ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Diagnostika a servis silničních vozidel

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh převodky řízení pro vůz Formule SAE

Autor: **Ondřej BROŽ**

Vedoucí práce: **Ing. František SEDLÁČEK**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: **2013/2014**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Ondřej BROŽ**
Osobní číslo:	**S10B0247P**
Studijní program:	**B2341 Strojírenství**
Studijní obor:	**Diagnostika a servis silničních vozidel**
Název tématu:	**Návrh převodky řízení pro vůz Formule SAE**
Zadávající katedra:	**Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování:

Základní požadavky:
Proveďte návrh převodky řízení s vybranými navazujícími komponenty pro vůz Formule SAE a implementujte jej do celkové konstrukce vozidla. Přičemž navržená konstrukce musí zcela splňovat pravidla stanovená soutěží FSAE pro rok 2013/14 s upřednostňujícím ohledem na funkčnost a hmotnost systému.

Základní technické údaje:
Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Proveďte rešerši současného stavu v oblasti konstrukčního provedení převodek řízení používaných u monopostových vozů kategorie Formule SAE
2. Specifikace požadavků
3. Návrh nového konstrukčního řešení, vypracování CAD modelu se začleněním do sestavy
4. Vypracování základní dokumentace
5. Zhodnocení práce, závěr

Rozsah grafických prací:	**dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy:	**30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce:	**tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

GSCHEIDLE, R. A KOLEKTIV. *Příručka pro automechanika.* **. Brno: Europa-Sobotáles s.r.o., 2010. ISBN 978-80-86706-17-7**

TRZESNIOWSKI, M. *Rennwagentechnik.* **. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008. ISBN 978-3-8348-0484-6**

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce:	**Ing. František Sedláček** Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce:	**Ing. Michal Skovajsa** Katedra konstruování strojů
Datum zadání bakalářské práce:	**23. září 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce:	**27. června 2014**

Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan

L.S.

Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne: ……. . . . . . .

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Brož	**Jméno** Ondřej
STUDIJNÍ OBOR	2341R001 „Diagnostika a servis silničních vozidel“	
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Ing. Sedláček	**Jméno** František
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS	

DRUH PRÁCE	~~**DIPLOMOVÁ**~~	**BAKALÁŘSKÁ**	**Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Návrh převodky řízení pro vůz Formule SAE		

FAKULTA	strojní		**KATEDRA**	KKS		**ROK ODEVZD.**	2014

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	68		**TEXTOVÁ ČÁST**	50		**GRAFICKÁ ČÁST**	18

STRUČNÝ POPIS	Bakalářská práce obsahuje: zhodnocení stávajících konstrukčních variant převodek řízení na vozech Formule SAE, zhodnocení stávající převodky řízení na monopostu UWB, návrh nové převodky řízení pro vůz Formule SAE UWB, snížení hmotnosti a vylepšení nedostatků stávající konstrukce převodky řízení, vypracování základní dokumentace.
KLÍČOVÁ SLOVA	Formule SAE, převodka řízení, pravidla, monoposty, řízení

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	**Surname** Brož	**Name** Ondřej	
FIELD OF STUDY	2341R001 „Diagnostika a servis silničních vozidel“		
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Ing. Sedláček	**Name** František	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	~~**DIPLOMA**~~	**BACHELOR**	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	Formula SAE steering gear system design		

FACULTY	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	Machine Design		**SUBMITTED IN**	2014

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	**68**		**TEXT PART**	**50**		**GRAPHICAL PART**	18

BRIEF DESCRIPTION **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	This Bachelor thesis includes an: assessment of existing structural variant steering gearboxes at Formula SAE, assessment of existing steering gear for UWB-monopost, designing a new steering gear for a Formula SAE UWB, reducing weight and improve shortcomings in the existing structure steering gear, preparation of basic documentation.
KEY WORDS	Formula SAE, steering gear system, rules, monopost, steering

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli s mojí bakalářskou prací. Jmenovitě vedoucímu práce panu Ing. Františku Sedláčkovi za vedení a panu Ing. Michalu Skovajsovi za konzultace.

Obsah

1. Základní charakteristika a dělení převodek řízení 12
1.1. Účel převodek řízení 12
1.2. Převodový poměr 12
1.3. Druhy převodek řízení 12
1.3.1. Hřebenová převodka řízení 12
1.3.2. Maticové převodky řízení 13
1.3.2.1. Běžná maticová převodka řízení 13
1.3.2.2. Maticová převodka řízení kuličková 14
1.3.3. Šnekové převodky řízení 14
1.3.3.1. Šneková převodka řízení se segmentem 14
1.3.3.2. Šneková převodka řízení s kladkou 15
1.3.3.3. Šneková převodka řízení s kolíkem 15
2. Rešerše konstrukčních řešení převodek řízení používaných u monopostových vozů kategorie Formule SAE 16
2.1. Konstrukce převodek řízení ve Formuli SAE 16
2.2. Způsoby uchycení převodky řízení k rámu monopostu 18
2.3. Používané konstrukční materiály 20
2.4. Spojení převodek řízení s navazujícími komponenty 21
3. Specifikace požadavků 22
3.1. Pravidla Formule SAE 22
3.2. Požadavků na zástavbový prostor 23
3.2.1. Montážní prostor na současném monopostu FSAE UWB 24
3.3. Požadované vlastnosti převodky řízení 25
3.3.1. Převodový poměr 25
3.3.2. Hmotnost konstrukce 25
3.3.3. Snímání úhlu natočení volantu 26
4. Návrh nového konstrukčního řešení, vypracování CAD modelu se začleněním do sestavy 27
4.1. Konstrukce stávajícího řešení převodky řízení UWB 27
4.2. Základní výpočty 30
4.2.1. Rozměry roztečné kružnice pastorku 30
4.2.2. Návrh modulu 31
4.2.3. Návrh převodu a rozměrů ozubení 32

4.2.3.1. Rozměry pastorku pro šikmé ozubení ... 32
4.2.3.2. Rozměry pastorku pro přímé ozubení ... 33
4.2.4. Výpočet požadovaného průměru řídící tyče ... 35
4.3. Varianty řešení ... 37
4.3.1. Výběr vhodných materiálů ... 37
4.3.2. Konstrukční návrh varianty 1 ... 39
4.3.3. Konstrukční návrh varianty 2 ... 40
4.3.4. Konstrukční návrh varianty 3 ... 41
4.4. Zhodnocení a výběr nejvhodnější varianty ... 42
4.5. Konstrukční návrh nejvhodnější varianty ... 43
4.5.1. Technologie výroby ... 43
4.5.1.1. Lepený spoj ... 43
4.5.1.2. Eloxování hliníkových slitin ... 44
4.5.2. Začlenění navazujících komponent a snímačů ... 44
4.5.2.1. Snímač úhlu natočení volantu ... 44
4.5.2.2. Unibal (Rod Ends) ... 45
4.6. Kontrolní výpočet ... 46
4.7. CAD model sestavy ... 47
4.8. Jištění šroubových spojů ... 48
5. Závěr ... 49
6. Použitá literatura ... 50
6.1. Knižní publikace ... 50

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Hřebenová převodka řízení…..……..…….…… 13
Obrázek 2 – Maticová převodka řízení……..…….…… 13
Obrázek 3 – Maticová převodka kuličková…..…….…….. 14
Obrázek 4 – Šneková převodka s ozubeným segmentem…….……... 14
Obrázek 5 – Šneková převodka s kladkou…….…….. 15
Obrázek 6 – Šneková převodka s kolíkem…….…….. 15
Obrázek 7 – Klasická konstrukce převodky řízení s ozubeným hřebenem..…….. 16
Obrázek 8 – Poloha pastorku vzhledem ke směru jízdy…….……. 17
Obrázek 9 – Uložení převodky řízení v nosné trubce a pevném domečku…..……..… 18
Obrázek 10 – Uložení převodky řízení v nosné trubce a děleném domečku…..…….. 18
Obrázek 11 – Připevnění převodky řízení pomocí skříně pastorku k rámu vozidla……... 19
Obrázek 12 – Připevnění převodky řízení pomocí skříně pastorku a dvou domečků…….... 19
Obrázek 13 – Samostatný přípojný segment (vidlička - sférický kloub)……..... 21
Obrázek 14 – Vnitřní vzdálenost a vnější průměr montážních trubek……. 24
Obrázek 15 – Délka montážní trubky…….. 24
Obrázek 16 – Stávající konstrukční řešení převodky řízení…….....27
Obrázek 17 – Schéma ozubené hřebenové tyče původní koncepce převodky řízení…….. 27
Obrázek 18 – Schéma pastorku původní koncepce převodky řízení……..… 28
Obrázek 19 – Objímky uchycení převodky řízení……...… 29
Obrázek 20 – Barevné schéma použitých materiálů v původním řešení……. 29
Obrázek 21 – Ozubená hřebenová tyč se šikmým ozubením……..… 33
Obrázek 22 – Konstrukční varianta 1 převodky řízení……..... 39
Obrázek 23 – Pastorek a ozubená hřebenová tyč se šikmým ozubením varianty 1……. 39
Obrázek 24 – Konstrukční varianta 2 převodky řízení…….....……..... 40
Obrázek 25 – Tyč řízení s výměnným šikmým ozubeným hřebenem varianty 2…….... 40
Obrázek 26 – Konstrukční varianta 3 převodky řízení s valivými ložisky…….. 41
Obrázek 27 – Tyč řízení s šikmým ozubením a pastorkem uloženým ve valivých ložiscích varianta 3…….. 41
Obrázek 28 – Snímač úhlu natočení hřídele volantu……... 44
Obrázek 29 – Unibal (Rod Ends)……. 45
Obrázek 30 – Začlenění unibalů a snímače úhlu natočení do sestavy převodky řízení…….... 45
Obrázek 31 – Tyč řízení s vyznačeným nejmenším průřezem……..... 46
Obrázek 32 –Nejmenší průřez tyče řízení S_{min}…… 46
Obrázek 33 – Převodka řízení ustavená v rámu Formule SAE UWB……. 47
Obrázek 34 – Jištění šroubů drátkem……... 48
Obrázek 35 – Zajištění KM matice……..… 48

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Přehled nejčastěji používaných materiálů a jejich použití……... 20
Tabulka 2 – Pravidla - Spojovací prvky……... 22
Tabulka 3 – Pravidla – Konstrukce řízení……..... 23
Tabulka 4 – Tabulka hodnot montážní pozice……. 24
Tabulka 5 – Vstupní hodnoty pro výpočet převodového poměru…… 25
Tabulka 6 – Výsledné hodnoty převodového poměru……. 25
Tabulka 7 – Rozměry původní ozubené hřebenové tyče a pastorku……... 28
Tabulka 8 – Zadané vstupní hodnoty……...… 30
Tabulka 9 – Výsledné průměry roztečných kružnic pastorku…….. 30
Tabulka 10 – Vstupní parametry pro návrh modulu pro šikmé ozubení…….. 31
Tabulka 11 – Vypočítané hodnoty pro návrh modulu pro šikmé ozubení……...… 31
Tabulka 12 – Vstupní parametry pro výpočet rozměrů pastorku pro šikmé ozubení…….. 32
Tabulka 13 – Výsledné rozměry pastorků pro šikmé ozubení……. 32
Tabulka 14 – Vstupní parametry pro výpočet rozměrů pastorku přímého ozubení……. 33
Tabulka 15 – Výsledné rozměry pastorků přímého ozubení……... 33
Tabulka 16 – Výsledné rozměry ozubeného hřebene……...……... 34
Tabulka 17 – Tabulka vstupních hodnot pro výpočet dle Bacha……..… 34
Tabulka 18 – Výsledné ohybové napětí na zubu……. 35
Tabulka 19 – Vstupní parametry pro výpočet napětí v řídicí tyči…… 36
Tabulka 20 – Možné varianty průměrů řídicích tyčí……... 36
Tabulka 21 – Tahové napětí v řídící tyči ……..... 36
Tabulka 22 – Výběr vhodného materiálu pro ozubený převod…… 37
Tabulka 23 – Výběr vhodného materiálu pro kluzný element……..… 37
Tabulka 24 – Výběr vhodného materiálu pro domeček, víka domečku a tyč řízení…… 38
Tabulka 25 – Výběr vhodného materiálu pro nosnou trubku…….. 38
Tabulka 26 – Výběr vhodného materiálu pro koncové hlavice……... 38
Tabulka 27 – Shrnutí konstrukčních variant…… 42
Tabulka 28 – Výběr nejvhodnější konstrukční varianty……..… 42
Tabulka 29 – Výběr lepidel……..… 43
Tabulka 30 – Vstupní hodnoty pro pevnostní výpočet tyče řízení…….. 46
Tabulka 31 – Tahové napětí v řídicí tyči……. 46

Úvod

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh převodky řízení pro závodní monopost kategorie Formule SAE konstruovaný na Západočeské univerzitě. První část práce obsahuje popis požadavků a přehled možných konstrukčních řešení převodek řízení. Základní požadavky jsou velmi důležité, protože kopírují styl a charakter závodní tratě i celé soutěže. Při jízdě po závodní trati je řízení velmi mechanicky namáhané. Konstrukce celého komplexu zavěšení kol určuje hodnoty a směry sil působících na převodku řízení. Další důležitý požadavek, který je nutné splnit, je držení volantu oběma rukama po celou dobu jízdy po závodní trati.

V další části následuje rešerše stávajícího konstrukčního řešení převodky použité na monopostu UWB 2012b a zhodnocení slabých a silných stránek tohoto řešení. Z důvodu optimalizace převodového poměru a zejména snížení vysoké hmotnosti nynější převodky je nutná výraznější změna konstrukce i použitých materiálů. Protože se jedná o závodní monopost, je hmotnost jednou z nejvyšších priorit konstrukce. Nová konstrukce bude zaměřena na největší možné snížení hmotnosti. Další důležitý konstrukční požadavek je soulad s pravidly Formule SAE 2014. Jedno z nejdůležitějších pravidel je požadavek na mechanické zajištění šroubových spojů.

V poslední části práce bude vybrána nejvhodnější konstrukční varianta a bude dále rozpracována. Vybraná varianta bude doplněna o výkres sestavy s kusovníkem.

1. Základní charakteristika a dělení převodek řízení

1.1. Účel převodek řízení

- Mění otáčivý pohyb volantu a hřídele volantu na natočení kol do rejdu.
- Zvětšují točivý moment, který vzniká působením síly řidiče na volant tak, aby mohlo dojít k natočení kol do rejdu.

Při otáčení volantem se otáčivý pohyb přenáší hřídelem volantu do převodky řízení. V převodce řízení se otáčivý pohyb převoduje dopomala a změní se na posuvný, který je pomocí řídicích pák a spojovacích tyčí přenesen na kola. [5, str.181]

1.2. Převodový poměr

Převodovým poměrem v převodce řízení rozumíme poměr mezi úhlem natočení volantu a úhlem natočení kol do rejdu. [5, str.182]

Např. převodový poměr 15:1 znamená, že otočíme-li volantem o 15°, dojde k natočení kol do rejdu o 1°. Převodový poměr musí být takový, aby ovládací síla na volantu nepřesáhla 250 N. Převodový poměr je u osobních vozidel od 12:1 do 25:1, u nákladních vozidel od 20:1 do 35:1. Nákladní i osobní vozidla mohou být vybavena posilovačem řízení. [5, str.183]

Maximální úhel rejdu je omezen konstrukcí podvozku. V praxi obvykle bývá 30° až 45° na každou stranu, celkový úhel rejdu je tedy 60° až 90°.[5, str.183]

1.3. Druhy převodek řízení

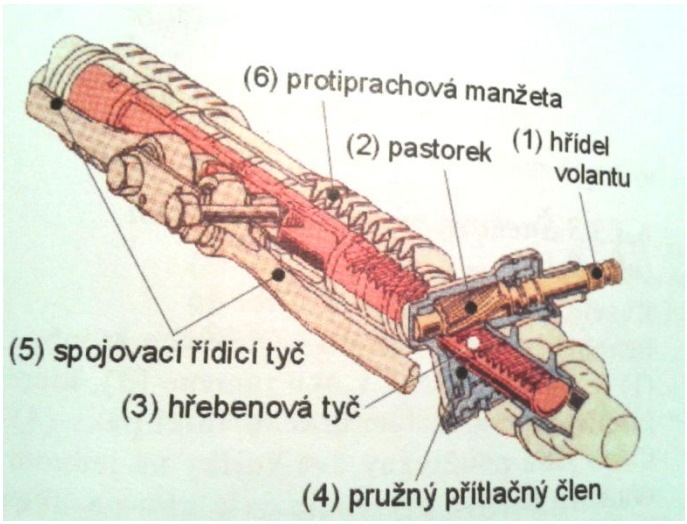
Mezi nejběžněji používané mechanické převodky řízení patří tyto základní druhy:

- Hřebenové
- Maticové
- Šnekové

1.3.1. Hřebenová převodka řízení

Pastorek (2), který je uložen ve skříni převodky řízení a spojen s hřídelem volantu (1), zabírá do šikmého ozubení hřebenové tyče (3) viz Obr. 1**.** Aby se vymezily vůle v ozubení, je hřebenová tyč přitlačována k pastorku pružinou (4).

[5, str.183]



Obr. 1 – Hřebenová převodka řízení [5]

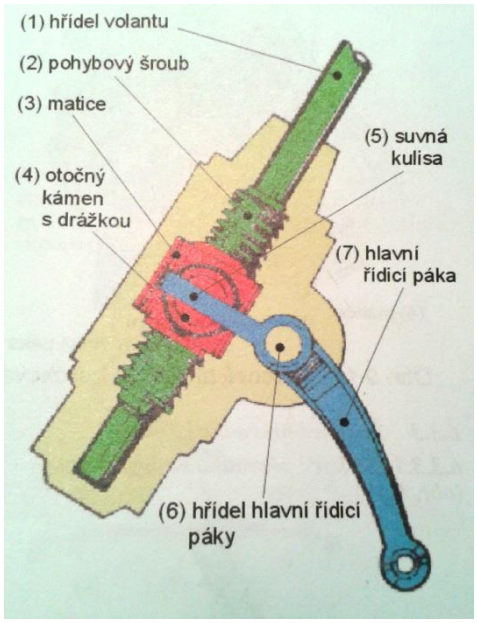
Otáčením volantu se posouvá hřebenová tyč, která prostřednictvím řídicích tyčí (5) a pák natáčí kola do rejdu. [5, str.183]

Tato převodka je výrobně jednoduchá, vyznačuje se přesným řízením, které se lehce vrací do původní polohy. [5, str.183]

1.3.2. Maticové převodky řízení

1.3.2.1. Běžná maticová převodka řízení

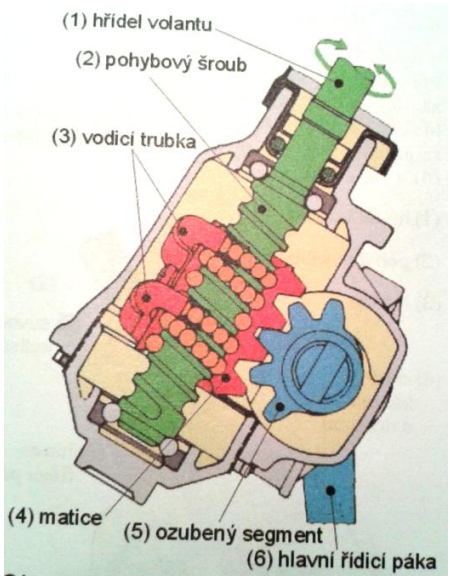
Převodku tvoří šroub (2) s pohybovým závitem a bronzová matice (3) viz obr. 2. Matice se otáčením šroubu posunuje, pohyb se přenáší z matice přes kulisu (5) na hřídel (6) a řídicí páku (7). [5, str.183]



Obr. 2 – Maticová převodka řízení [5]

1.3.2.2. Maticová převodka řízení kuličková

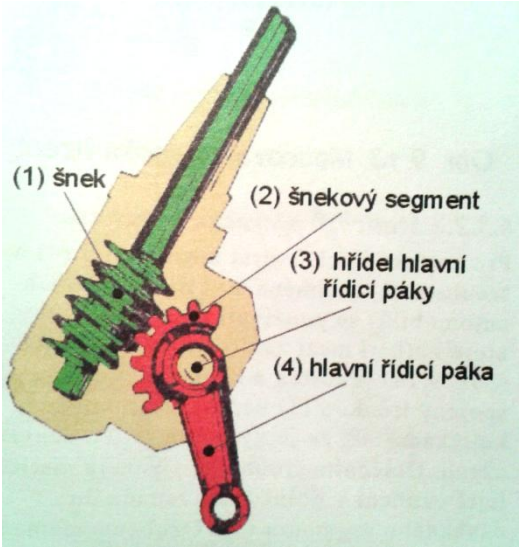
Pro snížení třecích ztrát mezi maticí (4) a šroubem (2) (zejména u větších osobních automobilů) se používají ocelové kuličky, které obíhají mezi závity šroubu a matice Obr. 3. Začátek a konec závitu jsou spojeny trubkou (3) naplněnou rovněž kuličkami tak, že je vytvořen jejich uzavřený okruh. Otáčením šroubu se posouvá matice, jejíž ozubení v dolní části zapadá do ozubeného segmentu (5). Ozubený segment natáčí řídicí páku (6). [5, str.183]



Obr. 3 – Maticová převodka kuličková [5]

1.3.3. Šnekové převodky řízení

1.3.3.1. Šneková převodka řízení se segmentem

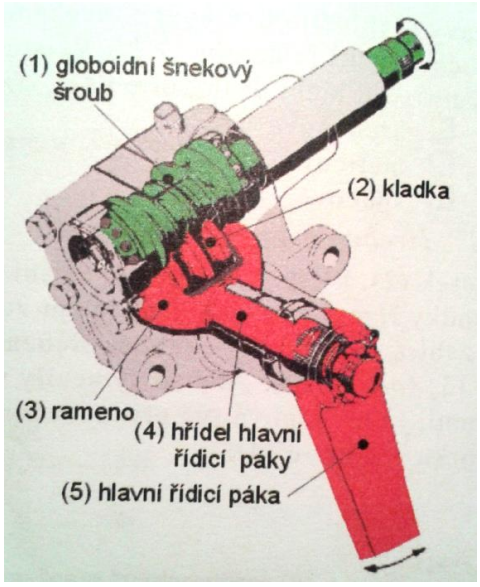


Obr. 4 – Šneková převodka s ozubeným segmentem [5]

Pohybem volantu se natáčí šnek (1), a tím i šnekový segment (2) spojený s hřídelem hlavní řídicí páky (3). Používá se u nákladních automobilů. [5, str.184]

1.3.3.2. Šneková převodka řízení s kladkou

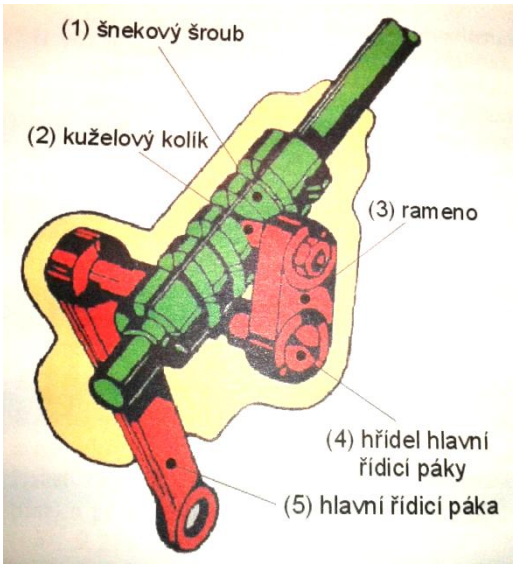
Do globoidního šnekového šroubu (1) zabírá kladka (2) uložená ve valivých ložiskách na rameni (3), které je spojeno s hřídelem (4). Vůle v ozubení se vymezuje posunem výstředně uložené kladky (výstřednost ℓ) do záběru. Je to nejpoužívanější způsob řízení u nákladních automobilů. [5, str.184]



Obr. 5 – Šneková převodka s kladkou [5]

1.3.3.3. Šneková převodka řízení s kolíkem

Kuželový kolík (2) zasahující do lichoběžníkového závitu šnekového šroubu (1) je uložen otočně v oku ramene (3), které je spojeno s hřídelem hlavní řídicí páky (4). Často jsou používány dva kolíky na jednom rameni. Vůle se vymezuje axiálním posuvem kolíku do lichoběžníkového závitu šroubu. [5, str.184]



Obr. 6 – Šneková převodka s kolíkem [5]

2. Rešerše konstrukčních řešení převodek řízení používaných u monopostových vozů kategorie Formule SAE

2.1. Konstrukce převodek řízení ve Formuli SAE

Soutěž Formule SAE je velmi unikátní. Jedním z jejích specifik je, že se bodově hodnotí konstrukce vozu. Způsob hodnocení je určen pravidly soutěže. Z tohoto důvodu je v konstrukci monopostů mnoho inovativních prvků, které mají zvýšit bodové ohodnocení týmu v soutěži.

Převodka řízení je z výše popsaných důvodů jedním z mnoha komponent, které týmy konstruují. Proto je v této oblasti mnoho různých konstrukcí, které se do jisté míry opakují. Tato opakující se konstrukční řešení jsou způsobená hlavně tím, že požadavky na systémy řízení jsou velmi podobné ve všech závodních monopostech.

Převodový poměr:

Návrh převodového poměru je velkou „alchymií“, je závislý na povaze závodní tratě, geometrii vozidla a mnoha dalších technických aspektech, ale hlavně na know how závodního týmu. Z těchto důvodů nelze přesně stanovit, který převodový poměr je nejvýhodnější.

Z hlediska stálosti konstrukce převodového poměru lze říci, že se používají převody:

1. s konstantním převodovým poměrem,
2. s převodem proměnným,
    a. s lineární závislostí převodového poměru,
    b. s exponenciální závislostí převodového poměru.

Typ ozubeného převodu:

V konstrukci převodek řízení pro závodní účel se zpravidla používají převody s ozubeným hřebenem, popřípadě ozubenou tyčí, (viz obr. 7). Jiné typy převodů se u závodních monopostů většinou nepoužívají.

Obr. 7 – Klasická konstrukce převodky řízení s ozubeným hřebenem

Typy ozubení převodek řízení:

Ozubení se používá zpravidla evolventní, jiné typy ozubení se objevují v literatuře spíše náhodně.

Typy ozubení:

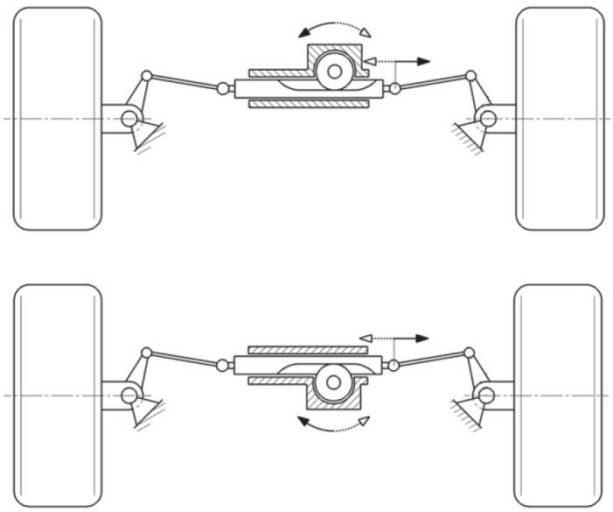
a) šikmé zuby (velmi používané),
výhody: plynulý chod, vyšší únosnost => menší rozměry,
nevýhody: složitější výroba oproti přímému ozubení,

b) přímé zuby (velmi používané),
výhody: snadná a méně cenově nákladná výroba,
nevýhody: oproti šikmému ozubení větší rozměry při stejných nárocích,

c) šnekové zuby (méně časté),
výhody: možnost velkého převodového poměru,
nevýhody: velké tření, složitá výroba.

Poloha pastorku převodky řízení

Poloha pastorku vůči směru jízdy je závislá na celé konstrukci řízení. Pastorek může být umístěn ve smyslu směru jízdy před, nebo za ozubenou tyčí převodky. Tímto uspořádáním lze měnit smysl výchylky hřebenové tyče, s tím musí korespondovat konstrukce mechanismu řízení (viz obr 8). Poloha pastorku, ve smyslu výše popsaném, nemá vliv na jízdní vlastnosti, ale je důležitá z hlediska umístění (polohy) celého systému řízení a z toho vyplývajícího místa řidiče, které je upravováno pravidly soutěže.



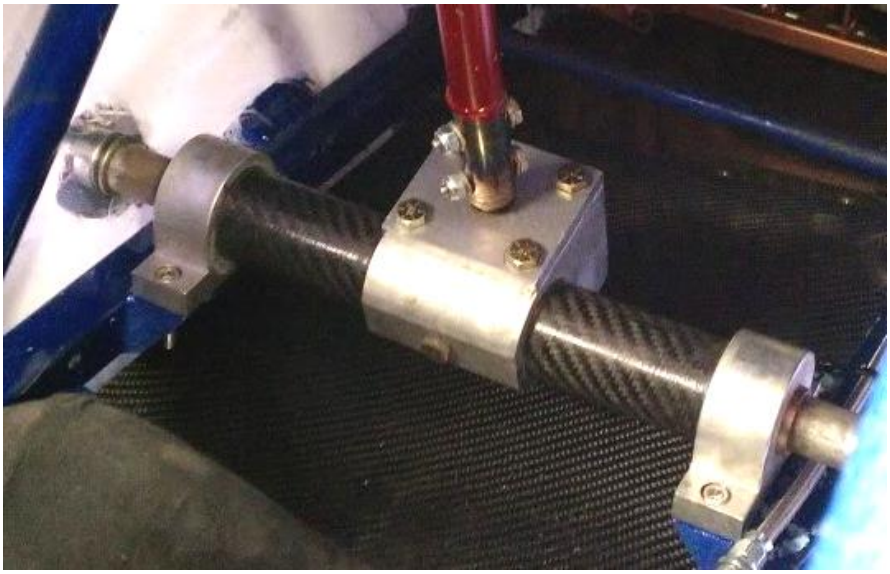
Obr. 8 - Poloha pastorku převodky řízení vzhledem ke směru jízdy [6]

2.2. Způsoby uchycení převodky řízení k rámu monopostu

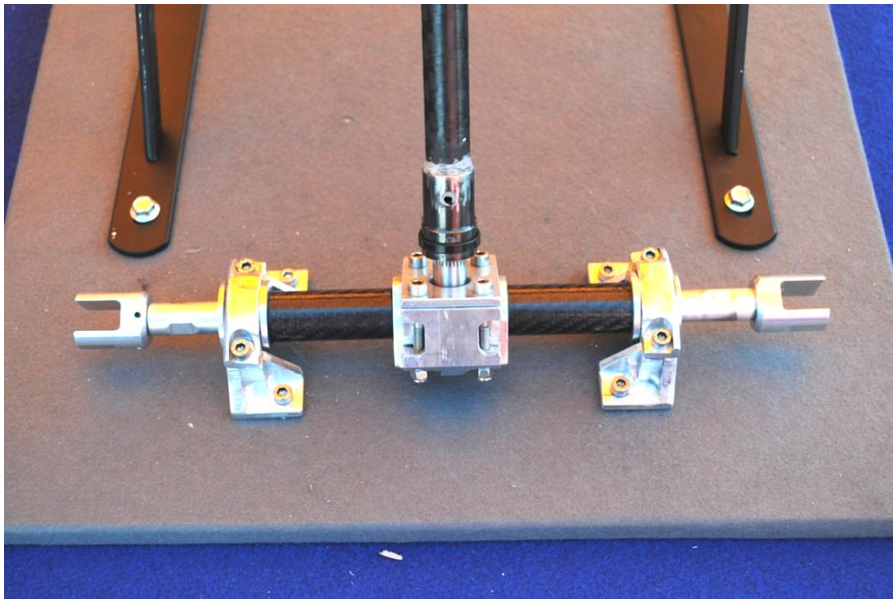
Uchycení převodky řízení je závislé na celkové konstrukci rámu monopostu i koncepci řízení. Obecně tedy nelze říci, jaké je nejpoužívanější konstrukční řešení uchycení. Pro názornost zde představím nejčastěji používané uchycení převodek řízení v FSAE.

Výběr z konstrukčních řešení:

1. Uložení nosné trubky v domečku:
   kladné vlastnosti: ● zvyšuje tuhost převodky,
   ● souosost - jednoznačné upevnění,
   záporné vlastnosti: ● náklady na přesnost výroby,
   ● nutnost přesné výroby.

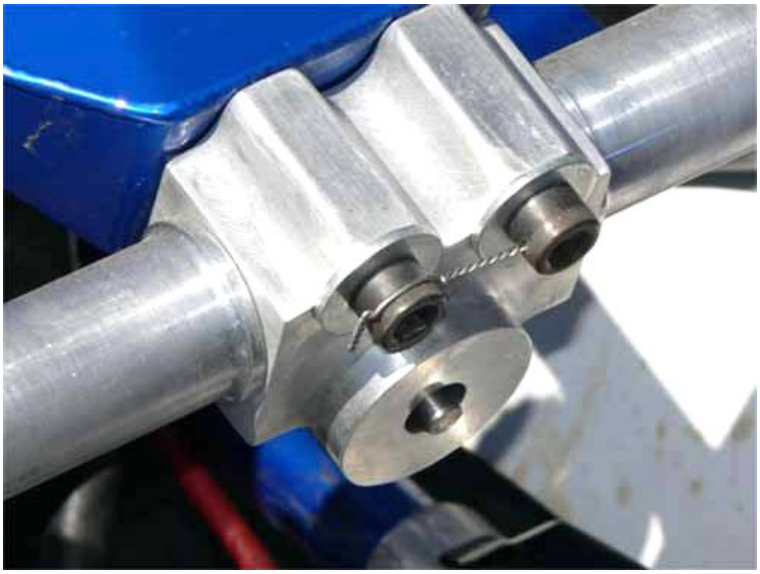


Obr. 9 - Uložení převodky řízení v nosné trubce a pevném domečku



Obr. 10 - Uložení převodky řízení v nosné trubce a děleném domečku

2. Připevnění převodové skříně k rámu:
   kladné vlastnosti: ● jednoduchost,
   záporné vlastnosti: ● nutnost přesného umístění na rámu.



Obr. 11 - Připevnění převodky řízení pomocí skříně pastorku k rámu vozidla

Obr. 12 - Připevnění převodky řízení pomocí skříně pastorku a dvou domečků

2.3. Používané konstrukční materiály

Materiály používané v konstrukci převodek řízení pro závodní účely jsou velmi rozmanité. Hlavním kritériem při výběru konstrukčních materiálů pro závodní aplikace je poměr váhy a pevnosti materiálu.

U závodních převodek řízení se nejčastěji využívají slitiny hliníku. Tyto slitiny splňují požadavky nízké váhy a dostatečně velké pevnosti.

Druhým nejčastěji používaným materiálem jsou kompozitní materiály, které dnes pomalu nahrazují všechny díly ze slitin kovů. Kompozitní materiály mají velkou výhodu v tom, že se dají vyrobit dle přesných specifikací a potřebných i směrových vlastností. Velkou nevýhodou kompozitních materiálů jsou vysoké náklady na výrobu a složitý výrobní proces.

Dalšími materiály často používanými v převodkách řízení jsou obecně slitiny železa, tzn. oceli, které se používají převážně na malé díly, např. pastorek, ozubený hřeben, apod. Použití těchto materiálů je velmi široké. Vzhledem ke své vysoké hustotě (hmotnosti) se používají pro speciální aplikace, např. výše zmíněné převody.

Materiálů používaných v konstrukci převodek řízení je opravdu velké množství. V tabulce 1 je stručný přehled materiálů a jejich nejčastější aplikace:

Materiál	Aplikace
Titan a jeho slitiny	Šrouby, tyče řízení
Kompozity (uhlíkové, skelné)	Nosné konstrukce, kryty
Plasty	Kluzná ložiska, kryty
Bronz	Kluzná ložiska
Mosaz	Kluzná ložiska
Litina	Domeček převodky
Hořčík a jeho slitiny	Domeček převodky

Tabulka 1 – Přehled nejčastěji používaných materiálů a jejich použití

2.4. Spojení převodek řízení s navazujícími komponenty

Převodky řízení jsou obecně spojeny:

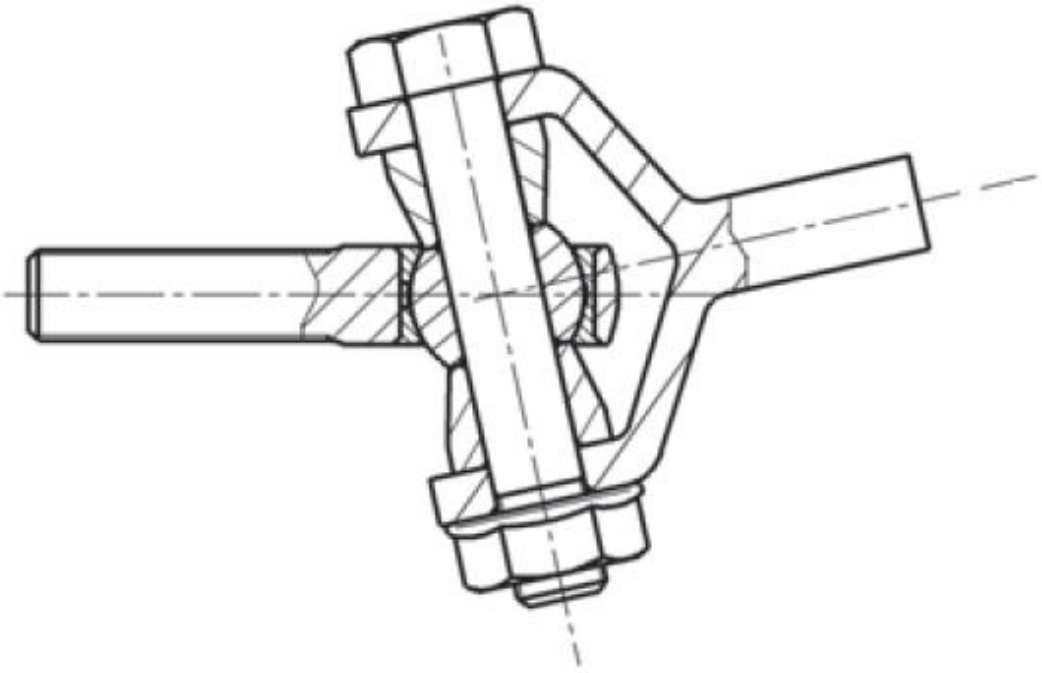
I. s volantem řízení,
II. s řízenými koly,
III. s rámem vozidla (viz kapitola 2.2).

I. Spojení převodky řízení s volantem je nejčastěji provedeno:

a) drážkováním – různé druhy drážkování (nejčastěji rovnoboké),
b) pomocí těsného pera,
c) nalisováním,
d) lícovaným šroubem.

II. Spojení s řízenými koly je nejčastěji provedeno:

a) samostatným přípojným segmentem (vidličkou),
   i. vidlička v převodce,
   ii. vidlička v táhle řízení,
b) sférickým kloubem - axiální.



Obr. 13 – Samostatný přípojný segment (vidlička - sférický kloub)

Na obr. 13 je znázorněno připojení sférického kloubu a vidličky. Toto řešení lze použít ve variantách: varianta i. - vidlička je připojena na převodku řízení,

varianta ii. - na převodku řízení je připojen sférický kloub.

3. Specifikace požadavků

3.1. Pravidla Formule SAE

Jako v každém motoristickém sportu má i Formule SAE svá vlastní pravidla. Tato pravidla jsou velmi konkrétní a rozsáhlá. Musí se respektovat již v počátku návrhu závodního vozu. Kontrolu souladu pravidel kontrolují komisaři před každým závodem. V pravidlech je pamatováno také na problematiku řízení. Pro návrh převodky řízení jsou důležité níže vypsané partie pravidel.

Vybrané partie pravidel: [7]

Článek 11: spojovací prvky

T11.1 **Požadavky na třídu pevností spojovacích prvků**
T11.1.1 Všechny závitové spoje použité v prostoru řidiče, systému řízení, brzdách, bezpečnostních pásech a závěsném systému musí splňovat nebo převyšovat: SAE Grande 5, metrickou třídu pevnosti 8.8 a/nebo AN/MS specifikaci.
T11.1.2 Použití šroubu s půlkulatou, zápustnou, nebo rovnou hlavou šroubů na kritických místech je zakázáno. Mezi tato místa patří prostor řidiče a připojení bezpečnostních pásů. Poznámka: Šrouby s vnitřním šestihranem jsou povoleny.
T11.2 Bezpečnost spojovacích prvků
T11.2.1 Všechny kritické šrouby, matice a ostatní spoje na řízení, brzdách, bezpečnostních pásech a zavěšení musí být zajištěny proti samovolnému povolení použitím přípustných zajišťovací mechanismů. Přípustné zajišťovací mechanismy jsou následující: • správně připojený zajišťovací drát • závlačky • samojistící nylonové matice • matice s momentovými zámky Poznámka: Vějířové podložky a zajištění matic pomocí lepidel, např. *Loctite®,* není posouzeno jako přípustné zajištění.
T11.2.2 Z každého pojistného spoje musí být minimálně dva (2) celé závity vyčnívající nad jakoukoli pojistnou maticí.
T11.2.3 Všechny kulové kloubové hlavy a sférická ložiska na systému řízení nebo zavěšení musí být v dvoulůžku (U profil), nebo pokud jde o vetknutí, musí být zajištění provedeno tím, že šroub / hlava šroubu nebo podložka mají vnější průměr větší, než je vnitřní průměr lože ložiska.
T11.2.4 Nastavitelné konce spojovací tyčí musí být zajištěny kontramaticí, aby se zabránilo uvolnění.

Tabulka 2 – Pravidla - Spojovací prvky

T6.5 Řízení
T6.5.1 Volant musí být mechanicky spojen s koly, řízení typu “steer-by-wire” je zakázané.
T6.5.2 Systém řízení musí mít pozitivní doraz řízení jako prevenci před vzpříčením systému. Dorazy mohou být na těhlici nebo hřebenu řízení a musí zabránit kontaktu pneumatiky se zavěšením, rámem nebo karosérií v průběhu závodu.
T6.5.3 Přípustná vůle v systému řízení je omezena na 7°, měřených na volantu.

Tabulka 3 – Pravidla – Konstrukce řízení

3.2. Požadavků na zástavbový prostor

I. Požadavky na uložení převodky:

a) Převodka musí být pevně připevněna k rámu vozidla, tzn. uchycení musí zabránit nežádoucím pohybům převodky.
b) Montážní pozice musí být vždy stejná. Při demontáži a opětovné montáži se nesmí měnit poloha převodky, a z toho vyplývající geometrie řízení.
c) Uložení musí být dostatečně tuhé, aby nesnižovalo tuhost celku řízení nebo rámu vozidla.
d) Nesmí bránit připojení převodky řízení na navazující komponenty nebo jiná zařízení.
e) Musí splňovat pravidla Formule SAE 2014.
f) Musí umožnit jednoduchou a rychlou montáž či demontáž.

II. Specifikace zástavbového prostoru:

Zástavbový prostor je dán konstrukcí rámu formulového vozu. Rám vozu je trubkový a vztahují se na něj přísná pravidla soutěže. Mezi jedno z pravidel patří to, že tuhost konstrukce musí být zachována. Z toho vyplývá jednoduché a důležité pravidlo (viz 3.2-1).

Tuhost rámu v napojeném místě: [3]

$$\frac{I}{E} = const. \qquad (3.2\text{-}1)$$

Z požadované geometrie vozidla vyplynulo, že nejvhodnější umístění převodky řízení je v ose spodních rámových trubek. Z tohoto důvodu bylo nutné část trubky rámu nahradit trubkou většího průměru, umístěnou kolmo k ose původní rámové trubky, viz obr. 14. Tímto je určen způsob uchycení převodky v rámu vozidla.

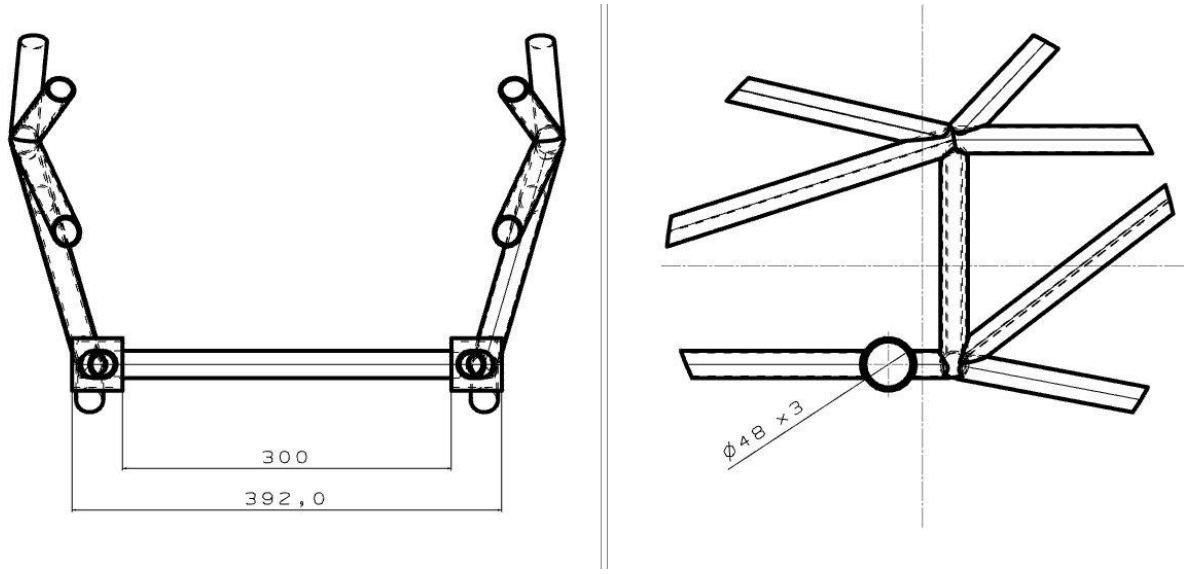
3.2.1. Montážní prostor na současném monopostu FSAE UWB

Montážní prostor pro převodku řízení je dán konstrukcí rámu, respektive celým konstrukčním řešením monopostu a všemi jeho komponenty. Na obrázcích obr. 14 a obr. 15 je vidět výřez rámu monopostu UWB 2012b, který určuje rozměry a montážní pozici převody řízení.

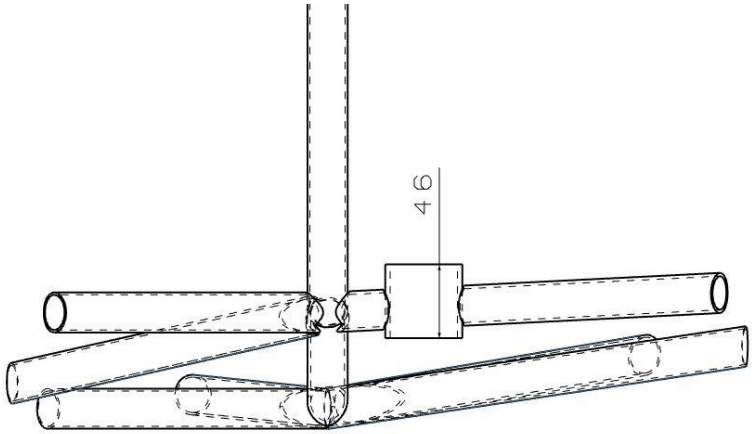
Rozměry montážní pozice:

Parametr	Hodnota	Popis	Obrázek
T_{Li} [mm]	300	Vnitřní vzdálenost montážních trubek	Obr.14
$T_{mš}$ [mm]	46	Délka montážních trubek	Obr.15
T_{mde} [mm]	48	Vnější průměr montážních trubek	Obr.14
T_{mdi} [mm]	42	Vnitřní průměr montážních trubek	Obr.14

Tabulka 4 – Tabulka hodnot montážní pozice



Obr. 14 – Vnitřní vzdálenost a vnější průměr montážních trubek



Obr. 15 – Délka montážní trubky

3.3. Požadované vlastnosti převodky řízení

3.3.1. Převodový poměr

Převodový poměr je dán z požadavku na posuv řídící tyče a maximální úhel natočení volantu. Tyto hodnoty byli součástí zadání práce. Posuv řídicí tyče zajistí, aby se řízené kolo natočilo o předepsaný úhel, který je pečlivě navržen s ohledem na geometrii monopostu a charakter závodní tratě. Max. úhel natočení volantu α=270° je volen s ohledem na požadavek zadavatele držet volant oběma rukama v jakékoli jízdní situaci, tzn. i při max. úhlu natočení volantu. Převodový poměr bude počítán ve dvou variantách.

Popis	Varianta 1	Varianta 2
Posuv řídící tyče O_v [mm]	70	75
Úhel otočení volantu α [°]	270	270

Tabulka 5 – Vstupní hodnoty pro výpočet převodového poměru

Převodový poměr převodky řízení:

$$i_{1(2)} = \frac{O_{v1(2)}}{\alpha} \qquad (3.3\text{-}1).$$

Po dosazení Tabulky 5 do (3.3-1) plyne:

Převodový poměr	Hodnota
i_1 [mm/°]	0,259
i_2 [mm/°]	0,278

Tabulka 6 – Výsledné hodnoty převodového poměru

3.3.2. Hmotnost konstrukce

Hmotnost je v motosportu velmi důležitá. Každá součást je při svém návrhu co nejvíce odlehčena. Převodky řízení nejsou výjimkou. Hmotnost převodek řízení je závislá hlavně na jejich zatížení a na konstrukčních materiálech, ze kterých jsou vyrobeny. Z těchto důvodů je důležité, aby nová konstrukce převodky byla lehčí než předchozí varianta. Lehčí varianta přesto musí splňovat stejné požadavky jako varianta předchozí.

Z výše uvedeného je zřejmé, že se tato práce orientuje hlavně na snížení hmotnosti navrhovaného dílu.

3.3.3. Snímání úhlu natočení volantu

V nové konstrukci je požadavek na snímání polohy úhlu natočení řízených kol. Ve stávající konstrukci snímač není.

Snímání polohy, respektive úhlu natočení volantu, je pro formule, jakožto i pro veškeré závodní vozy velmi důležité. Snímáním polohy hřídele volantu lze zjistit velmi mnoho o chování vozidla při jízdě. Při kombinaci měření úhlu natočení volantu a měření z gyroskopu, kterým je vůz vybaven, lze přesně určit maximální hranice vozu před smykem. Po nehodě, nebo po odjetém závodním kole lze z naměřených hodnot zjistit, zda řidič projíždí všechny zatáčky okruhu ideální závodní stopou na hranici možností vozu. Správným interpretováním výsledků měření lze vůz optimalizovat, nebo instruovat řidiče např. o možnostech a limitech vozu, což může zlepšit výkonnost vozu na závodní trati.

Snímač úhlu natočení volantu je důležitý pro výše popsané stavy, ale na dokonalé popsání toho, jak se vůz při závodě chová, jeden snímač nestačí. Z toho důvodu je vůz vybaven velkým množstvím dalších senzorů. Celému komplexu snímačů, senzorů, řídicích jednotek a data-loggerů snímajících provozní stavy vozidla, se v motosportu říká telemetrie.

Telemetrie je dnes velmi komplikovaný obor, kterým se zabývá nemalá část lidí v profesionálním závodním týmu. Při závodě se nashromáždí velké množství dat, která musí být správně vyhodnocena. Správně vyhodnocená data jsou klíčovým prvkem k pochopení chování vozidla na závodní trati.

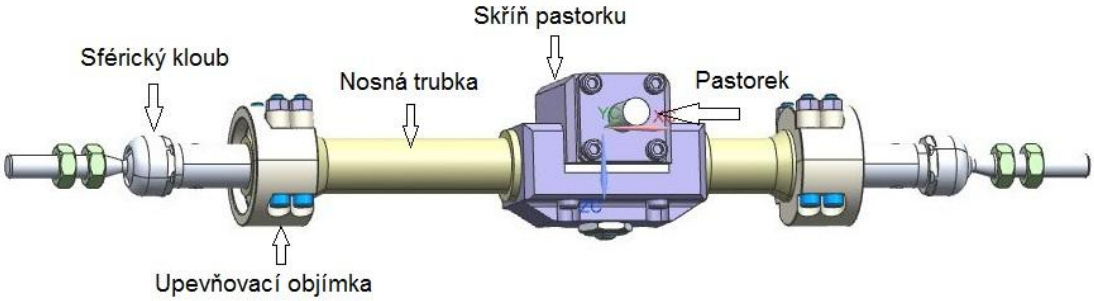
Kladené požadavky na snímač:

1. úhel snímání min. 300°,
2. možnost nastavení nulové (výchozí) polohy,
3. nízká hmotnost,
4. přesnost měření - citlivost (1°) jemný rozsah,
5. spolehlivost.

4. Návrh nového konstrukčního řešení, vypracování CAD modelu se začleněním do sestavy

4.1. Konstrukce stávajícího řešení převodky řízení UWB

Stávající řešení převodky řízení je znázorněno na obr. 16. Tato varianta je konstrukčně velmi složitá a má vysokou hmotnost. Závodní monopost musí být co nejlehčí, proto i jednotlivé komponenty musejí být lehké. Konstrukce by měla být co nejjednodušší, a to z důvodu zvýšení spolehlivosti a snížení hmotnosti.



Obr. 16 – Stávající konstrukční řešení převodky řízení

Materiály použité na stávající konstrukci: Ocel, hliníková slitina, mosaz.

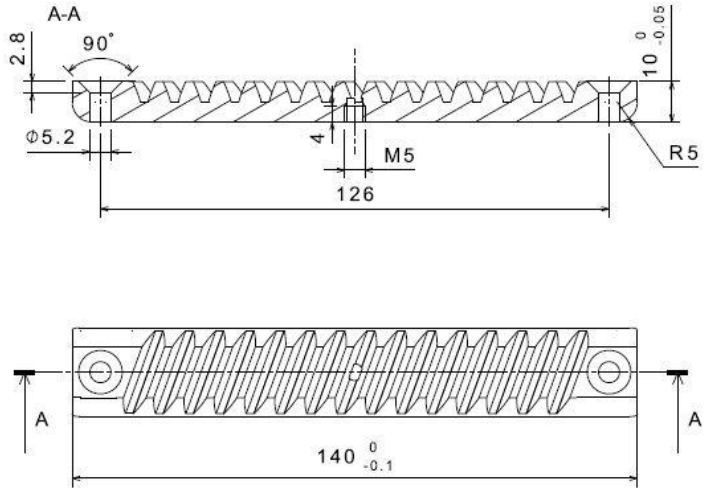
Výhody stávajícího řešení: tuhost celku převodky,
možnost výměny hřebenového převodu.

Nevýhody stávajícího řešení: vysoká hmotnost,
konstrukční složitost,
použité konstrukční materiály.

Popis stávající koncepce:

1. Typ ozubeného převodu:

Převod je složen z ozubeného pastorku a hřebenové tyče. Ozubení je šikmé viz obr. 17.



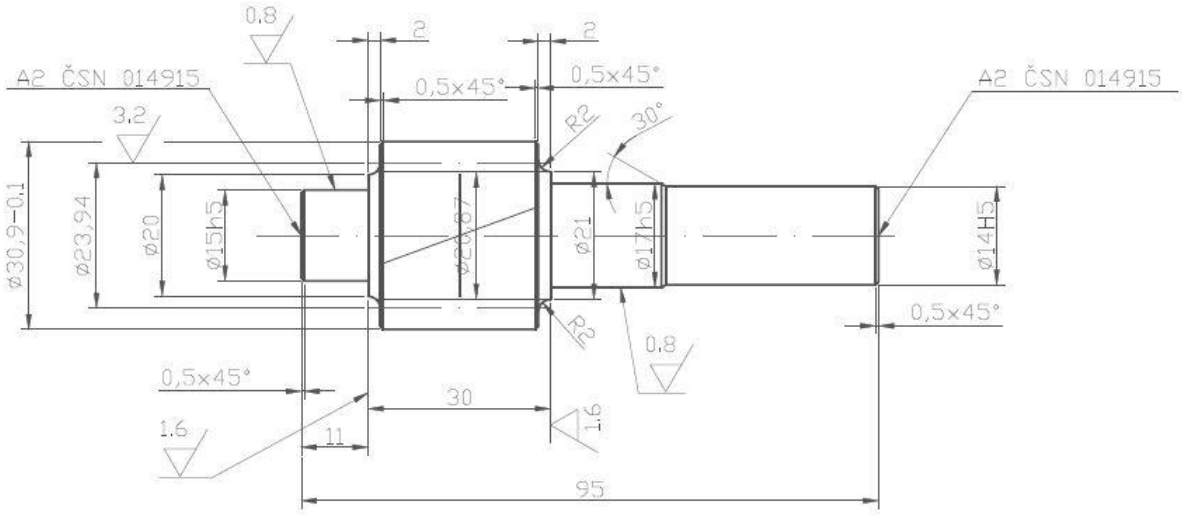
Obr. 17 – Schéma ozubené hřebenové tyče původní koncepce převodky řízení

Rozměry původní ozubené hřebenové tyče:

Parametry hřebenu/Pastorku	Hodnota
Počet zubů	14/10
Modul [mm]	2,25
Úhel sklonu zubu [°]	20
Smysl stoupání	Levý
Jednotkové posunutí [mm]	0,5660
Tloušťka zubu [mm]	3,94
Výška zubu [mm]	2,76
Modul čelní [mm]	2,3944

Tabulka 7 – Rozměry původní ozubené hřebenové tyče a pastorku

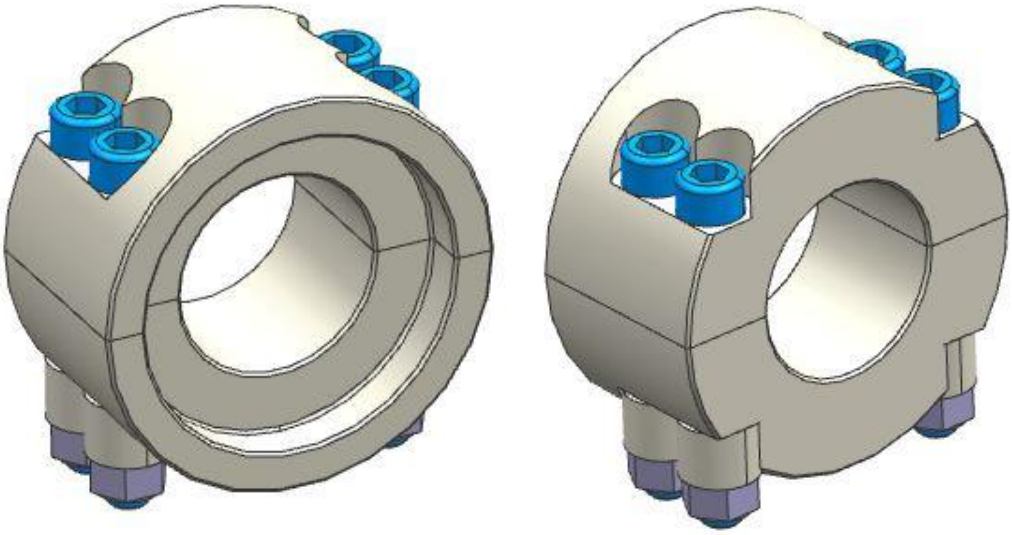
Rozměry pastorku:



Obr. 18 – Schéma pastorku původní koncepce převodky řízení

2. Uchycení převodky řízení k rámu:

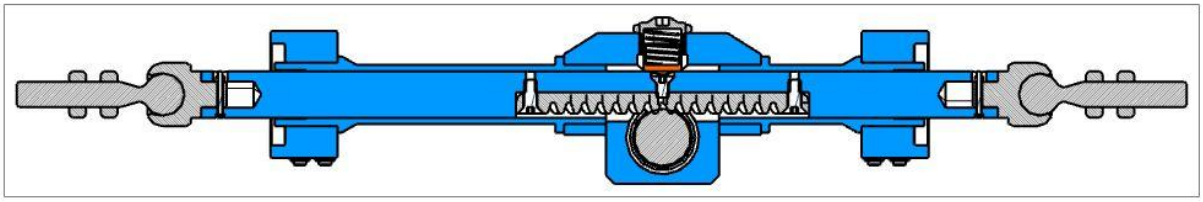
Uchycení převodky je řešeno pomocí dvou objímek. Objímky jsou připevněné k rámu monopostu a nosné trubce převodky řízení, viz obr. 20. Uchycení objímek k převodce i rámu je řešeno formou svěrného spoje.



Obr. 19 – Objímky uchycení převodky řízení

3. Použité materiály ve stávající konstrukci:

Materiály použité na konstrukci jsou znázorněny na obr. 20. Materiály jsou rozděleny dle barev: modrá – hliníková slitina,
šedá – ocel,
oranžová – mosaz.



Obr. 20 – Barevné schéma použitých materiálů v původním řešení

Z obrázku je zřejmé, že je ve velké míře použita hliníková slitina. Ocel je zde použita na ozubený pastorek, hřebenovou tyč, sférické klouby a veškeré šrouby a matice. Mosaz je použita pouze na přítlačný člen.

Výše uvedené použité materiály mají poměrně vysokou měrnou hustotu, z čehož plyne vysoká hmotnost celku převodky.

Celková hmotnost stávající převodky řízení je 2,441 kg.

Stávající koncepci převodky řízení a použité materiály je možné dále optimalizovat. Konstrukce převodky řízení je poměrně složitá, využívá značné množství spojovacích součástí. Jsou použity materiály s vysokou měrnou hmotností. Nutno nahradit těžké sférické klouby lehčí konstrukční variantou. Již v návrhu je nutné myslet na pravidla soutěže, která upravují zajištění uzlů řízení apod.

4.2. Základní výpočty

4.2.1. Rozměry roztečné kružnice pastorku

Základní rozměry roztečné kružnice lze získat ze vstupních hodnot, které byly součástí zadání práce. Tyto vstupní hodnoty jsou získány ze stávajícího řešení monopostu (posuv řídicí tyče) a požadavků na max. úhlové natočení volantu (viz kapitola 3.3.1).

Vstupní hodnoty:

Popis	Varianta 1	Varianta 2
Posuv řídicí tyče $O_{v1(2)}$ [mm]	70	75
Úhel otočení volantu α [°]	270	270

Tabulka 8 – Zadané vstupní hodnoty

Obvod kruhu:

$$O_{1(2)} = \pi * d_{1(2)} \qquad (4.2\text{-}1).$$

Z toho plyne pro kruhovou výseč 270°:

$$d_{1(2)} = O_{v1(2)} * \frac{360}{270 * \pi} \qquad (4.2\text{-}2).$$

Kde: $O_{v1(2)}$ … Obvod kruhové výseče (posuv řídicí tyče)

$O_{1(2)}$ … Obvod kruhu

Po dosazení hodnot z tabulky 8 do (4.2-2) plyne:

Parametr	Hodnota
d_1 [mm]	30
d_2 [mm]	32

Tabulka 9 – Výsledné průměry roztečných kružnic pastorku

Získané výsledky tabulky 9 jsou základní rozměry roztečných kružnic pastorku. Jsou vyhotovovány ve dvou variantách. Tyto varianty by měly postihnout veškeré možné kombinace závodních okruhů.

4.2.2. Návrh modulu

Modul je vybrán dle normy ČSN 01 4608. V této normě jsou normalizované a doporučené hodnoty modulů.

Mezní počet zubů šikmého ozubení $z_{š\text{-}min} = 12$ je minimální počet zubů pastorku, při kterém dojde k dovolenému mírnému podřezání paty zubu. [1, str. 37]

Průměr roztečné kružnice se vypočte dle vzorce:

$$d_{š1(š2)} = \frac{m * z_{š-min}}{cos\beta} \qquad (4.2\text{-}3).$$

Z toho plyne výpočet modulu:

$$m_{1(2)} = \frac{d_{š1(š2)} * cos\beta}{z_{š-min}} \qquad (4.2\text{-}4).$$

Po dosazení vstupních hodnot:

Parametr	Varianta 1	Varianta 2
$d_š$ [mm]	30	32
$z_{š\text{-}min}$	12	12

Tabulka 10 – Vstupní parametry pro návrh modulu pro šikmé ozubení

Výsledné hodnoty:

Parametr	Hodnota
$m_{š1}$ [mm]	2,34923
$m_{š2}$ [mm]	2,50585

Tabulka 11 – Vypočítané hodnoty pro návrh modulu pro šikmé ozubení

Z tabulky 11 a normy ČSN 01 4608 plyne hledaný normovaný modul. Zvolený modul, který bude dále ve výpočtech použit, je **$m_š$ = 2,5 [mm].** Modul byl zvolen na základě výpočtu dle (4.2-4). Tento výpočet mi pomohl navrhnout modul na základě minimálního počtu zubů na ozubeném pastorku $z_{š\text{-}min}$ a průměru roztečné kružnice, který byl vypočten výše.

Výpočet počtu zubů pastorku:

$$z_{š1(2)} = \frac{d_{1(2)} * cos\beta}{m} \qquad (4.2\text{-}5).$$

Po dosazení $d_{1(2)}$ z tabulky 10 a modulu **m = 2,5 [mm]** plyne, že pastorek 1 má počet zubů **$z_{š1}$ = 12** a pastorek 2 má počet zubů **$z_{š2}$ = 12.** Z výše uvedeného je zřejmé, že pastorek musí být pro obě varianty stejný. Z tohoto důvodu bude níže počítáno pouze s jednou variantou šikmého ozubení.

4.2.3. Návrh převodu a rozměrů ozubení

4.2.3.1. Rozměry pastorku pro šikmé ozubení

Vstupní parametry:

Parametr	Pastorek	Popis
$m_š$ [mm]	2,5	Modul
$z_š$	12	Počet zubů pastorku
α [°]	20	Úhel záběru
β[°]	20	Úhel sklonu
h_a* [-]	1	Jednotková výška hlavy
c_a* [-]	0,25	Jednotková radiální vůle
R_f [-]	0,38	Jednotkový poloměr zaoblení
h_f [-]	1,25	Jednotková výška paty

Tabulka 12 – Vstupní parametry pro výpočet rozměrů pastorku pro šikmé ozubení

Výpočet rozměrů pastorku:

$$d_{š1(2)} = \frac{m * z_{š1(2)}}{cos\beta} \quad (4.2\text{-}6).$$

$$d_{bš1(2)} = d_{š1(2)} * cos\alpha_t \quad (4.2\text{-}7).$$

$$d_{aš1(2)} = d_{š1(2)} + 2 * m * h_a^* \quad (4.2\text{-}8).$$

$$d_{fš1(2)} = d_{š1(2)} - 2 * m * (h_a^* + c_a^*) \quad (4.2\text{-}9).$$

$$p_{š1(2)} = \pi * m \quad (4.2\text{-}10).$$

$$s_{š1(2)} = 0{,}5 * \pi * m \quad (4.2\text{-}11).$$

$$p_{tš1(2)} = \frac{p_{š1(2)}}{cos\beta} \quad (4.2\text{-}12).$$

$$s_{t1(2)} = \frac{s_{š1(2)}}{cos\beta} \quad (4.2\text{-}13).$$

Z výše uvedené tabulky 12 a vzorců (4.2-6)-(4.2-13) plyne:

Parametr	Pastorek	Popis
$d_š$ [mm]	31,92533	Průměr roztečné kružnice
$d_{bš}$ [mm]	29,77022	Průměr základní kružnice
$d_{aš}$ [mm]	36,92533	Průměr hlavové kružnice
$d_{fš}$ [mm]	25,67533	Průměr patní kružnice
$p_š$ [mm]	7,85398	Rozteč na roztečné kružnici
$s_š$ [mm]	3,92699	Tloušťka zubu na rozteč. kružnici
$p_{tš}$ [mm]	8,35803	Rozteč na rozteč. kružnici v čelní rovině
$s_{tš}$ [mm]	4,17902	Tloušťka zubu na rozteč. kružnici v čelní rovině

Tabulka 13 – Výsledné rozměry pastorků pro šikmé ozubení

4.2.3.2. Rozměry pastorku pro přímé ozubení

Pro výpočet rozměrů pastorku a hřebene pro přímé ozubení je vycházeno z výše uvedených vzorců (4.2-1)-(4.2-13). Do vzorců je dosazován úhel $\beta = 0°$ => $cos\beta = 1$.

Vstupních hodnoty pro výpočet rozměrů přímého ozubení:

Parametr	Pastorek 1	Pastorek 2	Popis
$m_{př}$ [mm]	2	2	Modul
$z_{př}$	15	16	Počet zubů pastorku
α [°]	20	20	Úhel záběru
h_a* [-]	1	1	Jednotková výška hlavy
c_a* [-]	0,25	0,25	Jednotková radiální vůle
R_f [-]	0,38	0,38	Jednotkový poloměr zaoblení
h_f [-]	1,25	1,25	Jednotková výška paty

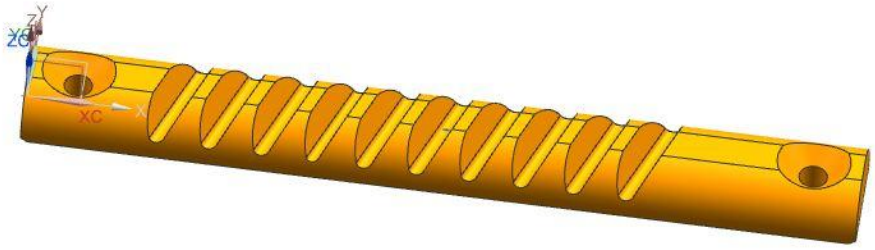
Tabulka 14 – Vstupní parametry pro výpočet rozměrů pastorku přímého ozubení

Z tabulky 14 a vzorců (4.2-6)-(4.2-13) plyne:

Parametr	Pastorek 1	Pastorek 2	Popis
$d_{př}$ [mm]	30	32	Průměr roztečné kružnice
$d_{bpř}$ [mm]	28,19078	30,07016	Průměr základní kružnice
$d_{apř}$ [mm]	34	36	Průměr hlavové kružnice
$d_{fpř}$ [mm]	25	27	Průměr patní kružnice
$p_{př}$ [mm]	6,28318	6,28318	Rozteč na roztečné kružnici
$s_{př}$ [mm]	3,14159	3,14159	Tloušťka zubu na rozteč. kružnici

Tabulka 15 – Výsledné rozměry pastorků přímého ozubení

Rozměry ozubené hřebenové tyče:



Obr. 21 – Ozubená hřebenová tyč se šikmým ozubením

Výpočet minimální délky hřebenové tyče:

$$L_{min} = O_{v2} \qquad (4.2\text{-}14).$$

Z výše uvedených tabulek 8 až 15 a vzorců (4.2-1)-(4.2-14) plyne pro ozubený hřeben:

Parametr	Přímé zuby	Šikmé zuby	Popis
p [mm]	6,28318	7,85398	Rozteč na roztečné kružnici
s [mm]	3,14159	3,92699	Tloušťka zubu na rozteč. kružnici
p_t [mm]	6,28318	8,35803	Rozteč na rozteč. kružnici v čelní rovině
s_t [mm]	3,14159	4,17902	Tloušťka zubu na rozteč. kružnici v čelní rovině
L_{min} [mm]	75	75	Celková délka hřeben. tyče
R_f [mm]	0,76	0,76	Poloměr zaoblení paty zubu

Tabulka 16 - Výsledné rozměry ozubeného hřebene

Ozubený hřeben je vyráběn frézováním, proto parametr L_{min} udává minimální délku hřebene. Tato minimální délka zajišťuje prostor pro vyrobení příslušného počtu zubů a zubových mezer, ale již nezahrnuje žádné další aplikace. Z toho plyne, že celková délka ozubeného hřebene musí být $L_c > L_{min}$.

Hrubý návrhový výpočet ozubení dle Bacha

Tento zjednodušený výpočet vychází ze zjednodušeného modelu, kdy: [1, str.83]

- v záběru je pouze jeden pár zubů,
- uvažovaný zub je zatížen pouze obvodovou složkou normálové síly v ozubení, která působí v nejvyšším místě jeho hlavy,
- je uvažováno pouze namáhání zubu ohybem,
- je zanedbáno zesílení paty zubu vlivem přechodových křivek (na obou koncích).

Vstupní hodnoty:

Parametr	Přímé ozubení Varianta 1	Přímé ozubení Varianta 2	Šikmé ozubení	Popis
F_o [N]	3769	3769	3769	Obvodová síla v záběru ozubení
m [mm]	2	2	2,5	Modul
σ_o [MPa]	150	150	150	Dovolené napětí v ohybu
h_a* [-]	1	1	1	Jednotková výška hlavy
h_f [-]	1,25	1,25	1,25	Jednotková výška paty

Tabulka 17 – Tabulka vstupních hodnot pro výpočet dle Bacha

Vstupní parametr síly F_o byl převzat [3, str.105]. Tato hodnota byla zjištěna ze stávající koncepce řešení monopostu při různých zatěžovacích stavech. Hodnota byla vybrána jako nejhorší možný zatěžovací stav - brzdění v zatáčce s bočním přetížením 1,6 G.

Ohybový moment v patě zubu: [1, str.83]

$$M_o = F_o * h = F_o * \left(h_a^* + h_f^*\right) * m \qquad (4.2\text{-}15).$$

Dovolené napětí zubu v ohybu: [1, str.83]

$$\sigma_o = \sigma_d = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_o * 2{,}25 * m}{\frac{1}{6} * (\pi * m)^2 * b_{př1(př2)}} \qquad (4.2\text{-}16).$$

$$b_{př1(př2)} = \frac{F_o * 2{,}25 * m}{\frac{1}{6} * (\pi * m)^2 * \sigma_o} \qquad (4.2\text{-}17).$$

$$b_š = \frac{F_o * 2{,}25 * m}{\frac{1}{6} * (\pi * m)^2 * \sigma_o * 1{,}5} \qquad (4.2\text{-}18).$$

Po dosazení do (4.2-15)-(4.2-18) plyne:

Parametr	Přímé ozubení Varianta 1	Přímé ozubení Varianta 2	Šikmé ozubení
b [mm]	17,18458	17,18458	9,16511
σ_o [MPa]	150	150	150

Tabulka 18 – Výsledné ohybové napětí na zubu

Z tabulky 18 plyne, že šířka zubu hřebenové tyče (pastorku) bude rozdílná v závislosti a použitém ozubení. Je vidět, že varianty 1 a 2 přímého ozubení mají výrazně větší šířku ozubení než varianta se šikmými zuby. Šikmé ozubení v tomto případě výrazně ušetří hmotnost převodu. Hmotnost je prioritní, proto zde bude šikmé ozubení použito. Použitím tohoto typu ozubení získáme i další výhodné vlastnosti převodu, jako jsou: plynulejší chod, vyšší součinitel trvání záběru, tišší chod, apod.

4.2.4. Výpočet požadovaného průměru řídící tyče

Řídicí tyč je v této kapitole chápána jako tyč, která je mechanicky (přes ozubený hřeben) spojena s pastorkem. V tomto případě na koncích řídicí tyče bude prostor pro připevnění řídicích táhel, která spojují těhlici s řídicí tyčí.

Pro návrh a výpočet budou použity hodnoty získané z tabulek 17 a 18. Z hlediska zatěžování bude tyč řízení zatížena pouze tahem, popř. tlakem.

Vstupní parametry:

Parametr	Hodnota	Popis
h [mm]	5.625	Výška zubu
b [mm]	9	Šířka ozubení
F [N]	3769	Zatěžovací tahová síla

Tabulka 19 – Vstupní parametry pro výpočet napětí v řídicí tyči

Průměr řídicí tyče je volen s ohledem na minimální hmotnost tyče a minimální šířku ozubení b = 9 mm.

Z těchto hledisek a tabulky 19 vychází jako optimální řešení 3 varianty průměrů tyčí řízení.

Průměr	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Popis
d [mm]	12	13	14	Průměr řídicí tyče

Tabulka 20 – Možné varianty průměrů řídicích tyčí

Po zhodnocení různých variant průměrů řídicí tyče z tabulky 20, je s ohledem na hmotnost a minimální zúžení šířky ozubení na hlavě hřebenu b_a nejvhodnější varianta 1=> d=12mm.

Výpočet napětí v tahu:

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{F * 4}{\pi * d^2} \qquad (4.2\text{-}19).$$

Výstupní hodnoty po dosazení d=12mm a hodnot z tabulky 19 do (4.2-17):

Parametr	Hodnota	Popis
σ_p [MPa]	33,3	Tahové napětí v řídicí tyči pro plný průřez
σ_z [MPa]	66,6	Tahové napětí v řídicí tyči v místě ozubení
σ_e [MPa]	44,4	Tahové napětí na koncích řídicí tyče v místě vyvrtaných závitových děr pro unibaly

Tabulka 21 – Tahové napětí v řídicí tyči

Hodnota d=12mm je minimální hodnota, která bude uvažována pro návrh konstrukčních variant převodky řízení. Tato minimální hodnota se využije na stanovení ostatních rozměrů celé konstrukce.

4.3. Varianty řešení

4.3.1. Výběr vhodných materiálů

Ozubený převod

Konstrukční materiály na ozubená soukolí jsou ve většině případů oceli tříd: 11,12,14. Jsou to oceli vhodné i k tepelnému zpracování. Ocel vhodná pro ozubený převod výše vybrané převodky musí splňovat hodnotu dovoleného napětí v ohybu 150MPa. Jako dovolené napětí je vhodné použít hodnotu dovoleného míjivého napětí v ohybu pro danou ocel. Míjivé namáhání dobře reprezentuje charakter zatěžovacích stavů v ozubeném převodu pro námi požadovanou aplikaci.

Výběr vhodného materiálu pro ozubený převod:

Materiál	Dovolené míjivé napětí v ohybu [MPa]	Mez pevnosti v tahu [MPa]	Hustota [kg*mˆ-3]
11 600	180	700	7850
12 050.6	170	700	7850
14 220.4	160	900	7850

Tabulka 22 – Výběr vhodného materiálu pro ozubený převod

Byly vybrány materiály 12 050.6 pro ozubený hřeben a 14 220.4 pro pastorek. Hustota všech vybraných materiálů je totožná. Z toho důvodu se přistoupilo na výběr ideální kinematické dvojice materiálů. Zde je důležité dodržet pravidlo různých tvrdostí pastorku a hřebene. [1]

Přítlačný kluzný element

Kluzný element slouží k vymezení vůlí v ozubeném převodu, který by mohl vzniknout v průběhu životnosti převodky. Materiál musí mít dobré kluzné vlastnosti.

Výběr vhodného materiálu pro kluzný element:

Materiál	Nutnost mazání	Hmotnost	Celkem
Mosaz	5	2	7
Bronz	8	5	13
PTFE	9	8	17

Tabulka 23 – Výběr vhodného materiálu pro kluzný element

Jako nejvýhodnější materiál kluzného elementu je zvolen materiál PTFE. Jeho největší výhoda je nízká hmotnost. Další výhodou je použití bez nutnosti mazání.

Kluzná ložiska

Kluzná ložiska byla vybrána dle stejných kritérií jako kluzný element, viz tabulka 23. Veškerá použitá kluzná ložiska i kluzný element jsou od firmy Hennlich. Vlastnosti materiálu i ostatní informace o kluzných ložiscích jsou součástí příloh.

Domeček, víka domečku a tyč řízení

Domeček, víka domečku a tyč řízení budou vyrobeny ze stejného materiálu. Použitý materiál musí být buď dobře obrobitelný, nebo dobře tvarovatelný (uhlíková vlákna) a zároveň co možná nejlehčí.

Výběr vhodného materiálu pro domeček, víka domečku a tyč řízení:

Materiál	Výrobní cena	Vyrobitelnost/ Obrobitelnost	Hmotnost	Celkem
Ocel 12 060	9	8	3	20
Uhlíkový kompozit	1	3	9	13
Hliníková slitina EN AW 7075	7	8	6	21

Tabulka 24 – Výběr vhodného materiálu pro domeček, víka domečku a tyč řízení

Nejvýhodnější materiál pro výrobu domečku, víka domečku a tyče řízení je hliníková slitina EN AW 7075 T6. Je nejvhodnější z pohledu kombinace všech tří hledisek hlavně díky nízké hustotě ρ=2800 [kg*mˆ-3] a vysoké mezi pevnosti Rm=550 [MPa]. [8]

Nosná trubka

Nosná trubka je pro navrhovanou konstrukci převodky řízení velmi důležitá. Zajišťuje funkci nosné konstrukce jak pro domeček, tak i pro ostatní komponenty.

Výběr vhodného materiálu pro nosnou trubku:

Materiál	Výrobní cena	Vyrobitelnost/ Obrobitelnost	Hmotnost	Celkem
Ocel 12 060	9	9	2	20
Uhlíkový kompozit	7	9	9	25
Hliníková slitina EN AW 7075	8	9	6	23

Tabulka 25 – Výběr vhodného materiálu pro nosnou trubku

Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že nejvhodnější je použít nosnou trubku z uhlíkového kompozitu. Její kladné vlastnosti v této aplikaci převážily vyšší pořizovací náklady. Podrobnější vlastnosti trubky z uhlíkového kompozitu jsou součástí příloh.

Pevná koncová hlavice a šroubovaná koncová hlavice

Pevná i šroubovaná koncová hlavice jsou na koncích nosné trubky a mají dvě funkce. První funkce je ustavovací a druhá nosná. Pevná hlavice se zasune do jedné montážní trubky v rámu a šroubovaná hlavice se rozepře a ustaví pomocí druhé montážní trubky, viz obr.14.

Výběr vhodného materiálu pro koncové hlavice:

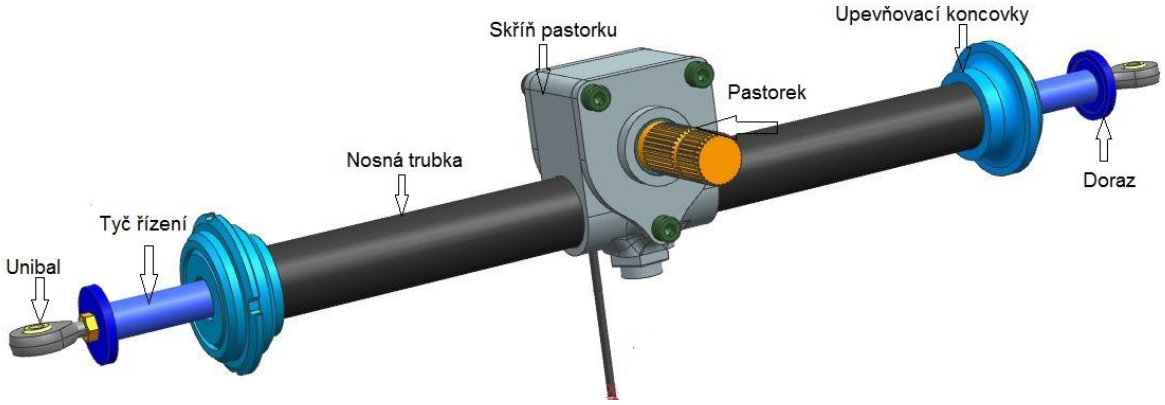
Materiál	Výrobní cena	Vyrobitelnost/ Obrobitelnost	Hmotnost	Celkem
Ocel 12 060	9	8	3	20
Hliníková slitina EN AW 7075	8	8	7	23

Tabulka 26 – Výběr vhodného materiálu pro koncové hlavice

Z tabulky 26 je zřejmé, že na koncové hlavice bude použita slitina hliníku EN AW 7075. Oba výše uvedené materiály by byly vhodné pro tuto aplikaci, ale ocel je neporovnatelně těžší než vybraná hliníková slitina.

Veškeré navrhované varianty, viz níže, jsou v souladu s pravidly soutěže i s vypočtenými hodnotami popsanými v předchozích kapitolách.

4.3.2. Konstrukční návrh varianty 1

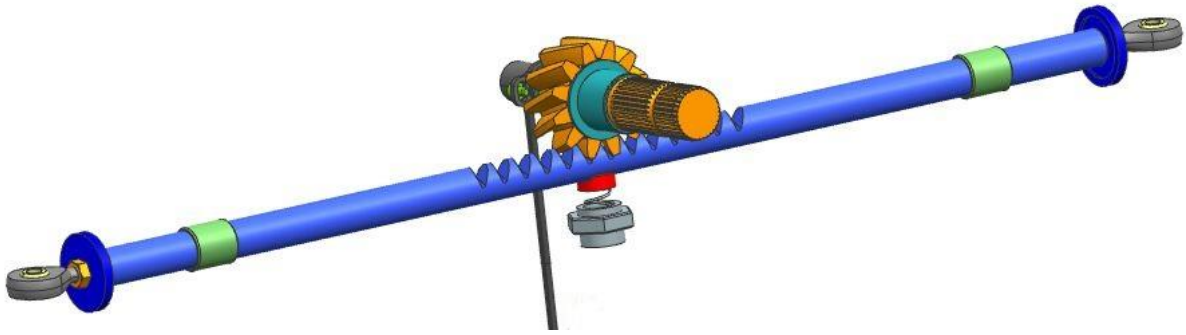


Obr. 22 – Konstrukční varianta 1 převodky řízení

Při konstrukci této varianty bylo vycházeno z požadavku na co nejnižší možnou hmotnost převodky a konstrukční jednoduchost.

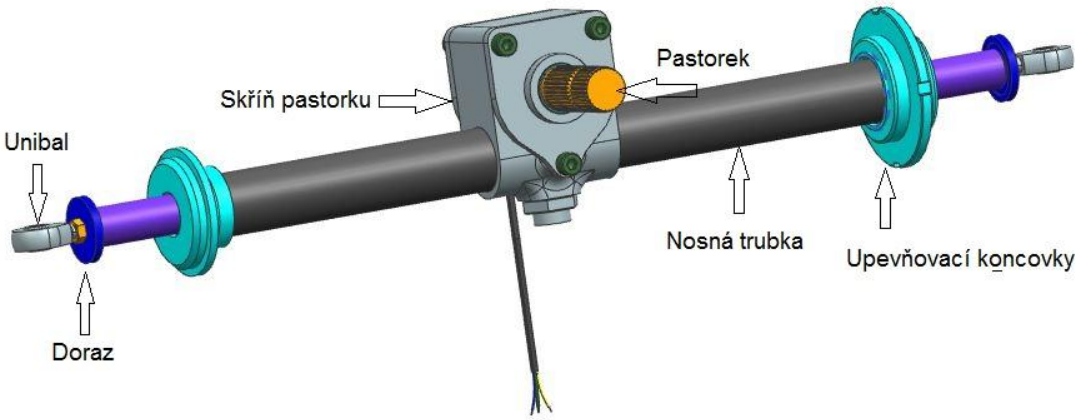
Pastorek varianty 1 je uložen ve dvou kluzných ložiscích, která jsou axiálně-radiální. Je vyroben jako nerozebíratelný. Výstupní strana pastorové hřídele je opatřena jemným drážkováním s kolmou půlkruhovou drážkou pro zajištění hřídele volantu. Druhá strana pastorové hřídele je opatřena vybráním pro snímač úhlu natočení volantu.

Hřebenová tyč varianty 1 je konstruována jako jeden celek s tyčí řízení. Ozubení je vyfrézováno přímo do tyče řízení. Tyč řízení je uložena ve dvou kluzných ložiscích.



Obr. 23 – Pastorek a ozubená hřebenová tyč se šikmým ozubením varianty 1

4.3.3. Konstrukční návrh varianty 2

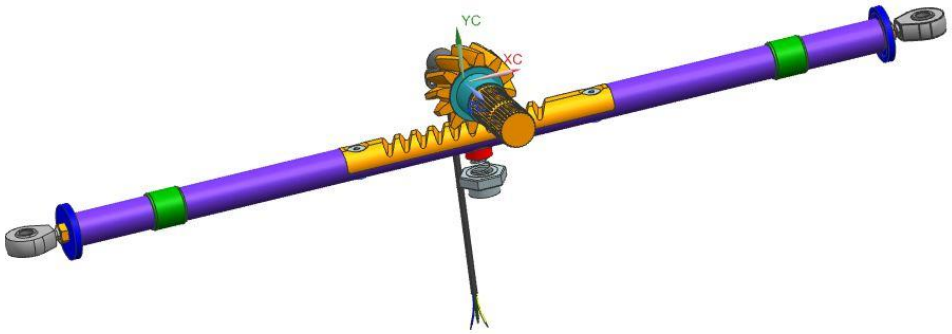


Obr. 24 – Konstrukční varianta 2 převodky řízení

Při konstrukci této varianty bylo vycházeno z varianty 1 a požadavku na možnost rychlé výměny (změny) převodového poměru.

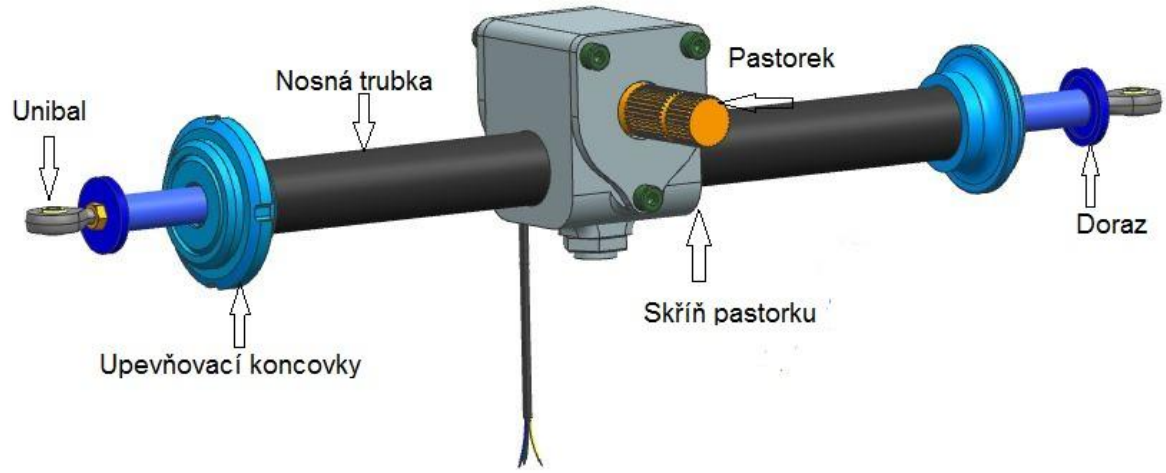
Pastorek varianty 2 je totožný s předchozí variantou 1.

Řídicí tyč varianty 2 je konstruována tak, aby z ní bylo možné vyjmout ozubený hřeben. Hřeben je tedy na tyč řízení přišroubován třemi šrouby M4 se zápustnou hlavou. Takto zvolená konstrukce může ušetřit hmotnost, protože je možné tyč řízení vyrobit z lehkého materiálu. Je uložena ve dvou kluzných ložiscích na obou koncích. Uprostřed je kluzný element, který vymezuje vůli v ozubení.



Obr. 25 – Tyč řízení s výměnným šikmým ozubeným hřebenem varianty 2

4.3.4. Konstrukční návrh varianty 3

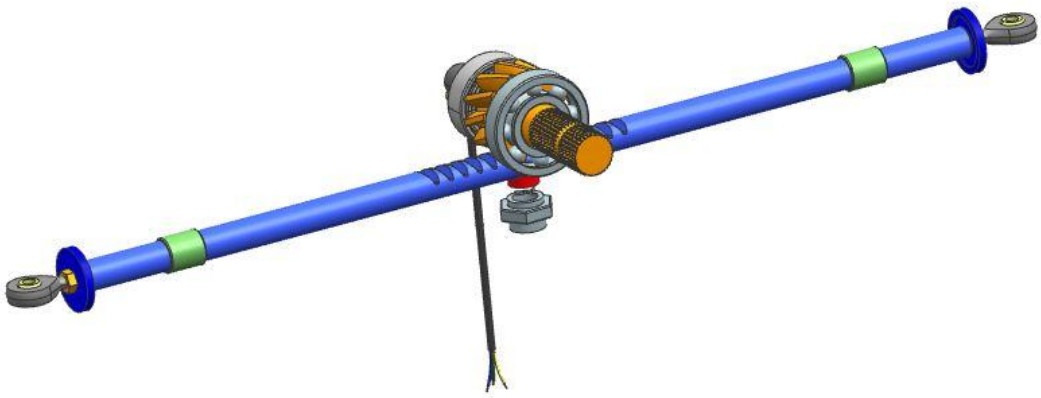


Obr. 26 – Konstrukční varianta 3 převodky řízení s valivými ložisky

Ve variantě 3 je využito uložení pastorku ve valivých ložiscích. Ložiska jsou uložena v domečku, který tedy musí být rozměrnější než v předchozích dvou variantách.

Pastorek varianty 3 je uložen ve dvou valivých ložiscích, která jsou axiálně-radiální. Je vyroben jako nerozebíratelný. Výstupní strana pastorové hřídele je opatřena jemným drážkováním s kolmou vyfrézovanou půlkruhovou drážkou pro zajištění hřídele volantu. Opačná strana pastorové hřídele je opatřena vybráním pro snímač úhlu natočení volantu.

Tyč řízení je totožná s variantou 1.



Obr. 27 – Tyč řízení s šikmým ozubením a pastorkem uloženým ve valivých ložiscích varianta 3

4.4. Zhodnocení a výběr nejvhodnější varianty

	Hmotnost [Kg]	Ložiska uložení pastorku	Tyč řízení	Ložiska uložení tyče řízení	Snímač úhlu natočení volantu	Výměnný ozubený hřeben	Unibal
Varianta 1	0,937	Kluzná	Nedělená	Kluzná	Ano	Ne	M5x0,8
Varianta 2	0,891	Kluzná	Dělená	Kluzná	Ano	Ano	M5x0,8
Varianta 3	1,242	Valivá	Nedělený	Kluzná	Ano	Ne	M5x0,8

Tabulka 27 – Shrnutí konstrukčních variant

Varianty představené v kapitole 4.3. budou porovnány v tabulce a nejvhodnější z nich bude dále rozpracována. Varianty budou z různých hledisek bodově ohodnoceny 0-9, kde 9 znamená nejlepší a 0 nejhorší výsledek. Body se u každé varianty sečtou a nejvyšší počet naznačí nejvhodnější z nich.

Výběr nejvhodnější konstrukční varianty:

	Hmotnost	Velikost převodky	Vyrobitelnost	Konstrukční jednoduchost	Soulad s pravidly	Možnost změny převodového poměru	Celkem
Varianta 1	7	9	8	9	9	7	49
Varianta 2	8	8	7	8	9	9	49
Varianta 3	2	6	6	7	9	2	32

Tabulka 28 – Výběr nejvhodnější konstrukční varianty

Z tabulky 28 vychází jako nejvhodnější dvě možnosti. Varianta 1 a varianta 2 jsou si konstrukčně podobné, proto je výsledek jejich hodnocení totožný. Varianta 1 je konstrukčně jednodušší, z toho vyplývá i její snadnější výroba a menší rozměry. Zatímco varianta 2 je konstrukčně o trochu více složitá. Z toho plyne i její mírně větší rozměr. Ale z pohledu hmotnosti je dělená tyč řízení výhodnější, protože ji lze vyrobit z velmi lehkého materiálu. Varianta 3 je z důvodu použití valivých ložisek bodově daleko za ostatními variantami. Valivá ložiska jsou v poměru hmotnosti s kluznými polyamidovými ložisky bodována velmi nízce.

Z tabulky 28 tedy není jednoznačné, která konstrukce je vhodnější. Z toho důvodu je nutné použít další kritérium. Hlavním kritériem celé této bakalářské práce je hmotnost celkové konstrukce převodky řízení. Pokud kritérium hmotnosti použiji na tabulku 28, tak jako nejvhodnější konstrukce vychází **varianta 2.**

Varianta 2 je vhodnou kombinací nízké hmotnosti a konstrukční složitosti. Konstrukce řídicí tyče umožní použití lehkých slitin, které velmi významně uspoří hmotnost celku. Další výhodou této konstrukce je možnost výměny ozubeného hřebenu nezávisle na tyči řízení. Tím lze ušetřit provozní náklady, měnit převodový poměr i osovou vzdálenost.

4.5. Konstrukční návrh nejvhodnější varianty

4.5.1. Technologie výroby

4.5.1.1. Lepený spoj

Z konstrukčních a hlavně hmotnostních požadavků na konstrukci převodky řízení potřebujeme velmi pevně spojit dva vzájemně obtížně spojitelné materiály (hliníkovou slitinu a uhlíkový kompozit). Spoj musí být velmi pevný, ale zároveň lehký. Těmto dvěma hlediskům nejlépe vyhovuje spoj lepený.

Základní pravidla lepení:

- Namáhání spoje pouze na smyk
- Nutné dodržení předepsaných velikostí slepené mezery
- Dokonalé odmaštění
- Správná drsnost lepených povrchů
- Spojování epoxidového kompozitu epoxidovým lepidlem

Dělení vybraných lepidel:

a) podle způsobu vytvrzování:

1. jednosložkové teplem vytvrditelné,
2. dvousložkové vytvrditelné při 20°C,

b) podle typu vzniklého spoje:

1. tvrdý spoj,
2. houževnatý spoj.

Pro výběr vhodného lepidla byla vybrána firma Henkel – Loctite. Z jejich nabídky byla vybrána trojice lepidel, která splňuje požadavky na pevnost spoje a kompatibilitu s lepenými materiály.

Výběr možných lepidel:

Lepidlo	Pevnost ve smyku pro hliník [MPa]	Doporučená síla vrstvy lepidla[mm]	Chemicky odolné	Vytvrzování při teplotě[°C]
Hysol 9461	21	1,2	ANO	20
Hysol 9514	40	1,2	ANO	120-175
Hysol 9466	17-26	1,2	ANO	20

Tabulka 29 – Výběr lepidel

Ze skupiny výše vybraných lepidel je nejvhodnější lepidlo Henkel-Loctite Hysol 9466. Oproti ostatním lepidlům má prodlouženou dobu zpracovatelnosti, při zachování stejných parametrů jako má lepidlo Hysol 9461. Lepidlo Hysol 9514 není vhodné, protože k vytvrzení potřebuje vysokou teplotu, kterou by nemusel námi lepený uhlíkový kompozit vydržet.

4.5.1.2. Eloxování hliníkových slitin

Eloxování (anodizování) se používá pro hliníkové slitiny.

Lze tím dosáhnout: 1. zlepšení povrchové ochrany,

2. zlepšení otěru vzdornosti,

3. zlepšení elektroizolačních vlastností.

Pro naši aplikaci je nejdůležitější vlastností eloxovaného hliníku zvýšení otěru vzdornosti. Použije se na tyč řízení, která je uložena v kluzných ložiscích. V takto namáhaných místech se nejvíce používá tvrdé eloxování. Tvrdé eloxové povlaky mají tvrdost 500-800HV. Obvykle mívají tloušťku 25-75μm. [4, str.49]

4.5.2. Začlenění navazujících komponent a snímačů

4.5.2.1. Snímač úhlu natočení volantu

Obr. 28 – Snímač úhlu natočení hřídele volantu

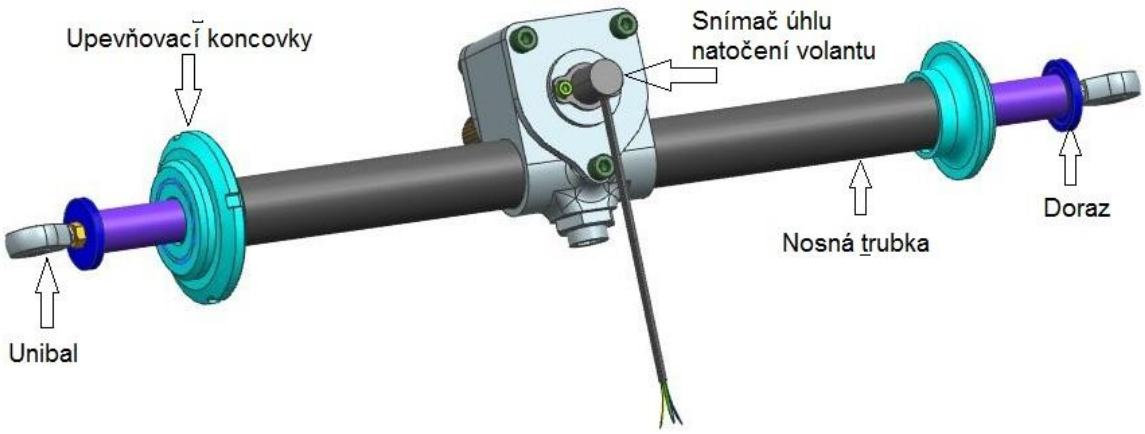
Snímač úhlu natočení volantu je připojen k zadní části pastorku. Snímá reálnou polohu pastorku (volantu) a signál odesílá řídicí jednotce telemetrie ke zpracování. Pro co nejsnazší návaznost a kompatibilitu systému a snímače byla vybrána společnost Bosch. Tato firma nabízí různé typy a velikosti snímačů. Pro naše použití je hlavní kritérium hmotnost a rozsah snímaných úhlů. Z těchto požadavků bylo lehké vybrat snímač Rotary Potentiometer RP 360-H, protože byl jediný, který splňoval dané požadavky na hmotnost, rozsah snímaných úhlů a na zástavbové rozměry. Rotary Potentiometer RP 360-H má měřící rozsah 0-360°. Snímač pracuje na principu Hallova jevu, kde se průchodem proudu polovodičovou destičkou při změně magnetického pole indukuje Hallovo napětí. Z toho plyne výborná spolehlivost. Katalogový list vybraného snímače je součástí příloh.

4.5.2.2. Unibal (Rod Ends) - sférické ložisko

Obr. 29 – Unibal (Rod Ends)

Unibal je použit pro spojení tyče řízení převodky s řídicími táhly. Unibal je sférické ložisko, které umožňuje velký rozsah výkyvů navazujícího řídícího táhla. Vyrábí se v provedení s vnějším závitem, viz obr. 21, nebo s vnitřním závitem, někdy se též používá anglické názvosloví: Male - Female. Tento unibal je nakupovaná součást. Firma Aurora Bearing company vyrábí výrobky pro vesmírný, letecký, vojenský i automobilový průmysl. Díky této specializaci firma nabízí mnou požadovaný Rod Ends M5x0,8, až pro hodnotu statické zatížení F_{stat} = 12611[N] při váze $m_{Rodends}$ =13[g]. Katalogový list vybraného unibalu je součástí příloh (viz příloha 1).

Začlenění výše zmíněných komponent do sestavy:

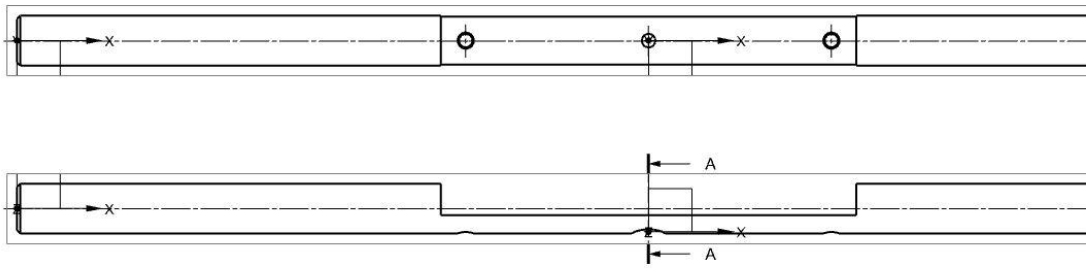


Obr. 30 – Začlenění unibalů a snímače úhlu natočení do sestavy převodky řízení

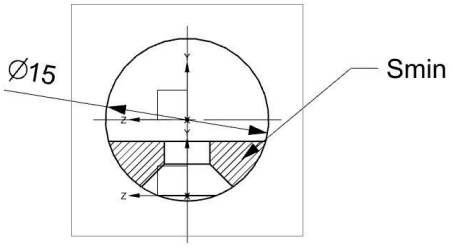
4.6. Kontrolní výpočet

Kontrolní výpočet zde navazuje na kapitolu 4.2. Výpočty jsou zaměřeny na pevnostní kontrolu řídicí tyče, která v kapitole 4.2. chybí. Pevnostní výpočet je možné uskutečnit až nyní, protože dříve nebyly známy přesné rozměry tyče řízení.

Tyč řízení je namáhána tahem. Pro pevnostní kontrolu je vybráno místo s nejmenším průřezem S_{min}. Nejmenší průřez řídicí tyče je uprostřed, viz obr. 31, kde je zúžení pro ozubený hřeben a otvor pro šroub se zápustnou hlavou.



Obr. 31 – Tyč řízení s vyznačeným nejmenším průřezem



Obr. 32 –Nejmenší průřez tyče řízení S_{min}

Vstupní hodnoty pro výpočet

Parametr	Hodnota	Popis
d [mm]	15	Průměr řídicí tyče
S_{min} [mm^2]	25,9	Plocha minimálního průřezu tyče řízení
F [N]	3769	Zatěžovací tahová síla

Tabulka 30 – Vstupní hodnoty pro pevnostní výpočet tyče řízení

Výstupní hodnota po dosazení hodnot z tabulky 30 do vzorce (4.2-17):

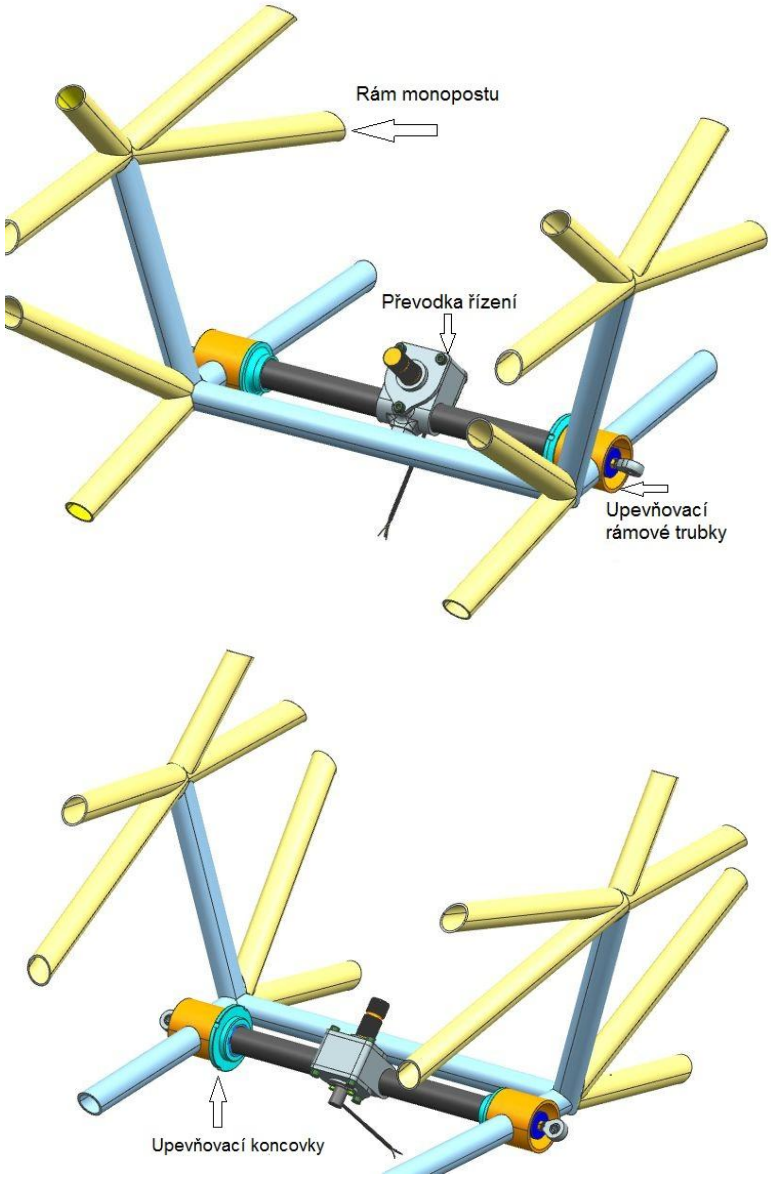
Parametr	Hodnota	Popis
σ_{tSmin} [MPa]	145,5	Tahové napětí v řídicí tyči pro průřez S_{min}

Tabulka 31 – Tahové napětí v řídicí tyči

Tahové napětí v řídicí tyči v nejmenším průřezu je σ_{tSmin}=145,5[MPa]. Jako materiál bude použita hliníková slitina EN AW 7075 T6, která má $Rp_{0,2}$=460[MPa]. Z uvedených hodnot plyne, že koeficient bezpečnosti je k=3,16. Tento koeficient bezpečnosti je dostačující, protože vstupní parametr síly F je již uváděn s dynamickým koeficientem. Z toho jasně plyne další posun na stranu bezpečnosti.

4.7. CAD model sestavy

CAD model sestavy slouží k ověření správnosti všech rozměrů a kompatibility jednotlivých dílů. V tomto kroku je nutné zkontrolovat, zda díly nekolidují. Odstranění chyb návrhu v tomto posledním kroku je důležité, protože se tím předejde pozdějším a dražším nápravám chyb konstrukce.



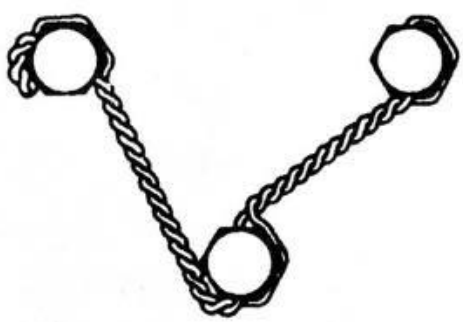
Obr. 33 – Převodka řízení ustavená v rámu Formule SAE UWB

Z obr. 33 je patrné, že převodka řízení je v rámu monopostu ustavená přesně. Žádné díly spolu nekolidují.

4.8. Jištění šroubových spojů

Jištění šroubů drátkem

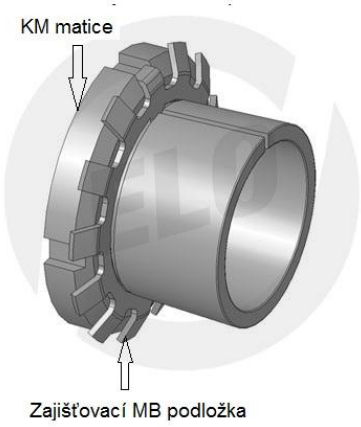
Jištění šroubových spojů je v konstrukci závodních monopostů důležité. Při vibracích by se mohly šroubové spoje povolit a mohlo by dojít k fatální nehodě. Z toho důvodu je jištění upraveno i pravidly soutěže, jak již bylo popsáno v kapitole 3.1. Pro naši aplikaci je jištění šroubů tohoto typu použito na víka převodky řízení. Tento druh jištění je u závodních monopostů oblíben, a to z důvodu snadné kontroly správnosti zajištění. Jistící drátek je vyroben z korozivzdorné oceli. Směr pletení jistícího drátku skrze šrouby je velmi důležitý. Správné provedení je nejlépe vidět na obr. 34. Kdyby došlo k povolení jednoho šroubu, muselo by tím dojít k utažení následujícího šroubu, což při správném utažení není možné.



Obr. 34 – Jištění šroubů drátkem

Zajištění šroubované koncové hlavice

Šroubovaná koncová matice je námi navrhnutý zakázkový díl, ale jeho rozměry a tvar jsou navrženy tak, aby byl shodný s KM maticí téže velikosti. Tímto se zjednodušil návrh zajištění, protože jde použít zajišťovací podložka MB určená pro zajištění KM matic. K utažení je též možné použít příslušný klíč na KM matice.



Obr. 35 – Zajištění KM matice [9]

5. Závěr

Cílem této bakalářské práce byl konstrukční návrh převodky řízení pro závodní monopost Formule SAE. Po seznámení se s konstrukčními variantami a problematikou převodek řízení byly vypracovány základní požadavky na novou konstrukci. Mezi tyto požadavky patří držení volantu oběma rukama v jakékoli jízdní situaci. Tento požadavek a nutnost posuvu tyče řízení o hodnotu 75mm, který zajistí maximální úhel natočení kola v zatáčce, sloužil jako vstupní parametr pro výpočet převodového poměru. Další důležitý požadavek na konstrukci je soulad s pravidly soutěže Formule SAE. Na kompatibilitu s pravidly bylo nutné dávat pozor již od prvopočátků konstrukce. Další vstupní parametr, který ovlivnil celou konstrukci, byl parametr zatížení převodky. Převodka je zatěžována silami působícími od kol, které jsou velmi značné. V našem případě se jedná o zatížení silou 3769N. Toto zatížení musí převodka být schopna přenést. Rám Formule SAE je již vyrobený, takže dalším vstupním parametrem jsou i zástavbové rozměry. Uložení převodky v rámu monopostu je specifické tím, že musí procházet rámovými trubkami. Z toho plyne další omezení, a to způsob montáže převodky do rámu monopostu. Montáž je tedy další důležitý vstupní parametr, který je nutno brát při návrhu na vědomí.

Předcházející varianta monopostu UWB používala upravenou převodku řízení z Formule 3000. Konstrukce této převodky byla vyhovující, ale byla konstrukčně složitá a měla velmi vysokou hmotnost. Protože hmotnost je u závodního monopostu jeden z nejdůležitějších faktorů, tak bylo nutné konstrukci převodky změnit s hlavním zaměřením na snížení hmotnosti.

Protože snížení hmotnosti byl hlavní cíl, tak už od samého počátku návrhu byl kladen důraz i na zmenšení rozměrů všech použitých komponent. Jako první byl navržen převodový poměr (i_2 = 0.278mm/°), z kterého se dopočítaly rozměry ozubeného převodu. Pro ozubený převod bylo použito šikmé ozubení (m = 2,5mm, β= 20°), čímž se docílilo zmenšení šířky ozubení. Jako další možnost snížení hmotnosti se použilo rozdělení tyče řízení od ozubeného hřebenu. Tímto návrhem se dosáhlo snížení hmotnosti tím, že tyč řízení je vyrobena ze slitiny hliníku (EN AW 7075) a ozubený hřeben je ocelový (ČSN 12 050.6), což je vhodné pro ozubené převody. Ozubený hřeben je k tyči řízení přišroubován třemi šrouby M4. Pastorek je ocelový (ČSN 14 220.4), aby byla zachována vhodnost materiálové kinematické dvojice. Nosná trubka je použita z uhlíkového kompozitu, který zajistí vysokou pevnost při zachování nízké hmotnosti. Domeček je vyroben z hliníkové slitiny (EN AW 7075) a je to obrobek z monobloku materiálu. Na tento domeček i koncové hlavice je na spojení s kompozitovou trubkou použit pevný lepený spoj s použitím lepidla Henkel-Loctite Hysol 9466. Tento typ spoje je lehký a pevný, protože konstrukce zajišťuje dostatečně velké plochy pro lepené spoje.

Další snížení hmotnosti se týkalo veškerých navazujících komponent. Pro snímání úhlu natočení volantu byl použit snímač Rotary Potentiometer RP 360-H od firmy Bosch o hmotnosti 22g. Sférické klouby (unibaly) M5x0,8 jsou použity dva, kde každý z nich má pouhých 13g.

Vybraná konstrukční varianta nové převodky řízení splňuje veškeré zadané požadavky s celkovým snížením hmotnosti vzhledem k původní variantě (2,441kg) o 63,5% (1,55kg). Na výslednou hmotnost 0,891 kg.

6. Použitá literatura

6.1. Knižní publikace

[1] KRÁTKÝ,J., KRÓNEROVÁ, E., HOSNEDL, S. *Obecné strojní části 2., Plzeň,2011*. ISBN 978-80-261-0066-9

[2] HOSNEDL,S., KRÁTKÝ J. *Příručka strojního inženýra*. Brno: Computer Press, 1999. ISBN 80-7226-055-3

[3] SEDLÁČEK, F. *Diplomová práce, Optimalizace těhlice s vybranými navazujícími komponenty vozu Formule SAE*. Plzeň 2012.

[4] BENEDIKT,V., *Povrchové úpravy kovových materiálů*. Plzeň 1985.

[5] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ B. *Automobily 1, Podvozky*. Brno: Avid s.r.o., Brno 2004.

[6] TRZESNIOWSKI, M. *Rennwagentechnik.* Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008. ISBN 978-3-8348-0484-6

[10] GSCHEIDLE, R. a kolektiv. *Příručka pro automechanika.* Brno: Europa-Sobotáles, s.r.o., 2010. ISBN 978-80-86706-17-7

6.2. Internetové zdroje

[7] SAE International. 2014 Formula SAE Rules.
http://students.sae.org/cds/formulaseries/rules/2014_fsae_rules.pdf

[8] http://www.alfun.cz/sortiment/hlinik/tyce-a-profily

[9] http://www.elotechnik.cz/upinaci-pouzdro-h-205-snr.html

[11] http://www.formula-seven.com

[12] http://www.loctite.cz

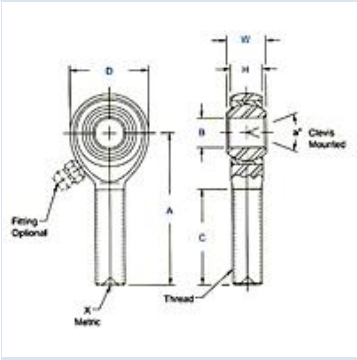
[13] http://www.bosch-motorsport.de

[14] www.aurorabearing.com

PŘÍLOHA č.1

Technický list sférického kloubu (unibalu)

- Body - Alloy steel, heat treated, protective coated for corrosion resistance.
- Race - Alloy steel, heat treated, protective coated for corrosion resistance.
- Ball - Alloy steel, heat treated, hard chrome plated.
- Grease Fittings available for sizes -M5 and up. Units are supplied without grease fittings. When a grease fitting is required, specify by adding suffix "Z" or "F". Ex.: AM-M5Z = Zerk Type Fitting AM-M5F = Flush Type Fitting.
- Load ratings apply only to rod ends without grease fittings. For load ratings with fittings, please consult our engineering department.



Specifications

Thread Type	Left Hand
Configuration	Male
B - Ball Bore	5.000 mm
W - Ball Width	8.00 mm
H - Head Width	6.25 mm
A - Base to Center	33.00 mm
D - Head Diameter	16.00 mm
Ball Diameter	11.10 mm
C - Thread Length	20.00 mm
Thread Size	M5 x 0.8
Thread Class	-6g-LH
a_1 - Misalignment Angle Clevis Mounted	14 º
a_3 - Misalignment Angle Clevis Mounted	24 º
a_4 - Misalignment Angle Clevis Mounted	58 º
Ultimate Radial Static Load Capacity	12611 N
Approximate Brg. Weight	13 g
Type of Lubrication	None

PŘÍLOHA č.2

Technické listy lepidel Loctite

Hysol® 9461™

března 2012

POPIS PRODUKTU

Hysol® 9461™ má následující vlastnosti:

Technologie	Epoxid
Chemický typ (Pryskyřice)	Epoxid
Chemický typ (Tvrdidlo)	Amin
Vzhled (Pryskyřice)	Bílá matná pasta
Vzhled (Tvrdidlo)	Černá neprůhledná pasta
Vzhled (Smíchaný)	Šedá pasta
Složky	Dvě složky - pryskyřice a tvrdidlo
Viskozita	Tixotropní
Mísicí poměr objemový pryskyřice : tvrdidlo	1 : 1
Mísicí poměr hmotnostní pryskyřice : tvrdidlo	100 : 100
Vytvrzení	Po zamíchání při pokojové teplotě
Aplikace	Lepení
Maximální spára	3.0 mm
Zvláštní výhoda	• Vynikající pevnost v loupání • Vynikající pevnost v tahu • Odolnost vůči rázům a únavě • Odolnost proti propadání • Snadné míchání a dávkování

Hysol® 9461™ je dvousložkové, tixotropní epoxidové lepidlo vyrobené tak, aby bylo snadno použitelné a mělo dobře vyvážené vlastnosti. Tento produkt spojuje vynikající pevnost v loupání i ve smyku a je vyráběn ve formě hladké pasty, která je nestékavá a snadno se dávkuje. Má střední dobu zpracovatelnosti a pokud je třeba, lze jeho vytvrzení urychlit ohřevem. Houževnatý charakter tohoto lepidla jej činí velmi vhodným pro lepení různorodých materiálů včetně kovů, konstrukčních termoplastů i termosetů a součástí tažených z plechů.

TYPICKÉ VLASTNOSTI NEVYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Vlastnosti pryskyřice

Měrná hmotnost při teplotě 25 °C	1,35
Viskozita, DIN 54453, mPa·s (cP):	
Smyková rychlost 10 s^{-1}	85 980
Smyková rychlost 50 s^{-1}	38 570
Tixotropní index	2,8
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	

Vlastnosti tvrdidla

Měrná hmotnost při teplotě 25 °C	1,31
Viskozita, DIN 54453, mPa·s (cP):	
Smyková rychlost 10 s^{-1}	59 530
Smyková rychlost 50 s^{-1}	42 860
Tixotropní index	2
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	

Vlastnosti smíchaného produktu

Doba zpracovatelnosti 22 °C, minut:	
100 g hmoty	40

TYPICKÉ VLASTNOSTI PŘI VYTVRZOVÁNÍ

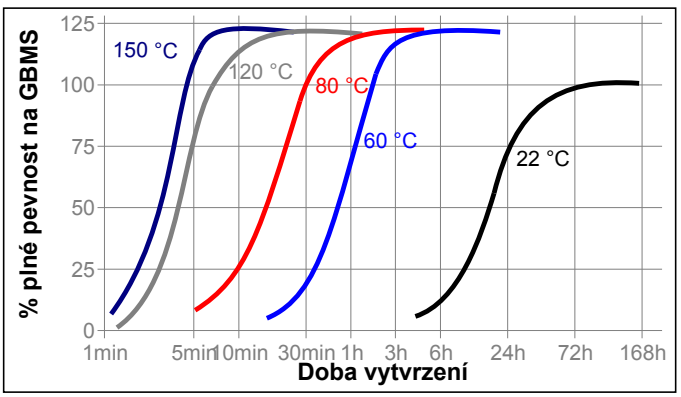
Doba fixace

Doba fixace je definovaná jako čas potřebný k získání pevnosti ve smyku 0.1 N/mm² .

Doba fixace, smícháno,22 °C, minut	240

Rychlost vytvrzení dle času a teploty

Hysol® 9461™ dosahuje manipulační pevnosti během 4 až 5 hodin při pokojové teplotě (poznámka: tento čas se může lišit v závislosti na tvaru lepeného spoje a konkrétní teploty okolí). Zvýšením teploty při vytvrzování můžeme proces vytvrzení urychlit. Graf níže ukazuje závislost pevnosti ve smyku na čase na zkušebních vzorcích z otryskané oceli při různých teplotách, zkoušeno v souladu s ISO 4587.



TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Vytvrzeno po dobu 7 dní22 °C, 1.2 mm silné vzorky

Fyzikální vlatnosti:

Tvrdost Shore, ISO 868, Tvrdoměr typu D		80
Prodloužení , ISO 527-2,%		3,5
Pevnost v tahu, ISO 527-2	N/mm²	30
	(psi)	(4 400)
Modul pevnosti v tahu , ISO 527-2	N/mm²	2 757
	(psi)	(400 000)

Elektrické vlastnosti:

Dielektrická pevnost, kV/mm	36,6
Dielektrická konstanta / Dissipační faktor:	
při 1 KHz	4,1/0,023
při 1MHz	3,8/0,04
při 10MHz	3,6/0,057
Povrchový měrný odpor, IEC 60093, ohm	≥$1,9\times10^{17}$
Objemový měrný odpor IEC 60093, ohm-cm	$1,8\times10^{14}$

TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Adhezní vlastnosti

Vytvrzeno po dobu 7 dní22 °C

Pevnost ve smyku , ISO 4587:

Nízkouhlíkatá ocel (otryskaná)	N/mm² (psi)	25 (3 600)
Hliník (obroušený) (brusný papír SiC, hrubost A166, třída P400A)	N/mm² (psi)	21 (3 100)
Hliník(leptaný pomocí síranu železnatého)	N/mm² (psi)	21 (3 100)
Nerezová ocel	N/mm² (psi)	19 (2 800)
Ocel s galvanickou úpravou (Žárově zinkovaná)	N/mm² (psi)	16 (2 300)
Mosaz	N/mm² (psi)	11 (1 600)
Chromátovaný pozink	N/mm² (psi)	16 (2 300)
Polykarbonát	N/mm² (psi)	6,5 (940)
ABS	N/mm² (psi)	6,2 (900)
Sklolaminát (Matrice z polyesterové pryskyřice)	N/mm² (psi)	5 (720)
Skleněnými vlákny vyztužený epoxid	N/mm² (psi)	13 (1 900)

180° Pevnost v loupání, ISO 8510-2:

Nízkouhlíkatá ocel (otryskaná)	N/mm (lb/in)	10 (57,1)

Odolnost vůči rázům IZOD , ISO 9653 J/m² :

Nízkouhlíkatá ocel (otryskaná)	8,3

TYPICKÁ ODOLNOST VŮČI PROSTŘEDÍ

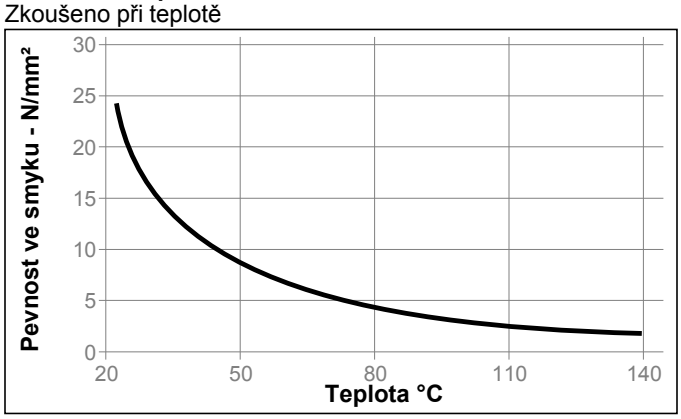
Vytvrzeno po dobu 7 dní22 °C

Pevnost ve smyku , ISO 4587:

Nízkouhlíkatá ocel (otryskaná)

Pevnost za tepla

Zkoušeno při teplotě



Stárnutí za tepla

Stárnutí za uvedených podmínek a zkoušeno při teplotě 22 °C.

Teplota	% původní pevnosti		
	500 h	1 000 h	3 000 h
50 °C	110	105	105
80 °C	115	125	120
100 °C	110	100	100
120 °C	125	125	125
150 °C	135	125	120

Odolnost proti chemikáliím a rozpouštědlům

Stárnutí za uvedených podmínek a zkoušeno při teplotě 22 °C.

		% původní pevnosti		
Prostředí	**°C**	**500 h**	**1000 h**	**3000 h**
Motorový olej	22	100	95	100
Bezolovnatý benzín	22	75	70	60
Voda/glykol 50/50	87	75	75	95
Hydroxid sodný, 4%	22	85	80	80
98% RV	40	85	70	70
Voda	60	85	75	75
Voda	90	85	80	55
Aceton	22	65	35	35
Kyselina octová, 10%	22	75	65	50
Roztok soli ve vodě, 7.5%	22	80	80	80

VŠEOBECNÉ INFORMACE

Tento produkt se nedoporučuje používat v čistě kyslíkových nebo na kyslík bohatých systémech a neměl by se používat k těsnění chlóru či jiných silně oxidačních materiálů.

Informace pro bezpečné zacházení s tímto produktem najdete v Bezpečnostním listě (BL).

Tam, kde se používají vodní roztoky pro čištění povrchů před lepením, je důležité zkontrolovat kompatibilitu mycího roztoku a produktu. V některých případech mohou vodní roztoky nepříznivě ovlivnit vytvrzování a vlastnosti produktu.

Americas
+860.571.5100

Europe
+44.1442.278.402

Asia
+81.45.758.1810

Pro získání přímého spojení na Vaše místní obchodní či technické oddělení navštivte:
www.henkel.com/industrial

Pokyny pro použití

1. Pro co nejlepší výsledky lepení by měly být lepené povrchy čisté, suché a odmaštěné. Při vysokopevnostním konstrukčním lepení může speciální ošetření povrchu zvýšit pevnost a trvanlivost lepeného spoje.
2. Před použitím je potřeba pryskyřici a tvrdidlo řádně promíchat. Produkt může být nanášen přímo z dvojkartuší přes dodaný statický mixer. V tomto případě vytlačte prvních 3 až 5 cm do odpadu. Při použití většího balení produktu řádně smíchejte obě složky v přesném poměru dle objemu nebo hmotnosti, jak je uvedeno v Popisu produktu. Při ručním míchání si odvažte nebo objemově odměřte požadované množství pryskyřice a tvrdidla a usilovně je promíchejte. Míchejte ještě asi 15 sec. po té, co získáte stejnoměrnou barvu produktu.
3. Doporučujeme nemíchat najednou větší množství produktu než 4 kg z důvodu vzniku nežádoucího tepla a přehřátí při reakci obou složek. Mícháním menšího množství zabráníte nežádoucímu zahřívání produktu.
4. Po rozmíchání naneste produkt tak rychle, jak je to možné, na jeden z lepených povrchů. Pro získání maximální pevnosti spoje rozetřete produkt rovnoměrně na oba povrchy. Součásti by měly být spojeny ihned po nanesení rozmíchaného lepidla.
5. Informace o době zpracovatelnosti najdete v části - Typické vlastnosti nevytvrzeného materiálu. Vyšší teplota a menší množství zpracovávaného produktu zkracují dobu zpracovatelnosti.
6. Zabraňte možnému pohybu sestavených součástí během vytvrzování produktu. Lepený spoj by měl být ponechán v klidu, dokud nezíská plnou pevnost dříve, než budou součásti uvedeny do provozu.
7. Přetok nevytvrzeného produktu může být otřen pomocí organických rozpouštědel (např. Acetonem).
8. Po použití, dříve než lepidlo vytvrdne, vyčistěte míchací a nanášecí zařízení pomocí horké mýdlové vody.

Neslouží pro materiálové specifikace

Technické údaje zde uvedené jsou pouze informativní. Potřebujete-li pomoc nebo radu ve věci technických podmínek tohoto produktu, obraťte se prosím na Vaše místní oddělení kvality.

Skladování

Produkt skladujte v neotevřených originálních nádobách na suchém místě. Informace o skladování produktu jsou uvedeny na etiketě nádob.

Optimální podmínky skladování: 8 °C až 21 °C. Skladování pod 8 °C nebo nad 28 °C může nepříznivě ovlivnit vlastnosti produktu.

Materiál odebraný z nádoby může být během používání kontaminován. Proto jej nikdy nevracejte do originálního obalu. Společnost Henkel nemůže nést odpovědnost za produkt, který byl kontaminován nebo skladován za podmínek jiných, než výše uvedených. Pokud jsou potřebné další informace, kontaktujte Vaše místní technické nebo zákaznické oddělení Henkel Loctite.

Převody

(°C x 1.8) + 32 = °F
kV/mm x 25.4 = V/mil
mm / 25.4 = inches
N x 0.225 = lb
N/mm x 5.71 = lb/in
N/mm² x 145 = psi
MPa x 145 = psi
N·m x 8.851 = lb·in
N·m x 0.738 = lb·ft
N·mm x 0.142 = oz·in
mPa·s = cP

Poznámka

Veškeré údaje zde uvedené slouží pouze pro informaci a jsou považovány za hodnověrné. Nemůžeme přebírat zodpovědnost za výsledky dosažené jinými laboratořemi, nad jejichž postupy nemáme kontrolu. Je plně na zodpovědnosti uživatele posoudit vhodnost jakéhokoli zde uvedeného postupu pro vlastní účely a je také na jeho zodpovědnosti, zda přijme vhodná preventivní opatření pro ochranu majetku a osob proti všem rizikům, která mohou být spojena s používáním produktů a manipulací s nimi.

V tomto duchu se společnost Henkel zvláště zříká přímých i vyplývajících záruk, včetně záruk obchodovatelnosti a vhodnosti pro daný účel, vznikajících z prodeje nebo používání jejích produktů. Společnost Henkel zvláště odmítá jakoukoli zodpovědnost za následné nebo náhodné škody jakéhokoli druhu, včetně náhrady škod.

Tato diskuze o různých postupech a složeních neznamená, že tyto nejsou patentovány společností Henkel nebo jinými subjekty. Každému budoucímu uživateli doporučujeme, aby si před sériovým použitím otestoval, zda je pro něj navrhovaná aplikace vhodná. Tento produkt může být zahrnut v patentech USA nebo jiných zemí.

Ochranná známka

pokud není uvedeno jinak, všechny ochranné známky v tomto dokumentu jsou ochranné známky společnosti Henkel ve Spojených státech a kdekoli jinde. ® značí ochrannou známku zaregistrovanou na Úřadě obchodního vlastnictví Spojených států amerických (U.S. Patent and Trademark Office).

Reference 1.1

Americas
+860.571.5100

Europe
+44.1442.278.402

Asia
+81.45.758.1810

Pro získání přímého spojení na Vaše místní obchodní či technické oddělení navštivte:
www.henkel.com/industrial

Hysol® 9466™

února 2006

Popis výrobku

Hysol® 9466™ má následující vlastnosti:

Technologie	Epoxid
Chemický typ (Pryskyřice)	Epoxid
Chemický typ (Tvrdidlo)	Amin
Vzhled (Pryskyřice)	Bílá matná pasta
Vzhled (Tvrdidlo)	Bílá průhledná kapalina
Vzhled (Smíchaný)	Našedlá matná pasta
Složky	Dvousložkový
Viskozita	Střední
Mísicí poměr objemový pryskyřice : tvrdidlo	2 : 1
Mísicí poměr hmotnostní pryskyřice : tvrdidlo	100 : 50
Vytvrzení	Po zamíchání při pokojové teplotě
Aplikace	Lepení

Hysol® 9466™ je houževnaté průmyslové epoxidové lepidlo s prodlouženou dobou zpracovatelnosti. Pokud jsou jeho dvě složky promíchány, epoxid vytvrzuje při pokojové teplotě na houževnatou, našedlou hmotu, která má vysokou odolnost vůči loupání a velkou pevnost ve smyku. Plně vytvrzený epoxid je odolný vůči širokému spektru chemikálií a rozpouštědel a slouží rovněž jako výborný elektrický izolátor. Hysol® 9466™ poskytuje vynikající pevnost lepeného spoje na široké škále plastů a kovů. Typické aplikace zahrnují běžné průmyslové lepení, kde se požaduje prodloužená doba zpracovatelnosti pro správné nastavení či přestavení součástí během sestavování.

TYPICKÉ VLASTNOSTI NEVYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Pryskyřice:

Měrná hmotnost při 25 °C	1,0
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	
Viskozita, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):	
Vřeteno 6, rychlost 20 ot/min.	15 000 až 50 000

Tvrdidlo:

Měrná hmotnost při 25 °C	1,0
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	
Viskozita, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):	
Vřeteno 5, rychlost 50 ot/min.	25 000 až 60 000

Smíchaný produkt:

Doba zpracovatelnosti, minut	60

PROVOZNÍ VLASTNOSTI PŘI VYTVRZOVÁNÍ

Doba fixace

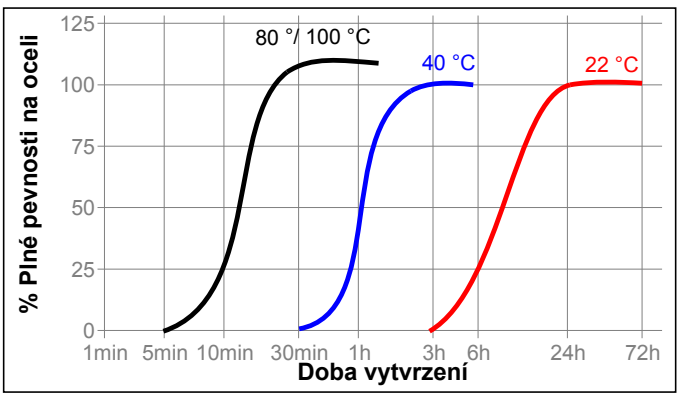
Doba fixace je definována jako čas potřebný k získání pevnosti ve smyku 0.1 N/mm² .

Doba fixace, ISO 4587, minut:

Ocel (otryskaná)	180

Rychlost vytvrzení dle času a teploty

Rychlost vytvrzení závisí na okolní teplotě, zvýšení teploty je možné využít k urychlení vytvrzení. Graf níže ukazuje závislost pevnosti ve smyku na čase při různých teplotách na zkušebních vzorcích z otryskané oceli, zkoušeno v souladu s ISO 4587.



TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Vytvrzeno po dobu 7 dní při teplotě 22 °C, 1,2 mm silný film

Fyzikální vlastnosti:

Teplota skelného přechodu, ASTM E 1640, °C		62
Tvrdost Shore, ISO 868, Tvrdoměr typu D		60
Prodloužení, ISO 527-3, %		3
Pevnost v tahu, ISO 527-3	N/mm²	32
	(psi)	(4 640)
Modul pružnosti v tahu, ISO 527-3	N/mm²	1 718
	(psi)	(249 110)

Elektrické vlastnosti:

Dielektrická pevnost, IEC 60243-1, kV/mm	30

TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Adhezní vlastnosti

Vytvrzeno po dobu 5 dní při teplotě 22 °C

Pevnost ve smyku, ISO 4587:

Ocel (otryskaná)	N/mm²	37,0
	(psi)	(5 365)
Hliník (obroušený)	N/mm²	26,0
	(psi)	(3 770)
Hliník (eloxovaný)	N/mm²	17,9
	(psi)	(2 595)
Ocel s galvanickou úpravou (Žárově zinkovaná)	N/mm²	8,5
	(psi)	(1 230)
Nerezová ocel	N/mm²	23,0
	(psi)	(3 335)
Polykarbonát	N/mm²	5,3
	(psi)	(765)
Nylon	N/mm²	1,6
	(psi)	(230)
Dřevo (Jedle)	N/mm²	11,3
	(psi)	(1 635)
Sklolaminát	N/mm²	5,0
	(psi)	(725)
ABS	N/mm²	4,7
	(psi)	(680)

180° Pevnost v loupání, ISO 8510-2:		
Ocel (otryskaná)	N/mm (lb/in)	8,0 (45,5)
Pevnost v tahu, ISO 6922:		
Ocelový čep (otryskaná) na Sodné sklo	N/mm² (psi)	43,2 (6 260)
Pevnost při nárazu ASTM D 950, J/m² :		
Ocel (otryskaná)		5,8

TYPICKÁ ODOLNOST VŮČI PROSTŘEDÍ

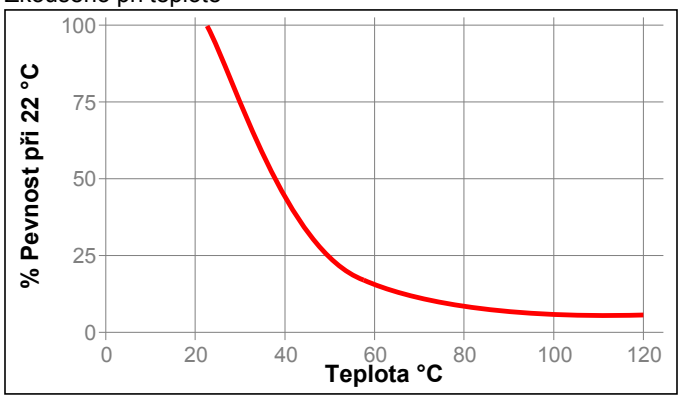
Vytvrzeno po dobu 5 dní při teplotě 22 °C

Pevnost ve smyku, ISO 4587:

Ocel (otryskaná)

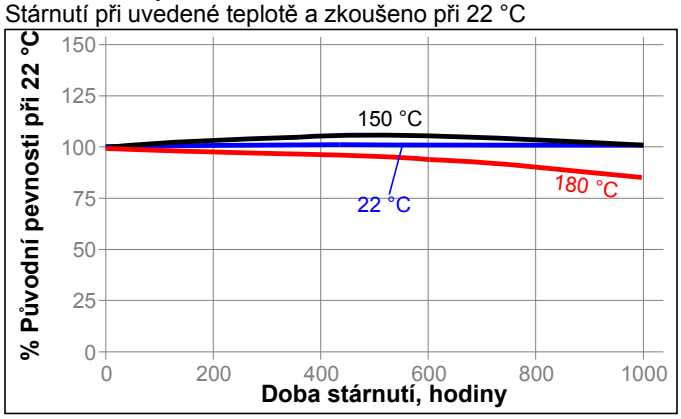
Pevnost za tepla

Zkoušeno při teplotě



Stárnutí za tepla

Stárnutí při uvedené teplotě a zkoušeno při 22 °C



Odolnost proti chemikáliím a rozpouštědlům

Stárnutí při uvedených podmínkách a zkoušeno při 22 °C.

		% původní pevnosti	
Prostředí	**°C**	**500 h**	**1000 h**
Motorový olej (10W-30)	87	135	145
Bezolovnatý benzín	22	95	125
Voda/glykol 50/50	87	75	75
Slaná mlha	22	---	80
98% RV	40	85	90
Kondenzovaná vlhkost	49	---	90
Voda	22	---	90
Aceton	22	75	90
IPA	25	90	100

Pevnost v tahu, ISO 6922, % původní pevnosti:

Ocelový čep (otryskaná) na Sodné sklo:

		% původní pevnosti	
Prostředí	**°C**	**500 h**	**1000 h**
98% RV	40	90	90

VŠEOBECNÉ INFORMACE

Informace pro bezpečné zacházení s tímto produktem najdete v Bezpečnostním listě (BL).

Tento produkt se nedoporučuje používat v čistě kyslíkových nebo na kyslík bohatých systémech a neměl by se používat k těsnění chlóru či jiných silně oxidačních materiálů.

Tam kde se používají vodní roztoky pro čištění povrchů před lepením je důležité zkontrolovat kompatibilitu mycího roztoku a produktu. V některých případech mohou vodní roztoky nepříznivě ovlivnit vytvrzování a vlastnosti produktu.

Pokyny pro použití

1. Pro co nejlepší výsledek lepení by měly být povrchy čisté a odmaštěné.
2. Pro vysokopevnostní konstrukční spoje je třeba odstranit znečištění z lepených povrchů, jako je například lak, zoxidovaná vrstva, oleje, prach, separační činidla a další možná znečištění.
3. **Balení v dvojkartuši:** Při použití vložte jednoduše dvojkartuši do aplikační pistole a dotlačte píst pistole do výchozí polohy mírným stisknutím spouště. Potom sejměte kryt trysky a vytlačte malé množství produktu, abyste se přesvědčili, že z obou stran vytéká produkt volně a rovnoměrně. Pokud je požadováno automatické míchání produktu, nasaďte na trysku statický mixer a začněte dávkovat lepidlo. Pro ruční míchání vytlačte požadované množství produktu a řádně jej promíchejte. Míchejte ještě asi 15 sekund po té, co získá rovnoměrnou barvu.
   Balení ve větších nádobách: Promíchejte řádně obě složky v přesném objemovém nebo hmotnostním poměru, jak je uvedeno v části Popis produktu. Míchejte energicky, přibližně ještě 15 sekund po té, co produkt získá rovnoměrnou barvu.
4. Nikdy nemíchejte množství větší než 4 kg, protože může dojít ke vzniku nadměrného tepla. Mícháním menšího množství omezíte vznik nadměrného tepla.
5. Naneste lepidlo co nejrychleji po rozmíchání na jeden z lepených povrchů. Pro dosažení maximální síly naneste lepidlo rovnoměrně na oba povrchy. Součásti by měly být spojeny okamžitě po nanesení rozmíchaného lepidla.
6. Uchovejte spojené součásti v klidu během vytvrzování produktu. Nechte spoj řádně vytvrdnout nejméně 24 hodin než ho vystavíte provoznímu zatížení.
7. Přetok nevytvrzeného produktu může být otřen pomocí organických rozpouštědel (např. Acetonem).
8. Po použití a před ztvrdnutím produktu by mělo být míchací a nanášecí zařízení řádně umyto horkou mýdlovou vodou.

Neslouží pro materiálové specifikace

Technické údaje zde uvedené jsou pouze informativní. Potřebujete-li pomoc nebo radu ve věci technických podmínek tohoto produktu, obraťte se prosím na Vaše místní oddělení kvality.

Skladování
Produkt skladujte v neotevřených originálních nádobách na suchém místě. Informace o skladování produktu jsou uvedeny na etiketě nádob.
Optimální podmínky skladování: 8 °C až 21 °C. Skladování pod 8 °C nebo nad 28 °C může nepříznivě ovlivnit vlastnosti produktu. Materiál odebraný z nádoby může být během používání kontaminován. Proto jej nikdy nevracejte do originálního obalu. Společnost Henkel nemůže nést odpovědnost za produkt, který byl kontaminován nebo skladován za podmínek jiných, než výše uvedených. Pokud jsou potřebné další informace, kontaktujte Vaše místní technické nebo zákaznické oddělení Henkel Loctite.

Převody
(°C x 1.8) + 32 = °F
kV/mm x 25.4 = V/mil
mm / 25.4 = inches
µm / 25.4 = mil
N x 0.225 = lb
N/mm x 5.71 = lb/in
N/mm² x 145 = psi
MPa x 145 = psi
N·m x 8.851 = lb·in
N·m x 0.738 = lb·ft
N·mm x 0.142 = oz·in
mPa·s = cP

Poznámka
Veškeré údaje zde uvedené slouží pouze pro informaci a jsou považovány za hodnověrné. Nemůžeme přebírat zodpovědnost za výsledky dosažené jinými laboratořemi, nad jejichž postupy nemáme kontrolu. Je plně na zodpovědnosti uživatele posoudit vhodnost jakéhokoli zde uvedeného postupu pro vlastní účely a je také na jeho zodpovědnosti, zda přijme vhodná preventivní opatření pro ochranu majetku a osob proti všem rizikům, která mohou být spojena s používáním produktů a manipulací s nimi.
V tomto duchu se společnost Henkel zvláště zříká přímých i vyplývajících záruk, včetně záruk obchodovatelnosti a vhodnosti pro daný účel, vznikajících z prodeje nebo používání jejích produktů. Společnost Henkel zvláště odmítá jakoukoli zodpovědnost za následné nebo náhodné škody jakéhokoli druhu, včetně náhrady škod.
Tato diskuze o různých postupech a složeních neznamená, že tyto nejsou patentovány společností Henkel nebo jinými subjekty. Každému budoucímu uživateli doporučujeme, aby si před sériovým použitím otestoval, zda je pro něj navrhovaná aplikace vhodná. Tento produkt může být zahrnut v patentech USA nebo jiných zemí.

Ochranná známka
Pokud není uvedeno jinak, všechny ochranné známky v tomto dokumentu jsou ochranné známky společnosti Henkel ve Spojených státek a kdekoli jinde. ® značí ochrannou známku zaregistrovanou na Úřadě obchodního vlastnictví Spojených států amerických. (U.S. Patent and Trademark Office)

Reference 1.1

Hysol 9514

listopadu 2012

POPIS PRODUKTU

Hysol 9514 má následující vlastnosti:

Technologie	Epoxid
Chemický typ	Epoxid
Vytvrzení	Teplem
Vzhled	Šedá neprůhledná pasta[LMS]
Složky	Jednosložkový
Aplikace	Lepení
Maximální spára	3.0 mm

Hysol 9514 je jednosložkové, houževnaté, teplem vytvrzující epoxidové lepidlo. Má vysokou pevnost ve smyku i výbornou odolnost vůči loupání a rázům. Hysol 9514 poskytuje vysokou spolehlivost spojů v prostředí s vysokou pracovní teplotou. Jeho viskozita a rovněž odolnost vůči roztékání umožňují vyplňování velkých spár a je vhodný pro použití na mnoha rozmanitých materiálech. Tento produkt může být vytvrzován jak konvenčními způsoby ohřevu, tak pomocí indukčního ohřevu.

TYPICKÉ VLASTNOSTI NEVYTVRZENÉHO MATERIÁLU

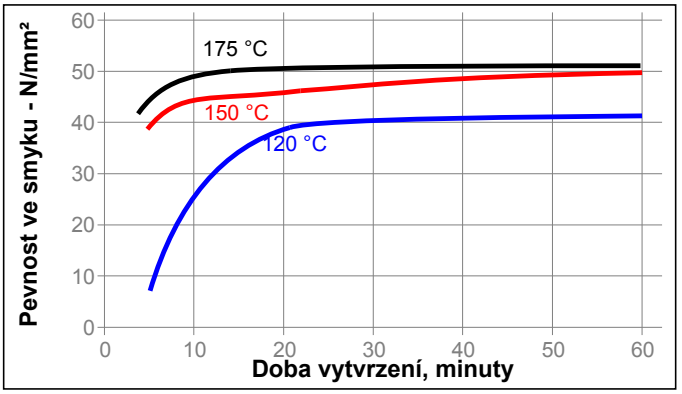
Měrná hmotnost při teplotě 25 °C	1,42 až 1,48[LMS]
Yield Point při teplotě 25 °C, Pa·s:	
Haake PK 100, M10/PK 1 2° kužel	272
Casson Viskozita při teplotě @ 25 °C, mPa·s (cP)	
Kužel & deska rheometer	30 000 až 60 000[LMS]
Casson základní viskozita , mPa·s (cP):	
Haake PK 100, M10/PK 1 2° kužel	42 000
Bod vzplanutí - viz Bezpečnostní list	

TYPICKÉ VLASTNOSTI PŘI VYTVRZOVÁNÍ

Hysol 9514 vytvrzuje, pokud je vystaveno ohřevu na určitou teplotu. Doporučená teplota pro řádné vytvrzení tohoto produktu je minimálně 120 °C, (běžně 60 minut120 °C). Rychlost vytvrzení a konečná pevnost závisí na době, po kterou je lepidlo vystaveno určité teplotě. Teplota a čas vytvrzení by měly být přizpůsobeny aktuálně vyráběným dílům a dostupnému vybavení.

Rychlost vytvrzení v závislosti na teplotě

Následující graf ukazuje vývoj pevnosti ve smyku v čase při různých teplotách vytvrzování. Ve skutečnosti je celkový čas ohřevu delší, neboť musíme počítat s časem, během kterého se lepená sestava musí prohřát na požadovanou teplotu. Pevnost ve smyku je měřena na otryskaných přeplátovaných vzorcích z nízkouhlíkaté oceli (GBMS) s překrytím 25,4 mm a s tloušťkou spáry 0,05 mm. Zkoušeno 22 °C v souladu s ISO 4587.



Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC)

Delta H, J/g ≤300[LMS]

TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

1,2 mm silné vzorky vytvrzené po dobu 30 minut150 °C

Fyzikální vlatnosti:

Pevnost v tahu, ISO 527-3	N/mm² (psi)	44 (6 380)
Modul pevnosti v tahu , ISO 527-3	N/mm² (psi)	1 460 (211 700)
Pevnost v tlaku , ISO 604	N/mm² (psi)	62 (900)
Prodloužení , ISO 527-3,%		5,8
Teplota skelného přechodu, ASTM E 1640, °C		133
Koeficient tepelné vodivosti, ISO 8302, W/(m·K)		0,3

TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU

Vytvrzeno po dobu 30 minut150 °C, zkoušeno při 22 °C. (0.05 mm spára).

Pevnost ve smyku , ISO 4587:		
Nízkouhlíkatá ocel (otryskaná)	N/mm² (psi)	45 (6 530)
Nerezová ocel	N/mm² (psi)	32 (4 640)
Chromátovaný pozink	N/mm² (psi)	28 (4 060)
Hliník (obroušený) (brusný papír SiC, hrubost A166, třída P400A)	N/mm² (psi)	40 (5 800)
Hliník(leptaný pomocí síranu železnatého)	N/mm² (psi)	40 (5 800)
Mosaz	N/mm² (psi)	25 (3 630)
Ocel s galvanickou úpravou (Žárově zinkovaná)	N/mm² (psi)	20 (2 900)
Odolnost vůči rázům IZOD , ISO 9653, J/m² :		
Nízkouhlíkatá ocel (otryskaná)	10	
180° Pevnost v loupání ISO 11339:		
Nízkouhlíkatá ocel (otryskaná)	N/mm (lb/in)	9,5 (54)

Vytvrzeno po dobu 60 minut120 °C

Pevnost ve smyku ISO 4587:

Sklolaminát (Matrice z polyesterové pryskyřice)	N/mm² (psi)	6 (870)
Skleněnými vlákny vyztužený epoxid	N/mm² (psi)	24 (3 480)

TYPICKÁ ODOLNOST VŮČI PROSTŘEDÍ

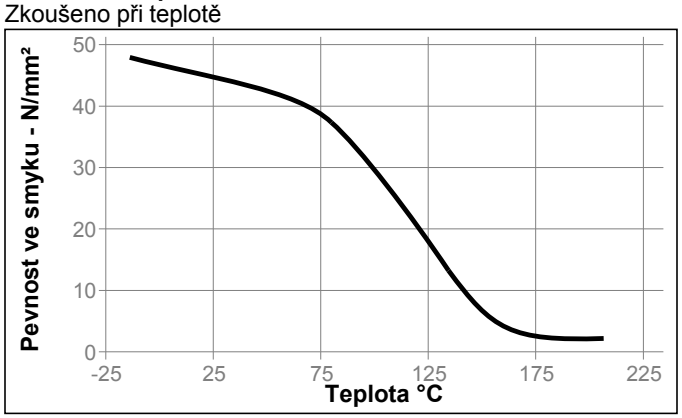
Vytvrzeno po dobu 30 minut150 °C (0.05 mm spára).

Pevnost ve smyku , ISO 4587:

Nízkouhlíkatá ocel (otryskaná)

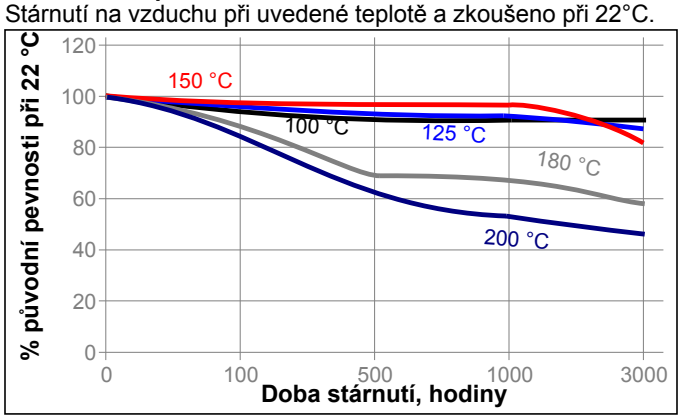
Pevnost za tepla

Zkoušeno při teplotě



Stárnutí za tepla

Stárnutí na vzduchu při uvedené teplotě a zkoušeno při 22°C.



Odolnost proti chemikáliím a rozpouštědlům

Stárnutí za uvedených podmínek a zkoušeno při teplotě 22 °C.

		% původní pevnosti			
Prostředí	**°C**	**100 h**	**500 h**	**1000 h**	**3000 h**
Motorový olej	22	100	95	95	91
Bezolovnatý benzín	22	98	97	90	85
50/50 % Voda/glykol	87	64	63	49	30
4% hydroxid sodný ve vodě	22	90	88	76	65
98% RV	40	90	71	63	45
Voda	60	72	56	44	44
Voda	90	67	63	51	60
Aceton	22	89	86	86	76
Kyselina octová, 10%	22	81	85	71	51
Roztok soli ve vodě, 7.5%	22	93	76	84	73

VŠEOBECNÉ INFORMACE

Tento produkt se nedoporučuje používat v čistě kyslíkových nebo na kyslík bohatých systémech a neměl by se používat k těsnění chlóru či jiných silně oxidačních materiálů.

Informace pro bezpečné zacházení s tímto produktem najdete v Bezpečnostním listě (BL).

Pokyny pro použití

1. Pro co nejlepší výsledky lepení by měly být lepené povrchy čisté, suché a odmaštěné. Při vysokopevnostním konstrukčním lepení může speciální ošetření povrchu zvýšit pevnost a trvanlivost lepeného spoje.
2. Produkt může být nanášen přímo z originální kartuše pomocí dodávané trysky..
3. Doporučujeme nevytvrzovat produkt v příliš velkém množství, neboť může dojít k přílišnému přehřátí a nekontrolovatelné exotermické reakci. Vytvrzování menšího množství snižuje riziko vzniku nežádoucího přehřátí.
4. Pro dosažení maximální pevnosti spoje naneste rovnoměrný tenký film produktu na lepenou plochu. Díly by měly být sestaveny ihned po nanesení lepidla.
5. Přetok nevytvrzeného produktu může být otřen pomocí organických rozpouštědel (např. Acetonem).
6. Lepidlo vytvrzujte dle pokynů v odstavci 'Typické vlastnosti při vytvrzování'. Viditelné housenky nebo přetoky lepidla se mohou během vytvrzování roztéci díky poklesu viskozity produktu s rostoucí teplotou.
7. Zabraňte možnému pohybu sestavených součástí během vytvrzování produktu. Lepený spoj by měl být ponechán v klidu, dokud nezíská plnou pevnost dříve, než budou součásti uvedeny do provozu.
8. Po použití, dříve než lepidlo vytvrdne, vyčistěte míchací a nanášecí zařízení pomocí horké mýdlové vody.

Americas
+860.571.5100

Europe
+44.1442.278.402

Asia
+81.45.758.1810

Pro získání přímého spojení na Vaše místní obchodní či technické oddělení navštivte:
www.henkel.com/industrial

Materiálová specifikace Loctite LMS

LMS je zavedena od 04, prosince 2008. Pro udávané vlastnosti produktu jsou pro každou dávku k dispozici zkušební protokoly. Protokoly LMS dále obsahují vybrané parametry řízení jakosti, které se považují za vhodné ke specifikaci pro zákazníka. V neposlední řadě funguje na místě komplexní systém kontroly, který zajišťuje kvalitu výrobku a jeho shodu. Zvláštní požadavky, upřesněné zákazníkem, mohou být řešeny pomocí systému " Henkel Quality ".

Skladování

Produkt skladujte v neotevřených originálních nádobách na suchém místě. Informace o skladování produktu jsou uvedeny na etiketě nádob.

Optimální podmínky skladování: 2 °C až 8 °C. Skladování při teplotách nižších než 2 °C nebo vyšších než 8 °C může mít nepříznivý vliv na vlastnosti produktu.

Materiál odebraný z nádoby může být během používání kontaminován. Proto jej nikdy nevracejte do originálního obalu. Společnost Henkel nemůže nést odpovědnost za produkt, který byl kontaminován nebo skladován za podmínek jiných, než výše uvedených. Pokud jsou potřebné další informace, kontaktujte Vaše místní technické nebo zákaznické oddělení Henkel Loctite.

Převody

(°C x 1.8) + 32 = °F
kV/mm x 25.4 = V/mil
mm / 25.4 = inches
N x 0.225 = lb
N/mm x 5.71 = lb/in
N/mm² x 145 = psi
MPa x 145 = psi
N·m x 8.851 = lb·in
N·m x 0.738 = lb·ft
N·mm x 0.142 = oz·in
mPa·s = cP

Disclaimer

Poznámka: Informace obsažené v tomto technickém listu (TL) včetně doporučení pro použití a aplikaci produktu jsou založeny na našich znalostech o produktu a zkušenostech s ním k datu tohoto TL. Produkt může mít řadu různých aplikací a ve Vašem prostředí se může jednat o aplikace a pracovní podmínky, které jsou mimo naši kontrolu. Společnost Henkel tedy neručí za vhodnost svého produktu pro výrobní procesy a podmínky, za kterých je používáte, ani negarantuje dosažení Vámi zamýšlených výsledků. Doporučujeme, abyste předem provedli zkoušky k potvrzení vhodnosti našeho produktu pro Vaši konkrétní aplikaci.
Veškerá odpovědnost za informace v technickém listu či za libovolná jiná písemná či ústní doporučení týkající se dotčeného produktu se vylučuje, s výjimkou situací, kdy byla výslovně sjednána, kdy naše nedbalost způsobila smrt či zranění, a s výjimkou odpovědnosti, která povinně vyplývá z platných zákonů o odpovědnosti za výrobky.

V případě, že produkty dodává Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS a Henkel France SA, vezměte na vědomí také následující skutečnost: Bude-li společnost Henkel z libovolných právních důvodů přesto pohnána k odpovědnosti, její odpovědnost v žádném případě nepřekročí hodnotu dotčené dodávky.

Pokud produkty dodává Henkel Colombiana, S.A.S., platí toto prohlášení o vyloučení odpovědnosti: Informace obsažené v tomto technickém listu (TL) včetně doporučení pro použití a aplikaci produktu jsou založeny na našich znalostech o produktu a zkušenostech s ním k datu tohoto TL. Společnost Henkel neručí za vhodnost svého produktu pro výrobní procesy a podmínky, za kterých je používáte, ani pro zamýšlené aplikace a výsledky. Doporučujeme, abyste předem provedli zkoušky k potvrzení vhodnosti našeho produktu.
Veškerá odpovědnost za informace v technickém listu či za libovolná jiná písemná či ústní doporučení týkající se dotčeného produktu se vylučuje, s výjimkou situací, kdy byla výslovně sjednána, kdy naše nedbalost způsobila smrt či zranění, a s výjimkou odpovědnosti, která povinně vyplývá z platných zákonů o odpovědnosti za výrobky.

V případě, že jsou produkty dodávány Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc nebo Henkel Canada, Inc. se používá následující odmítnutí.
Veškeré údaje zde uvedené slouží pouze pro informaci a jsou považovány za hodnověrné. Nemůžeme přebírat zodpovědnost za výsledky dosažené jinými laboratořemi, nad jejichž postupy nemáme kontrolu. Je plně na zodpovědnosti uživatele posoudit vhodnost jakéhokoli zde uvedeného postupu pro vlastní účely a je také na jeho zodpovědnosti, zda přijme vhodná preventivní opatření pro ochranu majetku a osob proti všem rizikům, která mohou být spojena s používáním produktů a manipulací s nimi.
V tomto duchu se společnost Henkel zvláště zříká přímých i vyplývajících záruk, včetně záruk obchodovatelnosti a vhodnosti pro daný účel, vznikajících z prodeje nebo používání jejích produktů. Společnost Henkel zvláště odmítá jakoukoli zodpovědnost za následné nebo náhodné škody jakéhokoli druhu, včetně náhrady škod.
Tato diskuze o různých postupech a složeních neznamená, že tyto nejsou patentovány společností Henkel nebo jinými subjekty. Každému budoucímu uživateli doporučujeme, aby si před sériovým použitím otestoval, zda je pro něj navrhovaná aplikace vhodná. Tento produkt může být zahrnut v patentech USA nebo jiných zemí.

Ochranná známka
Pokud není uvedeno jinak, všechny ochranné známky v tomto dokumentu jsou ochranné známky společnosti Henkel ve Spojených státek a kdekoli jinde. ® značí ochrannou známku zaregistrovanou na Úřadě obchodního vlastnictví Spojených států amerických. (U.S. Patent and Trademark Office)

Reference 0.1

Americas
+860.571.5100

Europe
+44.1442.278.402

Asia
+81.45.758.1810

Pro získání přímého spojení na Vaše místní obchodní či technické oddělení navštivte:
www.henkel.com/industrial

PŘÍLOHA č.3

Technický list snímače úhlu natočení volantu

Rotary Position Sensor RP 360 mini

www.bosch-motorsport.com

BOSCH
Invented for life

- Rotational movement measurement
- Measurement range 360°
- Operating temperature -40 to 150°C
- Superior accuracy < ± 0.25 % FS

This sensor is designed to measure rotational movement, e.g. throttle angle, spring travel, gearbox position or steering angle.
The electronic is designed with a magnetic rotary sensor with Hall elements and digital signal processing. The angular position is provided by a two pole magnet integrated in the sensor shaft. A Hall effect sensor is disposed between two magnets in association with a movable specially formed ferromagnetic part. This is used to control flux in the sensor in order to produce a linearly varying output voltage dependent on the position.
The main benefit of this sensor is its contactless Hall effect technology and its robust design for motorsport applications. Other measurement ranges are available on request.

Application

Measurement range	360°
Operating temperature range	-40 to 150°C
Max. vibration	Vibration Profile 1 (see www.bosch-motorsport.com)

Technical Specifications

Mechanical Data

Weight w/o wire	22 g
Protection class	IP68 & IP69K
Mounting	2 x M3
Lifetime	500 x 10^6 rotations
Housing	Aluminum

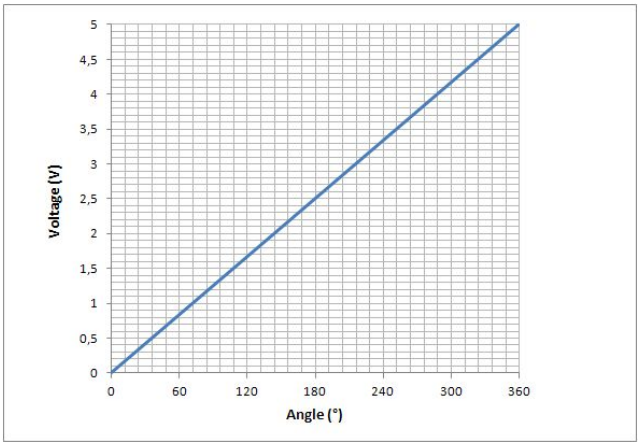
Electrical Data

Power supply U_S	5 V ± 0.5 V
Current IS	< 15 mA

Characteristic

Max. rotation speed	600 min-1
Temperature coefficient	< ± 0.003 % FS/°C
Superior accuracy	< ± 0.25 % FS
Direction of rotation	Clockwise

Both rotation directions and other rotation angles available on request.



Connectors and Wires

Connector	ASU 6-03-03 PA-HE
Pin 1	Power 5 V
Pin 2	Ground
Pin 3	Signal 0 to 5 V
Sleeve	FDR-25
Wire size	AWG 26
Wire length L	15 to 100 cm
Various motorsport and automotive connectors on request.	
Please specify the requested wire length with your order.	

Installation Notes

The sensor can be connected directly to most control units.

The sensor is designed with contactless Hall effect technology.

Each mounting orientation is possible.

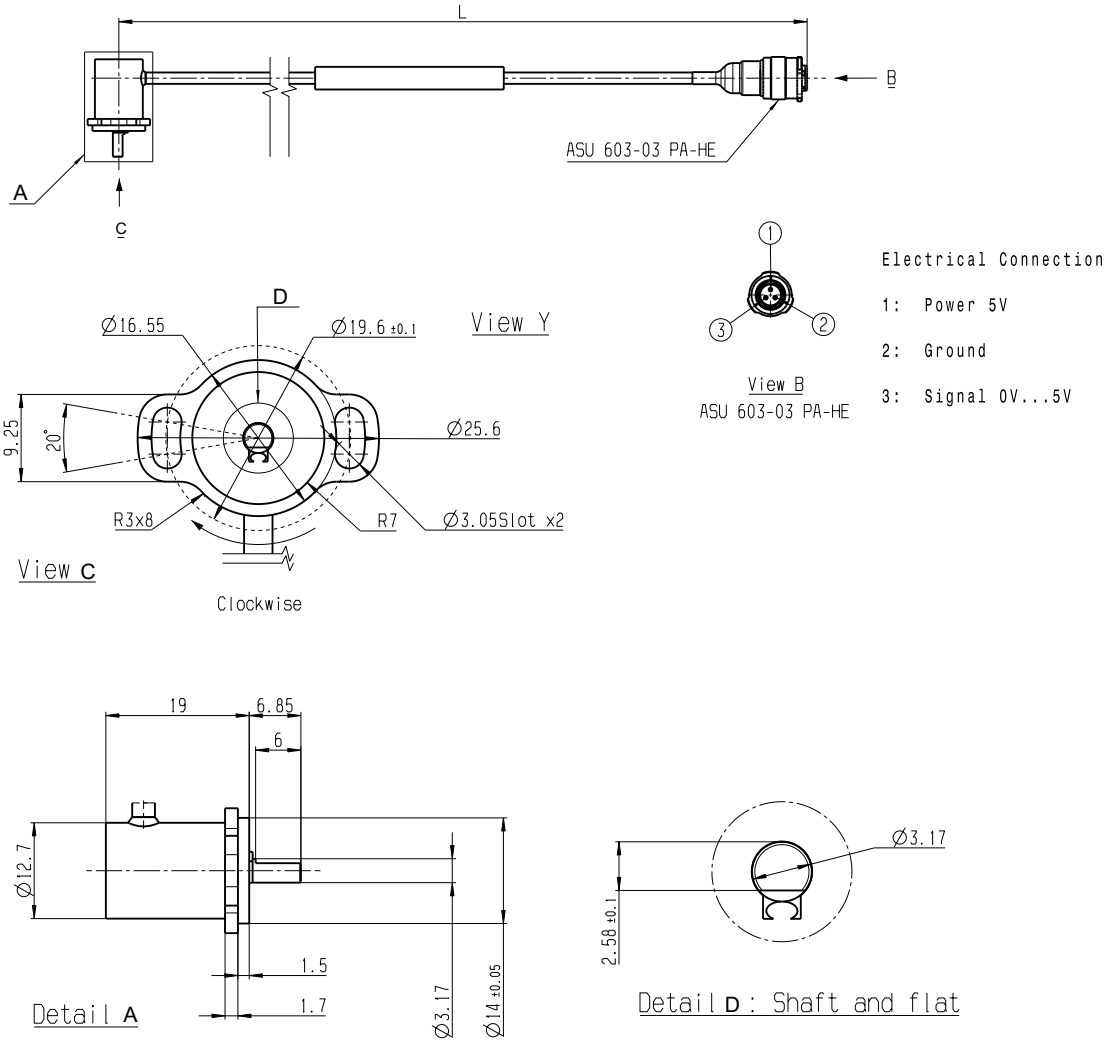
The sensor meets all EMV, EMC and ESD automotive standards.

Sensor is at mid point of electrical angle when shaft and wire exit are aligned as shown in the offer drawing.

Ordering Information

Rotary Position Sensor RP 360 mini
Order number **F 02U V01 914-01**

Dimensions



Represented by:

Europe:
Bosch Engineering GmbH
Motorsport
Robert-Bosch-Allee 1
74232 Abstatt
Germany
Tel.: +49 7062 911 79101
Fax: +49 7062 911 79104
motorsport@bosch.com
www.bosch-motorsport.de

North and South America:
Bosch Engineering North America
Motorsports
38000 Hills Tech Drive
Farmington Hills, MI 48331-3417
United States of America
Tel.: +1 248 876 2977
Fax: +1 248 876 7373
motorsport@bosch.com
www.bosch-motorsport.com

Asia-Pacific:
Bosch Engineering Japan K.K.
Motorsport Department
18F Queen's Tower C, 2-3-5 Minato Mirai
Nishi-ku, Yokohama-shi
Kanagawa 220-6218
Japan
Tel.: +81 45 650 5610
Fax: +81 45 650 5611
motorsport@bosch.com

Australia and New Zealand:
Robert Bosch Pty. Ltd
1555 Centre Road
Clayton, Victoria, 3168
Australia
Tel.: +61 (3) 9541 3901
Fax: +61 (3) 9541 7225
motor.sport@au.bosch.com

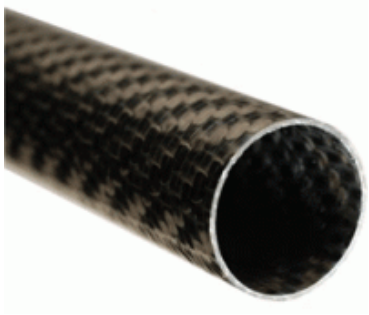
© Bosch Engineering GmbH 2014 | Data subject to change without notice
15091282443 | en, V1, 16. Apr 2014

PŘÍLOHA č.4

Technický list kompozitní kruhové trubky

FORMULA SEVEN

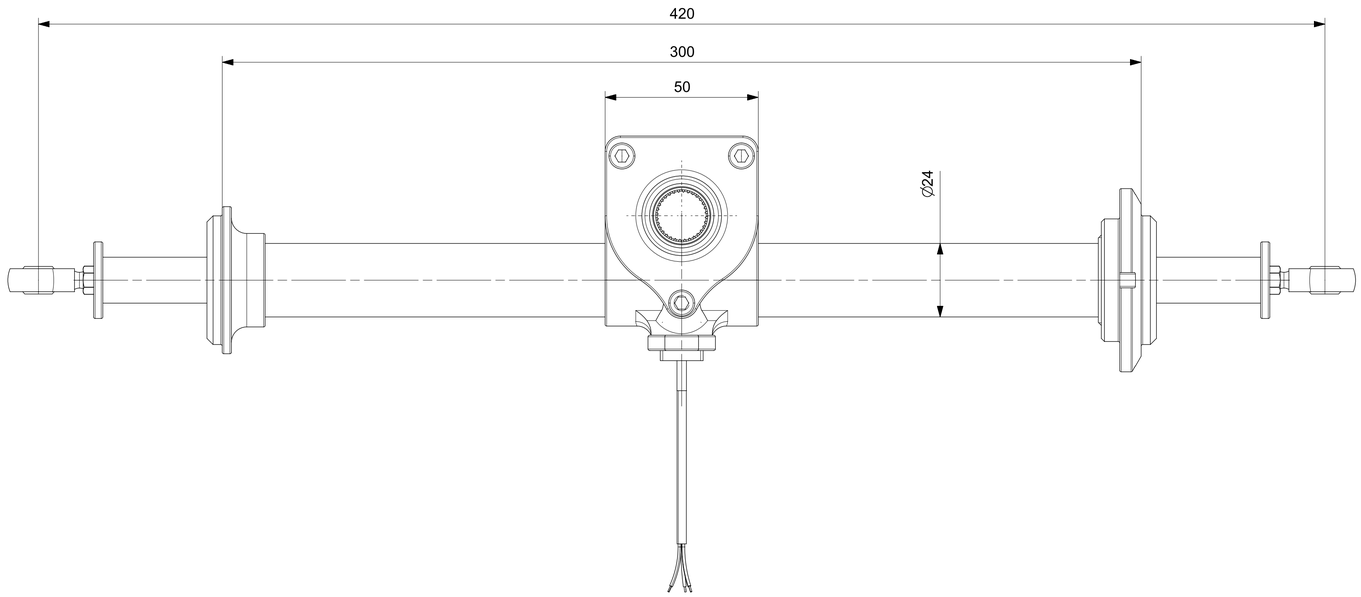
Steering Column 1300mm Carbon Tube

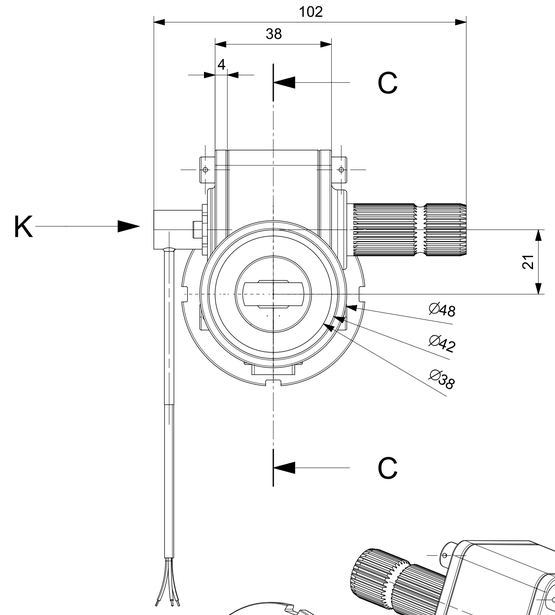


Datasheet

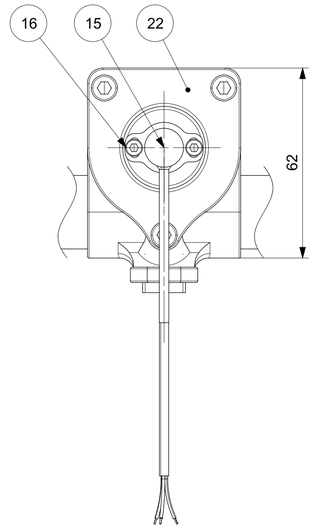
LEAD TIME	6 weeks
Length [mm]	1300
Outside Diameter [mm]	23.5
Inside Diameter [mm]	20
Weight [g/mm]	240grams/1300mm
Suggested Adhesive	Epoxy Resin 3M 9323
Suggested Adhesive Layer Thickness	between 0.1mm and 0.25mm
Suggested Adhesive Layer Length	between 1 and 1.5 times the diameter
Suggested way for cutting the tube	High Speed Circular saw with Continuous Rim Diamond Abrasive blade
Adhesive Bonding Tips	- Protect the outer surface that will not be bonded with adhesive tape to prevent the glue to stitch to them - Scratch the Cylindrical inner surface of the Tube that will be bonded with medium-coarse sandpaper until you will obtain an uniform opaque black colour. - Clean thoroughly with acetone - Clean thoroughly with brake cleaner - Clean with Compressed air - Avoid touching the surface that will be glued - Insert the aluminum inserts inside the carbon fiber tube with a circular movement - Remove the extra resin that came out the junction.

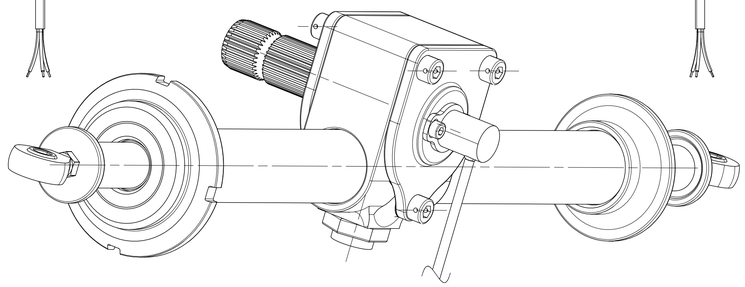
Price: 130€



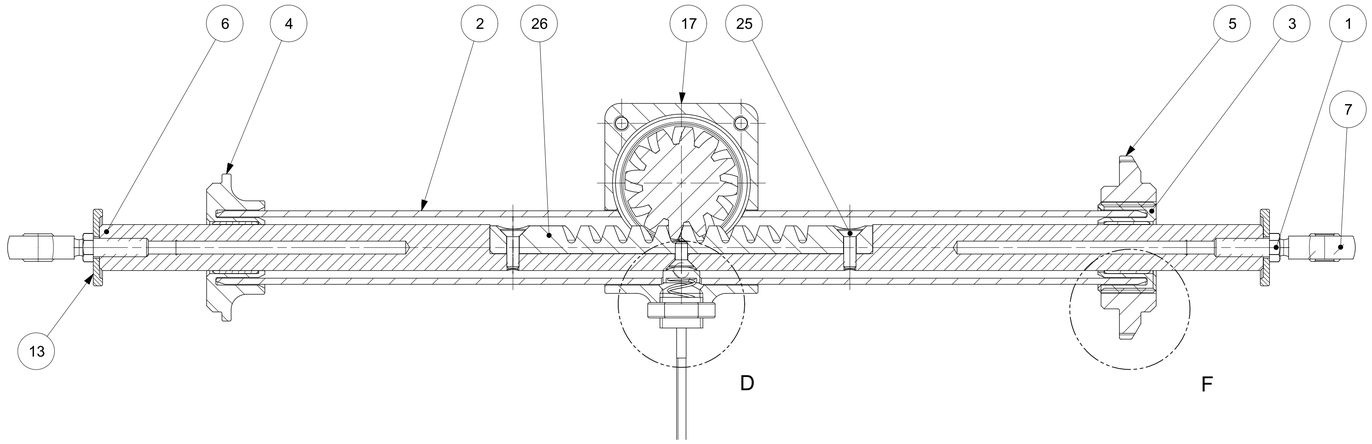


POHLED K

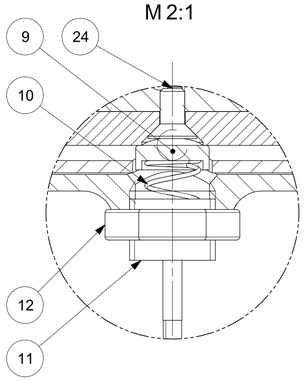




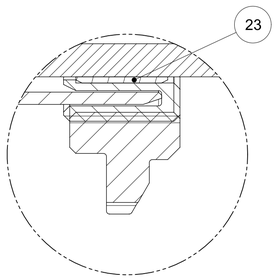
C-C

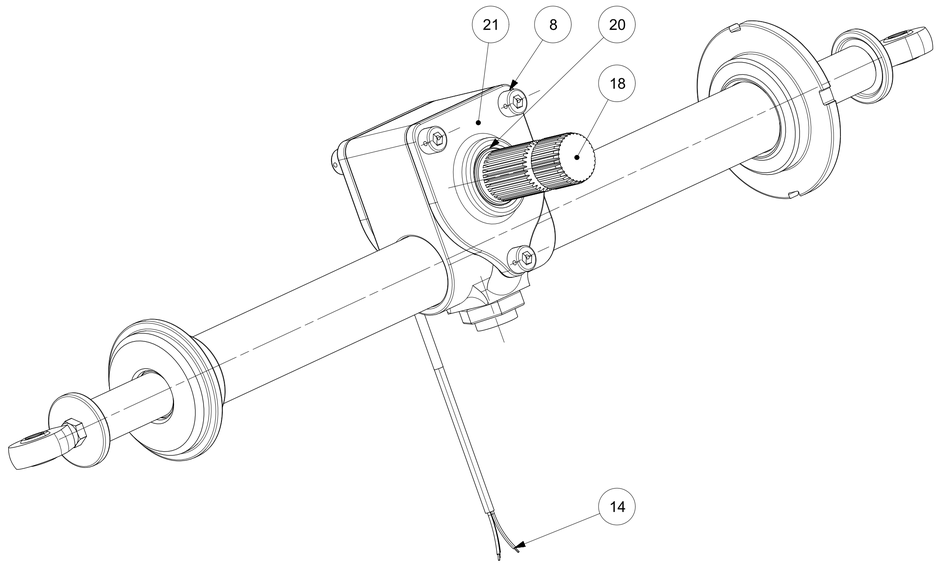


D
M 2:1



F
M 2:1





POZICE	KS	SOUČÁST	NORMA / MATERIÁL
1	2	Šestihranná matice M5	ČSN EN 24034 (02 1601)
2	1	Kompozitní trubka	Epoxy Resin 3M 9323,Uhlíková vlákna
3	1	Závitová ustavovací hlavice	Mat. EN AW 7075
4	1	Pevná ustavovací hlavice	Mat. EN AW 7075
5	1	Ustavovací matice	Mat. EN AW 7075
6	1	Kruhová tyč řízení	Mat. EN AW 7075
7	2	Sférické ložisko (Unibal)	
8	6	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M5x8	ČSN EN ISO 4762
9	1	Přítlačný třecí segment	Mat. PTFE
10	1	Šroubovitá pružina válcová tlačná	ČSN 02 6001
11	1	Přítlacný šroub M14	Mat. EN AW 7075
12	1	Šestihranná matice M14	ČSN EN 24034 (02 1601)
13	2	Doraz	Mat. EN AW 7075
14	1	Připojovací kabel k senzoru RPS-MINI	F 02U V01 914-01
15	1	Senzor RPS-MINI	F 02U V01 914-01
16	2	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M3x3	ČSN EN ISO 4762
17	1	Domeček převodky řízení	Mat. EN AW 7075
18	1	Pastorek	Mat. ČSN 14 220.4
19	1	Kluzné ložisko pastorku	Hennlich iglidur JFL-17
20	1	Kluzné ložisko pastorku	Hennlich iglidur JFL-17
21	1	Víčko	Mat. EN AW 7075
22	1	Víčko s nálitkem pro senzor	Mat. EN AW 7075
23	2	Kluzné ložisko tyče řízení	Hennlich iglidur JSM-1517-15
24	1	Šroub se zápustnou hlavou s vnitřním šestihranem M4x10	DIN 7991
25	2	Šroub se zápustnou hlavou s vnitřním šestihranem M4x14	DIN 7991
26	1	Ozubený hřeben	Mat. ČSN 12 050.6

	Datum / Date	Jmeno / Name
Kreslil / Drawn by	12.5.2014	ONDŘEJ BROŽ
Prezkousel / Checked by		
Schválil / Approved by		

FAKULTA STROJNI
ZAPADOCESKE
UNIVERZITY
V PLZNI

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature

Poznamka / Note:

Tolerance / Tolerovani
ISO 8015
ISO 2768mK
ISO 128

Soubor-model / ASM-file: PREVODKA RIZENI
Projekt / Project:
C.sestavy / Assembly No.
Soubor-vykres / DRW-file: PREVODKA RIZENI
C.hmot.sestavy: 0.891kg

Merítko / Scale: 1:1

Nazev / Title:

Rev.

Císlo vykresu / Drawing No.: BO_B2014_01

Format: A1

List / sheet no. 3 Pocet listu / sheets 3