tedy i finanční, jelikož nebude nutné tak často otáčet, nebo měnit opotřebovanou VBD.

Přípravek pro měření mikrogeometrie břítu přímo neovlivní náklady na řeznou hranu. Zajistí však pohodlnější a v případě opakovaného měření více stejných VBD i rychlejší manipulaci a měření VBD. V případě využití i pro jiný účel, například při značení VBD popisovacím laserem lze již hovořit o úspoře, jelikož nebude potřeba dalšího jednoúčelového přípravku.

7. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout přípravek pro úpravu mikrogeometrie břitu a pro její následné vyhodnocení. Teoretická část této diplomové práce se zabývá možnostmi úpravy mikrogeometrie břitu, základy konstrukce přípravků a popisem vybavení firmy Hofmeister s.r.o., které se bude pro zamýšlené aplikace používat.

Praktická část této práce se zabývá návrhem přípravků pro úpravu a pro měření mikrogeometrie břitu. Při návrzích těchto přípravků jsou využity poznatky z teoretické části DP. V následující kapitole jsou tyto navržené varianty zhodnoceny a na základě rozhodovací analýzy vybrány finální varianty těchto dvou přípravků. Po jejich výběru došlo ještě k několika drobným konstrukčním změnám a navržené přípravky jsou i s těmito změnami detailně popsány. Zpracovaná výrobní dokumentace není z důvodu zachování firemního know-how součástí ani přílohou DP.

Technicko-ekonomická část této diplomové práce pojednává o předpokládaném vlivu na životnost břitu a předpokládaném navýšení prodejní ceny produktu. Z úvahy je patrné, že předpokládané navýšení prodejní ceny s sebou přinese několikanásobné zvýšení životnosti břitu a toto zdražení je i přesto pro zákazníka výhodné.

8. Použitá literatura

- [1] RODRÍGUEZ, Carlos Julio Cortés. Cutting edge preparation of precision cutting tools by applying micro- abrasive jet machining and brushing [online]. Kassel: Kassel university press, 2009 [cit. 2011-12-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-712-8.volltext.frei.pdf>>. ISBN 978-3-89958-712-8.
- [2] C. Buechel, O. Coddet, C. Galamand, P. Karvankova, D. Klostermann, A. Luemkemann, M. Morstein, A. Moschko, J. Prochazka, PLATIT, Grenchen, F. Barthelmae, P. Preiss, S. Reich, GFE, Schmalkalden, M. Ruzicka, PIVOT, M. Sima, SHM, Šumperk, T. Cselle, PLATIT, Grenchen. Influence of Edge Preparation on the Performance of Coated Cutting Tools. In *Edge_Preparation_San_Diego_2007* [online]. San Diego: PLATIT AG, 2007 [cit. 2011-12-07]. Dostupné z WWW: <http://www.platit.com/files/Edge_Preparation_San_Diego_2007.pdf?phpMyAdmin=a119463be3ae6bac8bca5daf85c91449>.
- [3] MOSER, Martin. The Importance of Cutting Edge Preparation In Metal Cutting Technology. In *OTEC Präzisionsfinish* [online]. Německo: OTEC, 2006 [cit. 2011-12-07]. Dostupné z WWW: <[http://www.edeltec.com/usuaris/UserFilesfck/File/otec/OTEC%20The%20Importance%20of%20Cutting%20Edge%20Preparation%20\(for%20customers\)%2012-06.ppt](http://www.edeltec.com/usuaris/UserFilesfck/File/otec/OTEC%20The%20Importance%20of%20Cutting%20Edge%20Preparation%20(for%20customers)%2012-06.ppt)>.
- [4] Platit Compendium 2011 [online]. Švýcarsko: Platit AG, 2011 [cit. 2011-12-08]. Dostupné z WWW: <http://www.platit.com/files/Compendium_ev46_preview.pdf>.
- [5] ŠRACHTA, Petr. Vliv parametru vlečného omílání na kvalitu břitu rotačního nástroje. Plzeň, 2011. 59 s. Diplomová práce. ZČU v Plzni.
- [6] MUSIL, Michal. Příprava řezného nástroje před povlakováním. Brno, 2010. 39 s. Bakalářská práce. VUT v Brně. Dostupné z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29207>.
- [7] AURICH, J. C.; ZIMMERMANN, M.; LEITZ, L. The preparation of cutting edges using a marking laser [online]. Německo: Academic Society for Production Engineering, 2010 [cit. 2011-12-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.springerlink.com/content/7536p1kg20211317/fulltext.pdf>>.
- [8] DENKENA, B.; LEÓN-GARCÍA, L.; BASSETT, E. Preparation of designed cutting edge microgeometries by simultaneous 5-axes brushing. Německo: Leibniz Universität Hannover, 2008. 117 s.
- [9] OTEC Präzisionsfinish GmbH. [online]. Německo [cit. 2011-12-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.otec.de>>.
- [10] LINHART, Stanislav. Využití CAD/CAM systému CATIA při konstrukci svařovacích přípravků. Plzeň, 2005. Diplomová práce. ZČU v Plzni. Vedoucí práce Josef Škarda.
- [11] TRNKOVÁ, Tereza. Zásady konstrukce přípravků pro obrábění. Plzeň, 2010. Bakalářská práce. ZČU v Plzni. Vedoucí práce Miroslav Zetek.
- [12] ALICONA GmbH. *Infinite focus hardware*. 2009. vyd. 33 s.
- [13] ELESA+GANter CZ s.r.o. [online]. [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sp/8361/4/83/otocne-stoly/gn-900.6>

- [14] DF-Tools[online]. Německo: OTEC Präzisionsfinish GmbH, 2012 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: http://www.otec.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/prospekt_df/Prospekt_DF_D.pdf
- [15] Alicona supplies Makino with optical 3D measurement system InfiniteFocus. [online]. 12.10.2010[cit. 2012-03-11]. Dostupné z: http://www.widepr.com/press_release/2146/alicon_a_supplies_makino_with_optical_3d_measurement_system_infinitefocus.html
- [16] ERO FÜHRUNGEN. [online]. [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.ero-fuehrungen.de/aktuelles/?type=98>
- [17] ŠAJDLEROVÁ, Ivana. Organizace a řízení: Cvičení I [online]. Ostrava, 2003 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/skripta%20OaR_cv%20I.pdf. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [18] HRON, Jan, LHOTSKÁ Bohumila, MACÁK Tomáš. Teorie řízení: podklady ke cvičení. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2009, 216 s. ISBN 978-80-213-1913-4.