

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



**Bakalářská Práce**

**Návrh upínacího systému pro měření na CMM**

**Autor:** Jakub Skořepa

**Studijní program:** B VES TMES 2016

**Studijní obor:** Technologie obrábění, projektování a metrologie

**Vedoucí práce:** Ing. Petr Mikeš, Ph.D.

Praha 2019

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Skořepa** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **466498**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh upínacího systému pro kontrolu dílů na CMM**

Název bakalářské práce anglicky:

**Clamping system design for parts inspection on the CMM**

Pokyny pro vypracování:

Upínání součástí při měření na CMM  
Sestavení přípravku pro vybrané díly převodovky s využitím univerzálního upínacího systému  
Návrh upínacího systému pro kontrolu komponent převodovky ve výrobní lince ve společnosti Škoda Auto.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

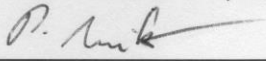
**Ing. Petr Mikeš, Ph.D., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

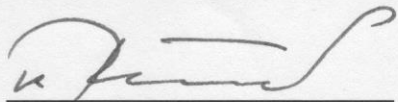
Datum zadání bakalářské práce: **11.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19.07.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

  
Ing. Petr Mikeš, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

  
Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

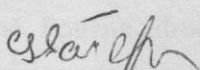
  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

17.4.2019

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně. Použité zdroje a podkladové materiály uvádím v seznamu literatury.

V Praze dne .....

.....

podpis

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Petru Mikešovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, odbornou pomoc a vedení při práci.

#### Anotace:

Tato bakalářská práce pojednává o měření na souřadnicovém měřicím stroji (SMS). V teoretické části je představeno měření na souřadnicovém stroji. Poté se řeší problematika upnutí součásti a je uvedeno několik způsobů a možností upnutí měřených součástí. Praktická část se zaměřuje na návrh upínacího systému pro měření prvku hřídele s ozubením a dvou ozubených kol tak, aby obsluha byla rychlá, jednoduchá a nenáročná. Zároveň aby byl upínací systém jednoduše vyrobitelný. Tyto součásti budou měřeny na stroji Zeiss DuraMax.

#### Klíčová slova

CMM, upínání na CMM, upínací systémy, návrh upínacího systému

#### Abstract

This bachelor thesis is about measuring on coordinate measuring machine (CMM). In the theoretical part is introduced measuring on CMM and then the problem of clamping the component is solved and several ways and possibilities of clamping the measured components are mentioned. The practical part focuses on the design of the clamping system for the measuring shaft element and two gears so that operation is fast, simple and undemanding. At the same time, the clamping system could be easily manufactured. These components will be measured on the machine Zeiss DuraMax.

#### Keywords

CMM, clamping on the CMM, clamping systems, design of clamping system

## Obsah:

1. Úvod .....	7
1.1. Postup měření na SMS .....	8
2. Možnosti upnutí součástí .....	8
2.1. Univerzální způsoby upínání .....	9
2.1.1. Volné ustanovení.....	9
2.1.2. Upnutí pomocí prizmatických podložek .....	10
2.1.3. Upínací pomůcky .....	11
2.1.4. Univerzální sklíčidlo .....	11
2.1.5. Strojní svěrák .....	12
2.2. Stavebnicové upínací systémy .....	12
2.2.1. Alufix .....	13
2.2.2. Alugrip.....	15
2.2.3. Megalu.....	15
2.2.4. Fixinspect.....	16
2.2.5. Reinshaw .....	17
2.2.6. Matrix .....	19
2.2.7. Dk Fixiersysteme .....	19
2.2.8. Zeiss junker partner.....	22
2.3. Jednoúčelové upínací systémy.....	24
3. Návrh upínacího systému.....	26
3.1. Modely součástí .....	27
3.2. Konstrukční řešení upínacího systému.....	28
3.3. Sestavení upínacího systému ze stavebnice.....	28
3.3.1. Upnutí hřídele .....	28
3.3.2. Upnutí ozubených kol .....	29

3.3.3.	Upínací systém ze stavebnice .....	30
3.4.	Návrh jednotlivých komponent jednoúčelového upínacího přípravku .....	30
3.4.1.	Návrh prizma .....	30
3.4.2.	Návrh podstavce prizmat .....	31
3.4.3.	Návrh aretačního mechanismu hřídele .....	31
3.4.4.	Návrh podstavce upínek .....	32
3.4.5.	Návrh čepu.....	32
3.4.6.	Návrh aretačního mechanismu ozubeného kola .....	33
3.4.7.	Model výsledného upínacího systému .....	34
4.	Závěr .....	35
5.	Použité zdroje .....	36
6.	Seznam obrázků .....	38
7.	Seznam příloh.....	39

## 1. Úvod

Souřadnicový měřicí stroj (viz obrázek 1) (SMS), anglicky coordinate measuring machine (CMM), slouží k měření geometrických prvků kontrolovaných dílů, jako je délka, průměr, rovinnost a další parametry. Z naměřených hodnot se vyhodnotí geometrické tolerance či odchylky a tyto informace se využijí pro vyhodnocení dílu. SMS využívá převážně kartézský souřadnicový systém, tedy určí polohu bodu v ose X, Y a Z oproti počátečnímu bodu definovaného strojem. Osy jsou navzájem kolmé. Každý měřicí stroj, který získává informace z obrobku pomocí bodů na základě souřadnicového systému definovaného přístrojem a zároveň hodnoty zpracovává pomocí počítače, může být označený jako souřadnicový měřicí stroj. Trojrozměrné měření různých tvarů vyžaduje systémy, které mohou měřit polohy ve třech osách. Snímací systém má vlastní pohon v jedné či více osách. Body můžeme snímat ve statickém (senzor se nehýbe) nebo dynamickém (senzor se hýbe) režimu. SMS může snímat body na dílu buď dotykově, nebo bezdotykově optickým způsobem [1].

V této práci se budu zabývat upnutím součástí, což je jedna z nejdůležitějších částí při měření na SMS. Předpokladem pro kvalitní a opakovatelné výsledky je její vhodné upnutí. Součást musí být upnuta tak, aby byla ustanovena do správné polohy a nebyla poškozena, zároveň způsob upnutí nesmí bránit snímači v měření všech elementů, které chceme změřit. Tyto podmínky zajišťují upínací systémy, ze kterých díky své flexibilitě lze sestavit v podstatě libovolný upínací systém. Další možností jsou jednoúčelové upínací přípravky, které najdou využití hlavně ve velkovýrobě. Ty zajišťují přesné a rychlé upnutí.





Obrázek 1: SMS Zeiss [2]

### 1.1. Postup měření na SMS

Při měření součásti na CMM se nejdříve provede analýza výkresové dokumentace. Dále se zvolí správné upnutí součásti tak, aby byla fixována a zároveň upínací prvky nepřekážely v trase měřicí sondě. Poté se kvalifikuje snímací systém pomocí kulového etalonu. Následně probíhá extrakce bodů a definují se geometrické prvky. Z těchto hodnot se vypočtou elementy a potom rozměrové a tvarové charakteristiky. Nakonec se měření vyhodnotí a vytvoří se protokol.

## 2. Možnosti upnutí součástí

Deska souřadnicových měřicích strojů je vybavena otvory se závity (viz obrázek 2), pomocí kterých můžeme upnout upínací přípravek, nebo rovnou součást. Většina strojů má stůl z granitu, ale může být také z litiny. V desce z litiny jsou otvory se závity a do granitové desky jsou vložena ocelová pouzdra se závitem. Pro upnutí součásti se používají stejné či podobné upínací prvky, jako se používají při obrábění, avšak prvky mají menší nároky na tuhost, neboť při měření nevznikají tak velké síly jako při obrábění. Používají se různé upínky, sklíčidla či svěráky. Součásti lze také upnout pomocí magnetu nebo podtlaku, pokud to tvar součásti nebo způsob měření vyžaduje. Při měření velkých těžkých dílů je jednou z možností upnutí položení součásti na stůl souřadnicového měřicího stroje. Dále existují různé upínací systémy, ze kterých si uživatel sestaví požadovaný upínací přípravek. Pro tvarově složité díly se vyrábějí speciální přípravky. Ty se vyrábějí také v případě, kdy velkou roli hraje rychlost upínání, tedy například při kontrole velkého množství dílců stejných rozměrů.



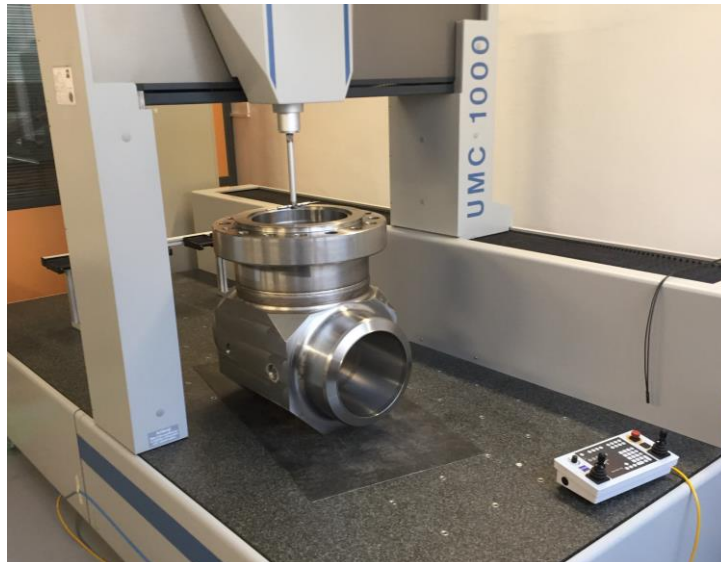
Obrázek 2: CMM deska

## 2.1. Univerzální způsoby upínání

Tento způsob upnutí volíme pro součásti, které je možné upnout univerzálními prvky. Jsou to součásti, které mají základní geometrické prvky, jako je vnitřní válec, vnější válec nebo rovinná plocha. Pokud součást nelze upnout tímto způsobem, využije se jednoúčelový upínací přípravek, nebo se sestaví přípravek z upínacího systému.

### 2.1.1. Volné ustanovení

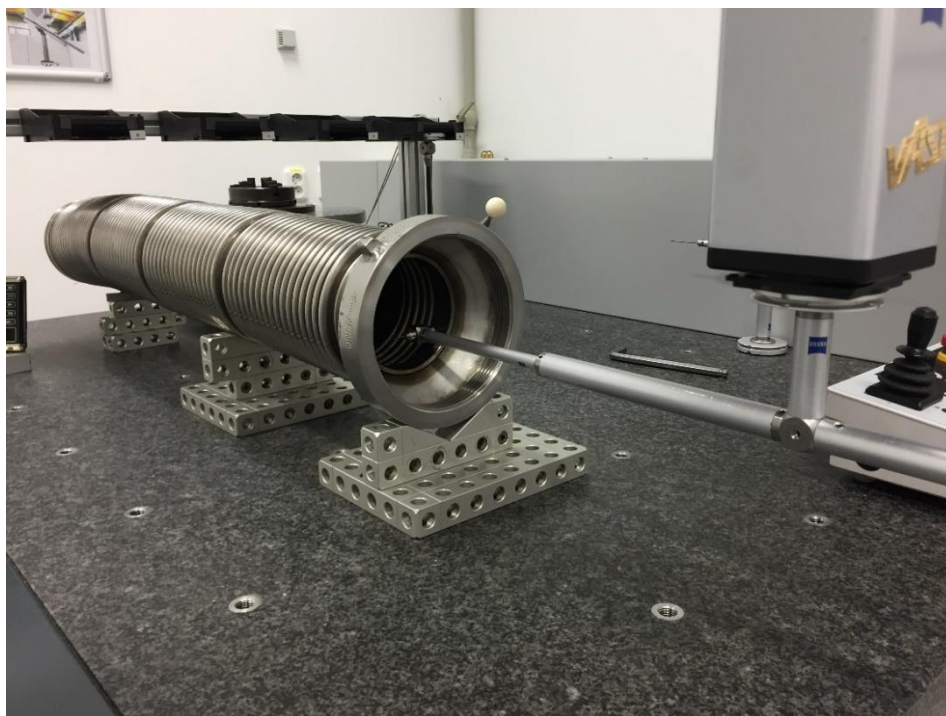
V některých případech je možno využít volného ustanovení (viz obrázek 3), kdy měřenou součást položíme přímo na měřicí desku stroje. Součást je zafixována vlastní vahou, popřípadě ještě upínkami. Pro tento způsob upnutí musí mít součást opracovanou základnu (rovinnou plochu). Příprava součásti pro měření je rychlá a jednoduchá.



Obrázek 3: Volné ustanovení

### 2.1.2. Upnutí pomocí prizmatických podložek

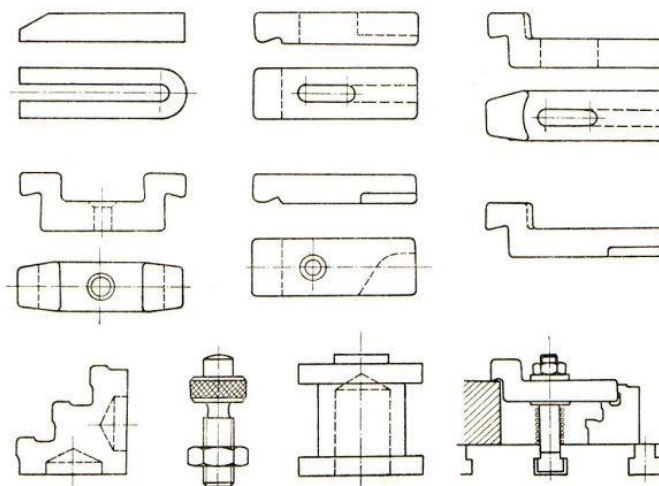
Upnutí pomocí prizmatických podložek se využívá pro komponenty, které mají válcovou plochu (viz obrázek 4). Komponenta je fixována vlastní vahou, popřípadě se zajistí ještě upínkami či jinými upínacími pomůckami.



Obrázek 4: Vhovec

### 2.1.3. Upínací pomůcky

Součásti větších rozměrů se většinou upínají přímo na pracovní stůl stroje. Jejich upnutí zajišťují různé upínací pomůcky (viz obrázek 5). Upínacími pomůckami mohou být například upínky, podpěry, opěrky atd. [14]



Obrázek 5: Základní upínky a podpěry obrobků [14]

### 2.1.4. Univerzální sklíčidlo

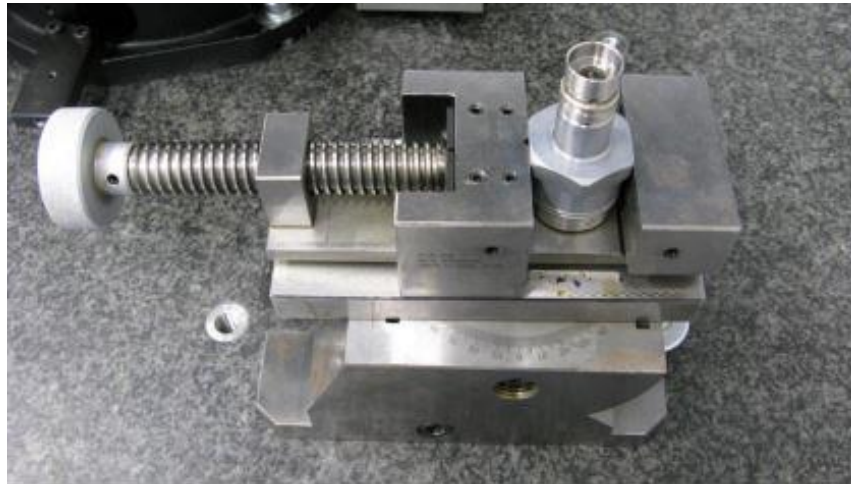
Univerzální sklíčidlo (viz obrázek 6) slouží pro upnutí válcových součástí nebo součástí, na kterých se válcová část nachází, a dá se za ni součást do sklíčidla upnout. Sklíčidlo musí být upnuté ke stolu stroje tak, aby se zabránilo jeho možnému pohybu ve všech směrech. Tento způsob upínání je velmi snadný a rychlý. Velmi často se sklíčidlo využívá v kombinaci s otočným stolem.



Obrázek 6: Univerzální sklíčidlo

### 2.1.5. Strojní svěrák

Pro obrobky, které jsou menších rozměrů a jsou tvarově jednoduché, můžeme použít strojní svěrák (viz obrázek 7). Obrobek se upevní ve svěráku pomocí kovových podložek. Strojní svěrák je potřeba připevnit pomocí šroubů na upínací desku, která se poté připevní ke stolu stroje také pomocí šroubů. Tento způsob upínání je vhodný spíše pro kusovou výrobu, neboť není zajištěna opakovatelnost měření. Existují svěráky pevné, otočné, prizmatické středící a sklopné. [6]



Obrázek 7: Strojní svěrák [15]

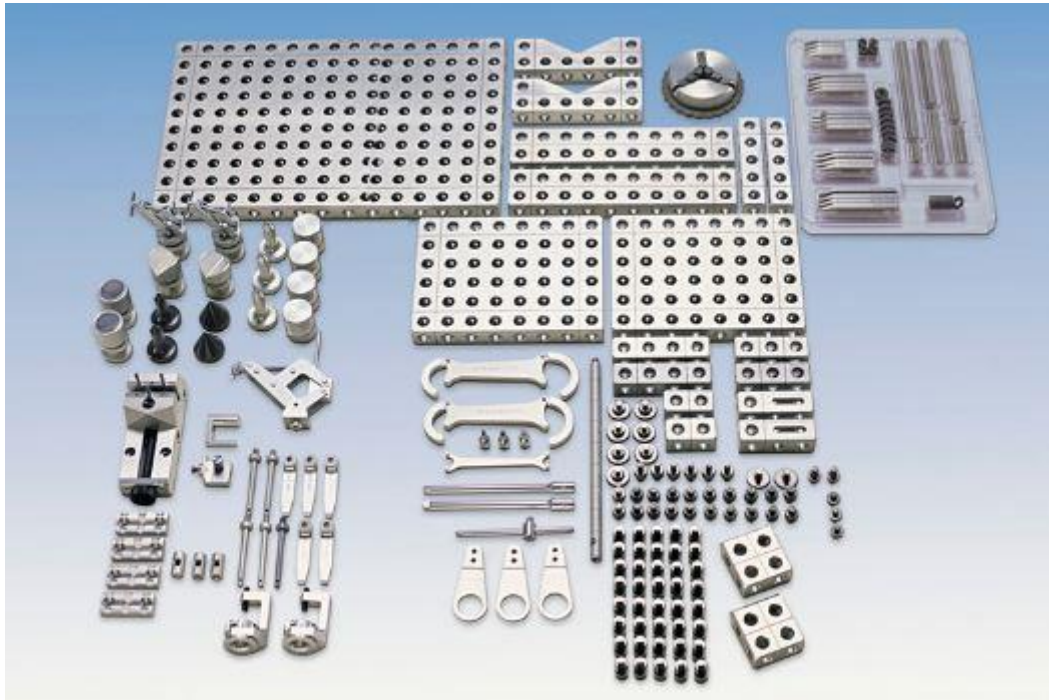
## 2.2. Stavebnicové upínací systémy

Stavebnicové upínací systémy byly vyvinuty hlavně pro měřicí techniku. Jejich výhodou je flexibilita a možnost sestavení velkého množství různých upínacích přípravků. Jejich nevýhodou je vyšší pořizovací cena, ale ve srovnání s použitím více jednoúčelových přípravků je systém cenově výhodnější. Uplatnění najde zejména v leteckém a automobilovém průmyslu.

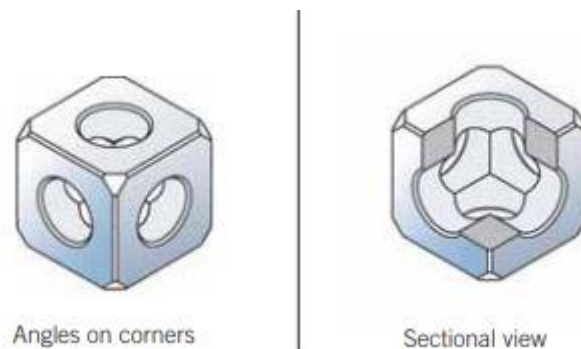


### 2.2.1. Alufix

Alufix (viz obrázek 8) je modulární fixovací systém od firmy WITTE, který je vyroben z vysoko pevnostní slitiny hliníku a je určen pro měření upnutých součástí, kalibraci měřidel a svařovací přípravky. [3]



Obrázek 8: Alufix [3]



Obrázek 9: Alufix basic design [7]

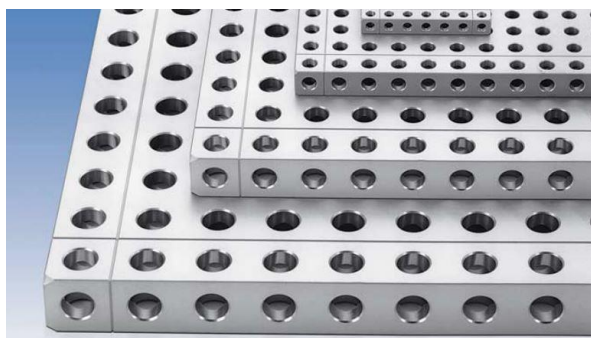
Základním prvkem je krychle (viz obrázek 9), která má na každé ploše vyvrtaný přesný otvor. Krychle se skládají tzv. bajonetovým způsobem. Tento systém je dostupný v šesti velikostech. Systémy různých velikostí lze mezi sebou kombinovat a po skončení životnosti sestaveného systému je možné jej demontovat a znovu využít jednotlivé komponenty pro další měření. [3]



Obrázek 10: Alufix [16]

### **Základní desky**

Slouží jako základna pro budování malých až středně velkých přípravků (viz obrázek 11). Mohou být připojeny na všech šesti stranách pomocí rychloupínače nebo šroubovým spojem. Základní desky jsou mimořádně flexibilní pro všechny druhy aplikací. [15]



Obrázek 11: Alufix-základní desky [7]

### **Kontaktní prvky**

Zajišťují kontakt mezi obrobkem a Alufix přípravkem. Jsou to například malá prizmata nebo prvky s kuličkovým koncem (viz obrázek 12). [7]



Obrázek 12: Alufix-kontaktní prvky [7]

### 2.2.2. Alugrip

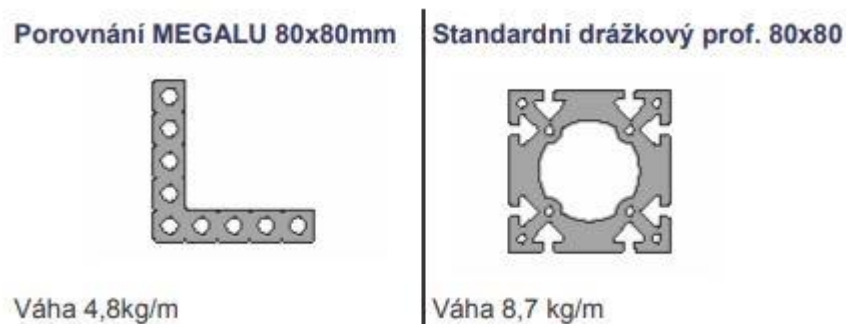
Alugrip (viz obrázek 13) je upínací systém, který je podobný upínacímu systému Alufix a zároveň je kompatibilní s jeho rastrovým systémem. Slouží k sestavení menších a jednodušších upínacích přípravků. Základní design tvoří drážkované profily o průměru 32, respektive 42 mm, které se využívají u koncových prvků Alufixu. Prvky zajišťující spoj a koncové prvky lze upnout na drážkové tyče z vnější nebo z vnitřní strany. Spoj se zajišťuje vestavěnými šrouby. Stejně jako u Alufixu lze všechny prvky použít znovu pro nové projekty. [8]



Obrázek 13: Alugrip [8]

### 2.2.3. Megalu

Megalu je upínací systém (viz obrázek 15), jehož základní prvek tvoří protlačovaný profil, který je rozdělen zkosenými rýhami na sekce o velikosti 16x16 mm. V každé sekci profilu se nachází otvor o průměru 8,5 mm, a tak díky tomu na čelní straně můžeme vyříznout závit M10 a upnout šroub (M10). Kanálky se dále mohou použít pro vedení elektrických a jiných kabelů, což pomáhá zredukovat montážní a materiálové náklady. Pro Megalu je typický tvar L-profilů, které oproti drážkovaným profilům jsou schopny zajistit lepší stabilitu a unést vyšší zátěž. [9]



Obrázek 14: Megalu [9]



Pokud spojíme dva pravoúhlé profily Megalu, dostaneme prvek, který odpovídá nejvyšším požadavkům na torzní pevnost (zkrut) a pevnost v ohybu. Megalu se hodí hlavně pro upínání při měření v rámci zajišťování kvality zejména plastových dílů. Systém lze opět využít pro další přípravky. [9]



Obrázek 15: Megalu [9]

#### 2.2.4. Fixinspect

Fixinspect (viz obrázek 16) je systém pomůcek, které umožňují efektivnější měření závitových otvorů, hladkých děr a navařovaných šroubů či čepů. Princip tohoto systému spočívá v precizně vyrobeném adaptéru ve tvaru polokoule (přesnost výroby 0,02 mm). Polokoule je poté měřicím prvkem a v případě měření otvoru je osazena středícím kuželem, který umožní přesné vystředění polokoule v otvoru. Pro měření šroubů je polokoule opatřena přesným otvorem, v obou případech se upevní k součásti většinou pomocí zapuštěných magnetů. Pro nemagnetické materiály je polokoule vybavena kleštinou. [10]



Obrázek 16: Fixinspect [10]

### 2.2.5. Renishaw

Upínací stavebnice od společnosti Renishaw (viz obrázek 17) pro souřadnicové stroje mají široký sortiment upínacích desek a upínacích elementů. Elementy mají závity M4, M6 nebo M8. Stavebnice najde své uplatnění u součástí pro letecké, kosmické, automobilové, elektronické nebo zdravotnické aplikace. Bez ohledu na velikost, tvar nebo materiál je společnost schopna poskytnout komplexní upínací řešení.

Upínací přípravky jsou velmi rychle sestavitelné, čímž se dá zvýšit výrobní kapacita a zároveň zredukovat prodlevy během kontroly. Upínací deska má označené otvory, a tak díky tomu lze snadno zaznamenat souřadnice použitých komponent a upínací přípravky jdou opakovaně rozebírat a sestavovat. Pomocí identického upínání jsme schopni eliminovat vliv nahodilých chyb procesu a zvýšit opakovatelnost a přesnost kontroly. [11]



Obrázek 17: Upínací systém Renishaw [11]

### Upínací stavebnice

Upínací stavebnice od firmy Renishaw lze pořídit buď jako sadu, nebo lze zakoupit jednotlivé elementy. Sada obsahuje jednu upínací desku a rozsáhlou soupravu upínacích prvků. Podle typu upínané součásti firma nabízí dva typy stavebnic: standardní upínací stavebnici a magnetickou upínací stavebnici pro upínání ocelových součástí. [11]

## Upínací desky

Upínací desky (viz obrázek 18) jsou vyrobeny z hliníku a jsou opatřeny tvrzeným eloxovaným povlakem NiTuff®, který slouží jako ochrana proti poškrábání a opotřebení. Desky jsou dodávány v rozměrech až 1500 mm-3000 mm a lze je na stůl stroje připevnit pomocí speciálních upínek. [11]



Obrázek 18: Upínací desky [11]

## Upínací elementy

S upínacími elementy se velmi snadno manipuluje. Zabezpečují stabilní přichycení součástí za použití minimální síly tak, aby nedošlo k jeho poškození či deformaci. Široký sortiment upínacích elementů (viz obrázek 19) zajistí přístup sondy ke všem měřeným oblastem součástí. [11]



Obrázek 19: Upínací elementy [11]

### 2.2.6. Matrix

Matrix (viz obrázek 20) je upínací systém, který využívá toho, že upínané komponenty vytváří samy sobě podporu. Tvar formy je vytvořen pomocí měřené součásti. Součást se na systém položí a při vyhovující poloze se systém zafixuje šroubem. Při potřebě nové formy se šroub povolí a čepy vyjedou do základní polohy. Čepy se vyrábějí v různé velikosti a hustotě. Mezi výhody tohoto systému patří zejména rychlost přípravy upnutí a malé nároky na skladovací prostory. [5]



Obrázek 20: Upínací systém Matrix [17]

### 2.2.7. Dk Fixiersysteme

Společnost je na trhu od roku 1972 a téměř celou dobu své existence se věnuje upínacím přípravkům. Průlom ovšem nastal až s uvedením produktu SPANNFIX na trh v roce 1990 a od té doby neustále vyvíjí. Firma má momentálně ve vývoji několik modelových řad pokrývajících široké spektrum upínacích systémů a doplňkových přípravků. Firma také neodmítá zákazníky se specifickými požadavky a je ochotna jim pomoci vyvinout vlastní upínací systém.

Z produktů upínacích systémů členěných do oborových řad si každý může zvolit vhodný systém na upnutí součásti pro měření. Všechny oborové řady jsou kompatibilní a lze je mezi sebou vzájemně kombinovat včetně elementů.[12]

Výhody přípravků od firmy Dk: [12]

- Univerzální a flexibilní systémy
- Modulově stavitelné sestavy z jednotlivých elementů
- Bezpečné uchycení i miniaturních dílů
- Vysoká tuhost a stabilita elementů
- Optimální přístupnost měřicí sondou

## Spannfix

System upínání pro dotykové měření na souřadnicových měřicích strojích (viz obrázek 21)

- Široká škála modulárních upínacích elementů
- Složité upínací problémy mohou být vyřešeny pomocí vhodných modulů [12]



Obrázek 21: Spannfix [12]

## Schienenfix

System upínání pro měření na optických strojích (viz obrázek 22)

- Pro měření kontury na profilprojektoru
- Nesčetně možností sestavení a fixace dílu díky variabilnímu ozubenému rámu [12]



Obrázek 22: Schienenfix [12]

## Quaderfix

Systém upínání pro dotykové měření – Quader systém nosníků (viz obrázek 23)

- Skládání modulových sestav z kostek a nosníků
- Vysoká tuhost a stabilita
- Kompatibilní se systémem SPANNFIX [12]



Obrázek 23: Quaderfix [12]

## Microfix

Řešení pro upínání i těch nejmenších dílů od 0.3 mm do 10 mm (viz obrázek 24)

- Pro miniaturní rotační i nerotační díly
- Nastavitelná minimální upínací síla k zamezení poškození dílu [12]



Obrázek 24: Microfix [12]



### 2.2.8. Zeiss junker partner

Řada upínacích přípravků ZEISS CARFIT s modulární a standardizovanou systémovou architekturou udává trend v oblasti kontrolní technologie. Univerzální upínací systém je díky své flexibilitě, cenové dostupnosti a optimální přizpůsobitelnosti tou správnou volbou pro všechny aplikace ve vývoji, ve výrobě nástrojů, konstrukci prototypů i v sériové výrobě. [13]

#### **ZEISS CARFIT CMB**

S řadou ZEISS CARFIT CMB (viz obrázek 25) si může zákazník sám sestavit upínací přípravky potřebné pro měření. Základem této řady je tvrdě povlakovaná rastrovaná deska. Stavebnicový princip této řady umožňuje rychlé a úsporné zhotovení upínacích přípravků. Model ZEISS CARFIT CMB se hodí hlavně pro menší a středně velké díly, které musí být upnuty ve vodorovné poloze. [13]



Obrázek 25: ZEISS CARFIT CMB [13]

#### **ZEISS CARFIT CMP**

S řadou ZEISS CARFIT CMP (viz obrázek 26) si může zákazník sám sestavit upínací přípravky potřebné pro měření. Základem této řady jsou rastrované desky, které jsou opatřeny tvrzeným povlakem. Stavebnice řady ZEISS CARFIT CMP umožňuje rychlé a úsporné zhotovení upínacích přípravků. Tato stavebnice se hodí zejména pro větší součásti, které musí být upnuty a měřeny ve svislé poloze. [13]



Obrázek 26: ZEISS CARFIT CMP [13]

## **ZEISS CARFIT CMK**

Tato řada je vhodná pro souřadnicové měření malých dílů (viz obrázek 27), které vyžadují rychlé upnutí pomocí jednoduchých nástrojů. Stejně jako u ostatních stavebnic ZEISS CARFIT jsou hlavními komponenty deska s rastrovými otvory a nastavovací prvky. Prizmatické a rotačně symetrické díly lze snadno upnout v definované poloze. Tato řada se dodává buď v cenově výhodné základní variantě, nebo rozšířené o další prvky pro rozsáhlejší možnosti aplikací. [13]



Obrázek 27: ZEISS CARFIT CMK [13]

## **ZEISS CARFIT CME**

Univerzální upínací jednotka ZEISS CARFIT CME (viz obrázek 28) může být nastavena ve všech 6 stupních volnosti. Je tedy možné komponenty zafixovat v libovolné poloze. Z několika upínacích jednotek ZEISS CARFIT CME lze velmi flexibilně a efektivně vytvořit přípravek pro upnutí součásti. Tato jednotka je samozřejmě kompatibilní s ostatními řadami. Uplatnění najde všude, kde je potřeba krátkodobé upnutí při měření, například při konstrukci prototypů a nástrojů. [13]



Obrázek 28: ZEISS CARFIT CME [13]



## **ZEISS CARFIT CMF**

Řada ZEISS CARFIT CMF (viz obrázek 29) se používá pro opakovatelné upnutí součástí a sestav. Základní konstrukce upínacího zařízení se skládá z profilového systému ZEISS CARFIT, který byl vyvinut speciálně pro výrobu měřicích a kontrolních zařízení, a ze standardních modulů pro uchycení a upnutí dílů nebo obrobků. Díky vysoké variabilitě se tento systém může používat pro upnutí při měření prototypů i při sériovém měření. [13]



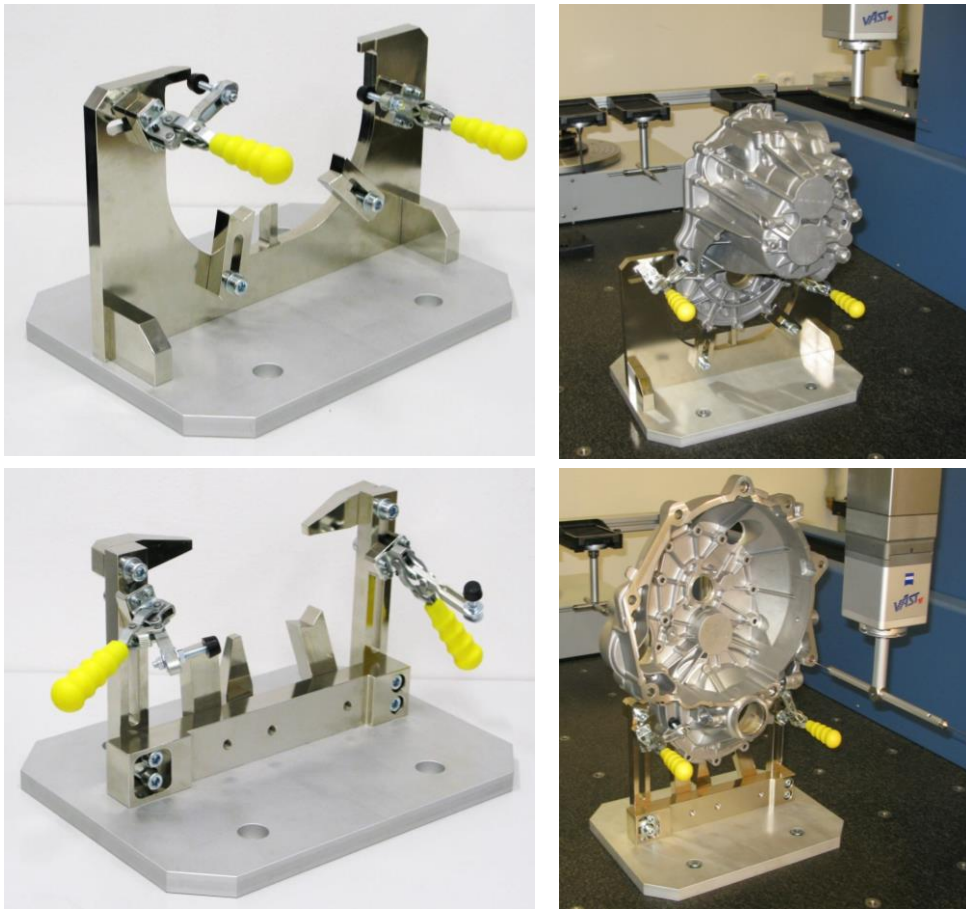
Obrázek 29: ZEISS CARFIT CMF [13]

### **2.3. Jednoúčelové upínací systémy**

Jednoúčelové upínací systémy (viz obrázek 30 a 31) jsou určeny pro upínání jednoho typu součásti a jsou obvykle vyráběny na zakázku. Nevýhodou těchto přípravků je potřeba většího množství, neboť na každý typ měřené součásti potřebujeme upínací systém. Při změně měřené součásti tedy musíme vyměnit i upínací systém. Uplatnění nalezneme hlavně pro plastové výlisky, na kterých se nachází tvarové plochy. Takový díl nejde většinou upnout jiným způsobem, například kryt světla auta.

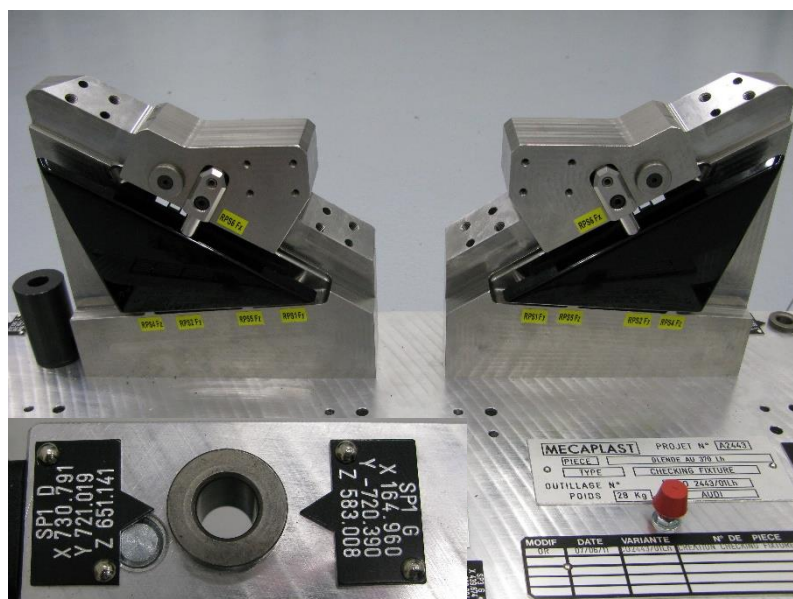


Obrázek 30: Jednoúčelový upínací přípravek



Obrázek 31: Jednoúčelové upínací systémy

V automobilovém průmyslu se při měření velmi často využívá RPS systém (viz obrázek 32). Jde o systém referenčních měřicích bodů, podle kterých se kontroluje vzájemná poloha dílů v autě. Pro zaměření RPS systému jsou na přípravku instalována tři přesná pouzdra nebo tři koule. Někdy nejsou možné na měřeném dílu body nasnímat, v tom případě se přepočítávají na body na měřicím přípravku, kde se poté i měří. Může to být například průnik válce a roviny nebo koule.

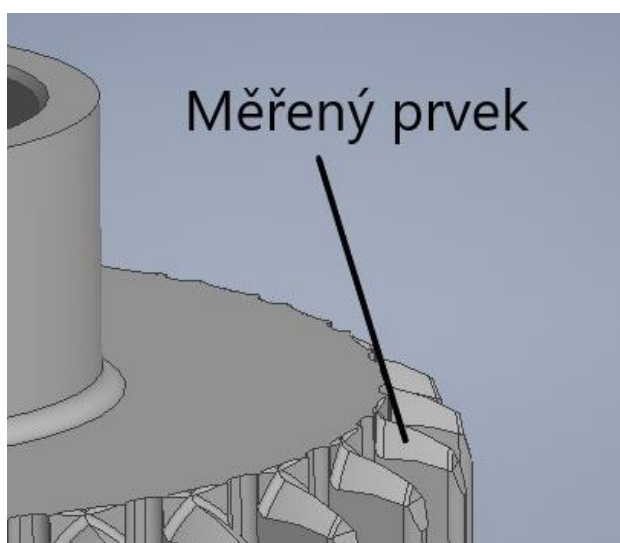


Obrázek 32: Upínací přípravek s využitím RPS

### 3. Návrh upínacího systému

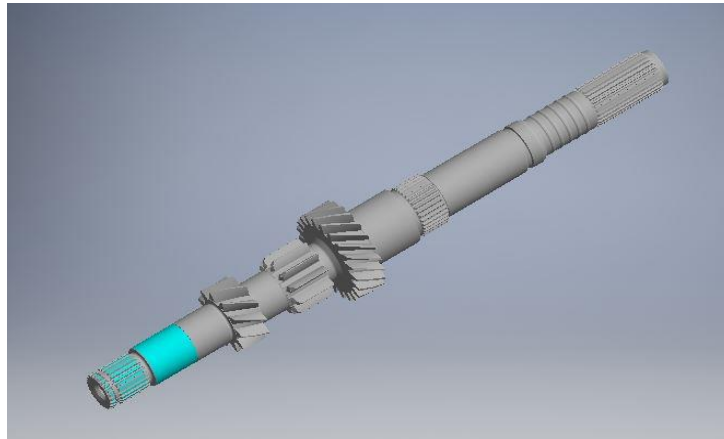
Úkolem je navrhnout jednoúčelový upínací přípravek pro firmu Škoda Auto. Měřenými součástmi budou dvě ozubená kola (viz obrázek 35 a 36) a jedna hřídel s ozubením (viz obrázek 34). Na hřídeli i ozubených kolech se bude měřit úprava ozubení-střížkování (viz obrázek 33). Zadané součásti budou měřeny na stroji ZEISS DuraMax. Jednotlivé prvky upínacího systému budou vyrobeny převážně ze slitiny hliníku EN AW 7075 a oceli. Tyto tři upínací systémy budou upnuty na jedné desce, která pak bude upevněna ke stolu měřicího stroje pomocí upínek.

**Měřený prvek:**

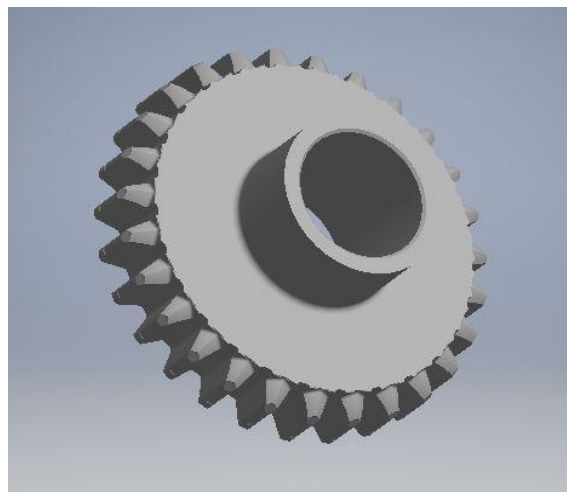


Obrázek 33: Měřený prvek ozubení

### 3.1. Modely součástí



Obrázek 34: Model hřídele



Obrázek 35: Model ozubeného kola 1



Obrázek 36: Model ozubeného kola 2

### 3.2. Konstrukční řešení upínacího systému

Hřídel bude zajištěna za dva dané průměry, které budou položeny do prizmat. Hřídel se následně zaaretuje upínkami, aby se zabránilo její rotaci při měření. Jelikož musí být upnutí opakovatelné, je třeba zajistit stejné natočení hřídele. To zajistím jednoduchým mechanismem, na jehož konci bude těleso, které zapadne do zubové mezery a tím zajistí požadované natočení hřídele.

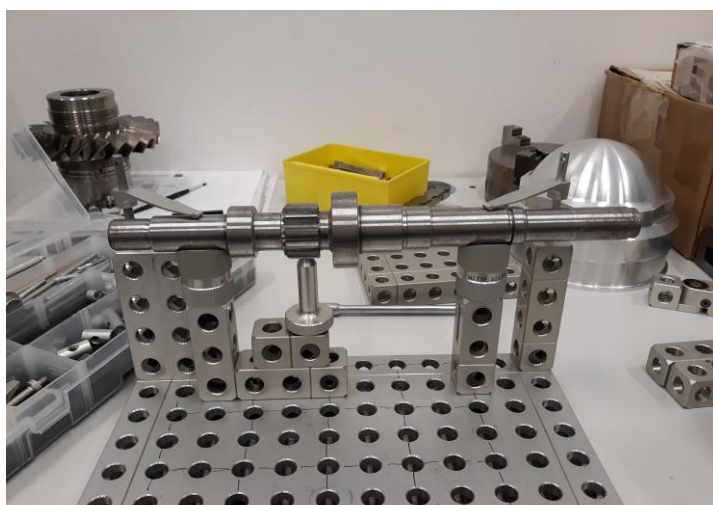
Podobný mechanismus bude třeba využít také pro aretaci ozubených kol. U nich bude vhodné vyřešit fixování osazeným čepem pro zabránění možného pohybu do stran a následně upínkami zajistit jejich celkovou fixaci.

### 3.3. Sestavení upínacího systému ze stavebnice

Pro sestavení provizorního upínacího přípravku byl zvolen upínací systém Alufix od firmy WITTE z důvodu jeho přesnosti, univerzálnosti a rychlého sestavení. Tento přípravek mi pomůže představit si předběžné rozložení komponent na jednoúčelovém upínacím přípravku, který mám navrhnout.

#### 3.3.1. Upnutí hřídele

Hřídel bude upnuta do dvou prizmat za dva dané průměry. Prizmata budou připevněna na tyče ve vhodné výšce tak, aby se dal pod hřídel vhodně umístit aretační mechanismus (viz obrázek 37). Ten se bude skládat z aretačního tělíska, které bude skrz závit připevněno k tyčím ve vhodné výšce. Hřídel se následně zafixuje upínkami na zadaných průměrech.



Obrázek 37: Upnutí hřídele



### 3.3.2. Upnutí ozubených kol

#### 1. verze

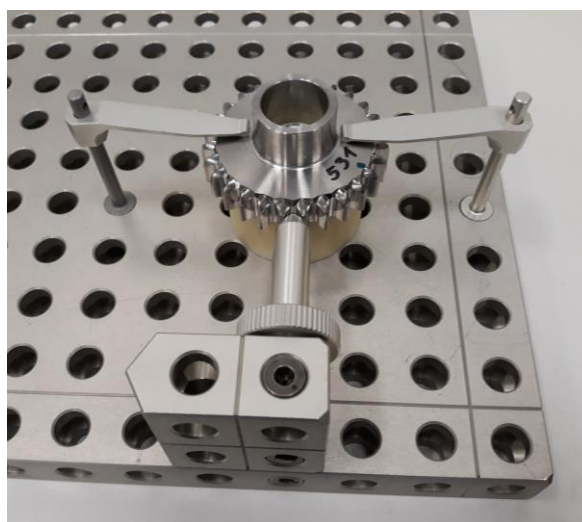
Poloha ozubeného kola na desce (v ose x a y) se zajistí pomocí sklíčidla s ručním utahováním. Aretační mechanismus bude podobný tomu u hřídele. Celková fixace se poté provede utažením sklíčidla (viz obrázek 38).



Obrázek 38: 1. Verze upnutí ozubeného kola

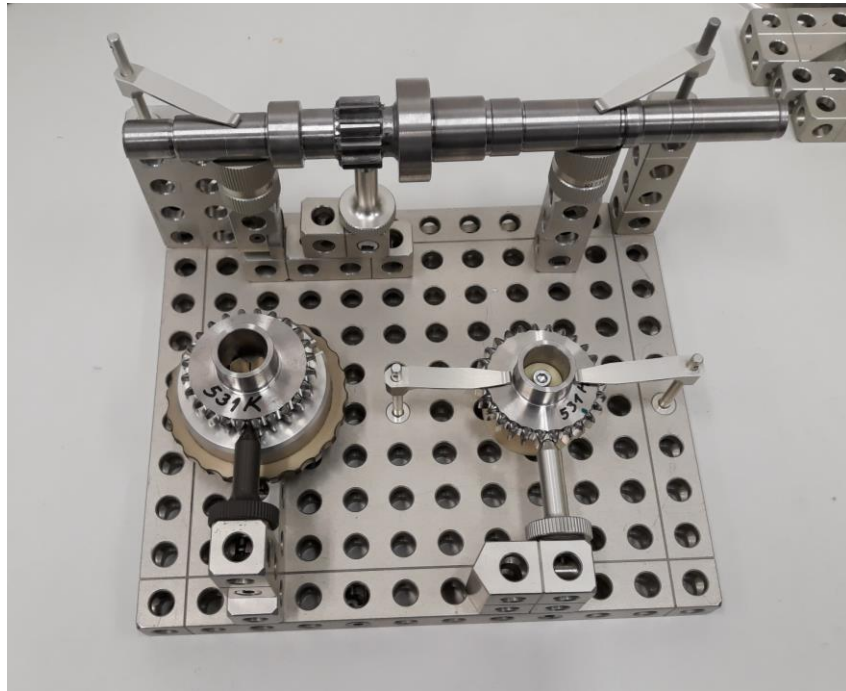
#### 2. verze

Pokud by stavebnice nedisponovala sklíčidlem s ručním utahováním, neboť je to vcelku nákladná komponenta, dá se místo něj využít osazený čep vhodných rozměrů. Aretační mechanismus je opět podobný tomu u hřídele a celková fixace je poté provedena upínkami (viz obrázek 39).



Obrázek 39: 2. Verze upnutí ozubeného kola

### 3.3.3. Upínací systém ze stavebnice

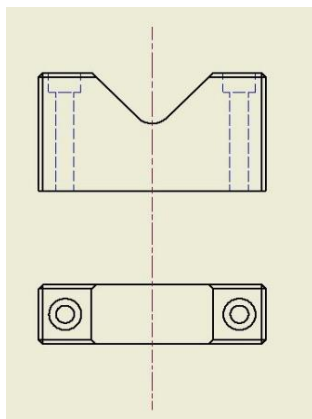


Obrázek 40: Upnutí komponent pomocí upínacího systému Alufix

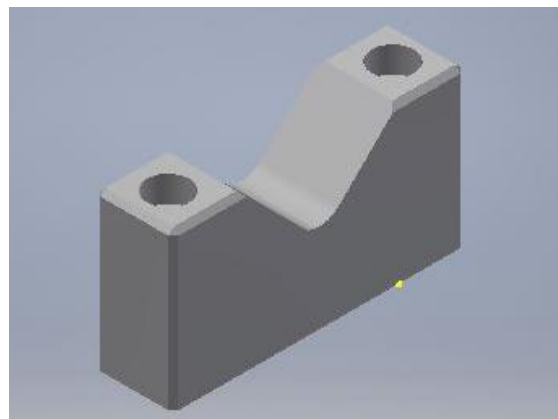
## 3.4. Návrh jednotlivých komponent jednoúčelového upínacího přípravku

### 3.4.1. Návrh prizma

Prizma (viz obrázek 41 a 42) ponese součást relativně lehkou, a tak dostačuje, když jeho šířka bude o velikosti potřebného prostoru pro šroub. Postačí šroub velikosti M4/M5, neboť upínací systém nebude nijak zvlášť namáhán. Prizma bude nejlepší upnout k držáku šrouby s vnitřním šestihranem. Všechny ostré hrany budou zkosené, aby se zabránilo možnému poranění. Součást bude vyrobena s určitým poloměrem pro usnadnění její výroby. Pro výrobu je zvolen materiál ocel: X5CrNi 18-10.



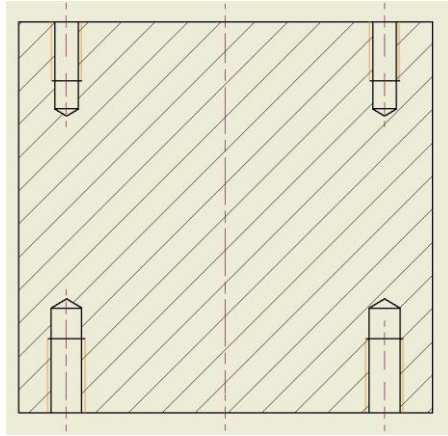
Obrázek 41: Skica prizma



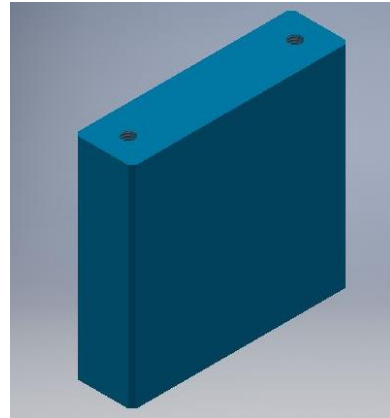
Obrázek 42: Model prizma

### 3.4.2. Návrh podstavce prizmat

Podstavce (viz obrázek 43 a 44) budou vyrobeny v rozdílné výšce, neboť průměry, za které bude hřídel upnuta, mají rozdílnou hodnotu. Pro výrobu bude použit hliník EN AW-7075.



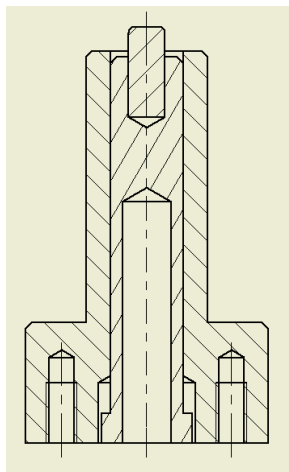
Obrázek 43: Skica podstavce prizma



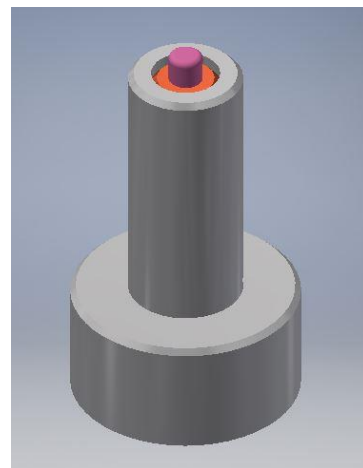
Obrázek 44: Model podstavce prizma

### 3.4.3. Návrh aretačního mechanismu hřídele

Aretační mechanismus (viz obrázek 45 a 46) se bude skládat ze čtyř součástí. Aretační tělíčko bude jehlice z ložiska, ale mohla by se také využít ložisková kulička či jiné těleso vhodného tvaru a materiálu. Uložení jehlice bude s přesahem. Uložení těles, které se vůči sobě budou pohybovat, bude s vůlí, a proto volím H7/g7. Otvor pro vložení jehlice se bude muset vyvrtat a poté vystružit pro dosažení požadované přesnosti; to samé platí pro otvor s přesností H7. Tuhost pružiny musí být dostatečná pro snadný pohyb aretačního tělesa, avšak tato hodnota bude velmi malá. Mechanismus bude připevněn k desce pomocí dvou šroubů. Vyráběné komponenty mechanismu budou vyrobeny z hliníku EN AW-7075.



Obrázek 46: Skica aretačního mechanismu hřídele

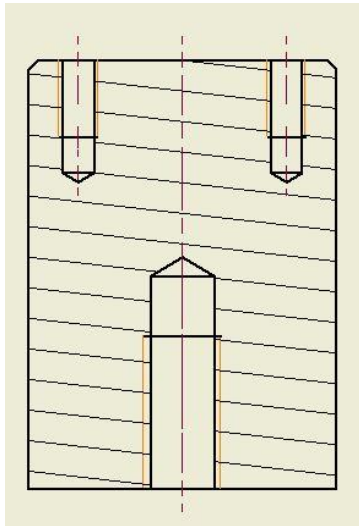


Obrázek 45: Model aretačního mechanismu hřídele

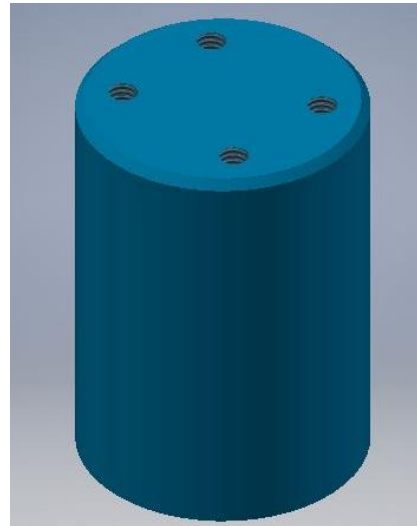


#### 3.4.4. Návrh podstavce upínek

Upínky bude ideální umístit na stojan válcového tvaru (viz obrázek 47 a 48), neboť jeho výroba je technologicky jednoduchá. Upínka bude připevněna pomocí čtyř šroubů s vnitřním šestihranem a stojan k desce bude připojen pomocí jednoho šroubu v ose rotace. Podstavce budou vyrobeny z hliníku EN AW-7075, polotovar bude kruhová tyč s vhodným přídatkem na obrábění (viz výkresová dokumentace).



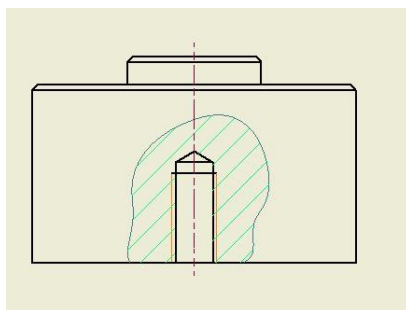
Obrázek 47: Skica podstavce upínek



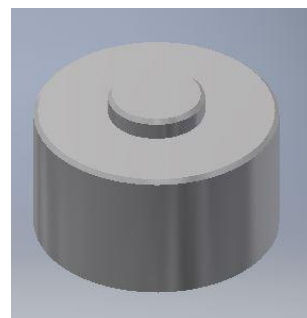
Obrázek 48: Model podstavce upínek

#### 3.4.5. Návrh čepu

Čep (viz obrázek 49 a 50) bude v desce upevněn pomocí jednoho šroubu v ose rotace. Horní část čepu, která zapadne do otvoru ozubeného kola, musí mít minimální výšku, neboť podle vnitřního průměru ozubeného kola se bude zaměřovat jeho poloha při měření. Bude vyroben z hliníku EN AW-7075, polotovar bude kruhová tyč s vhodným přídatkem na obrábění (viz výkresová dokumentace).



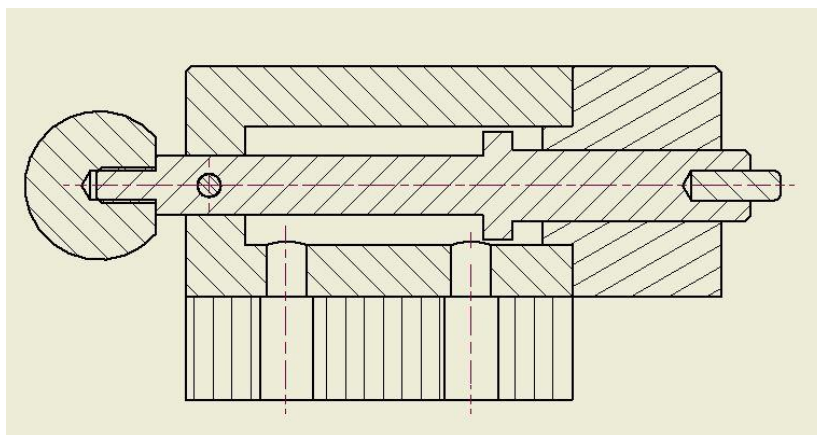
Obrázek 49: Skica čepu



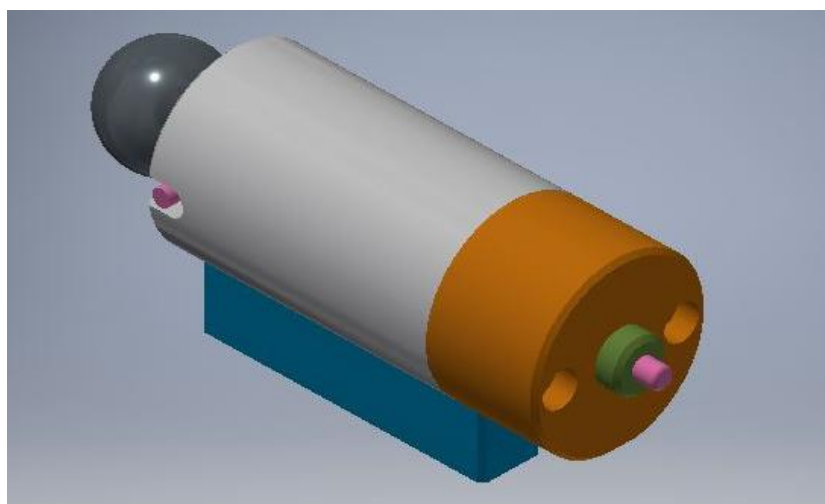
Obrázek 50: Model čepu

### 3.4.6. Návrh aretačního mechanismu ozubeného kola

Aretační mechanismus pro ozubené kolo bude podobný aretačnímu mechanismu pro hřídel (viz obrázek 51 a 52). U mechanismu musí být umožněno zajištění jehlice v malé vzdálenosti od zubové mezery před jeho aretací. To bude umožněno vyfrézováním drážky v zadní části mechanismu a následně vyvrtáním otvoru do vnitřní součásti aretace a vložení válcovité součásti. Uložení těles, které se proti sobě budou pohybovat, volím s vůlí H7/g7. Otvor pro vložení jehlice se bude muset vyvrtat a poté vystružit pro dosažení požadované přesnosti; to samé platí pro otvor s přesností H7. Vnější aretační mechanismus bude mít tvar válce, na kterém se následně vyfrézuje plocha. V ní budou zhotoveny dva průchozí závity, které zajistí připevnění mechanismu k podstavci a k desce. Vyráběné komponenty mechanismu budou z hliníku EN AW-7075.

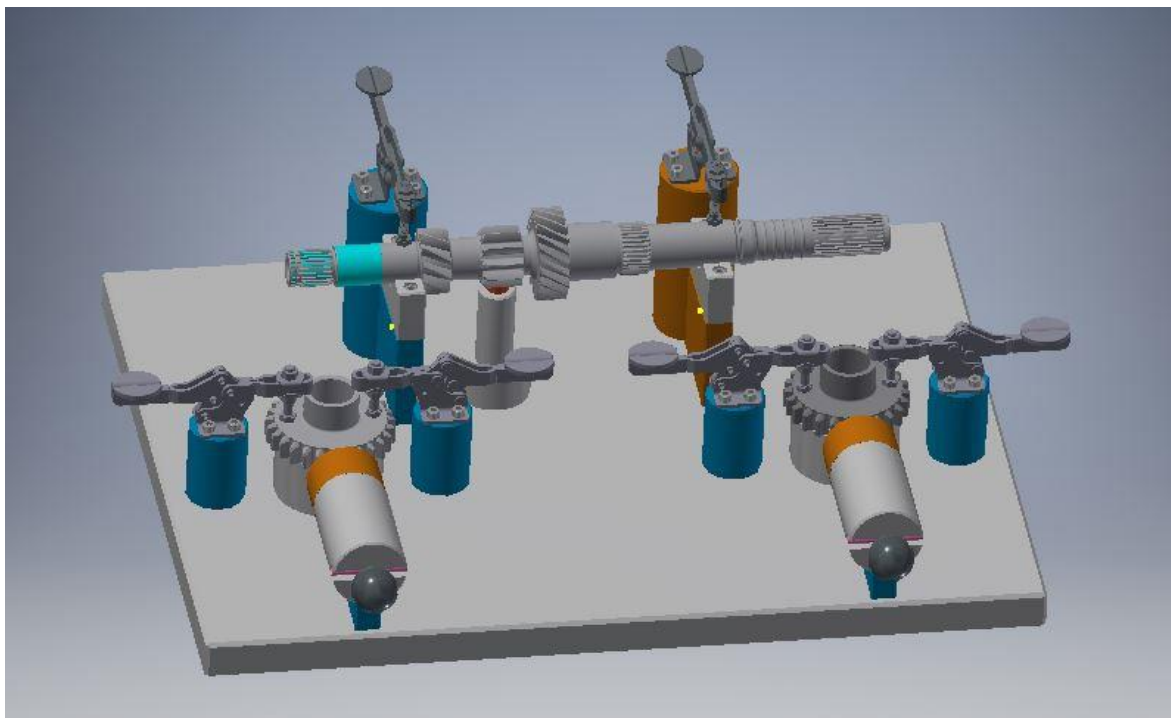


Obrázek 51: Skica aretačního mechanismu ozubeného kola

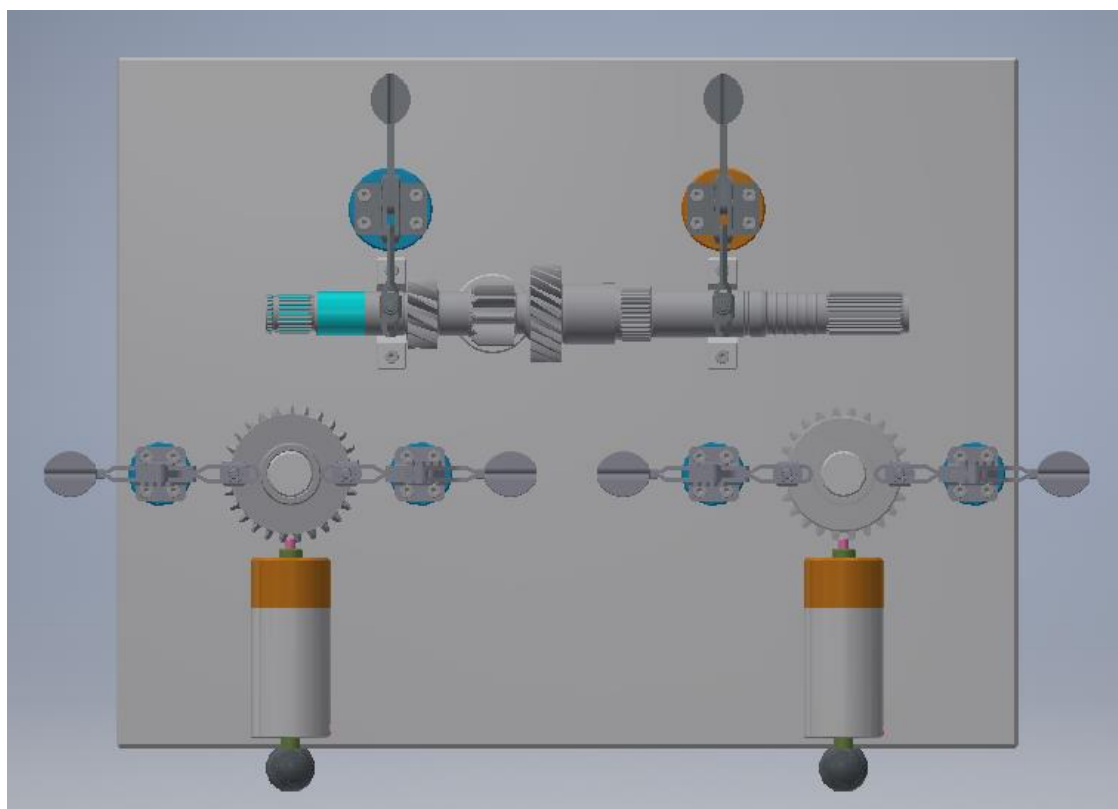


Obrázek 52: Model aretačního mechanismu ozubeného kola

### 3.4.7. Model výsledného upínacího systému



Obrázek 53: Jednúčelový upínací systém



Obrázek 54: Jednúčelový upínací systém (2)

## 4. Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit návrh upínacího systému pro firmu Škoda Auto. Měřené komponenty jsou hřídel s ozubením a dvě ozubená kola, na kterých se bude měřit prvek ozubení-střížkování na CMM. V úvodní části jsem se věnoval obecné problematice měření součásti na CMM. Dále jsem se zaměřil na možnosti upnutí měřené součásti, kde jsem zmínil běžné upínání součásti a sepsal přehled univerzálních upínacích systémů, jako je Alufix, Alugrip, Megalu, Dk, Reinshaw a dalších.

Následně jsem sestavil upínací systém pro měřené součásti z upínacího systému Alufix, ze kterého jsem si poté mohl stanovit minimální potřebné rozměry desky pro jednoúčelový upínací systém a jednotlivé rozložení komponent. Hřídel byla položena na prizmatech a pohyb aretačního mechanismu ve svislé ose byl zajištěn pomocí závitu. Pro ozubená kola jsem sestavil dvě verze upnutí. V první verzi zajišťovalo celkovou aretaci sklíčidlo s ručním utahováním (jemným) a podobný mechanismus, který byl použit u hřídele. Ve druhé verzi byl použit osazený čep, upínky a již zmíněný aretační mechanismus.

Na závěr jsem navrhl jednoúčelový upínací přípravek a jeho jednotlivé komponenty. Hřídel je položena na prizmata a poté fixována vodorovnými upínky. Princip aretačního mechanismu je patrný z výkresu, jako koncové těleso byla použita ložisková jehla. Pro ozubená kola jsem zvolil upínání pomocí osazeného čepu, neboť je oproti verzi se sklíčidlem cenově výhodnější a plní stejnou funkci. Upínací přípravek a jeho komponenty jsem poté vymodeloval v CAD aplikaci Autodesk Inventor a vytvořil výrobní dokumentaci, kterou naleznete v příloze.

Přípravek bude vyroben a uveden do reálného provozu, kde nahradí upínací přípravek složený z upínacího systému Alufix. Tím se zvýší komfort a efektivita měření.

## 5. Použité zdroje

[1] CHRISTOPH, Ralf a Hans Joachim NEUMANN. Multisenzorová souřadnicová měřicí technika: měření rozměrů, tvarů, polohy a drsnosti - opticky, dotykově a rentgenovou tomografií. 4. přeprac. a rozš. vyd. Uherské Hradiště: PRIMA Bilavčák, 2008.

[2] ZEISS CONTURA: Referenční stroj v kompaktní třídě [online]. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/metrologie/produkty/systemy/bridge-type-cmms/contura.html>

[3] Modular Fixturing Systems: ALUFIX. <https://www.witte-barskamp.com> [online]. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <https://www.witte-barskamp.com/modular-fixturing-systems/alufix-classic-alufix-eco/>

[4] Maprox JF & ZF Chucks [online]. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <http://anglo-swiss-tools.co.uk/maprox-zweifel-chucks/>

[5] Matrix GmbH | FAQ. [online]. Copyright © MATRIX GmbH Stuttgart [cit. 27.06.2019]. Dostupné z: <https://www.matrix-innovations.com/en/FAQ/>

[6] KAMENICKÁ, PAVLÍNA. ZPŮSOBY UPÍNÁNÍ NÁSTROJŮ A OBROBKŮ [online]. BRNO, 2013 [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=65180](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65180). BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce ING. MILAN KALIVODA.

[7] Modular Clamping Systems: ALUFIX CLASSIC [online]. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <https://www.witte-barskamp.com/assets/downloads/Kataloge/Modulare-Spannsysteme/ALUFIX/ALUFIX-2019-E-Web1.pdf>

[8] ALUGRIP [online]. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <https://www.esperantomb.cz/alugrip.html>

[9] ESPERANTO s.r.o.: Megalu [online]. [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.esperantomb.cz/megalu.html>

- [10] Fixinspect - measurement . Witte Barskamp KG - Hightech in Aluminium [online]. Copyright © 2019 Witte Barskamp KG [cit. 27.06.2019]. Dostupné z: <https://www.witte-barskamp.com/modular-fixturing-systems/fixinspect/>
- [11] *Upínací stavebnice pro CMM* [online]. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <https://www.renishaw.cz/cs/cmm-fixtures--20851>
- [12] *Dk Fixiersysteme - upínací systémy* [online]. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: <https://www.merici-pristroje.cz/dk-fixiersysteme/>
- [13] *Upínací systémy: Integrovaná a individuální řešení pro měřicí přípravky* [online]. [cit. 2019-06-23]. Dostupné z: [https://www.zeiss.cz/metrologie/produkty/p\\_islu\\_enstvi/upinaci-systemy.html](https://www.zeiss.cz/metrologie/produkty/p_islu_enstvi/upinaci-systemy.html)
- [14] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění - 1. část* [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2003, 138 s. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/TI_TO-1cast.pdf)
- [15] ERDINGER, Filip. *Analýza postupu kontroly obráběného dílu na CMM* [online]. [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/47769037-Ceske-vysoke-uceni-technicke-v-praze-fakulta-strojni.html>
- [16] *Witte Barskamp KG: Alufix, modulares Spannsystem* [online]. [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://en.industryarena.com/witte/gallery/alufix-modulares-spannsystem--3456.html>
- [17] *MATRIX BLUE befogó rendszerek: X-SUPPORT* [online]. [cit. 2019-07-05]. Dostupné z: <http://www.matrix-system.hu/blue>

## 6. Seznam obrázků

Obrázek 1: SMS Zeiss [2].....	8
Obrázek 2: CMM deska.....	9
Obrázek 3: Volné ustanovení.....	10
Obrázek 4: Vlnovec.....	10
Obrázek 5: Základní upínky a podpěry obrobků [14] .....	11
Obrázek 6: Univerzální sklíčidlo .....	11
Obrázek 7: Strojní svěrák [15].....	12
Obrázek 8: Alufix [3] .....	13
Obrázek 9: Alufix basic design [7] .....	13
Obrázek 10: Alufix [16] .....	14
Obrázek 11: Alufix-základní desky [7] .....	14
Obrázek 12: Alufix-kontaktní prvky [7].....	14
Obrázek 13: Alugrip [8] .....	15
Obrázek 14: Megalu [9].....	15
Obrázek 15: Megalu [9].....	16
Obrázek 16: Fixinspect [10] .....	16
Obrázek 17: Upínací systém Reinshaw [11].....	17
Obrázek 18: Upínací desky [11] .....	18
Obrázek 19: Upínací elementy [11] .....	18
Obrázek 20: Upínací systém Matrix [17] .....	19
Obrázek 21: Spannfix [12].....	20
Obrázek 22: Schienenfix [12] .....	20
Obrázek 23: Quaderfix [12].....	21
Obrázek 24: Microfix [12].....	21
Obrázek 25: ZEISS CARFIT CMB [13] .....	22
Obrázek 26: ZEISS CARFIT CMP [13] .....	22
Obrázek 27: ZEISS CARFIT CMK [13].....	23
Obrázek 28: ZEISS CARFIT CME [13] .....	23
Obrázek 29: ZEISS CARFIT CMF [13] .....	24
Obrázek 30: Jednoučelový upínací přípravek.....	24
Obrázek 31: Jednoučelové upínací systémy .....	25

Obrázek 32: Upínací přípravek s využitím RPS .....	26
Obrázek 33: Měřený prvek ozubení .....	26
Obrázek 34: Model hřídele .....	27
Obrázek 35: Model ozubeného kola 1 .....	27
Obrázek 36: Model ozubeného kola 2 .....	27
Obrázek 37: Upnutí hřídele.....	28
Obrázek 38: 1. Verze upnutí ozubeného kola .....	29
Obrázek 39: 2. Verze upnutí ozubného kola.....	29
Obrázek 40: Upnutí komponent pomocí upínacího systému Alufix .....	30
Obrázek 41: Skica prizma.....	30
Obrázek 42: Model prizma .....	30
Obrázek 43: Skica podstavce prizma .....	31
Obrázek 44: Model podstavce prizma .....	31
Obrázek 45: Model aretačního mechanismu hřídele .....	31
Obrázek 46: Skica aretačního mechanismu hřídele .....	31
Obrázek 47: Model podstavce upínek .....	32
Obrázek 48: Skica podstavce upínek.....	32
Obrázek 49: Skica čepu .....	32
Obrázek 50: Model čepu.....	32
Obrázek 51: Skica aretačního mechanismu ozubeného kola .....	33
Obrázek 52: Model aretačního mechanismu ozubeného kola .....	33
Obrázek 53: Jednúčelový upínací systém.....	34
Obrázek 54: Jednúčelový upínací systém (2) .....	34

## 7. Seznam příloh

- Výrobní dokumentace