

Návrh seřizovacího konceptu přední lampy automobilu

Bc. Lukáš Novosad

Diplomová práce
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Lukáš Novosad
Osobní číslo:	T18306
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce technologických zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Návrh seřizovacího konceptu přední lampy automobilu

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Navrhněte 3D modely jednotlivých dílů sestavy.
3. Proveďte konstrukci sestavy s ohledem na vyrobiteľnosť.
4. Vypracujte kontrolní analýzy a výpočty vybraných dílů.
5. Zhotovte výkres sestavy.

Forma zpracování diplomové práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.

OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6

BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh nového seřizovacího konceptu přední lampy automobilu sloužící k výškovému nastavení světelné stopy. V teoretické části jsou představeny současné světelné technologie, proces a vývoj vzniku nového světlometu společně s popisem jednotlivých dílů moderních světlometů. Dále je uvedena problematika nastavení světlometu a možnosti seřízení světelné stopy. Závěrečná část literární studie je zaměřena na konstrukční zásady plastových dílů vyrobených technologií vstřikování. V praktické části je uveden popis současného řešení seřizovacího systému, na který následně navazují dvě varianty konstrukčních návrhů nového seřizovacího konceptu. Seřizovací koncept se skládá z několika dílů, které byly navrženy v programu Catia V5 a následně podrobeny simulacím v programu NX 12.0 a Moldflow Synergy 2016. Práce je doplněna výkresy sestav obou nově navržených řešení.

Klíčová slova: seřizovací systém, nastavení, základní seřízení, světlomet, konstrukce

ABSTRACT

The master's thesis is focused on a design of a new concept of adjustment of a car's front lamp that is used for a height setting of a light trail. Theoretical part introduces current lighting technologies, process and development of a creation of a new headlamp together with a description of individual parts of modern headlamps. Following chapter deals with issues of the setting of the headlamp and options of the setting of the light trail. The final part of the master's thesis aims on the construction principles of plastic parts produced by an injection molding technology. The introduction of a practical part describes a current solution of the adjustment system, which is followed with two different design of a new adjustment concept. The adjustment concept consists of several parts, which were designed in a Catia V5 program and subjected to simulations in NX 12.0 and Moldflow Synergy 2016 programs. The thesis is complemented with composition drawings of both new designed solutions.

Keywords: adjustment system, adjusting, aiming, headlamp, design

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mé rodině, která mi umožnila docílit mého vzdělání, za její podporu během všech let studií. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a čas, který mi věnoval. Velké díky patří Ing. Davidu Mastešovi za rady týkající se odborné stránky této práce a jeho ochotu. Také bych rád poděkoval kolegům ve společnosti Varroc Lighting Systems s.r.o., za cenné rady a pomoc při sestavování mé diplomové práce. Díky patří taktéž samotné firmě Varroc Lighting Systems s.r.o., za poskytnutí zázemí i všech potřebných prostředků. Na závěr bych chtěl poděkovat své přítelkyni a přátelům, kteří mi byli oporou a nápomocni během psaní této diplomové práce, i během celého studia.

Motto:

„Člověk může dělat to, co chce, ale nemůže chtít, aby chtěl.“

Arthur Schopenhauer

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 SVĚTLOMET	11
1.1 SVĚTELNÉ TECHNOLOGIE	11
1.1.1 Žárovky s wolframovým vláknem	11
1.1.2 Halogenové světlometry	12
1.1.3 Xenonové světlometry	12
1.1.4 LED Světlometry	13
1.1.5 LED Matrix a MultiBeam LED světlometry	13
1.1.6 Laserové světlometry.....	14
1.2 VÝVOJ A KONSTRUKCE SVĚTLOMETŮ	14
1.2.1 Předvývoj	15
1.2.2 Vývoj.....	16
1.3 ČÁSTI SVĚTLOMETU	16
1.3.1 Vnější díly světlometu.....	17
1.3.2 Vnitřní díly světlometu	20
2 PROCES NASTAVENÍ SVĚTLOMETU	25
2.1 ZÁKLADNÍ SEŘÍZENÍ SVĚTLOMETU – AIMING	25
2.2 SEŘÍZENÍ VÝŠKY SVĚTELNÉ STOPY – LEVELLING	27
2.3 DYNAMICKÉ NATÁČENÍ SVĚTELNÉ STOPY – DYNAMIC BENDING	28
2.4 KONSTRUKČNÍ ZÁSADY NASTAVENÍ SVĚTLOMETU	29
2.5 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY	29
2.5.1 Obecné legislativní požadavky nastavení světlometu.....	30
2.5.2 Rozhraní světelné stopy pro potkávací světla	32
3 KONSTRUOVÁNÍ	36
3.1 ZÁSADY KONSTRUKCE PLASTOVÝCH DÍLŮ	36
3.1.1 Zásady tvarového řešení plastových dílů	36
3.2 PLASTOVÁ OZUBENÁ KOLA	38
3.2.1 Kuželová kola.....	39
3.3 PRUŽNÉ SPOJE – SNAP-FIT SPOJE PLASTOVÝCH DÍLŮ.....	41
3.3.1 Typy pružných spojů.....	42
II PRAKTICKÁ ČÁST	47
4 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	48
5 POUŽITÝ SOFTWARE	49
5.1 CATIA V5R29	49
5.2 SIEMENS NX 12.0.....	49

5.3	AUTODESK MOLDFLOW SYNERGY 2016	50
5.4	MITCALC.....	50
5.5	AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2019.....	50
6	ÚVOD DO PROBLEMATIKY, VÝVOJ PRODUKTU	51
7	STÁVAJÍCÍ SEŘIZOVACÍ SYSTÉM.....	54
7.1	POPIS ZKOUMANÝCH DÍLŮ.....	55
7.1.1	Malé ozubené kolo – pastorek.....	55
7.1.2	Velké ozubené kolo.....	56
7.1.3	Těleso světlometu.....	57
7.1.4	Pohybový šroub.....	58
8	INOVACE SEŘIZOVACÍHO SYSTÉMU	60
8.1	KONSTRUKČNÍ NÁVRH 1	60
8.1.1	Malé ozubené kolo – pastorek.....	61
8.1.2	Velké ozubené kolo.....	68
8.1.3	Těleso světlometu.....	77
8.1.4	Pohybový šroub.....	84
8.2	KONSTRUKČNÍ NÁVRH 2.....	88
8.2.1	Malé ozubené kolo – pastorek.....	89
8.2.2	Velké ozubené kolo.....	89
8.2.3	Těleso světlometu.....	97
8.2.4	Pohybový šroub.....	103
9	RAPID PROTOTYPING.....	106
9.1	TISK JEDNOTLIVÝCH SESTAV KONSTRUKČNÍCH NÁVRHŮ.....	106
9.1.1	Konstrukční návrh 1	108
9.1.2	Konstrukční návrh 2	109
10	DISKUZE VÝSLEDKŮ	110
	ZÁVĚR	113
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	114
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	119
	SEZNAM OBRÁZKŮ	122
	SEZNAM TABULEK.....	126
	SEZNAM PŘÍLOH.....	127

ÚVOD

Přední lampa automobilu neboli světlomet je jedním z nejdůležitějších světelných prvků automobilu. Díky technologickému pokroku již světla neosvětlují jen malou část vozovky před vozidlem jako tomu bylo v počátcích 19. století, ale jsou schopny dosvítit až stovky metrů před vozidlo, reagovat na změnu počasí, styl nebo změnu směru jízdy. Zároveň moderní světlometry neplní pouze funkci osvětlení vozovky, ale slouží také jako designový prvek vozidla. V současnosti se vyrábí světlomet s celou řadou světelných technologií jako např. Halogen, Xenon, LED, LED Matrix a Laserové světlometry, které řidiči umožňují to nejlepší osvětlení vozovky a jejího blízkého okolí. Všechny tyto světlometry mají ale jedno společné, všechny je nutno seřizovat tak, aby nedocházelo k oslnění ostatních účastníků silničního provozu a byla tak zajištěna bezpečnost na pozemních komunikacích i mimo ně.

Právě návrhem seřizovacího konceptu přední lampy automobilu se zabývá tato diplomová práce, jejíž cílem je navrzení, simulace funkčnosti a vyrobitelnosti jednotlivých dílů i celé sestavy sloužící k seřízení světlometu.

Automobilový průmysl i samotné technologie se neustále vyvíjí, což má za následek stále vyšší nároky na konstrukci, design, výrobu, montáž, funkci a kvalitu jednotlivých prvků světlometů. S tím souvisí i neustále rostoucí zákaznické požadavky a zpřísňující se zátěžové testy, které musí splňovat výrobci automobilového osvětlení. Zákaznické kritéria jsou často daleko přísnější než legislativní požadavky, které musí světlomet také splňovat.

V souvislosti s nároky kladenými na design, funkčnost a jednotlivé funkce světlometu se komplikuje i návrh konstrukce jednotlivých dílů. Protože se velká část dílů světlometu vyrábí z polymerních materiálů technologií vstřikování, musí se při návrhu, konstrukci i optimalizaci těchto dílů postupovat dle určitých zásad. Zároveň automobilky zkracují životní cykly jednotlivých modelů, což se projevuje i na zkracování času potřebného pro vývoj nového světlometu. Není tak umožněno nové díly dostatečně testovat a musí se využívat simulace, které obecně urychlují a zlevňují vývoj nových konstrukčních řešení.

V rámci inovace seřizovacího systému světlometů, jsou v kooperaci se společností Varroc Lighting Systems s.r.o. vyvinuty a analyzovány dva návrhy seřizovacího konceptu, které mají zajistit správné výškové nastavení světlometu vozidla. Společnost vytvořila zadání a poskytla podklady pro vypracování. Výsledkem jsou dva návrhy, které jsou v praktické části této diplomové práce označeny jako Konstrukční návrh 1 a Konstrukční návrh 2.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SVĚTLOMET

Světlomety jsou vynálezem starším než samotný automobil. Již v dávných dobách koňských povozů si kočí zapalovali lampy, které jim pomáhaly při nočních cestách. [1]



Obr. 1 Vývoj světlometů [2]

Osvětlovací systémy nynějších motorových vozidel zdaleka neplní pouze funkci zdroje světelného kužele, jako tomu bylo u prvních olejových, acetylenových nebo i elektrických světlometů a svítílen. Osvětlení je důležitým bezpečnostním prvkem v silničním provozu, zajišťuje lepší viditelnost vozovky i samotného vozidla, přináší řidiči vozidla jistý komfort a zároveň mnohdy působí jako designový prvek vozidla. Stále však platí, že primární funkcí světlometů je zaostřovat světelné paprsky generované zdrojem světla na silnici. [3]

1.1 Světelné technologie

Světlomety a svítilny prošly mnohaletým vývojem a četnými úpravami designu. Tyto změny se často pouze přizpůsobovaly vývoji světelných zdrojů. [4]

1.1.1 Žárovky s wolframovým vláknem

V dávných dobách automobilových začátků byly zdrojem světla ve světlometu žárovky s wolframovým vláknem. Technologický pokrok zajistil, že se tyto žárovky dnes již do světlometů nepoužívají. Na veteránech z předválečné doby je možno tyto žárovky stále dohledat společně s reflektory, které nejsou osazeny optikou. Optika světlometu má za cíl usměrnění světelného paprsku. Proto předchůdce dnešního světlometu především zajišťoval osvětlení automobilu, než že by směřoval světlo přesně do těch míst, kde ho byla potřeba. [5] [6]

1.1.2 Halogenové světlomety

Nástupcem žárovek s wolframovým vláknem se staly v polovině 20. století tzv. halogenové žárovky. Samotná žárovka je tvořena baňkou z křemičitého skla naplněnou halogenem, bromem nebo jodem. Světlo poté vzniká rozžhavením vlákna mezi elektrodami. [7]

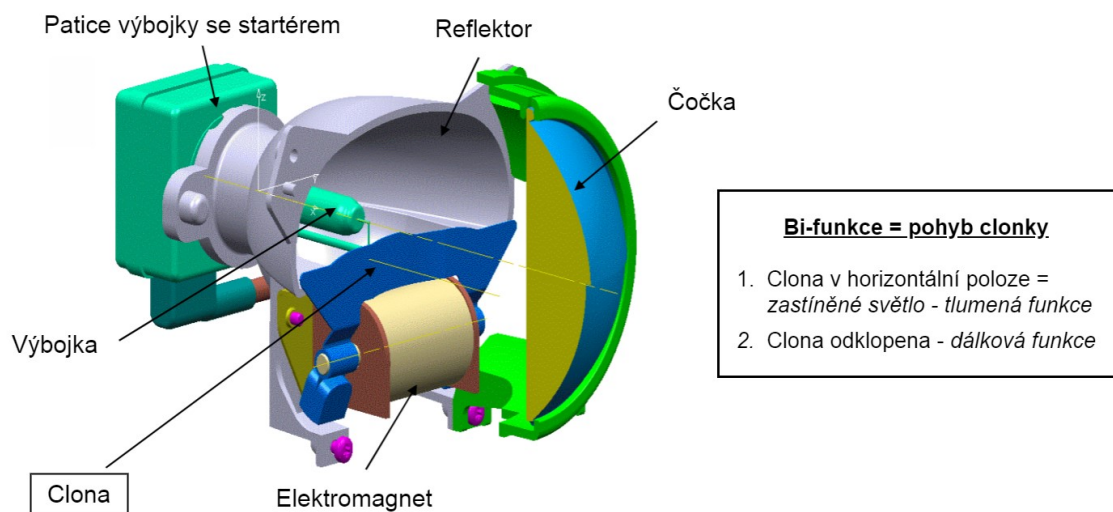
Halogenové žárovky oproti svému předchůdci vynikají vyšší intenzitou světelného toku, delší životností a příjemnějším odstínem vyzařovaného světla, který tolik neunavuje řidičovy oči. Tento zdroj světla je stále hojně používán v automobilech, a to především v levnějších variantách dnes nabízených světlometů. S ohledem na energetickou náročnost halogenových žárovek, oproti moderním zdrojům světla, se těmto žárovkám předpovídá zánik. Energie potřebná k rozsvícení žárovky je totiž z velké části přeměněna na energii tepelnou. [5]

1.1.3 Xenonové světlomety

V polovině 90. let 20. století se na trhu začaly objevovat světlomety s xenonovými výbojkami. Tyto výbojky jsou plněny xenonem a umístěny do projektorů, které se mohou natáčet a výškově regulovat. Tyto adaptivní činnosti světlometu potřebují mnoho dalších komponent a tím prodražují světlomet. Povinným prvkem standardních xenonových světlometů je například ostříkovač, jenž zajišťuje čistotu krycího skla a tím i správnou funkci světlometu. [3] [5] [8]

Xenonové světlomety jsou využívány především pro svůj enormně silný světelný tok s odstínem připomínající denní světlo. Dalšími výhodami jsou široký paprsek světla, nižší odběr proudu a až dvakrát vyšší účinnosti oproti halogenovým žárovkám. Nevýhodou xenonových světlometů je jejich vyšší pořizovací cena i nákladný servis. [4]

Na velmi silný světelný tok xenonových světlometů, a tím související možnost oslnění protijedoucího řidiče i ostatních účastníků silničního provozu, trh reagovala vývojem adaptivní modulů světlometu. Proto byl vyvinut dynamický systém AFS (Advanced Front Lighting System), který umožňuje vhodné osvětlení vozovky v závislosti na rychlosti vozidla, úhlu natočení volantu, klimatických podmínkách apod. Specifickým prvkem xenonových modulů je clona, kterou je nejčastěji rotující válec mezi světelným zdrojem a čočkou. Clona má daný tvar a otáčením kolem podélné osy válce vytváří specifický obrys světla na vozovce. Pomocí krokového motoru se během několika milisekund válec natáčí do požadované polohy pro zajištění co nejlepšího osvětlení vozovky. AFS moduly jsou využívány i pro další světelné zdroje, jako například běžné žárovky i LED moduly. [9] [10]



Obr. 2 AFS modul xenonového světlometu [11]

1.1.4 LED Světlomety

Současným trendem jsou tzv. LED (Light-Emitting Diode) světlomety. LED je jednoduchá polovodičová součástka s desetkrát vyšší účinností než halogenová žárovka. Výhodou je také dlouhá životnost, která by měla být srovnatelná s životním cyklem celého automobilu. LED technologii je možno využít pro potkávací, dálková, mlhová nebo denní světla, kde je tato technologie hojně využívána. [3] [4]

Výkon diody je tak velký, že se výrazně zahřívá a musí být osazena chladičem. Tyto chladiče často bývají doplněny ventilátory, které zajišťují optimální chlazení diod. Jelikož ventilátory zvyšují příkon celého světlometu, je snaha konstruktérů navrhnout rozmístění čipů tak, aby bylo využito pasivního chlazení bez potřeby ventilátorů. [6] [7]

1.1.5 LED Matrix a MultiBeam LED světlomety

Především prémioví výrobci automobilů nabízejí technologii LED Matrix. Tajemství této technologie spočívá v množství světelných zdrojů, které před automobilem tvoří pomyslný obraz. V současnosti je do světlometů implementováno od 16 do 84 světelných zdrojů, v závislosti na typu světlometu. Senzory, především kamery, pak snímají dění před automobilem a jednotlivé světelné body zhasínají jen tam, kde registrují protijedoucí automobil, dopravní značku nebo třeba jen mokrou vozovku. Vozidlo tedy stále svítí dálkovými světly a jednotlivé stíny se před autem jen plynule prolínají v závislosti na okolí. [5]

1.1.6 Laserové světlomety

Laserová světla jsou dodávána jako doplněk k LED světlometům. Světlomet pracuje s klasickým potkávacím i dálkovým LED režimem, ovšem v momentě, kdy software vyhodnotí, že před autem nic nejede, jedete rychlostí vyšší jak 60 km/h, a nevzniká nebezpečí z přílišného oslnění, pustí dálková světla na plný, laserový výkon. Tyto světlomety poté dokáží osvětlit prostor před vozidlem až do vzdálenosti 600 metrů. [5] [12]

V každém světlometu je obsažen jeden laserový modul, který obsahuje velmi silné diody. Diody jsou zdrojem svazku paprsků velmi intenzivního modrého laserového světla, jenž fosforový konvertor následně přeměňuje na čisté bílé světlo. Řidiči je tedy dopřán dlouhý dosvit a zároveň lidskému oku světlo nejpřirozenější bílé barvy. [3] [7]

1.1.7 Digital Light

Jedná se pravděpodobně o budoucnost světelné techniky s rozlišením dvou milionů pixelů a světelným paprskem v HD kvalitě. Tato technologie je vybavena čipy, které pracují s více jak milionem mikrozrcadel na jeden světlomet. Řídící jednotka zpracovává informace o okolí, které jsou získány ze senzorů vozidla, a následně dopočítává hodnotu jasu pro každý z více než dvou milionů pixelů. Sensory, kterými jsou kamery a radary, detekují účastníky silničního provozu. Získaná data jsou v řádech milisekund zpracována a následně dávají světlometům pokyny o rozložení světla v dané situaci. Tato technologie zajišťuje řidiči optimální výhled, aniž by oslňoval ostatní účastníky silničního provozu. [13]

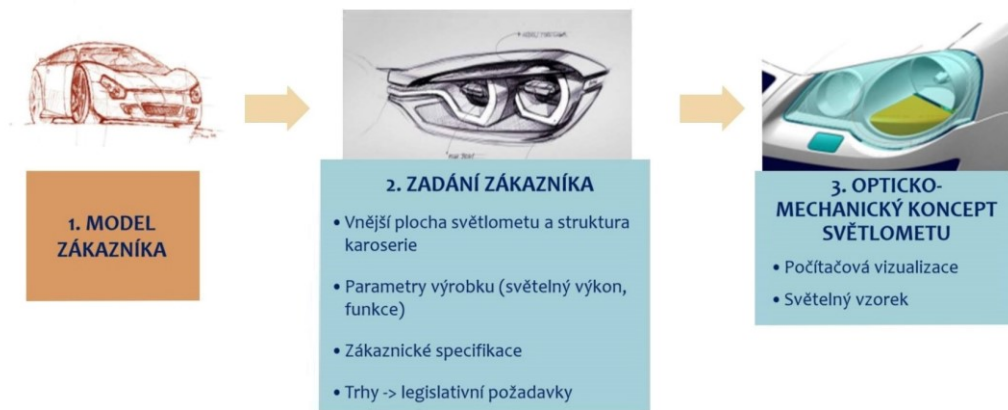
Digital Light zajišťuje ideální distribuci světla, ale také dokáže promítat světelné stopy tvořící obrazce. Tento systém tedy dokáže na silnici promítnout směrové šipky, symboly, chybějící dopravní značky a další. Lze tak předpokládat, že by tato technologie mohla výrazně přispět k bezpečnosti provozu na silnicích. [13] [14]

1.2 Vývoj a konstrukce světlometů

Proces vývoje a konstrukce daného světlometu lze rozdělit do dvou základních fází. Počáteční etapou vzniku nového světlometu je tzv. předvývojová fáze, kdy vzniká dokument obsahující základní technické a funkční specifikace budoucího světlometu. Na základě těchto strohých dat vytváří dodavatelé zadavateli nabídku ceny a řešení. Na předvývoj navazuje samotný vývoj produktu, kdy dochází k zpracování prvotních skic a dat. Druhá etapa je zakončena prvními vyrobenými kusy. [15] [16]

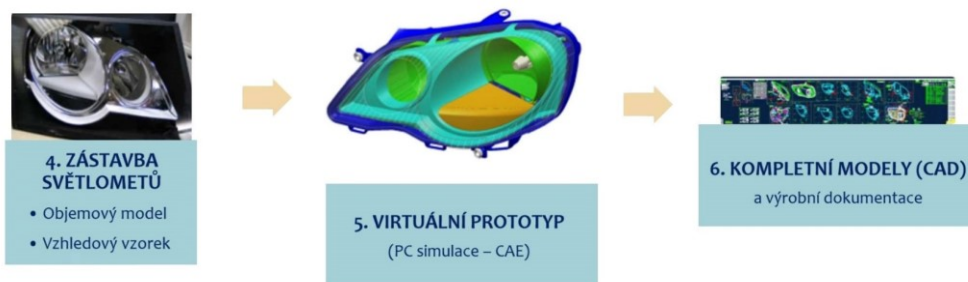
1.2.1 Předvývoj

Snahou výrobce je nabídnout zákazníkovi co nejlepší funkční i tvarové řešení světlometu. Návrh musí splňovat požadavky na design jak samotného světlometu, tak celého automobilu. Výsledkem je koncept prototypu světlometu s požadovaným vybavením a zadaným zástavbovým prostorem, u nějž však nejsou odladěny detaily. [15]



Obr. 3 Prvotní fáze vzniku nového světlometu [15]

Konstrukce světlometu začíná převzetím 3D dat od zákazníka. Tato data obsahují patřičnou část karoserie vozu a okolní zástavbu světlometu. Z těchto dat konstruktér vychází při návrhu designových křivek a velikosti produktu. Veškerá data jsou přísně střežena a lidé pracující s těmito daty podepisují protokoly o mlčenlivosti, neboť snaha automobilek je udržet vzhled nového vozu v tajnosti. Nepříjemností celého procesu mohou být neustálé změny v okolním či zástavbovém prostoru světlometu. [16]

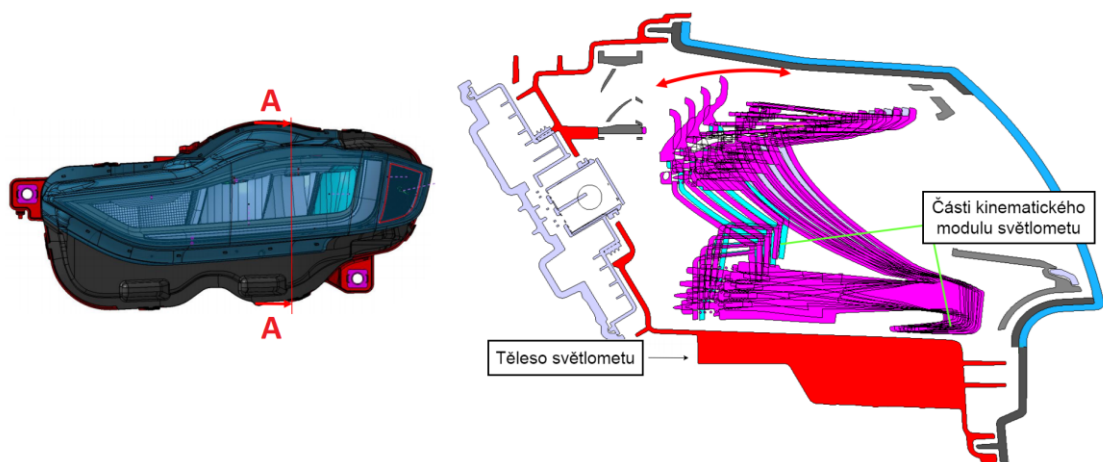


Obr. 4 Následující fáze vzniku nového světlometu [15]

Cílem konstruktéra je splnit nejen primární požadavky zákazníka, kterými jsou design, funkčnost, legislativa a spolehlivost, ale také požadavky na výrobitelnost jednotlivých dílů. K výrobitelnosti celého produktu se také váží požadavky na logistiku a dodávky jednotlivých komponent světlometu. [16]

1.2.2 Vývoj

Jakmile je ukončena předvývojová fáze, započne konečný vývoj a detailování jednotlivých komponentů celého světlometu. Dochází k odladění všech detailů na vzhledových částech jako je krycí sklo (Outer Lens), dále nosném dílu tělesa světlometu (Housing), ale také dekorativních částí jako jsou rámečky, tubusy apod. Důraz je kladen také na funkční části světlometu, kterými jsou reflektory, moduly ale i seřizovací elementy. Pomocí kinematických modulů implementovaných do CAD softwarů, jsou odladěny veškeré kolize, které by mohly vzniknout, při seřizování daného světlometu. [15] [16]



Obr. 5 Kinematický modul světlometu

Z těchto odladěných 3D dat vznikají hliníkové nástroje a silikonové formy, které slouží k výrobě prvních desítek prototypových světlometů. Tyto prototypy jsou podrobeny zkušebním testům, jak u výrobce, tak u zákazníka. Nejčastěji se provádí klimatické, teplotní či vibrační zkoušky. [16]

Po schválení výsledků zákazníkem se odladí nedokonalosti prototypu a proběhnou poslední změny na světlometu. V tuto chvíli se přistupuje k předání dat do nástrojárny a výrobě sériového nářadí, které dále slouží k vstřikování finálního produktu. Zároveň také probíhá příprava montážní linky a zaškolení personálu. Vše je směřováno k zahájení sériové výroby kompletních světlometů, čím také končí etapa vývoje. [16]

1.3 Části světlometu

V předchozí kapitole byly popsány technologie zdroje světelného paprsku, kterými mohou světlometry disponovat. Konstrukční stavba světlometu se tedy bude lišit dle typu použitého světelného zdroje. Obecně se mohou komponenty, z nichž se světlomet skládá, rozdělit do

dvou základních skupin. Jedná se o vnější a vnitřní díly, přičemž vnitřní lze dělit na pohledové, dekorativní a nepohledové. [17] [19]

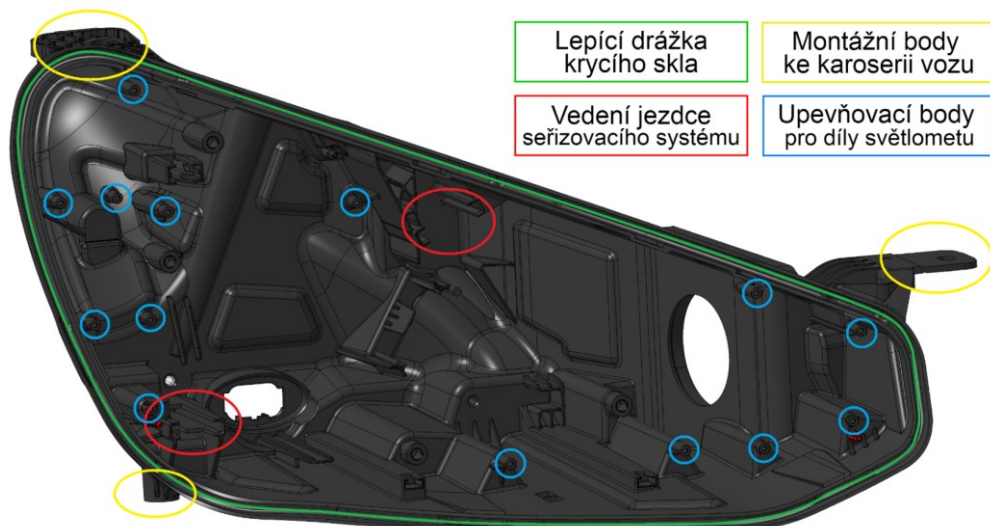
Zákazníkem je již předem stanoveno, jakými technologiemi by světlomet měl disponovat. Obvykle jsou pro jeden automobil dodávány 2 až 3 varianty světlometů s odlišnými technologiemi a také cenou. Další funkce světlometů jsou stanoveny zákonem tak, aby mohly být schváleny pro provoz na pozemních komunikacích. Mezi tyto funkce je řazeno přepnutí tlumeného a dálkového světla, směrová světla, poziční světla i denní světla. [17]

1.3.1 Vnější díly světlometu

Dvě základní části obálky ale i celého světlometu, tvoří těleso světlometu (Housing) a krycí sklo (Outer Lens). Pouzdro zabírá maximální zástavbový prostor v motorové část automobilu, zatím co krycí sklo kopíruje vnější tvar a křivky automobilu. Dalšími komponenty jsou fixační elementy, těsnící krytky, ventilační elementy, konektory, řídicí jednotky i části seřizovacích mechanismů. [17]

Těleso světlometu – Housing

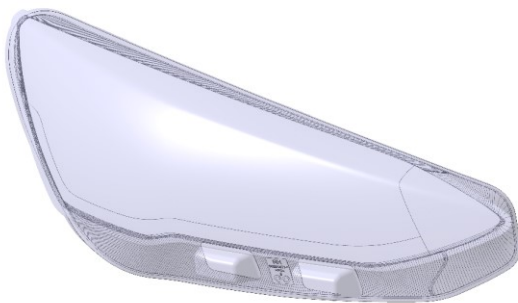
Celý světlomet je uchycen ve vozidle pomocí fixačních bodů, umístěných na tělese světlometu. Těleso světlometu je jeden z konstrukčně a výrobně nejsložitějších dílů. Jsou na něj kladeny vysoké pevnostní nároky, neboť slouží jako nosný díl, k němuž jsou přichyceny veškeré komponenty světlometu. Jedná se o tenkostěnný dílec s tloušťkou stěny od 1,5 mm do 2,5 mm. Pro jeho výrobu se nejčastěji používá polypropylen s plnivý. Jako plnivo bývají použita skelná vlákna, mastek nebo jejich kombinace z důvodu zajištění rozměrové a teplotní stálosti s patřičnou tuhostí v daných oblastech dílce. [18] [19]



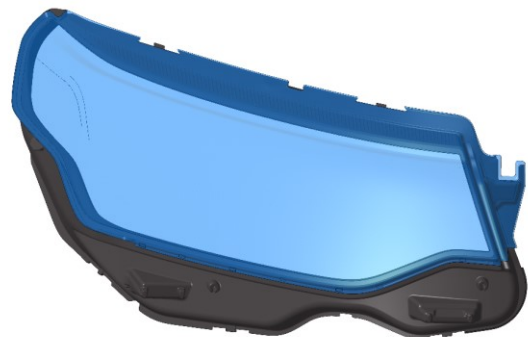
Obr. 6 Těleso světlometu

Krycí sklo – Outer Lens

V posledních letech je kladen velký důraz na design automobilů. Tento trend se samozřejmě projevuje i do designu světlometů, kdy moderní světlometry musí dokonale kopírovat křivky daného vozu. Tuto podmínku zajišťuje krycí sklo, jenž je spojeno s tělesem světlometu pomocí lepidla v těsnící drážce. Krycí sklo se vyrábí z materiálu polykarbonát o tloušťce stěny 2–3 mm, který nahradil dříve používaná klasická skla. V posledních letech se začaly hojně využívat tzv. 2K skla, kdy se jedná o dvoukomponentní krycí sklo. 1K sklo je celé čiré a vyrobeno pouze z jednoho typu polykarbonátu, zatímco 2K sklo se skládá z čirého i černého polykarbonátu. [18] [19]



1K krycí sklo



2K krycí sklo

Obr. 7 Typy krycích skel automobilů

Pro výrobu krycího skla se používají tři technologie: vstřikování, lakování a antifog. Vstřikování probíhá na jedno nebo dvou komponentních vstřikovacích strojích dle typu výrobku. Při vstřikování vzniká ve výrobku vnitřní pnutí, které je třeba odstranit pomocí následné temperace a výdrže po určitý čas na dané teplotě. Následným procesem je lakování, kdy je na vnější plochu krycího skla nanesen lak poléváním nebo nástřikem. Lak je vytvrzován UV zářením. Na závěr může být na vnitřní plochu nanesen tříkomponentní lak, tzv. antifog, který zabraňuje mlžení světlometu. [18] [19]

Fixační elementy

Jedná se o upevňovací prvky, které zajišťují dostatečně pevné uchycení světlometu v automobilu a zároveň splňují polohovací rozsah pro vyrovnání pozice světlometu vůči karoserii vozu. Sekundární funkcí fixačních elementů je zajistit uvolnění světlometu při definovaném tlaku vzniklém při nárazu. K uvolnění dochází vlivem prasknutí daných částí s cílem ochrany chodců při střetu s autem. [19]

Těsnící krytky

Těsnící krytky spadají do skupiny standardizovaných dílů jednotlivých výrobců světlometů. Tyto díly plní funkci utěsnění servisního otvoru, pro výměnu žárovky světlometu. Krytky musí splňovat podmínku geometrické přesnosti s ohledem na těsnost mezi krytkou a tělesem světlometu, na němž je krytka upevněna. Těsnící krytky se vyrábí pryžové nebo plastové s pryžovým nebo silikonovým těsněním. [19]

Ventilační prvky

Ventilační prvky rovněž spadají do skupiny standardizovaných dílů jednotlivých výrobců světlometů. Tyto díly zajišťují cirkulaci vzduchu uvnitř světlometu, umožňují odpaření zkondenzované vody uvnitř světlometu a zamezují vniknutí vody do světlometu. Ventilační prvky se používají pryžové, z Gore membrány nebo plastové s vnitřními přepážkami, pro zamezení vniknutí vody a nečistot do světlometu. Jejich množství a umístění na tělese světlometu se odvíjí od výsledků simulací proudění vzduchu uvnitř světlometu. Ventilační prvky nejsou u světlometů nutné, pokud je na krycím skle nanášena ochranná vrstva zabráňující mlžení tzv. antifog. [19]

Centrální konektor

Centrální konektor zajišťuje spojení mezi elektronikou světlometu a vozidla. Konektor zajišťuje elektrickou energii pro světelné zdroje, ovládání jednotlivých funkcí a u nových světlometů také komunikaci mezi senzory automobilu a řídicí jednotkou světlometu. [19]

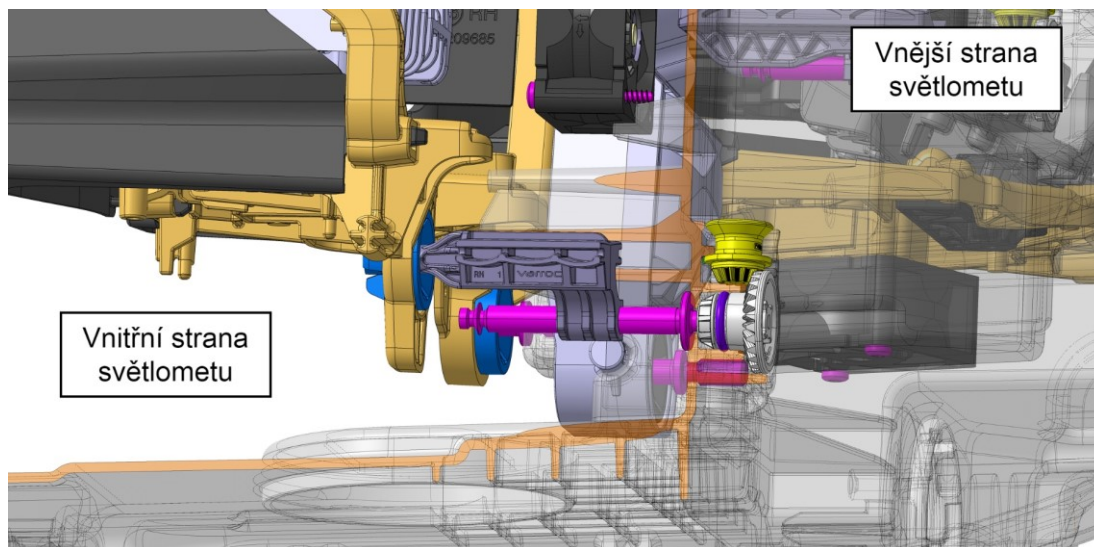
Řídicí jednotka

V rámci komunikace mezi automobilem a světlometem slouží řídicí jednotka k vyhodnocování signálů přicházejících ze senzorů a od řidiče vozu. Řídicí jednotka má tedy za úkol obstarávat přepínání jednotlivých režimů světlometu. Jelikož se jedná o poměrně drahý komponent, je většinou umístován z vnějšku světlometu, aby byla zajištěna jeho snadná výměna. [19]

Díly seřizovacího mechanismu

Seřizovací systém se skládá z několika částí. Při montáži sestavy je většina dílů vkládána do světlometu zevnitř a následně zajištěna ozubenými koly z vnější strany světlometu. Toto zajištění formou nalisování ozubeného kola na pohybový šroub zajistí fixaci celé sestavy v ose X. Ozubené kolo, jenž je zalisováno na pohybový šroub je zároveň osazeno pryžovým

o-kroužkem. O-kroužek utěsní otvor v tělese světlometu, nímž prochází pohybový šroub, zamezí tak prostupu prachu a vlhkosti do světlometu. Zalisováním je zároveň dosažena fixace malého ozubeného kola (pastorku) v geometrii tělesa světlometu. [19]



Obr. 8 Řez stěnou tělesa světlometu

Pokud je zapotřebí seřídít světelnou stopu, do jednoho z ozubených kol – pastorku (na obr. 8 zvýrazněn žlutou barvou) je zapotřebí vložit šroubovák a otáčivým pohybem provést seřízení. Pomocí soustavy ozubených kol se začne otáčet pohybový šroub kolem osy X. Otáčivý pohyb šroubu zapříčiní posun jezdece (Slider) po pohybovém šroubu a tím i naklonění reflektoru/projektoru/rámu s kterým je jezdec spojen. Reflektor se sklápí nebo vyklápí kolem osy Y a tím mění hranici světla na vozovce. [19]

Etiketa

Neméně důležitou součástí světlometu je část, nesoucí informaci: kde byl světlomet vyroben, verze světlometu, jednotlivé funkce světlometu, homologaci světlometu, generační stav a QR nebo BAR kódy. [19]

1.3.2 Vnitřní díly světlometu

Uvnitř světlometu se nachází mnoho komponentů, u nichž jsou kladeny vysoké nároky na design, pohledové plochy, ale také funkci jednotlivých dílů. Dekorativní funkci plní rámečky, světelnou funkci zajišťují reflektory, spojení a tuhost celé soustavy obstarají nosné rámy. Nedílnou součástí každého světlometu jsou i uchycovací elementy, nastavovací elementy, motorky, šrouby, kabely a další. U mnoha z těchto dílů mají výrobci světlometů snahu, aby co nejvíce podléhaly standardizaci. Počet použitých standartních dílů má následně podíl na složitosti montáže i výsledné ceně světlometu. [19]

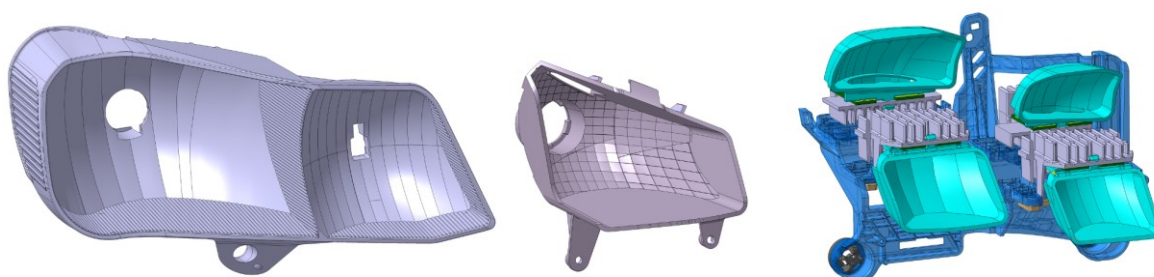
Krycí rámečky a lišty

Krycí rámečky a lišty patří mezi pohledové díly světlometu, tudíž je zde kladen důraz na design daného dílu, ale také kvalitu povrchu. Povrch těchto plastových dílů má často specifickou strukturu nebo je povrchově upraven chromováním či lakováním. Nově se na povrchu aplikují i dezény, které se vytváří pomocí laseru. Díly zároveň plní funkci zakrytí funkčních dílů světlometu a také zabraňují prostupu světla mezi spárami dílů. Materiály, z nichž jsou tyto díly vyrobeny, musí odolávat velkému rozmezí teplot, a zároveň musí vykazovat pevnost, tuhost a rozměrovou stálost. [18] [19]

Reflektor

Reflektor ve světlometu plní funkci odrazu světelného paprsku daným směrem. V minulosti využívaly reflektorové systémy optiku s usměrněním paprsku na krycím skle. V současnosti svým tvarem tvoří optiku již samotný reflektor. [18]

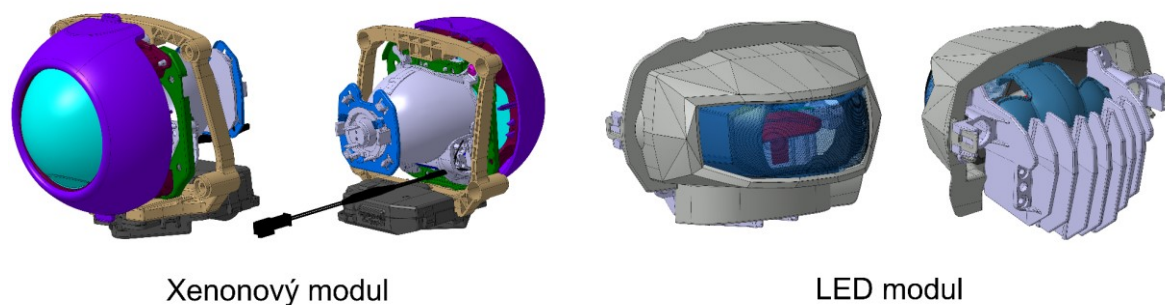
Reflektory mají využití u halogenových, LED i laserových světlometů.



Obr. 9 Možnosti použití reflektorů

Modul

Sestava čočky, zdroje světla, případně clonky, chladiče a dalších komponent tvoří tzv. modul, umožňující korekci světelného paprsku do požadovaného tvaru a směru. Bi-moduly pomocí jedné čočky a světelného zdroje plní funkci tlumeného i dálkového světla. Velmi rozšířenými jsou AFS moduly, které umožňují korekci světelného paprsku do požadovaného tvaru a směru v závislosti na daných podmínkách silničního provozu. [18] [19]



Obr. 10 Příklady modulů světlometu

V současnosti jsou do automobilů stále více využívány LED moduly. LED modul se skládá z desky plošného spoje, osazené LED diodami, čočkou, chladičem pro odvod vzniklého tepla a případně ventilátorem. [19]

Xenonové projektory jsou typem modulů, kde je zdrojem světla výbojka. Tyto moduly se již nevyvíjí, vyrábí se pouze do běžících projektů a pro méně pokrokové trhy.

Dalšími moduly jsou např. LED Matrix modul a modul laserových světlometů. Tyto moduly jsou podobné LED modulům.

Světlovod

Světlovody jsou v současnosti často používaným optickým prvkem. Ve světlometech našly světlovody využití jako obrysová světla, denní nebo signální světla. Z designového hlediska světlovody nabývají nejrůznějších tvarů, kdy např. vytvářejí konturu světlometu nebo ohraničují prostor jiné světelné funkce. [19] [20]

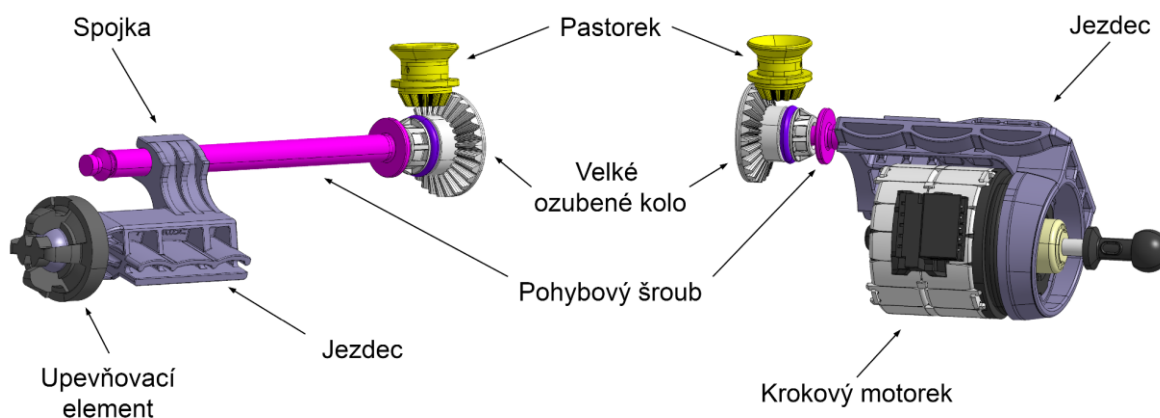
Světlovody jsou vyrobeny z čirého plastu. Světlo, do světlovodu nejčastěji navázáno LED diodami, se šíří podél optické osy za předpokladu totálního odrazu od válcových stěn světlovodu. Jestliže je stěna světlovodu změněna na optický prvek v podobě zubu nebo vrypu, je světlo vyzářeno směrem k pozorovateli. Záměrným umístěním soustavy vrypů se docílí rovnoměrného rozsvícení celého světlovodu. [20]

Seřizovací a uchycovací prvky

Tyto díly napomáhají světlometu plnit jeho správnou funkci. Zajišťují uchycení reflektorů či modulů, popř. jejich nastavení do správné polohy. Jedná se o širokou škálu dílů, do které lze řadit krokové motorky a DC motorky, jež jsou součástí seřizovacích sestav. [19]

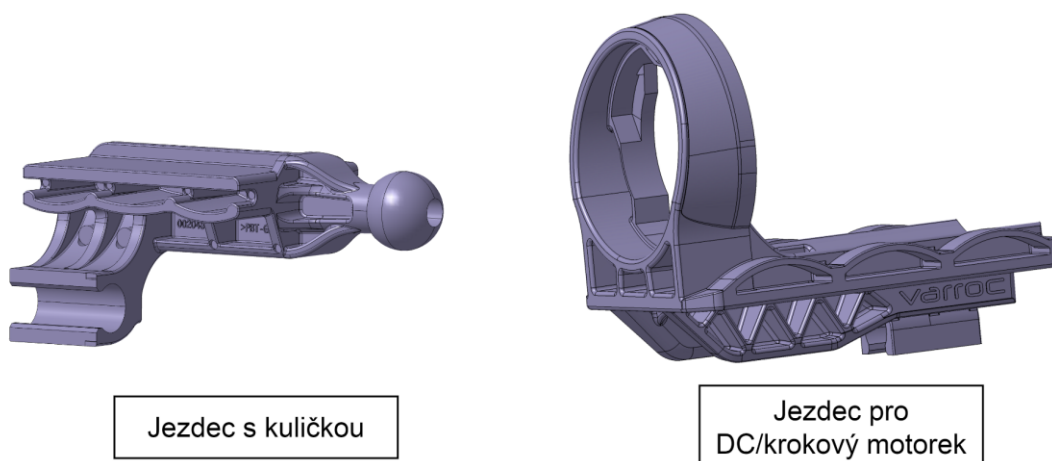
Jak již bylo v kapitole vnějších dílů světlometu popsáno, seřizovací systém se skládá z několika částí. Při montáži seřizovacího systému je většina dílů vkládána do světlometu

a následně zajištěna soustavou ozubených kol z vnější strany. Zajištění způsobí fixaci celého mechanismu v ose X. Soustava ozubených kol je poté schopna otáčet s pohybovým šroubem, který je pružným spojem, tzv. spojku, spojen s jezdcem (Slider). [19]



Obr. 11 Základní komponenty seřizovacího mechanismu

Jezdec je posuvný element, který se pohybuje v ose X pomocí pohybového šroubu a vedení v tělese světlometu. Součástí jezdců je kulička nebo krokový motorek, který je také osazen kulovým zakončením. Kulové zakončení slouží ke spojení s reflektorem nebo rámem modulu. Spojení zajišťují standardizované fixační díly, splňující kinematiku pohybu daných dílů. [19]



Obr. 12 Příklady konstrukčních řešení jezdců seřizovacího systému

Obecnou snahou výrobců světlometů je používat standardizované díly, neboť zlevňují výrobu, snižují portfolio používaných dílů a urychlují montáž světlometu.

Rámy a nosné konstrukce

Jedná se o nepohledové díly, plnící převážně funkci nosiče reflektoru, projektoru nebo jiných hlavních částí světlometu. V mnoha případech jsou také spojeny se seřizovacími mechanismy světlometu, tudíž dochází k jejich pohybu dle definovaných os při nastavování světlometu. Na povrchu těchto plastových dílů je obvykle možno vidět technická, ale i technologická žebrování. Materiály, z nichž jsou tyto díly vyrobeny, musí splňovat především pevnostní podmínky, odolávat velkému rozmezí teplot, mít dostatečnou tuhost a rozměrovou stálost. [19]

Kabeláž

Světlomet je s vozem spojen pomocí centrálního konektoru, z něhož je pomocí kabelů zajištěn rozvod elektrické energie ke zdrojům světla. Kabelové svazky také zajišťují spojení s řídicí jednotkou a tím i přenos ovládacích signálů. Kabelové svazky mohou sloužit také k propojení mezi jednotlivými částmi světlometu, např. jako spojení dvou desek plošných spojů, které jsou osazeny LED diodami. Každá kabeláž je zakončena konektorem, který má pojistku proti samovolnému rozpojení. [19]

Chladiče

V kapitole modulů světlometů je uvedeno, že chladiče se stávají nedílnou součástí moderních světlometů. To je způsobeno oblibou LED světelného zdroje. Diody při svícení produkují značné množství tepelné energie, která je odváděna z oblasti čipu pomocí chladiče. V případě, kdy je systém doplněn o ventilátor, jedná se o nucenou konvekci, tedy o aktivní chlazení. Jestliže se jedná o přirozenou konvekci, jde o chlazení pasivní. Snahou konstruktérů je navrhnout světlomet tak, aby vzniklé teplo a směr jeho proudění zamezovalo rosení krycího skla. [19]

Chladiče jsou nejčastěji vyráběny ze slitin hliníku, slitin magnézia nebo také speciálních polymerních materiálů. Rozměry chladičů často výrazně ovlivňují hmotnost celého světlometu, proto je kladen důraz na jejich nízkou hmotnost, malé rozměry, ale zároveň vysokou účinnost chlazení. [19]

2 PROCES NASTAVENÍ SVĚTLOMETU

Od roku 1957 se v automobilech začaly používat světlometry s tzv. asymetrickým rozložením svítivosti, na což zareagovala legislativa a vznikly první předpisy pro nastavení světlometů. Nejprve byly světlometry nastavovány pomocí 10 metrů vzdálené zdi stojící před automobilem. Na zdi byla patřičná označení, která sloužily ke kontrole nebo seřízení světelné stopy. Jedná se o dodnes zákonem předepsanou zkušební metodu, využívanou při kontrole zemědělských nebo speciálních vozidel. V současnosti jsou používány speciální přístroje pro seřizování světlometů, které umožňují rychlou a flexibilní kontrolu rozložení svítivosti. [20]

Dnešní světlometry využívají nejmodernější světelné technologie. Zdroje světla se vyznačují vysokou světelnou intenzitou a při špatném seřízení světlometu může dojít k oslnění ostatních účastníků silničního provozu. Základní seřízení světlometu (Aiming) nastane při namontování světlometu do vozu. K dalšímu základnímu přenastavení světlometu může docházet především při kontrole technické způsobilosti vozidla. Seřízení musí být rychlé, jednoduché a přesné. [20]

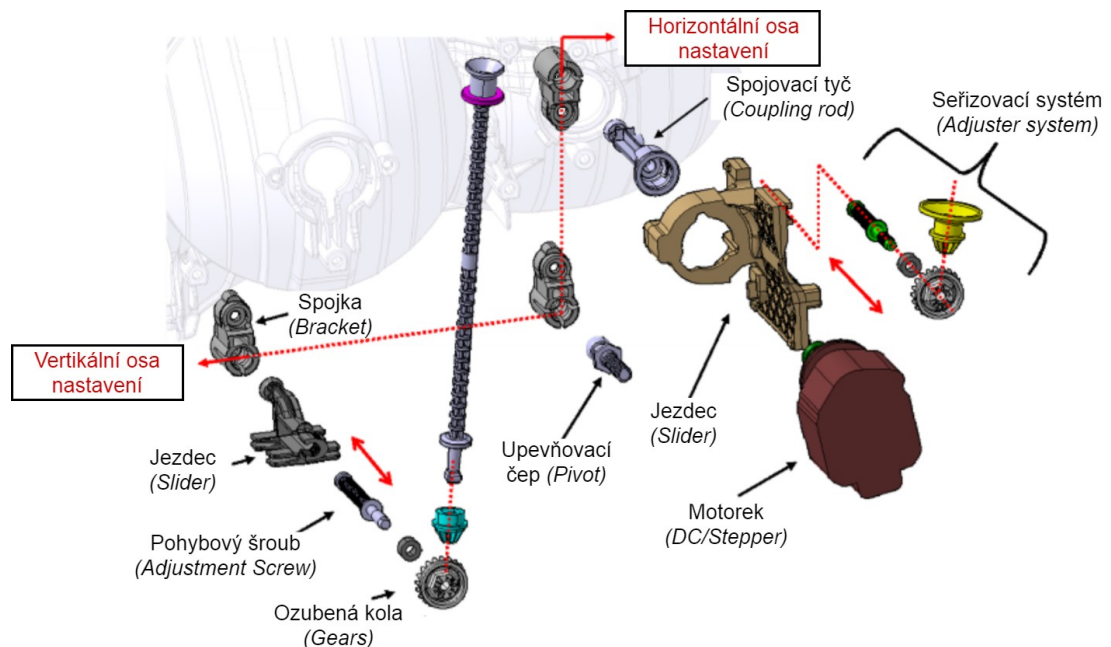
Dle předpisů EHK (Evropské hospodářské komise), se základní seřízení světlometu (Aiming) provádí na nezátíženém automobilu posádkou a nákladem. Proto je nutno po zatížení vozu provést seřízení výšky světelné stopy (Levelling). Tato vertikální korekce světlometů se provádí ručně nebo automaticky. Základní seřízení světelné stopy je mnohdy doplněno o natáčení světelné stopy (Dynamic bending). Jedná se o nadstandardní funkce světlometu, které napomáhají řidiči k lepšímu osvětlení vozovky a tím i zvyšují bezpečnost jízdy. [25]

2.1 Základní seřízení světlometu – Aiming

Prvotní seřízení světlometu probíhá již ve výrobním procesu, kdy je světelná stopa seřizena do legislativou dané polohy. Hranice světelného výstupu světlometu se liší dle trhu, na který daný světlomet míří. [21]

Sestava světlometu je složena z mnoha komponent, které jsou vyrobeny převážně z polymerních materiálů. Tyto díly a z nich tvořené podsestavy mají své výrobní tolerance, montážní tolerance a další nepřesnosti. Základní seřízení světlometu tedy řeší nedokonalosti na sestavě světlometu a zajišťuje správné nastavení světelné stopy. Rozsah, v němž je možno provést základní nastavení, se zpravidla pohybuje +/- 2° pro horizontální i vertikální seřízení

světelné stopy. Jakmile je světlomet namontován do vozu, operátor je schopen světlomet seřídit do požadované pozice a tím eliminovat veškeré výrobní nepřesnosti světlometu i přední části automobilu, ke které je světlomet upevněn. K dalšímu základnímu přenastavení světlometu obvykle dochází již jen na stanici technické kontroly vozidel. [21]



Obr. 13 Jednotlivé díly seřizovací sestavy

Základní seřízení světlometu zajišťuje nastavení hlavních světelných funkcí světlometu, kterými jsou potkávací světlo (Low Beam – LB) a dálkové světlo (High Beam – HB). Nastavení zajišťuje mechanismus, který se obvykle skládá z těchto hlavních komponent:

- ozubené kolo – pastorek (Gear),
- ozubené kolo s těsněním (Gear, O-ring),
- pohybový šroub (Adjuster Screw),
- jezdec (Slider),
- vedení jezdce (Feature Slider),
- osazení seřizovacího mechanismu v tělese světlometu (Feature Gear Assembly),
- upevňovací prvek zajišťující spojení se seřizovaným dílem (Socket, Balltrack, ...).

Sestava dílů pro seřízení světlometu je obvykle doplněna o mnoho dalších komponent, jako např.: motorek (DC/Stepper), upevňovací čep (Pivot), propojovací bowden (Bowden), spojovací tyč (Coupling Rod), různé typy konzolí (Brackets) a mnohé další. [19]

2.2 Seřízení výšky světelné stopy – Levelling

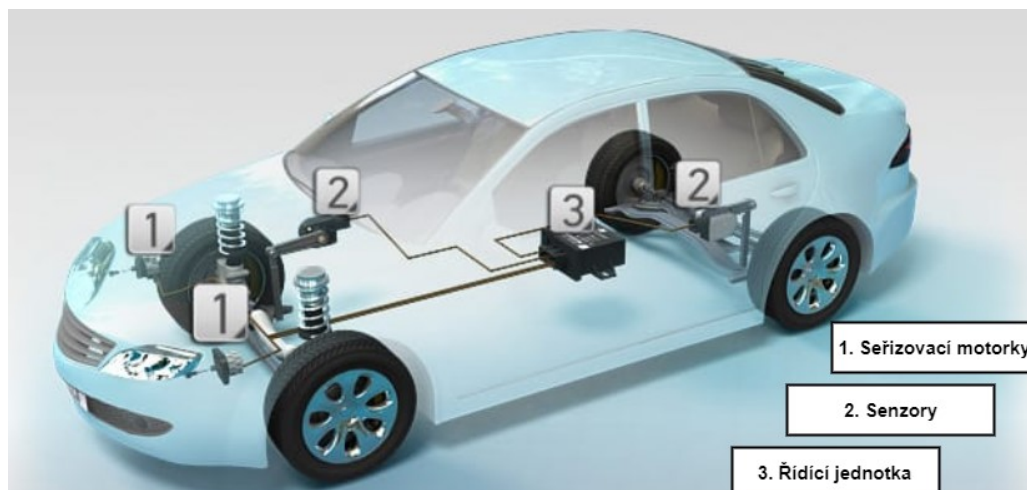
Stav zatížení náprav, brzdění nebo akcelerace vozidla ovlivňuje výšku světelné stopy. Důsledkem může být oslnění ostatních účastníků silničního provozu. Z tohoto důvodu je nutné mít možnost regulace sklonu světlometů. [21] [22]

Současné modely vozidel používají statický nebo automatický systém seřízení světelné stopy. Statické systémy jsou ovládány řidičem pomocí jednoduchého ovladače na přístrojové desce automobilu. V závislosti na poloze ovladače jsou předávány data DC nebo krokovému motoru umístěném na jezdcí seřizovacího mechanismu světlometu. Motorek poté zajišťuje samotné nastavení sklonu světlometu. [22]

Automatické systémy seřízení světelné stopy plní svou funkci bez zásahu nebo jakékoli činnosti řidiče. Tento automatický systém se dále rozděluje na polostatický a dynamický systém nastavení světelné stopy světlometů. [22]

Polostatický systém upravuje výšku světelné stopy pouze v důsledku změn stavu zatížení vozidla. Řídící jednotka zpracovává data ze snímačů přední a zadní nápravy, porovnává odchylku od jmenovitých údajů a podle toho spouští seřizovací motoru ve světlometech. Obvykle se používají stejné typy seřizovacích motorků jako u manuálního nastavení světelné stopy. U vozidel s malým převisem části automobilu za nápravami je možno použít senzory pouze na zadní nápravu. Toto řešení je možno použít, neboť změny sklonu vlivem zatížení nastávají především na zadní nápravě. Polostatické seřízení výšky světelné stopy pracuje s velkým tlumením, což znamená že provádí seřízení světelné stopy jen tehdy, je-li vozidlo vychýleno od standartního stavu po delší dobu. [22]

V současnosti jsou téměř všechna vozidla s xenonovými světlometry vybavena dynamickými systémy výškového seřízení světelné stopy světlometů, které reagují na změny sklonu vozidla v souvislosti s jízdou jako je zrychlení a brzdění. Řídící jednotka vyhodnocuje data na základě údajů ze senzorů, přičemž zohledňuje jízdní podmínky. Na rozdíl od polostatických systémů seřízení výšky světelné stopy se seřizovací motoru spouštějí během zlomku sekundy v reakci na signály z řídící jednotky. K dosažení těchto rychlých reakčních časů se používají především krokové motoru. [21] [22]

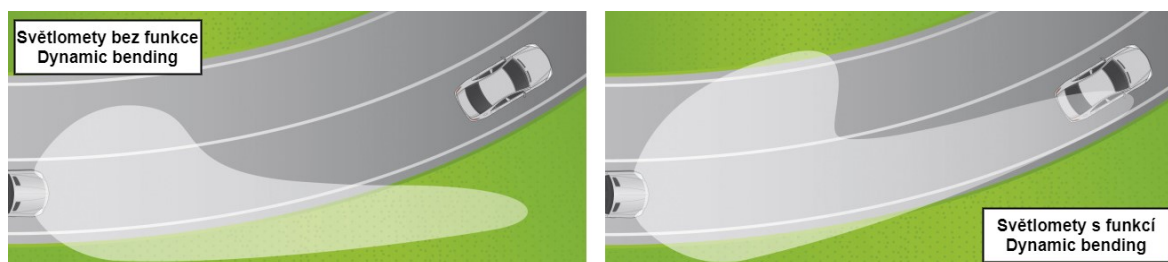


Obr. 14 Základní komponenty automatického seřízení světelné stopy [22]

Problém naložených vozidel oslňujících protijedoucí řidiče spočívá ve špatném informování řidičů o možnostech nastavení a funkčnosti světlometů na svém vozidle. Tato skutečnost je navíc utvrzena tím, že řidiči není nijak signalizováno, že by měl provést výškovou korekci světelné stopy. [22]

2.3 Dynamické natáčení světelné stopy – Dynamic bending

Natáčení světelné stopy napomáhá řidiči k lepšímu osvětlení zakřivené silnice nebo při odbočování. Lze tak za tmy snadněji a dříve identifikovat překážky, čímž se zvyšuje bezpečnost jízdy. V rámci této kapitoly je popsán rozdíl mezi dynamickým a statickým osvětlením. [23]



Obr. 15 Dynamické natáčení světelné stopy světlometu [24]

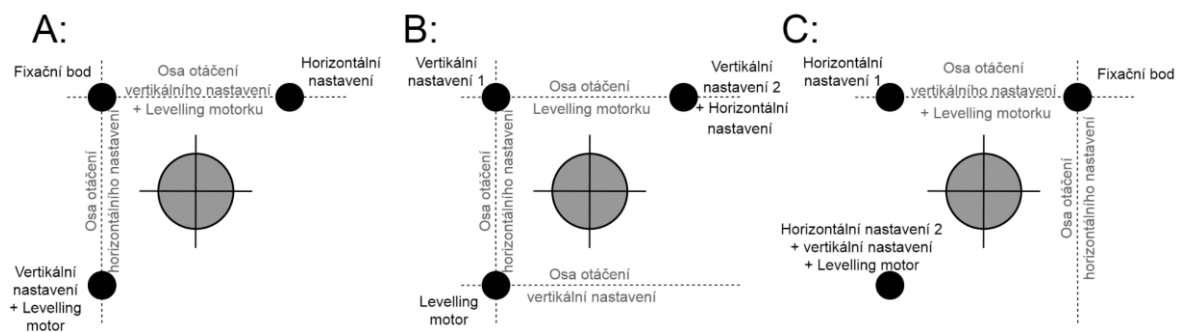
Dynamické natáčení světelné stopy (Dynamic bend lighting) je zajištěno natáčením potkávacího světla v závislosti na otočení volantu. Projektor je osazen v rámu světlometu, který se otáčí kolem svislé osy Z. Úhel natočení se obvykle pohybuje v rozsahu $\pm 15^\circ$, v závislosti na požadavcích výrobce automobilu. Aktivní natáčení světelné stopy může pracovat i s dálkovými světly, přičemž se neustále přizpůsobuje rychlosti jízdy vozidla. [23]

Především u menších poloměrů zatáček se využívá tzv. statické natáčení světelné stopy (Static bend lighting) nebo rohové světlo (Cornering lights). Zapnutí těchto světel probíhá

plně automaticky v závislosti na rychlosti vozidla a spuštění směrového světla. Řídící jednotka vyhodnocuje parametry rychlosti vozidla, úhlu natočení kol a zapnutí směrových světel. Pro zvýšení komfortu této funkce není světelný systém náhle zapnut a vypnut, ale dochází k postupnému zesílení a ztlumení intenzity světla. [23]

2.4 Konstrukční zásady nastavení světlometu

Nastavení světlometů, konkrétně osvětlovacích systémů, se provádí ve vodorovném (horizontálním) a svislém (vertikálním) směru. Upevnění seřizovaných dílů světlometu se zajistí minimálně třemi upevňovacími body. Náklon seřizovaných částí vzniká rotací kolem příslušných os, které jsou tvořeny spojnicemi jednotlivých upevňovacích bodů. Standartně se používají tři varianty rozmístění upevňovacích bodů v základním souřadnicovém systému. [25]



Obr. 16 Schéma rozmístění upevňovacích bodů

Snahou konstruktérů je použití varianty A, neboť samotné nastavení je možno provést jedním nastavovacím bodem. Tato varianta je nejčastěji aplikována i z důvodu jednoduchosti nastavení, které zákazníci vyžadují. Zbylé dvě varianty jsou používány jako kompromis při nevyhovujícím konstrukčním řešení světlometu, nedostatku prostoru ve světlometu apod. Všechny varianty uspořádání upevňovacích bodů mohou být také zrcadlově převráceny, čehož se hojně využívá. [25]

2.5 Legislativní požadavky

Výrobci automobilů, kteří cílí svými modely na celosvětový trh, musí brát v potaz, že legislativní předpisy jednotlivých trhů nejsou sjednoceny. Proto je zapotřebí počítat s rozdílnými předpisy i nastavením světelných stop. Již v rámci vývoje je nutno brát v úvahu náležitosti jednotlivých trhů. Asijský, americký i evropský trh má svá specifika. Pro Velkou Británii je charakteristická jízda v levém pruhu, v USA světlomet nesmí mít automatický leveling, který je naopak v Evropě žádoucí. [16]

V rámci této kapitoly jsou uvedeny některé legislativní požadavky stanoveny předpisy EHK (Evropská hospodářská komise), anglicky UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), pro naprostou většinu evropských států. EHK spadá pod mezinárodní organizaci OSN (Organizace spojených národů) a spravuje jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a pro světelnou signalizaci. Ratifikace těchto dokumentů začala po roce 1958, proto jsou někdy nazývány jako Dohoda roku 58. Tyto předpisy jsou platné i pro jiné trhy, jako například Japonsko, Čína a Indie. USA se naopak řídí federálním zákonem FMVSS 108 (Federal motor vehicle safety standard), který se odkazuje na normy SAE (Society of Automotive Engineers). SAE je profesní sdružení odborníků oblasti leteckého, automobilového a dopravního průmyslu.

Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a pro světelnou signalizaci spravovaná EHK jsou dále dělena do tří kategorií, na součásti pro aktivní bezpečnost, pasivní bezpečnost a pro ochranu životního prostředí. Stěžejní předpisy, jejichž obsah je důležitý pro tuhle práci, spadají do skupiny aktivní bezpečnosti a jsou to:

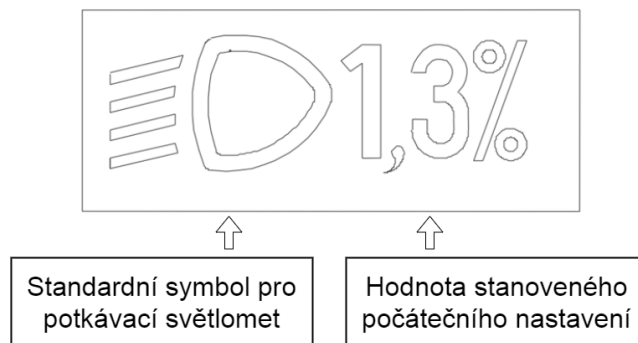
- EHK 48 – Ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci vozidla.
- EHK 98 – Ustanovení pro homologaci vozidel vztahující se na světlomety využívající výbojkové zdroje světla.
- EHK 99 – Ustanovení pro homologaci vozidel vztahující se na výbojkové světelné zdroje určeny k použití ve schválených svítilnách motorových vozidel.
- EHK 123 – Ustanovení pro homologaci vozidel, kde jsou použity adaptivní systémy předních světlometů (AFS) motorových vozidel.
- EHK 149 – Předpis slučující ustanovení jednotlivých předpisů č. 19, 98, 112, 113, 119 a 123 do jednoho předpisu. Cílem tohoto dokumentu je zvýšit srozumitelnost, konsolidovat a zmenšit složitost požadavků pro osvětlení a světelnou signalizaci založených na výchozím návrhu Evropské unie a Japonska.

2.5.1 Obecné legislativní požadavky nastavení světlometu

Potkávací světlomet, jehož montáž je dle předpisů povinná na automobilech a zakázaná na přípojných vozidlech. Musí být orientován směrem dopředu. [26]

Základní sklon rozhraní světelné stopy potkávacího světla, který má být seřízen u nenaloženého vozidla s jednou osobou sedící na místě řidiče, musí být stanoven s přesností

na 0,1 % a musí být zřetelně a nesmazatelně vyznačen předepsaným symbolem na každém vozidle buď v blízkosti světlometu nebo v blízkosti štítku výrobce. [26]



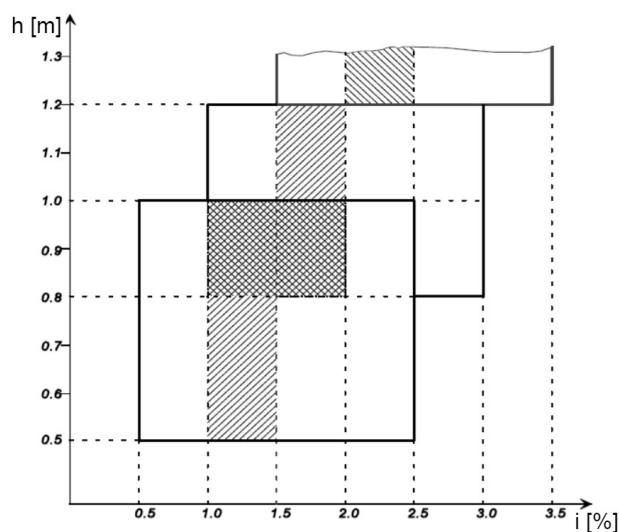
Obr. 17 Označení sklonu rozhraní potkávacího světla světlometu [26]

V závislosti na montážní výšce spodního okraje přivrácené plochy ve směru vztažné osy potkávacího světlometu (h), vyjádřené v metrech (m) a měřené na nenaloženém vozidle, musí za všech předepsaných statických podmínek být svislý sklon rozhraní potkávacího světla v následujících mezích a základní sklon musí mít následující hodnoty:

Tab. 1 Svislá a základní sklon potkávacího světla [26]

Montážní výška světlometu [m]	Meze	Základní nastavení
$h < 0,8$	mezi -0,5 % a -2,5 %	mezi -1,0 % a -1,5 %
$0,8 \leq h \leq 1,0$	mezi -0,5 % a -2,5 %	mezi -1,0 % a -1,5 %
	mezi -1,0 % a -3,0 %	mezi -1,5 % a -2,0 %
$h > 1,0$	mezi -1,0 % a -3,0 %	mezi -1,5 % a -2,0 %
	mezi -1,5 % a -3,5 %	mezi -2,0 % a -2,5 %

Meze a základní nastavení uvedené v tabulce (Tab. 1) shrnuje uvedený diagram (Obr. 18).



Obr. 18 Diagram mezi sklonu potkávacího světla světlometu [26]

Vzhledem k měnícímu se sklonu světlometu při zatížení vozidla, je nutno provést korekci světelné stopy za pomoci korektoru sklonu světlometů. Tato ručně nastavitelná zařízení musí být ovladatelná z místa řidiče. Plynule seřiditelná zařízení musí obsahovat vztažné značky, indikující hlavní podmínky naložení vozidla, které vyžaduje nastavení potkávacího světla. V případě poruchy korektoru nesmí potkávací světlo zaujmout polohu, ve které by byl sklon menší než seřízení v době poruchy. Zde popsáno seřízení světlometů se u některých vozidel provádí automaticky. [26]

Legislativa také jasně definuje přepínání potkávacího světla. Přepnutím na potkávací světlo musí být současně vypnuty všechny dálkové světlometry. Naopak potkávací světlometry mohou být zapnuty s dálkovými světlometry. Potkávací světlomet může být rozsvícen a zhasínán automaticky, zároveň musí být umožněno tyto funkce ovládat ručně. [26] [27]

Během jízdy může být aktivován také jeden doplňkový zdroj světla nebo jeden či více LED modulů, umístěných uvnitř světlometu k osvětlení zatáčky, a to za předpokladu, že horizontální poloměr zatačení dráhy těžiště vozidla je roven 500 m nebo menší. Pokud je osvětlení zatáčky vytvářeno horizontálním přesouváním celého světla nebo zlomu světelného rozhraní, smí být aktivován pouze tehdy, jestliže se vozidlo pohybuje směrem dopředu. [26]

Potkávací světlometry se zdrojem světla nebo LED moduly, které vytvářejí hlavní potkávací světlo a které mají celkový světelný tok překračující 2000 lm musí být instalovány pouze ve spojení se zařízením na čištění světlometu dle daného předpisu. [26]

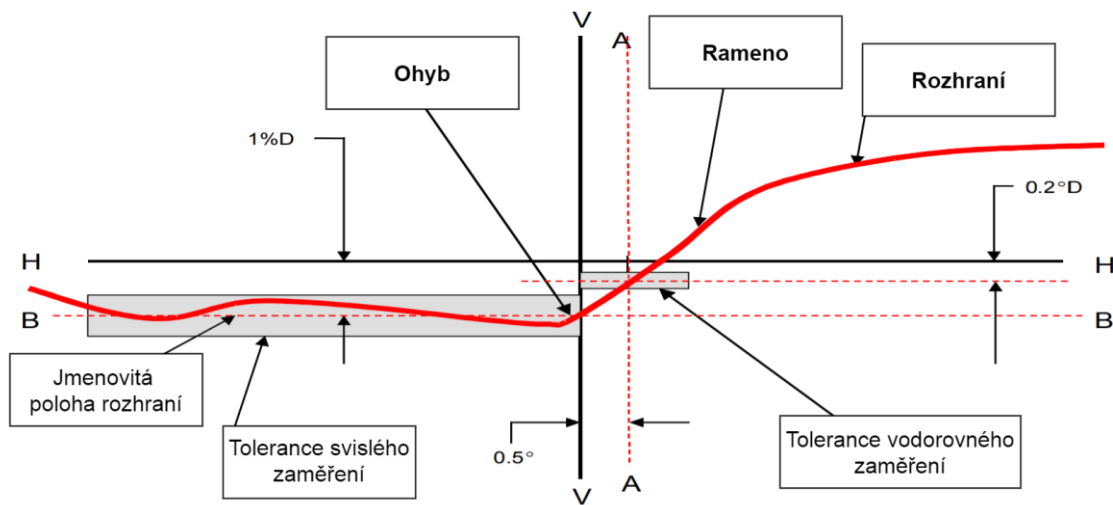
2.5.2 Rozhraní světelné stopy pro potkávací světla

Postup optického zaměření

Jedná se o rozložení svítivosti základního potkávacího světlometu nebo nejméně jednoho celku pro osvětlení vozovky potkávacím světlem. Tímto celkem je myšlen AFS systém v jeho neutrální poloze, která dovoluje správné nastavení světlometu pro fotometrická měření a pro jeho nastavení na vozidle. Rozhraní světelné stopy, pro pravostranný provoz, musí poskytovat rovnou „vodorovnou část“ směrem vlevo a stoupající část „postranní rameno“ směrem vpravo. Stoupající „postranní rameno“ musí mít v každém případě ostrý okraj. [28]

Zaměření světlometu nebo AFS systému se provádí s využitím ploché svislé projekční stěny ve vzdálenosti 10 nebo 25 m, a v pravém úhlu vůči H-V ose, před světelným zdrojem.

Projekční stěna musí být dostatečně široká pro ověření a nastavení rozhraní světelné stopy potkávacího světla nejméně 5° na obě strany od přímky V-V. [28]



Obr. 19 Optické zaměření rozhraní světelné stopy [28]

Měření jsou odlišná pro svislé a vodorovné přímky.

Vodorovné nastavení pro pravostranný provoz, části „ohyb – rameno“, musí být umístěn:

- nad přímku $0.2^\circ D$ a současně rameno nesmí překročit přímku A vlevo,
- na přímce $0.2^\circ D$ nebo pod ní by mělo rameno protínat přímku A,
- zlom ohybu uvnitř pásma $\pm 0,5^\circ$ vlevo nebo vpravo od přímky V-V.

Pro pravostranný provoz je optické rozhraní zrcadlově otočeno dle přímky V-V. [28]

Měření rozhraní světelné stopy pro potkávací světla

Kvalita rozhraní světelné stopy a pomocná nastavení se odvíjí od požadavků na rozložení svítivosti základního potkávacího světla, které jsou popsány v předchozí kapitole Postup optického zaměření. [28]

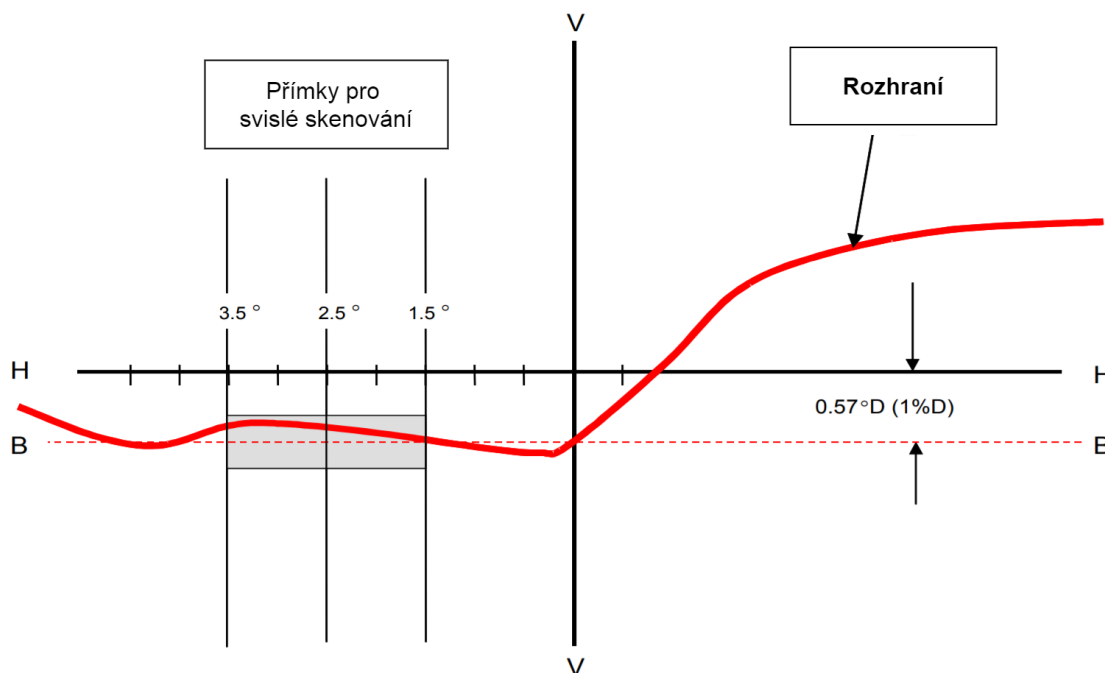
Měření minimální ostrosti rozhraní světelné stopy se provádí svislým skenováním ve vodorovné části rozhraní v úhlových krocích $0,05^\circ$ v daných vzdálenostech měření. Vzdálenosti měření jsou stanoveny na 10 m se snímačem o průměru přibližně 10 mm nebo 25 m se snímačem o průměru přibližně 30 mm. [28]

Kvalita rozhraní světelné stopy vyhovuje, jestliže není viditelné více než jedno rozhraní a jsou splněny podmínky ostrosti i linearit rozhraní. [28]

Ostrost rozhraní se měří dle činitele ostrosti G , který je určen skenováním horizontální části rozhraní světelné stopy v poloze $2,5^\circ$ od přímky V-V a spočten dle vztahu:

$$G = (\log E_\beta - \log E_{(\beta+0,1^\circ)}) \quad (1)$$

kde β je svislá poloha ve stupních, následně hodnota G nesmí být menší než hodnota minimální ostrosti 0,13 a současně nesmí být větší než hodnota maximální ostrosti 0,40. [28]



Obr. 20 Měření kvality rozhraní světelné stopy [28]

Měřítka pro svislé a vodorovné jsou odlišná.

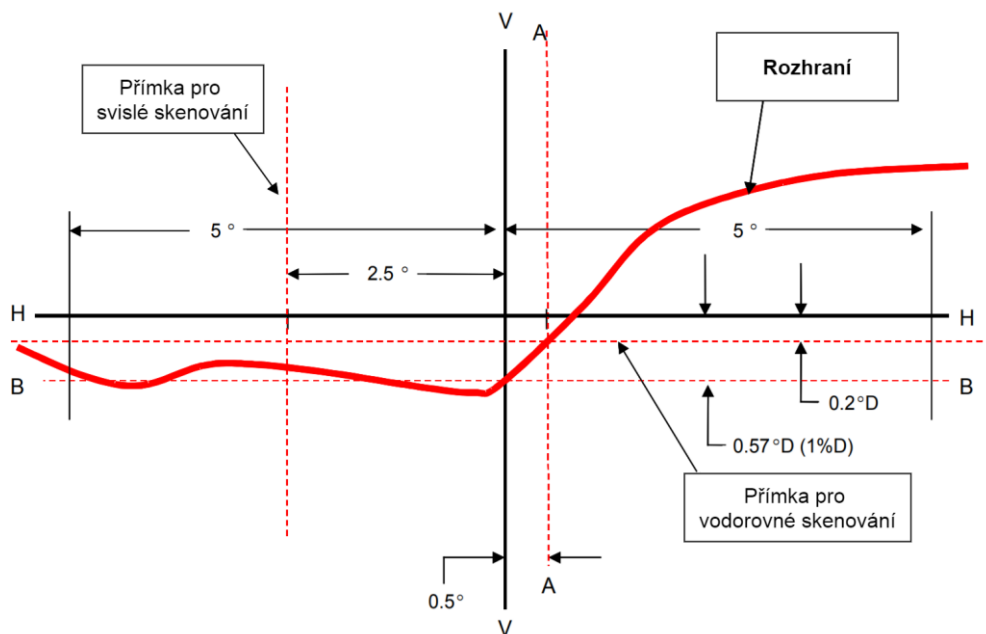
Svislé nastavení probíhá posunem rozhraní světelné stopy zdola nahoru z přímky B (viz obr. 21). Svislé skenování je prováděno vodorovnou částí rozhraní v poloze $2,5^\circ$ od přímky V-V. Inflexní bod se nachází na přímce B v poloze 1 % pod přímkou H-H. [28]

Vodorovné nastavení je možno provést pomocí dvou metod.

Metoda přímky $0,2^\circ D$ skenuje přímku od 5° vlevo do 5° vpravo, poté co byl světlozet zaměřen svisle. Maximální gradient ostrosti G se stanoví užitím vzorce:

$$G = (\log E_\beta - \log E_{(\beta+0,1^\circ)}) \quad (2)$$

kde β je vodorovná poloha ve stupních, nesmí být menší než 0,08. Inflexní bod nalezený na přímce $0,2^\circ D$ se nachází na přímce A.

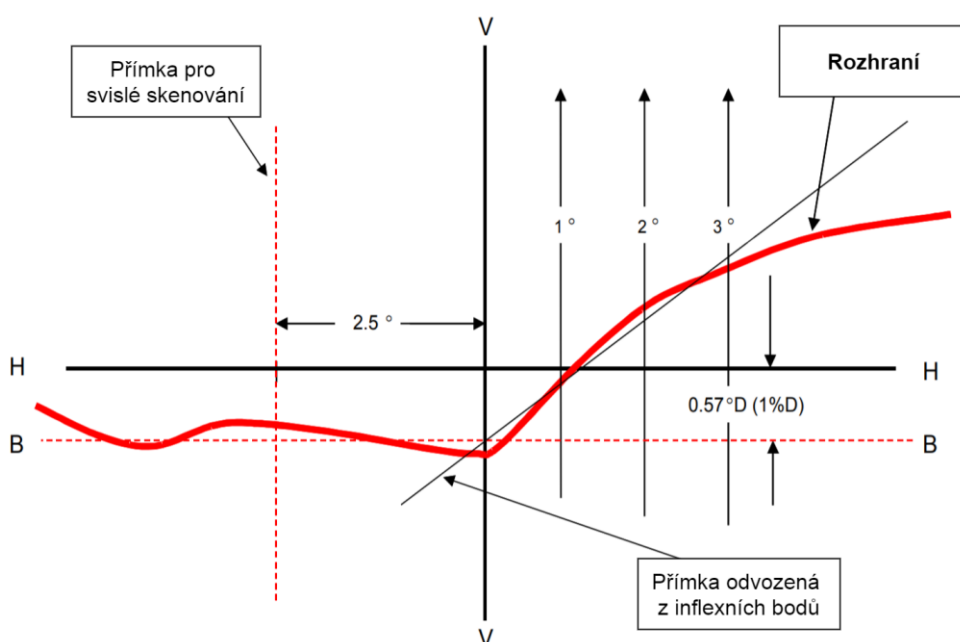


Obr. 21 Metoda skenování na vodorovné přímce [28]

Metoda 3 přímek pracuje se třemi svislými přímkami, které se skenují od $2^\circ D$ do $2^\circ U$ v bodech $1^\circ R$, $2^\circ R$ a $3^\circ R$ poté co byl světločet změřen svisle. Příslušný maximální gradient činitele ostrosti G se stanoví užitím vzorce:

$$G = (\log E_\beta - \log E_{(\beta+0,1^\circ)}) \quad (3)$$

kde β je svislá poloha ve stupních, nesmí být menší než $0,08$. Inflexní body nalezeny na třech přímkách se následně použijí k odvození rovné čáry. Průsečík této čáry a přímky B nalezený během provedení svislého zaměření se musí nacházet na přímce V-V. [28]



Obr. 22 Metoda skenování pomocí tří přímek [28]

3 KONSTRUOVÁNÍ

Konstruování doprovází lidstvo již od pradávna, člověk se vždy snažil přetvářet věci kolem sebe tak, aby co nejlépe vyhovovaly jeho potřebám a touhám. Dnes se konstruováním zabývají odborníci na vysoké technické úrovni i přesto dochází k nezdarům a konstrukční pokusy je nezbytné opakovat. V současnosti k optimalizaci návrhů výrazně napomáhá reverzní inženýrství, díky němuž je konstruktér schopen uchopit hmatatelný model dané součásti. Konstruktér během vývoje prochází mnoho řešení, aby nakonec dospěl k tomu nejlepšímu, s ohledem na omezení, která ho ovlivňují. Tím nejhůře překonatelným omezením se pak často stávají náklady. [29]

Konstrukční řešení může být definováno jako upřesnění daného předmětu nebo procesu, u něhož je bráno v úvahu jeho zadání i jednotlivá úskalí. Konstruktér se často zabývá i estetickou stránkou konstrukčního řešení, což je možné brát jako jistou nadstavbu konstruktérství. Obecně platí, že design plní primárně estetickou úlohu, zatímco konstruktérství úlohu funkční. Oba aspekty jsou společně schopny dosáhnout umělecké úrovně, čemuž jsme mnohdy svědky. [29]

V rámci této kapitoly je představena a popsána stěžejní problematika i základní principy týkající se návrhu a konstrukce jednotlivých plastových dílů v rámci praktické části této práce.

3.1 Zásady konstrukce plastových dílů

Tato práce je věnována návrhu a konstrukci především dílů vyrobených z polymerních materiálů. Konstruktér zabývající se návrhem těchto dílů, by měl mít přehled o doporučených zásadách, které je nutno dodržovat při konstrukci plastových dílů. Dále by měl mít základní přehled o zásadách konstrukce vstřikovacích forem a toku polymerního materiálu v dutině vstřikovací formy. Proto v této kapitole bude představen přehled zásadních pravidel konstrukce plastových dílů, které přímo ovlivňují výslednou kvalitu výrobku.

3.1.1 Zásady tvarového řešení plastových dílů

Vzhled a provedení plastových výrobků jsou dány nejen jejich funkcí, ale také způsobem výroby. Jelikož je převážná většina plastových dílů vyráběna vstřikováním, podléhají tyto díly zásadám výroby plastových dílů vstřikováním a s tím souvisejícím tokem materiálu

v dutině vstřikovací formy. Významnou roli poté hrají konstrukční možnosti formy a také druh použitého polymerního materiálu. [31]

Tloušťka stěny

Tloušťka stěny vstřikovaného dílce má významný dopad na mechanickou odolnost, celkový vzhled, zpracovatelnost a ekonomiku dílu. Optimální tloušťka stěny se obvykle volí jako kompromis mezi danými požadavky, jako je pevnost a hmotnost nebo trvanlivost a náklady. Často jsou ke zvýšení tuhosti dílů využity konstrukční prvky, kterými jsou např. žebra, zakřivení či zvlnění. Tyto prvky jsou schopny zvýšit tuhost dílu při mírném zvýšení hmotnosti, doby výrobního cyklu a materiálových nákladů. Důraz na tloušťku stěny je brán i v souvislosti s délkou tečení polymerní taveniny. Kdy se zohledňuje vzdálenost mezi místem, kde tavenina vstupuje do dutiny formy a posledním místem, které tavenina plasty vyplní. Na což má vliv i měnící se tloušťka stěny. Cílem je udržet rovnoměrnou tloušťku stěny, vyhnout se častým změnám tloušťky stěn a eliminovat místa, kde sousedí nižší a vyšší tloušťka stěny. [30] [31] [33]

Žebrování

Žebra u vstřikovaných dílů mohou plnit několik funkcí. Mohou zvýšit pevnost a tuhost bez nutnosti navýšení tloušťky stěny, ale také mohou zajistit polohu dílu při montáži, zaručit lícování dílů nebo tvořit dorazy či vedení pro další díly. [30] [33]

Správný návrh žebra se odvíjí od několika parametrů. Jedním z těchto parametrů je tloušťka žebra. Pokud je zvolena příliš velká tloušťka, dochází ke vzniku propadlin na protilehlém povrchu, ke kterému je žebro připojeno. Naopak malá tloušťka žebra může způsobovat komplikace se zaplněním dutiny žebra taveninou. Tloušťka žebra se volí dle doporučení, ve vztahu k tloušťce stěny vstřikovaného dílu. Pro snadné odformování výrobku jsou žebra opatřena úkosem, pro optimální plnění poté opatřena rádiusy. [30] [33]

Výztuhy

Výztuhy jsou speciálním typem žebrování. Stejně jako u žebrování, jsou výztuhy navrhovány ve vztahu k tloušťce stěny, k níž přiléhají. Tento prvek je nejčastěji používán jako zpevnění komínků. Při navrhování výztuh je nutno počítat s tím, že je potřeba zajistit jednoduché odformování výrobku a zároveň předcházet uzavírání vzduchu v dutině vstřikovací formy, kde je umístěna výztuha. [30] [31]

Ostré rohy

Vstříkovaný díl by v zásadě neměl mít ostré hrany a rohy. Tato místa je v dutině formy složitější vyrobit, tavenina polymerního materiálu zde hůř zatéká a také zde dochází ke koncentraci napětí, které má za následek snížení mechanické odolnosti výrobku. Proto se hrany opatřují rádiusy, jejichž velikost se určuje dle poměru rádiusu a tloušťky stěny (R/h). Velký rádius způsobuje velké tloušťky stěn, které mohou způsobovat defekty na výsledném výrobku v podobě propadlin či staženin. Není vhodné všechny hrany opatřovat rádiusy, neboť např. hrany v dělicí rovině vstříkovací formy mohou být obtížně vyrobitelné, což vede ke zvýšení výrobních nákladů vstříkovací formy. [30] [33]

Úkosy

Vstříkované díly se opatřují úkosy z důvodu snazšího odformování výrobku. Úkosy jsou na všech površích rovnoběžných se směrem odformování a jsou na daných stěnách i prvcích použity tak, aby ulehčovaly odformování. Minimální úkos pro většinu materiálů je $0,5^\circ$. Některé prvky, jako např. žebra, výztuhy, komínky se vlivem úkosů zužují směrem ke svému konci. [30] [32]

Na velikost a použití úkosů má vliv geometrie výrobku, materiál výrobku, povrchová úprava formy i vyhazovací systém formy. S výjimkou polymerů na bázi polyuretanu lze říci, že leštěný povrch dutiny formy vyžaduje menší úkosy jako povrch, který má drsnější charakter. U vzhledových dílů s lesklým povrchem jsou naopak vyžadovány úkosy minimálně $2-3^\circ$ z důvodu eliminace vzniku škrábanců, které jsou pro vzhledové díly nežádoucí. [30] [32]

Otvory a jádra

Do této skupiny konstrukčních prvků mohou být zařazena různá zahloubení, otvory, kapsy apod. Jádra mohou ve formě sloužit také jako prvek, který zamezuje velké tloušťce stěny a zajišťuje tak udržet její rovnoměrnou tloušťku. Obecně se dá říci, že jádra tvoří dutinu nebo vybrání ve vstříkovaném výrobku. [30] [31]

3.2 Plastová ozubená kola

Ozubené kolo je strojní mechanická součást, která má po svém obvodu tvarově definované ozubení. Slouží k přenosu mechanické energie z jednoho hřídele na druhý pomocí svého točivého pohybu. Více spolu zabírajících kol tvoří tzv. soukolí. V soukolí dvou ozubených

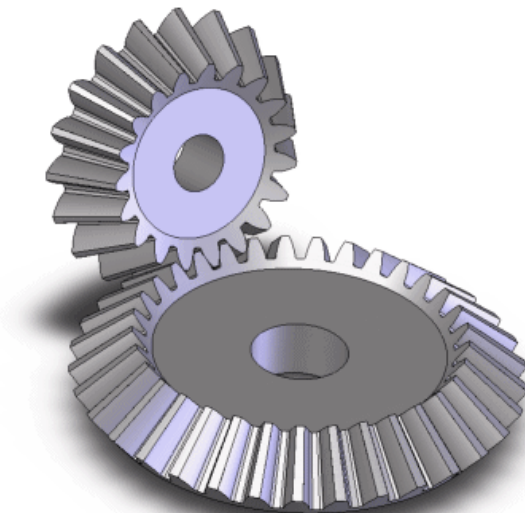
kol, je menší z nich nazýváno pastorek a větší ozubené kolo. Ozubená kola se používají především pro převody se stálým poměrem a malou osovou vzdáleností hřídelů. [34]

Převod pomocí plastových ozubených kol se používá při nižších obvodových rychlostech a k přenosu menších sil. Tyto převody jsou oblíbeny pro svou nízkou hmotnost, rychlou výrobu, nízkou cenu, tichý chod, odolnost proti korozi, tlumení vibrací a rázů. Nejběžnější technologií pro výrobu plastových ozubených kol je vstřikování, jenž disponuje možností levné sériové výroby a geometricky složitých ozubení. [35]

Polymerní materiály pro výrobu ozubených kol by měly disponovat těmito vlastnostmi: vysoká mez únavy materiálu, velká rázová i vrubová houževnatost, otěruvzdornost, malé tření, rozměrovou stabilitu při změnách teploty a vlhkosti. [35]

3.2.1 Kuželová kola

Kuželová soukolí slouží k přenosu kroutícího momentu mezi dvěma různoběžnými hřídeli se společným průnikem os. Úhel sklonu ozubených kol vůči sobě může být různý, nicméně jejich osy nejčastěji svírají úhel 90° . Vzájemný pohyb soukolí je následně vykonáván odvalováním po roztečných kuželech. Zuby kuželových kol mohou být přímé, šikmé, zakřivené a směrem k vrcholu mění své rozměry, zužují se. [36]

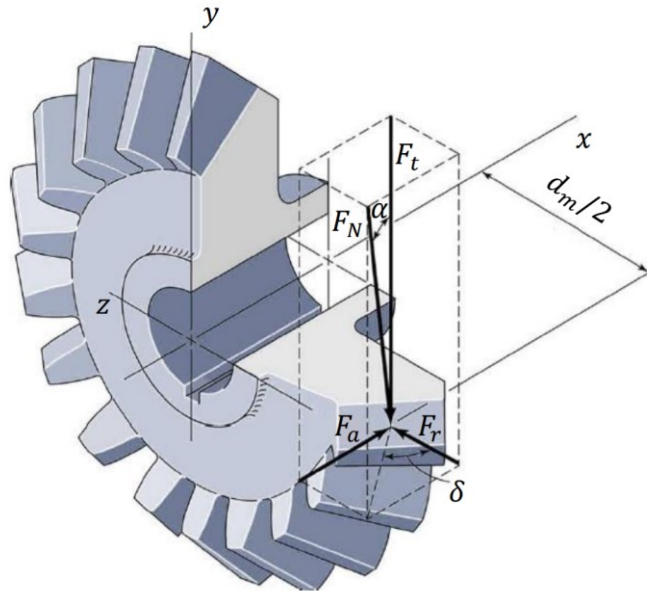


Obr. 23 Kuželové soukolí

Silové poměry kuželových kol

Během zatížení kuželového soukolí je ozubené kolo zatíženo točivým momentem M_t a osamělou silou F_t . Působíště síly se umísťuje do středu zubu na roztečném kuželu. Síla se dále rozkládá do tří složek, na tečnou složku F_t , radiální F_r a axiální F_a . Tento rozklad je

potřebný pro další výpočet. Síly u hnacího a hnaného kola jsou stejně velké, jen opačně orientované. Silové poměry se obvykle řeší u pastorku. U následujících vztahů je pastorek značen indexem 1 a ozubené kolo 2. [36]



Obr. 24 Silové poměry kuželového kola s přímými zuby

Vztah pro kuželový pastorek s přímými zuby:

$$F_t = \frac{2 \times M_{t1}}{d_{m1}} \quad [N] \quad (4)$$

$$F_{r1} = F_t \times \operatorname{tg}(\alpha_t) \times \cos(\delta_1) \quad [N] \quad (5)$$

$$F_{a1} = F_t \times \operatorname{tg}(\alpha_t) \times \sin(\delta_1) \quad [N] \quad (6)$$

$$F_N = \frac{F_t}{\cos(\alpha_t)} \quad [N] \quad (7)$$

Kde:	F_t	Tečná složka síly F	[N]
	M_{t1}	Vstupní točivý moment	[Nmm]
	d_{m1}	Střední roztečný průměr	[mm]
	F_{r1}	Radiální složka síly F	[N]
	α_t	Čelní úhel záběru	[-]
	δ_1	Úhel roztečného kužele	[-]
	F_{a1}	Axiální složka síly F	[N]
	F_N	Normálová síla	[N]

3.3 Pružné spoje – Snap-Fit spoje plastových dílů

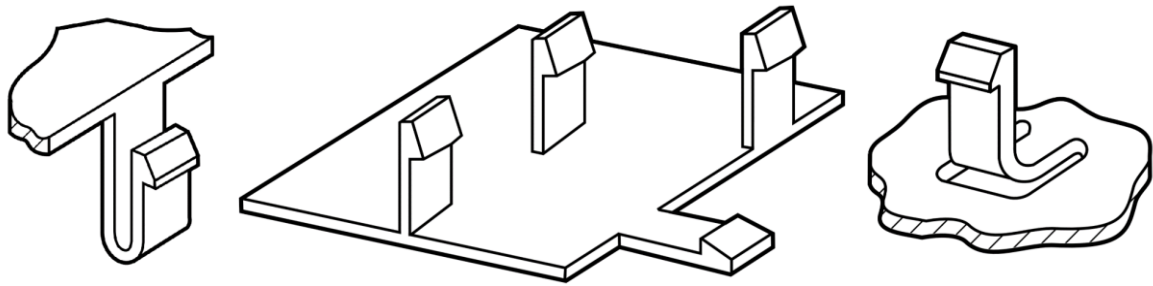
Rychlý, časově i ekonomicky úsporný způsob spojování plastových dílů, který dovoluje širokou škálu provedení a je ho možno použít od jednoduchých až po velmi složité součásti. Díky Snap-Fit spojům je možno spojovat plastové dílce lehce rozebíratelným spojením, ale i spoji které musí vykazovat jistou míru spolehlivosti a tuhosti. Pevnost pružného spoje se odvíjí od použitého materiálu, geometrie a silách které ve spoji působí. Tento druh spojení lze aplikovat u mnoha materiálů, nejčastěji je ale používán u termoplastických polymerů. Termoplastické polymery jsou vhodné pro svou vysokou flexibilitu, poměrně jednoduchou výrobu složitých tvarů, relativně velké prodloužení, nízký koeficient tření, dostatečnou pevnost a tuhost pro splnění požadavků kladených na mechanické vlastnosti spoje. [37] [38]

Výhody použití pružného spoje Snap-Fit.

- Snižuje náklady na montáž plastových dílů.
- Snaha navržení pružného spoje tak, aby byla zajištěna jednoduchá montáž dílů. S tím souvisí i snadná implementace automatizace spojování dílů.
- Jsou navrženy jako nedílná součást daných plastových dílů.
- Eliminuje použití spojovacích elementů, kterými jsou šrouby, matice a podložky.
- Není potřeba plastové díly svařovat ani lepit lepidly.
- Slouží jako rozebíratelná spojení, dílce mohou být spojeny i znovu rozebrány.

Při použití těchto spojů je nutno brát na vědomí.

- Některé konstrukční řešení pružných spojů vyžadují vyšší náklady na nástroj.
- Jsou náchylné k poškození vlivem nesprávného zacházení s dílcem před montáží.
- Na pružné spojení zatíženo napětím působí creep.
- Obtížné navržení hermeticky utěsněných spojení. Nepřesností spoje nebo relaxací materiálu může docházet ke snížení účinnosti těsnění. [37]



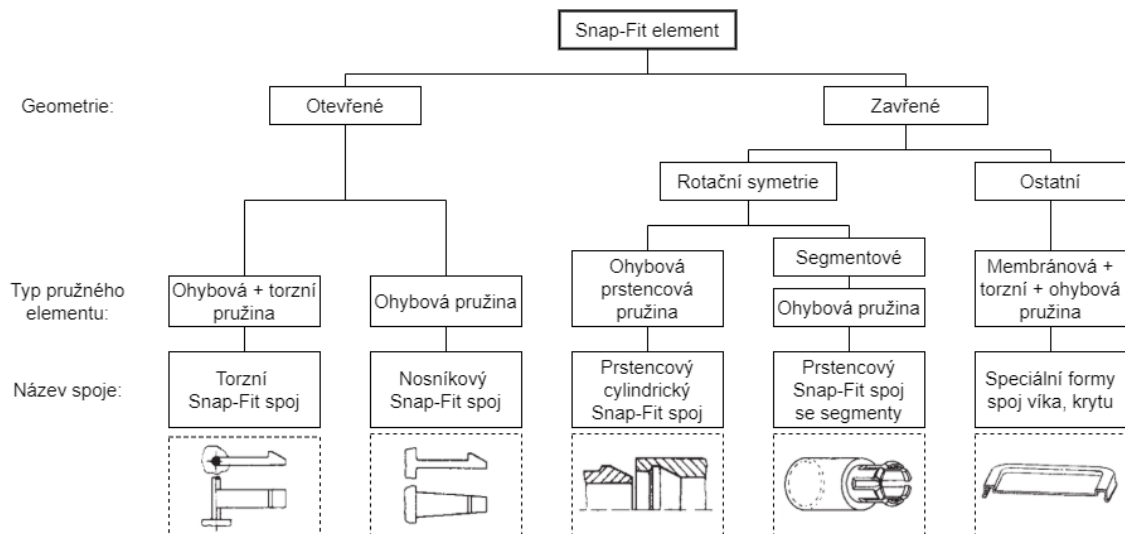
Obr. 25 Typy pružných Snap-Fit spojů [36]

Existuje mnoho konstrukčních provedení Snap-Fit spojů. Všechny varianty ale vykazují určitou vůli mezi spojovanými součástmi, a to především z důvodu výrobních tolerancí jednotlivých dílů. Na uvedených příkladech je možno vidět hlavní odlišnosti některých řešení pružných spojů. Od zvoleného konstrukčního řešení se pak dále odvíjí nutnost použití posuvných čelistí nebo speciálních vyhazovacích kolíků ve vstřikovací formě, což následně zvyšuje cenu nástroje. Nicméně zkušený konstruktér může vhodnou konstrukcí a umístěním spoje, konstrukčním řešením formy nebo jinými úpravami tyto vlivy výrazně minimalizovat. [38]

3.3.1 Typy pružných spojů

Pružné spoje se vyznačují značnou variabilitou svého provedení i geometrie. Všechny provedení však fungují na společném principu. Během procesu spojení dochází ke krátkodobé deformaci jednoho nebo obou pružných členů spojení. Po spojení se deformovaná část vrátí zpět do původního tvaru, bez výraznějších viskoelastických nebo plastických efektů. V případě, kdy je požadováno jednorázové spojení, mohou deformace nabývat relativně vysokých hodnot. Jestliže je vyžadován často rozebíratelný spoj, volí se nižší úroveň deformace a s tím spojené i nižší namáhání pružných elementů. [39]

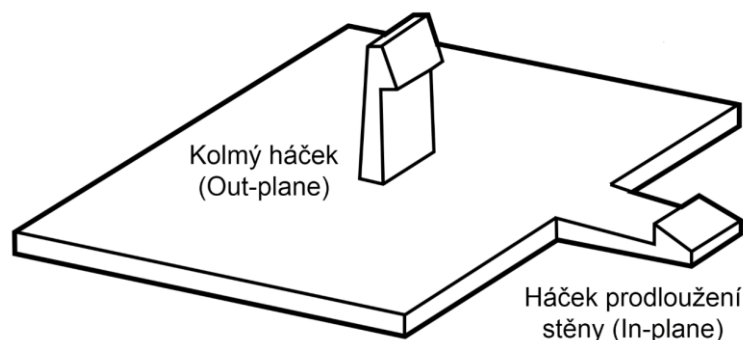
Co do typu, lze Snap-Fit spoje rozlišovat dle nejrůznějších atributů. Nejčastěji jsou tyto spoje klasifikovány na základě geometrických hledisek do jedné ze dvou skupin. Do jedné skupiny se řadí tzv. otevřené háčkové spoje, do druhé pak spoje zavřené, cylindrického nebo jiným způsobem symetrického tvaru. [39] [40]



Obr. 26 Schéma rozdělení Snap-Fit spojů dle geometrie [38]

Háčkový Snap-Fit spoj

Nejčastěji používaným pružným spojem v technické praxi je tzv. nosníkový Snap-Fit spoj, který je také nazýván háčkový spoj. Pro tento typ spojení je typický vetknutý nosníkový prvek, který je zakončen zubem. Tento zub, též nazýván háček je nejprve vychýlen a po přejetí okrajové hrany druhého ze spojovaných dílů zaskočí do své výchozí polohy. Zacvaknutí za hranu druhé součásti zajistí mechanické spojení součástí. Geometrie zubu, konstrukční provedení celého nosníku i prostor kolem spoje výrazně ovlivní, zda bude spoj rozebíratelný či nikoliv. [38] [39]



Obr. 27 Typy háčkových spojů [36]

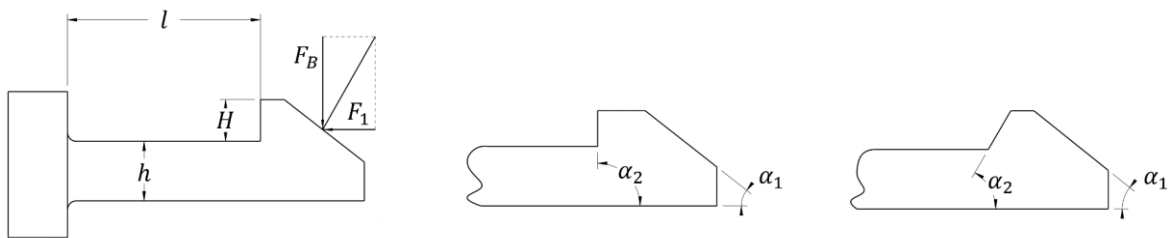
Z uvedených typů háčkových spojů se hojně využívá varianta tvořící prodloužení stěny výrobku (In-plane) nebo varianta vystupujícího háčku kolmo ze stěny výrobku (Out of plane). [38]

Výška zubu nebo také rozdíl mezi vnějším okrajem zubu a vnitřním okrajem díry je označován jako přesah H . Při montáži je háčkový pružný spoj vychýlen o tuto hodnotu:

$$H = L_1 - L_2 \quad [mm] \quad (8)$$

Princip Snap-Fit spoje spočívá v pružné ohybové deformaci nosníku háčku. Úhel sklonu kontaktní plochy α_2 na straně separace je obvykle větší, proto je k demontáži součástí zapotřebí větší síly než pro spojení. Jestliže je snaha demontáži zamezit, volí se separační úhel 90° . K případnému rozebrání spoje je nutný přístup k háčku pro jeho manuální ohnutí, čímž se zajistí demontáž spoje. U snadno rozebíratelných spojů se volí hodnota separačního úhlu $\alpha_2 \leq 45^\circ$ v rozmezí 30 až 45° . [39] [40]

Montážní úhel α_1 , rozměr zubu H a koeficient tření μ mezi danými členy definují požadovanou montážní sílu F_1 . S rostoucím úhlem α_1 také narůstá hodnota montážní síly. Velký montážní úhel ($\alpha_1 \geq 45^\circ$) a velký koeficient tření mohou zamezit možnosti spojení dílů. Doporučená hodnota montážního úhlu se pohybuje v rozmezí 15 až 30° . [41]



Obr. 28 Základní veličiny háčkového Snap-Fit spoje

Únosnost pružných háčkových spojů, za předpokladu krátkodobého zatížení, závisí na několika aspektech. Jedním z hledisek ovlivňující únosnost spoje jsou mechanické vlastnosti použitého polymerního materiálu, především sečný modulu pružnosti E_s . Dále se odvíjí od konstrukčního řešení háčku, tloušťce stěny, výšky přesahu H , separačního úhlu α_2 . Únosnost je následně definována jako síla F_2 potřebná k demontáži spoje, která směřuje opačným směrem než síla montážní a zároveň jejím působením nenastane rozpojení a oddělení dílů. [41]

Montážní síla F_1 a síla potřebná k demontáži F_2 se spočítá dle daného vztahu:

$$F_{1,2} = \frac{3H \times E_s \times J}{l^3} \times \frac{\mu + \tan \alpha_{1,2}}{1 - \mu \times \tan \alpha_{1,2}} \quad [N] \quad (9)$$

Kde:	H	Výška přesahu	[mm]
	E_s	Sečný modul pružnosti	[N/mm ²]
	J	Kvadratický moment průřezu	[mm ⁴]
	l	Délka háčkového spoje	[mm]
	μ	Koeficient tření	[-]
	α_1	Montážní úhel	[°]
	α_2	Separční úhel	[°]

Cylindrický Snap-Fit spoj

Tento spoj se obvykle skládá z válcové části s vnějším prstencovým okrajem, který zajišťuje zacvaknutí, a protikusu, který je opatřen obvodovým osazením, do něhož je prsteneц zacvaknut. Obecně je válcový prvek tzv. hřídel považován za tuhý člen a náboj za člen elastický. Proměnná H u válcových pružných spojů značí celkovou přípustnou diametrální interferenci. [37]

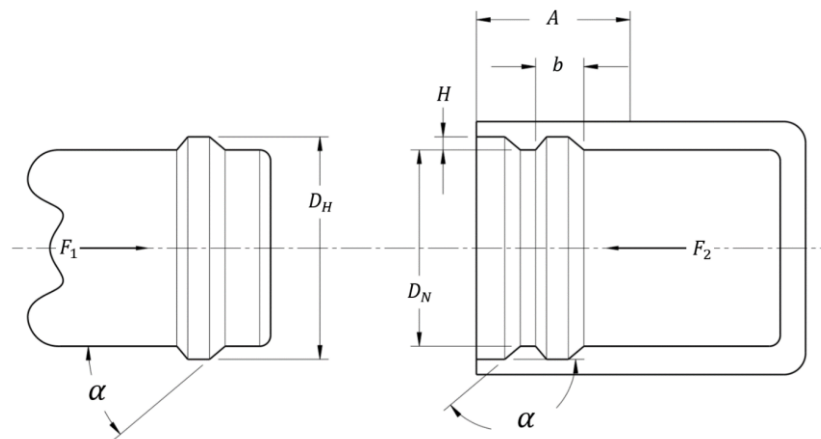
$$\varepsilon = \frac{D_N - D_H}{D_H} = \frac{H}{D_H} \quad [\%] \quad (10)$$

Kde:	D_H	Vnější průměr hřídele	[mm]
	H	Rozdíl průměrů	[mm]
	ε	Poměrné prodloužení	[%]
	D_N	Vnitřní průměr náboje	[mm]

Rozdíl mezi největším průměrem hřídele a nejmenším průměrem náboje je označen jako přesah H .

$$H = D_N - D_H \quad [mm] \quad (11)$$

Montážní síla cylindrického spoje nelze jednoznačně určit, jako u háčkových nosníkových spojů, ale lze pouze odhadnout přibližným výpočtem. To je zapříčiněno nepředvídatelným rozdělením deformací hřídele a náboje. Velikost deformace se odvíjí od tloušťky stěn obou částí a výšky přesahu H . [37]



Obr. 29 Základní veličiny cylindrického Snap-Fit spoje

Pro hrubý odhad montážních sil válcového Snap-Fit spoje, je zapotřebí nejprve spočítat geometrický faktor K . Tento výpočet předpokládá s tuhou hřídelí, z čehož vyplývá, že veškerá deformace probíhá na náboji. Tedy přesah H bude spotřebován deformací náboje. [37]

Vztah pro geometrický faktor K jako poměr průměrů D_N/D_H :

$$K = \frac{\left(\frac{D_N}{D_H}\right)^2 + 1}{\left(\frac{D_N}{D_H}\right) - 1} + 1 \quad [-] \quad (12)$$

Pro spojovací tlak platí následující vztah:

$$p = \frac{0,5H}{D_N} \times E_s \times \frac{1}{K} \quad [Nmm^{-2}] \quad (13)$$

Dosazením faktoru p do následující rovnice, mohou být dopočítány montážní síly:

$$F = p \times \pi \times D_N \times 2b \left(\frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \times \tan \alpha} \right) \quad [N] \quad (14)$$

Kde:	D_H	Vnější průměr hřídele	[mm]
	H	Rozdíl průměrů	[mm]
	ε	Poměrné prodloužení	[%]
	D_N	Vnitřní průměr náboje	[mm]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavní zásady pro vypracování diplomové práce:

- vypracujte literární studii na dané téma,
- navrhňte 3D modely jednotlivých dílů sestavy,
- proveďte konstrukci sestavy s ohledem na vyrobiteľnosť,
- vypracujte kontrolní analýzy a výpočty vybraných dílů,
- zhotovte výkres sestavy.

V rámci kooperace se společností Varroc Lighting Systems s.r.o. byly doplněny a upřesněny některé konstrukční požadavky na seřizovací koncept přední lampy automobilu.

Hlavními požadavky společnosti jsou:

- minimální možný počet dílů sestavy seřizovacího mechanismu,
- minimální možná hmotnost celé sestavy,
- maximální pevnost jednotlivých dílů sestavy z důvodů neustále se zpříšňujících zátěžových testů světloometů,
- minimální zástavbový prostor seřizovacího systému v rámci vnějšího i vnitřního zástavbového prostoru světloometu,
- minimální vůle ve všech spojeních sestavy,
- snadné spojení dílů sestavy,
- vyrobiteľnosť navržených dílů sestavy,
- zajištění těsnosti v místě průchodu pohybového šroubu stěnou tělesa světloometu.

5 POUŽITÝ SOFTWARE

V rámci návrhu seřizovacího konceptu přední lampy automobilu byl použit tento software.



Obr. 30 Použitý software

5.1 CATIA V5R29

Při návrhu jednotlivých dílů i celých sestav byl použit software CATIA V5R29 od francouzské společnosti Dassault Systèmes. Jedná se o integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování, simulací i výroby. Software také disponuje modelováním plošných povrchů, díky čemuž mohou vznikat výrobky téměř jakéhokoliv tvaru. Možností použití velkého počtu modulů a pracovních prostředí se snižuje potřeba fyzických prototypů, čímž se zkracuje vývoj nových produktů a zároveň snižují náklady a zvyšuje kvalita konečného produktu. Systém CATIA je používán v letectví, v automobilovém průmyslu, výrobci lodí, pneumatik a mnozí další. Významnými společnostmi používající tento software jsou např.: Boeing, Airbus, Audi, BMW, Daimler, Ford, Porsche, Škoda Auto, Volkswagen a další. [42]

5.2 Siemens NX 12.0

Pro odladění některých konstrukčních řešení a dílů byl zvolen program NX 12.0 (dále jen „NX“) od společnosti Siemens. Software je schopen zajistit celý vývoj produktu, a to od návrhu, přes výpočty, analýzy, simulace až k modelování sestav, tvorbě výkresové dokumentace i programování NC obráběcích a měřících strojů. [43]

5.3 Autodesk Moldflow Synergy 2016

V rámci analýzy některých dílů byly výrobky podrobeny simulaci vstřikování plastů. K predikci a vyhodnocení výsledků byl použit CAE software Moldflow Synergy 2016 (dále jen „Moldflow“) od společnosti Autodesk. Výpočetní aplikace je schopna simulovat tok polymeru v dutině vstřikovací formy, chlazení nástroje, smrštění a deformace vzniklého výrobku a mnohé další. Na základě výsledků tokových analýz mohl být optimalizován technologický design dílů. [44]

5.4 MITCalc

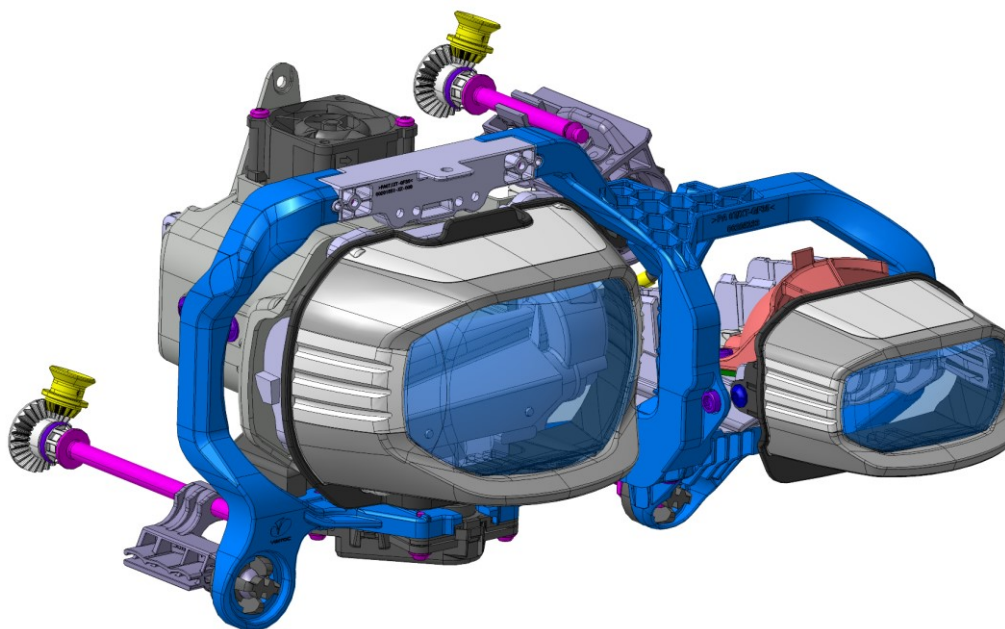
Při návrhu soukolí, bylo nutno správně navrhnout a spočítat ozubení malého i velkého ozubeného kola. Byl použit systém MITCalc pracující v prostředí Microsoft Excel. Jedná se o sadu strojírenských, průmyslových a technických výpočtů, které nabízí řešení technických problémů. MITCalc zároveň umožňuje propojení s některými 3D CAD systémy. [45]

5.5 Autodesk Inventor Professional 2019

Inventor od společnosti Autodesk je jedním z programů umožňující spolupráci s MITCalc. Během návrhu ozubení bylo pomocí Inventor Profesional 2019 (dále jen „Inventor“) navrženo a kontrolním výpočtem ověřeno ozubení soukolí. Software dále umožňuje návrh 3D dílů, sestav, tvorbu 2D výkresové dokumentace, animace, vizualizace, simulace a mnohé další funkce. [44]

6 ÚVOD DO PROBLEMATIKY, VÝVOJ PRODUKTU

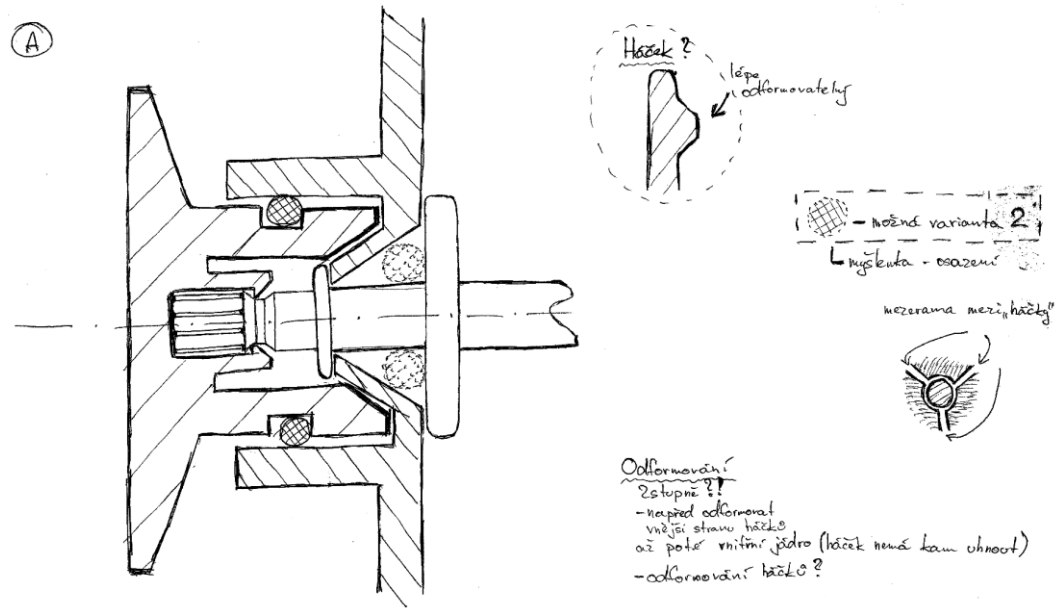
Diplomová práce je zaměřena na návrh seřizovacího konceptu přední lampy automobilu, který bývá také označován jako seřizovací či nastavovací systém světlometu. Pro daný mechanismus je charakteristický pohybový šroub a přenášení kroutícího momentu pomocí ozubení. Vzhledem k flexibilitě designu si každý výrobce světlometů navrhuje tento systém sám. Jednotlivé systémy si jsou často velmi podobné a pracují na takřka stejném principu. Cílem konkrétního výrobce je použít jeden typ seřizování v rámci celého portfolia světlometů. Daný seřizovací mechanismus tedy musí být schopen nastavit velký reflektor světlometu kamionu, AFS xenonový modul, ale i běžný LED modul osobního automobilu. Mohlo by se zdát, že na první pohled menší LED technologie budou mít i nižší hmotnost. Opak je ale pravdou. LED zdroje světla jsou totiž osazeny velkými chladiči, neboť LED diody vytváří poměrně velké množství tepelné energie. Seřizovací systém proto musí být robustní, aby dokonale udržel tyto poměrně těžké, nejčastěji hliníkové chladiče. Zároveň nastavení světlometu nesmí příliš zvyšovat váhu a zabírat zástavbový prostor světlometu. Nutností jsou také minimální vůle a zamezení vzniku hystereze, neboť tyto vlivy by mohly výrazně ovlivnit stálost světelné stopy nebo změnu jejího rozhraní v závislosti na čase.



Obr. 31 Seřizovací systém modulu světlometu

Před zahájením prací na daném projektu, bylo odborníky pouze nastíněno, jak by měl daný systém pracovat, co je jeho cílem a konstrukční požadavky zadavatele. Zde je uvedeno několik požadavků: zachování co nejmenšího počtu dílů, zajištění co nejmenší vůle dílů

i spojení, odolnost vůči zátěžovým zkouškám světlometů, zajištění dokonalé těsnosti systému a mnohé další. Tyto strohé informace byly zadány z důvodu co nejmenšího ovlivnění konstruktérova myšlení a tím i budoucích návrhů. Bylo tak zajištěno, že návrhy nebudou nijak ovlivněny dosavadními řešeními nebo konkurenčními produkty. Prvotní fáze přinesla několik skic návrhů, které byly následně konzultovány a z nichž vzešlo rozhodnutí, jakým směrem se bude nadále konstrukce ubírat.



Obr. 32 Prvotní návrhy inovace seřizovacího konceptu přední lampy automobilu

Jelikož se tato práce zaměřuje na vývoj již existujícího produktu, bylo nezbytné více poznat stávající seřizovací systém používaný ve společnosti Varroc Lighting Systems, ale i konkurenční řešení. Tato fáze vývoje by mohla být nazvána jako benchmarking. Jedná se o proces poznání a porovnávání produktů, především konkurenčních společností. Získané znalosti následně mohou inspirovat nebo napovědět co je již patentově chráněno a tedy, jakým směrem by se konstruktér neměl ubírat. Protože se seřizovací koncept skládá z několika komponent, bylo nutné každý díl jednotlivě analyzovat. Zkoumanými aspekty byly především výrobitelnost a správná funkce. Tento rozbor byl proveden i v rámci benchmarkingu, čímž byly zjištěny silné a slabé stránky konkurenčních řešení. Nabyté poznatky následně sloužily jako inovační inspirace, což nabízí potenciální příležitost ke zlepšení oproti konkurenci.



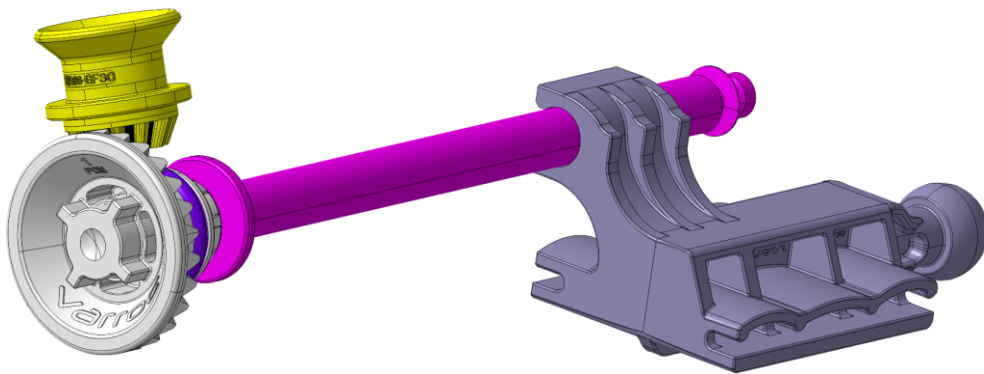
Obr. 33 Sestava seřizovacího konceptu

Aby mohl vzniknout návrh výsledného produktu, musely být získány znalosti týkající se rozdílů a podobností v možnosti upevnění a zafixování celého seřizovacího systému v tělese světlometu. S těmito informacemi bylo nadále naloženo při hledání alternativ spojení jednotlivých dílů. V rámci celého vývoje produktu byly veškeré kroky konzultovány s odborníkem na danou oblast. Vzájemné prolínání inovativních nápadů spolu se zkušenostmi odborníka byly velmi přínosné a pomohly zajistit pohled na danou problematiku z jiné perspektivy. Tímto byl také zajištěn objektivní přístup k samotné konstrukci dílčích součástí.

V následující kapitole je popsán stávající seřizovací systém světlometů, používaný společností Varroc Lighting Systems (dále jen „VLS“), na kterém jsou představeny jeho dílčí komponenty. Toto již detailnější zkoumání jednotlivých dílů systému má za úkol lepší pochopení problematiky seřizovacího konceptu. Následující kapitoly popisují inovační návrhy, které byly analyzovány a prodiskutovány s odborníky.

7 STÁVAJÍCÍ SEŘIZOVACÍ SYSTÉM

Seřizovací mechanismus světlometů, i jeho dílčí komponenty, řadí výrobci světelné techniky do velké skupiny standardních dílů. Dle potřeby, se následně konstruktéři světlometů uchylují k použití konkrétních standardních dílů, což urychluje vznik nového světlometu. Důležitou roli poté hraje velikost daného mechanismu, poloha upevňovacích bodů a rozvržení zástavby v tělese světlometu.



Obr. 34 Stávající seřizovací systém

Dosavadní seřizovací systém používaný ve světlometech VLS disponuje mnoha přednostmi. Velkou předností oproti konkurenci je malý počet dílů, z něhož se sestava skládá. Tato skutečnost je zapříčiněna spojením dílů šroubu a pohybového šroubu, které je při montáži použito. Spojení je zajištěno nalisováním ozubeného kola na drážkovanou část pohybového šroubu. Drážkování zároveň zajišťuje přenos otáčivého pohybu, tedy kroutícího momentu. Malý počet použitých dílů urychluje montáž, snižuje hmotnost sestavy a splňuje požadavky na malý zástavbový prostor v tělese světlometu. Tento systém zároveň vyhovuje přísným požadavkům na těsnost, rozměrovou přesnost a vliv hystereze. Systém je také v souladu s legislativními požadavky a je ho možno použít pro více trhů, jako např. evropský, asijský i USA.

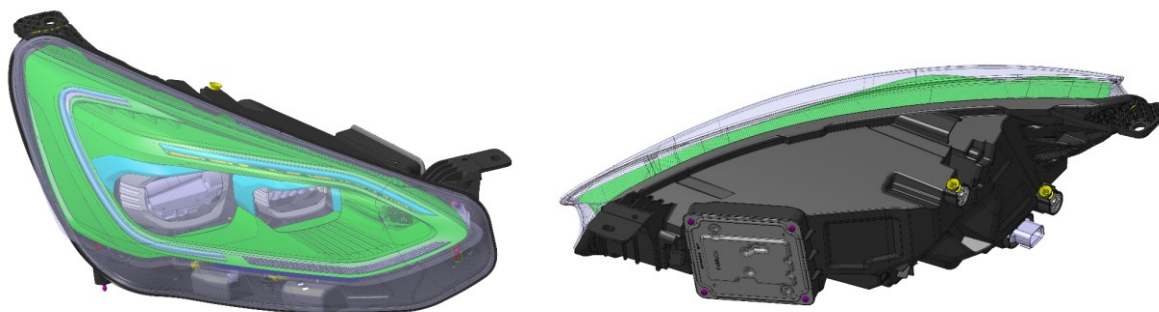
Důvody, vedoucí k myšlence inovace stávajícího seřizovacího systému, spočívaly v montáži daného systému do světlometu. Jelikož je k montáži zapotřebí stroj, který zajistí nalisování ozubeného kola na pohybový šroub a tím i fixaci celého mechanismu v tělese světlometu, je snahou tento stroj eliminovat. Cílem je tedy jednoduchá montáž, kterou zvládne i operátor výroby. Společně s myšlenkou inovace tohoto mechanismu vzešlo mnoho dalších nápadů a návrhů, jenž byly dále řešeny a některé z nich jsou také představeny v další části této práce.

7.1 Popis zkoumaných dílů

Během studia problematiky zabývající se nastavením světlometů, bylo nutno zjistit funkci všech prvků, z kterých je dosavadní seřizovací systém složen. Pro správný návrh nového systému je nutno znát, jak jednotlivé komponenty pracují, tak i důvod jejich použití. Jelikož dosavadní systém nevykazuje žádné zásadní problémy je snaha zachovat pokud možno veškeré výhody a odstranit drobné nedostatky. Ty vznikají neustále se zpřisňujícími zákaznickými testy, vyšší vahou světelných modulů, citlivostí na přesnou montáž a nevyhovujícím designem ozubení současného řešení.

7.1.1 Malé ozubené kolo – pastorek

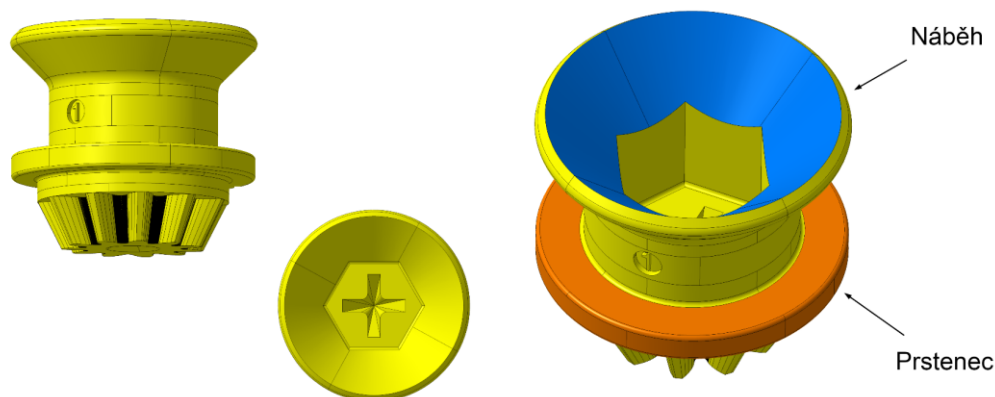
Tento prvek, nejspíš jako jediný, je nejlépe známý běžnému uživateli vozidla. Při otevření kapoty osobního automobilu a zaměření se na prostor, v němž je upevněn světlomet, lze tento díl zahlédnout. Umístění tohoto dílu, tedy i seřizovacího elementu, není legislativně předepsán, proto se může stát, že ho u některých světlometů budete chvíli hledat. Snahou výrobců světlometu je tento prvek umístit co nejdostupněji, pro případ potřeby seřízení světlometu a také vizuálně zviditelnit pro rychlejší nalezení tohoto nastavovacího bodu. V důsledku zviditelnění je tento díl ve společnosti VLS vyráběn ve žlutém nebo světle žlutém zbarvení, které vyniká v obvykle černém tělese světlometu.



Obr. 35 Světlomet s viditelnými body pro jeho seřízení

Malé ozubené kolo – pastorek má tři části, které jsou zkoumány v rámci konstrukčního návrhu této práce. Tyto tři prvky jsou zároveň důležité pro správnou funkci dílce. Jedna z částí, jež je důležitá i pro osobu seřizující světlomet, je osazení připomínající hlavu šroubu, do něž se vkládá nářadí, které následně otáčí celým soukolím. Standardně je používáno šestihranné osazení, doplněno křížem pro možnost nastavení světlometu i pomocí křížového šroubováku. Tato část je obvykle doplněna i rozšířením tvořící náběh, který zajišťuje snadnější zasunutí nástroje do osazení. Dalším řešeným prvkem je prstenec zajišťující fixaci

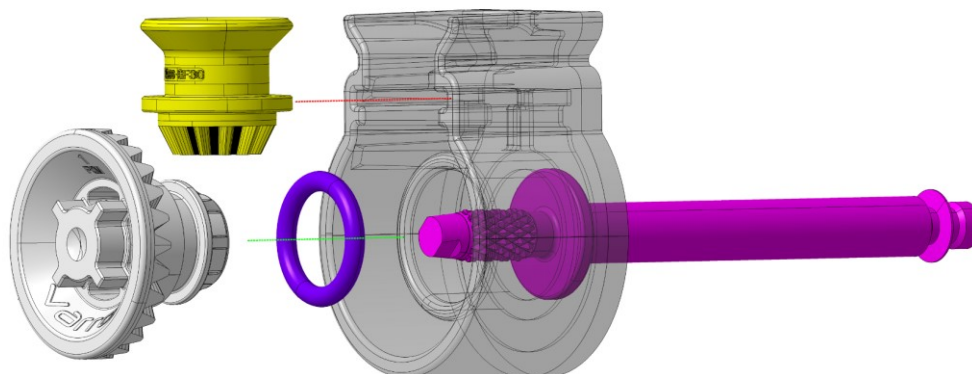
celého systému v ose Z. Malé ozubené kolo je vsunuto do tělesa světlometu, které ho fixuje v ose Y a díky prstenci i v ose Z. K zajištění v ose X dochází nalisováním velkého ozubeného kola na pohybový šroub. Třetí zkoumaná část je šikmé ozubení, které má za úkol přenášet otáčivý pohyb získaný z nářadí na velké ozubené kolo. Ozubení je dimenzováno dle vznikajících sil v soukolí a je navrženo tak, aby byl zajištěn bezproblémový chod a životnost celého soukolí.



Obr. 36 Malé ozubené kolo seřizovacího systému

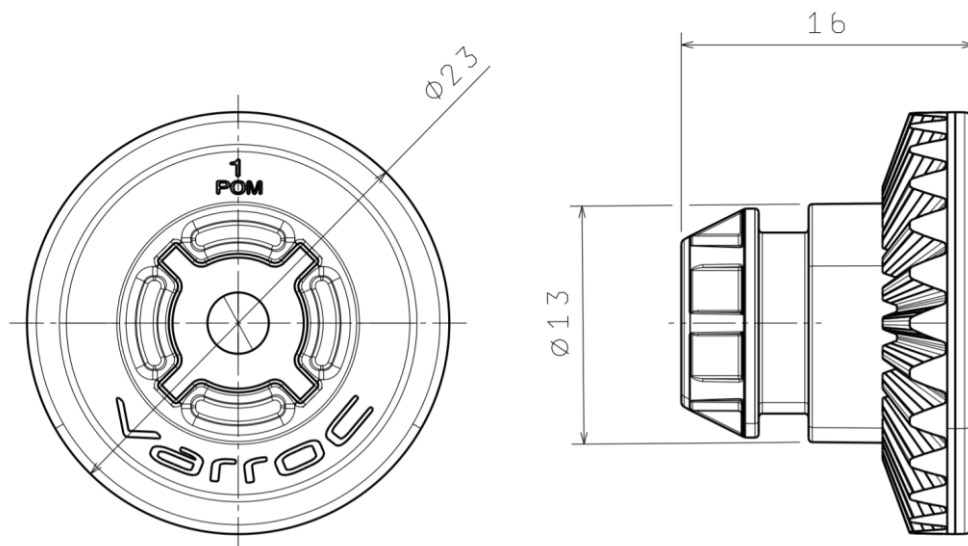
7.1.2 Velké ozubené kolo

Velké ozubené kolo spolu s pastorkem patří mezi díly, které se nachází z vnějšku světlometu. Společně s těsněním tvoří podsestavu celého seřizovacího systému. Těsnění je při montáži již nasazeno na velké ozubené kolo. Funkci těsnění zajišťuje o-kroužek z termoplastického elastomeru, který těsní prostor mezi velkým ozubeným kolem a osazením tělesa světlometu. Zmíněné osazení je jedním ze dvou konstrukčních prvků, kterými musí být těleso světlometu osazeno pro správnou funkci seřizovacího systému.



Obr. 37 Vnější díly seřizovacího mechanismu

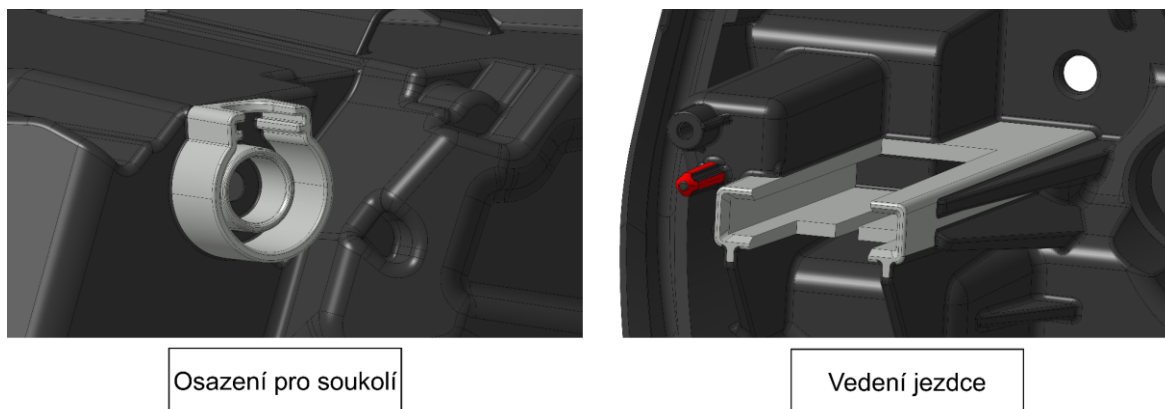
Samotné ozubené kolo má tři hlavní části, které jsou pro následující inovaci důležité. První zkoumanou a nejdůležitější částí je díra s úkosem, která zajišťuje dokonale pevné spojení ozubeného kola a pohybového šroubu společně s přenosem kroutícího momentu. Během životního cyklu produktu nesmí dojít k protočení ozubeného kola na pohybovém šroubu. To je zajištěno rádlováním na konci šroubu. Další zkoumanou částí je kuželové ozubení, které přenáší otáčivý pohyb pastorku na otáčivý pohyb ozubeného kola. U soukolí je především důležité, aby nedocházelo k přeskokování jednotlivých zubů nebo případnému opotřebení zubů či jejich ulomení. Třetí zkoumanou oblastí je umístění těsnění. Konkrétně se jedná o tvar a rozměry drážky, v níž je těsnění osazeno. Drážka je navržena dle tabulkových hodnot, odvíjejících se od rozměru těsnění. Hlavní rozměry ozubeného kola jsou vyneseny na obr. 38.



Obr. 38 Velké ozubené kolo – současný seřizovací systém

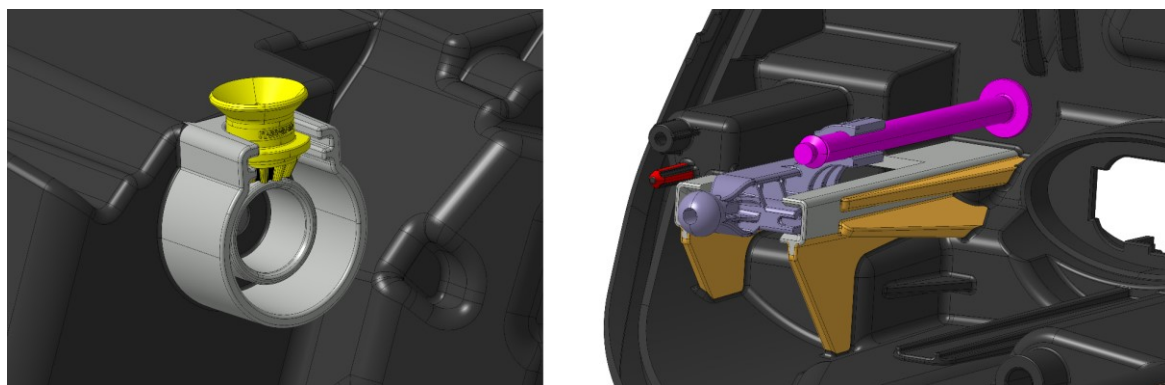
7.1.3 Těleso světlometu

Jelikož seřizovací systém spadá do skupiny standardních dílů, osazuje se i těleso světlometu standardními konstrukčními prvky pro správnou montáž i funkci seřizování. Tyto prvky jsou již vymodelovány a konstruktér je pouze umístí dle potřeby do daného tělesa světlometu. Konkrétně se jedná o uložení soukolí, které je umístěno z vnějšku tělesa světlometu a o vedení pro jezdce, které je umístěno uvnitř světlometu.



Obr. 39 Prvky osazení pro soukolí a vedení jezdce

Vnější prvek je mimo jiné osazení, do něhož zapadá malé ozubené kolo, čímž je současně zafixováno v ose Y i v ose Z. Uložení soukolí plní funkci dutiny, do níž je vsunuto velké ozubené kolo s těsnicím o-kroužkem, které společně s profilem osazení těsní prostup skrz těleso světlometu. Druhým prvkem je těleso světlometu osazeno uvnitř. Jedná se o vedení, do něhož je během montáže nasunut jezdec. Toto vedení vymezuje pohyb jezdce pouze v ose X. Umístění vedení je ve směru osy X a může být jakkoliv rotováno kolem osy pohybového šroubu v závislosti na místě a konstrukčním řešení uvnitř světlometu.



Obr. 40 Prvky tělesa světlometu osazené seřizovacími komponenty

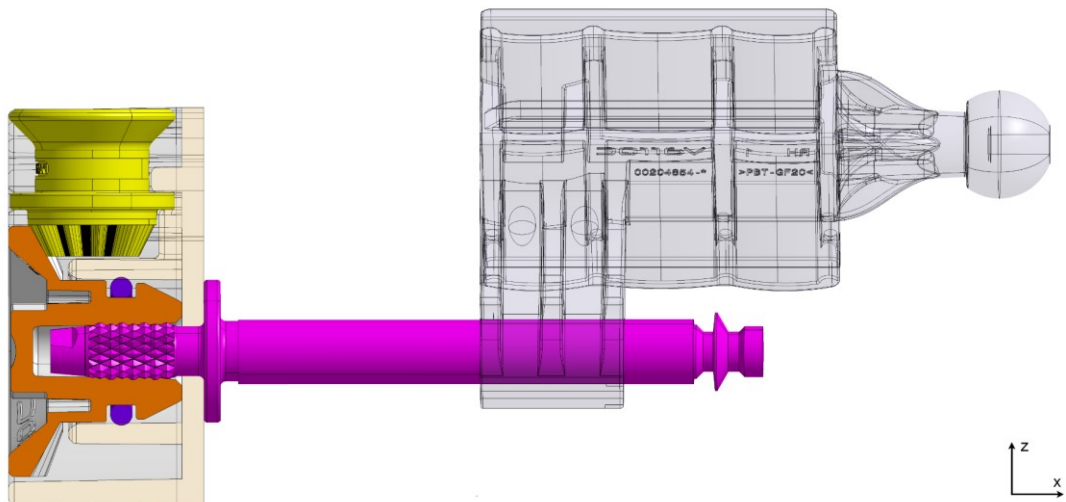
7.1.4 Pohybový šroub

Pohybový šroub je jako jeden z mála použitých komponent ocelový. Pokud je brána v potaz pouze zkoumaná sestava seřizovacího systému, jedná se o jediný ocelový prvek. Není to však pravidlem, někteří výrobci světlometů vyrábí tento díl z plastu. Tento komponent, jako jediný díl seřizovacího konceptu prochází skrz těleso světlometu a společně se stěnou tělesa světlometu i velkým ozubeným kolem zajišťuje fixaci celého systému v ose X.



Obr. 41 Pohybový šroub bez vymodelovaného závitu

Pohybový šroub je specifický pro svou variabilitu délek. V rámci VLS se vyrábí v mnoha délkách dle potřeby pro jednotlivé světlometry. Na popis produktu to však nemá vliv, neboť u jednotlivých délek dochází pouze k prodloužení závitové části. U tohoto dílu jsou zkoumány tři hlavní části. První částí je zakončení šroubu, na kterém je nalisováno velké ozubené kolo. Tato část je rádlovaná z důvodu zamezení pootočení ozubeného kola kolem osy šroubu. Tím je zajištěn přenos krouticího momentu. Druhou zkoumanou částí je závit šroubu. Jedná se o oblý závit, který umožňuje přeskokování spojky jezdcé po závitě. Přeskočení spojky slouží jako bezpečnostní prvek při dojetí jezdcé do krajní polohy závitu. Je tak zajištěno, že nedojde ke stržení závitu na plastové spojnici jezdcé. Zároveň spojka vydává akustický signál při dosažení krajní polohy seřízení. Poslední zkoumaná oblast je zakončení šroubu s dorazem na konci závitu. Tento doraz plní již zmíněnou bezpečnostní funkci a je zkoumán především z důvodu vyrobitelnosti.



Obr. 42 Uložení pohybového šroubu v sestavě

8 INOVACE SEŘIZOVACÍHO SYSTÉMU

Již v předchozí kapitole bylo uvedeno, že před zahájením prací na konstrukčních návrzích nového seřizovacího konceptu, byly známy pouze nejdůležitější informace potřebné k přípravě prvotních skic. Konstruktor tak mohl přijít s širokým spektrem nápadů podpořených kreativním myšlením, které nebyly ovlivněny přílišnou znalostí problematiky. Výsledkem prvotní fáze bylo několik nápadů a stanovení cílů, jejichž směrem by se měl seřizovací koncept ubírat a které by měly být v rámci praktické části této práce splněny.

Před vznikem níže popsaných variant bylo nejprve nutno zvážit, zda neexistuje jiná možnost, jak by mohl být světlomet seřizován. Postupně byly prodiskutovány různá řešení a použití jiných typů mechanismu k nastavení světlometu. Po zvážení kladů a záporů jednotlivých variant bylo usouzeno, že dosud používaný mechanismus je nejlepší z navrhovaných mechanismů a nastane pouze jeho inovace.

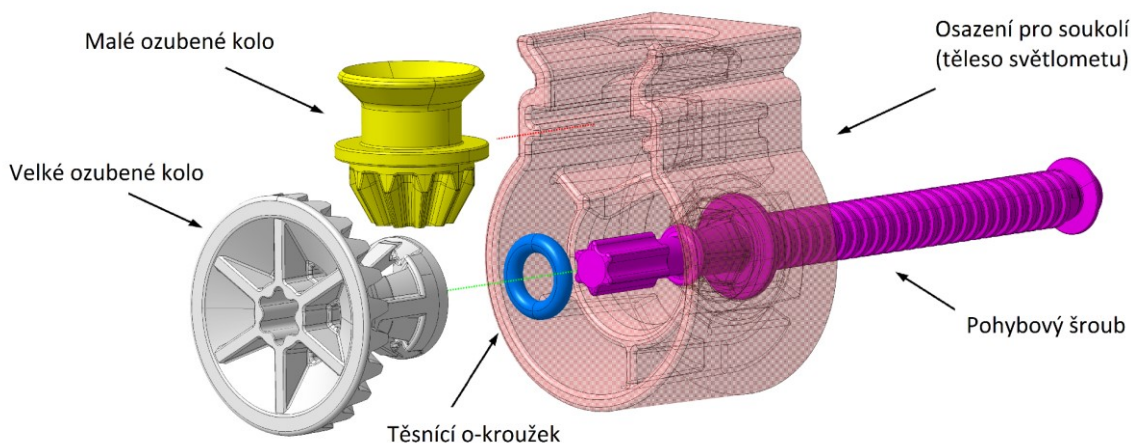
V rámci této práce byly vytvořeny 2 konstrukční návrhy. Prvního konstrukčních návrhů byl vyvíjen takřka od nuly. Myšlenky a nápady byly nejprve přeneseny na papír a následně, dle skic, vznikaly první 3D modely. Druhý konstrukční návrh již vycházel ze zkušeností získaných při tvorbě konstrukčního návrhu 1.

8.1 Konstrukční návrh 1

Činnost zaměřená na návrh dílčích komponent byla především o diskusi a řešení detailů celého konceptu, jednotlivých dílů, jejich výroby ale i montáže. Návrh byl proveden v rámci společnosti VLS, což bylo příznivé především díky možnosti rychlé zpětné vazby či reakce v případě vzniku nejasností. Mezi hlavní úskalí celého projektu patřilo zajištění minimálních vůlí ve všech spojeníh celé sestavy, nutnost bezproblémového spojení vybraných dílů, výrobitelnost dílů a utěsnění otvoru v tělese světlometu, jímž prochází pohybový šroub mechanismu.

Návrh a vizualizace dílců i celé sestavy probíhal v CAD softwaru CATIA V5. Vznikly tak 3D modely, díky kterým bylo usnadněno pochopení nových konstrukčních myšlenek, což výrazně urychlilo i usnadnilo řešení problémů během konzultace s odborníky.

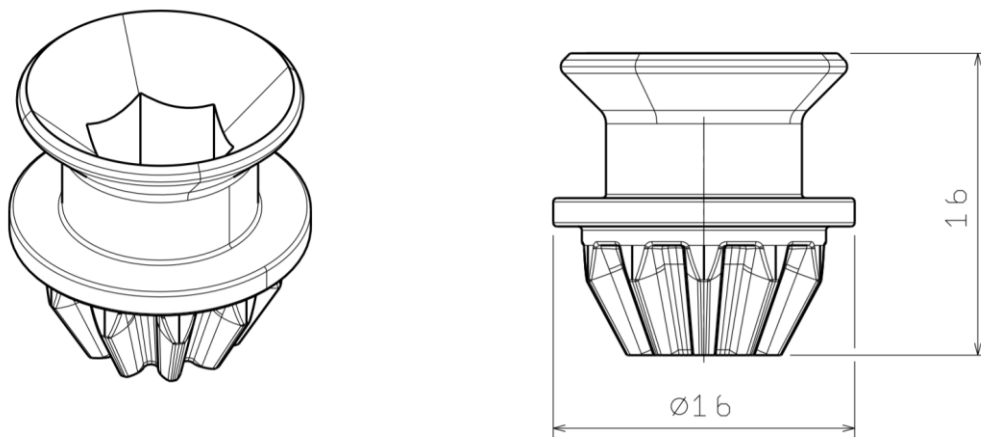
V této kapitole jsou podrobně popsány jednotlivé díly prvního konstrukčního návrhu seřizovacího konceptu. Pro tuto sestavu je charakteristické spojení pomocí pružného spoje, který po montáži do tělesa světlometu není možné vidět. Spojení je tedy nerozebíratelné, což není bráno jako nevýhoda tohoto konceptu.



Obr. 43 Konstrukční návrh 1

8.1.1 Malé ozubené kolo – pastorek

Tento díl je podobný dílu používaném v současném seřizovacím systému. Samotná inovace dílu se odvíjela od velikosti a konstrukce velkého ozubeného kola. Naopak rozměry uložení pro soukolí, které se umísťuje zvnějšku světlometu, se odvíjely od malého ozubeného kola. Rozměry uložení se v rámci inovace a souvislosti s malým ozubeným kolem příliš neměnily, neboť dosavadní uložení je již odzkoušeno a odladěno jak při zkušebních testech, tak v běžném silničním provozu.



Obr. 44 Malé ozubené kolo – pastorek

Návrh malého ozubeného kola – pastorku

Nejprve bylo zapotřebí rozhodnout, zda bude seřizovací koncept ovládán šestihranem, případně křížovým šroubovákem jako doposud nebo bude zvolen jiný typ seřizovacího nářadí. Jelikož volba závisí na zákazníkovi, byla geometrie seřizovacího nářadí zachována. Přesto musely vzniknout dvě varianty malého ozubeného kola. Rozdíl jednotlivých pastorků spočívá v rozměrech dutiny šestihranu u jednotlivých variant. Zákazníky jsou požadovány

šestihrany o délce strany 6 mm a šestihrany o délce strany 7 mm. Konstrukční prvek dutiny šestihranu a navedení na dutinu tedy vychází ze stávajícího seřizovacího systému.

Nejdůležitějším prvkem malého ozubeného kola je jeho ozubení. Cílem bylo zajistit větší kontaktní plochu zubů a pevnost celého ozubení. Oproti dosavadnímu řešení byl zvolen menší počet zubů na malém i velkém ozubeném kole. Počet zubů pastorku byl zredukován z 11 na 10 zubů. V důsledku malého počtu zubů vznikl v patách zubů nežádoucí prostorový problém. Nastalo tzv. podřezávání zubů, které oslabuje zub v místě jeho největšího ohybového zatížení nebo dokonce zabraňuje chodu ozubení. Tento jev byl eliminován korekcí ozubení, kdy byla upravena geometrie zubu malého i velkého ozubeného kola.

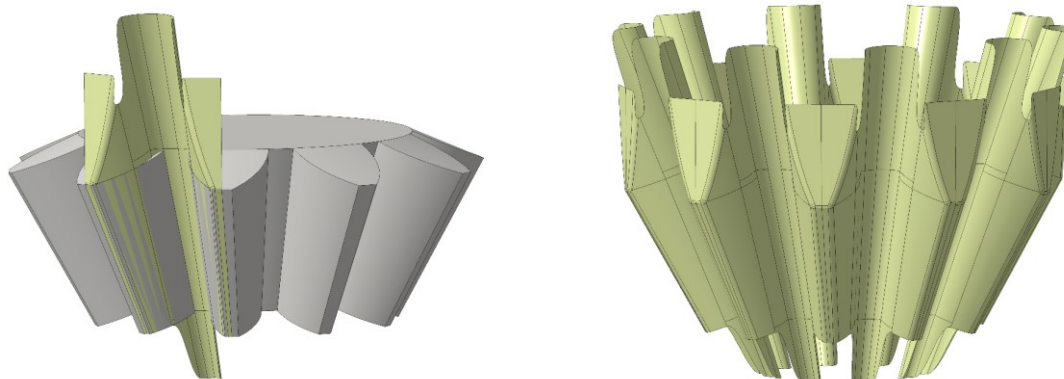
Samotný návrh ozubení byl realizován pomocí výpočetního programu MITCalc. Nejprve bylo zapotřebí zjistit přenášený kroutící moment. Bylo zjištěno, že kroutící moment se může pohybovat v rozmezí hodnot 0,1 až 0,8 Nm. Následně se mohlo přejít k samotnému návrhu ozubení, kde bylo zvoleno kuželové ozubení s přímými zuby. Počet zubů pastorku byl zvolen 10 a počet zubů velkého ozubeného kola byl zvolen 23. Čelní úhel záběru pastorku byl stanoven 20° a úhel os hřídelí 90°.

Tab. 2 Základní společné parametry kuželového soukolí s přímými zuby

Veličina	Označení	Hodnota
Převodový poměr	i	2,30
Čelní modul	m_{et}	1,05 mm
Úhel sklonu	β	0,00°
Čelní úhel profilu	α_t	20,00°
Úhel os	Σ	90,00°
Vnější normálový úhel profilu	α_{ne}	20,00°
Součinitel trvání záběru	ε	1,40
Šířka ozubení	b	4,80 mm
Šířkový poměr	b_r	0,36

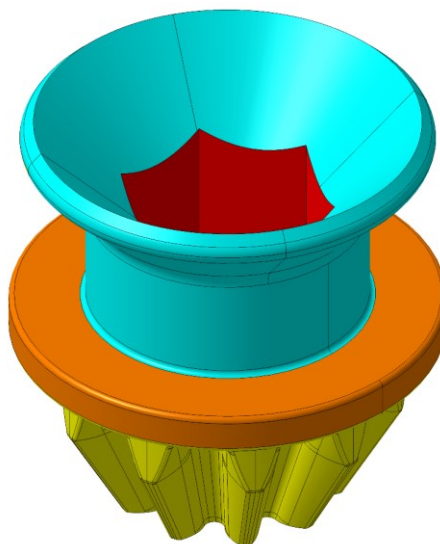
Data, získána z výpočetního programu MITCalc, byly následně přenesena do 3D modeláře Inventor Professional 2019, kde proběhlo generování do 3D modelů. Tyto modely byly následně zkoumány a pomocí plošného modelování v programu Catia V5 upraveny tak, aby splňovaly požadavky na bezproblémový chod soukolí a konstrukční zásady pro výrobu dílů technologií vstřikování. Na obr. 45 je znázorněn postup plošného modelování zubu, které

vychází z navržené geometrie. Nejprve byla upravena geometrie jednoho zubu, z čehož následně vznikl soubor ploch, pomocí kterých byl upraven zbytek ozubení malého ozubeného kola.



Obr. 45 3D modelování ozubení malého ozubeného kola

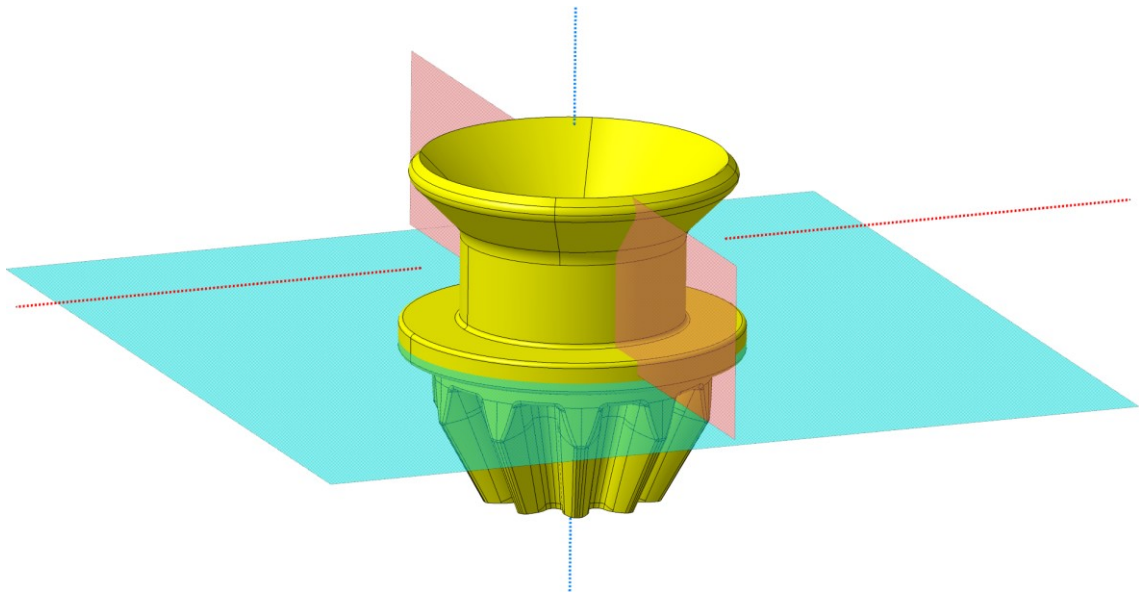
Konstrukčním prvkem spojující dvě zmíněné části malého ozubeného kola je prstenec, který zajišťuje správnou montáž a fixaci dílce v tělese světlometu. Průměr tohoto prstence byl zvětšen na 16 mm. Prstenec je na obr. 46 zvýrazněn oranžovou barvou. Tyrkysovou barvou je zvýrazněno navedení do dutiny šestihranu, která je zvýrazněna barvou červenou.



Obr. 46 Malé ozubené kolo s vyznačenými konstrukčními prvky

Jedním z hlavních kritérií při návrhu plastového dílu je jeho vyrobiteľnosť. Na obr. 47 jsou naznačeny dělicí roviny a směry odformování. Dutina šestihranu i ozubení jsou formovány v hlavním formovacím směru, který je na obr. 47 značen modrou barvou. Tyrkysová plocha značí hlavní dělicí rovinu. Vzhledem ke konstrukčnímu řešení navedení do dutiny šestihranu je zapotřebí formovat díl i ve vedlejší formovacím směru, viz. obr. 47, kde je vedlejší formovací směr naznačen červenou barvou. Červená plocha určuje možnou hranici vedlejší

dělicí roviny. Stejně jako u současného seřizovacího systému i zde mohou být díky tomuto řešení zaformování implementovány popisky či jiné značící prvky.



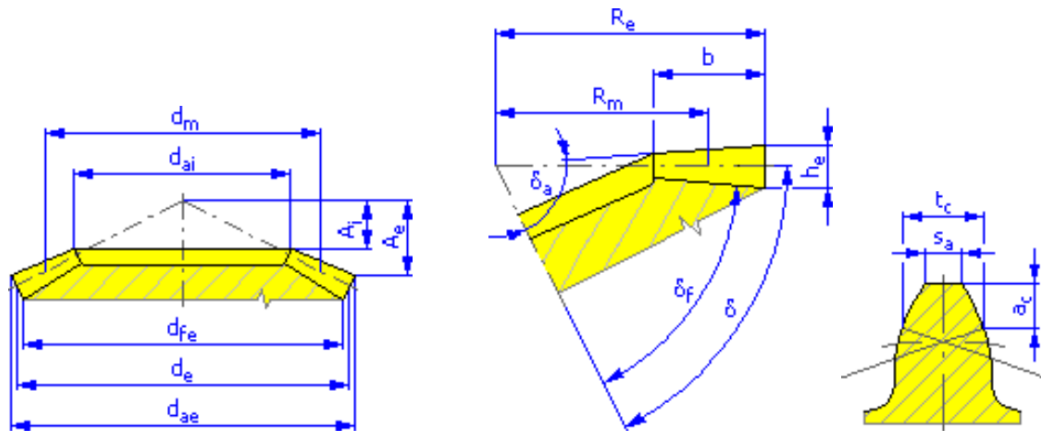
Obr. 47 Naznačení formovacích směrů a dělicích rovin – malé ozubené kolo

Kontrolní analýza a výpočty malého ozubeného kola

V rámci této kapitoly jsou představeny jednotlivé atributy kuželových kol navrženého soukolí. Na obr. 48 náleží hodnoty ve sloupci „Kolo 1“ malému ozubenému kolu a hodnoty uvedeny ve sloupci „Kolo 2“ velkému ozubenému kolu návrhu.

	Kolo 1	Kolo 2		Kolo 1	Kolo 2		
Typ modelu	Komponenta	Komponenta	Typ modelu	Komponenta	Komponenta		
Počet zubů	z	10 ul	23 ul	Výška zubu	h _e	2,182 mm	2,310 mm
Jednotkové posunutí	x	0,4000 ul	-0,4000 ul	Vnější tloušťka zubu	s _e	1,955 mm	1,344 mm
Jednotková změna tloušťky zubu	x _t	0,0000 ul	-0,0000 ul	Tloušťka zubu na těživě	t _c	1,726 mm	1,186 mm
Vnější roztečný průměr	d _e	10,500 mm	24,150 mm	Výška hlavy zubu nad těživou	a _c	1,028 mm	0,414 mm
Střední roztečný průměr	d _m	8,586 mm	19,748 mm	Mezní úchylka sklonu zubu	F _β	0,0085 mm	0,0085 mm
Hlavový průměr na konci	d _{ae}	12,961 mm	24,652 mm	Mezní obvodové házení ozubení	F _r	0,0130 mm	0,0130 mm
Vnitřní hlavový průměr	d _{ai}	8,236 mm	15,665 mm	Mezní úchylka čelní rozteče	f _{pt}	0,0065 mm	0,0065 mm
Vnější patní průměr	d _{fe}	8,959 mm	22,810 mm	Mezní úchylka základní rozteče	f _{pb}	0,0061 mm	0,0061 mm
Vzdálenost vrcholu	A _e	11,540 mm	4,672 mm	Náhradní počet zubů	z _v	10,904 ul	57,684 ul
Vzdálenost vnitřního vrcholu	A _i	7,333 mm	2,969 mm	Ekvivalentní průměr stoupání	d _v	9,363 mm	49,528 mm
Úhel roztečného kužele	δ	23,4986 deg	66,5014 deg	Ekvivalentní vnější průměr	d _{va}	11,557 mm	50,558 mm
Úhel hlavového kužele	δ _a	29,3181 deg	69,2408 deg	Ekvivalentní průměr základní kružnice	d _{vb}	8,798 mm	46,541 mm
Úhel patního kužele	δ _f	19,8483 deg	59,2302 deg	Jednotková korekce bez zúžení	x _z	0,7392 ul	-0,7127 ul
Šířka ozubení	b	4,800 mm		Jednotková korekce bez podříznutí	x _p	0,3648 ul	-2,3712 ul
Šířkový poměr	b _r	0,3645 ul		Jednotkové posunutí s dovol. podříznutím	x _d	0,1977 ul	-2,5384 ul
Výška hlavy zubu	a*	1,0000 ul	1,0000 ul	Snížení hlavy zubu	k	0,1219 ul	0,0000 ul
Hlavová vůle	c*	0,2000 ul	0,2000 ul	Jednotková šířka hlavy zubu	s _a	0,5300 ul	0,8277 ul
Zaoblení paty	r _f *	0,3000 ul	0,3000 ul				

Obr. 48 Seznam veličin a hodnot ozubených kol kuželového soukolí



Obr. 49 Schéma kuželového ozubení s přímými zuby

Přestože bylo zjištěno, že vstupní kroutící moment (Mk_1) se může pohybovat v rozmezí hodnot 0,1 až 0,8 Nm, kontrolní měření ukázalo, že hodnota vstupního kroutícího momentu Mk_1 nepřekračuje hodnotu 0,5 Nm. Vzhledem k tomuto výsledku, bylo v následujících výpočtech uvažováno s hodnotou $Mk_1 = 0,5$ Nm.

Výpočet sil působících v kuželovém převodu

Hodnoty středního roztečného průměru jsou označeny indexy a převedeny na metry:

- malé ozubené kolo: $dm_1 = 8,58 \text{ mm} = 0,00858 \text{ m}$
- velké ozubené kolo: $dm_2 = 19,75 \text{ mm} = 0,01975 \text{ m}$

Obvodová síla

$$F_{t1} = \frac{Mk_1}{rm_1} = \frac{2 \times Mk_1}{dm_1} = \frac{2 \times 0,5}{0,00858} = 116,6 \text{ N} \quad (15)$$

Radiální síla

$$F_{r1} = F_{t1} \times \tan \alpha \times \cos \delta_1 = 116,6 \times \tan 20^\circ \times \cos 23,5^\circ = 38,9 \text{ N} \quad (16)$$

Normálová síla

$$F_n = \frac{F_{t1}}{\cos \alpha} = \frac{116,6}{\cos 20^\circ} = 124,1 \text{ N} \quad (17)$$

Axiální síla

$$F_{a1} = F_{t1} \times \tan \alpha \times \sin \delta_1 = 116,6 \times \tan 20^\circ \times \sin 23,5^\circ = 16,9 \text{ N} \quad (18)$$

Převodový poměr

$$i_{1,2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{23}{10} = 2,3 ; i_{1,2} = u \quad (19)$$

Přepočet kroutícího momentu pastorku na kroutící moment ozubeného kola

$$Mk_2 = Mk_1 \times u \times \eta_l \times \eta_p = 0,5 \times 2,3 \times 0,95 \times 0,9 = 0,98 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (20)$$

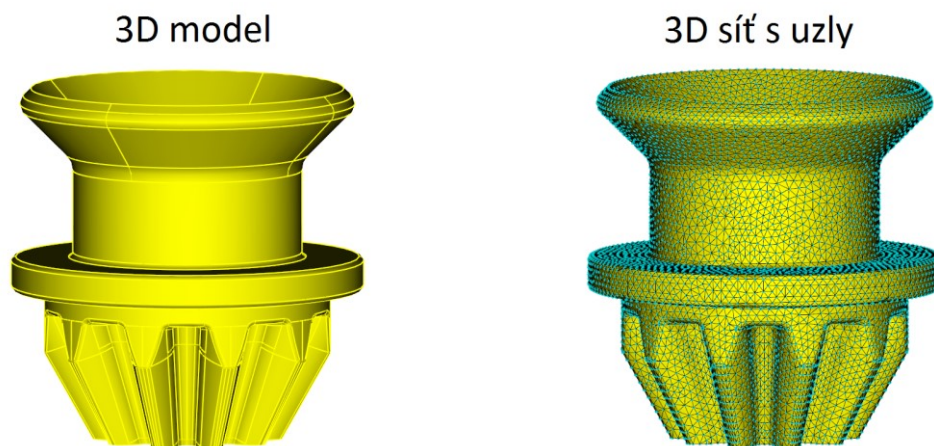
Hodnoty účinnosti

- $\eta_l = \text{zvoleno } 0,95 = \text{účinnost ložiskového pouzdra}$
- $\eta_p = \text{zvoleno } 0,9 = \text{účinnost kuželového převodu}$

Kontrolní toková analýza Moldflow

Protože bude tento díl vyráběn technologií vstřikování, byla provedena toková analýza v programu Moldflow. Simulace procesu vstříknutí roztaveného polymeru do dutiny vstřikovací formy napomáhá zjistit a předem odladit možné tvarové nedostatky dílce. Také je možno díky tokovým analýzám predikovat místa vzniku defektů, jako jsou studené spoje, vzduchové kapsy, propadliny, nedotečení materiálu a jiné.

Vytvořený 3D model dílce byl nahrán ve formátu STEP do CAE programu Moldflow a převeden na množinu elementů, kterými je tzv. vysítován. Moldflow nabízí 3 typy sítí, kterými může být daný výrobek vysítován. V rámci malého ozubeného kola byly provedeny dvě tokové analýzy, kdy jednou byl model vysítován 2D sítí – Dual domain a druhá analýza pracovala s 3D sítí. V rámci prezentace výsledků je použita simulace pracující s 3D sítí.



Obr. 50 3D model malého ozubeného kola

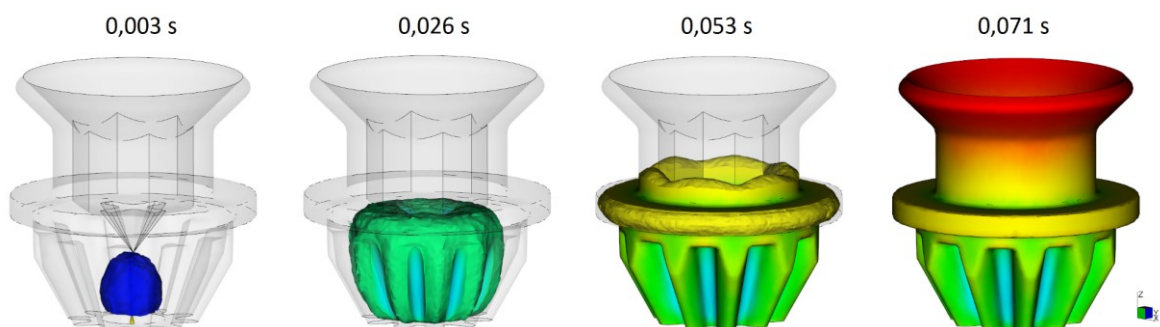
Pro výsledky analýzy je také důležitá kvalita sítě. Ta se odvíjí od velikosti elementů sítě a kvality 3D modelu. Obecně se pro tokové analýzy používají 3D modely zbaveny menších rádiusů a sražení. Tyto prvky obvykle zhoršují kvalitu sítě, což ale neplatilo pro díl malého ozubeného kola. Zde byla dodržena podmínka kvality 3D sítě, kdy hodnota „Aspect Ratio“ musí být menší než hodnota 30.

V rámci simulace byly zvoleny standardní procesní podmínky, vycházející z vlastností použitého materiálu. Umístění vtoku bylo voleno dle předpokládané polohy výrobku ve vstřikovací formě. Výsledky tokové analýzy jsou pouze orientační a slouží ke správnému konstrukčnímu návrhu dílu i nástroje pro jeho výrobu. [46]

Tab. 3 Základní vlastnosti materiálu PA66-GF30 z materiálové databáze Moldflow

Vlastnost	Hodnota
Plnivo – Skelná vlákna	30 %
Poissonovo číslo	0,44
Doporučená teplota povrchu formy	70-100 °C
Doporučená teplota taveniny	260-320 °C
Maximální hodnota smykového napětí	0,31 MPa
Maximální hodnota rychlosti smykové deformace	100 000 1/s
Nominální smrštění v paralelním směru	0,2 %
Nominální smrštění v kolmém směru	1,4 %

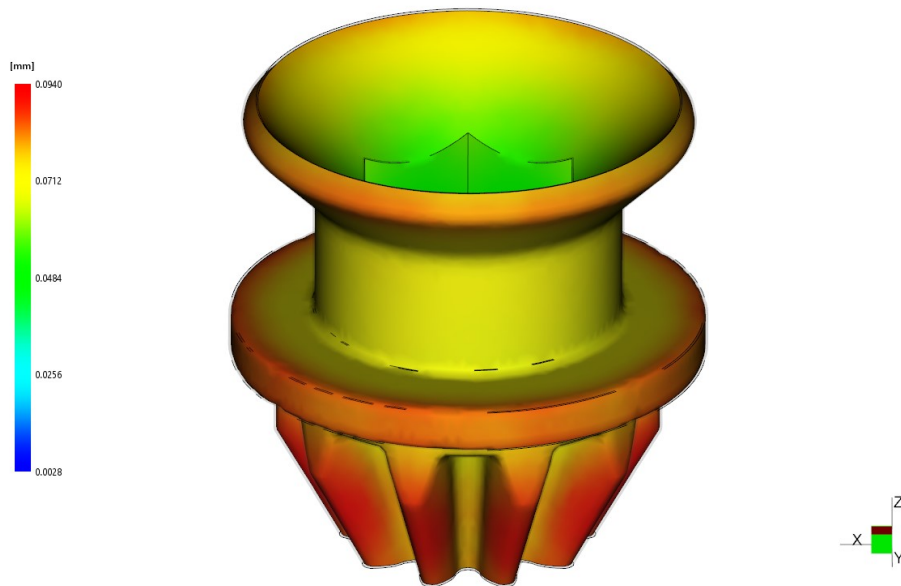
Během simulace plnění dutiny vstřikovací formy vzniklo mnoho výsledků. V rámci diplomové práce jsou představeny ty výsledky, které lze ovlivnit změnou konstrukce dílce. Na obr. 51 je možno pozorovat plnění dutiny formy v závislosti na čase. Jelikož se jedná o malý a jednoduchý díl, čas zaplnění dutiny materiálem je 0,071 s.



Obr. 51 Čas plnění dutiny vstřikovací formy – malé ozubené kolo

Protože se jedná o velmi malý díl, který navíc není nijak geometricky složitý a je vyroben z materiálu PA66-GF30 obsahující skelná vlákna, nedochází během procesu vstřikování k vzniku jakýchkoli nežádoucích vlivů. Předpokládaná výroba dílce i s chlazením se bude pohybovat v rámci sekund. Pro představu je možno na obr. 52 pozorovat odhadovanou deformaci vstřikovaného dílce v důsledku smrštění materiálu. Změna rozměrů se pohybuje v rámci setin milimetru. Místa největší deformace jsou označena červenou barvou

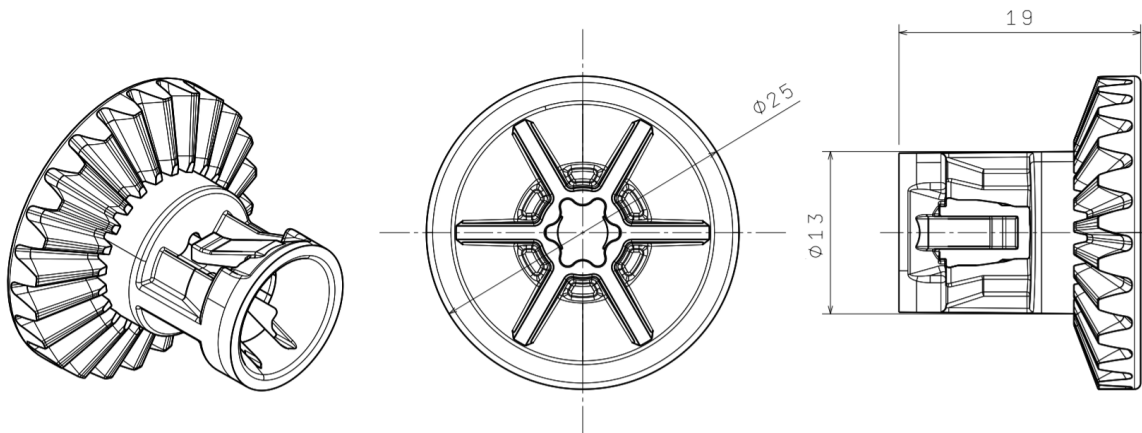
s maximální hodnotou blížící se 0,1 mm. Místa výrobku s nulovou deformací, označeny modrou barvou, se vyskytují vespod dutiny šestihranu. S vlivem deformace je třeba počítat již během konstrukce výrobku, obzvláště v případech, kdy deformovaná místa mohou ovlivnit správnou funkci nebo montáž dílce do sestavy. Deformace je také možno ovlivnit konstrukcí vstřikovací formy a nastavením vhodných procesních podmínek vstřikování.



Obr. 52 Analýza deformace – malé ozubené kolo

8.1.2 Velké ozubené kolo

Cílem inovace byla změna typu spojení velkého ozubeného kola a pohybového šroubu. Proto se konstrukční návrh všech dílů odvíjel od velkého ozubeného kola, které toto spojení zajišťuje. Po diskuzi s odborníky bylo rozhodnuto, že spojení bude provedeno pomocí pružných elementů, které se zacvaknou do pohybového šroubu.



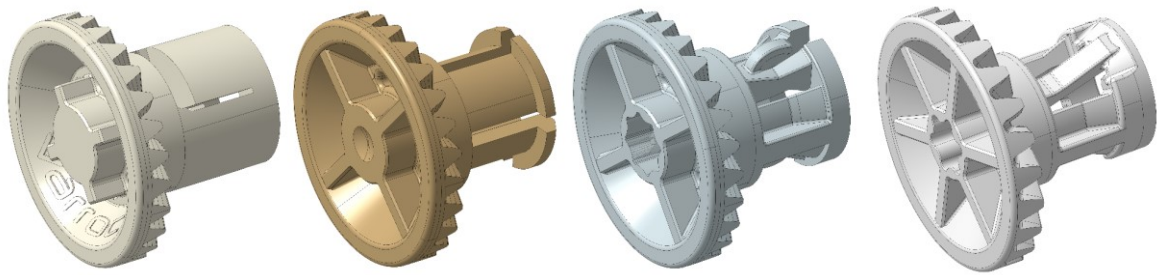
Obr. 53 Velké ozubené kolo – konstrukční návrh 1

Návrh velkého ozubeného kola – varianta 1

Nejprve bylo zapotřebí navrhnout, jakým způsobem bude zajištěno zacvaknutí pružného spoje na pohybový šroub. Prvotní představy byly poněkud prosté a vycházely z ozubeného kola používaného u současného seřizovacího systému, na kterém v části přiléhající k tělesu světloometu je několik pružných elementů. Toto řešení bylo zamítnut, neboť se při montáži musí navržené pružné háčky rozevřít z důvodu překonání potřebného profilu na šroubu, za který se následně zacvaknou. Rozevření háčků nedovoluje současné osazení pro soukolí, jehož profil je pouze s minimální vůlí kolem velkého ozubeného kola. Minimální vůle společně s těsněním osazeném na ozubeném kole zajišťuje těsnost světloometu v daném místě. To je jednou z hlavních podmínek celého konceptu. Dalším důvodem, proč nemohlo být prvotní řešení realizováno, je zajištění minimálních vůlí celého systému a to především v ose X. Vzniklé vůle mohou výrazně ovlivňovat hranici rozhraní světelné stopy, která musí být během životnosti světloometu stálá. Jelikož jsou pro správné zacvaknutí pružného háčku za profil pohybového šroubu vůle potřeba, bylo nutno tento návrh přepracovat.

Nové konstrukční návrhy pružných klipů musely počítat s tím, aby jejich funkce nebyla osazením pro soukolí nijak omezena. Pružné elementy zajišťující spojení byly implementovány uvnitř velkého ozubeného kola. Konečné použití návrhů však značně omezovala jejich vyrobiteľnosť. Každý vzniklý návrh musel být probrán z hlediska zaformování ve vstřikovací formě. Tato skutečnost navíc byla silně ovlivněna rozměry výrobku, neboť velikost otvorů a dutin vytvořených posuvnými čelistmi nástroje by neměly být menší jak 1 mm. Jakmile bylo u některého z návrhů zjištěno, že výrobek není ve vstřikovací formě možno zaformovat, byl tento návrh zamítnut.

Doplňující problematikou je také přenos kroutícího momentu z velkého ozubeného kola na pohybový šroub. Jelikož je problematika společná s pohybovým šroubem, bude podrobně popsána v kapitole zabývající se pohybovým šroubem. Výsledný profil, zajišťující přenos kroutícího momentu je poté pouze negativem profilu šroubu z důvodu zajištění minimálních vůlí celého mechanismu.



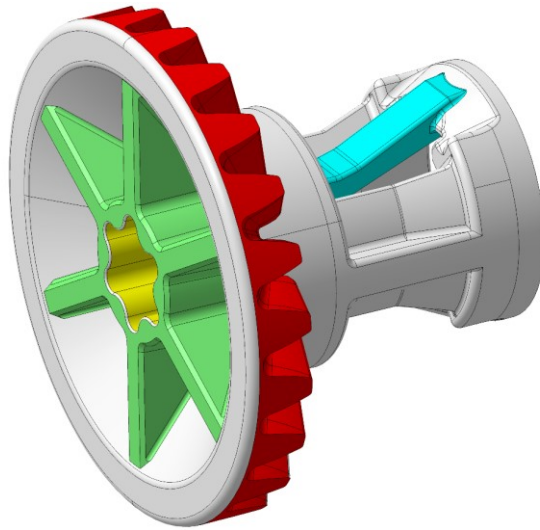
Obr. 54 Konstrukční vývoj velkého ozubeného kola – varianta 1

Postupnou selekcí byl upřednostněn návrh, v němž bylo opět řešeno nacvaknutí ozubeného kola na pohybový šroub. Nejprve bylo potřeba navrhnout průměr šroubu a profilu, za který se pružný klip zacvakne. Průměr šroubu v daném místě byl zvolen 4 mm s průměrem profilu 6 mm. Od těchto rozměrů se dále odvíjela velikost pružného spoje. Pružný spoj je na obr. 55 naznačen tyrkysovou barvou. Současně se musel řešit problém zaformování nejen pružného spoje, ale i celého ozubeného kola. S konstrukcí klipů je u tohoto návrhu spojena i konstrukce díry procházející středem ozubeného kola, do níž je zasunut konec pohybového šroubu. Tato díra je na obr. 55 vyznačena žlutou barvou. Zmíněná díra plní funkci přenosu kroutícího momentu z velkého ozubeného kola na pohybový šroub pomocí profilu známého pod komerční značkou Torx. Tento profil se podobá hexagonálnímu profilu, díky svému tvaru je však schopen přenášet větší síly. Jedním z požadavků na dutinu je zasunutí profilu pohybového šroubu na první pokus bez případné potřeby najít správnou polohu. Důvodem je snadná montáž ozubeného kola na pohybový šroub, což operátorovi výroby usnadní práci a zároveň zkrátí montážní čas výrobku.

Seřizovacímu konceptu je předáván otáčivý pohyb od malého ozubeného kola pomocí kuželového převodu s přímými zuby. Ozubení je na obr. 55 vyznačeno červenou barvou. Návrh a následná úprava ozubení je popsána v kapitole návrhu malého ozubeného kola. Geometrie ozubení velkého ozubeného kola byla stejně jako geometrie zubu pastorku upravena v rámci konstrukčních zásad pro výroby vyráběné technologií vstřikování. Počet zubů byl oproti stávajícímu řešení také snížen z 26 na 23 zubů.

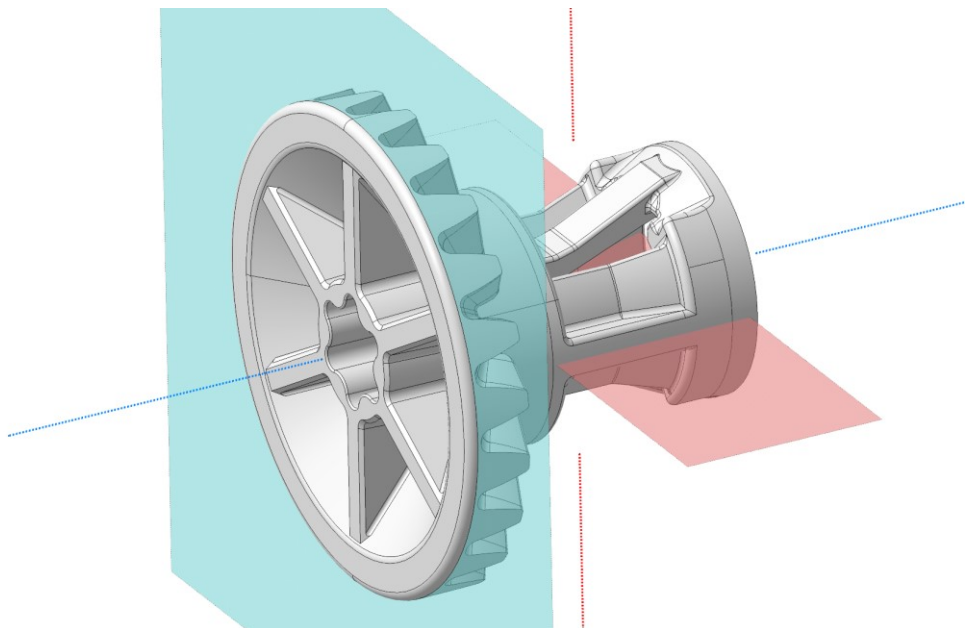
Posledním konstrukčním prvkem, který byl na velkém ozubeném kole zhotoven, je vyztužení. Na obr. 55 je vyztužení vyznačeno zelenou barvou a tvořeno 6 žebry, které vychází ze středu ozubeného kola a podepírají ozubení. Je tak zamezeno průhybu nebo jakémukoliv vychýlení ozubení, tedy části, která je pro přenos kroutícího momentu stěžejní. Obecně je však snaha zachování stejné tloušťky stěny u celého dílce. Případná místa s velkou tloušťkou stěny, by mohla ovlivnit výslednou kvalitu výrobku vznikem propadlin či jinou

deformací. Tyto deformace by následně mohly ovlivnit správnou funkci celého mechanismu nebo zapříčinit velké či malé vůle celé sestavy seřizovacího konceptu.



Obr. 55 Velké ozubené kolo (varianta 1) s vyznačenými konstrukčními prvky

Návrh dělicích rovin a jednotlivých směrů formování je znázorněn na obr. 56. Ozubení, díra uprostřed velkého ozubeného kola i zadní část s vyztužením je formována v hlavním formovacím směru, který je znázorněn modrou barvou. Zbývající dva pružné klipy jsou zaformovány pomocí posuvných čelistí. Tyto čelisti jsou poměrně malé a při odformování překonávají krátké vzdálenosti. Směr posuvu čelistí je na obr. 56 zvýrazněn červenou barvou.



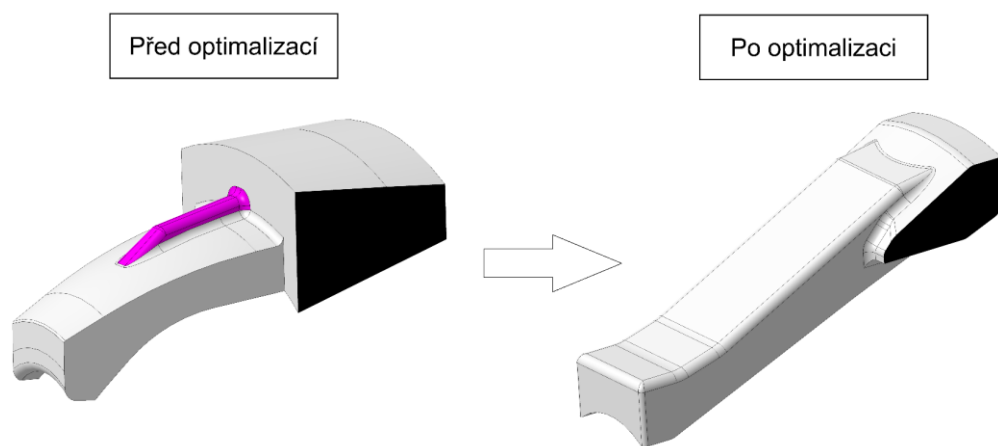
Obr. 56 Naznačení formovacích směrů a dělicích rovin – velké ozubené kolo (varianta 1)

Kontrolní analýza velkého ozubeného kola – varianta 1

V rámci kapitoly *Kontrolní analýza a výpočty malého ozubeného kola* jsou uvedeny hlavní veličiny týkající se kuželového převodu.

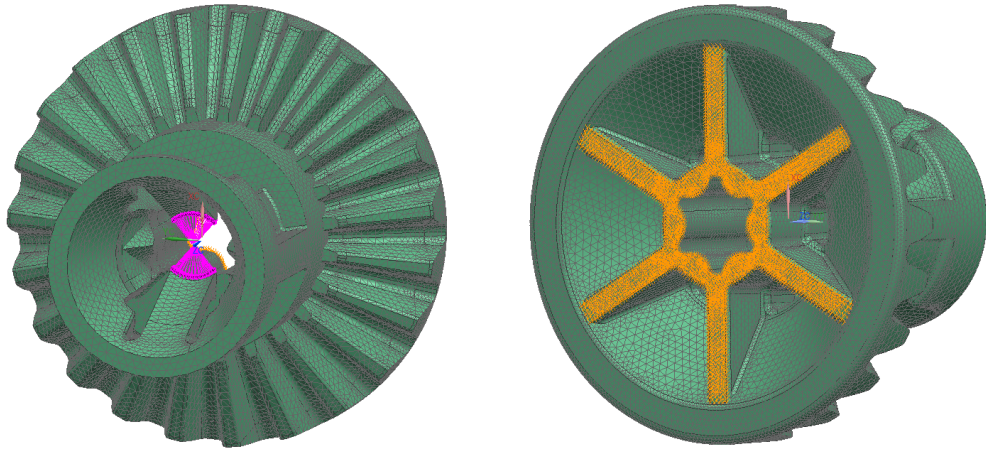
Pevnostní analýza

Při montáži velkého ozubeného kola na pohybový šroub dochází rozevření a následnému zacvaknutí pružných elementů, čímž dochází k fixaci ozubeného kola. Rozevření geometrie pružného spoje je znázorněno na obr. 59. Pro simulaci byl zvolen materiál POM, pro něhož je dle normy ISO 527 při teplotě 23 °C stanovena mez kluzu 64 MPa. Hodnota meze kluzu by neměla být, především v tahu, překročena. Vzhledem k nevyhovujícím výsledkům pevnostních analýz, musela být postupně geometrie pružného spoje upravena. Na obr. 57 je ukázána geometrie před a po optimalizaci v závislosti na výsledcích pevnostní analýzy.



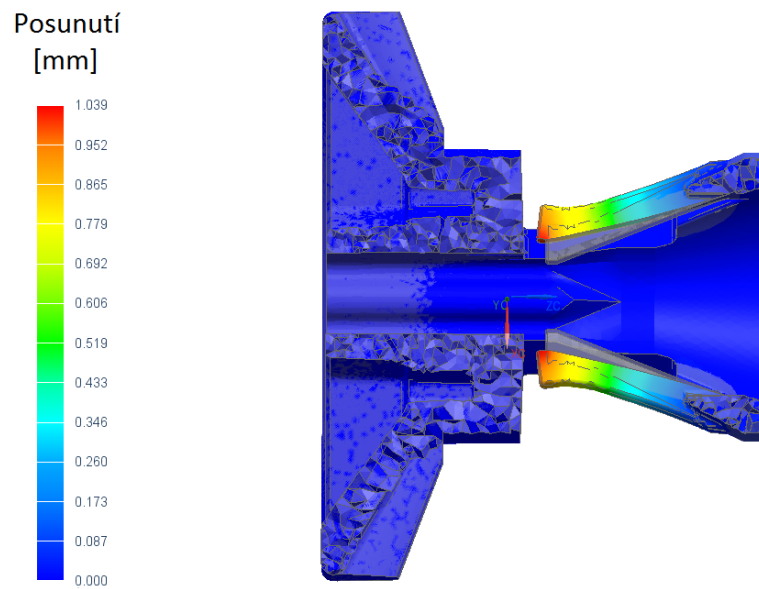
Obr. 57 Vývoj pružného klipů velké ozubené kolo – varianta 1

Pevnostní analýzy probíhaly v programu NX společnosti Siemens, kde byl model velkého ozubeného kola importován ve formátu STEP a převeden na množinu elementů, jimiž je tzv. vysítován. Tvarem elementů byl zvolen čtyřstěn s deseti uzly. Délka stěny jednotlivých elementů se v rámci celého modelu lišila. Většina modelu byla vysítována elementy o délce stěny 1 mm, ve zkoumané oblasti však byla délka stran elementů zmenšena až na hodnotu 0,1 mm. Bylo tak učiněno z důvodu přesnějších výsledků v oblasti zájmu a současně urychlení i zjednodušení výpočtu. Složitost a velikost sítě totiž výrazně ovlivňuje délku výpočtového času dané analýzy. Okrajové podmínky výpočtu byly voleny dle způsobu montáže, tedy fixace v oblasti výtuhy ozubení a rozevření pružných klipů o průměr 2 mm v radiálním směru. Každý klip se tedy rozevře o 1 mm. Na obr. 58 je fixace elementu znázorněna oranžovou barvou a zatížení klipů barvou růžovou.

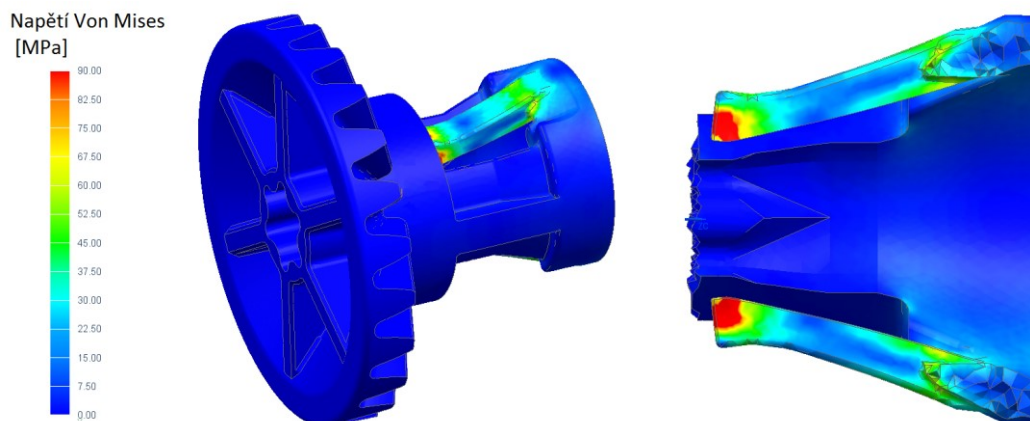


Obr. 58 Okrajové podmínky simulace – velké ozubené kolo varianta 1

Problém byl řešen formou statických úloh, které jsou pro simulaci pružného spoje vhodné. Při simulaci je důležité kontrolovat sílu potřebnou k zacvaknutí a hodnotu napětí meze kluzu pro zvolený materiál, která nesmí být překročena.

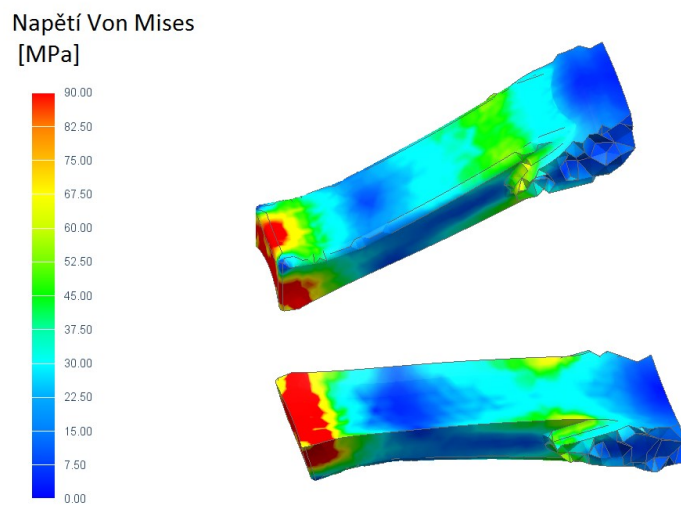


Obr. 59 Kinematická studie posunutí klipů – velké ozubené kolo varianta 1



Obr. 60 Hodnoty napětí při maximálním zatížení velkého ozubeného kola – varianta 1

Na obr. 61 je možné pozorovat vysoká napětí v koncích pružných klipů. Jedná se o místa na výpočtovém modelu, kde výrazně roste napětí vlivem umístění okrajové podmínky. Tento jev se nazývá singularita a na reálném tělese se nevyskytuje. Neboť je singularita vzdálena od řešené oblasti, mohou být hodnoty napětí v místě singularity zanedbány. Oblastí zájmu je v tomto případě místo, kde je pružný klip napojen na tělo velkého ozubeného kola. S výjimkou konců klipů, kde je vysoká koncentrace napětí vlivem singularity, by hodnota maximálního napětí pro zvolený materiál POM neměla přesáhnout hranici 64 MPa. [47]



Obr. 61 Zkoumaná oblast napětí při maximálním zatížení klipů velkého ozubeného kola – varianta 1

Kontrolní toková analýza Moldflow

Tento díl bude vyráběn technologií vstřikování. Proto byla provedena toková analýza v programu Moldflow, která pomáhá předpovědět chování polymerní taveniny v dutině vstřikovací formy.

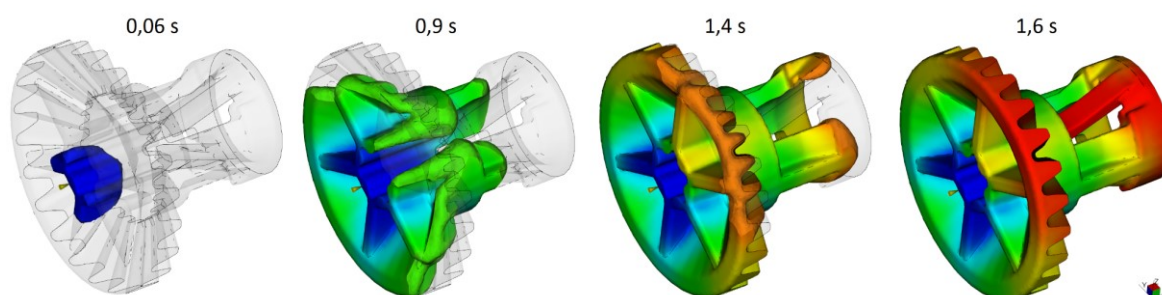
Stejně jako v případě pevnostní analýzy, i zde musí být model výrobku do CAE programu nejprve importován a následně vysítován. V rámci velkého ozubeného kola byly provedeny dvě tokové analýzy. Jednou byl model vysítován sítí Dual domain a druhá analýza pracovala s 3D sítí. Výsledky byly porovnány a zhodnoceny. V rámci prezentace výsledků je použita simulace pracující s 3D sítí.

Před spuštěním analýzy byla provedena kontrola kvality sítě a zvoleny standardní procesní podmínky, vycházející z vlastností použitého materiálu. Umístění vtoku bylo voleno dle předpokládané polohy výrobku ve vstřikovací formě.

Tab. 4 Základní vlastnosti materiálu POM z materiálové databáze Moldflow

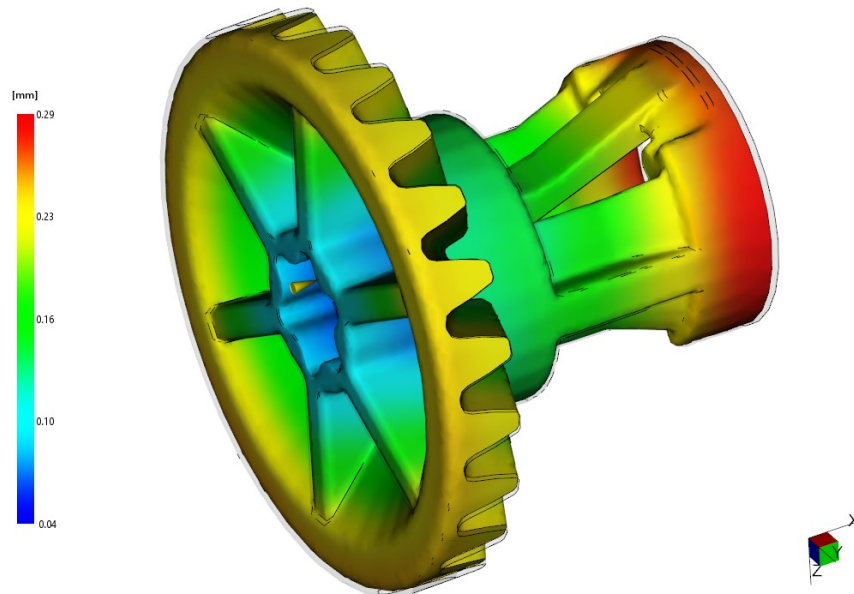
Vlastnost	Hodnota
Poissonovo číslo	0,40
Doporučená teplota povrchu formy	80-120 °C
Doporučená teplota taveniny	190-210 °C
Maximální hodnota smykového napětí	0,45 MPa
Maximální hodnota rychlosti smykové deformace	40 000 1/s
Nominální smrštění v paralelním směru	2,5 %
Nominální smrštění v kolmém směru	2,5 %

Výsledky tokové analýzy jsou pouze orientační a slouží ke správnému konstrukčnímu návrhu dílu i nástroje pro jeho výrobu. V rámci simulace vzniklo mnoho výsledků, z nichž budou interpretovány ty, jež mohou mít vliv na funkci dílce a které jsou ovlivnitelné jeho konstrukcí. Na obr. 62 je možno pozorovat plnění dutiny formy v závislosti na čase. Dutina formy bude plně zaplněna za dobu 1,58 s.



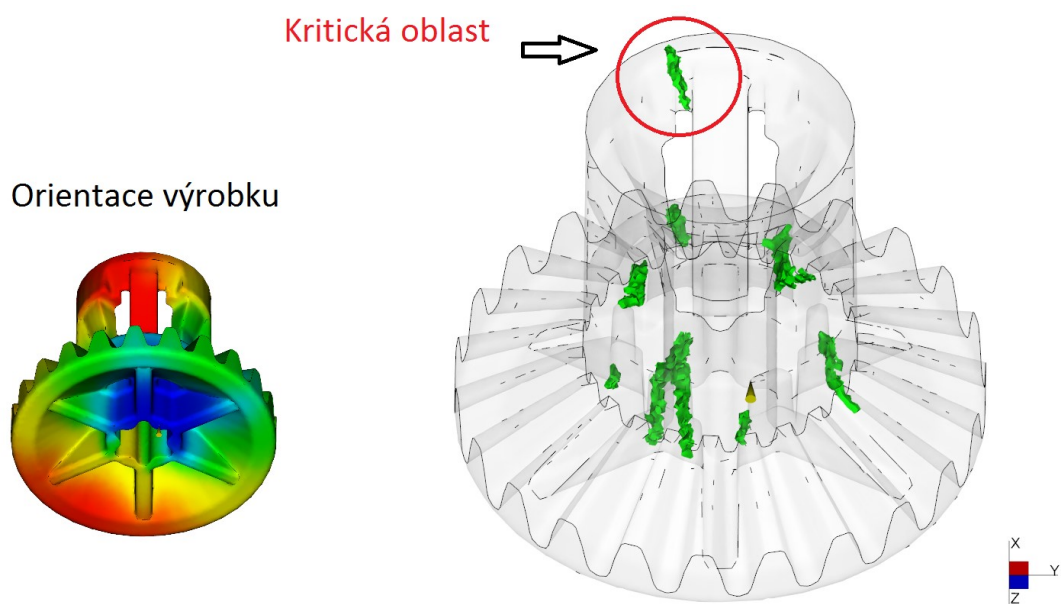
Obr. 62 Čas plnění dutiny vstřikovací formy – velké ozubené kolo varianta 1

Na obr. 63 je znázorněna změna tvaru neboli deformace vstřikovaného dílce. Místa s největší deformací jsou označena červenou barvou a představují deformaci max 0,29 mm. Místa výrobku, označeny modrou barvou, mají deformaci blížíci se nule. S deformací je potřeba počítat již během konstrukce výrobku, obzvláště v případě, kdy deformovaná místa mohou ovlivnit správnou montáž dílce do sestavy. Deformace je také možno ovlivnit konstrukcí vstřikovací formy a nastavením vhodných procesních podmínek vstřikování.



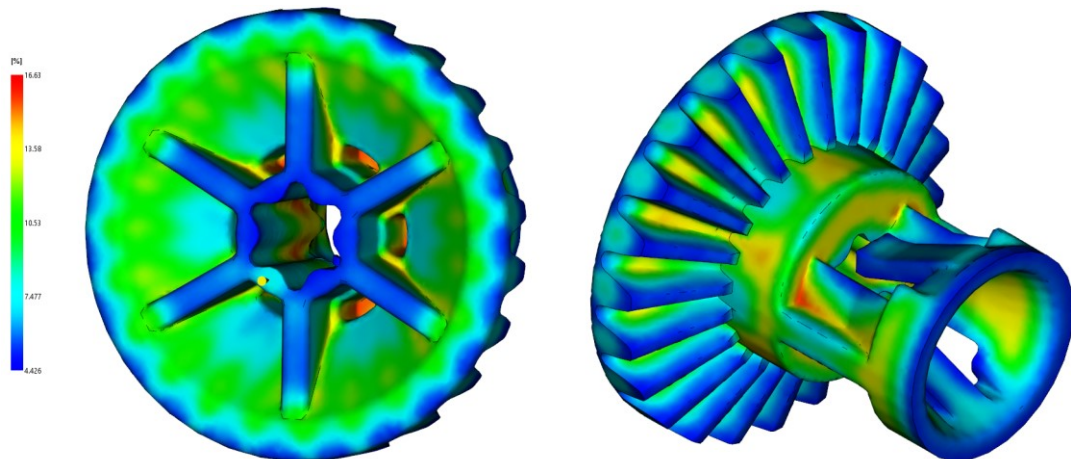
Obr. 63 Analýza deformace – velké ozubené kolo varianta 1

Dalším důležitým výsledkem tokové analýzy jsou místa, kde se potkávají ochlazená čela polymerní taveniny. Místa, kde k tomuto spojení dochází, mohou vykazovat nižší mechanické vlastnosti a dílec je zde náchylnější na případné porušení. Na obr. 64 je označena kritická oblast v místě napojení pružného klipu na tělo velkého ozubeného kola. Jelikož se jedná se o namáhanou část dílce, je spojení čel taveniny v tomto místě nežádoucí. Přesunutí kritického spojení čel taveniny do méně namáhaného místa je možno ovlivnit vhodnějším umístěním vtokového ústí, které je na obr. 63 a 64 naznačeno žlutým kuželem nebo zúžením či rozšířením některých stěn dílce a tím ovlivnění rychlosti toku taveniny.



Obr. 64 Analýza spojení čel taveniny – velké ozubené kolo varianta 1

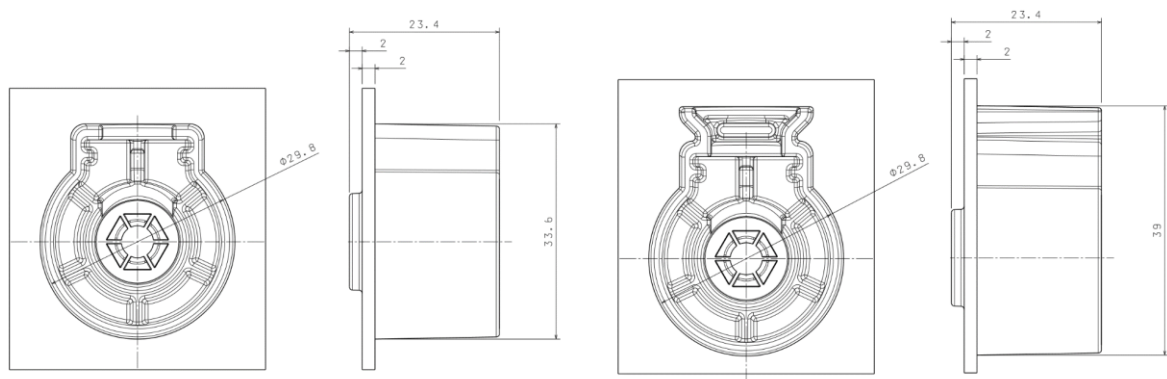
Poslední uvedený výsledek tokové analýzy se zabývá objemovým smrštěním, které charakterizuje smrštění stěny dílce od doby zaplnění dutiny materiálem do zchlazení výrobku na teplotu 25 °C. Tento výsledek pomáhá predikovat místa vzniku propadlin nebo dokonce vznik dutin uvnitř stěny výrobku. Objemové smrštění by mělo v rámci dílce nabývat stejných hodnot. Výsledek analýzy objemového smrštění je možno sledovat na obr. 65.



Obr. 65 Výsledky analýzy objemového smrštění – velké ozubené kolo varianta 1

8.1.3 Těleso světlometu

Těleso světlometu je hlavní nosný díl celé lampy. Tato kapitola se zaměřuje pouze na konstrukční prvky tělesa světlometu, které spadají do skupiny seřizovacích komponent. Zatímco u stávajícího seřizovacího systému byly předmětem zkoumání pouze dva konstrukční prvky, nyní vzniká nový konstrukční prvek, zajišťující fixaci pohybového šroubu. U konstrukčního návrhu 1 nebyly provedeny změny na vedení jezdce, ale došlo k inovaci prvku osazení pro soukolí a vytvoření fixačního elementu pohybového šroubu, který zároveň s dalšími díly zajišťuje těsnost světlometu v daném místě.

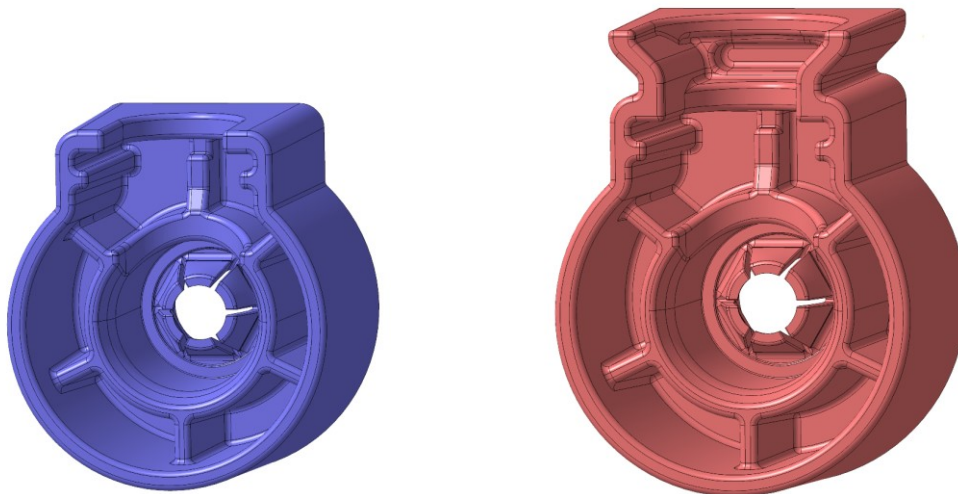


Obr. 66 Osazení tělesa světlometu pro seřizovací soukolí – varianta 1

Návrh konkrétních seřizovacích prvků tělesa světlometu – varianta 1

V rámci této práce nebyly nijak upravovány seřizovací jezdce, jelikož jejich konstrukce současnému seřizovacímu systému vyhovuje a splňuje veškeré požadavky. Nebylo tedy nutno měnit ani konstrukční řešení vedení jezdce. Samotné použití vedení ve světlometu je velmi variabilní a daný konstruktér ho vždy implementuje dle vlastní potřeby.

Prvním krokem návrhu byla inovace stávajícího osazení pro seřizovací soukolí. Některé rozměry a řešení byly převzaty ze současného seřizovacího systému. Tomu bylo umožněno díky podobnosti některých částí dílů stávajícího a inovovaného systému. V rámci práce byly navrženy dvě konstrukční řešení, které mohou být osazeny malým ozubeným kolem nebo bovdenem. Na konci bovdenu je prvek připomínající malé ozubené kolo s prstencem a ozubením, které zajišťuje přenos otáčivého pohybu na velké ozubené kolo. Na obr. 67 je možno vidět obě navržené varianty, kdy varianta označena oranžovou barvou je preferována před variantou označenou fialovou barvou. Fialové provedení je doporučeno používat jen v případě, kdy jsou rozměry prvku limitovány okolním prostorem nebo konstrukčním řešením tělesa světlometu.



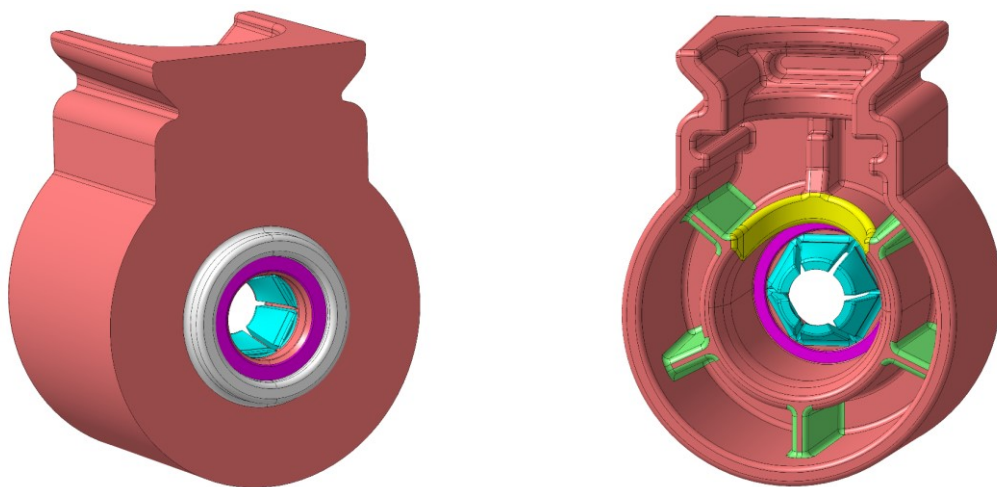
Obr. 67 Možnosti konstrukčního řešení uložení pro soukolí – varianta 1

Navržený konstrukční prvek je v rámci inovace doplněn o žebra, která zajišťují vyšší tuhost prvku a také o prstencem z vnitřní strany světlometu, který zajistí větší stabilitu pohybového šroubu v sestavě. V důsledku změny rozměrů malého i velkého ozubeného kola bylo osazení zvětšeno ve všech směrech. Na obr. 68 jsou žebra vyznačena zelenou barvou.

Nejdůležitějším prvkem v rámci návrhu je nové řešení prostupu pohybového šroubu tělesem světlometu. V místě prostupu je stěna tělesa světlometu rozšířena o 1 mm na ploše o průměru

15 mm. Rozšíření je nutno provést z důvodu zajištění dostatečně velké kontaktní plochy pro těsnění a zároveň je tímto řešením zpevněna část, ve které je pohybový šroub fixován v tělese světloometu. Rozšíření je na obr. 68 zvýrazněno růžovou barvou. Modrou barvou jsou zvýrazněny elementy, které během montáže svou pružnou deformací překonají přírubu šroubu a následným zacvaknutím dojde k fixaci šroubu. Primárně se jedná o nerozebíratelný pružný spoj, kdy geometrie pružných elementů by měla zajistit, aby nedocházelo k samovolnému uvolnění spoje pohybového šroubu a tělesa světloometu. Geometrie pružných elementů byla postupně optimalizována, neboť by během montáže mohlo dojít k jejich porušení nebo ulomení. Optimalizovaná geometrie je ukázána na obr. 69.

Zbylými konstrukčními prvky jsou vybrání pro malé ozubené kolo a vymezující prsteneц pro přírubu. Vzhledem k tomu, že je zajištěna těsnost prostupu pohybového šroubu tělesem světloometu již v místě prostupu, mohlo být zhotoveno vybrání, díky kterému soukolí zabírá větší délkou zubu. Vybrání je na obr. 68 zvýrazněno žlutou barvou a šedou barvou prsteneц, který slouží jako opora pro přírubu pohybového šroubu. Prsteneц tak zamezuje velkému zatížení zbylých částí a dílů seřizovacího konceptu.



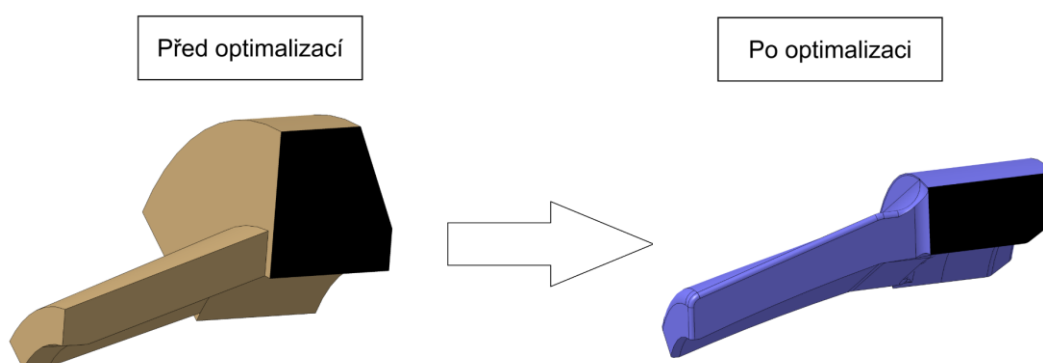
Obr. 68 Uložení pro soukolí (varianta 1) s vyznačenými konstrukčními prvky

Snahou společnosti VLS je konstrukce těles světloometu tak, aby co nejvíce částí bylo zaformováno v hlavním formovacím směru a bylo tak eliminováno použití posuvných čelistí ve vstřikovací formě. Vedení seřizovacího jezdece, osazení soukolí i vstup tělesem světloometu by mělo být vždy formováno v hlavním směru. Důvodem tohoto požadavku je, že použití posuvných čelistí komplikuje konstrukci již tak velmi složitěho nástroje pro výrobu těles světloometů.

Analýza uložení pro soukolí seřizovacího konceptu – varianta 1

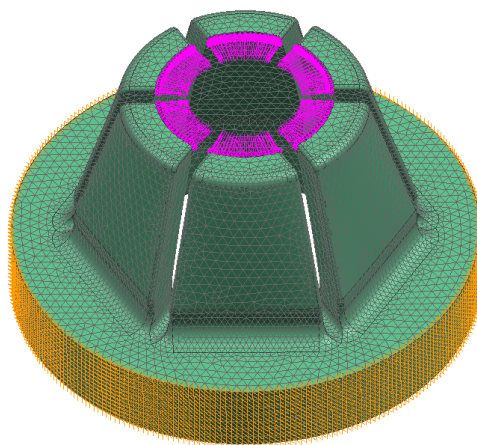
Pevnostní analýza

Stejně jako u velkého ozubeného kola i u tělesa světlometu byly navrženy prvky pružného spojení. Pro zjednodušení a urychlení výpočtu byla použita pouze geometrie prostupu stěnou tělesa světlometu a pružného spojení, která je ukázána na obr. 70. V rámci simulace byl zvolen materiál PP-GF30, který je charakteristický pro výrobu těles světlometů. Vzhledem k výsledkům pevnostních analýz, musela být postupně geometrie pružného spoje upravena. Na obr. 69 je ukázána geometrie před a po optimalizaci.



Obr. 69 Vývoj klipu prostup stěnou světlometu – varianta 1

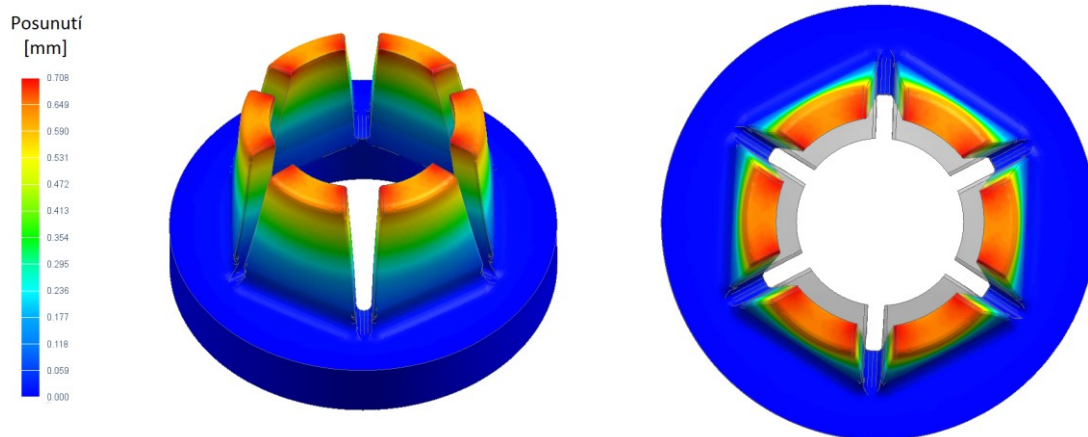
Klipy zajišťující pružné spojení byly převedeny na množinu elementů, jimiž je model tzv. vysítován. Tvarem elementů byl zvolen čtyřstěn s deseti uzly. Okrajové podmínky výpočtu byly voleny dle způsobu montáže, tedy fixace v oblasti stěny tělesa světlometu a rozevření pružných klipů o 0,7 mm v radiálním směru.



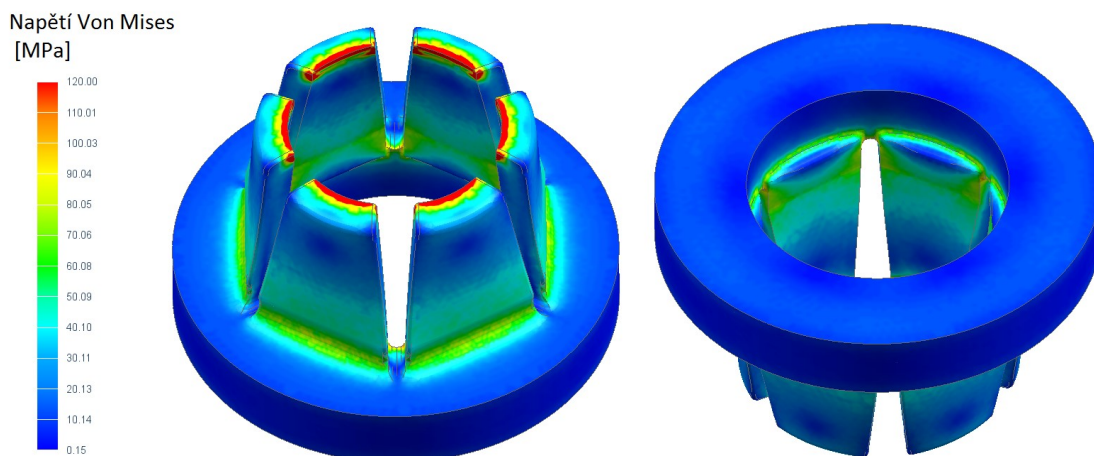
Obr. 70 Okrajové podmínky simulace – prostup tělesa světlometu varianta 1

Problém byl řešen formou statických úloh, které jsou pro simulaci pružného spoje vhodné. Při simulaci je důležité kontrolovat sílu potřebnou k zacvaknutí, která v tomto případě

nabývala hodnot 4,7 N. Zároveň je třeba zajistit, aby hodnoty napětí byly pod mezí kluzu, která pro zvolený materiál PP-GF30 dle normy ISO 527 při teplotě 23 °C je 88 MPa. Tato hodnota nesmí být především v tahu překročena. Při překročení hodnoty napětí 88 MPa, může dojít k prasknutí nebo úplnému ulomení pružného elementu.

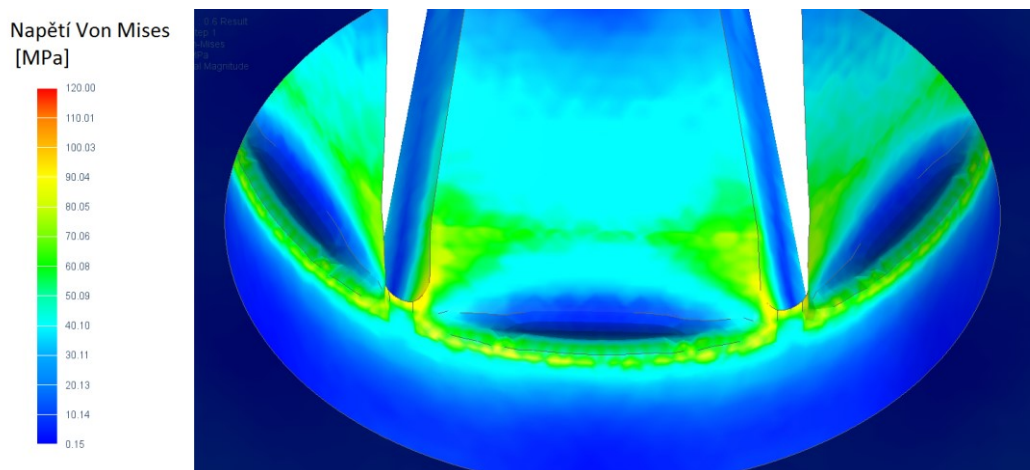


Obr. 71 Kinematická studie posunutí klipů – prostup tělesa světloometu varianta 1



Obr. 72 Hodnoty napětí při maximálním zatížení prostupu tělesa světloometu – varianta 1

Na obr. 73 je možné pozorovat velká napětí v koncích pružných klipů. Jedná se o místa na výpočtovém modelu, kde výrazně roste napětí vlivem umístění okrajové podmínky. Tento jev se nazývá singularita a na reálném tělese se nevyskytuje. Neboť je singularita vzdálena od řešené oblasti, mohou být hodnoty napětí v místě singularity zanedbány. Oblastí zájmu je v tomto případě místo kde se napojuje pružný klip na stěnu tělesa světloometu, která je v rámci simulace nahrazena kruhovým prstencem. Napětí by tomto místě nemělo překročit hranici 88 MPa.



Obr. 73 Zkoumaná oblast napětí při maximálním zatížení prostupu tělesa světloometu – varianta 1

Kontrolní toková analýza Moldflow

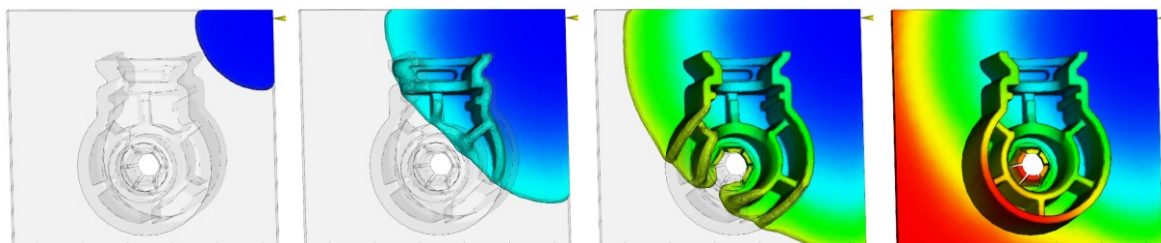
Těleso světloometu je velmi složitý konstrukční prvek, který je vyráběn technologií vstřikování. V rámci návrhu dílu je nutno provést tokovou analýzu celého tělesa světloometu. Pro představu, jak se chová polymerní tavenina v rámci navrženého osazení pro soukolí seřizovacího konceptu, byla provedena toková analýza v programu Moldflow.

Zkoumaná oblast tělesa světloometu, tedy osazení pro soukolí, bylo nejprve vysítováno 3D sítí. Následně bylo umístěno vtokové ústí do nejvzdálenějšího místa modelu. Toto umístění má simulovat reálnou situaci, kdy polymerní tavenina musí nějakou dobu téci dutinou formy, než se dostane do námi zkoumané oblasti. Tavenina tedy není vstřikována přímo do dutiny navrženého dílu, jak tomu bylo u předchozích návrhů. Procesní podmínky byly zvoleny dle použitého materiálu.

Tab. 5 Základní vlastnosti materiálu PP-GF30 z materiálové databáze Moldflow

Vlastnost	Hodnota
Plnivo – Skelná vlákna	30 %
Poissonovo číslo	0,43
Doporučená teplota povrchu formy	20-60 °C
Doporučená teplota taveniny	200-260 °C
Maximální hodnota smykového napětí	0,25 MPa
Maximální hodnota rychlosti smykové deformace	100 000 1/s
Nominální smrštění v paralelním směru	0,15 %
Nominální smrštění v kolmém směru	0,99 %

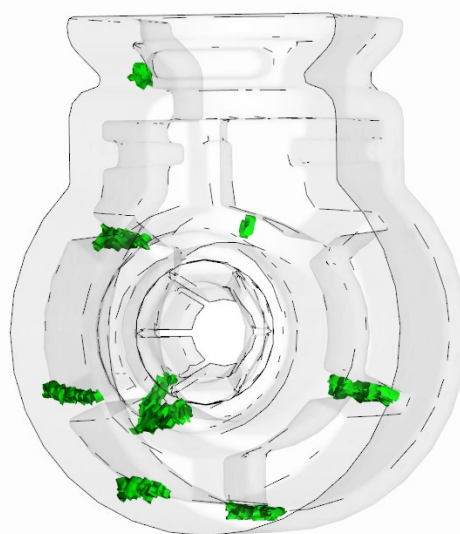
V rámci simulace vzniklo několik výsledků. Zde jsou představeny pouze ty, které mohou mít vliv na správnou funkci dílce nebo celé sestavy seřizovacího systému. Na obr. 74 je znázorněno plnění dutiny zkoumané oblasti která se zaplní za čas 1,46 s. Tento výsledek není nijak významný, neboť se nejedná o tokovou analýzu celého tělesa světloometu.



Obr. 74 Plnění dutiny vstříkovací formy – uložení pro soukolí varianta 1

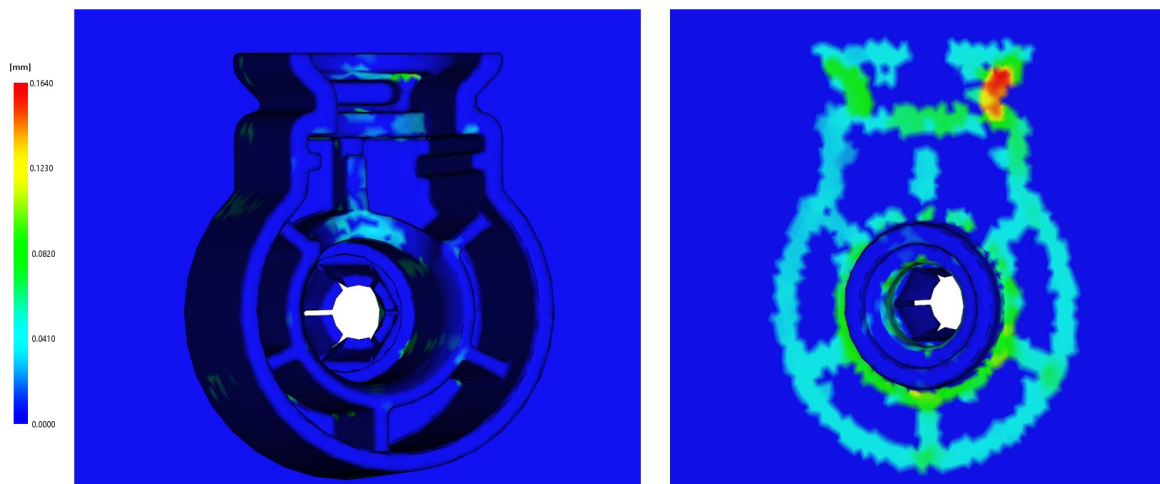
Na obr. 75 lze pozorovat místa, kde se setkávají čela polymerní taveniny. V závislosti na délce toku taveniny obvykle dochází k ochlazení jejího čela a místa spojení těchto ochlazených proudů mohou následně vykazovat horší mechanické vlastnosti než ostatní části dílce. Dle výsledku analýzy, spojení čel taveniny nenastane na mechanicky namáhaném místě, tedy neovlivní vlastnosti navrženého prvku.

Orientace výrobku



Obr. 75 Analýza spojení čel taveniny – uložení pro soukolí varianta 1

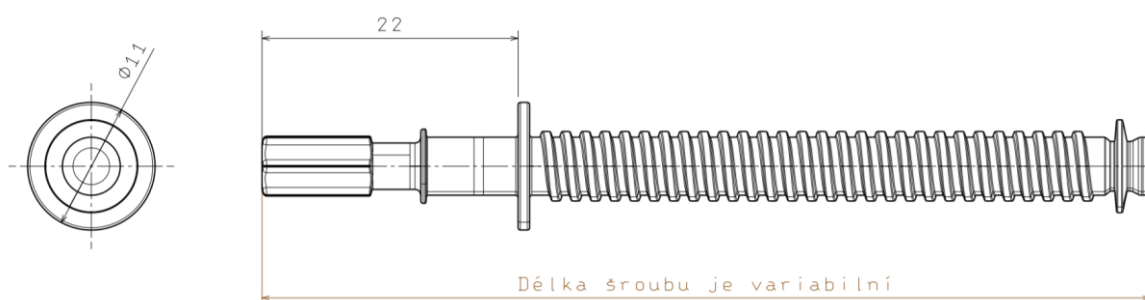
Po vstříknutí polymerní taveniny do dutiny formy nastává její tuhnutí vlivem chlazení. Během tohoto děje výrobek zmenšuje svůj objem. Vedlejším efektem zmenšování objemu výrobku je tvorba povrchových vad, jako jsou propadliny a vnitřních vad, jako jsou staženiny. Na obr. 76 lze pozorovat výsledky výskytu propadlin na navrženém dílci. Propadliny jsou způsobeny koncentrací většího množství materiálu v místě spojení stěn navrženého prvku a stěny tělesa světloometu. Jedná se pouze o estetickou vadu, která vzniká z vnitřní strany světloometu, tedy nepohledové části a není považována za problematickou.



Obr. 76 Analýza propadlin na výrobku – uložení pro soukolí varianta 1

8.1.4 Pohybový šroub

Stejně jako u současného, tak i u nového seřizovacího systému, byl požadován ocelový pohybový šroub. Tato podmínka zcela ovlivnila návrh profilu šroubu z hlediska výrobitelnosti. U dodavatelů spojovacích materiálů bylo zjištěno, že se tyto šrouby vyrábí postupným tvářením za studena s následným válcováním. Výrobek tedy musí splňovat několik zásad, aby mohl být danými technologiemi vyroben. Dále je produkt ovlivněn např. tím, jaký je počet kroků nástroje, maximální možnou délkou výsledného výrobku a mnohé další. Tyto specifikace se u jednotlivých dodavatelů šroubů liší.



Obr. 77 Pohybový šroub – konstrukční návrh 1

Návrh pohybového šroubu – varianta 1

Zakončení šroubu na straně vystupující ven ze světlometu, tedy na straně, na niž je nasunuto velké ozubené kolo, bylo hlavním předmětem návrhu. Jako první bylo potřeba v této části navrhnout spojení velkého ozubeného kola a pohybového šroubu. Již v kapitole velkého ozubeného kola byla tato problematika popsána. Na šroubu tedy musel být vytvořen patřičný profil, za který se zacvaknou pružné klipy a tím nastane spojení dílů. Tento profil šroubu lze označit jako příruba. Na obr. 78 je tento konstrukční prvek zvýrazněn zelenou barvou.

Následně se konstrukční návrh ubíral směrem vytvoření geometrie, která zajistí přenos kroutícího momentu z velkého ozubeného kola na šroub. Volba profilu geometrie byla několikrát probrána z důvodu přenášení poměrně velkých sil vzhledem k velikosti mechanismu, ale také z důvodu požadavku snadné montáže ozubeného kola na pohybový šroub. Jak již bylo zmíněno, nasazení by mělo probíhat bez hledání správné polohy, tudíž je potřeba zajistit náběh, který zajistí pootočení ozubeného kola do montážní polohy. Pro přenos kroutícího momentu byl zvolen profil Torx na obr. 78 označen oranžovou barvou. Z důvodu nižších nákladů bylo výrobcem šroubů doporučeno použít hexagonální profil šroubu oproti profilu Torx, kde jsou v důsledku licenčních poplatků za použití dané geometrie náklady vyšší. Zvolený profil však zaručuje přenos vyšších kroutících momentů, větší stabilitu spojení a snazší navedení profilů do správné pozice během montáže.

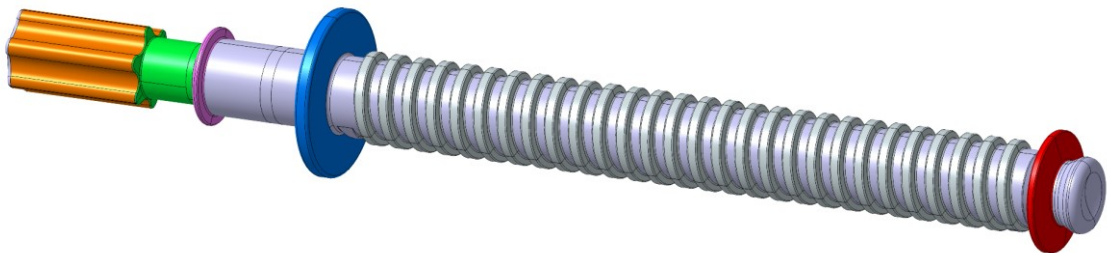
Poté, co byly navrženy hlavní části zabezpečující spojení i přenos otáčivého pohybu, vznikl návrh na fixaci celého šroubu v tělese světlometu. Spojení zajistí větší toleranční stálost celého konceptu a zároveň nebudou kladeny tak vysoké nároky na spojení velkého ozubeného kola s pohybovým šroubem, jako je to u současného systému. V souvislosti s tímto řešením bylo potřeba na šroubu vytvořit další přírubu, o kterou je šroub fixován v tělese světlometu. Na obr. 78 je tato příruba označena růžovou barvou.

S použitím pružných klipů a zavedení fixace pohybového šroubu pomocí tělesa světlometu vznikla podmínka, zmenšování průměrů konstrukčních prvků směrem ke konci šroubu. Jen tak lze zajistit nasunutí ozubeného kola na šroub s následným zacvaknutím pružného spoje a také protažení šroubu otvorem v tělese světlometu.

Další konstrukční prvek, který rozděluje šroub na dvě části, je příruba, která slouží jako doraz při montáži do světlometu, dále jako osazení pro těsnění a v neposlední řadě napomáhá fixaci v tělese světlometu. Příruba je na obr. 78 označena modrou barvou a její průměr je ovlivněn maximálním možným rozměrem, jenž je dodavatel schopen danou technologií vyrobit. V tomto případě byl zvolen průměr příruby 11 mm.

Důležitým prvkem každého pohybového šroubu je závit, který v tomto případě zajišťuje pohyb jezdce. Závit na daném šroubu je specifický tím, že zajišťuje možnost přeskočení spojky po závitě, jakmile se jezdec dostane do krajní polohy. Přeskočení spojky je doprovázeno akustickým signálem, který má danou osobu varovat, že se již nachází v krajní poloze seřízení světelné stopy světlometu. Na šroubu je použit lichoběžníkový závit připomínající oblý závit se souměrným profilem, který je naznačen na obr. 78.

Posledním konstrukčním prvkem šroubu je již zmiňovaný doraz spojky jezdce. Tento doraz je z velké části ovlivněn možnostmi technologie, kterou je u dodavatele vyráběn. Po konzultaci s dodavatelem bylo snahou docílit co nejkolmějšího profilu příruby k ose šroubu. Profil příruby, tedy i její kolmost, se odvíjí od technologie, kterou je tato část vyrobena. Příruba, která má funkci dorazu spojky jezdce, je na obr. 78 zvýrazněna červenou barvou.



Obr. 78 Pohybový šroub (varianta 1) s vyznačenými konstrukčními prvky

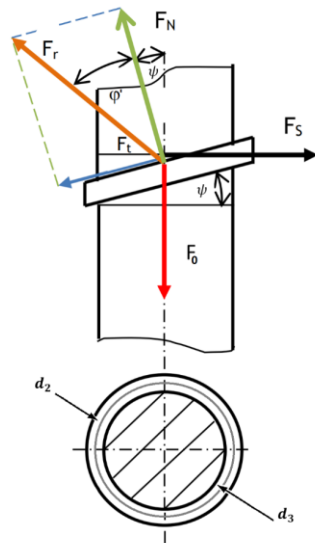
Na závěr bylo potřeba prodiskutovat konstrukční řešení s dodavatelem spojovacích materiálů, tedy i předpokládaným výrobcem daného dílu. Nejprve proběhla schůzka s obchodním zástupcem společnosti, kterému byly sděleny veškeré informace a předány potřebné podklady. Materiály byly následně přezkoumány pověřenými inženýry, kteří navrhli možnosti výroby daného šroubu a jeho mezní rozměry. Dle těchto informací byl následně seřizovací mechanismus upraven.

Při výrobě pohybového šroubu je nejprve použita technologie tváření za studena, která může u daného dodavatele probíhat až v sedmi postupně za sebou jdoucích krocích. Šroub je během tváření přemísťován z dutiny jednoho nástroje do dalších. Každá dutina zajistí vytvoření nového profilu na šroubu. Rozměry a tvar jednotlivých na sebe navazujících profilů musí splňovat jisté podmínky z hlediska zajištění bezproblémové výroby. Další použitou technologií je válcování. Tato technologie zajišťuje výrobu závitů na pohybovém šroubu a také konců šroubů. Specifické konce jsou charakteristickým prvkem technologie válcování z důvodů upnutí šroubu ve stroji. Konec zajišťující doraz spojky jezdce na jednom z konců šroubu je zároveň funkčním prvkem.

Výpočet sil působících na pohybový šroub

Silové poměry na pohybovém šroubu

Soustava sil působících na šroub má stejné rozložení jako soustava sil na nakloněné rovině, která vznikne rozvinutím jednoho stoupání P_h na středním průměru šroubu d_2 do roviny. [48]



F_0 – axiální osová síla ve šroubu – zatěžující síla [N]

F_s – síla působící na středním průměru šroubu – hnací síla [N]

φ' – třecí úhel [°] $\operatorname{tg} \varphi' = \frac{f_z}{F_N}$ [°]

ψ – úhel stoupání závitu $\operatorname{tg} \psi = \frac{P_h}{\pi \cdot d_2}$ [°]

f_z – součinitel smykového tření

Obr. 79 Schéma rozložení sil působících v pohybovém šroubu [48]

Síla působící v ose šroubu

Sílu působící v ose šroubu lze vyjádřit z rovnice (23) pro výpočet utahovacího momentu. Hodnota utahovacího momentu byla spočítána v kapitole: *Kontrolní analýzy a výpočty malého ozubeného kola*.

Třecí úhel závitu

$$\tan \varphi' = \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} \rightarrow \varphi' = \frac{0,3}{\cos 15^\circ} = 17,3^\circ \quad (21)$$

Úhel stoupání závitu

$$\tan \psi = \frac{P_h}{\pi \times d_2} \rightarrow \psi = \frac{1,7}{\pi \times 5,5} = 5,62^\circ \quad (22)$$

Utahovací moment

$$Mk_2 = F_0 \times \tan(\psi + \varphi') \times \frac{d_2}{2} \quad [N \cdot m] \quad (23)$$

Odvození vzorce a výpočet osová síly F_0

$$F_0 = \frac{Mk_2}{\tan(\psi + \varphi') \times \frac{d_2}{2}} =$$

$$F_0 = \frac{0,98}{\tan(5,62^\circ + 17,3^\circ) \times \frac{0,0055}{2}} = 842,8 \text{ N} \quad (24)$$

Kontrola na tah

$$\sigma_T = \frac{F_0}{S} = \frac{F_0}{\frac{\pi \times d_3^2}{4}} = \frac{842,8}{\frac{\pi \times 5^2}{4}} = 42,9 \text{ MPa} \quad (25)$$

Kontrola na krut

$$\tau_0 = \frac{F_0 \times \tan(\psi + \varphi') \times \frac{d_2}{2}}{W_K} = \frac{F_0 \times \tan(\psi + \varphi') \times \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \times d_3^3}{16}} =$$

$$\tau_0 = \frac{842,8 \times \tan(5,62^\circ + 17,3^\circ) \times \frac{5,5}{2}}{\frac{\pi \times 5^3}{16}} = 39,9 \text{ N} \quad (26)$$

Podmínky pevnosti pro tvárné materiály se řídí teorií pevnosti podle maximálního smykového napětí – tzv. Guestova hypotéza.

Redukované napětí dle Guesta

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_T^2 + 4 \times \tau_K^2} = \sqrt{42,9^2 + 4 \times 39,9^2} = 90,6 \text{ MPa} \quad (27)$$

Samosvornost šroubu

U pohybových šroubů není samosvornost nutná. V tomto případě je navíc samosvornost zajištěna kuželovým převodem, který zamezuje samovolnému pohybu šroubu.

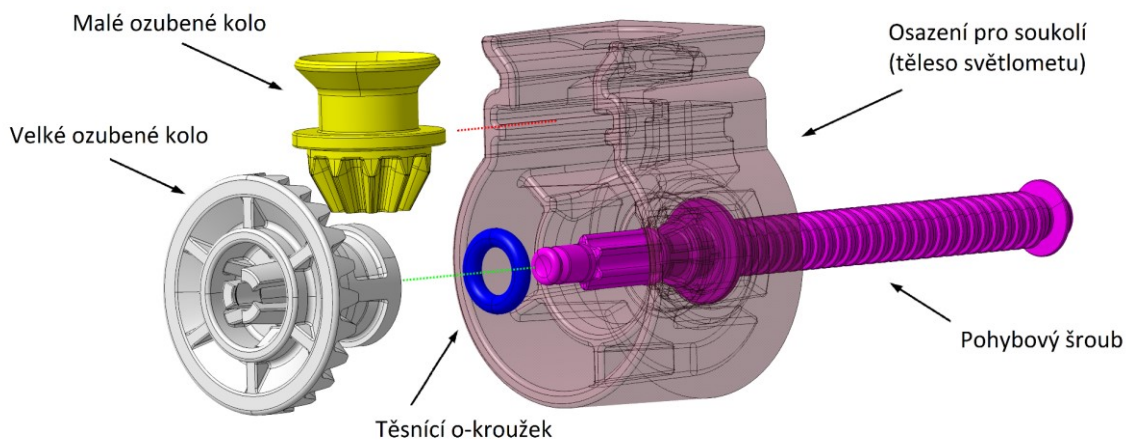
8.2 Konstrukční návrh 2

Podmínky zpracování konstrukčního návrhu 2 byly stejné jako u první varianty.

Hlavními požadavky na správné vypracování jsou:

- minimální vůle ve všech spojení sestavy,
- snadné spojení dílů sestavy,
- výrobitelnost navržených dílů sestavy,
- zajištění těsnosti v místě průchodu pohybového šroubu stěnou tělesa světloometu.

V této kapitole jsou popsány díly druhého konstrukčního návrhu seřizovacího konceptu. Pro sestavu je charakteristické spojení na samotném konci pohybového šroubu. Pružný spoj je viditelný a v případě nutnosti je ho možno rozebrat.



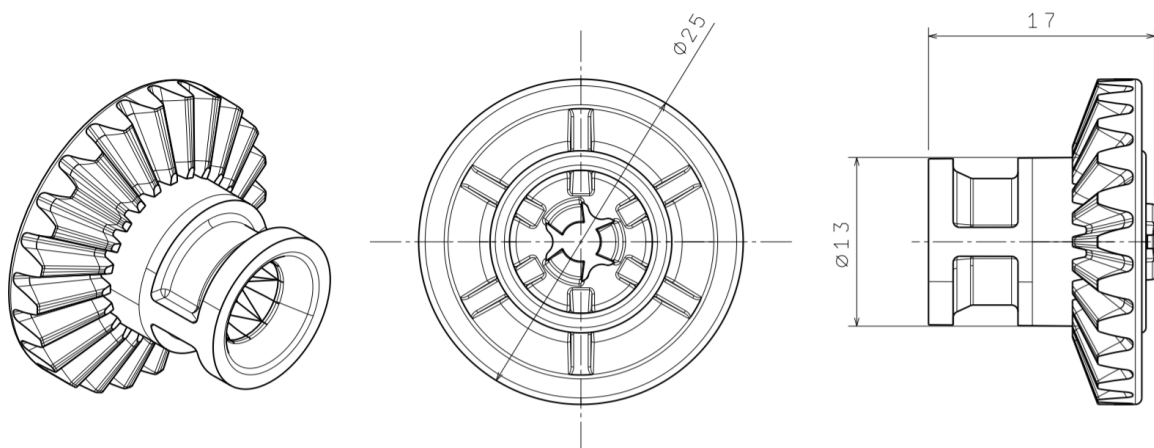
Obr. 80 Konstrukční návrh 2

8.2.1 Malé ozubené kolo – pastorek

Rozměry ozubení velkého ozubeného kola i malého ozubeného kola zůstaly pro oba konstrukční návrhy stejné. Neměnila se tedy ani konstrukce malého ozubeného kola. V konstrukčním návrhu 2 je použito identické malé ozubené kolo jako v konstrukčním návrhu 1. Veškeré informace o konstrukci i kontrolních výpočtech a analýze jsou sepsány v kapitole *Konstrukční návrh 1 – Malé ozubené kolo*.

8.2.2 Velké ozubené kolo

Stejně jako u konstrukčního návrh 1, bylo zvoleno spojení velkého ozubeného kola a pohybového šroubu pomocí pružného spoje. Konstrukce a rozměry zbývajících prvků sestavy se opět odvíjely od konstrukce velkého ozubeného kola, které oproti prvnímu návrhu zmenšilo své rozměry a získalo robustnější design.



Obr. 81 Velké ozubené kolo – konstrukční návrh 2

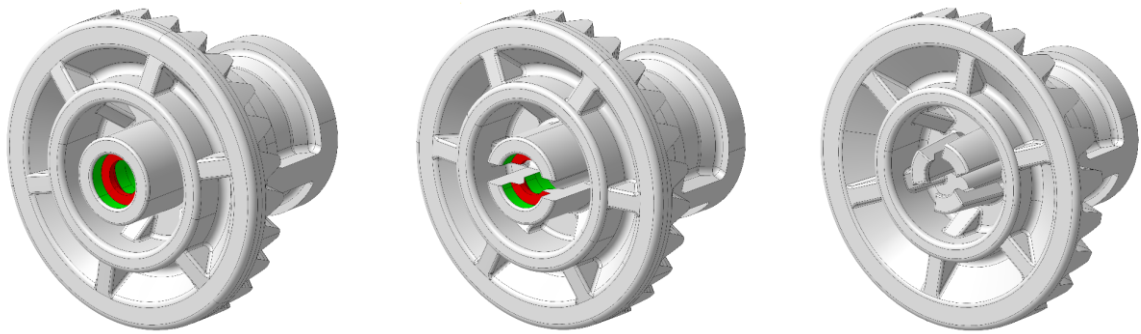
Návrh velkého ozubeného kola – varianta 2

Návrh vychází z konstrukce velkého ozubeného kola varianta 1, proto byla známa jistá úskalí, s kterými se konstrukce potýká. Jedním z možných problémů bylo zaformování pružných elementů v konstrukčním návrhu 1. Proto vznikla myšlenka, implementovat pružný spoj na samotný konec pohybového šroubu. Pružný spoj tak není eliminován zástavbovým prostorem. První představy počítaly s pružnými elementy napojujícími se na velké ozubené kolo až za samotným ozubením. Tento návrh by výrazně prodloužil ozubené kolo i pohybový šroub. Pružné háčky tedy musely být zapuštěny do velkého ozubeného kola.

V důsledku zapuštění pružných háčků do ozubeného kola, bylo nutno odstranit žebra, která zvyšovala tuhost kuželovému ozubení. Pokud by byla žebra ponechána, nebyla by zajištěna možnost pružné deformace háčků při montáži ozubeného kola. Pro opětovné navýšení tuhosti byl zkonstruován prstenec, na který byla navázána nová opěrná žebra. Na obr. 83 je možno vidět zelenou barvou zvýrazněna opěrná žebra a růžovou barvou zvýrazněn vyztužující prstenec, který je od středy vyztužen dalšími žebry.

Prvním krokem samotné konstrukce bylo navrhnout jmenovité rozměry pružného spojení. Zde bylo opět nutno počítat s podmínkou, že se průměr jednotlivých prvků pohybového šroubu, a tedy i průměry dutin uvnitř velkého ozubeného kola, musí směrem ke konci pohybového šroubu zmenšovat. Tato podmínka vznikla z důvodu možnosti zaformovat dutinu ozubeného kola, ale také snadno prostrčit a následně fixovat pohybový šroub v tělese světlometu. Průměr šroubu v místě spojení byl zvolen 4 mm. Od tohoto rozměru se dále odvíjely rozměry pružného spoje, který je na obr. 83 vyznačen modrou barvou.

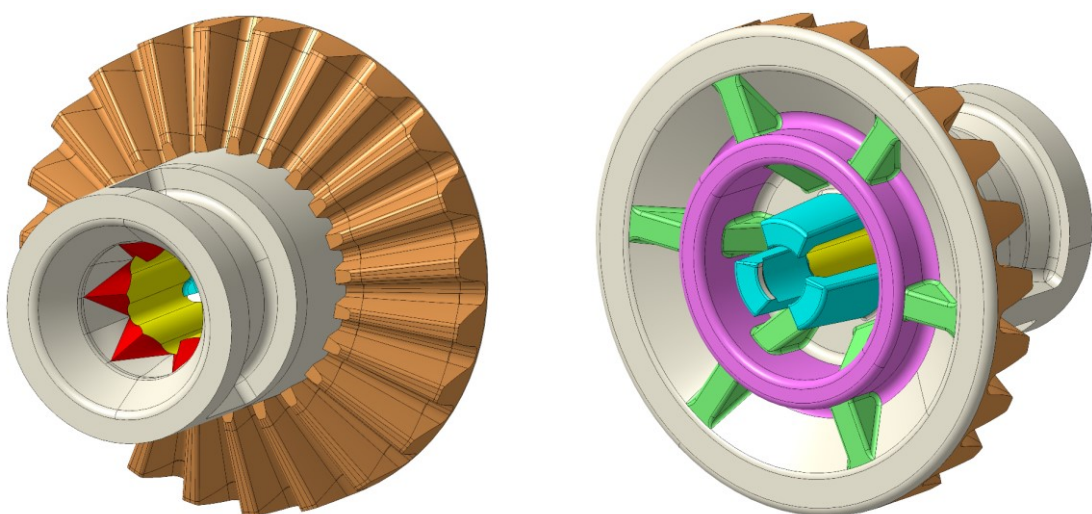
V rámci návrhu pružného spoje byly řešeny dvě varianty spojení. První varianta vycházela z cylindrického spoje, který se skládá z válcové části s prstencovým okrajem a protikusu s obvodovým osazením, do něhož je prstenec zacvaknut. Druhá varianta měla využívat háčkový spoj tvořen dvěma háčky, které se zacvaknou do obvodového osazení pohybového šroubu. Nesmí být opomenuto, že požadavkem na konstrukci spoje je jeho snadné spojení bez nutnosti použití dalšího nářadí v rámci montážní linky. Následnou optimalizací geometrie spoje vznikla úprava, kdy je spojení realizováno pomocí tří pružných háčků.



Obr. 82 Vývoj pružného spoje velkého ozubeného kola – varianta 2

Neméně důležitým konstrukčním prvkem je také profil díry procházející středem velkého ozubeného kola. Pro konstrukční návrh 2 byl opět zvolen profil Torx, který zajišťuje přenos kroutícího momentu z velkého ozubeného kola na pohybový šroub a na obr. 83 je označen žlutou barvou. Opět musel být splněn požadavek bezproblémové montáže dílů na první pokus bez případné potřeby hledání správné polohy pro nasunutí. To je zajištěno náběhy, které jsou na obr. 83 zvýrazněny červenou barvou a plní funkci snadné montáže i zkrácení montážních časů výrobku.

Seřizovacímu konceptu je předáván otáčivý pohyb od malého ozubeného kola pomocí kuželového ozubení s přímými zuby. Ozubení je na obr. 83 vyznačeno oranžovou barvou. Návrh a úprava ozubení je popsána v kapitole návrhu malého ozubeného kola. Geometrie ozubení velkého ozubeného kola byla upravena v rámci konstrukčních zásad pro výrobky vyráběny technologií vstřikování. Ozubení velkého ozubeného kola je osazeno 23 zuby.

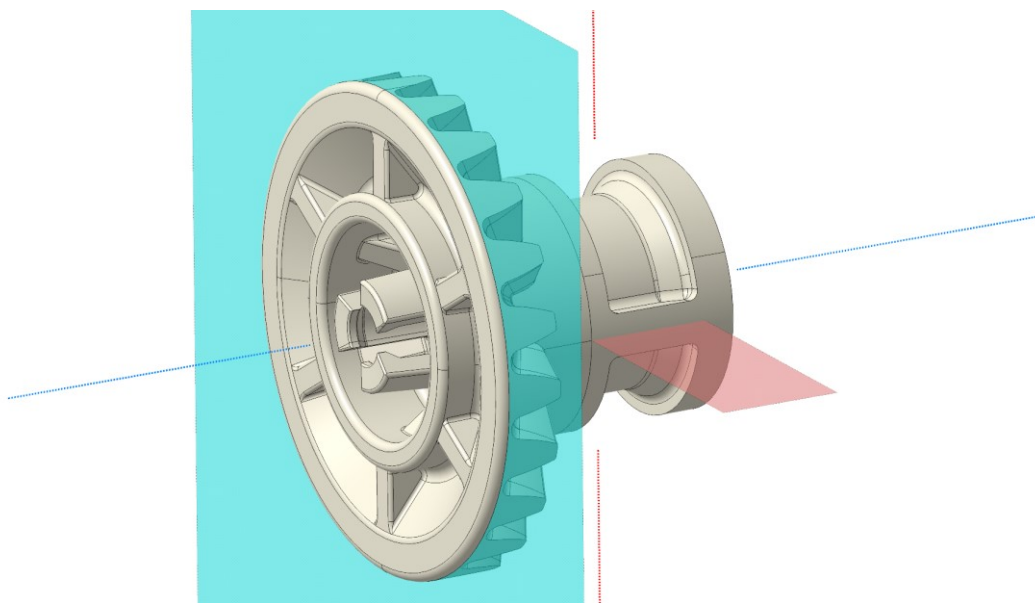


Obr. 83 Velké ozubené kolo (varianta 2) s vyznačenými konstrukčními prvky

Jelikož je snaha zachování konstantní tloušťky stěny výrobků u všech navrhovaných dílů z plastu, bylo i u tohoto ozubeného kola toto nutné zajistit. Vznikla tak vybrání na vnější

straně ozubeného kola, která mírně zkomplikovala zaformování daného dílu v nástroji, ale zároveň zajišťují výslednou kvalitu výrobku. Použití výztužných žebér místo plné stěny rovněž zajistilo větší stálost tloušťky stěny. Tato opatření poté eliminují vznik deformací, které by mohly ovlivnit správnou funkci celého mechanismu nebo zapříčinit vznik nežádoucích vůlí v sestavě seřizovacího konceptu.

I u tohoto dílu byl řešen návrh jednotlivých dělicích rovin a směrů formování. Vybrání na vnější straně takřka zamezily možnosti formování dílce pouze v hlavním směru. Nabízí se však možnost použití šikmých vyhadzovacích kolíků, čímž by se eliminovalo použití posuvných čelistí a tím navýšení ceny i rozměrů celého nástroje. Na obr. 84 je modrou barvou naznačen hlavní formovací směr, který zajišťuje zaformování celého velkého ozubeného kola, kromě zmíněného vybrání. Formovací směr vnějšího vybrání je na obr. 84 zvýrazněn červenou barvou.



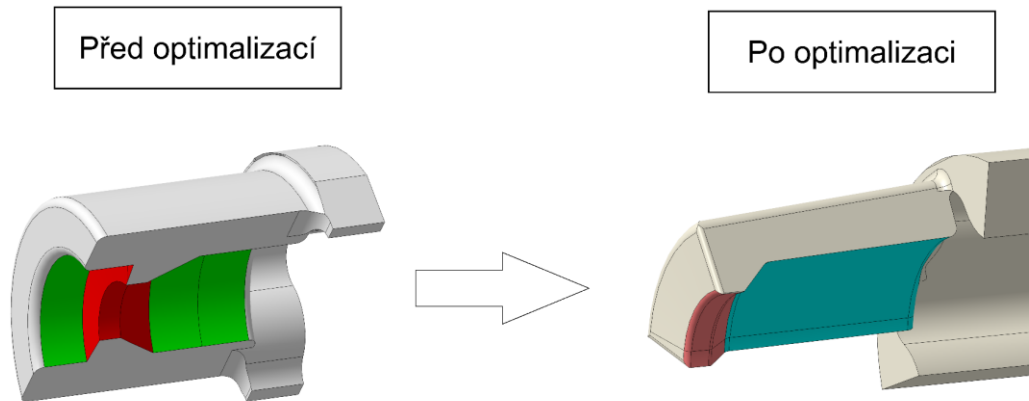
Obr. 84 Naznačení formovacích směrů a dělicích rovin – velké ozubené kolo (varianta 2)

Kontrolní analýza velkého ozubeného kola – varianta 2

Pevnostní analýza

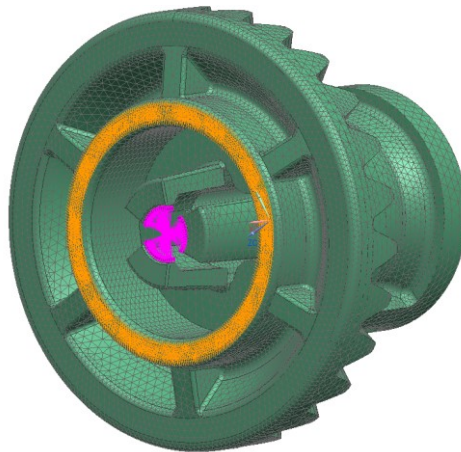
Během montáže velkého ozubeného kola na pohybový šroub dochází k rozevření a následnému zacvaknutí tří pružných háčků za osazení na konci šroubu. Rozevření pružných háčků je znázorněno na obr. 87. Pro velké ozubené kolo bylo stejně jako v konstrukčním návrhu 1 zvolen materiál POM, pro něhož je stanoveno napětí meze kluzu 64 MPa dle normy ISO 527 při teplotě 23 °C. Hodnota meze kluzu by neměla být, především

v tahu, překročena. Při jejím překročení hrozí porušení geometrie a může nastat i ulomení části dílce. Z tohoto důvodu musela být geometrie pružného háčku optimalizována. Na obr. 85 je ukázána geometrie pružného háčku před a po optimalizaci.



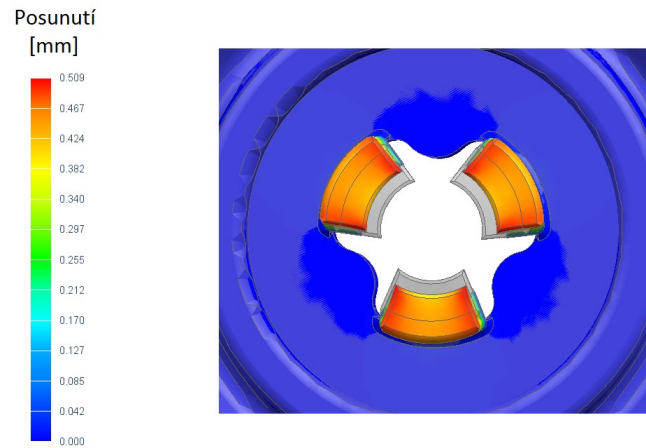
Obr. 85 Vývoj pružného háčku velké ozubené kolo – varianta 2

V rámci pevnostní analýzy musel být model převeden na množinu čtyřstěnných elementů. Následně byly zvoleny okrajové podmínky výpočtu dle způsobu zatížení dílce během montáže. Na obr. 86 je oranžově naznačena fixace dílce a růžově rozevření pružného spoje v radiálním směru o průměr 1 mm. Jeden pružný háček se tedy vychýlí o 0,5 mm.

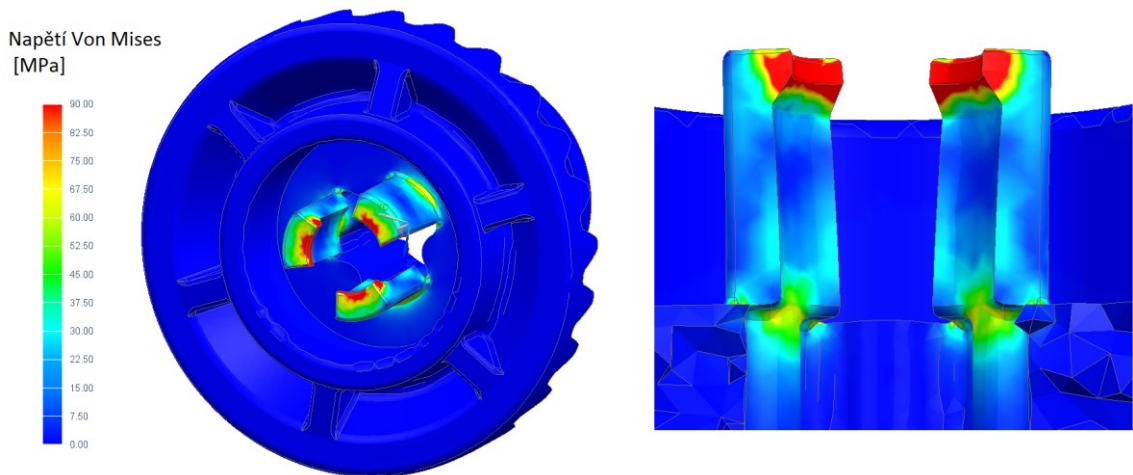


Obr. 86 Okrajové podmínky simulace – velké ozubené kolo varianta 2

Jako u předešlých dílů i zde byl výpočet řešen formou statických úloh, které jsou pro simulaci pružného spoje vhodné. Během simulace byla zkoumána síla potřebná k zacvaknutí a hodnota napětí.

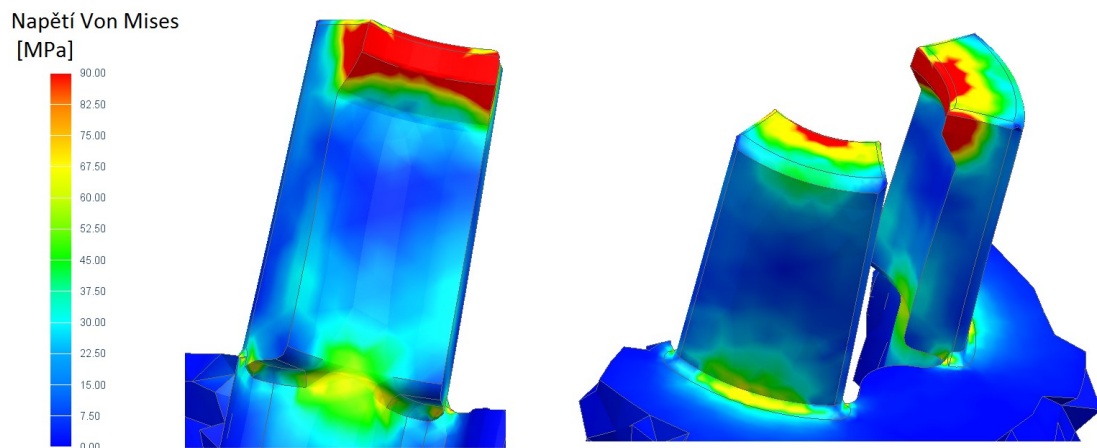


Obr. 87 Kinematická studie posunutí klipů – velké ozubené kolo varianta 2



Obr. 88 Hodnoty napětí při maximálním zatížení klipů velkého ozubeného kola

Na obr. 88 a 89 je možno pozorovat vysoká napětí v koncích pružných háčků. Opět se jedná o singularitu, která se na reálném tělese nevyskytuje. Neboť je singularita vzdálena od řešené oblasti, mohou být tyto hodnoty napětí zanedbány. Oblastí zájmu je v tomto případě místo, kde pružný háček navazuje na ozubené kolo. S výjimkou konců háčků by hodnota maximálního napětí, pro zvolený materiál POM, neměla překročit hodnotu 64 MPa.

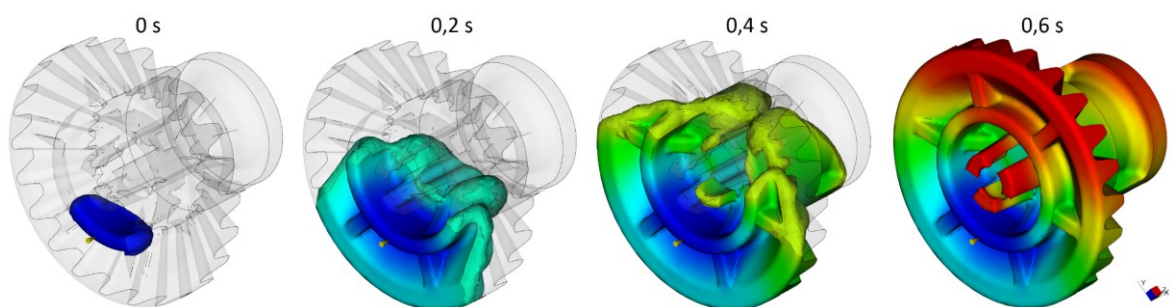


Obr. 89 Zkoumaná oblast napětí při maximálním zatížení klipů velkého ozubeného kola – varianta 2

Kontrolní toková analýza Moldflow

Pro tento díl byla provedena simulace plnění. Výsledky analýzy jsou prezentovány na analýze pracující s 3D sítí. Byly zde zvoleny standardní procesní podmínky, vycházející z vlastností použitého materiálu a umístění vtoku bylo voleno dle předpokládané polohy výrobku ve vstřikovací formě.

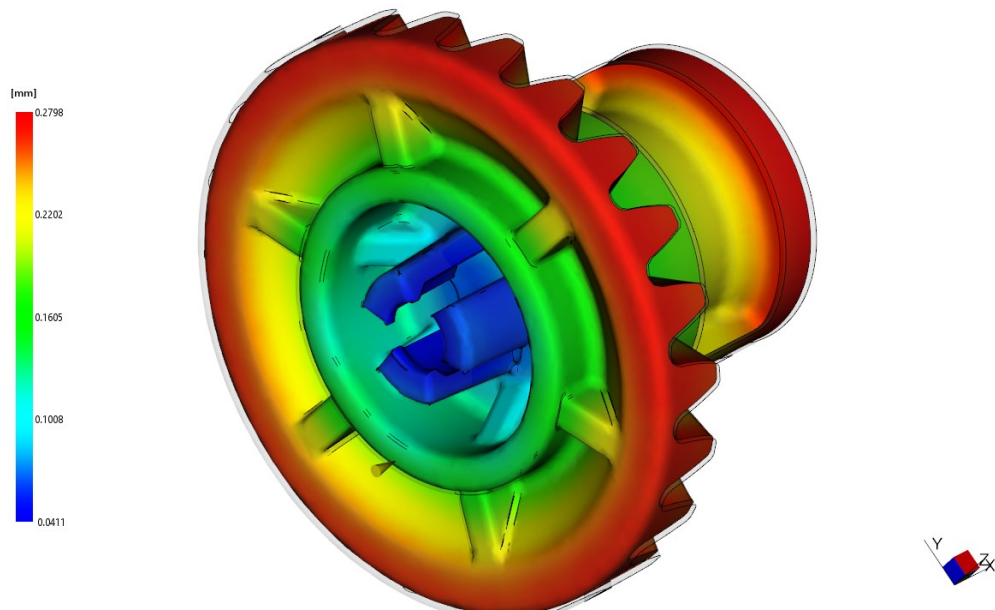
Výsledky tokové analýzy jsou pouze orientační a slouží ke správnému konstrukčnímu návrhu zkoumaného dílu i nástroje pro jeho výrobu. Z výsledků byly vybrány ty, které mohou mít vliv na funkci dílce a které jsou ovlivnitelné konstrukcí dílce. Obr. 90 představuje postupné zaplnění dutiny vstřikovací formy polymerní taveninou v závislosti na čase. Dutina formy bude plně zaplněna za dobu 0,62 s.



Obr. 90 Čas plnění dutiny vstřikovací formy – velké ozubené kolo varianta 2

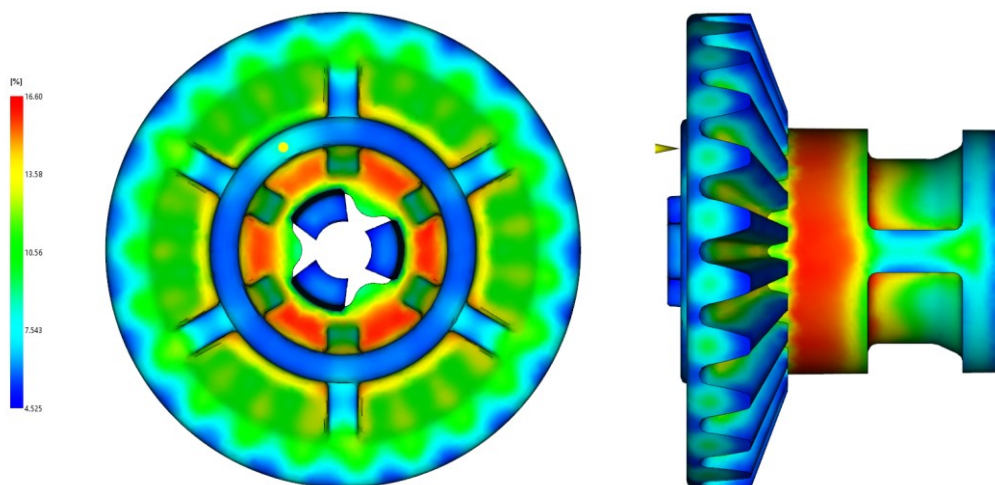
Zkoumanou oblastí z hlediska deformace výrobku jsou háčky pružného spoje a ozubení. Na obr. 91 lze v oblasti pružného spoje pozorovat modrou barvu, tedy minimální změnu rozměrů. Místa s největší deformací jsou označena červenou barvou. Mezi tyto části spadá i ozubení. Jelikož hodnota deformace nabývá hodnot až 0,28 mm, je nutné s těmito informacemi pracovat již během konstrukce výrobku, obzvlášť v případech, kdy deformovaná

místa mohou ovlivnit správnou funkci dílu. Deformace je také možno ovlivnit konstrukcí vstřikovací formy a nastavením vhodných procesních podmínek vstřikování.



Obr. 91 Analýza deformace – velké ozubené kolo varianta 2

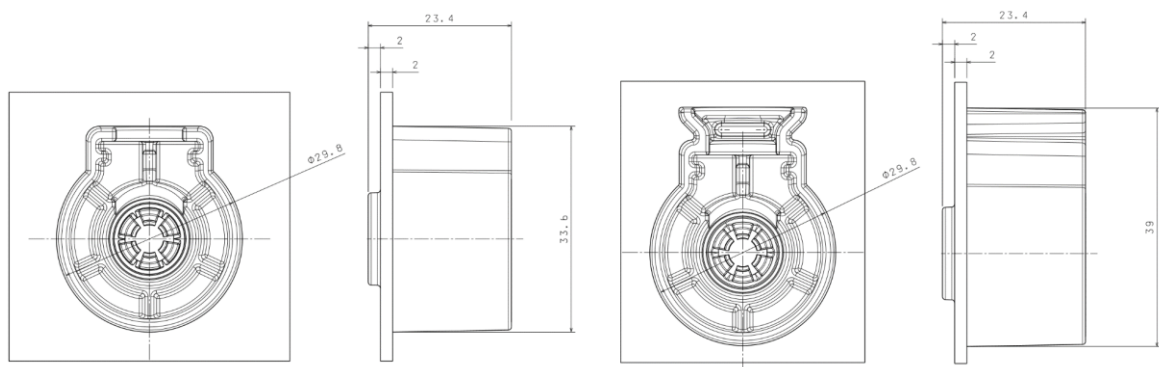
Dalším výsledkem je hodnota objemového smrštění, která charakterizuje smrštění dané části dílce. Na obr. 92 lze pozorovat červeně zabarvenou část dílce, která upozorňuje na místa, kde mohou vzniknout propadliny nebo vznik trhlin uvnitř stěny výrobku. Tento jev je zapříčiněn velkou tloušťkou stěny vzhledem k ostatním částem malého ozubeného kola. V rámci navrženého dílce by případná změna rozměrů vlivem smrštění neměla být problém. U tohoto dílu je důležitá stálost rozměrů v oblasti pružného spoje, což je dle výsledků splněno. Objemové smrštění by v ideálním případě mělo nabývat stejných hodnot.



Obr. 92 Výsledky analýzy objemového smrštění – velké ozubené kolo varianta 2

8.2.3 Těleso světlometu

Tato kapitola se zaměřuje pouze na konstrukční prvky tělesa světlometu, které spadají do skupiny seřizovacích komponentů. Konstrukční návrh 2, stejně jako předchozí návrh, využívá tři konstrukční prvky. Mezi tyto prvky patří vedení jezdce, osazení pro soukolí a fixační element pohybového šroubu. Podmínkou celého seřizovacího konceptu je také zajistit těsnost v místě prostupu pohybového šroubu stěnou tělesa světlometu. Těsnost je v tomto případě zajištěna instalací těsnění v místě fixačního elementu pohybového šroubu.



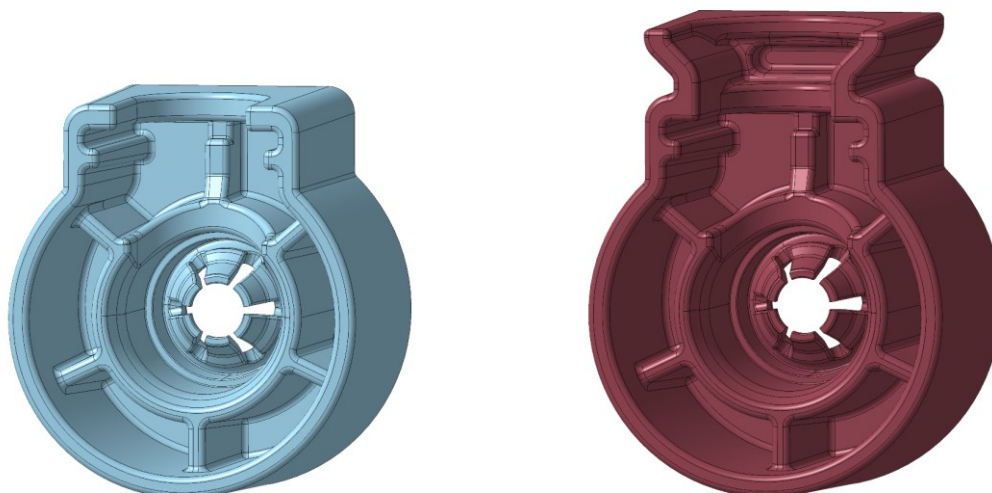
Obr. 93 Osazení tělesa světlometu pro seřizovací soukolí – varianta 2

Návrh konkrétních seřizovacích prvků tělesa světlometu – varianta 2

V rámci konstrukčního návrhu 2 byly převzaty některé konstrukční prvky z konstrukčního návrhu 1. Hlavní rozměry kuželového ozubení tedy zůstaly stejné, tudíž se nemusely upravovat ani rozměry osazení pro seřizovací soukolí. Tento návrh je tedy zaměřen především na konstrukční prvek prostupu a zajištění fixace šroubu v tělese světlometu.

Totožně jako u konstrukčního návrhu 1, se návrh konstrukce nezabýval prvkem vedení jezdce. Konstrukce tohoto prvku tedy zůstává stejná jako u současného seřizovacího systému.

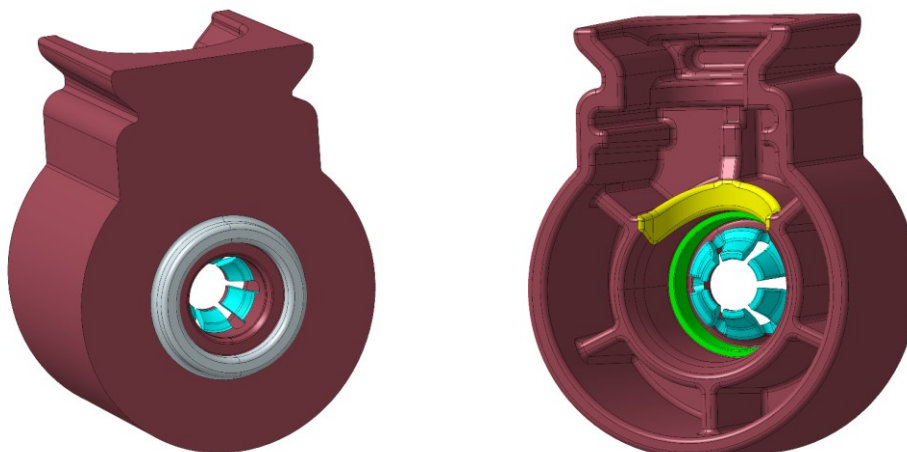
Také zde, jako v konstrukčním návrhu 1, vznikly dvě konstrukční řešení osazení pro soukolí. Menší provedení, na obr. 94 zvýrazněno modrou barvou, se ve světlometu používá pouze v případě, kdy jsou rozměry prvku limitovány okolním prostorem nebo konstrukčním řešením tělesa světlometu. Upřednostňována je tedy varianta označena hnědou barvou z důvodu stabilnějšího osazení pro malé ozubené kolo a celkově robustnějšího provedení celého osazení.



Obr. 94 Možnosti konstrukčního řešení uložení pro soukolí – varianta 2

Návrh prvku zajišťujícího vstup a fixaci pohybového šroubu tělesem světloometu opět pracuje s možností utěsnění světloometu již ve stěně tělesa světloometu. Jelikož velké ozubené kolo konstrukčního návrhu 2 je o 2 milimetry v ose X kratší, mohla být stěna tělesa světloometu o 1 mm rozšířena zvnějšku čili opačně, než tomu bylo v konstrukčním návrhu 1. Rozšíření stěny je nezbytné z důvodu zajištění dostatečně velké kontaktní plochy pro těsnění a současně je tak zpevněna část, ve které je pohybový šroub upevněn v tělese světloometu. Rozšíření je na obr. 95 zvýrazněno zelenou barvou, tyrkysovou barvou jsou označeny pružné klipy, které se při montáži deformují při překonání profilu šroubu a následným zacvaknutím fixují šroub ve správné poloze. Tyto elementy musely být v rámci simulací optimalizovány, aby během montáže nedošlo k jejich porušení nebo ulomení. Optimalizovaná geometrie pružného klipu je zobrazena na obr. 96. Spojení tělesa světloometu a pohybového šroubu je nerozebíratelné a během životního cyklu světloometu by nemělo dojít k samovolnému uvolnění spoje. Prostup stěnou světloometu je navíc doplněn o prsteneц vymezující přírubu pohybového šroubu. Tento prsteneц je na obr. 95 označen šedou barvou a slouží jako opora pro přírubu pohybového šroubu, čím zamezuje velkému zatížení zbylých částí a dílů seřizovacího konceptu.

V souvislosti s utěsněním prostupu stěny světloometu bylo opět umožněno zhotovit vybrání, které zajišťuje montáž nově navrženého malého ozubeného kola. Nově navržený kuželový převod zabírá výrazně větší délkou zubu a zajišťuje tak stabilnější přenos otáčivého pohybu. Vybrání je na obr. 95 zvýrazněno žlutou barvou.



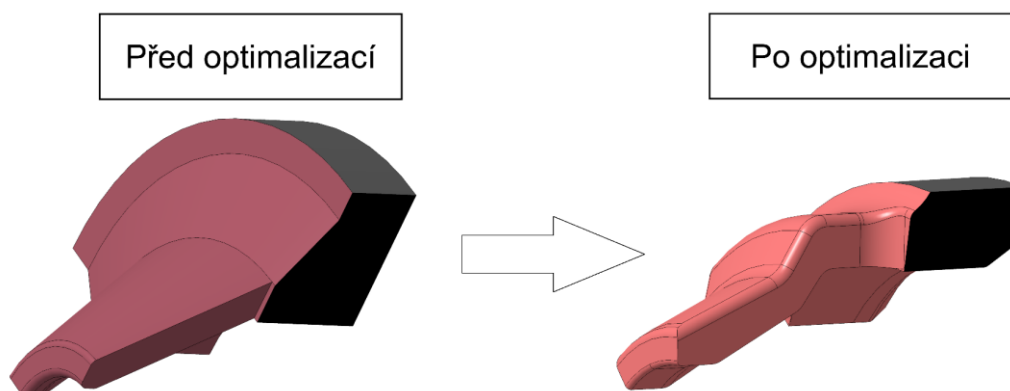
Obr. 95 Uložení pro soukolí (varianta 2) s vyznačenými konstrukčními prvky

Při návrhu konkrétních seřizovacích prvků tělesa světlometu byl dodržen požadavek společnosti VLS na formování jednotlivých částí pouze v jednom směru. V rámci formování seřizovacích prvků je tak eliminováno použití posuvných čelistí ve vstřikovací formě, které komplikují konstrukci již tak velmi složitého nástroje pro výrobu těles světlometů.

Analýza uložení pro soukolí seřizovacího konceptu – varianta 2

Pevnostní analýza

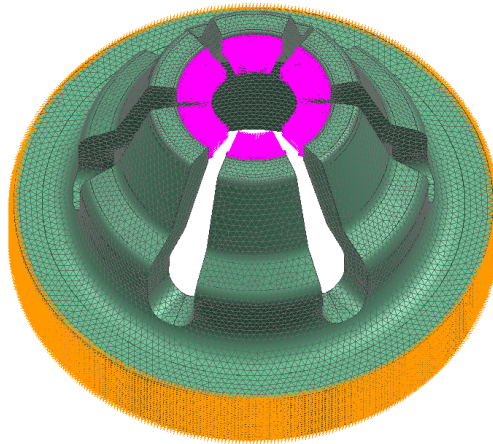
Pro zjednodušení a urychlení výpočtu byla použita pouze geometrie prostupu stěnou tělesa světlometu a pružného spojení, která je ukázána na obr. 97. Byl zvolen materiál PP-GF30, který je charakteristický pro výrobu těles světlometů. Vzhledem k výsledkům pevnostních analýz, musela být postupně geometrie pružného spoje upravena. Na obr. 96 je ukázána geometrie před a po optimalizaci.



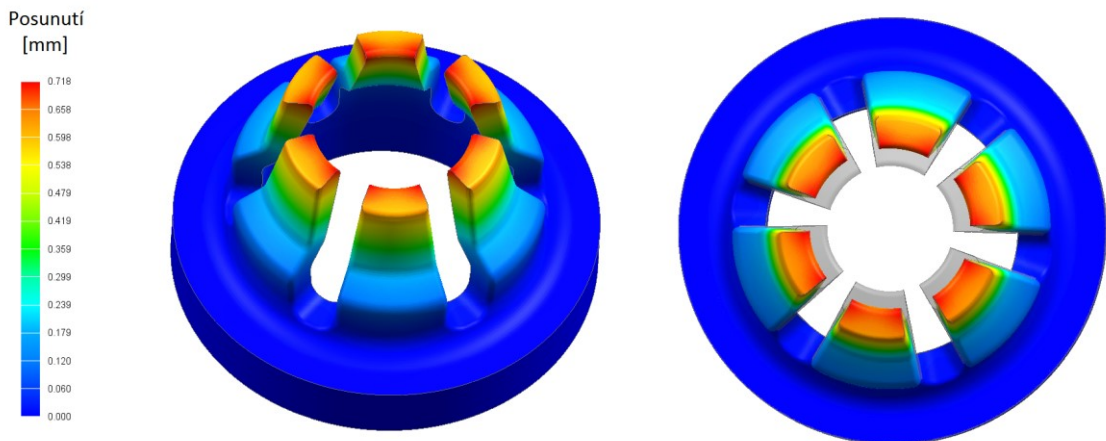
Obr. 96 Vývoj klipu prostupu stěnou světlometu – varianta 2

Model prostupu stěnou tělesa světlometu byl převeden na množinu elementů, jimiž je model tzv. vysíťován. Tvarem elementů byl zvolen čtyřstěn s deseti uzly. Okrajové podmínky výpočtu byly voleny dle způsobu montáže. Fixace v oblasti stěny tělesa

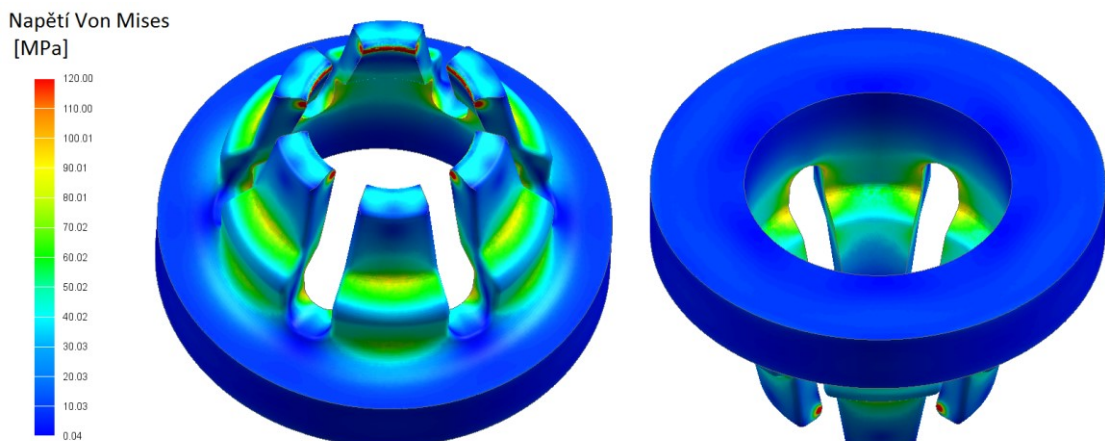
světloometu je na obr. 97 naznačena oranžovou barvou a posunutí pružných klipů o 0,7 mm v radiálním směru je zvýrazněno růžovou barvou.



Obr. 97 Okrajové podmínky simulace – prostup tělesa světloometu varianta 2



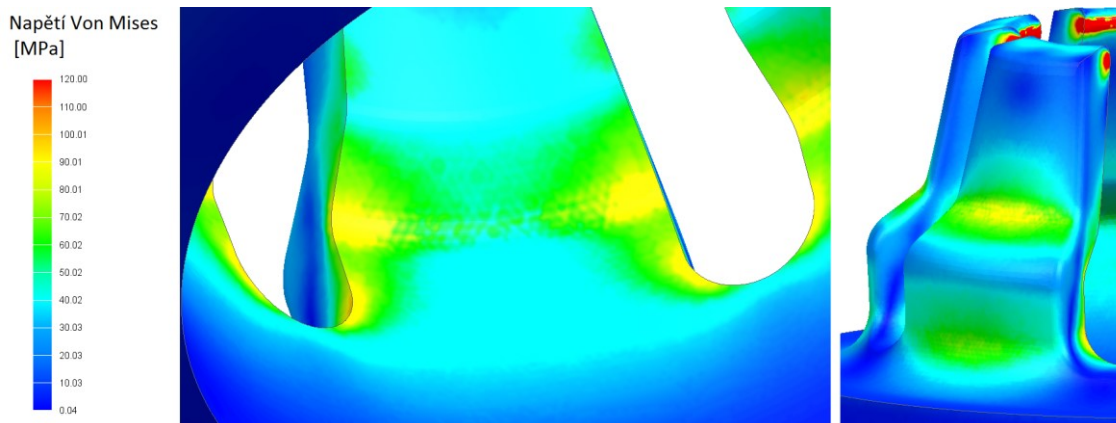
Obr. 98 Kinematická studie posunutí klipů – prostup tělesa světloometu varianta 2



Obr. 99 Hodnoty napětí při maximálním zatížení prostupu tělesa světloometu – varianta 2

Na obr. 99 a 100 je možné pozorovat vysoké hodnoty napětí v koncích pružných klipů, stejně jako u varianty 1. Opět se jedná o singularitu, která je vzdálena od oblasti zájmu, proto

mohou být tyto hodnoty zanedbány. Oblastmi zájmu jsou v tomto případě dvě části klipů. Zkoumanou oblastí je místo kde se mění průměr geometrie pružného klipu a místo kde se napojuje pružný klip na stěnu tělesa světloometu, která je v rámci simulace nahrazena kruhovým prstencem. Napětí by těchto místech nemělo překročit hranici 88 MPa



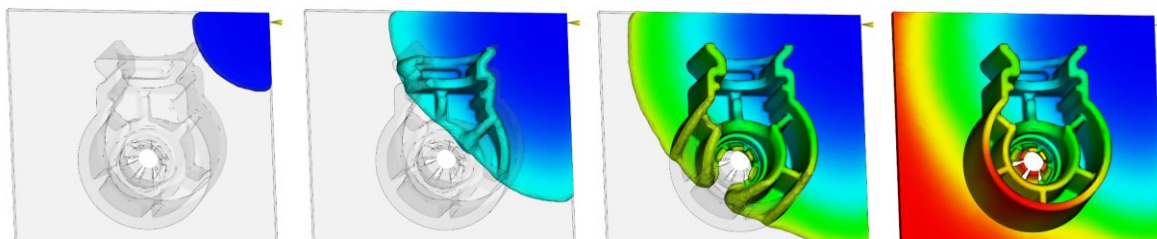
Obr. 100 Zkoumaná oblast napětí při maximálním zatížení prostupu tělesa světloometu – varianta 2

Kontrolní toková analýza Moldflow

Stejně jako v konstrukčním návrhu 1 byla u uložení pro soukolí provedena kontrolní toková analýza v CAE programu Moldflow. V rámci simulace vzniklo několik výsledků, z nichž jsou v této kapitole představeny tři, které jsou významné pro posouzení možných nedostatků návrhu.

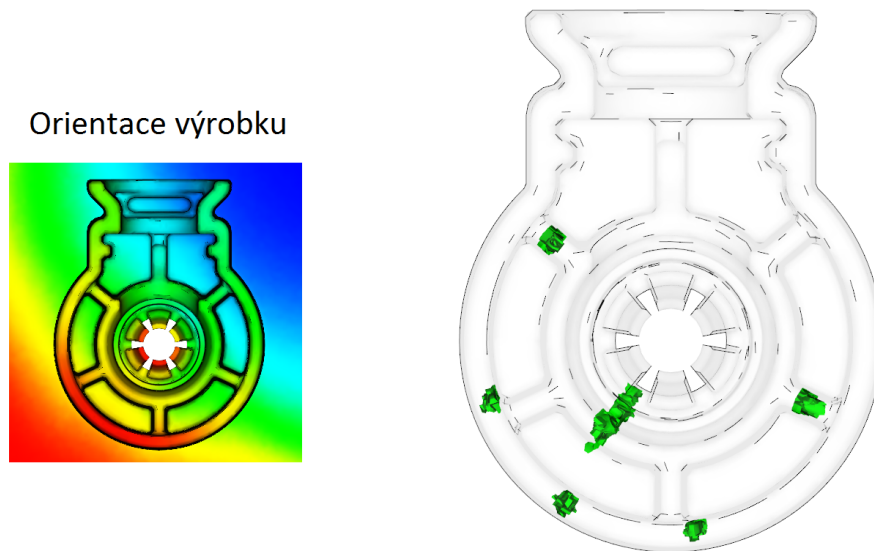
Zkoumaná oblast tělesa světloometu, tedy osazení pro soukolí, bylo nejprve vysíťováno 3D sítí. Vtokové ústí bylo umístěno do nejvzdálenějšího místa modelu, což má simulovat tok polymerní taveniny celým dílcem tělesa světloometu. Procesní podmínky byly voleny dle použitého materiálu, jehož vlastnosti jsou uvedeny v kapitole *Analýza uložení pro soukolí seřizovacího konceptu – varianta 1* (Tab. 5).

Na obr. 101 je znázorněno plnění dutiny vstřikovací formy – uložení pro soukolí varianta 2. Tento výsledek není nijak významný, neboť se nejedná o tokovou analýzu celého tělesa světloometu.



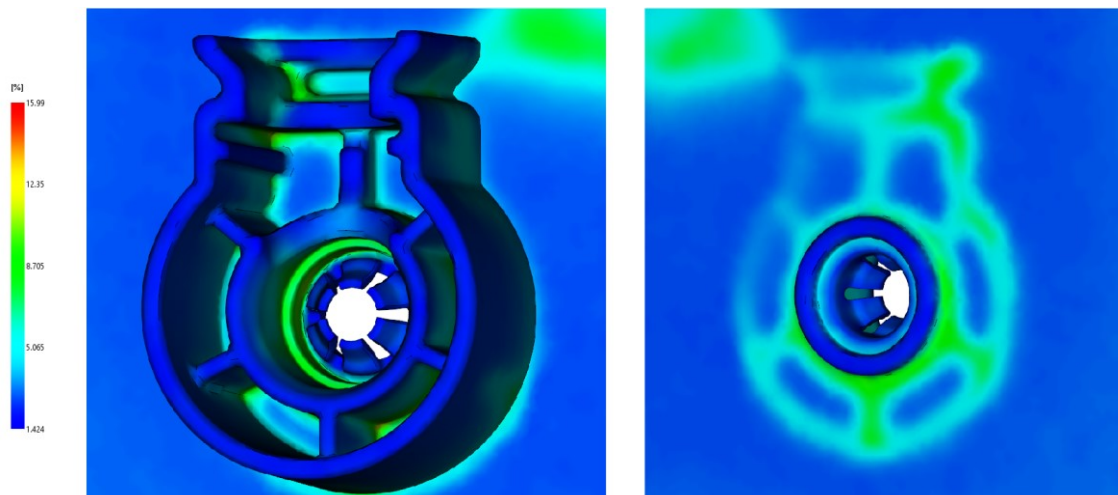
Obr. 101 Plnění dutiny vstřikovací formy – uložení pro soukolí varianta 2

Výsledek analýzy spojení čel taveniny lze pozorovat na obr. 102. Místa, kde se vyskytují zelené plochy značí pravděpodobný výskyt těchto tzv. studených spojů. Tyto oblasti mohou vykazovat horší mechanické vlastnosti než ostatní části dílce. Dle výsledku analýzy, spojení čel taveniny nevzniká na mechanicky namáhaných místech a neovlivňuje tak vlastnosti navrženého prvku.



Obr. 102 Analýza spojení čel taveniny – uložení pro soukolí varianta 2

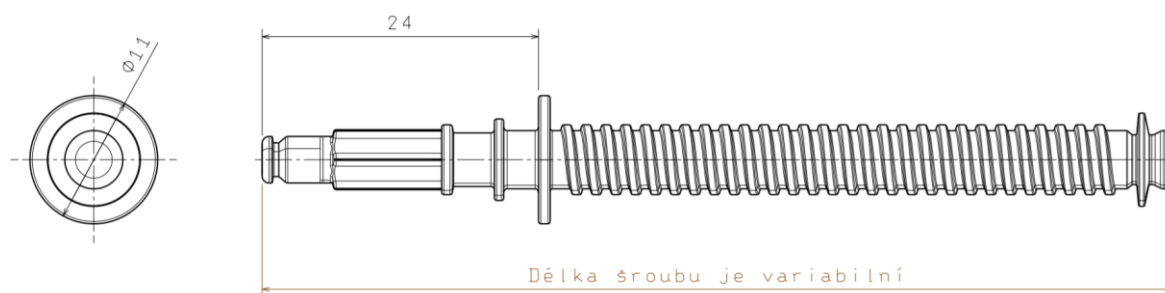
Poslední výsledek tokové analýzy uvádí hodnotu objemového smrštění, která charakterizuje smrštění dané části dílce. Nerovnoměrné smrštění dílce je zapříčiněno nerovnoměrnou tloušťkou stěny a následně rychlejším ochlazením tenčích stěn, než těch, kde je koncentrován větší objem materiálu. Na obr. 103 lze pozorovat zelenou oblast v blízkosti elementů pružného spoje. Je zde vytvořen doraz pro velké ozubené kolo. Vlivem většího smrštění by v těchto místech mohla vzniknout vůle, která by ovlivnila vůle celé sestavy. Protože se jedná o hodnotu objemového smrštění 8 %, tento výsledek lze zanedbat. V případě, že by toto řešení způsobovalo příliš velké vůle sestavy, mohl by být prsteneц nahrazen žebry. Objemové smrštění dílce by v ideálním případě mělo nabývat stejných hodnot.



Obr. 103 Výsledky analýzy objemového smrštění – uložení pro soukolí varianta 2

8.2.4 Pohybový šroub

Pro konstrukční návrh 2 byl opět zvolen ocelový pohybový šroub. Návrh takového výrobku je komplikován řadou konstrukčních zásad, které musí být dodrženy, aby se dal výrobek danými technologiemi vyrobit. Z tohoto důvodu byla každá větší změna konzultována s dodavatelem spojovacích materiálů, vyrábějícím i pohybové šrouby. V případě, že by dodavatel nebyl schopen vyhovět konstrukčním požadavkům, přichází možnost oslovit jiného dodavatele, neboť možnosti výrobních technologií se u jednotlivých výrobců mohou lišit.



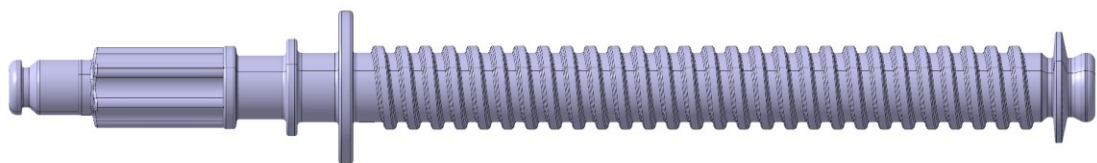
Obr. 104 Pohybový šroub – konstrukční návrh 2

Návrh pohybového šroubu – varianta 2

Stejně jako v konstrukčním návrhu 1 i zde byl hlavním předmětem návrhu konec šroubu vystupující ven ze světloometu na který je následně nadvaknuto velké ozubené kolo. Spojení dílů je zapříčiněno zacvaknutím pružných elementů velkého ozubeného kola do osazení na konci šroubu. Na obr. 106 je tento konstrukční prvek šroubu vyznačen zelenou barvou.

Geometrie sloužící k přenosu kroutícího momentu z velkého ozubeného kola na pohybový šroub byla zvolena stejně jako v konstrukčním návrhu 1. Jedná se o profil geometrie známý pod komerční značkou Torx, který je na obr. 106 zvýrazněn oranžovou barvou. Zvolený profil zaručuje přenos poměrně velkých sil vzhledem k velikosti mechanismu, velkou stabilitu spojení a snadné navedení profilů do správné pozice při montáži.

Pohybový šroub je do tělesa světlometu montován stejným způsobem jako šroub z konstrukčního návrhu 1. Na šroubu tak musela být vytvořena příruba, o níž jsou při montáži zacvaknuty pružné elementy tělesa světlometu. Zacvaknutím dochází k fixaci pohybového šroubu v tělese světlometu. Dodavatelem doporučený průměr příruby byl v rozmezí 7-11 mm. Zvolený průměr příruby je 7 mm a na obr. 106 je zvýrazněna růžovou barvou.



Obr. 105 Návrh pohybového šroubu – varianta 2

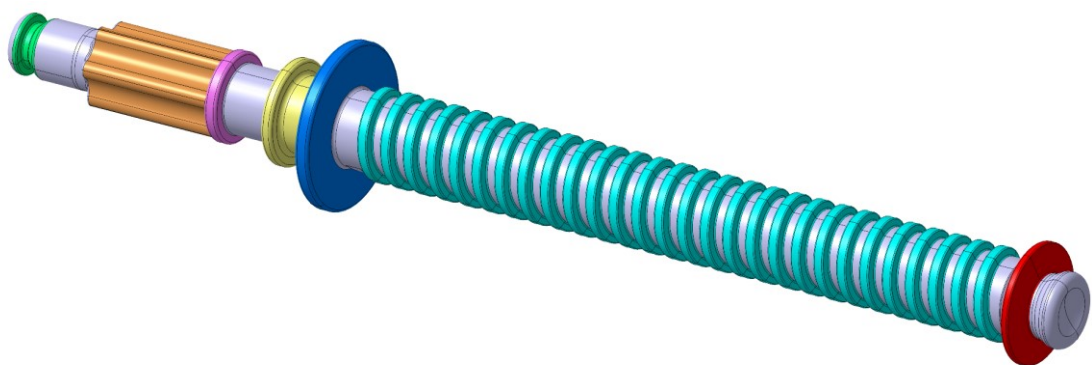
Na obr. 106 je žlutou barvou zvýrazněn nový prvek, který pohybový šroub varianty 1 nenabízí. Jedná se o profil šroubu sloužící k osazení těsnění. Šroub má v těchto místech průměr 5 mm na který navazuje příruba o průměru 7 mm. Tato příruba společně s velkou přírubou, která zajišťuje oporu o stěnu tělesa světlometu, tvoří drážku o šířce 3 mm. Do drážky je před kompletací celé sestavy navlečeno těsnění. Zvolené konstrukční řešení je použito z důvodu odlišných průměrů prostupu stěnou tělesa světlometu mezi jednotlivými konstrukčními návrhy. S lišícími se rozměry prostupu stěnou tělesa světlometu souvisí i použití rozdílných klipů pružného spoje a rozměry těsnícího o-kroužku.

V rámci konstrukčního návrhu 2 bylo s ohledem na fixaci pohybového šroubu pomocí tělesa světlometu i způsob formování velkého ozubeného kola ve vstřikovací formě, nutno opět zavést podmínku, že jednotlivé konstrukční prvky musí směrem ke konci šroubu zmenšovat svůj průměr. Jen tak lze zajistit protažení šroubu otvorem v tělese světlometu a nasunutí ozubeného kola na šroub s následným zacvaknutím pružného spoje.

Konstrukční prvek s největším průměrem je příruba, která rozděluje šroub na dvě části. Slouží jako doraz při montáži pohybového šroubu do světlometu, osazení pro těsnění

a napomáhá fixaci pohybového šroubu v tělese světlometu. Maximální průměr příruby navržen dodavatelem je 14 mm. Na obr. 106 je zvýrazněna příruba o průměru 11 mm modrou barvou.

Zbylé konstrukční prvky, kterými jsou závit a doraz spojky jezdce jsou shodné s prvky použity v rámci Konstrukčního návrhu 1. Na šroubu je použit lichoběžníkový závit připomínající oblý závit se souměrným profilem, který je na obr. 106 zvýrazněn tyrkysovou barvou. Konstrukce dorazu se odvíjí od technologie, kterou je tato část vyrobena. Na obr. 106 je doraz spojky jezdce zvýrazněn červenou barvou.



Obr. 106 Pohybový šroub (varianta 2) s vyznačenými konstrukčními prvky

Podrobný popis průběhu vývoje pohybového šroubu i nastíněný proces výroby byl popsán v kapitole *Návrhu pohybového šroubu – varianta 1*.

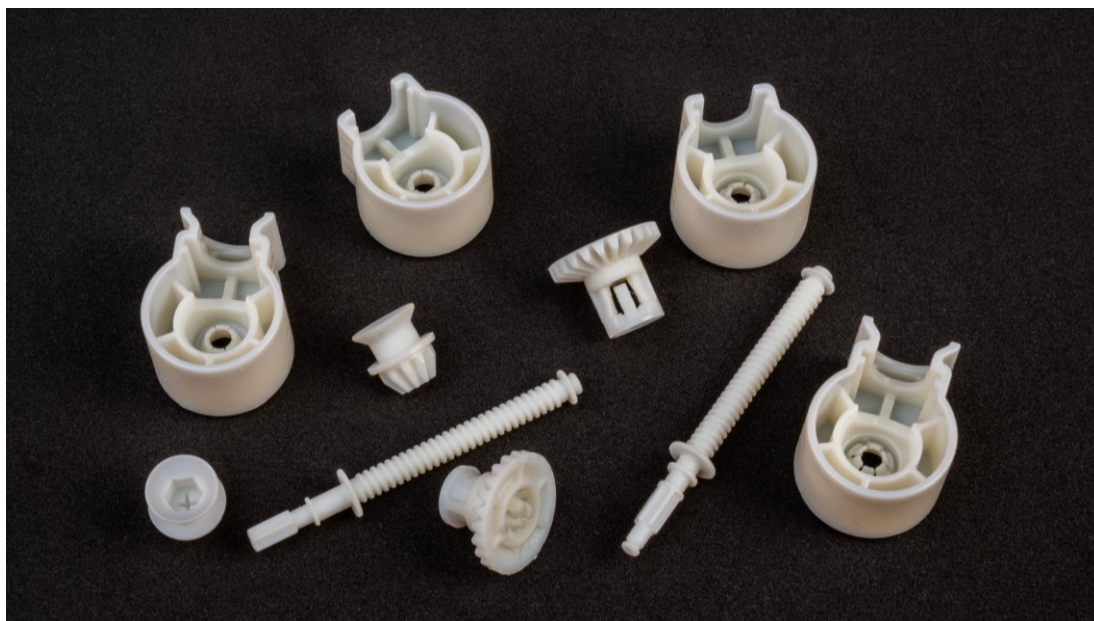
Kontrola pohybového šroubu

Zkoumaná oblast pohybového šroubu v konstrukčním návrhu 1, byla použita i pro pohybový šroub konstrukčního návrhu 2. Výpočet silových poměrů na šroubu je tedy uveden v kapitole *Vypočet sil působících na pohybový šroub* v kapitole *Konstrukční návrh 1*.

9 RAPID PROTOTYPING

Rapid prototyping je soubor technologií výroby prototypů pomocí 3D tisku. Díky této metodě je umožněno vyrobiť 3D model produktu během několik minut až hodin v závislosti na velikosti dílce. Vzniklý prototyp je totožný s navrženým modelem v 3D datech. Výhodou rapid prototypingu je úspora nákladů i času v průběhu vývoje nového produktu. Dále je umožněno fyzikální vyhodnocení dílů, kontrola kvality a dřívější odhalení chyb během vývoje dílu, což má značný vliv na případné změny výrobních nástrojů.

V rámci této kapitoly je popsán princip, příprava i následné zhodnocení 3D tisku. Na závěr této práce byly vytištěny oba konstrukční návrhy. Součástí vytištěných sestav jsou i dvě varianty osazení pro soukolí tělesa světloometu. Použití většího osazení soukolí je preferováno před menším, proto je označeno jako varianta A. Menší osazení soukolí je označeno jako varianta B.



Obr. 107 Vytištěné prototypy konstrukčních návrhů technologií PolyJet

9.1 Tisk jednotlivých sestav konstrukčních návrhů

V rámci přípravy 3D dat konstrukčních návrhů, bylo nutné uložit vytvořené modely ve formátu STL. Tento formát je běžně používán pro 3D tisk. Pro potřeby 3D tiskárny je poté objemový model nahrazen povrchy původního modelu pomocí ploch.

Protože jsou navrženy díly seřizovacího konceptu malých rozměrů, byla pro jejich výrobu zvolena technologie PolyJet. Technologie je schopna tisknout malé předměty s velkou přesností. Princip spočívá v nanášení ultra tenkých vrstev fotopolymerního materiálu, který

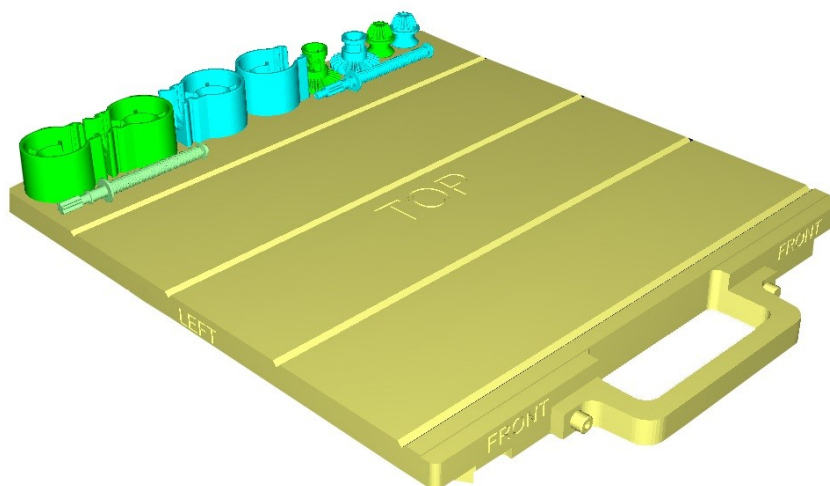
je vytvářován pomocí UV záření. K vytváření dochází současně při modelování součástí. Pro tvorbu dutin a obtížně vyrobitelných částí je použit tzv. podpurný materiál připomínající gel. Po skončení tisku lze tenhle materiál snadno ručně odstranit. Vytisknuté modely jsou po očištění od podpurného materiálu ihned připraveny k použití.

Jednotlivé díly sestavy byly vytisknuty na tiskárně Objet Eden 250. Tato tiskárna nabízí pracovní prostor 260x260x200 mm což je pro tisknuté díly dostačující. Tiskárna používá k výrobě proces PolyJet a je schopna tisknout minimální tloušťku vrstvy 0,016 mm.



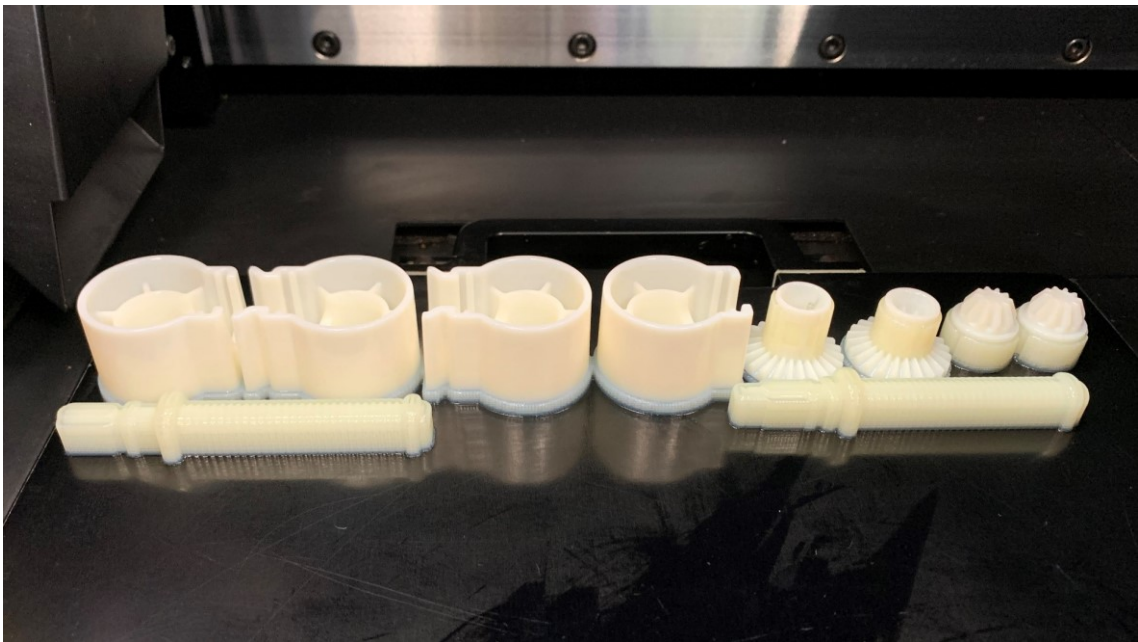
Obr. 108 3D tiskárna Objet Eden 250

Příprava tisku prototypů probíhala v softwaru Objet Studio, do kterého byly nahrány jednotlivé modely dílů obou sestav ve formátu STL a umístěny na stavební podložku stroje. Uložení modelů může ovlivnit délku tisku, proto jsou modely seřazeny těsně vedle sebe. Výsledné uspořádání modelů lze pozorovat na obr. 109.



Obr. 109 Rozmístění modelů na stavební podložce 3D tiskárny

S ohledem na rozměry a detaily tištěných dílů byla nastavena kvalita tisku „High Quality“, pro kterou je charakteristická tloušťka vrstvy 0,016 mm. Je tak zajištěno, že tvar vytištěných dílů bude téměř identický s navrženými 3D modely. Prototypové díly jsou vytištěny z materiálu VeroWhite. Jedná se o bílý fotopolymer, který je po vytvrzení pevný. Jako podpůrný materiál byl použit FullCure®705 Support.

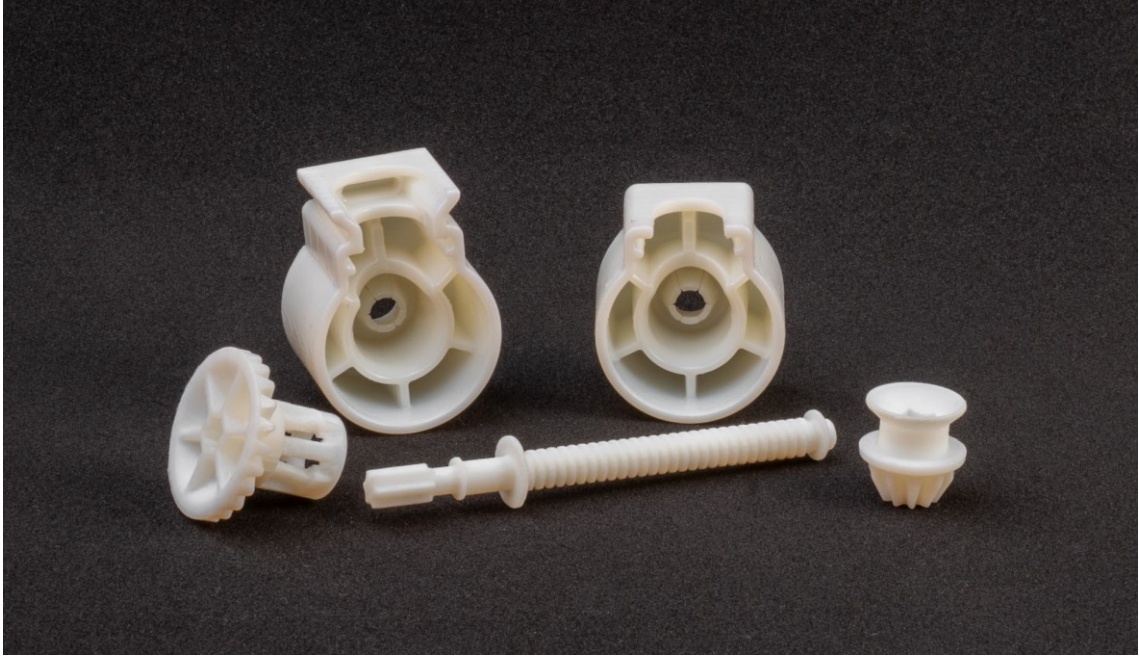


Obr. 110 Vytištěné díly sestav obou konstrukčních návrhů

Na obr. 110 lze vidět, že tvar šroubů připomíná kvádr. To je způsobeno podpůrným materiálem, díky kterému je 3D tiskárna schopna vytvořit požadované profily a dutiny dílů. Tento gelový materiál musí být po ukončení tisku mechanicky odstraněn pomocí proudu vody, vzduchu nebo různými kartáčky.

9.1.1 Konstrukční návrh 1

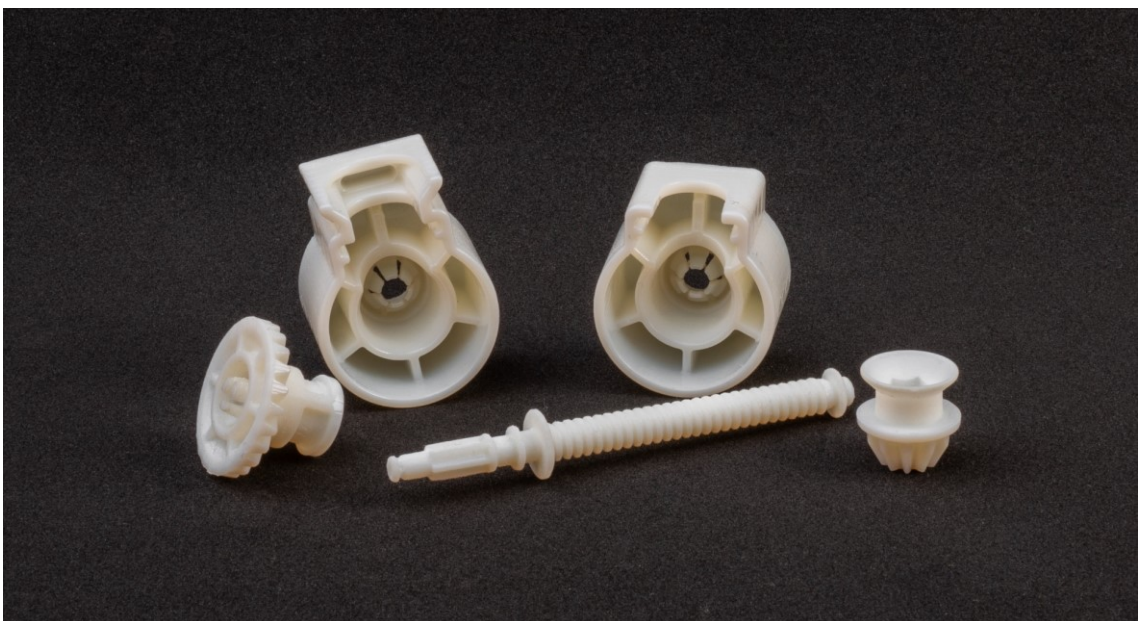
V rámci sestavy Konstrukčního návrhu 1 byly vytištěny tyto díly: malé ozubené kolo, velké ozubené kolo, pohybový šroub, osazení pro soukolí varianta A i varianta B. Mohla tak být nasimulována montáž všech dílů seřizovacího konceptu přední lampy automobilu. Během montáže byla ověřena funkce automatického navedení velkého ozubeného kola na pohybový šroub i zkouška obou pružných spojů sestavy. Na závěr byla ověřena správná funkce kuželového převodu.



Obr. 111 Prototypové díly konstrukční návrh 1

9.1.2 Konstrukční návrh 2

V rámci sestavy Konstrukčního návrhu 2 byly vytištěny tyto díly: malé ozubené kolo, velké ozubené kolo, pohybový šroub, osazení pro soukolí varianta A i varianta B. Stejně jako u konstrukčního návrhu 1 proběhla montáž všech dílů sestavy seřizovacího konceptu světlometu. Montáž potvrdila správnou funkci automatického navedení velkého ozubeného kola na pohybový šroub i funkci obou pružných spojů sestavy. Jakmile byla sestava složena, proběhla závěrečná kontrola funkce kuželového převodu a tím i celého mechanismu.



Obr. 112 Prototypové díly konstrukční návrh 2

10 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Hlavním cílem diplomové práce byl konstrukční návrh seřizovacího konceptu přední lampy automobilu. Jedná se o podsestavu světlometu, která zajišťuje nastavení světelné stopy vozidla. Podsestava se skládá z těchto dílů: malé ozubené kolo, velké ozubené kolo, pohybový šroub, těsnění, jezdec a seřizovací prvky tělesa světlometu. Jezdec nebyl předmětem šetření v rámci konstrukčního návrhu seřizovacího konceptu. V rámci diplomové práce vznikly dva konstrukční návrhy.

Návrh jednotlivých dílů sestav probíhal v softwaru CATIA V5R29 v prostředí Part Design a Generative Shape Design. Při návrhu byl kladen důraz na zásady konstruování plastových dílů. Jelikož se díly vzájemně ovlivňují svou konstrukcí, bylo zapotřebí s tímto počítat a vyvíjet konstrukční prvky jednotlivých dílů paralelně. Součástí sestavy je také ocelový pohybový šroub, který komplikoval vývoj tím, že při jeho návrhu musely být jednotlivé konstrukční prvky řešeny s výrobcem těchto šroubů. Součástí sestavy je také kuželový převod, k jehož realizaci byl použit výpočetní program MITCalc a 3D modelář Autodesk Inventor Professional 2019.

Navržené díly byly následně analyzovány a v případě nevyhovující geometrie optimalizovány. Nejprve byly vybrané díly podrobeny pevnostní analýze v programu NX 12.0 kde pomocí statických úloh proběhlo přezkoumání pružných spojů jednotlivých dílů. V důsledku nevyhovujících výsledků musela být upravena geometrie všech pružných klipů a háčků. Na závěr byly díly podrobeny tokovým analýzám v programu Autodesk Moldflow Synergy 2016. Výsledky tokových analýz slouží pouze jako orientační z důvodu neznámé konstrukce nástroje a procesních podmínek. Přesto byly zjištěny výsledky, které upozorňují na předpokládaný vznik defektů výsledného výrobku. S těmito informacemi se již může počítat v rámci návrhu nástroje, a díky tomu, nežádoucí vady částečně nebo zcela eliminovat.

Pro ověření návrhů byly jednotlivé díly sestav zhotoveny pomocí technologie Rapid Prototyping. Vzhledem k rozměrům navržených dílů, byla zvolena výrobní metoda PolyJet, která vyhovuje požadavkům na pevnost a přesnost vyráběných prototypů. Díky 3D tisku je tak možno analyzovat hmotné prvky sestavy a posoudit funkčnost celého mechanismu.

Součástí diplomové práce je také představení stávajícího seřizovacího systému, na němž je popsán základní princip mechanismu a funkce jednotlivých dílů. Díky tomu je umožněno

provést porovnání stávajícího seřizovacího systému i dvou nově navržených řešení. V tabulce 6 je zhotoven přehled kladů a záporů skrz jednotlivé systémy:

- Stávající seřizovací systém = SSS
- Konstrukční návrh 1 = KN 1
- Konstrukční návrh 2 = KN 2

Tab. 6 Porovnání seřizovacích systémů napříč požadavky konstrukčních řešení návrhů

	Zkoumaná oblast	SSS	KN 1	KN 2
1.	Velikost kontaktní plochy zubu	-	+	
2.	Šířka zubu	-	+	
3.	Vyztužení ozubení velkého ozubeného kola	-	+	+
4.	Zástavbový prostor	+	-	-
5.	Vizuální kontrola polohy zasunutí šroubu	-	+	+
6.	Vizuální kontrola zacvaknutí pružného spoje	-	-	+
7.	Citlivost na správnou orientaci šroubu při montáži	+	?	?
8.	Složitost konstrukce dílů	+	-	-
9.	Fixace pohybového šroubu v tělese světlometu	-	+	+
10.	Nutnost použití stroje při montáži do světlometu	-	+	+

Zhodnocení výsledků v tab. 6 vypovídá o tom, že nově navržené seřizovací systémy vykazují, v rámci zkoumaných oblastí, lepší výsledky než SSS. První zkoumaná oblast (dále jen „zo“) porovnává výšku zubu kuželového ozubení s přímými zuby. Druhá zo porovnává šířku zubu jednotlivých ozubení. Třetí zo řeší vyztužení kuželového ozubení velkého ozubeného kola. Čtvrtá zo porovnává velikost zástavbové oblasti především zvnějšku světlometu. V rámci čtvrté zo vykazuje SSS menší zástavbový prostor z důvodu menšího průměru malého i velkého ozubeného kola a z důvodu kratší části šroubu vystupující ze světlometu na niž je nalisováno velké ozubené kolo. Pátá zo porovnává, zda po nasunutí velkého ozubeného kola na šroub lze poznat, v jaké vzdálenosti je ozubené kolo na šroubu nasunuto. Tedy jestli došlo k úplnému nasunutí či nikoliv. Šestá zo porovnává, zda po nasunutí ozubeného kola na šroub je možno s jistotou určit, jestli je pružný spoj zacvaknut či nikoliv. Sedmá zo zkoumá, zda je před montáží nutno hledat montážní polohu velkého ozubeného kola vůči pohybovému šroubu. V rámci KN 1 i KN 2 byly provedeny konstrukční prvky navedení, které slouží k tomu, aby během montáže nemusela být hledána správná

poloha dílů vůči sobě. Tento prvek není zcela odzkoušen v praxi a jeho funkčnost je potřeba ověřit příslušnými testy. Osmá zo se zabývá konstrukční složitostí jednotlivých dílů sestavy. Rozdíl v konstrukci se týká především dílů velkého ozubeného kola a zakončení šroubů vystupujících ven ze světlometu konstrukčních návrhů 1 i 2. Od složitosti dílů se následně odvíjí i složitost nástroje a výroby jednotlivých dílů. Tato skutečnost poté výrazně ovlivňuje výrobní náklady nástrojů i samotných dílů. Devátá zo je zaměřena na montáž a fixaci pohybového šroubu v tělese světlometu. Fixace šroubu zajistí větší stálost sestavy a menší zatížení kuželového soukolí. Desátá zo je stěžejní pro montáž seřizovacího systému do světlometu v rámci výrobní linky. U SSS je zapotřebí použít stroj, který nalisuje velké ozubené kolo na pohybový šroub. Použití stroje navyšuje náklady na pořízení montážní linky a zároveň prodlužuje montážní časy. K montáži navržených konstrukčních návrhů díky použití prvků pružného spoje tento stroj není zapotřebí a operátor tak může montáž provést sám.

Jak lze pozorovat v tab. 6, konstrukční návrhy seřizovacího konceptu přední lampy automobilu v mnoha směrech předčí dosavadní seřizovací systém světlometu. Nyní je zapotřebí prototypy jednotlivých konstrukčních řešení podrobit zátěžovým testům, jenž požadují zákazníci a odzkoušet, zda vyhovují i legislativním požadavkům. Jakmile koncepty projdou sadou testování a nebude shledány žádné vady, mohou být postupně implementovány do nově vyvíjených světlometů společnosti Varroc Lighting Systems s.r.o.

ZÁVĚR

Diplomová práce byla vypracována na základě stanovených cílů dle oficiálního zadání a konstrukčních požadavků, stanovených společností Varroc Lighting Systems s.r.o.

Teoretická část práce uvádí problematiku světlometů automobilů, jejich nastavení a základy konstruování. První kapitola nejprve podkryje historii přední lampy automobilu a současné světelné technologie. Dále je nastíněn proces vývoje a vzniku nového světlometu, společně s představením jednotlivých dílů moderních světlometů. Druhá kapitola je zaměřena na samotné nastavení světlometu a možnosti seřízení světelné stopy. V této kapitole je objasněno rozdělení jednotlivých úrovní nastavení a základní legislativní požadavky týkající se nastavení a kontroly světelného rozhraní. Závěrečná kapitola je zaměřena na konstrukci plastových dílů. Kapitola také uvádí konstrukční prvky, které jsou použity v rámci praktické části a je tedy klíčová pro správné navržení některých dílů této diplomové práce.

Praktická část je zaměřena na návrh seřizovacího konceptu přední lampy automobilu sloužící k výškovému nastavení světelné stopy. Nejprve je představen stávající seřizovací koncept, na němž je vysvětlen princip a funkce jednotlivých dílů. Následuje návrh dvou konstrukčních řešení nového seřizovacího konceptu. Jednotlivá konstrukční řešení jsou sestavami skládajících se z těchto dílů: malé ozubené kolo, velké ozubené kolo, pohybový šroub a seřizovací prvky tělesa světlometu.

Návrh jednotlivých dílů sestav probíhal v softwaru CATIA V5R29 dle zásad konstruování plastových dílů. V rámci obou sestav je navržen kuželový převod, k jehož realizaci byl použit výpočetní program MITCalc a 3D modelář Autodesk Inventor Professional 2019. Součástí sestavy je také ocelový pohybový šroub, při jehož návrhu byly jednotlivé konstrukční prvky a jejich vyrobitelnost probírána s výrobcem těchto šroubů.

Navržené díly, jejich součástí jsou prvky pružného spoje, byly podrobeny pevnostní analýze v programu NX 12.0. Na základě výsledků musela být upravena geometrie všech pružných klipů a háčků. Všechny plastové díly byly na závěr podrobeny tokovým analýzám v programu Autodesk Moldflow Synergy 2016.

Na závěr byly jednotlivé modely sestav vyrobeny na 3D tiskárně technologií PolyJet. Díky vyrobeným prototypům lze odzkoušet správnou funkci navržených konstrukčních řešení.

Konstrukční návrh 1 i 2 je doložen 2D výkresem sestavy seřizovacího konceptu přední lampy automobilu a kusovníkem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Přední světlomety*. Varroc Lighting [online] 2019. Šenov u Nového Jičína [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www.varroclighting.com/product/SitePages/Headlamps.aspx>
- [2] *Headlamps - Decade of Transformation*, 2018. In: Škoda Storyboard [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/en/models/headlamps-decades-of-transformation/>
- [3] CASSEY, D., 2015. *From Lamps To Lasers: The Evolution Of Headlights*. *CarThrottle* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.carthrottle.com/post/from-lamps-to-lasers-the-evolution-of-headlights/>
- [4] FENDER, F., 2015. *The History of Automotive Headlights*. Frank Fender's Ultimate Car Blog [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://frankfender.kinja.com/the-history-of-automotive-headlights-1696502382>
- [5] MÜLLER, M., 2019. *Světlomety a technologie. Takto šel čas a vývoj*. *Auto Journal* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.autojournal.cz/svetlomety-a-technologie-takto-sel-cas-a-vyvoj/>
- [6] CLARK, J., *Headlights Part 1: The Basics*. *HotRod Hotline* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.hotrodhotline.com/headlights-part-1-basics#.XoD1n-r7Spq>
- [7] LAŽANSKÝ, M., *Do aut se teď montují čtyři typy světlometů. Vyznáte se v nich?* *Auto Revue* [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/do-aut-se-ted-montuji-ctyri-typy-svetlometu-vyznate-se-v-nich>
- [8] POPA, B., 2009. *History of Automotive Headlamps - From Acetylene to LEDs*. *Autoevolution* [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.autoevolution.com/news/history-of-automotive-headlamps-from-acetylene-to-leds-4485.html>
- [9] VOŽENÍLEK, D., 2003. *Systém předního osvětlení automobilů AFS společnosti Visteon*. *Světlo* [online]. (01/2003) [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/system-predniho-osvetleni-automobilu-afs-spolecnosti-visteon--16687>

- [10] VOŽENÍLEK, D., 2002. *Moderní systém předního osvětlení automobilů (AFS)*. Světlo [online]. (03/2002) [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/moderni-system-predniho-osvetleni-automobilu-afs--16881>
- [11] VANÍK, F. a V. HOLEČEK, 2009. *Světlomety a elektronika světlometů* [online]. In: Škoda Auto [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: http://intech2.tul.cz/dokumenty/vystupy_z_projektu/03~Partner%20-%20ŠKODA%20Auto/P2-06_Světlomety%20a%20elektronika%20-%20Holeček.pdf
- [12] SANTA CRUZ, J., 2019. *Highlighting the History of the Headlight*. 1000 Bulbs [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://blog.1000bulbs.com/home/history-of-the-headlight>
- [13] *DIGITAL LIGHT*, Mercedes-Benz [online]. [cit. 2020-03-04]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.com/en/innovation/vehicle-development/digital-light-headlamps-in-hd-quality/>
- [14] *The history of light*, Volkswagen [online]. [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2020/02/the-history-of-light.html>
- [15] GLATTER, W. a I. STRAKA, 2016. *Konstruování: Konstrukce automobilového osvětlení*. Hella.
- [16] *Rozhovor s konstruktérem: vývoj světlometu pro model Škoda Octavia III*, 2013. Auto Revue [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/rozhovor-s-konstrukterem-vyvoj-svetlometu-pro-model-skoda-octavia-iii>
- [17] VLK, František, 2005. *Lexikon moderní automobilové techniky*. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-5416-4.
- [18] *Headlights*, Hella Tech World [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Automotive-lighting/Headlights-219/>
- [19] MASTEŠ, D., P. DANĚK a T. KUBIŠ, 2019. *Headlamps: Components of Headlamp*. Varroc Lighting Systems. Nový Jičín.
- [20] MARTOCH, J., *Návrh světlovodů pro použití v automobilovém osvětlení*. Světlo [online]. 2013 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/navrh-svetlovodu-pro-pouziti-v-automobilovem-osvetleni--609>

- [21] SAJDL, J., *Regulace sklonu světlometů*. Autolexicon [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/regulace-sklonu-svetlometu/>
- [22] *Headlamp Levelling System*, Hella Tech World [online]. [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Automotive-lighting/Headlamp-levelling-system-838/#>
- [23] Bend Lighting, *Hella Tech World* [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Automotive-lighting/Bend-lighting-703/>
- [24] *Safety: Top technology for the greatest possible safety*, Daimler [online]. Německo [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://media.daimler.com/marsMedia-Site/ko/en/9361957>
- [25] TUROVSKÝ, A., 2019. *Kinematics of Head lamps*. Nový Jičín.
- [26] UN Vehicle Regulations No. 48 - 1958 Agreement, 1958. *UNECE* [online]. [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs41-60.html>
- [27] UN Vehicle Regulations No. 98 - 1958 Agreement, 1958. *UNECE* [online]. [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs81-100.html>
- [28] UN Vehicle Regulations No. 149 - 1958 Agreement, 2019. *UNECE* [online]. [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs141-160.html>
- [29] *Co je vlastně konstruování?*, 2014. E-konstruktor [online]. [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/novinka/co-je-vlastne-konstruovani>
- [30] BOBEK, J., 2016. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Svitavy [cit. 2020-03-21]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/10.html>
- [31] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [32] OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6

- [33] BONENBERGER, P. R., 2005. Sample Chapter 4: Enhancements. *The First Snap-Fit Handbook* [online]. 2nd Edition. Munich: Hanser Publishers, s. 120-128 [cit. 2020-03-22]. ISBN 978-1-56990-388-9. Dostupné z: https://www.hanserpublications.com/SampleChapters/9781569903889_9781569903889_The%20First%20Snap-Fit%20Handbook%20E_Bonenberger.pdf
- [34] KRÍŽ, R. a P. VÁVRA, 1995. *Strojírenská příručka: Svazek 6 R – Části strojů a převody (2. část)*. Praha: Scientia. ISBN 80-85827-88-3.
- [35] KOLOUCH, J., 1986. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury.
- [36] BOLEK, A. a J. KOCHMAN, 1990. *Části strojů*. 5. přeprac. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury. Česká matice technická, č. spisu 432, roč. 95 (1990). ISBN 80-03-00426-8.
- [37] SPAHR, T., 1991. *SNAP-FITS FOR ASSEMBLY AND DISASSEMBLY* [online]. In: . Revised 1/00. TICONA [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: http://www.gotstogo.com/misc/engineering_info/Snap_Fitsres72dpi.PDF
- [38] Snap-Fit Design Manual, 2007. In: BASF Technical Expertise [online]. BASF Corporation [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://web.mit.edu/2.75/resources/random/Snap-Fit%20Design%20Manual.pdf>
- [39] ŠUBA, O., 2006. *Dimenzování a navrhování výrobků z polymerů*. Vyd. 2. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 103 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 8073184311.
- [40] Flexing Elements, 2006. ERHARD, G. *Designing with Plastics* [online]. Leseprobe 2. Carl Hanser Verlag GmbH & Company, s. 312-324 [cit. 2020-03-22]. ISBN 3-446-22590-0. Dostupné z: http://files.hanser.de/Files/Article/ARTK_LPR_9783446225909_0002.pdf
- [41] *Design calculations for snap fit joints in plastic parts*, 2009. In: Solutions, Ticona - Performance Driven [online]. TICONA [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: http://files.engineering.com/download.aspx?folder=7fd183bb-7ac8-4891-9378-a8badd6a102d&file=Design_for_Snapfit_revi-10.pdf
- [42] *Dassault Systemes* [online], [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.3ds.com/>

- [43] *NX 12* [online], 2017. [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/12/release_notes/#uid:index
- [44] *Autodesk All products* [online], [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products>
- [45] *Mechanical, Industrial and Technical Calculations* [online], 2019. [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.com/>
- [46] BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1- 56990-421-3.
- [47] BERAN, J., *Tvorba výpočtového modelu MKP: Modelování a simulace* [online]. In: [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: http://www.kts.tul.cz/content/files/podklady/tvorba_vypoctoveho_modelu.pdf
- [48] MAKOŇOVÁ, Š., 2015. *ŠROUBOVÉ SPOJE: Výklad*. In: *Podpora spolupráce škol a firem* [online]. Národní ústav pro vzdělávání [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/pospolu>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

1K	Jednokomponentní
2D	Dvojměrný prostor
2K	Dvoukomponentní
3D	Trojměrný prostor
AFS	Advanced Front Lighting System – Systém adaptivních světlometů
b	Šířka ozubení
BAR	Čárový kód
BMW	Bayerische Motoren Werke
b_r	Šířkový poměr
CAD	Computer-aided design – Počítačem podporované navrhování
CAE	Computer-aided engineering – Počítačem podporované řízení procesů
DC	Stojnosměrný proud
d_m	Střední roztečný průměr
D_H	Vnější průměr hřídele
D_N	Vnitřní průměr náboje
E_s	Sečný modul pružnosti
EHK	Evropská hospodářská komise
F	Síla
F_a	Axiální síla
F_n	Normálová síla
F_t	Obvodová síla
F_r	Radiální síla
G	Ostrost
h	Výška
H	Přesah

HB	High beam – Dálkové světlo
HD	High Definition – Vysoké rozlišení
i	Převodový poměr
J	Kvadratický moment průřezu
K	Geometrický faktor
km/h	Kilometr za hodinu
KN 1	Konstrukční návrh 1
KN 2	Konstrukční návrh 2
l	Délka háčkového spoje
LB	Low beam – Potkávací světlo
LED	Light-Emitting Diode – Elektroluminiscenční dioda
lm	Lumen
m	Metr
mm	Milimetr
mm ⁴	Kvadratický milimetr
m _{et}	Čelní modul
Mk	Kroutící moment
MPa	Megapascal
M _t	Točivý moment
N	Newton
Nm	Newton metr
Nmm	Newton milimetr
OSN	Organizace spojených národů
p	Spojovací tlak
P _h	Stoupání závitu
POM	Polyoxymethylen

QR	Quick Response – Kódy rychlé reakce
s	Sekunda
s ⁻¹	Reciproká sekunda
SAE	Society of Automotive Engineers
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
SSS	Stávající seřizovací systém
USA	Spojené státy Americké
VLS	Varroc Lighting Systems
zo	Zkoumaná oblast
α_1	Montážní úhel
α_2	Separáční úhel
α_{ne}	Vnější normálový úhel profilu
α_t	Čelní úhel sklonu
β	Úhel sklonu
ε	Poměrné prodloužení; Součinitel trvání záběru
η_l	Účinnost ložiskového pouzdra
η_p	Účinnost kuželového převodu
μ	Koeficient tření
Σ	Úhel os
°	Stupeň
°C	Stupeň Celsia
FMVSS	Federal motor vehicle safety standard
UNECE	United Nations Economic Comision for Europe
PP-GF30	Polypropylen s 30% skelných vláken
PA66-GF30	Polyamid 66 s 30% skelných vláken

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vývoj světlometů [2]</i>	11
<i>Obr. 2 AFS modul xenonového světlometu [11]</i>	13
<i>Obr. 3 Prvotní fáze vzniku nového světlometu [15]</i>	15
<i>Obr. 4 Následující fáze vzniku nového světlometu [15]</i>	15
<i>Obr. 5 Kinematický modul světlometu</i>	16
<i>Obr. 6 Těleso světlometu</i>	17
<i>Obr. 7 Typy krycích skel automobilů</i>	18
<i>Obr. 8 Řez stěnou tělesa světlometu</i>	20
<i>Obr. 9 Možnosti použití reflektorů</i>	21
<i>Obr. 10 Příklady modulů světlometu</i>	22
<i>Obr. 11 Základní komponenty seřizovacího mechanismu</i>	23
<i>Obr. 12 Příklady konstrukčních řešení jezdců seřizovacího systému</i>	23
<i>Obr. 13 Jednotlivé díly seřizovací sestavy</i>	26
<i>Obr. 14 Základní komponenty automatického seřízení světelné stopy [22]</i>	28
<i>Obr. 15 Dynamické natáčení světelné stopy světlometu [24]</i>	28
<i>Obr. 16 Schéma rozmístění upevňovacích bodů</i>	29
<i>Obr. 17 Označení sklonu rozhraní potkávacího světla světlometu [26]</i>	31
<i>Obr. 18 Diagram mezi sklonu potkávacího světla světlometu [26]</i>	31
<i>Obr. 19 Optické zaměření rozhraní světelné stopy [28]</i>	33
<i>Obr. 20 Měření kvality rozhraní světelné stopy [28]</i>	34
<i>Obr. 21 Metoda skenování na vodorovné přímce [28]</i>	35
<i>Obr. 22 Metoda skenování pomocí tří přímek [28]</i>	35
<i>Obr. 23 Kuželové soukolí</i>	39
<i>Obr. 24 Silové poměry kuželového kola s přímými zuby</i>	40
<i>Obr. 25 Typy pružných Snap-Fit spojů [36]</i>	42
<i>Obr. 26 Schéma rozdělení Snap-Fit spojů dle geometrie [38]</i>	43
<i>Obr. 27 Typy háčkových spojů [36]</i>	43
<i>Obr. 28 Základní veličiny háčkového Snap-Fit spoje</i>	44
<i>Obr. 29 Základní veličiny cylindrického Snap-Fit spoje</i>	46
<i>Obr. 30 Použitý software</i>	49
<i>Obr. 31 Seřizovací systém modulu světlometu</i>	51
<i>Obr. 32 Prvotní návrhy inovace seřizovacího konceptu přední lampy automobilu</i>	52
<i>Obr. 33 Sestava seřizovacího konceptu</i>	53
<i>Obr. 34 Stávající seřizovací systém</i>	54

<i>Obr. 35 Světlo met s viditelnými body pro jeho seřízení</i>	55
<i>Obr. 36 Malé ozubené kolo seřizovacího systému</i>	56
<i>Obr. 37 Vnější díly seřizovacího mechanismu</i>	56
<i>Obr. 38 Velké ozubené kolo – současný seřizovací systém</i>	57
<i>Obr. 39 Prvky osazení pro soukolí a vedení jezdce</i>	58
<i>Obr. 40 Prvky tělesa světlo metu osazené seřizovacími komponenty</i>	58
<i>Obr. 41 Pohybový šroub bez vymodelovaného závitu</i>	59
<i>Obr. 42 Uložení pohybového šroubu v sestavě</i>	59
<i>Obr. 43 Konstrukční návrh 1</i>	61
<i>Obr. 44 Malé ozubené kolo – pastorek</i>	61
<i>Obr. 45 3D modelování ozubení malého ozubeného kola</i>	63
<i>Obr. 46 Malé ozubené kolo s vyznačenými konstrukčními prvky</i>	63
<i>Obr. 47 Naznačení formovacích směrů a dělicích rovin – malé ozubené kolo</i>	64
<i>Obr. 48 Seznam veličin a hodnot ozubených kol kuželového soukolí</i>	64
<i>Obr. 49 Schéma kuželového ozubení s přímými zuby</i>	65
<i>Obr. 50 3D model malého ozubeného kola</i>	66
<i>Obr. 51 Čas plnění dutiny vstřikovací formy – malé ozubené kolo</i>	67
<i>Obr. 52 Analýza deformace – malé ozubené kolo</i>	68
<i>Obr. 53 Velké ozubené kolo – konstrukční návrh 1</i>	68
<i>Obr. 54 Konstrukční vývoj velkého ozubeného kola – varianta 1</i>	70
<i>Obr. 55 Velké ozubené kolo (varianta 1) s vyznačenými konstrukčními prvky</i>	71
<i>Obr. 56 Naznačení formovacích směrů a dělicích rovin – velké ozubené kolo (varianta 1)</i>	71
<i>Obr. 57 Vývoj pružného klipu velké ozubené kolo – varianta 1</i>	72
<i>Obr. 58 Okrajové podmínky simulace – velké ozubené kolo varianta 1</i>	73
<i>Obr. 59 Kinematická studie posunutí klipů – velké ozubené kolo varianta 1</i>	73
<i>Obr. 60 Hodnoty napětí při maximálním zatížení velkého ozubeného kola – varianta 1</i>	73
<i>Obr. 61 Zkoumaná oblast napětí při maximálním zatížení klipů velkého ozubeného kola – varianta 1</i>	74
<i>Obr. 62 Čas plnění dutiny vstřikovací formy – velké ozubené kolo varianta 1</i>	75
<i>Obr. 63 Analýza deformace – velké ozubené kolo varianta 1</i>	76
<i>Obr. 64 Analýza spojení čel taveniny – velké ozubené kolo varianta 1</i>	76
<i>Obr. 65 Výsledky analýzy objemového smrštění – velké ozubené kolo varianta 1</i>	77
<i>Obr. 66 Osazení tělesa světlo metu pro seřizovací soukolí – varianta 1</i>	77
<i>Obr. 67 Možnosti konstrukčního řešení uložení pro soukolí – varianta 1</i>	78
<i>Obr. 68 Uložení pro soukolí (varianta 1) s vyznačenými konstrukčními prvky</i>	79

<i>Obr. 69</i>	<i>Vývoj klipu prostup stěnou světloometu – varianta 1</i>	80
<i>Obr. 70</i>	<i>Okrajové podmínky simulace – prostup tělesa světloometu varianta 1</i>	80
<i>Obr. 71</i>	<i>Kinematická studie posunutí klipů – prostup tělesa světloometu varianta 1</i>	81
<i>Obr. 72</i>	<i>Hodnoty napětí při maximálním zatížení prostupu tělesa světloometu – varianta 1</i>	181
<i>Obr. 73</i>	<i>Zkoumaná oblast napětí při maximálním zatížení prostupu tělesa světloometu – varianta 1</i>	82
<i>Obr. 74</i>	<i>Plnění dutiny vstřikovací formy – uložení pro soukolí varianta 1</i>	83
<i>Obr. 75</i>	<i>Analýza spojení čel taveniny – uložení pro soukolí varianta 1</i>	83
<i>Obr. 76</i>	<i>Analýza propadlin na výrobku – uložení pro soukolí varianta 1</i>	84
<i>Obr. 77</i>	<i>Pohybový šroub – konstrukční návrh 1</i>	84
<i>Obr. 78</i>	<i>Pohybový šroub (varianta 1) s vyznačenými konstrukčními prvky</i>	86
<i>Obr. 79</i>	<i>Schéma rozložení sil působících v pohybovém šroubu [48]</i>	87
<i>Obr. 80</i>	<i>Konstrukční návrh 2</i>	89
<i>Obr. 81</i>	<i>Velké ozubené kolo – konstrukční návrh 2</i>	89
<i>Obr. 82</i>	<i>Vývoj pružného spoje velkého ozubeného kola – varianta 2</i>	91
<i>Obr. 83</i>	<i>Velké ozubené kolo (varianta 2) s vyznačenými konstrukčními prvky</i>	91
<i>Obr. 84</i>	<i>Naznačení formovacích směrů a dělicích rovin – velké ozubené kolo (varianta 2)</i>	92
<i>Obr. 85</i>	<i>Vývoj pružného háčku velké ozubené kolo – varianta 2</i>	93
<i>Obr. 86</i>	<i>Okrajové podmínky simulace – velké ozubené kolo varianta 2</i>	93
<i>Obr. 87</i>	<i>Kinematická studie posunutí klipů – velké ozubené kolo varianta 2</i>	94
<i>Obr. 88</i>	<i>Hodnoty napětí při maximálním zatížení klipů velkého ozubeného kola</i>	94
<i>Obr. 89</i>	<i>Zkoumaná oblast napětí při maximálním zatížení klipů velkého ozubeného kola – varianta 2</i>	95
<i>Obr. 90</i>	<i>Čas plnění dutiny vstřikovací formy – velké ozubené kolo varianta 2</i>	95
<i>Obr. 91</i>	<i>Analýza deformace – velké ozubené kolo varianta 2</i>	96
<i>Obr. 92</i>	<i>Výsledky analýzy objemového smrštění – velké ozubené kolo varianta 2</i>	96
<i>Obr. 93</i>	<i>Osazení tělesa světloometu pro seřizovací soukolí – varianta 2</i>	97
<i>Obr. 94</i>	<i>Možnosti konstrukčního řešení uložení pro soukolí – varianta 2</i>	98
<i>Obr. 95</i>	<i>Uložení pro soukolí (varianta 2) s vyznačenými konstrukčními prvky</i>	99
<i>Obr. 96</i>	<i>Vývoj klipů prostup stěnou světloometu – varianta 2</i>	99
<i>Obr. 97</i>	<i>Okrajové podmínky simulace – prostup tělesa světloometu varianta 2</i>	100
<i>Obr. 98</i>	<i>Kinematická studie posunutí klipů – prostup tělesa světloometu varianta 2</i>	100
<i>Obr. 99</i>	<i>Hodnoty napětí při maximálním zatížení prostupu tělesa světloometu – varianta 2</i>	100
<i>Obr. 100</i>	<i>Zkoumaná oblast napětí při maximálním zatížení prostupu tělesa světloometu – varianta 2</i>	101

<i>Obr. 101 Plnění dutiny vstřikovací formy – uložení pro soukolí varianta 2</i>	<i>101</i>
<i>Obr. 102 Analýza spojení čel taveniny – uložení pro soukolí varianta 2</i>	<i>102</i>
<i>Obr. 103 Výsledky analýzy objemového smrštění – uložení pro soukolí varianta 2</i>	<i>103</i>
<i>Obr. 104 Pohybový šroub – konstrukční návrh 2</i>	<i>103</i>
<i>Obr. 105 Návrh pohybového šroubu – varianta 2</i>	<i>104</i>
<i>Obr. 106 Pohybový šroub (varianta 2) s vyznačenými konstrukčními prvky</i>	<i>105</i>
<i>Obr. 107 Vytištěné prototypy konstrukčních návrhů technologií PolyJet</i>	<i>106</i>
<i>Obr. 108 3D tiskárna Objet Eden 250</i>	<i>107</i>
<i>Obr. 109 Rozmístění modelů na stavební podložce 3D tiskárny</i>	<i>107</i>
<i>Obr. 110 Vytištěné díly sestav obou konstrukčních návrhů</i>	<i>108</i>
<i>Obr. 111 Prototypové díly konstrukční návrh 1</i>	<i>109</i>
<i>Obr. 112 Prototypové díly konstrukční návrh 2</i>	<i>109</i>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Svislý a základní sklon potkávacího světla [26].....	31
Tab. 2 Základní společné parametry kuželového soukolí s přímými zuby	62
Tab. 3 Základní vlastnosti materiálu PA66-GF30 z materiálové databáze Moldflow	67
Tab. 4 Základní vlastnosti materiálu POM z materiálové databáze Moldflow	75
Tab. 5 Základní vlastnosti materiálu PP-GF30 z materiálové databáze Moldflow	82
Tab. 6 Porovnání seřizovacích systémů napříč požadavky konstrukčních řešení návrhů .	111

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Použití seřizovacího konceptu přední lampy automobilu

Příloha P II: Výkres sestavy – Konstrukční návrh 1

Příloha P III: Výkres sestavy – Konstrukční návrh 2

PŘÍLOHA P I: POUŽITÍ SEŘIZOVACÍHO KONCEPTU PŘEDNÍ LAMPY AUTOMOBILU

