

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh automatizované výrobní linky pro přední světlometry

Proposal of automated production line for the headlamp

reflector

Student:

Bc. Petr Koutňák

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing.et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Koutňák**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh automatizované výrobní linky pro přední světlomety**
Proposal of Automated Production Line for the Headlamp Reflector
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Představení problematiky montáže předních světlometů.
2. Popis komponent předních světlometů.
3. Analýza vybraných montážních pracovišť.
4. Kontrola a balení světlometů.
5. Zhodnocení návrhu výrobní linky.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] DUŠÁK, K. *Technologie montáže. Základy*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2005. 116 s. ISBN 80-7083-906-6.
- [2] PETRŮ, J.; ČEP, R. *Základy montáže*. Ostrava : Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2012. s. 123. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [3] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [4] WHITNEY, Daniel E. *Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*. Oxford : Oxford University Press, USA, 2004. 544 p. s. ISBN 978-01-951-5782-6.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**


Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě^{10.5.}.....

..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě^{10.5.}.....

.....
.....
.....

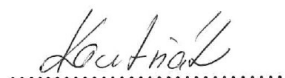
podpis studenta

Bc. Petr Koutňák
Moravičany 242
789 82 Moravičany

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval odborné vedoucí mé práce doc. Ing. et. Ing. Mgr. Janě Petřů, Ph.D. a kolegovi Ing. Františku Křištofíkovi za pomoc, vedení, vstřícnost a cenné rady při zpracování diplomové práce.

V Moravičanech dne 5.5. 2017



podpis studenta

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KOUTŇÁK, Petr. *Návrh automatizované výrobní linky pro přední světlomety*. Ostrava: Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2017, 101 s. Diplomová práce, vedoucí práce: Petrů, Jana.

Diplomová práce se zabývá problematikou montáže plastových dílců a montáže světlometů. Představuje základní díly používané pro montáž světlometu, složení a jednotlivé funkční bloky světlometu. Zabývá se pravidly pro návrh montáže světlometu a výrobní linky pro světlomet, příkladným návrhem a optimalizací montážní linky od prvního pracoviště po balení a navrhuje potenciální zlepšení.

ANOTATION OF THESIS

KOUTŇÁK, Petr. *Proposal of automated production line for the headlamp reflector*. Ostrava: Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2017, 101 s. Diploma thesis, head: Petrů, Jana.

This diploma thesis is focused on assembly of plastic parts and assembling of headlamps. Represents the basic parts used for assembly of the headlamp, composition and individual functional blocks of headlamp. It deals with the rules for the design of headlamp assembly and production line for the headlamp, exemplary design and optimization of assembly line from the first workstation to packaging and suggests potential improvements.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
Úvod	12
1 Představení problematiky montáže předních světlometů	13
1.1 Seznámení se světlometem	13
1.2 Vývoje světlometu v průběhu historie	14
1.3 Výroba dílů a dělení dílů	18
1.3.1 Vstřikovací formy	18
1.3.2 Rozdělení dílů použitých pro výrobu světlometu	21
1.3.3 Nejčastější problémy s používanými díly	25
2 Popis komponent předních světlometů	27
2.1 Díly vstupující do světlometu	27
2.1.1 Vnější díly	27
2.1.2 Vnitřní díly	31
2.2 Montážní možnosti spojování dílů	40
2.3 Složení a funkce světlometu	43
2.3.1 Popis složení jednotlivých světlometů	43
2.3.2 Popis funkcí světlometu	46
3 Montážní linka a její představení	51
3.1 Pravidla platná při návrhu linky	51
3.2 Zadání projektu a výpočet kapacit montážní linky	64
3.2.1 Fáze vývoje	65
3.2.2 Výpočet kapacit linky [13]	68
3.3 Analýza montážních linky a jednotlivých pracovišť	71
4 Kontrola a balení světlometu	96
4.1 Kontrola světlometu	96
4.2 Balení světlometu	97
5 Zhodnocení návrhu montážní linky	98
Použitá literatura	102

Přílohy

Příloha A – List dekorativních kontrol

Příloha B – Příklad montážních přípravků

Příloha C – Příklad nastavování světlometu

Příloha D – Foto montážní linky a lepicí klece

Seznam použitých značek a symbolů

A	počet minut potřebný k výrobě jednoho kusu
AFS	Adaptive Frontlight System
B	počet minut za hodinovou produkcí
BAR	Buffer Address Register
CFD	Computational Fluid Dynamics
ČR	Česká Republika
D	d ostupnosti zařízení
DMC	d ata m atrix c ode
EU	E vropská U nie
EHK OSN	E vropské h ospodářské k omise
ES	označení pro pravosměrný světlomet
EPS	e fektivní (čistá) p ráce s měny
ESD	E lectro S tatic D ischarge
ESDS	E lectro S tatic D ischarge S ensitive device (součástka citlivá na elektrostatický výboj)
EPA	E lectro S tatic D ischarge P rotected A rea (oblast chráněná před účinky el. – statického výboje)
F	f lexibilní odvolávky
FF	F ree F orm
FMEA	F ailure M ode and E ffect A nalysis
HB	H igh B eam (dálkové světlo)
HID	H igh I ntensity D ischarge
HN67025	označení interní korporátní norm
HP	h odinová p rodukce
K	K valita výroby
LB	L ow B eam (potkávácí světlo)
LED	l ight- e mitting d iode
LES	označení pro levosměrný světlomet

LPP	nízkoprofilový polyester
LWR	L eucht w eiten r egulierung (regulace
MP	m aximální produkce
MTM	M ethods T ime M easurement
OEE	O verall E quipment E ffectiveness (celková efektivita zařízení)
OLED	o rganic l ight-emitting d iode
PCB	P rinted C ircuit B oard
PC30	polykarbonát s 30% příměsí skla
PC40	polykarbonát s 40% příměsí skla
PP	p olypropylen
PBT+ASA GF20	P olybutylene T erephthalate A crylonitrile S tyrene A crylate G lass F iber 20%
PBT-ASA GF30	P olybutylene T erephthalate A crylonitrile S tyrene A crylate G lass F iber 30%
PP GF30	p olypropylen s 30% příměsí skla
PP T40	p olypropylen t ensile
PP	p ožadovaná produkce
PST	p očet s měn v t ýdnu
QR	Q uick R esponse
RČ	r uční čas
S	s tanovené procento zmetkovitosti
SAE	označení pro světlomet pro americký trh
SČ	s trojní čas
SMED	S ingle M inute E xchange of D ies (metoda zkracování časů přetypování výrobních zařízení)
TP	t ýdenní p rodukce
TT	t akt t ime
UV	u ltraviolet (ultrafialové) dosahu (naklápění) světlometů)

UVHC3000	Typ ochranného laku
UVT610 V6	Typ ochranného laku
V	výkon zařízení
VL	využití linky

Úvod

Firma Hella autotechnik s.r.o., v jejíž Mohelnické pobočce, spadající do světelné divize koncernu Hella, se zabývá výrobou automobilových světlometů. Přední světlomet patří k jednomu z nejsledovanějších a nejdůležitějších dílů při vývoji a výrobě nového automobilu. Světlomet musí splňovat několik důležitých aspektů, mezi něž patří dobrá videlnost řidiče, přičemž světlomet nesmí způsobit oslnění protijedoucích vozidel, dále dlouhá životnost a pevnost světlometu během provozu, dobrá viditelnost automobilu pro ostatní řidiče, a v neposlední řadě také design, na který je kladen v posledních letech veliký důraz.

Dnešní moderní doba neustále klade vyšší nároky na vývoj, nové technologie, automatizaci a kvalitu výroby, to vše při efektivnější produktivitě práce. Díky těmto nárokům se montáž stává stále důležitějším prvkem v celém procesu vývoje a výroby světlometu. Konstrukce světlometu je čím dál tím náročnější a skládá se z daleko více dílů než před několika lety. Tento aspekt má v montáži velký dopad na složitost a cenu výrobní linky. Už v období raného vývoje designu světlometu tedy musí vývojový tým společně s výrobním týmem hledat způsoby, jak co nejeefektivněji splnit požadavky zákazníka.

V našem případě budeme navrhnutá výrobní linku pro montáž předního světlometu Škoda Kodiaq - auta roku 2017 v ČR, přičemž zákazník požaduje dvě varianty výroby světlometů. První z nich je klasický halogenový světlomet. Jde o jednodušší, levnější a v dnešní době stále hojně využívanou variantu. Druhou variantou je fullLED světlomet. Moje práce se bude zabývat právě touto variantou, kde bude detailně popsán a vysvětlen celý proces montáže, navržení linky s ohledem na konstrukci, technologii a požadavky zákazníka.



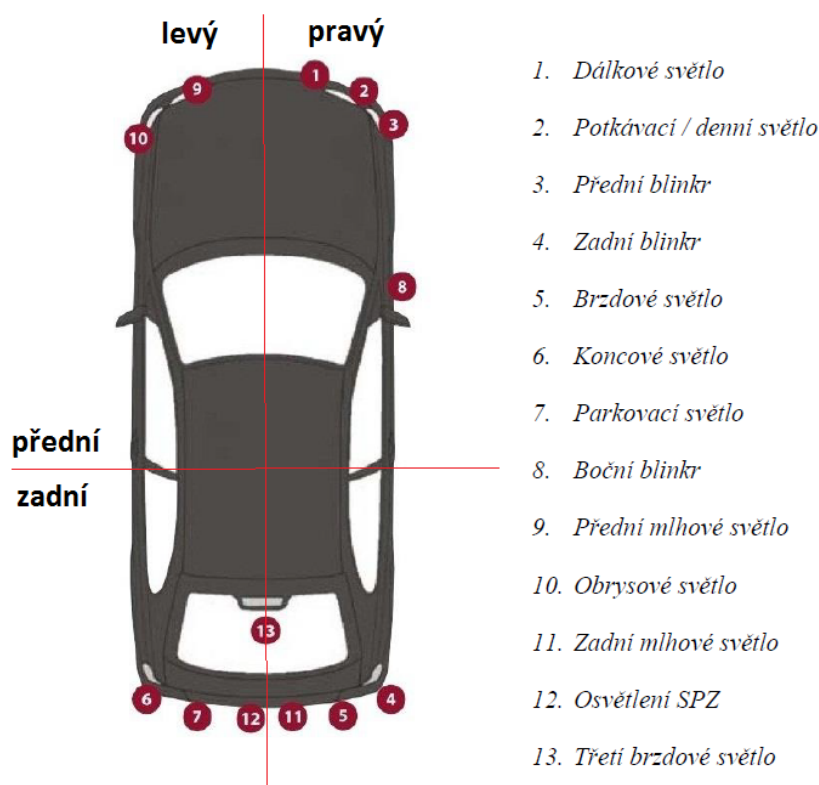
Obrázek 1: Detail masky Škoda Kodiaq [5]

1 Představení problematiky montáže předních světlometů

1.1 Seznámení se světlometem

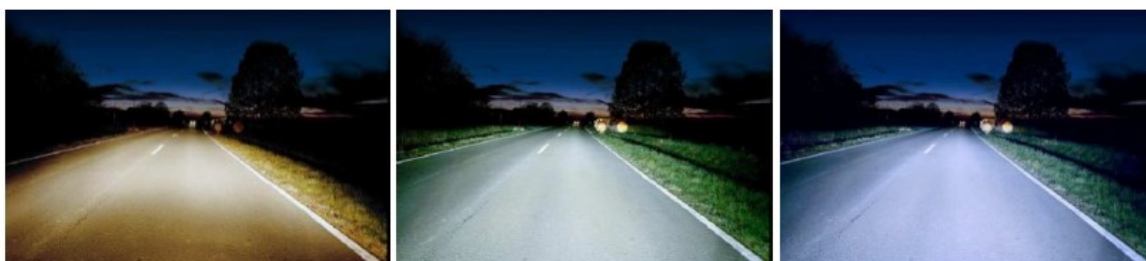
Vnější osvětlení automobilu je možno rozdělit na dva základní druhy, kterými jsou světlometry a svítilny. Světlomet je zařízení, konstruované k osvětlení vozovky umožňující vidět, kdežto svítilna je zařízení konstruované za účelem být viděn. [10]

Hlavním předním světlometem se tedy rozumí zařízení umístěné v přední části vozidla umožňující vidět za zhoršených podmínek. Moderní hlavní přední světlomet obstarává jak funkci světlometu, tak svítilny (denní svícení, blinkr, obrysové světlo). [6]



Obrázek 2: Rozložení světelných funkcí v automobilu [6]

Základní dělení tedy vyplývá z výše uvedeného. Nikoliv na přední a zadní světlometry, ale na přední světlometry a zadní svítilny. Dále se může světlomet dělit především dle technologie vyzařovaného světelného paprsku (halogen, Xenon, LED).



Obrázek 3: Porovnání typů světlometů v závislosti na použitém světelném zdroji [5]

LED a xenon umožňují na rozdíl od halogenu ostřejší rozhraní světlo/tma a také umožňují delší dosvit. Ten je způsoben vyšším výkonem a silnějším světelným tokem. Z obrázku je patrná také rozdílná teplota chromatičnosti jednotlivých světlometů.

Více o tomto dělení v následující kapitole.

1.2 Vývoje světlometu v průběhu historie

Pro samotné představení problematiky montáže je nezbytné znát historii vývoje výroby předních a v posledních několika letech i zadních světlometů.

Tak jako v každém odvětví průmyslu je i ten automobilový zasazen prudkým rozvojem smart technologií. Tato skutečnost se odráží na požadavcích koncových zákazníků, potažmo na požadavcích zákazníků výrobců světlometů, což jsou renomované světové automobilky.

Pro představu je dále popsána historie vývoje světlometů, na které lze vidět, jak především od konce minulého století prudce vzrůstá tlak na výrobce, který má za následek hned několik variant světlometů dostupných dnes nebo v brzké budoucnosti na trhu automotive.

Tento fakt se odráží na cenách světlometů, kdy nejdražší je samozřejmě nejnovější technologie a ostatní tak prudce cenově klesají. S tím je spojena i délka vývoje světlometu. Zde je požadavek na co nejkratší vývoj a možnost vstupu automobilu na trh dříve než konkurence. Tento jev nastal především kvůli trendu tzv. faceliftů, kdy prodej typu automobilu končí dříve než model, který faceliftem nahrazen není. S obměnou automobilu nastává i obměna designu světlometu.

Díky všem těmto atributům je důležité navrhnout světlomět a montážní linku v souladu s možnostmi a technologiemi co nejjednodušeji, ale zároveň splnit veškeré požadavky zákazníka (zde především požadovaná funkčnost a design) a legislativy ČR pro bezpečnost provozu (homologace).

ACETYLENOVÉ (KARBIDOVÉ) LAMPY (v letech 1880–1900) První automobily vybavené acetylenovými nebo olejovými hlavními světlometry byly vyrobeny v roce 1896. Jednalo

se o svítilnu v železném rámu, v níž byl světelný zdroj otevřený, s odražejícím zrcadlem. Svítivost byla ovšem slabá, tlumená a slabého dosahu. Jako palivo zde byl používán olej. [21, 22]

ZAČÁTEK ELEKTRICKÝCH SVĚTLOMETŮ (1898) Firma Columbia Automobile Company uvedla roku 1898 první elektrické světlometry v automobilu. Tato světla měla slabá

wolframová vlákna, která se často na nerovných komunikacích rozbíjela. Světlomety byly tlumené, snadno poruchové a neměly čočky zaměřující jejich světlo. Stále byly ovšem považovány za lepší acetylenové lampy. Roku 1913 přišla firma BOSCH na trh s prvním úspěšným elektrickým světlotmetem. První žárovka, která umožňovala klopené a dálkové světlo byla žárovka Bilux z roku 1924. Tento systém představuje dvě vlákna v jedné žárovce, kde tato žárovka zůstane ve stejné pozici a nastavení ovlivní pouze výkon světla. [21, 22]

HALOGENOVÉ ŽÁROVKY (1962) Halogenové žárovky, neboli wolframové halogenové žárovky, byly pro osobní automobily představeny v roce 1962 evropskými výrobci světlotmetů. Halogen v podstatě není plyn, nýbrž seskupení plynů chlóru a jódu. V kombinaci jednoho z těchto plynů s inertním plynem jsou získávány prvky wolframu, které způsobují jasnější hoření s menší spotřebou energie. [21, 22]

SVĚTLOMETY S PROJEKČNÍMI ČOČKAMI (1986) Žárovka ve světlotmetu je umístěna doprostřed vytvarovaného odrazového skla. Vyzařované světlo je zaměřeno do vypouklé čočky, která promítá světlo směrem ven do konkrétního, zřetelně vymezeného prostoru. [21, 22]

XENONOVÁ SVĚTLA (1991) První xenonové světlotmetry s jednoduchou výbojkou představila roku 1991 automobilka BMW. Jedná se o obloukový výboj světel, který používá dvě wolframové elektrody do oblouku elektrického náboje. Elektrický náboj, vzájemně na sebe působící uvnitř s plyny a s vypařováním kovových solí přítomných v žárovce, produkuje velmi intenzivní světlo. Xenonová světla mají sklon mít jedinečnou barvu vycházející z rozdílného spektra světla. Obvykle jsou zabarvená do modra. Tato světla jsou používána v kombinaci s čočkou u předního světlotmetu, za účelem produkovat světlo s menší spotřebou energie než u halogenových žárovek. Je potřeba dbát na udržování xenonových světel čistých, aby bylo vyvarováno oslňování ostatních řidičů. Roku 1999 byly představeny bi-xenonové světlotmetry – tedy klopená i dálková světla, které obstarává xenonová výbojka. [21, 22]

LED DIODY (2008) Jednou z výhod světla LED (světlo emitující dioda) je, že je nízké na produkci a nemusí se zahřívat prvek k produkování světla. U těchto diod je teplo produkováno ze zadní části žárovky. LED diody jsou citlivé na teplotu. V chladném počasí totiž nelze na 100 % počítat s rozmrznutím ledu nebo sněhu na těchto světlotmetech tak, jako je tomu u halogenových nebo xenonových systémů. Poskytují různé úrovně osvětlení při rozdílných okolních teplotách. I přes tato technická zpochybnění, mají vysokou výkonnost, s viditelně nižší spotřebou energie. První vozidlo, které použilo světlotmetry s LED diodami

byl Lexus LS, roku 2008. Tehdy byla tato světla použita jako parkovací, koncová a světla upozorňující na změnu směru jízdy. [25]

SOUČASNOST SVĚTLOMETŮ Aktuálně se pracuje na zvýšení intenzity světelného paprsku s minimální energetickou náročností a také jeho efektivní distribuci. Adaptivní světlomety, natáčející paprsek do zatáčky, známe principiálně již od 20. let minulého století, současné systémy pracují elektronicky a v kombinaci se samočinným udržováním dosvitu. Řada výrobců vsadila na tzv. inteligentní projektorové světlomety (Mercedes-Benz E 2006, Opel 2009, Volkswagen 2010), upravující intenzitu, ohniskovou vzdálenost či natočení paprsku podle momentální povětrnostní situace, místa a rychlosti (město, mlha, dálnice, míjení protijedoucího vozu) přes řídicí jednotky (někdy i několik) světlometů. [28]

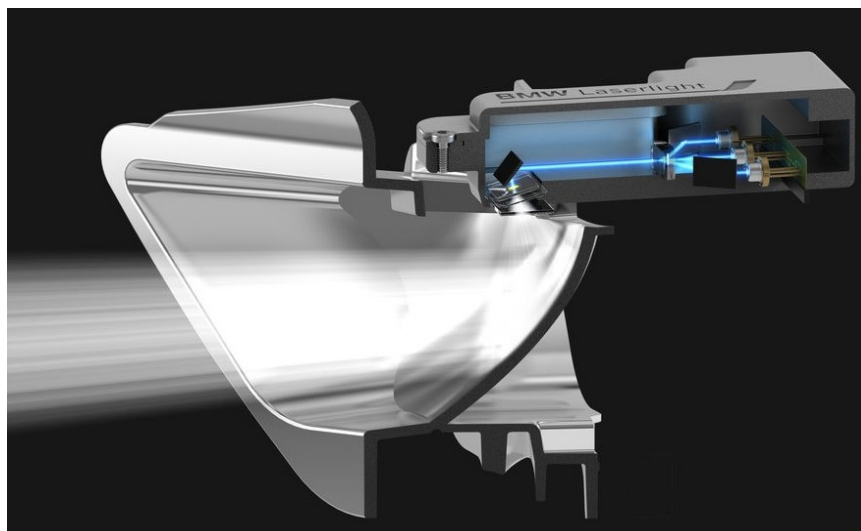
Dalším stupněm jsou sofistikované soustavy diod, dynamicky osvětlujících vozovku všude mimo protijedoucí vozidla či jiné oslnitelné subjekty. V praxi před sebou vůz vytváří intenzivní a homogenní paprsek dálkového světla, s temnými „výřezy“ pro míjená auta. Působivý systém uvedl jako první Lexus LS v roce 2012, rok nato se přidalo Audi s obdobným systémem **Matrix**, od nějž vznikl název pro tento typ světlometů. [28]

Jak technologie pojmenovaná LED Matrix funguje? Jednoduše tak, že auto svítí stále dálkovými světly. Když na okrese potká auto v protisměru, kamera zabudovaná v přídí sleduje jeho světla a tím rozpozná polohu protijedoucího vozu. Propracovaný software pak zhasíná jen ty diody, které by mohly oslnit protijedoucího řidiče. Ve světelném kuželu vytvoří výsek stínu, který se dynamicky mění a pohybuje směrem, ve kterém jede auto. Zůstává tak zachován velký, ostře osvětlený prostor pro výhled řidiče a stín protijedoucí auto „vyprovodí“. Pokud se na to nesoustředíte, nepostřehnete, že chytrá technika pracuje za vás, jednoduše stále skvěle vidíte na cestu. [28]



Obrázek 4: Ukázka funkce světlometu matrix v provozu [5]

BUDOUCNOST SVĚTLOMETŮ - Laserové světlomety. Laserlights pracují s koherentním a monochromatickým modrým světlem, jež transformují do bílého světla. Tento proces se provádí pomocí speciálních čoček, které usměrňují paprsky vydávané trojicí vysoce výkonných laserových diod na fluorescenční fosforovou substanci uvnitř jednotky laserového světlometu. Tato fluorescenční substance převádí paprsky na intenzivní bílé světlo, které je díky podobnosti s denním světlem člověku příjemné. Po transformaci laserových paprsků je před vůz vysíláno neškodné a rozptýlené světlo, velmi blízké světlu dennímu. Laserový světlomet je dále vybaven automatickou regulací dosvitu, jež udržuje vysílaný zdroj světla na přednastavené úrovni bez ohledu na to, zda vůz jede z kopce, či do kopce, zda je plně naložen, nebo řidič jede sám. Svítící povrch laserové diody je stokrát menší než v případě LED, která měří jeden čtvereční milimetr. Díky tomu není zapotřebí tak velké reflexní zrcadlo. Postačí zrcadlo o průměru 30 mm. Xenonový světlomet vyžaduje zrcadlo/čočku o průměru přibližně 70 mm a halogenové světlo 120 mm. [28]



Obrázek 5: Princip funkce laserového světlometu [26]

Vývoj v nedaleké budoucnosti nabízí zajímavé výzvy jak pro výrobce světlometů tak pro koncové uživatele, pro něž by se především jízda v noci mohla stát daleko zvladatelnější a méně nepříjemná. Světlomet je skutečně důležitou součástí vozidla a jeho vývoj správným směrem může zachránit spoustu lidských životů.

Toto ohlédnutí za historií vývoje světlometu mělo posloužit pro jednu konkrétní, hlavní myšlenku, a to – *Světlomet přestává sloužit pouze jako bezpečnostní prvek automobilu, určen ke svícení do daného prostoru. Stává se sofistikovanou elektronikou zajišťující nejen maximální bezpečnost, ale i komfort jak pro uživatele (řidiče a spolujezdce), tak pro ostatní účastníky silničního provozu (protijedoucí řidiči chodci) a slouží jako jeden z klíčových designových prvků automobilu.*

S tímto ohledem můžeme navázat na historii vývoje (především na vzdálenější budoucnost světlometů) odhadem, či domněnkou, že světlometry se částečně přestanou vyvíjet jako prvky automotive, a začnou se vyvíjet jako spotřební elektronika. Důkazem může být i pozvolný nástup firem jako je Samsung či LG do odvětví automotive.

Problémem moderních LED světel je chlazení. Samotné LED diody jsou sice malé, ale potřebují extra chladiče, které zabrání přehřátí. Světla totiž dosahují teplot kolem 120 až 140 °C, ale z pohledu materiálových inženýrů by neměly přesahovat 100 °C. [28]

Budoucnost bude patřit organickým diodám (OLED), tyto tenké „folie“ nemají takový světelný výkon, aby osvětlily cestu, designéři ale této technologii mohou využít při hře se světlem na zadní části vozu. Například pohyblivou grafiku koncových světel viz obrázek č. 6 [28]



Obrázek 6: Moderní OLED obrazovka jako zadní světlomet [28]

To umožní rozvoj nového směru světelného designu automobilů, kterým jsou celé svítící plochy karoserie. Problémem OLED je křehkost a citlivost na vlhkost, proto se schovávají pod sklo.

1.3 Výroba dílů a dělení dílů

Světlomet je složen převážně z plastových komponent, které jsou lisované ze vstřikovacích forem, převážně speciálně vyrobených pro každý druh světlometu. Než si ukážeme rozdělení druhů materiálů používaných ve světlometu, krátce si představme koncepci forem pro vstřikování plastů.

1.3.1 Vstřikovací formy

Právě na těchto tvarech se provádí nejvíce úprav a to především ve fázi vývoje, kdy je tvořen prototyp světlometu a vzniká největší potenciál a prostor pro vhodné vylazení jednotlivých dílů pro montáž světlometu. [11]

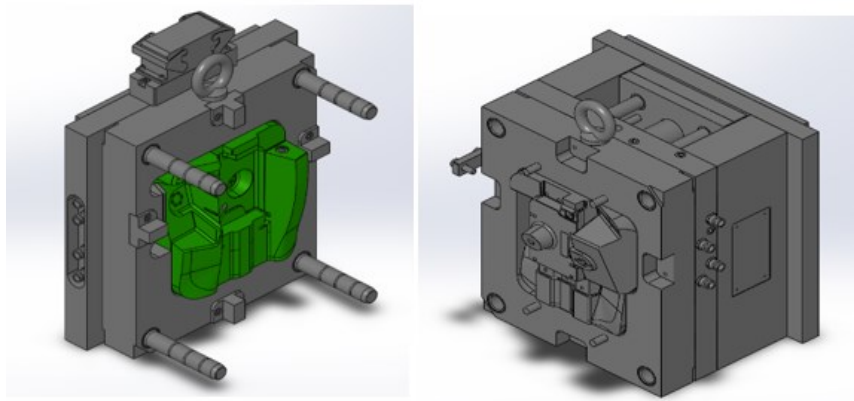
Forma pro vstřikování plastů je poměrně komplikované zařízení skládající se z mnoha dílů a součástí. Použitím těchto nástrojů na speciálním vstřikovacím stroji - lisu, kdy dojde ke vstříknutí roztavené plastické hmoty za vysoké teploty do tvarové dutiny, vznikne konečný výrobek z plastické hmoty s požadovaným tvarem a funkčními vlastnostmi. [11]

V dnešní době se většina forem sestavuje ze standardizovaných komponentů, které jsou na současném trhu dostupné. Tvarové části formy, jako jsou tvárník a tvárnice, se musí obrobit do požadovaného tvaru, který odpovídá negativu hotového výrobku. Standardizované části formy je také nutno přizpůsobit specifickým požadavkům pro danou formu, zejména se jedná o úpravu rámu a desek formy. [11]

Formy pro vstřikování plastů se skládají z těchto částí:

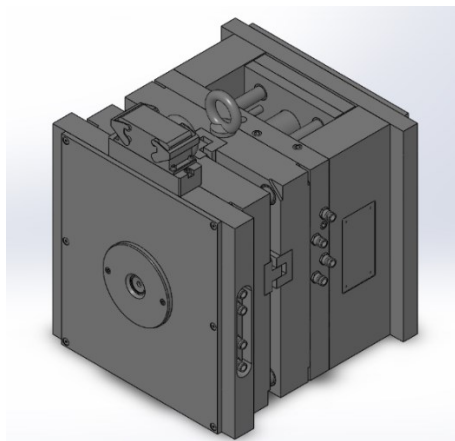
- **Tvářecí součásti** dávají výslednému vstříku jeho výsledný tvar (tvárník, tvárnice, tvarové vložky a stírací pouzdra). [11]
- **Rám formy** tvoří nosnou konstrukci tvářecích dílů a ovládacích mechanismů formy. Zahrnuje především deskovité součásti, vodící a spojovací prvky. [11]
- **Vtokový systém** rozvádí taveninu od trysky vstřikovacího stroje až do tvářecí dutiny formy. Jedná se o konstrukce různých vtokových vložek, rozváděcích bloků a desek, vodivých trysek a topných elementů. [11]
- **Vyhazovací systém** slouží k přímému vyhození vstříku a vtokového zbytku z formy. Rozeznáváme válcové, trubkové a ploché vyhazovače, vyhazovací desky, nárazníky a omezovače zdvihu. [11]
- **Ovládací mechanismy** mohou být řetězové, hydraulické či pneumatické tahače, mechanické pohony a zpožďovací mechanismy. [11]

Podle provedení dělicí roviny se forma skládá z pevné (tryskové) části, která je při vstřikování upnuta na nepohyblivé části vstřikovacího stroje, a z pohyblivé části formy upnuté na pohyblivou část vstřikovacího stroje. Pohyblivá část je opatřena vyhazovacím systémem, který slouží pro vyhození zhotoveného výlisku z formy. [11]



Obrázek 7: Pevná a pohyblivá část formy [11]

Životnost vstřikovací formy je závislá hlavně na volbě materiálu funkčních částí formy jako jsou tvárník a tvárnice, které jsou v přímém kontaktu s roztaveným plastem. Životnost vstřikovací formy je garantována přibližně na milion zdvihů při procesu vstřikování. [11]



Obrázek 8: Kompletní sestava formy pro vstřikování plastů [11]

Opakovanými zásahy do formy, např. z důvodu optimalizace dílů dochází k opotřebení formy a poklesu její životnosti. Proto je nutné zvolit správný materiál v poměru k plánovanému počtu výhozů formy. [11]

Pro představu běžné situace, kdy zákazník zadá při plánování projektu nového světlometu požadavek:

- Doba sériového trvání projektu: 4 roky
- Počet roční produkce: 50 000 ks

Dle tohoto zadání je vybrán materiál, který bude odpovídat zadání (nesmí být moc levný ani zbytečně drahý). Zákazník dle marketingového průzkumu zjistí, že automobil se bude prodávat lépe, než se předpokládalo a zvýší požadavky:

- Doba sériového trvání projektu: 5 let
- Počet roční produkce: 80 000 ks

Rázem je původní zadání na dvojnásobku. V případě zvolení nevhodného materiálu, se překročí životnost formy a vystaví se riziku zničení formy a ohrožení celého montážního procesu. **Proto je volba materiálu vstříkovací formy velmi důležitá, stejně jako výrobce formy. Velké a složité tvary je vhodné vyrábět pouze u prověřených výrobců. Není rozhodující pouze cena, ale poměr ceny a kvality.**

Dalším problémem spojeným s montážní linkou je časová prodleva zpracování zadané změny vůči promítnutí této změny v montážním procesu. Tento aspekt bývá častým problémem a jeho frekvence spíše stoupá. Důvod tohoto jevu je prostý. Na konci minulého století se světlomet skládal zhruba z 20 až 30 komponent. Dnes to je průměrně 10x takové množství. Představme si vstříkovací formu z obrázku viz. č. 8. Takovýchto forem je v dnešním projektu 60 až 80 (zbytek jsou nakupované díly nebo standardizované díly. Problémem tak je jejich skladování, údržba a celková kapacita jakékoliv firmy na výrobu světlometů. Je prakticky nemožné si vyrábět všechny komponenty v „domácím prostředí“, proto se vstříkovací formy vyrobí za dozoru vlastníka formy – výrobce světlometu a outsourcují se k dodavatelům. Tím se odhaluje kořen problému, a to je flexibilita celého řetězce lidí potřebného k vykonání zadané změny na dílu. Zváží-li se, že problém, který případně nastane, ohrozí dodávky do automobilky, je **vhodné stanovit, které díly outsourcovat a které vyrábět svépomocí.**

1.3.2 Rozdělení dílů použitých pro výrobu světlometu

Převážná část světlometu je tvořena díly z plastu. Ty lze rozdělit dle několika hledisek použití, které se vzájemně prolínají. Hlavními hodnotami dělení ovšem budou:

- dle funkce dílu,
- druhu materiálu (z jakého je díl vyroben),
- dle druhu povrchové úpravy,
- dle využití v rámci koncernu.

A) Dle funkce

- **Díly ochranné** – pouzdro světlometu a sklo, tvořící ochranný obal světlometu před vnějšími vlivy okolí, působící negativně na funkci a životnost světlometu. Mezi tyto vlivy patří především mechanické poškození (kamínky a jiné drobné předměty, které by mohly světlomet poškodit), vlhkost (může způsobit zkrat elektrických dílů nebo degradaci jejich životnosti), prach a nečistoty ze vzduchu (může způsobit zkrat elektrických dílů nebo degradaci jejich životnosti), sluneční svit (degraduje materiál pro odrazové plochy světelného toku vycházejícího ze zdroje záření – žárovka, dioda).

- **Díly funkční** – všechny komponenty, které se podílejí na jakékoliv funkci světlometu. Především to jsou reflektory a světlovody či optické filtry. Tyto díly slouží k šíření vydávaného světla do okolí, za určitých podmínek (oslnění, barva, homogenita). Dále to jsou chladiče, ventilátory či odvětrávací elementy, sloužící pro aktivní a pasivní chlazení, funkční rámy, nesoucí vesměs celou skupinu těchto funkčních dílů, žárovky a desky plošných spojů, na kterých jsou osazené LED diody vykonávající funkci světelného zdroje, kabelové svazky pro propojení jednotlivých funkcí s centrálním konektorem vozidla a případně další díly.
- **Díly dekorativní** – tyto díly slouží buď k čistě vizuálnímu účelu, nemají žádnou funkci a často jsou pokovené či jinak povrchově upravené pro lepší efekt nebo jsou ochranné, ovšem nikoliv před vnějšími vlivy, ale před ostatními komponentami světlometu, tak aby nebyla vidět např. kabeláž nebo chladiče světlometu, tzv. vizuální ochrana.
- **Díly ostatní** – do této kategorie dílů patří především standardizované díly, které se používají na více než jednom projektu a slouží k nastavení nebo spojování dílů – jsou to například šrouby, klouby, díly nastavení, motorčky, tyče a jiné díly pohonu apod.
- **Poměrně novou a samostatnou kategorií jsou řídicí jednotky** – slouží k ovládání jednotlivých funkcí pomocí signálů vedených přes kabeláž. Jsou komunikací mezi automobilem a světlometem. Vyhodnocují veškerá kontrolní hlášení zobrazující se na palubním počítači a stejně tak dávají signál světlometu, jaký mód spustit (městský, dálniční, apod.).

S hlavní myšlenkou této kapitoly koresponduje nárůst komponent, ze kterých se světlomet skládá nejen díky složitější používané technologii a propracovanému desingu, ale také kvůli nárůstu funkcí, které světlometry obsahují. V následující kapitole jsou funkce a komponenty v krátkosti představeny pro lepší orientaci při pozdějším návrhu linky.

B) Dle druhu materiálu

Toto rozdělení zmiňují skrze plastové díly, které se používají k výrobě světlometů jak termoplastické, tak reaktoplastické. Reaktoplasty se ve vstřikovací formě zahřívají a tím se vytvrzují, zatímco termoplasty se vytvrzují postupným ochlazením.

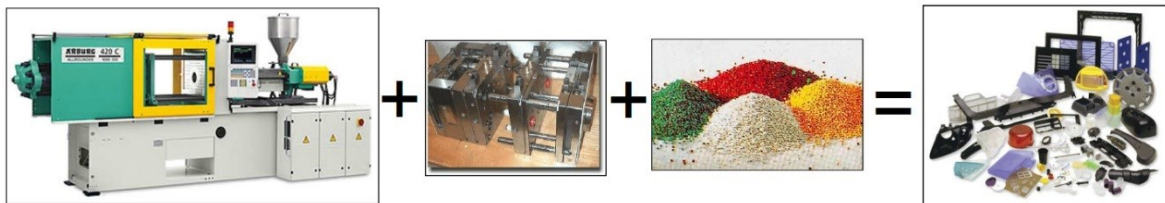
Nejčastěji používané materiály (granuláty a hmoty) jsou Apec (druh polykarbonátu), polykarbonát s příměsí skla (PC40,PC30), polypropylen (PP), nízkoprofilový polyester (LPP).

C) Dle druhu povrchové úpravy dílu

Dílce po odlisování prochází úpravou dle jejich funkčního zařazení. Celkem může dílec projít až třemi stádii. Samozřejmě vstřikováním materiálu musí nezbytně projít každý díl, aby mohl být přetvořen z granulátu na potřebný tvar. Dále mohou následovat povrchové úpravy lakování a pokovení.

Vstřikování - Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí:

- výchozí materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást,
- výrobní cyklus především se vstřikovacím strojem a ostatním zařízením, umožňující přípravu taveniny a její dopravu, za určitých podmínek do formy,
- forma jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást.



Obrázek 9: Jednotlivé prvky nutné pro vznik plastového výrobku [1]

Pokovení - Pokovování se z hlediska účelu dělí na:

- funkční – pokovení reflektorů pro odrazivost vyzařeného světelného toku do okolí
- dekorativní – pokovení rámu, případně i jiných dílů pro vytvoření efektu lepšího vzhledu dílu, potažmo celého světlometu.

Pokovování z hlediska procesu dělíme na:

- napařování – hliník se ve vakuu odpaří z wolframové spirály ohřáté na 1800 °C. Páry hliníku se volně šíří prostorem a kondenzují na povrchu dílů.
- napařování – ionty argonu jsou vysílány proti povrchu nanášeného materiálu, ze kterého vyrážejí atomy ven a zaujímají jejich místo.

Tabulka 1: Vlastnosti metod pokovování [1]

	Napařování	Naprašování
Vytvoření par kovu	termicky, nízká energie, žádné nabité částice u slitin nelze použít	vyražením pomocí vysoké energie iontů, naprašování slitin možné
Transportní fáze	ve vysokém vakuu v řádu 10^{-2} Pa, žádné srážky žádné změny směru, žádné chemické reakce	při vyšším tlaku v řádu 10^{-1} Pa, srážky, změny směru, chem. reakce
Kondenzační fáze, vytváření vrstvy	tvoření vrstvy na povrchu, žádná změna povrchu, nízká teplota	možná modifikace povrchu reakce s jinými plyny, vyšší teplota substrátu

Lakování – slouží k ochraně povrchu před působením slunečního UV záření v kombinaci s vysokou vlhkostí vzduchu. Používá se především na čelní skla světlometu. V případě narušení laku v jednom bodě může dojít k postupnému šíření defektu, lak degraduje, praská a tím se ztrácí ochranná vrstva skla. Výsledkem je potom matné sklo, přes které je špatně vidět. Dále slouží jako ochrana před chemikáliemi a proti poškrábání.



Obrázek 10: Ukázka “zakaleného“ světlometu [1]

Dalšími lakovanými díly jsou reflektory. Zde slouží lak k vytvrzení povrchu pro nanesení pokovené vrstvy. Ta se může nanášet i bez lakování, ale při zahřátí dojde ke sloupnutí celého pokoveného povrchu. Proto se lakují pouze reflektory a nikoliv rámy (reflektory se při svícení zahřívají na vysokou teplotu). Lak slouží k vyrovnání a vytvrzení povrchu reflektoru.

D) Dle využití v rámci koncernu

Jak je zmíněno výše, vstřikovací formy se často outsourcují do dodavatelských firem. Jde o formy specifické pro každý projekt, tzn. s každým novým projektem přibude 60 až 80 nových forem, které je potřeba uskladnit, zaplánovat do výroby a v případě potřeby

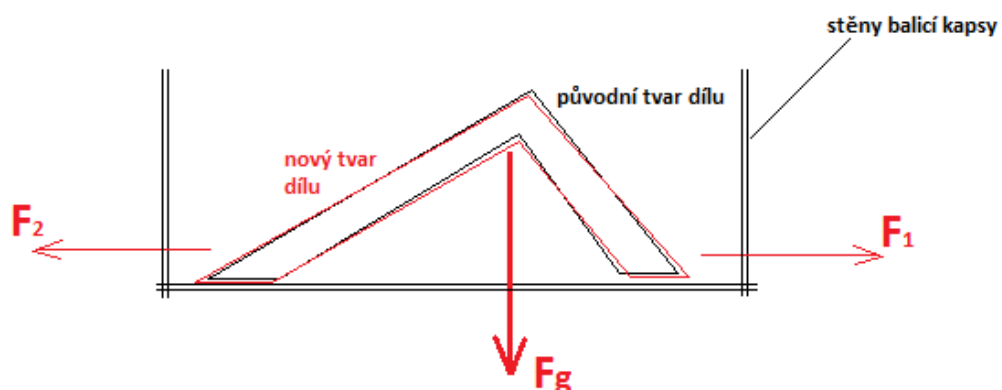
na nich vyrábět. Dekorativní rámy nebo reflektory nejsou díly, které by se daly použít ve více projektech, protože každý je designově a tvarově naprosto specifický. Tyto díly jsou tedy vyhrazeny k výrobě jen po dobu projektu. Výhodou je, že na těchto dílech se dají dělat úpravy dle zadání a potřeby.

Druhým typem jsou koncernové díly. Vesměs se jedná o drobné díly jako kola pohonů, tyče pohonů, klouby, spojovací díly, nastavovací díly, LWR motory, šroubky, čepy, řídicí jednotky a podobně. Tyto díly jsou standardy používané na více projektech a ve více zemích, tudíž je problém na nich provádět jakékoliv úpravy (mohlo by dojít k narušení jiného projektu). Výhodou je neustálé zachování určitých principů a pravidel montáže již ve fázi vývoje a návrhu světloometu (konstrukční oddělení je limitované těmito díly).

1.3.3 Nejčastější problémy s používanými díly

Světlomet se skládá převážně z plastových dílů. Oproti obrábění kovů má plast velkou nevýhodu v tvarové nestálosti. Je měkký a v kombinaci s tvarem dílů, který v důsledku omezeného prostoru pouzdra (tvar světloometu a rozměry jsou dány zadavatelem – automobilkou) neumožňuje vždy robustní provedení, může dojít k tvarové nestálosti.

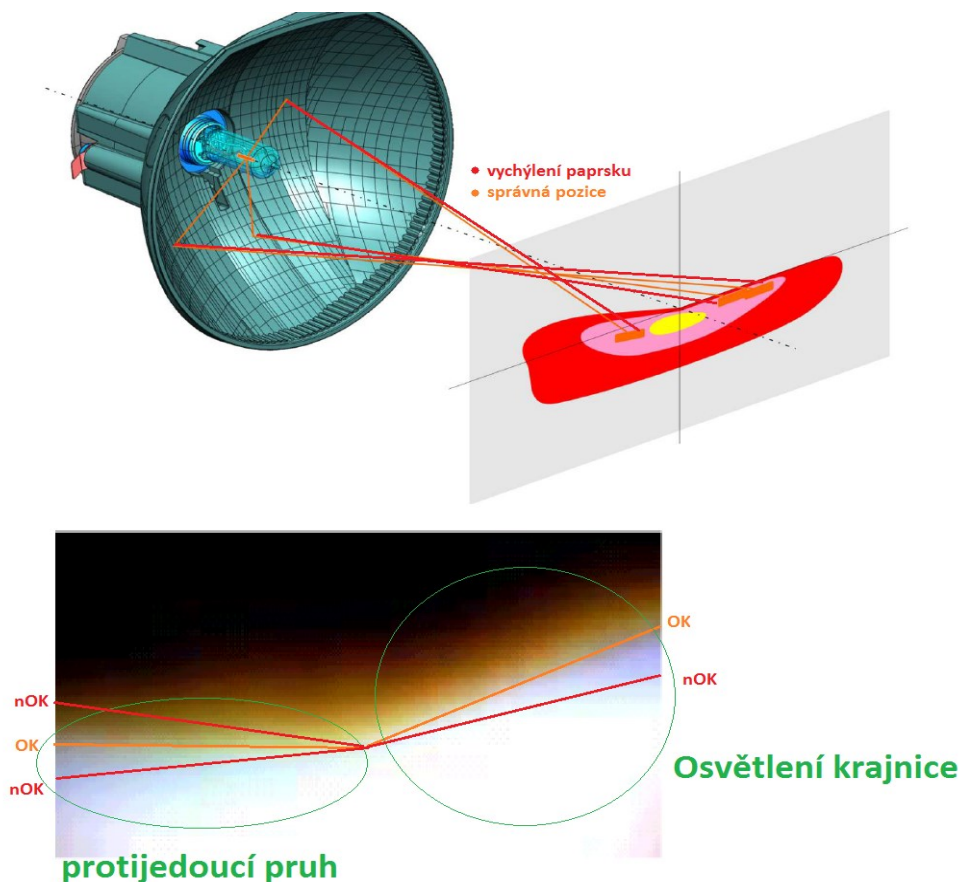
Tento jev nastává většinou při rozdílných lisotechnických parametrech při lisování (např. nečistota v chladicím okruhu vstřikovací formy) nebo při manipulaci směrem ven z formy (nevhodné uchycení robotického podavače za díl), při vnějším působení okolí (především v letních měsících při vysoké okolní teplotě), při změně lisovacího zařízení, kdy i při stejných parametrech lisování může dojít k rozdílné kvalitě dílů, při nesprávném uložení granulátu (vlhkost). K ovlivnění rozměrů vede i nesprávné balení dílů, které mohou při vyšší teplotě měnit tvar působením gravitační síly (za tepla vloženy do balení).



Obrázek 11: Ukázka sil působících na deformaci plastových dílů

V důsledku nesprávného procesu lakování může dojít u reflektorů k nerovnosti lakované vrstvy, potažmo nerovnostem po pokovení, kdy se získá odlišný tvar odrazových ploch pro světelný tok vyzářený světelným zdrojem. Ve finále získáme reflektor, který nesplňuje

podmínky svícení dané homologací (oslňuje protijedoucí nebo nedostatečně svítí do protisměru nebo do krajnice). Dochází k deformaci světelné plochy, která se odhalí až při světelných zkouškách na montážní lince.



Obrázek 12: Zobrazení hranice tlumeného světla a odrazivosti světla v reflektoru [1]

U pokovených dílů se nejčastěji vyskytuje problémem s mikroškrábanci a otisky. Tyto problémy vznikají při vytahování pokovených dílů z pokovovacích strojů a při samotné montáži na lince. V drobné míře pak také při transportu v balení.

Nejčastější dekorativní vady na dílech:

- **Vměstky** - zbytky neprotavených tuhých součástí nebo shluky nečistot,
- **Šlíry** - nestejnorodosti, projevující se jako proudy nebo provazce (nedostatečné promísení vsázky),
- **Bubliny nebo krupička** - znečištění formy,
- **Vrstevnatost** - těžší složky při vstřikování segregují od lehčích.

Dekorativní problémy jsou poté i majoritní příčina případných reklamací světlometů.

Tato kapitola stručně vystihuje výrobu a problémy spojené s díly, které vstupují do montážního procesu a ze kterých je světlomet složen. V následující kapitole si funkce dílů a díly samotné blíže představíme.

2 Popis komponent předních světlometů

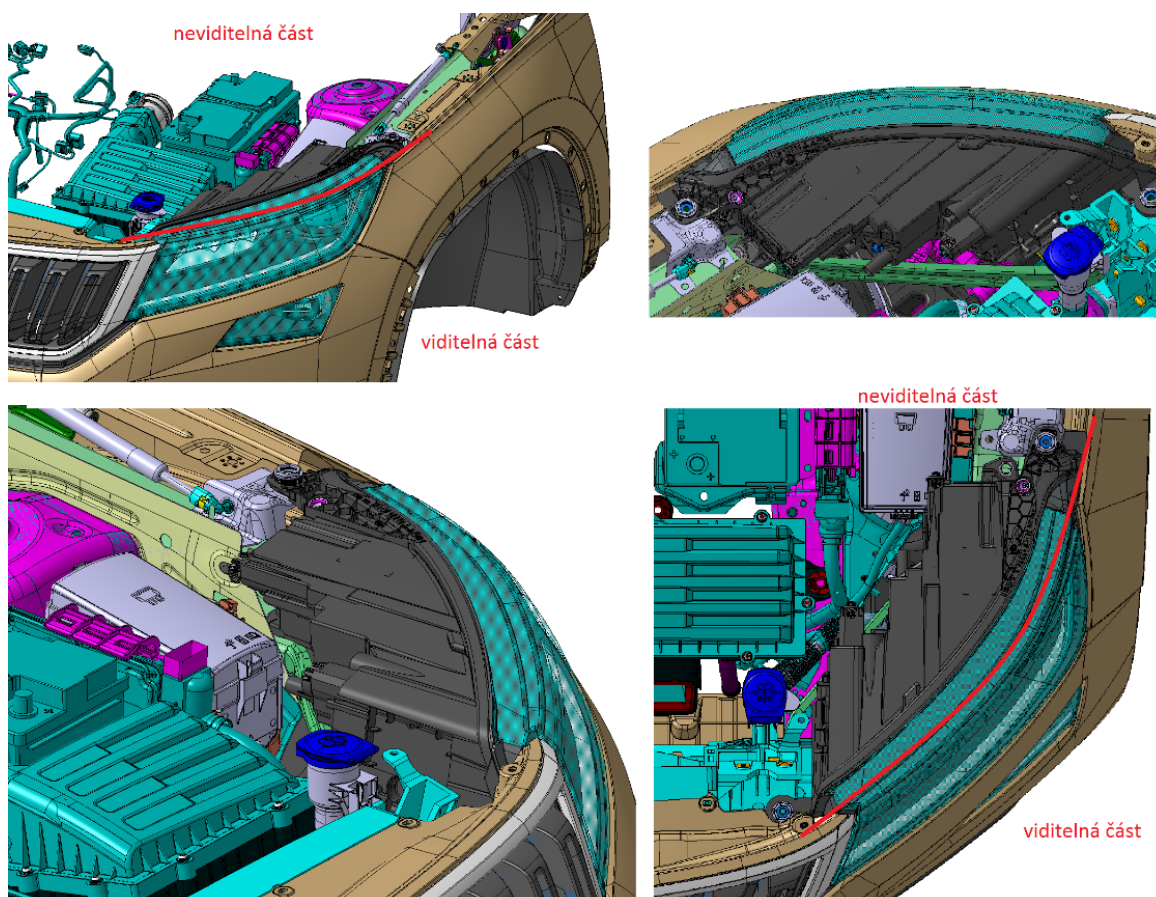
V této kapitole budou popsány jednotlivé světelné funkce, které se ve světlometu nacházejí. Samozřejmě ne všechny jsou ve všech světlometech. Půjde pouze o výčet základních funkcí a nejdůležitější asistenční. Jednotlivé funkce jsou stanoveny zákazníkem (asistenční) a zákonem, resp. homologací pro evropský trh – potkávací a dálkové světlo, zadní mlhová signalizace. Také dojde k bližšímu představení jednotlivých dílů, ze kterých se světlomet skládá, a ukázání si druhů spojení dílů dohromady.

2.1 Díly vstupující do světlometu

V kapitole 1.3.2 je použito rozdělení dílů dle funkce, kterou ve světlometu vykonávají. Toto dělení je podrobné, avšak nám nyní postačí jednoduché dělení na vnější a vnitřní díly. Důvodem toho je nepřeskakovat z obalu do vnitřku světlometu a zase ven.

2.1.1 Vnější díly

Obálku nebo vnější část světlometu tvoří především pouzdro a krycí sklo, ty jsou základními stavebními jednotkami obálky. Tyto dva díly zaujímají maximální zástavbový prostor světlometu, který je od automobilky k dispozici. Pouzdro vyplňuje prostor v kapotě (uvnitř) a pomocí úchyťů (plechové matice, duté šrouby nebo silenbloky) je připevněno ke konstrukci automobilu. Na pouzdře jsou přichyceny díly sloužící k výměně vadných komponent (gumové nebo plastové těsnící krytky), k cirkulaci vzduchu ve světlometu (ventilační elementy), k připojení elektrického zdroje (centrální konektor) a k upevnění světlometu do automobilu (fixační elementy). Všechny tyto komponenty jsou standardizované. Krycí sklo je k pouzdru zacvaknuto či přilepeno a vykonává krycí funkci. Je dokonale splícované s karoserií (kopíruje nachystaný otvor v karoserii).



Obrázek 13: Zástavba světlometu v automobilu z různých pohledů

Krycí sklo

Krycí sklo je v průběhu života automobilu poměrně dost namáhaným dílem, na který jsou navíc kladeny přísné nároky co se viditelných vad a poškození týče. Krycí sklo musí perfektně lícovat s karoserií automobilu, čehož se dá jisté míry dosáhnout nastavitelnými fixačními elementy světlometu. Zevnitř na něj působí teplota, která je dána dopadajícím zářením z rozsvícených reflektorů na plochu skla. Zvnějšku je krycí sklo opatřeno ochranným lakem, který chrání před různými a navzájem se lišícími vlivy, vůči kterým je krycí sklo vystaveno a musí jim odolat. Jsou to např. voda, vítr, mráz, slunce, posypová sůl, nemrznoucí směs z odšťikovačů a v neposlední řadě chemikálie, které uživatel použije k umytí světlometu nebo celého auta. Název krycí sklo je matoucí, protože již od poloviny devadesátých let je díl vyráběn z plastu, který nahradil dříve používanou sklovinu. Jedná se tedy o historicky zažitý název z dob, kdy byl díl opravdu vyráběn ze skla. [14, 15]

V dnešní době se krycí sklo vyrábí především z materiálů „PC Lexan LS, PC Macrolon“ o tloušťce stěny mezi „2,3 – 3 mm“ a je opatřováno ochrannými laky, jako zástupce můžeme uvést lak s označením UVHC3000 nebo UVT610 V6, jehož vrstva se pohybuje v rozmezí „8 – 15 μm .“ Lak zvyšuje odolnost povrchu proti poškrábání a obsahuje UV filtr, jenž zabraňuje žloutnutí materiálu krycího skla. Nanášení laku bývá prováděno více

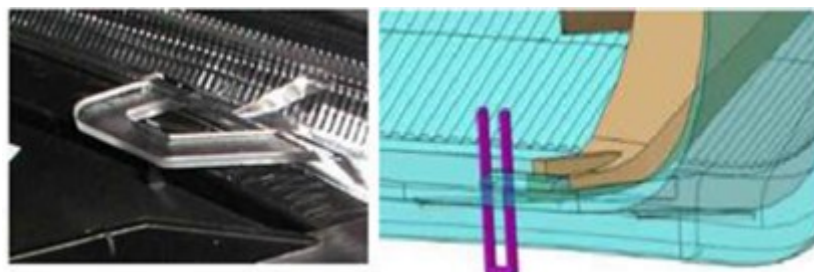
technologemi, a to technologií polévání (používá Visteon) či stříkání (používá Hella). [14, 10]

U tohoto dílu se jedná o technologii dvoukomponentního vstříkovaní. Jedna část skla je čirá a druhá černá (okraje). Tato technologie se používá z důvodu ochranné funkce před dekorativně nežádoucími částmi vnitřních dílů. Technologie je z důvodu velkých rozměrů dílu poměrně náročná na konstrukci a výrobu formy, což se odrazí na ceně formy. [14]

Pouzdro

Pouzdro je díl, na který zpravidla nejsou kladeny vysoké designové nároky. Zároveň jsou na něj kladeny vysoké pevnostní nároky i za zvýšených teplot (přes 100 °C). Slouží jako nosný prvek celého světlometu, jsou na něm umístěny fixační body, za které je pak světlomet uchycen do vozidla; je do něj lepeno krycí sklo, jsou do něj montovány rámečky, jsou v něm uchyceny reflektory a prakticky všechny zbývající díly. Nese tedy celou váhu. Proto se vyrábí z materiálů, které mají ve struktuře příměs skelných vláken – nejčastěji materiály „PBT-ASA GF30, PBT+ASA GF20, PP T40, PP GF30.“ Ač nese celou váhu světlometu, je tloušťka stěny pouzdra v rozmezí pouhých „1,6 – 2 mm.“ Pouzdro lze pokládat za jeden z konstrukčně a výrobně nejsložitějších dílů světlometu. [14, 10]

K připevnění skla k pouzdru slouží mimo zácvaků, kovových sponek či tackerování také lepidla, a to tavná či silikonová.



Obrázek 14: Možnosti spojení pouzdra s krycím sklem [20]

Ostatní vnější komponenty

Těsnicí krytky

Těsnicí krytky zajišťují možnost výměny žárovek, jsou to standardizované díly různých průměrů nacházejících se na vnější straně pouzdra. Jejich přesná geometrie je velice důležitá z pohledu těsnosti světlometu. Těsnicí krytky se dělí na plastové a gumové. [14]

Ventilační elementy

Ventilační elementy zajišťují cirkulaci vzduchu a umožňují odpaření zkondenzované vody uvnitř světlometu a odmlžení světlometu, které může nastat vlivem různých klimatických podmínek. Mohou být gumové nebo plastové, různých druhů a tvarů. Tvary jsou standardizované, ale jejich rozmístění na pouzdrě je dáno provedenými simulacemi

o proudění vzduchu v pouzdře. Ukázka simulace je znázorněna v kapitole věnované chladičům. [14]

Centrální konektor

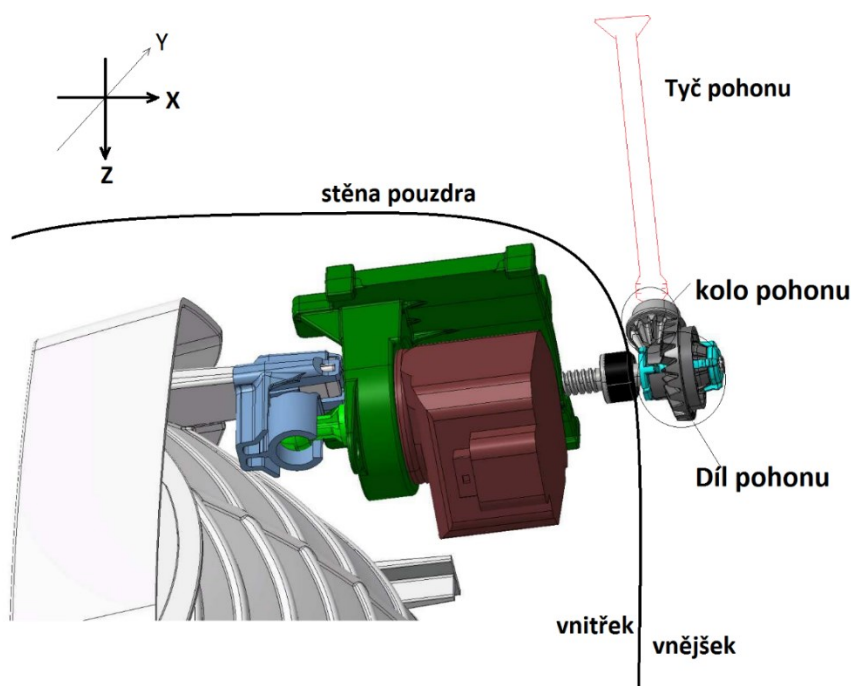
Centrální konektor slouží jako rozhraní mezi elektronikou světlometu a elektronikou vozidla. Je montován do pouzdra. Uvnitř světlometu jsou do něj napojeny kabelové svazky, které jsou dále rozvedeny ke světelným funkcím, krokovému motoru a popřípadě dalším elektricky řízeným součástem světlometu. Z vnějšku je do centrálního konektoru kontaktován protikus kabelového svazku automobilu. Jelikož kontaktování probíhá z vnějšku, musí být kontakty konektoru vyrobeny z materiálu odolného proti korozi. Tělo konektoru je pak vyrobeno z plastové hmoty. [14]

Fixační elementy

Fixační element musí dostatečně pevně uchytit světlomet ve vozidle a zároveň musí mít nastavitelný polohovací rozsah pro vyrovnání pozice světlometu vůči karoserii. Jedná se hlavně o dodržení konstantní šířky spáry mezi krycím sklem a okolními díly karoserie, jakou jsou např. nárazník, blatník, mřížka chladiče a kapota. Fixační elementy mohou také obsahovat ochranné prvky, které při nárazu a vyvinutí určitého tlaku prasknou a uvolní světlomet, tyto ochranné prvky slouží především jako ochrana chodců při střetu s automobilem. [14]

Díly pohonu

Mezi díly pohonu z vnější strany jsou řazeny díly pohonu, které společně s kolem pohonu vytvoří ozubenou soustavu napojenou na šroub s gumičkou na konci. Tento šroub je zasazen uvnitř pouzdra a jeho konec vychází ven tak, že gumička obejmě otvor pouzdra a utěsní jej (proti vlhkosti a prachu). Na konci šroubu, se zácvakem kola pohonu společně s dílem pohonu, vytvoří zmíněný ozubený systém a tím je šroub fixován na pevno (nelze s ním hýbat v ose x, druhý konec šroubu je v závitech držáku motoru). Pokud se do kola pohonu nebo do tyče pohonu vloží šroubovák a začne se točit, dojde k otáčení šroubu přes ozubený systém. Tím, že šroub je fixován pevně, se začne pohybovat držák motoru (zelený) a s ním i reflektor nasazený přes kloub (modrý). Reflektor se natáčí v ose Z a tím se sklápí nebo naopak vyklápí a nastavuje hranici světla na cestě (motorek má stejnou funkci, popíšeme si jej v kapitole o vnitřních dílech). Tyč pohonu slouží jako prodloužené rameno v případě, že se na kolo pohonu nelze dostat šroubovákem z důvodu zavazující geometrie pouzdra.



Obrázek 15: Systém pohybu reflektorů ve světlometu [2]

Řídící jednotky

Slouží k ovládání jednotlivých funkcí pomocí signálů vedených přes kabeláž. Jsou komunikací mezi automobilem a světlometem. Vyhodnocují veškerá kontrolní hlášení ze senzorů a dávají tak signál světlometu, co má provést - jaký mód spustit (městský, dálniční apod.), zda ztlumit dálkové světlo, jestli je potřeba korekce potkávacího světla v závislosti na zatížení zadní části automobilu apod., stejně tak na druhou stranu v automobilu zobrazují na palubním počítači hlášení potenciálních závad.

Z vnější strany se jednotky umísťují především proto, aby byla zaručena jejich vyměnitelnost v případě potřeby. Jejich cena je poměrně vysoká, takže se dají i v případě nehody pouze přesunout na náhradní světlomet, který je dodáván bez těchto jednotek. Konstrukce je navíc ocelová, takže je vnitřek dobře chráněn před vnějšími vlivy okolí.

Etiketa

Je nositelem informace o tom, kdy byl světlomet vyroben, obsahuje interní a zákaznické číslo světlometu, obsahuje informaci, o jakou verzi se jedná (ES, LES, SAE, HAL, LED apod.). Dále informuje o příkonech jednotlivých funkcí světlometu a homologaci, pod kterou je světlomet schválen. Dále generační stav a QR nebo BAR kód, kde jsou nejdůležitější informace pro rychlé načtení do systému v automobilce uvedeny rovněž.

2.1.2 Vnitřní díly

Vnitřní díly světlometu se dělí na díly pohledové, které jsou viditelné, dekorativní, které jsou pohledové s důrazem na kvalitu vzhledu, dále na díly nepohledové, které z vnějšku vidět nejsou, s důrazem na funkčnost.

2.1.2.1 Pohledové vnitřní díly světlometu

Dá se říci, že vnitřní viditelné díly světlometu tvoří jeho designovou „duši“, jsou nejdůležitější pro konečný vzhled světlometu a pro dojem, který uživatel nabude, když si jde automobil koupit. Linie těchto dílů jsou v souhře s liniemi karoserie automobilu a pomáhají vytvářet dojem ladnosti, dravosti, mohutnosti a dalších vlastností, kterých výrobce chce, aby uživatel nabyl po zhlédnutí vozidla. Mezi viditelné vnitřní díly se řadí krycí rámečky, ozdobné lišty, reflektory nebo moduly a světlovody, v některých případech to také mohou být přídatná optická skla, clonky atd. [14]

Krycí rámečky a ozdobné lišty

Slouží buď jako designový doplněk nebo pro zakrytí vnitřních funkčních dílů světlometu a zabraňují prostupu světla mezi spárami dílů, tzv. bočního světla. Různé tvary, barvy a struktury povrchů, odlišné technologie výroby, výběr různých plastových materiálů na základě vzhledu a funkčnosti dílu, složitá konstrukce odpovídající zadání designu, podléhání přísným kvalitativním nárokům a kontrolám. Tak se dají charakterizovat krycí a dekorativní rámečky. Díly musí odolávat teplotní zátěži (při teplotní zátěži musí být stabilní a držet tvar), musí vykazovat pevnost a tuhost, aby při montáži nebo následně v běžném provozu nedocházelo k jejich porušení nebo poškození, musí do sebe lehce zapadat, zároveň nesmí být příliš volné. Tyto vlastnosti jsou nejprve v průběhu vývoje světlometu zkoumány a posuzovány pomocí pevnostních a teplotních simulací, navíc jsou zapojeny simulace vstřikovacího cyklu a tečení materiálu během lisování dílu. Tuhost, pevnost a odolnost vůči teplotě je pak již na vyrobeném světlometu, ať už je to na prototypu, prvních výpadových kusech nebo nulté sérii, ověřována systémem zkoušek a testů (vibrační testy, teplotní testy, sauna testy apod.). Tloušťka stěny krycích rámečků se pohybuje mezi 2 – 3,5 mm. [3]

Reflektory, moduly a světlovody

Vykonávají hlavní nebo přídatné funkce světlometu. Hlavní funkce, což je světlo tlumené a světlo dálkové vykonávají pouze reflektory nebo moduly, jelikož světlovody plní pouze funkci svítilny nikoliv světlometu, tzn., že nemají dostatečnou intenzitu pro vykonávání hlavní funkce. Mezi přídatné funkce patří např. denní světlo, odbočovací světlo a poziční světlo.

V první řadě musí tyto díly splňovat legislativní požadavky pro světelné hodnoty s ohledem na homologovatelnost světlometu. Teprve pak je věnováno úsilí splnit požadavky

zákazníka na světelné hodnoty a vzhled. Tyto díly jsou tedy zároveň funkční a pohledové díly. [3]

Reflektory a moduly v hlavních funkcích musí být navíc oproti světlovodům nebo reflektorům vykonávajícím přidavné funkce nastavitelné, aby světlomet správně svítil tam, kam má a jak má, aby neoslňoval protijedoucí vozidla, zároveň poskytnul řidiči dostatek světla a aby splnil legislativní požadavky. K tomu slouží nastavovací řady, do kterých je reflektor uchycen. Nastavovací řady se skládají z nastavovacích elementů, které patří do nepohledových dílů.

Reflektor

Reflektor lze definovat jako parabolou, či jiný tvar, odrážející světelný paprsek daným směrem.

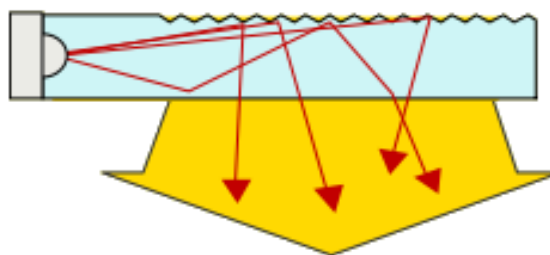
Reflektorový systém může využívat k usměrnění světelného paprsku optiku na krycím skle, takovýto systém se nazývá parabolický reflektor s optikou na skle (dnes se již nepoužívá). Dále může využívat optiku založenou na tvarování reflektoru (reflektorová optika). Reflektorová optika je také označována jako FF (free form), jelikož dochází k nutnosti tvarovat plochu výlisku paraboly. [16]



Obrázek 16: Příklad možných typů reflektorů [3]

Světlovod

Jedná se o výlisek, který pomocí odrazu paprsků umožňuje šíření světla i vně zakřiveného materiálu.



Obrázek 17: Průřez lomu světla světlovodem [3]

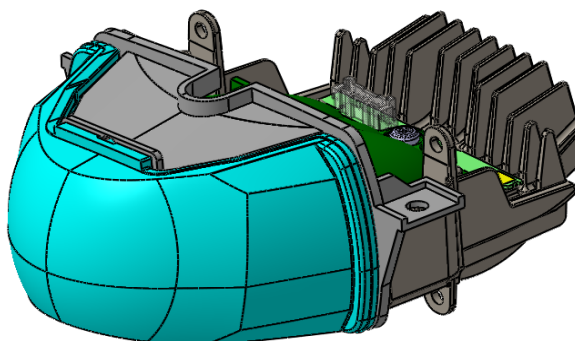
Světlovod se používá výhradně v kombinaci s LED diodami jako funkční i dekorační součást světlometu. Ve světlometech automobilů značky BMW se se světlovodem lze setkat v typickém kruhovitém tvaru (Angel eyes)



Obrázek 18: Příklad použití světlovodů ve světlometu BMW [7]

Modul

Uzavřený systém, umožňující korekci světelného paprsku do požadovaného tvaru a směru přes čočku. Bi-modul umožňuje pomocí jedné čočky a světelného zdroje za pomoci clonky funkci tlumeného i dálkového světla. V současnosti se vyrábí LED moduly, kde zdrojem světla je deska plošných spojů osazená LED diodami, chladič pro odvod tepla a speciální čočka uchycená ke konstrukci laserovým svařováním.



Obrázek 19: LED modul [3]

Dřívější xenonové moduly s výbojkou jako zdrojem světla jsou dnes již nevyvíjeny, vyrábí se pouze do dobíhajících projektů nebo na méně pokrokové trhy (Rusko, Asie).

AFS modul (Adaptive Frontlight System), je založen na několika optických a mechanických jednotkách, jejichž činnost je automaticky vyhodnocována a ovládána. Tento systém projektorů tedy umožňuje korekci světelného paprsku do požadovaného tvaru a směru v závislosti na stavu vozidla (rychlost, natočení volantu, atd.). Systém je podobný běžným modulům, ty však nemají možnost mechanického natočení čočky. Pokud se porovná modul VarioX s AFS modulem, lze si všimnout mírně složitější konstrukce a plastového orámování, které slouží k natáčení modulu. [8]



Obrázek 20: VarioX a AFS modul [8]

2.1.2.2 Nepohledové (funkční) vnitřní díly světlometu

Nepohledové vnitřní díly jsou díly, které nějakým způsobem pomáhají světlometu plnit jeho funkci. Mohou vyztužovat nebo fixovat některé díly, zajišťovat nastavitelnost a pohyb reflektorů, rozvádět elektrické řídicí signály nebo odvádět teplo z kritické oblasti.

Nastavovací a uchycovací elementy

Elementy zajišťují nastavitelnost, uchycení a pohyb reflektoru ve světlometu. Jsou to díly různých druhů, rozměrů a tvarů, z kterých se pak skládají celé nastavovací řady reflektorů. Kvůli omezenému zástavbovému prostoru a snaze mít co největší reflektor, aby co nejlépe svítil, se stále vyvíjejí menší a menší nastavovací elementy, které však nebudou svou funkcí horší než jejich předchůdci, spíše naopak. Plnění stále přísnějších požadavků zákazníka na zkoušky světlometu nutí vývojáře ke stále důmyslnějším řešením (nastavovací element montovaný mezi reflektor a krokový (nastavovací) motorek nebo nastavovací element spojující dálkové a potkávací reflektory). Patří sem kloubky, spojky, držáky a další drobné, převážně standardizované díly, ze kterých se tyto soustavy tvoří.

Úzce spjatý jsou s nastavovacími elementy i nosné rámy.

Nosné rámy

Na rozdíl od krycích rámců slouží jako nosič reflektoru, případně chladiče a desky plošných spojů. Jsou kostrou spojující reflektor a nastavovací elementy. Reflektory jsou na nich usazeny a nastavovací elementy tak nehýbou přímo s reflektorem, ale ve většině případů s nosným rámem. Jeho pohyb pak kopíruje pohyb reflektoru.

Tepelné plechy

Jsou často spojeny přímo s reflektorem nebo jsou v jeho těsné blízkosti z důvodu lepšího odvodu tepla, vznikajícího během aktivní funkce reflektoru. Používají se v případech, když

nevychází teplotní simulační zkoušky ve fázi vývoje a prostor nebo jiná limita neumožňuje jiné řešení odvodu tepla.

Kabelové svazky

Zdroje světla potřebují k jeho produkci elektrickou energii. Tu získá světlomet z automobilu přes centrální konektor. Z centrálního konektoru jsou vyvedeny dovnitř pouzdra kabelové svazky buď napřímo nebo přes řídicí jednotky. Pomocí těchto svazků putují jak signály, tak elektrická energie potřebná k aktivaci zdrojů světla. Jejich součástí mohou být i podskupiny kabelových propojek (např. dvě desky s LED diodami spojené mezi sebou propojovacím kabelem a jedna z nich pak napojena k centrální kabeláži).

Kabeláž může být k pouzdru fixována pomocí kabelového kanálu, což je umělohmotný obal, který se k pouzdru přišroubuje nebo pomocí kabelový držáků, což jsou lokální spojky mezi kabelem a pouzdrům. Ty jsou sice levnější variantou, ale trasování kabeláže je pak delší a hrozí vyšší riziko poškození kabelů během montáže v lince.

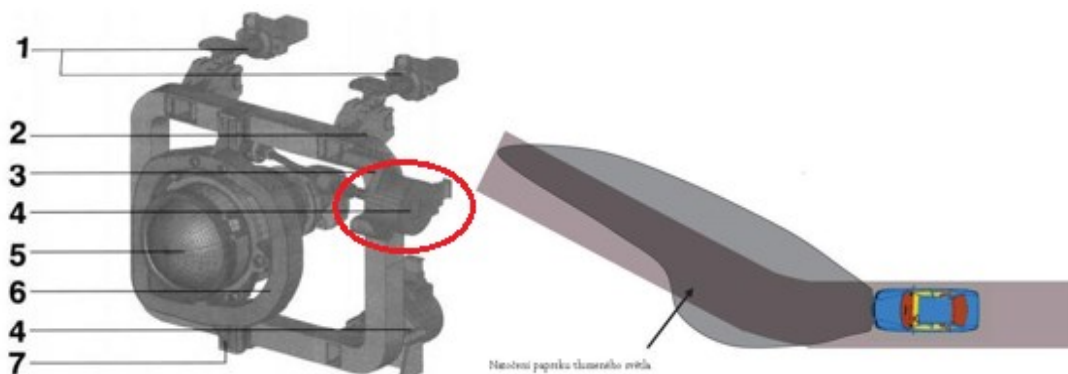
Desky plošných spojů (PCB), žárovky, výbojky

Jsou světelnými zdroji světlometu. Části, vyzařující světelné záření, vstupují do reflektoru, druhý konec je kontaktován na připojení elektrického proudu. Žárovka je vsazena do soketu zakončující kabelový svazek. Výbojka má speciální kontaktní hlavici a LED diody jsou napájeny přes PCB desku, kterou kontaktujeme pomocí konektoru.

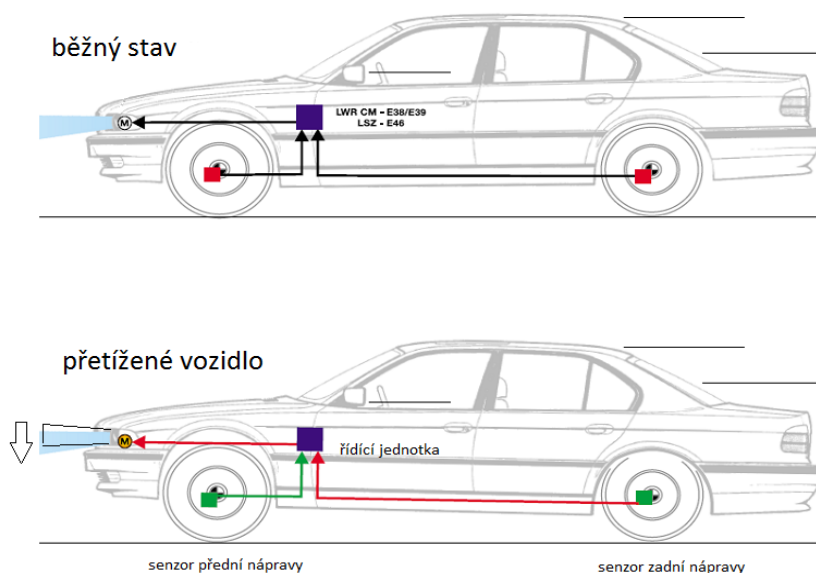
Všechny tyto zdroje se používají dle hlavních funkcí světlometu (výbojka – xenonový světlomet, žárovka – halogenový, LED diody – LED světlomet), ale dochází i k jejich kombinaci (především žárovky a LED diody) v přídatných ale i v hlavních funkcích.

Krokový motorek

Motorek zajišťuje buď natáčení světlometu do zatáčky (součástí sestavy modulu) nebo funkci vyrovnání při zatížení nebo přejedu nerovného podkladu při pružení podvozku (samostatný, tvoří jeden z opěrných bodů reflektoru).



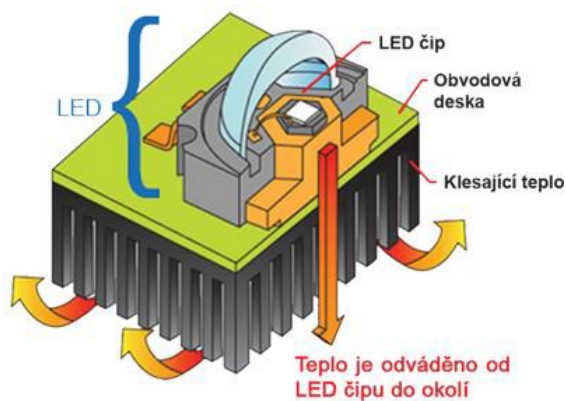
Obrázek 21: Zobrazení první funkce motorku a jeho využití v provozu [3]



Obrázek 22: Zobrazení druhé funkce motorku a jeho využití v provozu [3]

Chladiče [9]

V závislosti na typu použitého světelného zdroje se odvíjí způsoby chlazení. Jelikož nejvýznamnější roli hraje chlazení u LED světlometů, budeme se zabývat chlazením výhradně tohoto typu světlometu. Základní skladba chladičích systémů je u všech LED světlometů podobná.



Obrázek 23: Princip chladičho systému LED světlometů [4]

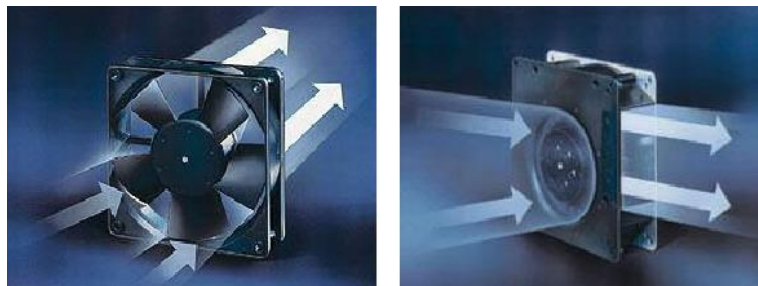
LED je umístěna na chladič s vysokým součinitelem prostupu tepla, který odvádí teplo z čipu do části chladiče s velkým plošným obsahem. V této části dochází ke kondukcí a konvekci tepla do okolního prostředí. V případě, že se jedná o nucenou konvekci vyvolanou například ventilátorem, hovoří se o aktivním chlazení. V opačném případě se jedná o přirozenou konvekci, tedy o pasivní chlazení. Světlomet je konstruován tak, aby odváděné teplo bylo využito k odmlžování nebo k zamezení rosení krycího skla světlometu.

K výrobě chladičů je z 99,5 % využíváno hliníku a jeho slitin, dále je využíváno slitin magnézia a méně častým, avšak také se objevujícím materiálem chladičů jsou slitiny mědi.

S tímto materiálem se lze nejčastěji setkat u ohýbaných malých chladičů. Požadavky na chladič jsou nízká hmotnost, vysoká účinnost chlazení a malé rozměry. Vzhledem k zástavbovým možnostem chladiče a používaným materiálům je potřeba vybrat takový návrh a materiál chladiče, který má nejlepší poměr požadovaných vlastností s přihlédnutím k ceně materiálu a k ceně výroby.

Aktivní chlazení [4]

Jedná se o pasivní chladič s nuceným prouděním plynu uvnitř světlotetu. Tato nucená konvekce je buzena ventilátory, které lze rozdělit na axiální a radiální. Použitím ventilátoru dojde k nárůstu koeficientu přestupu tepla a následnému zmenšení potřebné plochy chladiče a tím i k redukci hmotnosti a velikosti. Využívá se u LED vysokých výkonů, jeho předností je nižší hmotnost, menší objem a lepší odvod tepla. Mezi nevýhody patří nutnost napájení elektrickým proudem a vyšší pořizovací cena.



Obrázek 24: Ventilátor a zobrazení proudění vzduchu [4]

Pasivní chlazení [9]

Chladiče využívané k pasivnímu chlazení dosahují větších rozměrů a vyšších hmotností než chladiče v aktivním systému chlazení. To je způsobeno nižším koeficientem přestupu tepla při nenucené konvekci a s tím související potřebou větší stykové plochy. Pasivní systém se využívá u LED nižších výkonů a jeho předností je nižší pořizovací cena. Naopak nevýhodou je vysoká hmotnost a prostorová objemnost.

Typy chladičů [9]

Ohýbané

Jedná se o nejlevnější způsob výroby chladiče, při kterém dochází k ohýbání připraveného kousku hliníkového nebo měděného plechu do požadovaného tvaru. Takto vzniklé chladiče se používají k chlazení méně výkonných LED.

Tažené

Ideálním pro výrobu chladičů s jednoduchou geometrií. Použitým materiálem je hliník a jeho slitiny. Tento způsob výroby se uplatňuje zejména při výrobě tažených žebrovaných chladičů.

Tlakově odlité

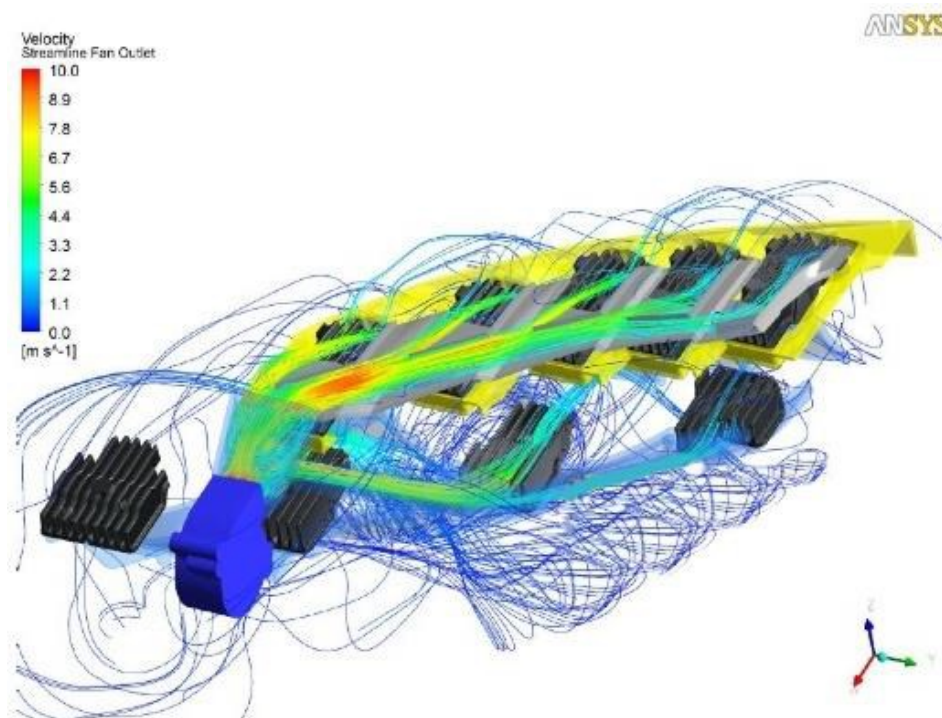
Používají se hliníkové nebo hořčíkové slitiny s možností využití všech geometrických tvarů. Tyto chladiče se používají většinou v kombinaci s radiálními ventilátory.

Protlačované

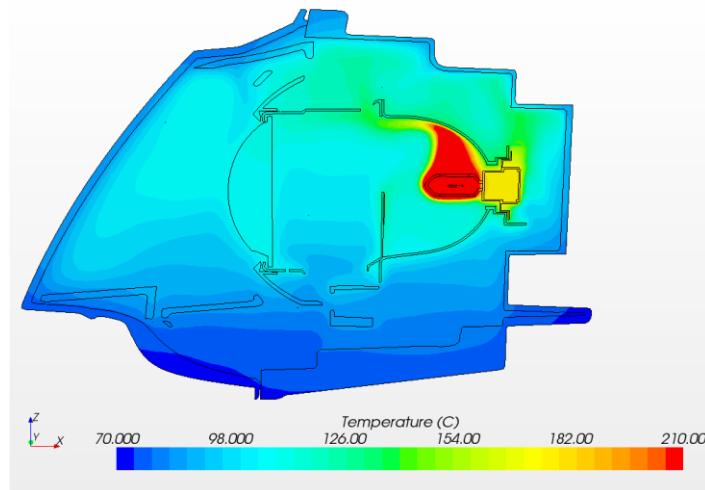
Z 99,5 % se využívá jako materiál hliník, jedná se o nejdražší typ výroby. Chladiče není možno tvarovat do všech geometrických tvarů. Používají se v kombinaci s axiálními ventilátory. Dále dle tvaru plochy odvádějící teplo rozlišujeme na žebrované, kolíkové či trubicové, atd.

Chladiče, resp. odvod tepla je velice důležitou součástí světloometu a velký význam se mu přikládá už ve fázi vývoje světloometu. Při nevhodném návrhu chlazení by mohlo snadno dojít k přehřátí a zničení světloometu.

K vytvoření modelu proudění kapalin a plynů či přenosu tepla se využívá metoda nazývaná CFD (Computational Fluid Dynamics) simulace. Mezi velmi známý CFD software patří například programy firmy ANSYS. Zde je vidět ukázkou simulace viz. obr.25. [4]



Obrázek 25: CFD simulace teplotního proudění ve světloometu [4]



Obrázek 26: Rozložení teploty v reflektoru [4]

Všechny tyto díly, které plní pouze funkční podstatu, z vnějšku automobilu nebývají vidět (mimo žárovek) a nejsou na ně kladeny designové nároky. Bez těchto dílů by byl světlomet nefunkční, jsou jeho nedílnou součástí. Většina z nich podléhá standardizaci, což má příznivý vliv na cenu světlometu, avšak ne vždy a za všech situací se dají díly použít, některé jsou pro daný projekt specifické, a je třeba je vyvinout a vyrobit.

2.2 Montážní možnosti spojování dílů

Pro montáž je důležité ve fázi plánování určit, jakým způsobem budou díly montovány, respektive spojovány do celku. Od tohoto rozhodnutí se odráží následná výroba jednoúčelových stojů podle dané technologie, místo potřebné pro stroj vykonávající montážní úkon v lince (např. laserovací stroj je větší než šroubovací zařízení), montážní takt a samozřejmě cena celého světlometu.

Důvody pro zvolení určité technologie může být několik:

- Přání zákazníka (většinou použití dražší a složitější technologie na úkor úspory).
- Nemožnost použít alternativu (z důvodu dekorativních, prostorových, časových nebo jiných specifických nároků jsme nuceni zvolit jednu možnost, i když není optimální).
- Úspora v projektu (použití nejsnazší možnosti s rizikem případných montážních problémů).
- Jistota montáže (souvisí s úsporou, de facto je to opačný případ, kdy bychom mohli použít levější technologii, ale historicky víme o problémech na jiných projektech, proto zvolíme jistotu v podobě dražší, ale méně problematické montáže).

Toto jsou nejčastěji používané metody v odvětví výroby světlometů.

A) Metoda šroubení

Klasická metoda, která je vhodná pro montáž těžších dílů dohromady – chladiče, moduly apod. Vhodná také pro velké díly, které se rozměrově deformují – hlavní rámy světlometu. Výhodou je bezproblémová, naprosto spolehlivá montáž bez větší nutnosti odlazování procesu. Nevýhodou časová náročnost při šroubení více dílů dohromady (po jednom šroubu). Je zapotřebí dobře vybalancovat linku a rozdělit šroubování na více pracovišť. Dražší z důvodu nutnosti použití šroubu jako přídavného materiálu.

B) Metoda tepelného svařování

Metoda používaná převážně ke spojení jednoho plastového dílu s vyvedeným trnem připraveným k roztavení a druhým dílem, ve kterém není možné nachystat proti geometrii k mechanickému zacvaknutí. Typickým příkladem je tepelné svaření desky plošného spoje s LED diodami k reflektoru. Výhodou je levnější metoda, jelikož nepoužíváme žádnou součástku navíc a možnost svařování více bodů najednou. Nevýhodou je dlouhá doba svařování, především z bezpečnostních důvodů musíme počkat, než tavicí patrona vychladne. Taky jednoúčelové přípravky a stroje pro tuto technologii jsou dražší (vhodné pro větší série s jistotou návratnosti) a svařování umožňují pouze menší díly.

C) Metoda mechanického nýtování

Metoda používaná převážně ke spojení jednoho kovového dílu s vyvedeným trnem připraveným k deformaci a druhým dílem, ve kterém není možné nachystat proti geometrii k mechanickému zacvaknutí. Typickým příkladem je mechanické nýtování desky plošného spoje s LED diodami k chladiči. Výhodou je levnější metoda, jelikož nepoužíváme žádnou součástku navíc a možnost nýtování více bodů najednou. Nevýhodou je úzká možnost vyžití, jelikož díly jsou převážně plastové. Taky jednoúčelové přípravky a stroje pro tuto technologii jsou dražší (vhodné pro větší série s jistotou návratnosti).

D) Metoda mechanického spojování

Nejčastěji používaná metoda spojování dvou dílů. Na jednom díle geometrie se zobáčkem nebo háčkem na druhém proti geometrie umožňující pohyb jedním směrem. Po zajetí (cvaknutí) nemožnost návratu. Tato metoda je používaná hojně z důvodu časové a finanční nenáročnosti. Velkou nevýhodou je její ne 100 % spolehlivost. Nutnost sekundárních kontrol zácvků a poměrně dlouhé doby odlazení montážního procesu, který navíc při rozměrové nestálosti může být narušen.

Podobně vytvořená může být i geometrie, kdy jeden díl zasadíme do druhého, k zamknutí pak dojde pomocí rotace dílu až o 90° . Tuto metodu můžeme považovat za jistý druh zácvaku.

E) Metoda vibračního svařování [30]

Principem vibračního svařování je pohyb jedné ze dvou spojovaných částí vodorovně s přitlakem proti druhé. Povrchové tření, které vzniká, vytváří teplo, které roztaví a spojí obě části. Ve srovnání s ultrazvukovým svařováním, vibrační svařování pracuje s nižšími frekvencemi, vyššími amplitudami a mnohem větší upínací silou. Elektromagnetické hlavy vibračních svářecích strojů jsou velice spolehlivé, nedochází u nich k opotřebením.

F) Metoda laserového svařování [30]

Při laserovém svařování jsou plasty svařeny prostřednictvím laseru (zostřeného světla). Laserové svařování se dělí na průchozí a konturové. Využíván je převážně diodový laser.

Průchozí laserové sváření:

Na absorpční plastový díl je pomocí přípravku zafixován transparentní díl. Laser prozáří transparentní materiál a nataví povrch absorpčního materiálu. Díky vedení tepla je natavena též dotyková plocha transparentního materiálu. Tento proces může být prostřednictvím laseru exaktně řízen a průběžně vyhodnocován.

Konturové laserové sváření:

Při konturovém laserovém svařování jsou proti sobě upnuty oba díly a laser je veden podél spoje, čímž nataví obě dotykové hrany. Pohyb laserového systému je ve většině případů zajištěn robotem.

G) Metoda aplikace C-pera

Metoda, při níž díly spojujeme pomocí C-pera, což je předepjatý plech tvaru C. Na dva díly nasadíme tento plech do předpřipravených geometrií tak, aby dobře držel. Výhodou je bezproblémová, naprosto spolehlivá montáž bez větší nutnosti odlazování procesu. Nevýhodou časová náročnost při nasazování (po jednom profilu). Je zapotřebí dobře vybalancovat linku a rozdělit nasazení na více pracovišť. Dražší z důvodu nutnosti použití C-pera jako přídatného materiálu. Podobné metodě šroubení, u šroubování je výhodou využití automatického šroubováku a možnost dostat se i do hůře přístupných lokalit pomocí magnetického bitu.

Samozřejmě to nejsou jediné využívané metody, pouze ty nejčastější. Zvláštní a samostatnou kategorií je spojování pouzdra a skla pomocí lepení a sponkování neboli tackerování (slouží do doby, než lepidlo vytvrdne, proto se používá dvojité metoda).

Jistým druhem spojení je i nasazení gumové krytky na díl, kde krytka drží samovolně díky tendenci gumy se smrštit a díky povrchovým vlastnostem guma-plast neklouže po povrchu pouzdra.

2.3 Složení a funkce světlometu

Poslední kapitolou před samotným seznámením s problematikou a návrhem montážního procesu je seznámení se s jednotlivými funkcemi světlometu, ať už hlavními nebo přídatnými a jejich sdružování nebo rozdělení na samostatné komory.

2.3.1 Popis složení jednotlivých světlometů

Halogenovým světlometem je vybaven stále největší počet funkčních vozidel. Tyto světlometry využívají jako zdroj světla halogenové žárovky fungující na principu průchodu elektrického proudu wolframovým vláknem, které je jeho účinky rozžhaveno. Žárovka je vyplněna plyny. Vláknem dálkového světla označujeme jako HB (high beam filament) a vláknem tlumeného jako LB (low beam filament). Nejčastějším typem použitých optických systémů u halogenových světlometů jsou reflektorové a projektorové se snadnou výměnou žárovky. Pro jednokomorové systémy se používá dvouvláknová žárovka. [10]



Obrázek 27: Projektorový a reflektorový typ halogenového světlometu [10]

Xenonové světlometry jsou označovány jako HID (High Intensity Discharge), v překladu výboj s vysokou intenzitou. Světlo vzniká při řízeném výboji v plynné náplni mezi dvěma elektrodami. K výboji je potřeba dosáhnout vysokého napětí v rozmezí 18000-30000 V, dále již světlomet pracuje při konstantním výkonu 25 nebo 35 W. Barva elektrického oblouku je ovlivněna složením použitého inertního plynu uvnitř výbojky. Klasické xenonové výbojky se používají jako potkávací světla, dálková funkce je pak zajištěna halogenovými žárovkami. Pokud jsou dálková i potkávací světla zajištěna xenonovými výbojkami, mluvíme o bi-xenonových světlometech. [10, 15]



Obrázek 28: Bi-xenonový jednokomorový světlomet [35]

Nedílnou součástí xenonových světlometů je elektrická řídicí jednotka a startér (součástí žárovky), které jsou potřeba ke správné funkci. Dále musí být světlomet vybaven ostřikovačem a automatickým nastavováním sklonu světlometu. Kvůli těmto součástem rapidně narůstá celková hmotnost i cena. U bi-xenonových modulů slouží k přepínání mezi potkávacími a dálkovými světly clonka ovládaná elektromagnetem, která mechanicky blokuje nebo propouští světelný paprsek.

U LED světlometů je zdrojem světla LED dioda fungující na principu polovodičových destiček přetvářejících elektrický proud přímo na světlo. Jedná se o velice efektivní výbojový světelný zdroj, který je nárazuvzdorný a vydrží nepřetržitě svítit až několik desítek tisíc hodin. Vzhledem ke svým malým rozměrům umožňuje variabilní design a díky malé energetické náročnosti je mnohonásobně úspornější oproti ostatním světelným zdrojům. Fungují ve stejných kombinacích jako halogenové světlometry, kdy žárovka je nahrazena deskou plošných spojů a chladičem pro odvod tepla. Vyrůstá tak nárok na místo ve světlometu a rovněž jeho váha. LED diody tedy mohou mít funkce rozděleny na potkávací a dálkovou funkci v samostatných reflektorech, sdruženy do Bi-LED modulu s dálkovou a potkávací funkcí nebo kombinací, kdy převážně dálková funkce je reflektorová a potkávací funkce projektorová s využitím mono-LED modulu.

U LED světlometů jsou tedy použity optické systémy reflektorové i projektorové, stejně jako u halogenových světlometů, ovšem s jedním velkým rozdílem. Vzhledem k dlouhé životnosti LED diod v kombinaci s nesnadnou vyměnitelností (LED jsou na rozdíl od žárovek šroubovány na chladič a ten k reflektoru) není možná jejich výměna (až na výjimky jako VW POLO, první světlomet se zajištěnou vyměnitelností LED systému).



Obrázek 29: Jednokomorový LED světlomet [10]

Oproti předešlým typům je u LED diod výhodou možnost snadného použití, jako přídatných funkcí, kdy je čočka vyrobena z plastu umístěna přímo na diodu, čímž odpadá nutnost použití reflektoru. Využívá speciálního tvarování, díky kterému dochází k usměrňování paprsků uvnitř čočky přímo z LED daným směrem a v požadovaném tvaru.



Obrázek 30: Flexibilní vodivý pás LED a ukázka jeho svícení ve světlometu [10]

Navíc LED diody nemusí být umístěny pouze na pevných deskách, ale na pružných Flexboard páscích, které umožňují poměrně široké možnosti tvarování, jako je tomu v tomto případě.

Další značnou výhodou je možnost využití světlovodů, které se používají pouze v kombinaci s LED diodami, protože LED diody dokáží jediné prosvítit celý světlovod tak, aby měl stejnou homogenitu světla po celé jeho délce. Navíc jsou dostatečně malé, aby mohl být světlovod umístěn do vhodné vzdálenosti před diody tak, aby pohltil většinu vyzářeného světla (1,5 mm před diodou).

Jeden světlovod pak může sloužit jako denní, poziční i změnová (blinkr) funkce zároveň, za předpokladu použití řídicí jednotky, která udává signál, jaká funkce má být kdy spuštěna a za předpokladu, že do světlovodu vstupuje bílé i oranžové světlo (dvě diody s jiným barevným spektrem vedle sebe u vstupu do světlovodu).



Obrázek 31: Svícení denní funkce světlovodu Škoda Kodiaq [1]

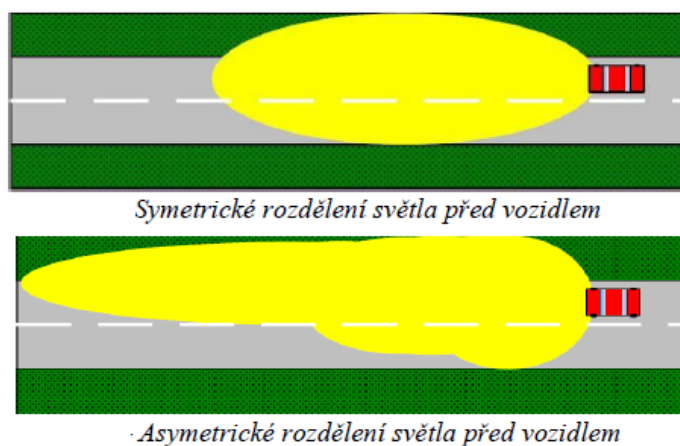
2.3.2 Popis funkcí světlometu

Tlumené/potkávací světlo

Cílem tlumených světel je poskytnout dostatečné osvětlení vozovky a zároveň potlačit oslnění protijedoucích řidičů. Geometrie svícení je dána mezinárodními předpisy, přejatými do národních podmínek provozu vozidel na pozemních komunikacích. Pro správné plnění účelu tlumených světel, musí být světla správně seřizena. Seřízení světel se provádí speciálním přístrojem v montážní lince, nebo s pomocí svislé stěny. V praxi se používají systémy tlumených světel odvozené ze dvou základních typů. Evropský systém se vyznačuje klopením světelného kužele tlumených světel směrem dolů a výrazným potlačením světelných paprsků v horní polovině světelného kužele. Existují možnosti: [16]

- **Symetrické tlumené světlo** – tento systém se používal v Evropě před zavedením asymetrického systému. Má vodorovné rozhraní potlačeného světla, souměrné vpravo i vlevo. [16, 17]
- **Asymetrický evropský systém** – je normalizován předpisy EHK OSN. [16, 17]

Americký systém se vyznačuje klopením tlumených světel šikmo dolů na stranu od protijedoucích vozidel. Tento systém lépe osvětluje, ale více oslňuje. [16, 17]



Obrázek 32: Rozdíl mezi systémy svícení potkávacího světla [17]

Jak již bylo zmíněno výše, dnešní světlomety s modulovým systémem a řídicí jednotkou, dokáží dle rychlosti jízdy vyhodnotit, kde se řidič právě nachází a podle toho spouštět jednotlivé módy svícení (základem jsou městský mód, meziměstský = klasické svícení a dálniční mód).



Obrázek 33: Rozdíl mezi klasickým a modifikovaným světlem [23]

Dálkové světlo

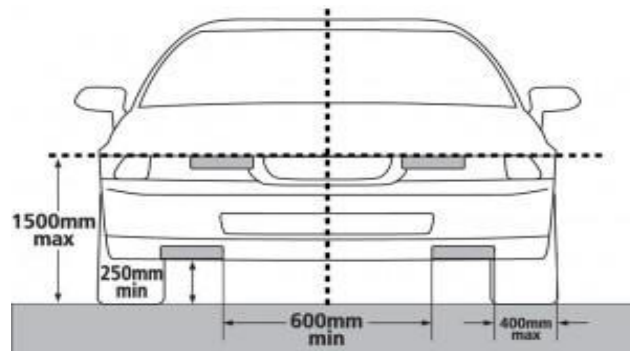
Dálkové světlomety mají za účel osvětlit vozovku před vozidlem alespoň do vzdálenosti 100 metrů, a umožnit tak řidiči jízdu vyšší rychlostí. Seřízení dálkových světel je prováděno pomocí stejných pomůcek jako u světel tlumených s rozdílem, že středy světelných kuželů bývají seřizovány na značky středů světlometů. Pokud jsou dálková světla v jednom reflektoru spolu s tlumenými kombinovaná, mělo by být zároveň se seřízením tlumeného světla automaticky seřízeno i světlo dálkové. Současně s dálkovými světly musí být v činnosti, taktéž jako u tlumených světel, i světla obrysová. Je-li vozidlo vybaveno více než jedním párem dálkových světlometů, může se jeden z nich natáčet směrem do zatáček v závislosti na úhlu natočení volantu, tzn. úhlu natočení kol. [19]

Při vypnutém motoru i světlech může řidič i tak ovládat ručně na pákách u volantu tzv. **světelnou houkačku nebo sirénu** (nejčastěji slouží k probliknutí protijedoucího řidiče z důvodu upozornění).

Denní světlo

Denní světlomety jsou určeny k osvětlení vozidla pouze za denního světla, kdy se užívají místo tlumených a obrysových světel. Tato světla se montují na předek vozidla, tudíž svítí

pouze směrem dopředu. Nesmí se používat na motocyklech, mopedech ani traktorech. Na základě evropské homologační známky a prostoru v českém zákoně o provozu na pozemních komunikacích, lze těmito světly dodatečně vybavit každé dvoustopé vozidlo. [16]



Obrázek 34: Vzdálenosti pro dodatečnou montáž světel pro denní svícení [24]

- Na jedno vozidlo se montuje jeden pár světel [24].
- Světla se umísťují ve vodorovné rovině ve výšce od 250 do 1 500 mm na přední část vozidla [24].
- Vzdálenost světel od bočního obrysu je maximálně 400 mm, a vzájemně mezi světly minimálně 600 mm (u vozidel s šířkou menší než 1 300 mm je povolena vzájemná vzdálenost 400 mm) [24].
- Světla se musí rozsvítit automaticky po nastartování motoru, a zhasnout po jeho vypnutí [24].
- Při rozsvícení světlometů musí světla pro denní svícení automaticky zhasnout. [24].

Pro denní svícení se používají téměř výhradně LED světla, a to i v halogenových světlometech. Rozptýlené světlo svým charakterem neoslňuje protijedoucí řidiče ani neosvětluje vozovku, ale v dostatečné míře zajišťuje podmínku, aby bylo vozidlo viděno ostatními účastníky silničního provozu. Díky světům LED má vozidlo nižší spotřebu elektrické energie o 130 až 180 W. Tato nižší spotřeba energie znamená hlavně nižší spotřebu paliva, což je u těchto světel velká výhoda. Díky tomu, že se během dne nepoužívají klasické potkávací světlomety, prodlouží se u nich životnost žárovek. Životnost samotných LED svítidel je udávána na 50 000 hodin. Světla jsou určena výhradně pro provoz za nesnížené viditelnosti. [19, 16]

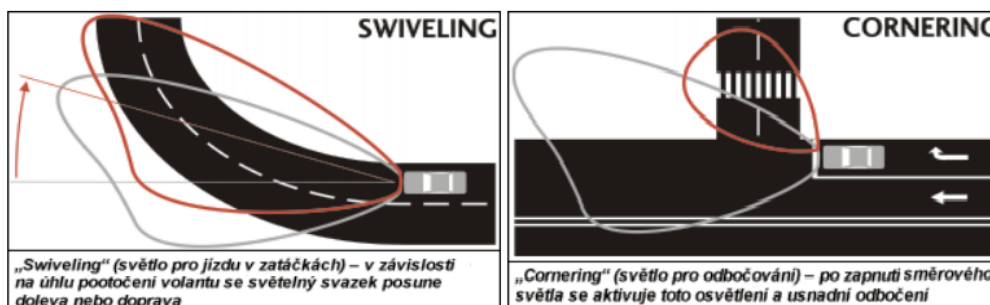
Zatáčkové světlo

Součástí adaptivních světlometů jsou zatáčková světla, která pomáhají osvětlovat místa ležící bokem ke směru jízdy vozu. Do tělesa světlometů je začleněn ještě jeden malý

reflektor mezi dálkovým a tlumeným světlem, který je zaměřený do strany a aktivuje se při odbočování či vyjíždění z přímého směru jízdy, a to při jízdě do rychlosti 40 km/h. Zatačková světla mají dosah asi 30 metrů, což znamená až o 90 % lepší osvětlení sekcí ležících bokem ke směru jízdy. Díky tomuto systému má řidič dokonale osvětlenou nejenom silnici před vozem, ale vidí dobře i do míst, kam hodlá zatočit. Může tedy včas zareagovat na případné nečekané překážky. Nejedná se odbočovací světla (corner), ty přisvěcují ve směru, kam automobil odbočuje. Rozdíl si ukážeme na obrázku níže. [15]

Mlhové světlo s funkcí odbočovacího světla (corner)

Přední mlhová světla nejsou povinná, trendem poslední doby je nutnost přikoupit si světla nad rámec základního balení. Tato technologie bývá používána právě u předních světel osobních vozidel. Systém monitoruje úhel natočení volantu a rychlost vozidla. V závislosti na směru a úhlu natočení volantu bývá aktivován levý nebo pravý světlomet do mlhy. Světlomet do mlhy osvětí prostor vedle vozidla v úhlu asi 60°. Mlhový světlomet je umístěn nejméně 250 mm a nejvýše 900 mm nad vozovkou. Tato funkce je aktivní až do rychlosti 40 km/h, pak se automaticky vypne. Výhodou této technologie je, že zvyšuje aktivní bezpečnost vozidla a to, že lze dříve zahlédnout chodce či jiné překážky na vozovce. Při spuštění během mlhy slouží k podsvícení mlhy za špatné viditelnosti, proto umístění blízko vozovce. [16, 20]



Obrázek 35: Rozdíl mezi zatačkovým a odbočovacím světlem [31]

Směrová/blinkrová světla

Světlo, kterým se dává znamení o změně směru jízdy. Původně se používaly sklápěcí mechanické směrovky, v moderní době se používají svítlny vydávající přerušované oranžové světlo a umístěné zejména u rohů vozidel, případně též na bočních stranách vozidel, na zadní straně zpětných zrcátek atd. Přerušované světelné ukazatele směru se nazývají směrová světla, lidově blinkry. [18]

Čím dál častěji se sdružují do funkce s denním a pozičním světlem a jsou použity formou světlovodů, které buď přerušovaně blikají po celém obvodu, nebo postupně “nabíhají “ od začátku světlovodu do jeho konce pro lepší efekt. V tomto případě nelze použít pouze jeden zdroj LED diod, které vyzáří světlo do světlovodu, ale rozdělit světlovod

na segmenty, kdy každý ovládá samostatný zdroj a tyto zdroje postupně zhasí nebo mít ve světlovodu řetězec diod, které budou jedna po druhé zhasínat.

V případě sdružení funkcí, dle nařízení EU musí při zapnutém denní svícení a použití blinkru vypadat situace následovně. Jeden ze světlometů stále setrvává na denním svícení a druhý při přechodu na blinkr musí zhasnout denní svícení, a to i v době, kdy blinkr v přerušované sekvenci nesvítí. Tím pádem nám svítí jeden světlomet denním svícením a druhý přerušovaně směrovou funkcí a vůbec, a to po dobu aktivní směrové funkce. Po změně směru a deaktivaci se opět automaticky rozsvítí denní funkce i u daného světlometu.

Při poruše nebo tam, kde se vozidlo stává potenciální překážkou, spouštíme všechny směrové funkce záraz – **varovná neboli výstražná světla**.

Obrysová/parkovací/poziční světla

Obrysová (po staru parkovací) neboli poziční světla slouží k označení obrysů vozidla, aby bylo viditelné, především v noci kde je bok, zadek a předek automobilu. Při objíždění a předjíždění se rozezná hrana auta, např. když jede v noci kamion, rozeznáme jej dle obrysových světel, protože je jimi potažen celý návěs a všechny (důležité) hrany a rohy. Zapnutí jen obrysových světel samostatně se provádí na parkovacím místě (když se čeká pár minut) a při tažení na laně (pokud jsem tažen, abych nesvítit tlumeným světlem do zpětných zrcátek). [15]

U halogenových světlometů je poziční žárovka samostatná v dálkovém reflektoru. U LED světlometů při využití stejného reflektoru nebo světlovodu se poziční svícení nastavuje jako 10 % intenzity denního svícení, kdy LED diody přes řídicí jednotku dostávají pokyn k poklesu intenzity.

Toto jsou základní a nejčastější světelné funkce u světlometů v dnešní době. Samozřejmě existují další specifické funkce, které se přidávají na přání zákazníka, jako jeden z příkladů uvedme **Prefield neboli předpolí**. Kdy zákazník požaduje osvětlení prostoru mezi světlometem a paprsky tlumené funkce dopadajícími na vozovku.



Obrázek 36: Ukázka předpolí

Takovéto přídatné funkce nepatří mezi běžné, tento příklad pouze demonstruje, že funkcí může mít světlomet opravdu spoustu nejen dle potřeby a nutnosti norem, ale i dle přání a zadání zákazníka.

3 Montážní linka a její představení

Než se začne se samotným návrhem montážní linky dle zadání, představme si pár pravidel, dle kterých se návrh řídí a je třeba jej dodržovat. Stejně tak bude ve stručnosti nastíněno, jak celý proces návrhu funguje a postupuje.

Je důležité si uvědomit, že sériová výroba v automobilovém průmyslu je jednou z nejvytíženějších a doslova každá vteřina přináší firmě zisky nebo naopak ztrátu. Všechny výrobní linky je potřeba využít co nejefektivněji.

3.1 Pravidla platná při návrhu linky

Základním pravidlem při návrhu linky je počítat s možností outourcingu lehkých, převážně prvních montážních operací, mimo firmu. Získá se tak více prostoru v lince samotné, bude zapotřebí menší počet pracovníků i prostoru pro materiál. Výsledný polotovár se nakoupí za nižší náklady, než by se vynaložili na výrobu, což znamená i finanční úsporu. Nevýhoda může nastat ve složitější logistice a pomalé reakční době v případě výskytu problémů s montáží. [34]

Při návrhu linky vycházíme z metodiky **štíhlé výroby** či lean manufacturing, to je metodika, kterou vyvinula firma Toyota po 2. světové válce. Jedná se o přístup k výrobě způsobem, kdy se producent snaží uspokojit v maximální míře zákaznickou požadavky tím, že bude vyrábět jen to, co zákazník požaduje. Snaží se vytvářet produkty v co možná nejkratší době a pokud možno s minimálními náklady, bez ztráty kvality nebo na úkor zákazníka. Dosáhne toho minimalizací plýtvání. [34]

Tato metodika se snaží řídit heslem "naš zákazník, náš pán". Její princip spočívá v náhledu na rovnici zisku, a to následujícím způsobem:

$$\text{Náklady} + \text{Zisk} = \text{Cena}$$

a mění na:

$$\text{Cena} - \text{Náklady} = \text{Zisk}$$

Změna rovnice dle filozofie této metodiky by měla způsobit, že **zákazník neplatí chyby a náklady firmy, jako v první rovnici.** [34]

Druhy plýtvání, které odstraňuje metodika lean manufacturing: [34]

- Velké zásoby - ve skladech nebo i ve výrobě je větší množství materiálu, než je ve skutečnosti potřeba.
- Čekání - doby prostoju způsobených čekáním na práci, čekání na dodání materiálu, nástrojů.

- Nadbytečná výroba - výroba produktů, jež nemají zákazníka, tj. odběratele tzn., vyrábí se na sklad.
- Kontrola kvality - kvalita se musí kontrolovat na konci procesu, místo aby její tvorba byla přímo do něj zabudována.
- Opravy a přepracování.
- Neefektivní pohyby a manipulace - více a delších pohybů, než je pro práci na produktu potřeba.
- Zbytečná manipulace s materiálem - pohyb materiálu mezi sklady a procesy
- Nevyužitá kreativita pracovníků.

Používané ukazatele, nástroje a techniky

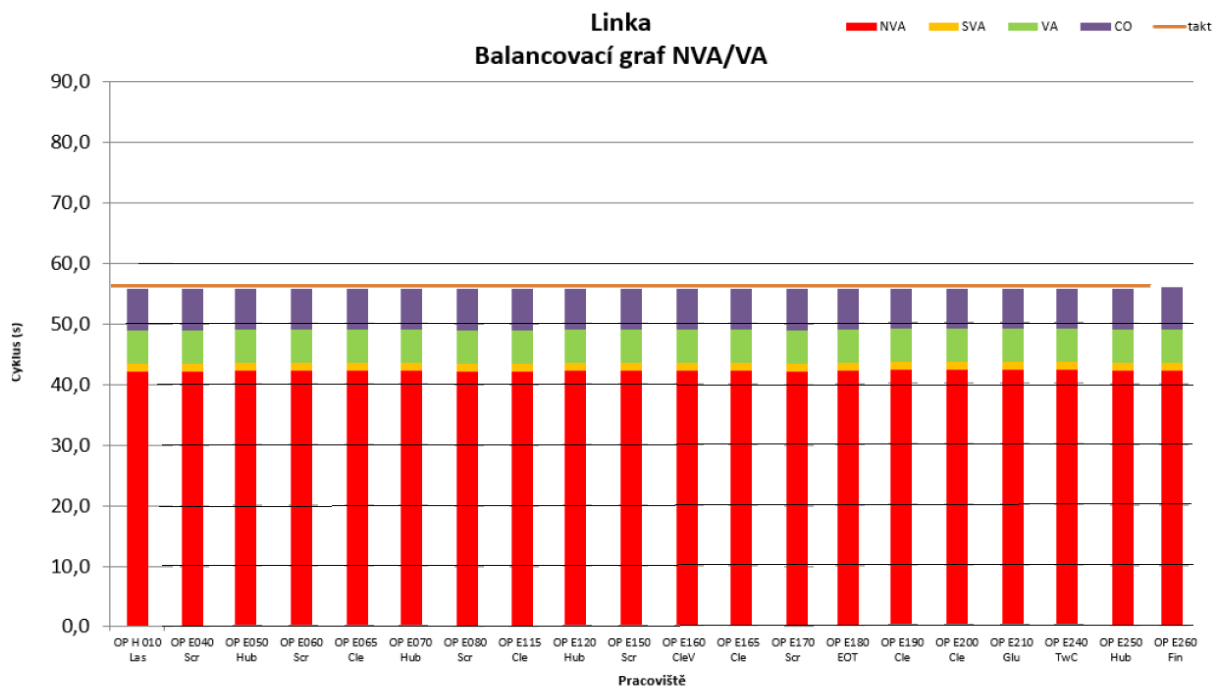
1) Cycle time / takt time

Na jeho základě se počítá kapacitní vytížení, potřeby počtu směn, pracovníků, případně potřeba duplicitních linek nebo strojů.

Takt time každého pracoviště se skládá ze strojního a ručního času. Strojní čas (SČ) je čas, kdy pracuje stroj a pracovník může vykonávat jinou práci. Ruční čas (RČ) je čas, který vykonává pracovník manuálně, většinou předtím, než spouští stroj a nabíhá strojní čas.

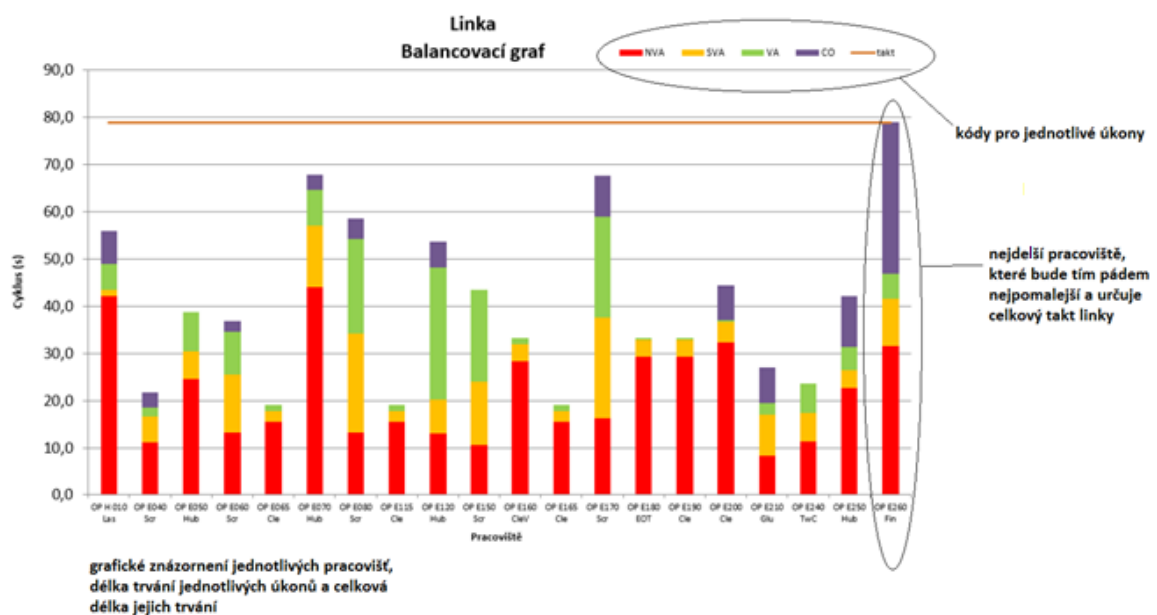
$$\mathbf{SČ + RČ = takt\ time}$$

Pro každé pracoviště se musí určit takt time již v návrhu montáže, a to ideálně tak, aby se dostalo rovnoměrného rozložení časů, nejlépe se stejným takt time na každém pracovišti (všechny sloupce stejně vysoké), což je samozřejmě nemožný a idealizovaný případ.



Graf 1: Ideální případ balancování montážních pracovišť

Reálný případ vypadá takto:



Graf 2: Reálný případ balancování montážních pracovišť

Pokud se ubere čas z nejvyššího sloupce, musí se samozřejmě stejný díl přidat k jinému pracovišti (sloupci), a dosáhnout tím snížení času nejpomalejšího pracoviště, přičemž se zajistí plynulejší výroba, zrychlení linky a zvýšení výrobních kapacit.

Tento proces se nazývá balancováním linky, kdy se jednotlivé operace rozpadnou na každý jednotlivý pohyb, který operátor při procesu na dané montážní operaci provede. V případě potřeby se snaží k operaci přidat nebo z ní odebrat úkon, dle aktuální situace, možností a potřeby až se dosáhne maximálního možného vybalancování linky. Tohoto rozpadu se dosáhne pomocí MTM analýzy, která slouží pro pozdější stanovení normy v sériovém procesu.

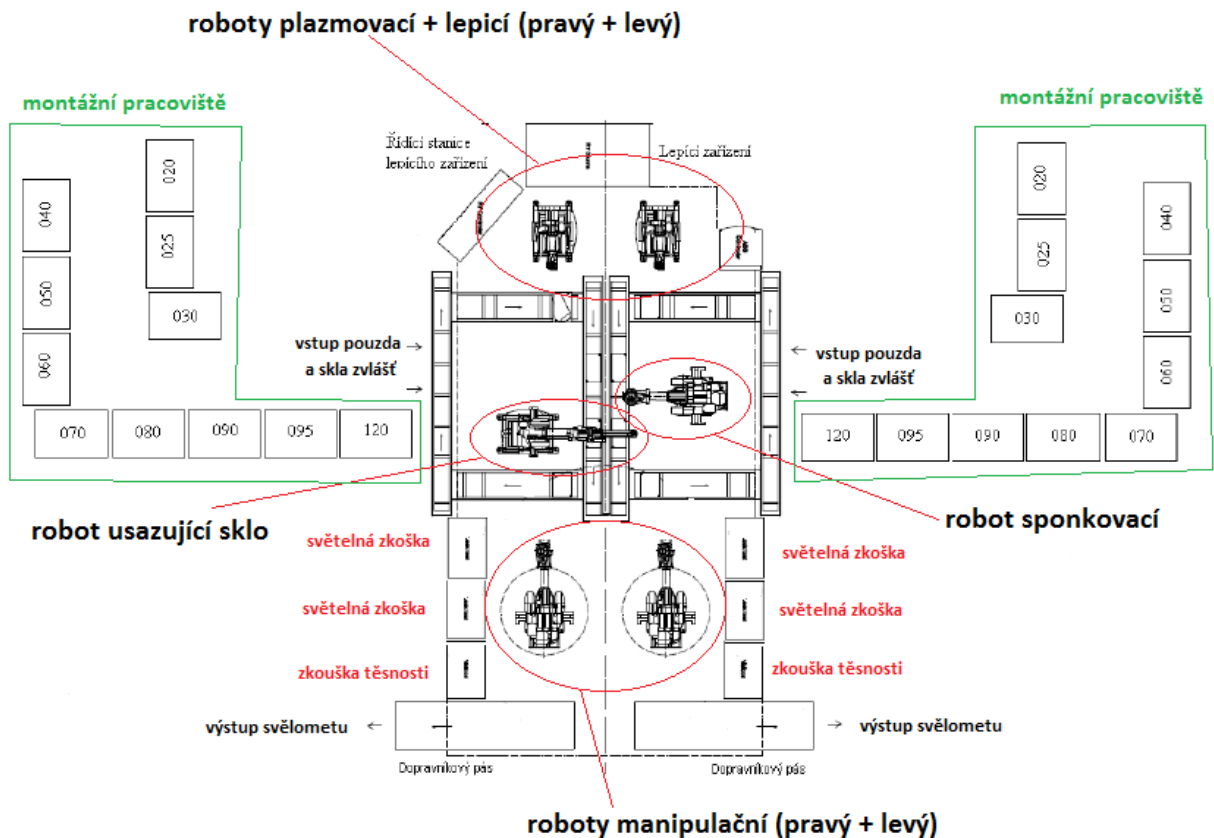
ANALYSIS MTM FORM B										SUMA			
Code:	E060											36,8	
Description:	Main assembly – Housing gr + DRL/PO heatsink gr.											založit pouzdro	3,9
Date:												založit sk. chladiče	4,2
Created by:												vizuální kontrola	2,1
												šrobování 2ks	14,2
												nakontaktování	2,9
												odložit pouzdro	6,7
												práce s obaly	2,7
Starts:	Step aside for housing and back									V	9,0		
Includes:										S	12,3		
Ends:										N	13,3		
										C	2,1		
Basic Time (tb)										Suma	36,8	tg (min /100 pc.)	57,3
Time per Unit (tu)												te (min /100 pc.)	61,3
TMU	0,0006 min											te (sec /1 pc.)	36,8
No.	Description	Code	TMU	Quantity	Frequency	Total Basic t. (tg)	Total Basic t. (tg)	sec/pc	VA / NVA	sekvence			
ASSEMBLY (min/100pc)						Time without allowance:	53,1	T. with allowance 7%:	56,8				
1	Step aside for housing and back	KA	25	2	1	3,00 min/100pc	1,80 sec/pc	N		založit pouzdro			
2	G+P housing to fixture	AJ1	40	1	1	2,40 min/100pc	1,44 sec/pc	S		založit pouzdro			
3	Place housing to fixture	PA1	10	1	1	0,60 min/100pc	0,36 sec/pc	V		založit pouzdro			
4	Step aside for heatsink DRL/PO group and back	KA	25	2	1	3,00 min/100pc	1,80 sec/pc	N		založit sk. chladiče			
5	G+P heatsink DRL/PO group	AA1	20	1	1	1,20 min/100pc	0,72 sec/pc	S		založit sk. chladiče			
6	Visual control	PTBSE	27,8	2	1	3,34 min/100pc	2,00 sec/pc	C		vizuální kontrola			
7	Place DRL/PO group to housing	PB2	30	1	1	1,80 min/100pc	1,08 sec/pc	S		založit sk. chladiče			
8	Place DRL/PO group to housing, 2nd position	PA1	10	1	1	0,60 min/100pc	0,36 sec/pc	V		založit sk. chladiče			
9	Use screwdriver	HA2	45	1	1	2,70 min/100pc	1,62 sec/pc	S		šrobování 2ks			
10	1st screw to screwdriver	AF1	40	1	1	2,40 min/100pc	1,44 sec/pc	S		šrobování 2ks			
11	2nd screw to screwdriver	PC1	30	1	1	1,80 min/100pc	1,08 sec/pc	S		šrobování 2ks			
12	Screwdriver with screw to part	PC1	30	2	1	3,60 min/100pc	2,16 sec/pc	S		šrobování 2ks			
13	Screwing	PTBSE	27,8	2	3,5	11,68 min/100pc	7,01 sec/pc	V		šrobování 2ks			
14	Contacting of group	AC2	55	1	1	3,30 min/100pc	1,98 sec/pc	S		nakontaktování			
15	Press to contacting (?)	ZD	20	1	1	1,20 min/100pc	0,72 sec/pc	V		nakontaktování			
16	Unload on shelf	AH1	25	1	1	1,50 min/100pc	0,90 sec/pc	N		odložit pouzdro			
17	Walk to OP 70 and back	KA	25	6	1	9,00 min/100pc	5,40 sec/pc	N		odložit pouzdro			
AUX. TIME (min/100pc)						Time without allowance:	4,2	T. with allowance 7%:	4,5				
18	Odhad aux	PTBSE	27,8	2,5	1	4,17 min/100pc	2,50 sec/pc	N		práce s obaly			

Obrázek 37: Příklad rozdělení pracovní operace na jednotlivé úkony

Montážní linka se skládá z pracovišť montáže, ty jsou složeny ze strojů, na kterých výroba probíhá a jsou pevně rozestavěné (layout) a montážních jednoúčelových přípravků, které jsou ve strojích výměnné (při změně varianty výroby nebo změně projektu v případě, že na lince je více než jeden projekt). Jejich počet je dán složitostí světlotmetu. Po složení světlotmetu následuje proces lepení, kdy dojde ke spojení hotové skupiny pouzdra a všech komponent, které do něj vkládáme na montážních pracovištích s krycím sklem. Tento proces je proveden vždy roboticky, a to především proto, že sklo a pouzdro vytvoří celek, který má určité rozměry dané zákazníkem z důvodu zástavbovosti světlotmetu do karoserie (tolerance 1 mm).

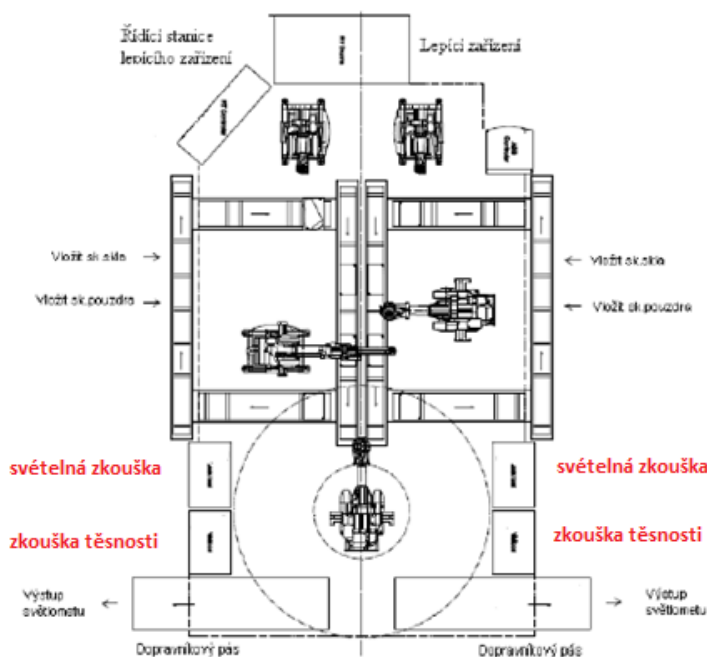
Pouzdro vjede do automatizované lepicí klece, kde je nanášeno do drážky lepidlo, ovšem předtím je skrze přilnavost lepidla drážka optimalizována. Následuje uchycení skla robotem, ofuk skla ionizovaným vzduchem kvůli volným nečistotám, které se jednak vyfoukají a ionizace pak zajistí, že se na povrch další nečistoty nezačnou a poté následuje samotné založení skla do drážky pouzdra s lepidlem. Po slepení další robot

nyní už celý světlozet zasponkuje. Manipulační robot světlozet založí postupně do automatizovaných pracovišť, kde probíhá světelná kontrola a seřízení světlozeta, následovaná zkouškou těsnosti světlozeta. Jelikož při těchto dvou zkouškách není zapotřebí žádný ruční zásah, mohou být stroje součástí automatizované lepicí jednotky. Po proběhnutí zkoušek odkládá robot světlozet na pás pro finální kontrolu obsluhou.



Obrázek 38: Zobrazení layoutu montážní linky s popisem základních částí

V lepicí kleci jsou stroje na světelné zkoušky duplikovány z důvodu časové náročnosti, kdy hlavně u moderních LED světlozetů docházelo k tomu, že světelná zkouška trvala příliš dlouho z důvodu složitosti nastavení a velkého počtu kontrolovaných funkcí. Dříve vypadaly lepicí klece následovně.



Obrázek 39: Popis lepicí klece

Světelná zkouška byla v lepicí kleci obsažena pouze jednou a manipulační robot stačil také pouze jeden. Tyto 5 robotové linky postupně nahradily linky 6 robotové. Touto problematikou se ve své práci zabýval i Bc. Miroslav Jáně.

Takt time světelných zkoušek v 6 robotové kleci tím pádem klesá na poloviční hodnotu. Aby se dosáhlo maximálního využití montážní linky, musí se montážní proces navrhnut tak, aby nejdelší operací byla jedna z činností robotického cyklu. Po přechodu na 6 robotové lepicí klece to tedy již není cyklus manipulační s testováním světlometů, ale cyklus lepicí.

Linka se tedy musí vybalancovat tak, že:

- 1) nejdelší takt time – tzv. bottleneck bude na operaci lepení světlometu,**
- 2) ostatní pracoviště budou mít takt time kratší než lepicí cyklus a skrz plynulost výroby co nejméně rozdílný mezi sebou.**

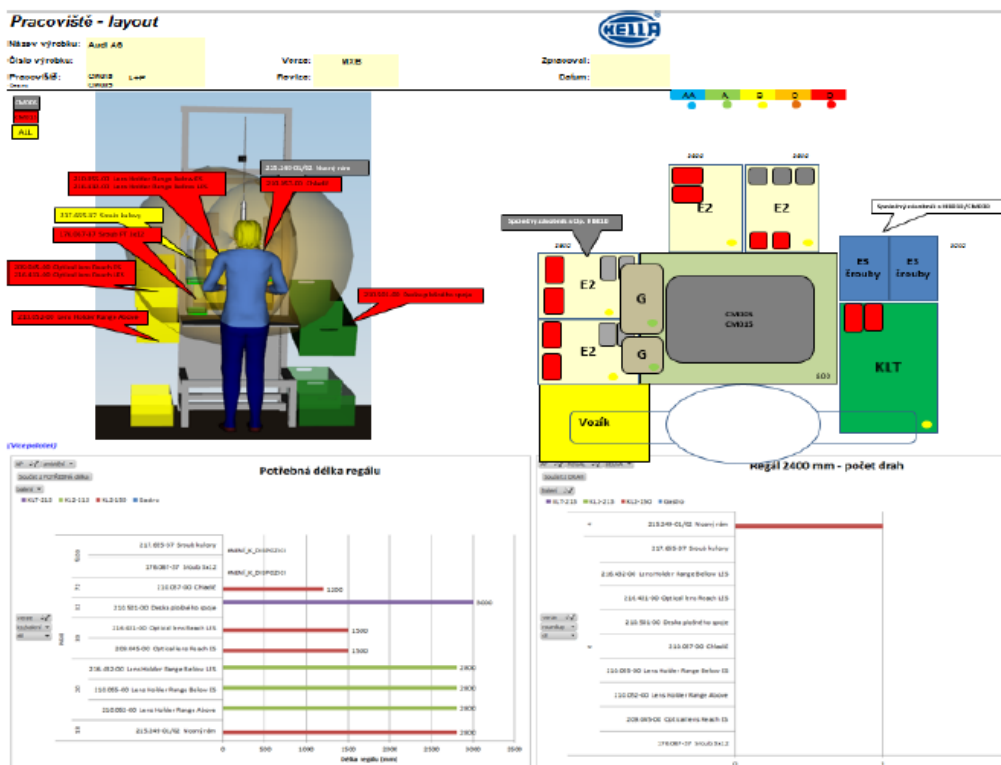
Pokud se splní tyto dva body, je zajištěna nejvyšší možná efektivita montážní linky. V opačném případě za předpokladu, že další balancování již není možné, přidá se pracovní operace a rozdělí se tak jednu dlouhou a dvě kratší.

2) Golden zones a strike zones

Jsou nezbytnou součástí při balancování linky. Balancování totiž nespočívá pouze v rozložení úkonů mezi pracovišti, ale i v přiřazení přesného času k těmto úkonům.

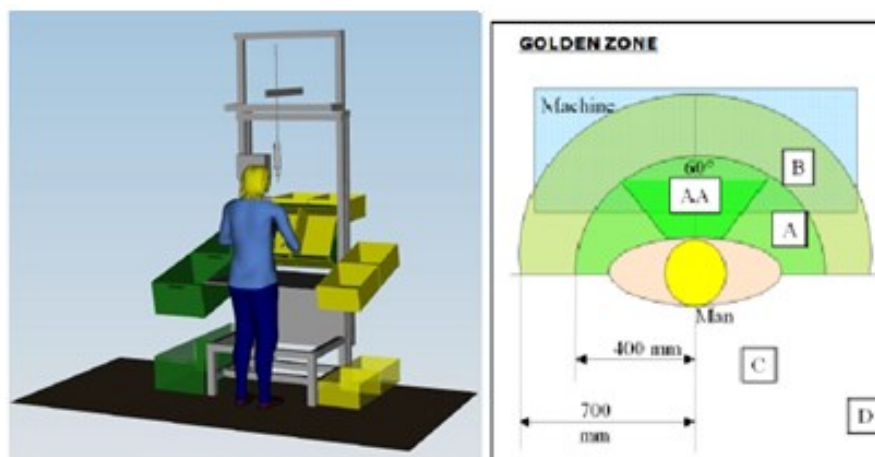
Aby se mohlo docílit při balancování procesu co nejpřesnějšího rozpadu jednotlivých montážních úkonů, a tím se získat co nejpřesnějších časů, musí se každému pracovišti

navrhnout vlastní mikrolayout, kde se rozvrhne všechen vstupující materiál na dané pracoviště a určí se, v jaké vzdálenosti od pracovníka se bude materiál nacházet. Stejně jako jednotlivé úkony se může i materiál na pracovišti přesouvat, a to i např. s ohledem, zda je možno vyhovět pravákům i levákům tak, aby pro ně byla montáž co nejsnazší.



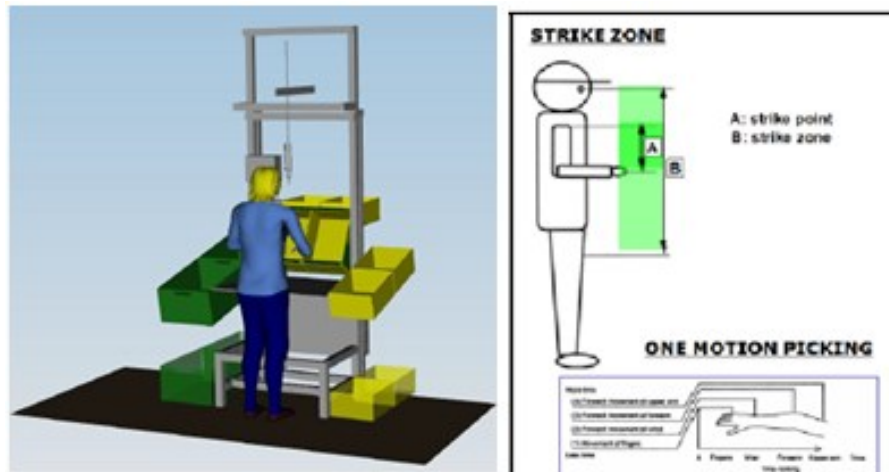
Obrázek 40: Ukázka simulace mikrolayoutu [5]

Dle zóny dosahu materiálu od obsluhy pak přiřazujeme v MTM analýze časy úkonů. Každá zóna má automaticky přiřazen čas, který je nezbytný pro odebrání materiálu. Prioritou je dosažení zlaté zóny AA a A. Zóna B je přijatelná, zóny C a D pouze pokud není možné jiné řešení.



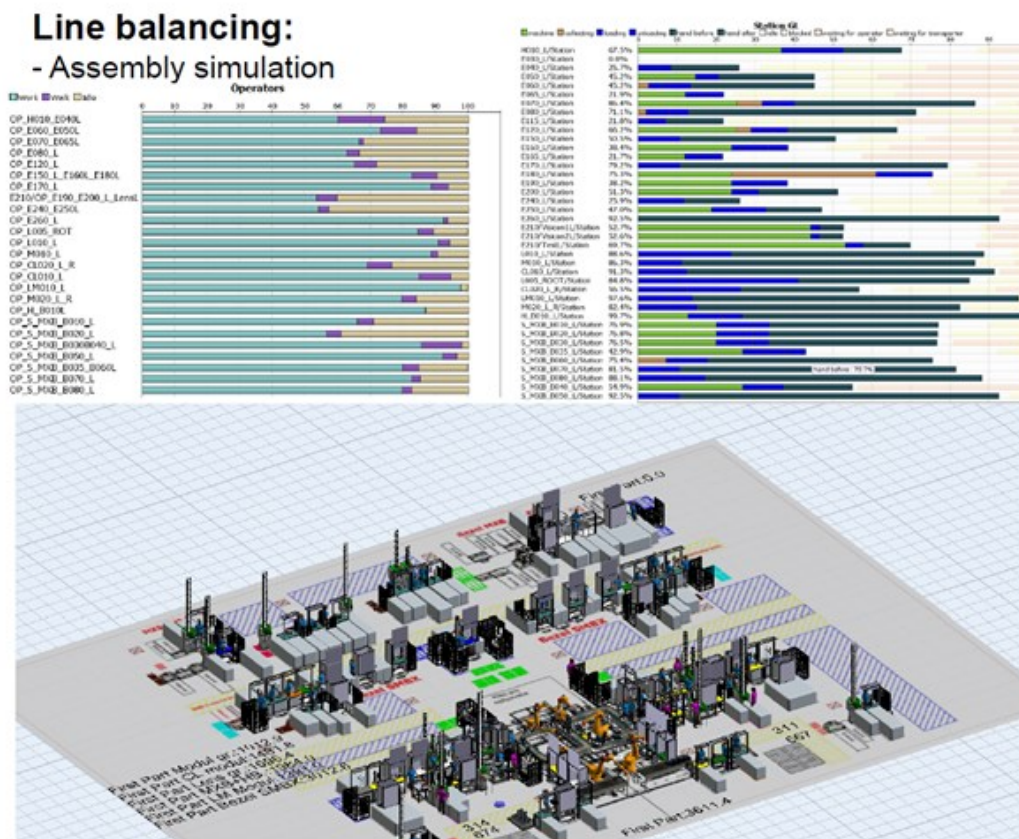
Obrázek 41: Simulace rozložení zlatých zón [5]

Podobnou úlohu jako dosah materiálu hraje i ergonomie pracovišť. I zde musí pracoviště splňovat z důvodu dlouhodobého pohodlí pracovníka zóny, ve kterých operátor s díly manipuluje.



Obrázek 42: Simulace ergonomie [5]

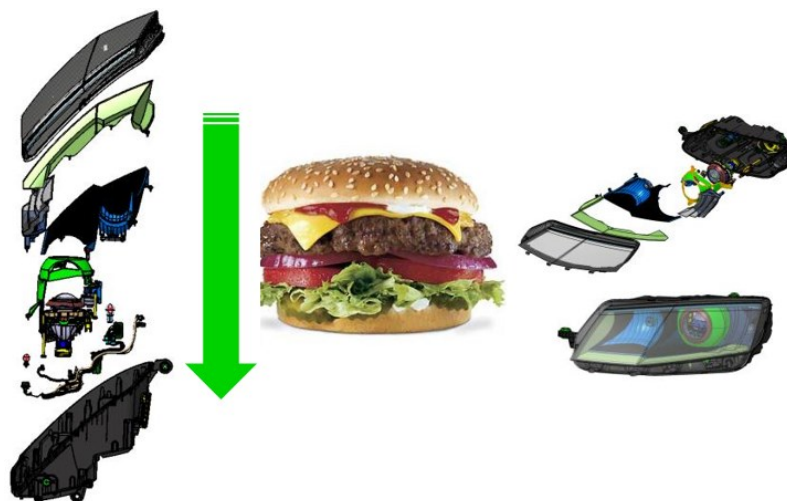
Vybalancování linky se dosáhne pomocí simulačních procesů, které rovněž určí, kolik operátorů bude zapotřebí pro plynulou výrobu dle nastaveného taktu timu výroby. Tato simulace by měla odpovídat výsledku, kterého se dosáhne po nastavení normy v sériovém procesu.



Obrázek 43: Simulace balancování montážní linky [5]

3) Snaha o „sandwich“ systém montáže

Spočívá ve snaze navrhnout montáž tak, aby se na sebe jednotlivé díly vrstvily postupně v jedné ose montáže. Minimalizace přetáčení dílů ve více osách.



Obrázek 44. Princip sandwichové montáže světlometu [1]

4) Dodržovat ESD standardy

ESD - Electro Static Discharge (elektrostatický výboj) Přenos náboje mezi tělesy o různých elektrostatických potenciálech, který byl vyvolaný přímým kontaktem nebo indukovaný elektrostatickým polem. **Elektrostatický náboj vzniká kontaktem a třením dvou rozdílných látek (rozdíl potenciálů). Při slabě vodivých nebo izolačních materiálech může vzniknout elektrostatický náboj při oddělení, tření nebo technickém zpracování.**



Obě tělesa zůstávají el. stat. nabitě (každé s jinou polaritou)

Obrázek 45: Princip nabití materiálu vodivým nábojem [5]

Při vodivých materiálech nevzniká při oddělení žádný náboj. K výboji může dojít prostřednictvím osoby nebo objektu. Může dojít k částečnému poškození součástky (zkrácení životnosti, chybná funkce) nebo úplnému zničení (prerušení vodivé cesty). Tato problematika se týká ESDS součástek - Electro Static Discharge Sensitive device

(součástka citlivá na elektrostatický výboj). Patří sem především integrované obvody, polovodičové součástky, rezistory, hybridní součástky, desky s plošnými spoji, LED diody.

Ochranná opatření pro tyto součástky jsou:

- Interní ESD ochranná opatření (přidání ochranných prvků přímo do ESDS - neposkytuje uspokojující ochranu vůči ESD poškození).
- Externí ESD ochranná opatření
 - osobní ESD ochranné opatření (ESD oděv)
 - technologické ESD ochranné opatření
 - tryskou foukaný proud ionizovaného vzduchu namířený na ESDS součástku na každém pracovišti, kde dochází k její montáži do světlometu,
 - přípravky, stroje a odkladové prostory v montážní lince musí být z vodivého materiálu nebo řádně uzemněny.
 - organizační ESD ochranné opatření,
 - ESD turnikety zabraňující vstupu bez ESD ochrany do prostor výroby,
 - EPA - Electro Static Discharge Protected Area (oblast chráněná před účinky el. – statického výboje) prostory montážní linky.

ESD ochrana, je popsána kvůli předešlé poznámce o možnosti outsourcingu části výroby. Outsourcing je možný pouze po první ESDS součástku montovanou do světlometu z důvodu velmi přísných pravidel na ESD. Jakákoliv vstupující ESDS součástka je montována pouze na hlavní výrobní lince.

5) Poka-joke [34]

Je japonský výraz, česky: zabraňování pochybení. Poka-joke je systém, který se stará o minimalizaci neúmyslných chyb, chyb z nepozornosti, tzn., že průběh výroby je uzpůsoben tak, aby bylo možné jednu výrobní operaci provést pouze jedním způsobem. V praxi to znamená nastavit operace tak, aby dělník nemohl v sériové výrobě pochybit. Podle systému Poka-joke jsou to například různé zástrčky a konektory vhodně barevně a především tvarově odlišeny, tudíž jednu zástrčku mohou zasunout pouze do příslušné zásuvky, a to pouze jedním správným směrem. Systém Poka-joke dělá výrobní operace chybuvedornými.

Navržení Poka-joke je velmi důležité již ve fázi vývoje tak, aby bylo možné jej zakomponovat do přípravku nebo tvaru dílce před jeho samotnou výrobou

(v 3D datech), v takovém případě je cena a čas zlomkem ceny v případě implementace Pokajoke až při sériové výrobě.

Výše uvedené body se nejvíce dotýkají návrhu linky a přípravků. Následující zmíněné nástroje jsou globálně používané standardy ve výrobním procesu pro dokreslení chodu výrobní linky.

6) 5S [34]

Je termín používaný v managementu a v principech štihlého řízení. Je používán jako označení pro 5 základních pravidel, kterými by se měla řídit organizace usilující o zavedení štihlé, přehledné a čisté výroby.

Seiri – Rozděl - Projít a zkontrolovat pracoviště a vytřídit nepotřebné položky.

Seiton – Setříd' - Označení položek používaných při výrobě rozumným číslem nebo názvem.

Seiso – Uspořádej - Logické uspořádání položek, používaných při výrobě podle toho, jak následují v postupném procesu výroby.

Seiketsu – Zdokumentuj – Zdokumentovat a standardizovat veškeré postupy.

Shitsuke - Dodržuj - Systematizovat a dodržovat zjištěné postupy a plány.

7) 5x Proč [34]

Je metoda zjištění skutečné základní příčiny, nejčastěji vady výrobku, defektu zařízení atd. Rozpoznání základní příčiny je nezbytným předpokladem k jejímu odstranění a tím k odstranění jejích nežádoucích důsledků. Odstraněním ne-základní příčiny nelze vyřešit problém beze zbytku, v takových případech dochází k opakování nežádoucího stavu, defektu apod. A právě opakování defektu bývá často signálem o tom, že odstraněná příčina nebyla právě ta základní, pomineme-li nedůslednost, selhání a jiné další možné faktory. Metoda se provádí pomocí zřetězení kladení otázky "Proč?" pětkrát za sebou. Praxe ukázala, že pět za sebou zřetězených otázek stačí k odfiltrování indukovaných, zdánlivých, ale hlavně nezákladních příčin.

8) Just in Time [34]

Termín pro přístup k výrobě, který umožňuje podniku vyrábět výrobky v určeném množství a určeném čase dle požadavků zákazníka. Někdy se v češtině užívá ekvivalentu „právě včas“. Princip Just in Time nepředstavuje uzavřený soubor jasně definovaných metod, pravidel a postupů, ale jedná se spíše o filozofii, která musí být dotvářena v souladu s charakteristickými podmínkami daného podniku. Jedná

se o nejnámější logistickou technologii, metodu zvyšující produktivitu práce, kde jako hlavní faktor vystupuje čas, změna ve výrobních systémech se opírá o myšlenku slučitelnosti rychlosti s přizpůsobivostí reakce na změny. Vedle snahy o minimalizaci pohybu materiálu ve skladech je zde uplatňován princip řízení výrobního procesu tak, že vše je řízeno aktuální potřebou.

Just in time je tedy strategie držení zásob, která napomáhá zlepšit návratnost investic tím, že redukuje nadbytečné zásoby, které by jinak bylo nezbytné držet. Tím jsou snižovány i náklady, které jsou s držetím zásob spojené. Celý proces je řízen pomocí signálů, které například mohou startovat výrobu dalšího dílu ve výrobní lince. Většinou se jedná o jednoduché signály, které mohou spočívat třeba v nedostatku daného dílu na skladě. V případě, že je tato strategie správně implementována, může vést ke značným zlepšením v podobě návratnosti investic, kvality a efektivnosti výroby či prodeje. Nové zboží je objednáno ve chvíli, kdy množství zboží na skladě dosáhne předem stanovené hladiny. Tento přístup šetří prostory a peníze. Hlavní nevýhodou je, že hladina pro objednání je tvořena na základě historické poptávky. V případě, že aktuální poptávka výrazně převyšuje historické údaje, tak může dojít k vyčerpání zásob. V posledních letech se jako nejlepší strategie určení hladiny zásob jeví držení 13 týdenní spotřeby.

9) Kaizen [32, 33]

Odkazuje na filozofii či postupy při zlepšování procesů ve výrobě, a to zejména řízení podniků. Podstata pojmu KAIZEN jednoduše znamená neustálé zlepšování. Japonští manažeři obecně tvrdí, že na prvním místě není zisk ale kvalita, jelikož pokud se postaráte o kvalitu, tak zisk se zákonitě dostaví.

Pokud se chce začít se zlepšováním, tak patrně nejjednodušším způsobem je hledání, identifikování a odstranění plýtvání disponibilních zdrojů a času. V KAIZEN se plýtvání označuje slovem MUDA, které nám umožňuje identifikovat ztráty ve výrobním procesu, které nepřidávají hodnotu do výsledného produktu či služby.

7 základních MUDA (plýtvání) ve výrobním procesu:

- čekání
- zásoby
- transport
- nevhodné výrobky
- chyby ve výrobě
- nadprodukce

- zbytečné pohyby

Pokud se dokáže nalézt ve výrobním procesu MUDA, tak jsme objeví i možnost snížit náklady, což umožní zvýšit zisk.

10) FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) [34, 29]

Je metoda používaná zejména v předvýrobních etapách na preventivní odstranění možných závad a chyb. Tato metoda pomáhá identifikovat nejkritičtější a nejpravděpodobnější chyby ve výrobku nebo v procesu. Metoda FMEA umožňuje rozeznat v různých fázích návrhu výrobků nebo procesů co nejdříve možnosti vzniku poruch, určit jejich možné následky, ohodnotit rizika a bezpečně jim předejít. Použité druhy FMEA spolu souvisí a vycházejí jeden z druhého.

Cílem FMEA je již v předvýrobních etapách vypracování podrobného rozboru celého výrobku z hlediska jeho poruchovosti a případných nápravných opatření již ve stadiu konstrukce a technické přípravy výroby, aby se dosáhlo s minimálními ztrátami produkce výrobku podle předem stanovených požadavků. Hlavní myšlenka FMEA vychází z toho, že pro každý projev poruchy na nejnižší úrovni (např. součástky stroje) se analyzují možné lokální nebo systémové následky.

11) Program rychlých změn SMED [34, 29]

Má obvykle dva základní cíle:

- Získat část kapacity stroje, která se ztrácí jeho dlouhým přestavováním. Tento cíl má smysl hlavně tehdy, když je daný stroj úzkým místem.
- Zajistit rychlý přechod z jednoho typu výrobku na druhý, a tím umožnit výrobu v malých dávkách. Výroba v malých dávkách znamená vyšší pružnost, nižší rozpracovanost výroby a kratší průběžnou dobu ve výrobě.

Čas seřizování (čas přestavby) je čas potřebný od ukončení výroby posledního kusu na odstranění starého nářadí a přípravků, nastavení nového nářadí, nastavení a doladění parametrů procesů, zkušební běhy, až po výrobu prvního dobrého kusu. Celý postup vychází z důkladné analýzy seřízení, která se vykonává pozorováním přímo na pracovišti. Radikálního zkracování časů seřízení z několika hodin na několik minut se dosahuje postupně změnou organizace přestavby, standardizací postupu seřízení, tréninkem týmu, speciálními pomůckami a technickými úpravami stroje.

12) Kanban [29]

Znamená v japonštině karta, štítek nebo lístek. Základní myšlenka systému Kanban je založena na aplikaci zásad organizace činností amerických supermarketů ve výrobě:

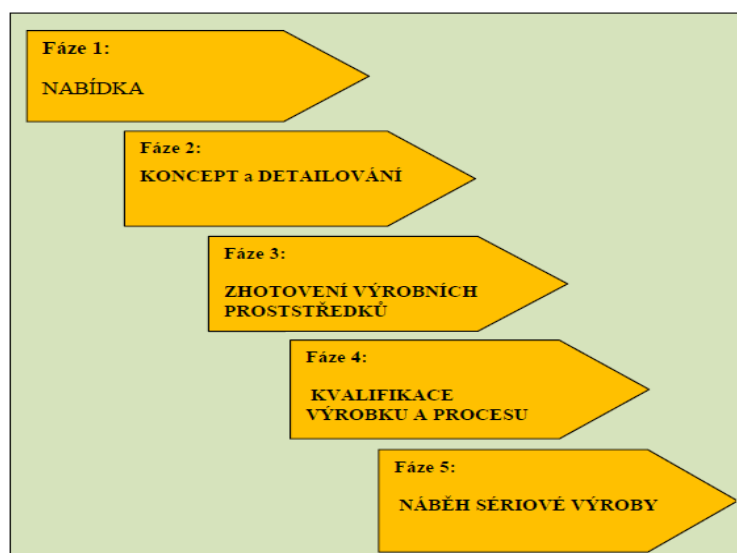
- zákazník si z regálu vezme požadované zboží,
- u pokladny jsou ze zboží sejmuty dopravní karty a položeny do skříňky (pošta kanban),
- dopravní karty jsou poslány do skladu,
- poté, co je ze skladu odebráno zboží potřebné pro naplnění regálů, jsou dopravní karty vyměněny za karty výrobní, které se nacházely na zboží,
- výrobní karty jsou shromažďovány ve schránce (jiná pošta kanban),
- zboží je nyní dovezeno do supermarketu a s dopravními kartami postaveno do regálů,
- výrobní karty jsou dodány zpět do továrny, kde se nyní vyrobí přesné množství stanovené pomocí výrobních karet,
- když je výroba ukončena, jsou na nově vyrobeném zboží umístěny výrobní karty
- zboží je dáno do skladu, cyklus se uzavře.

Snahou tohoto systému řízení je co nejdokonalejší přizpůsobení se (harmonizace) průběhu výroby materiálovým tokem. Hlavním cílem systému Kanban je na každém stupni výroby podporovat "výrobu na objednávku", která umožňuje bez větších investic redukovat zásoby a zlepšuje přesnost plnění termínů.

3.2 Zadání projektu a výpočet kapacit montážní linky

V projektu *výroba světlometu Škoda Kodiaq* zákazník poptává výrobu dvou variant produktu a to full LED a halogenové verze světlometu.

- Potvrzené odvolávky týdenní produkce jsou 1750 sad světlometů.
- Poměr výroby je 90/10 (tzn. 90 % výroby je LED varianta, 10 % halogen).
- Flexibilní dodávky jsou 15 % (tzn. maximálně 15 % odchylku od potvrzených odvolávek).



Obrázek 46: Hlavní projektové fáze [5]

3.2.1 Fáze vývoje

Fáze nabídky [12]

V této fázi byl ustaven vývojový tým, zodpovědný za přípravu podkladů pro nabídku.

Vývojový tým dostal zadání (požadavek) od zákazníka:

- a) hrubý náčrtek světloometu
- b) základní požadavky

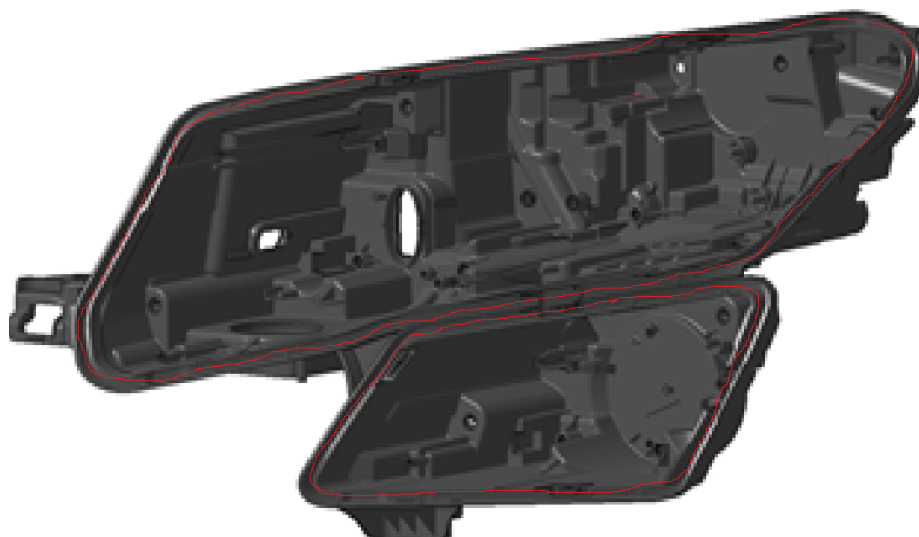
V nabídkovém řízení je více firem, kdy každá představí svůj koncept a cenu za projekt. Přední a zadní lampy většinou nevyrábí stejná firma, stejně tak může být i každá z variant nabídnuta zvlášť.

Koncept [12]

V této fázi je znám vítěz projektu a začíná se pracovat na:

- a) 3D data světloometu
- b) Lastenheft – podrobné zadání požadavku na světlomet:
 - normy (pro jaký trh se bude světlomet vyrábět)
 - interní a zákaznické normy (jak se bude zkoušet světlomet, co musí vydržet)
 - materiál (hmoty, ze kterých budou jednotlivé díly vyrobeny)
 - jednoúčelové přípravky
 - vstřikovací formy

První zásadní informací pro zjištění a výpočet kapacit montážní linky a plánování taktu timu jednotlivých pracovišť zjistíme po provedení simulace plazmování a nanášení lepidla pomocí simulačního programu. 3D model světloometu v této fázi vývoje již máme a i když se světlomet bude ještě značně měnit designově, velikost světloometu je dána velikostí karoserie, kde již k velkým změnám nedojde.



Obrázek 47: Drážka pouzdra Škoda Kodiaq pro zasazení krycího skla

Pro provedení simulace je důležitý právě obvod drážky pouzdra (červená linka). Tento světlomet je velice specifický v tom, že pouzdro světlometu je dvoukomorové. To znamená, že je potřeba oplazmovat a nanést lepidlo na daleko větší plochu, než u běžného světlometu.

Dalším problémem je založení dvou skel na místo jednoho. Tyto skla navíc musí být založena zvlášť skrz případné korekce. Sací hlavice robota tak musí nasát a založit celkem čtyři skla (větší pravé, menší pravé, větší levé a menší levé sklo). Stejný problém nastává při sponkování skel k pouzdru, kdy je zapotřebí celkem 7 sponek na jeden světlomet.

Takt time u běžných světlometů bývá mezi 50 a 60 sekundami. U tohoto světlometu simulace ukazuje výsledný takt time 100 sekund.

Od této hodnoty se bude odrážet v návrhu montážního pracoviště linky a nesmí se ji překročit.

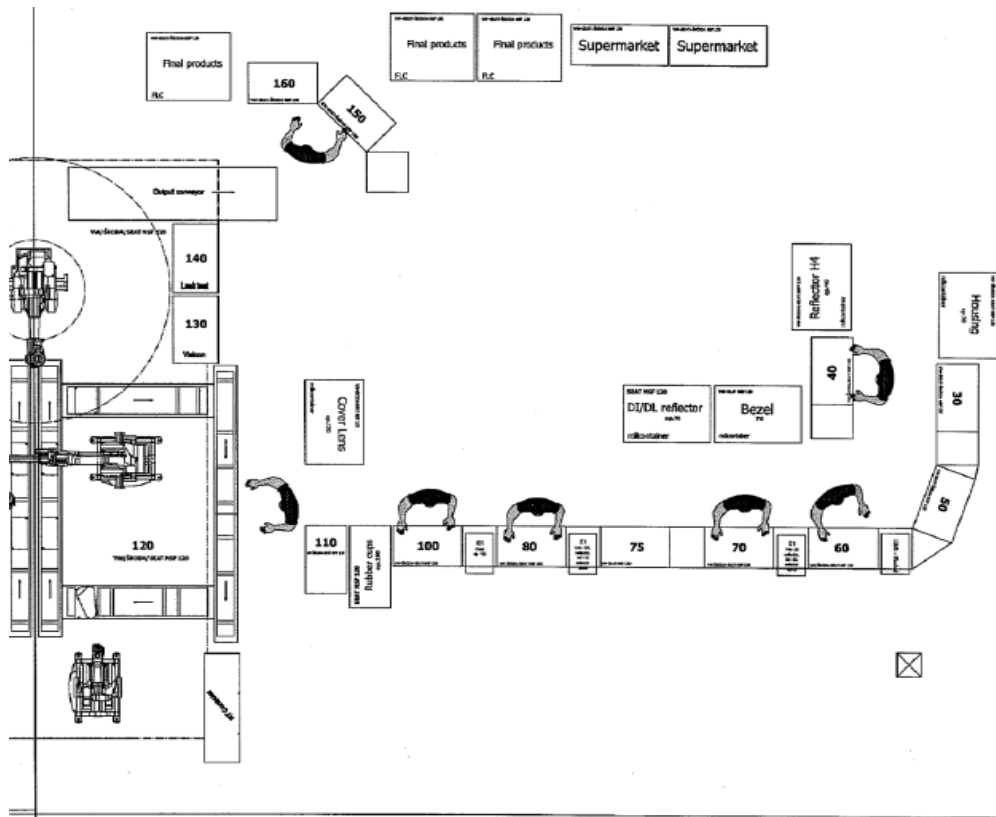
Detailování

Před začátkem této fáze musí firma odsouhlasit to, co bylo napsané v předchozím bodě. Výstupem z této fáze je ukončený vývoj světlometu, jsou hotové výkresy, provedeny simulace (tepelné, světelné, mechanické atd.) a výrobek musí být schválen zákazníkem. Během této fáze se připraví zadání pro nabídku na výrobu jednotlivých pracovišť a pro výrobu lisovacích forem. Zvolí se místo, kde bude linka stát, a do vyhrazeného prostoru se navrhne rozmístění jednotlivých pracovišť (layout). [12]

Od dalších fází při změně, ať už na díle nebo na přípravku, nejde o vývoj ale o optimalizace, které se značně prodražují.

Layout linky (rozmístění jednotlivých pracovišť)

Navržení a rozmístění pracovišť závisí na požadovaném množství vyráběných kusů za rok a odhadovaném taktu času ze simulace. Linka a jednotlivé montážní přípravky se navrhují a rozmísťují podle spočítaného výrobního taktu času tak, aby počet pracovišť byl dostatečný pro rozdělení operací na tolik dílů, kolik je potřeba pro snížení času pod hranici času taktu. Dané pracoviště jsou označovány po desítkách z důvodu možnosti vložení přidávaných pracovišť dle potřeby a výsledku balancování. [12]



Obrázek 48: Názorná ukázka layoutu linky

Zhotovení výrobních prostředků

V této fázi jsou postupně zhotovovány vstřikovací formy, ze kterých se dostanou první výpadové kusy. Ty projdou nejprve kontrolou samotného dílu a případnou optimalizací nebo zástavbou v prototypu, který je skládán ručně. V případě, že i zde díl projde, může se považovat za dobrý, nikoliv finální. V průběhu projektu může docházet k dalším optimalizacím z důvodu problému na montážní lince (kolize s přípravkem, možnost poškození a nárůstu scrapu) nebo přijde s požadavkem na změnu sám zákazník, který usoudí, že v kontextu celého automobilu by bylo zapotřebí změnit povrch dílu nebo jeho tvar z důvodu kolize v motorové oblasti nebo změny designu. Takto mohou změny probíhat v podstatě až do ukončení vývoje, ale i po něm.

Spolu se vstřikovacími formami se v této fázi vyrábí i jednoúčelové přípravky, podle návrhu montáže a finálního balancování. Přípravky jsou postupně zkoušeny, programovány

a případně měněny dle změn na dílu (jde-li změna od zákazníka) nebo dle zadání výroby, která nemusí s návrhem vývojového týmu souhlasit a bude chtít přidat přídavné kontroly.

Kvalifikace výrobku a procesu

V této fázi se na montážní lince, již rozestavěné dle layoutu, vyrábí tzv. nultá série. Vesměš jde o světlometry, které automobilka používá do aut určených pro zaměstnance (vyšší management, který s auty jezdí, testuje a hodnotí) a poté na likvidaci. Dále do aut na testy apod.

Zároveň probíhá optimalizace procesu, trénink operátorů linky a uzavírání všech zkoušek pevnosti, teploty apod. Na montážní lince je důležité provést způsobilostní testy, tzn. test, který prokáže, že stroj je připraven pro sériovou výrobu. Tyto podklady slouží pro předání mezi vývojovým a výrobním týmem. Celá fáze je ukončena interním auditem. [12]

Náběh sériové výroby

Je stanoven na začátku projektu a do tohoto termínu se musí stihnout realizovat všechny předchozí fáze. Náběh do sériové výroby znamená první dodávky kusů, které jsou zastavěny do prodejních automobilů (většinou výstavní kusy do salonů). Tuto fázi startuje zákaznický audit (není stanoven vždy přesně na první sériový kus), kdy zákazníkovi prezentuje montážní proces již výrobní tým, tzn., že před tímto auditem musí dojít k předání projektu z vývoje do výroby. [12]

3.2.2 Výpočet kapacit linky [13]

Při výpočtu kapacity linky se musí vycházet ze stanoveného zadání o požadovaném počtu kusů od zákazníka, čas taktu linky a výkonosti výroby. První dva aspekty jsou nám známé a třetí vychází z tzv. OEE linky

OEE - Celková efektivita zařízení

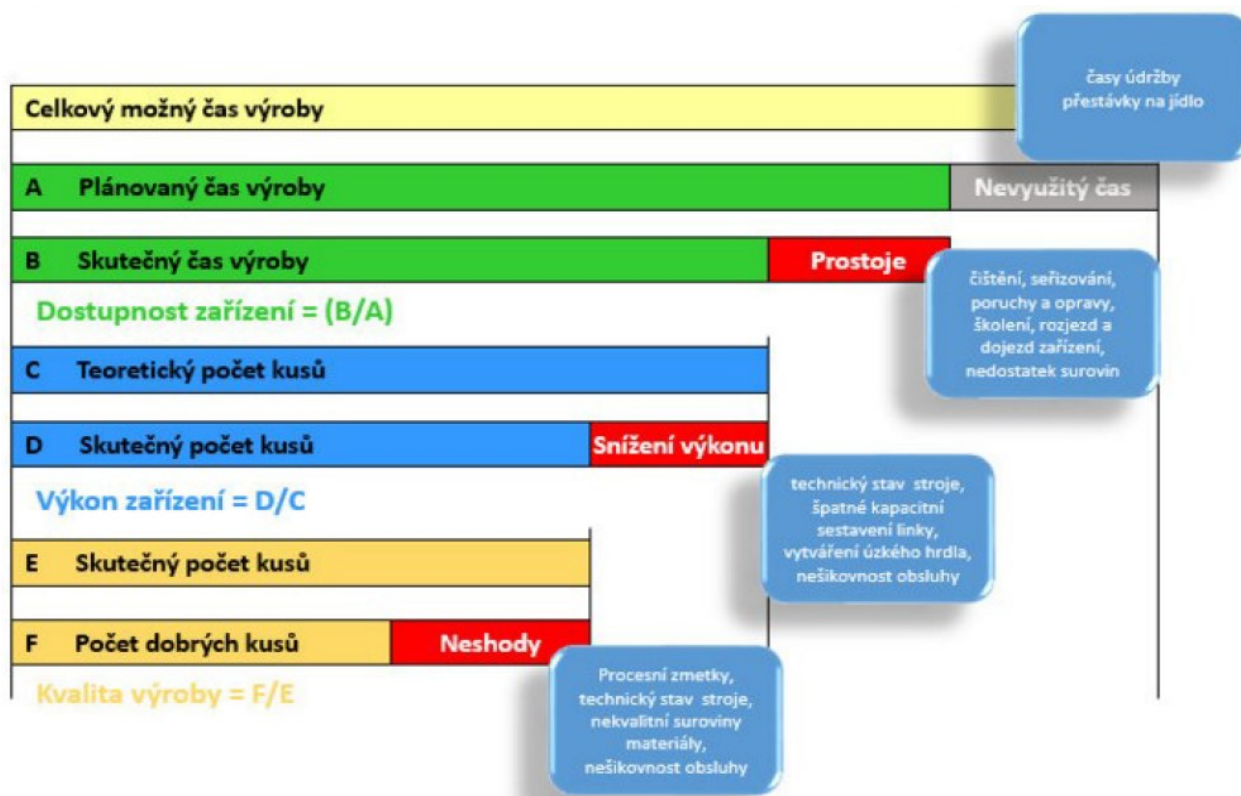
Celková efektivnost zařízení, se počítá jako součin tří faktorů:

$$D - \text{Dostupnosti zařízení} = \frac{\text{skutečný čas výroby}}{\text{pánovaný čas výroby}}$$

$$V - \text{Výkon zařízení} = \frac{\text{skutečné množství vyrobených kusů}}{\text{plánované množství vyrobených kusů}}$$

$$K - \text{Kvalita výroby} = \frac{\text{množství vyrobených kusů}}{\text{množství shodných kusů}}$$

$$OEE = D \cdot V \cdot K$$



Obrázek 49: Grafické vysvětlení OEE [5]

- OEE pro výpočet kapacit je pevně stanoveno na 85 %.
- Scrap je rovněž stanovuje pevně a to na 1,5 % výroby. Jedná se o neshodný výrobek na konci linky vyřazené z dekorativních důvodů, nikoliv zmetky během procesu montáže, proto je nezahrnujeme do OEE.
- Pro výpočet kapacit uvažujeme s pětidenním, osmihodinovým, třisměnným provozem.

Nejprve se vypočítá počet kusů, které se vyrobí za hodinovou produkci

$$HP = \frac{B \cdot OEE}{A}$$

Kde:

- B – počet minut za hodinovou produkci (osmihodinovou pracovní směnu dále budeme počítat jako 7,5 hodiny čisté efektivní práce, proto za B dosazujeme 60 = počet minut v pracovní hodině).
- A – počet minut potřebný k výrobě jednoho kusu

$$A = \frac{TT}{60}$$

- TT – takt time (s)
- 60 – počet sekund v minutě (slouží pro převod takt času na minuty)

- OEE – Celková efektivita zařízení – koeficient stanovený jako 0,85
- HP – hodinová produkce (*ks/hod*)

$$HP = \frac{B \cdot OEE}{A} = \frac{60 \cdot 0,85}{\frac{100}{60}} = \mathbf{30,6 \text{ ks/hod}}$$

Stejně by se k výpočtu došlo i po převodu na vteřiny nebo hodiny, ale výpočet v minutách je pro tyto účely optimální.

Dále vypočteme počet kusů, které se vyrobí za týden

$$TP = EPS \cdot PST \cdot HP = 7,5 \cdot 15 \cdot 30,6 = \mathbf{3\,442 \text{ ks/týden}}$$

- EPS – efektivní (čistá) práce směny – 7,5 (*hod*)
- PST – počet směn v týdnu – 15 (5 denní, třisměnný provoz)
- HP – hodinová produkce (*ks/hod*)
- TP – týdenní produkce (*ks/týden*)

Využití linky:

$$VL = \frac{PP \cdot F \cdot S}{MP} = \frac{1750 \cdot 1,15 \cdot 1,015}{3442} = \mathbf{59,34\%}$$

- VL – využití linky (%)
- F – flexibilní odvolávky, které musíme vždy pro jistotu počítat v maximálním množství, tzn. +15 % PP, proto konstanta 1,15
- S – stanovené procento zmetkovitosti - 1,5 %, proto konstanta 1,015
- PP – požadovaná produkce (*ks/týden*)
- MP – maximální produkce (*ks/týden*)

Linka bude využita zhruba z 60 % své kapacity, což znamená, že se k ní může plánovat další, menší projekt, tak aby byla efektivněji využita, případně je prostor na možné navýšení potřeb ze strany zákazníka.

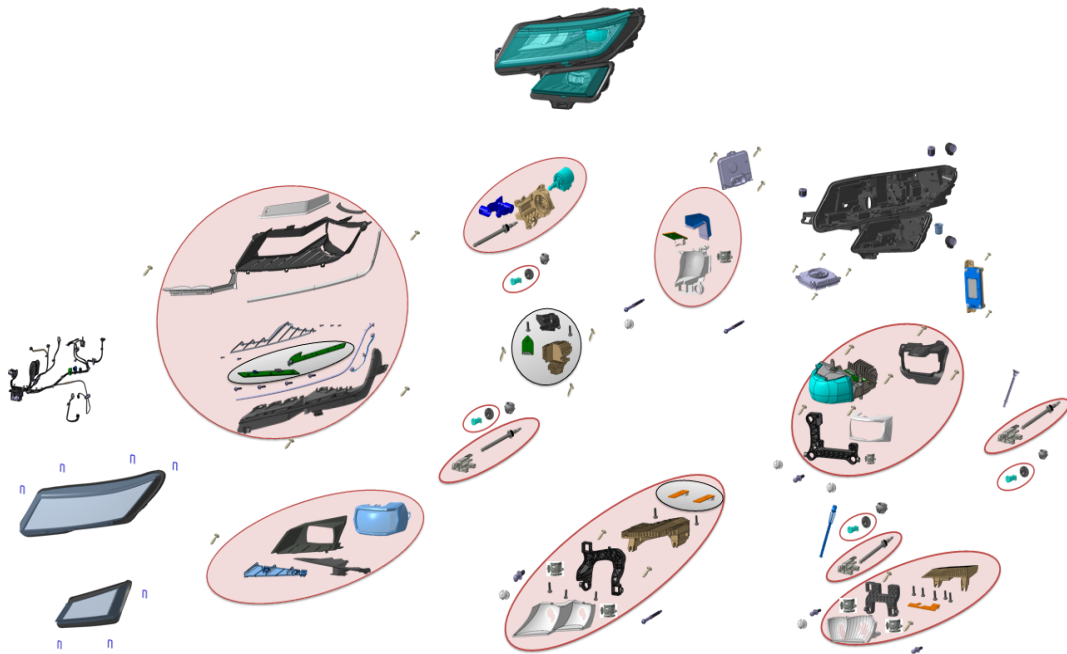
Z linky vystupují zaráz levé i pravé světlometry, mluví se tedy o kompletních vozech.

3.3 Analýza montážní linky a jednotlivých pracovišť

Nyní půjde o finální analýzu pracovišť. Z dostupného času taktu a rozpadu kusovníku, který je k dispozici od rané fáze vývoje a který je postupně vyvíjen a měněn (z výše uvedených důvodů) se navrhne vhodný proces montáže.

Jelikož návrh montáže je pouze teoretický a fyzické složení testujeme až na prototypch, je vhodné k ověření správnosti postupu montáže vytištěné pouzdro i se všemi komponenty z 3D tiskárny.

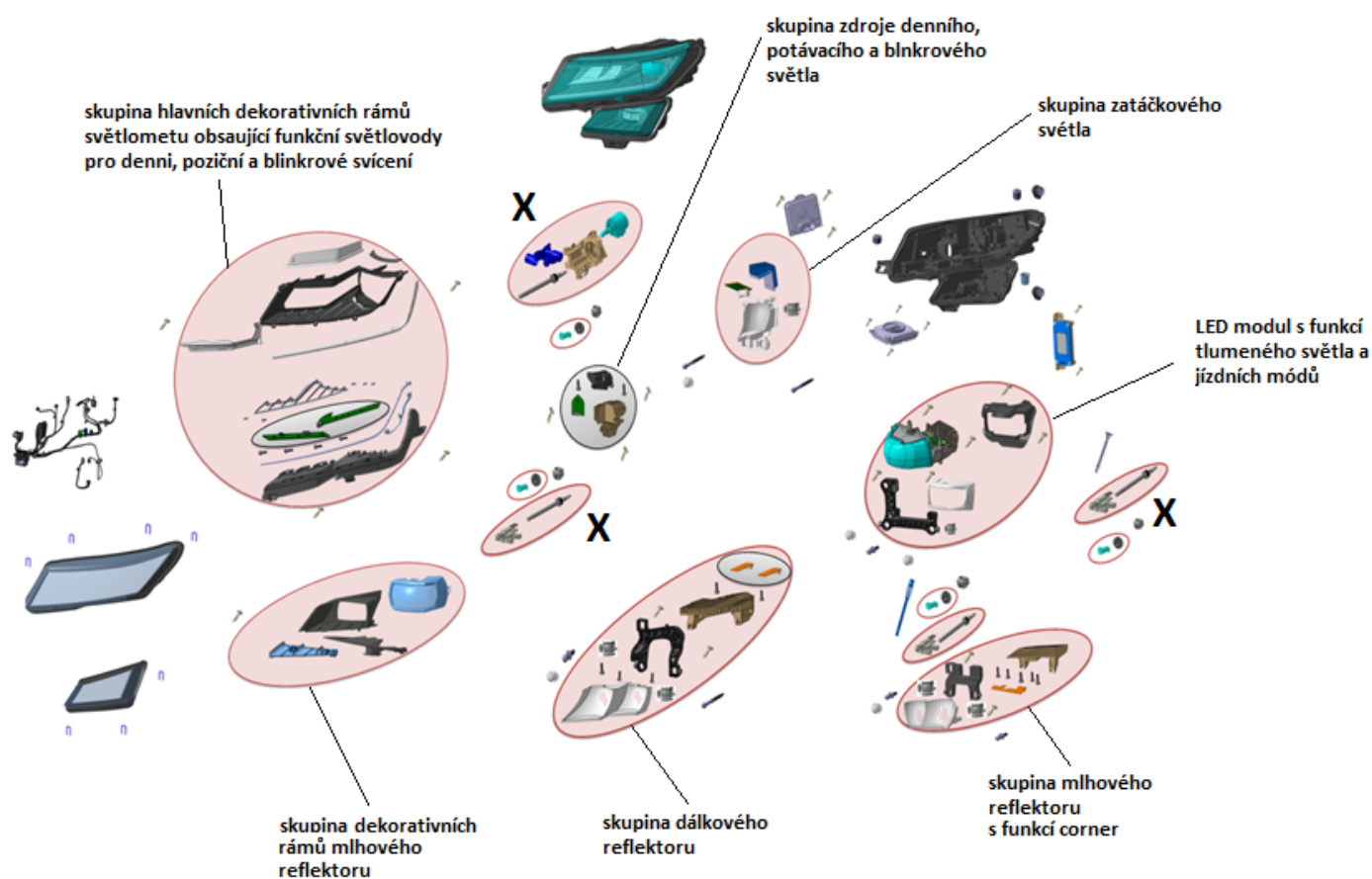
1) Pro představu takto nějak vypadá rozpad světlomet na jednotlivé komponenty (červeně označeny díly, které se mohou skládat jako skupina a vkládat do pouzdra zkompletované).



Obrázek 50: Ukázka rozpadu dílů světlometu Škoda Kodiaq [2]

2) Popsané skupiny pro lepší orientaci v následné analýze a popisu pracovišť

X - skupiny nastavovacích elementů



Obrázek 51: Ukázka rozpadu dílů světlometu Škoda Kodiaq s popisem [2]

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup	Kontroly na přípravku	Takt (s)
10	Založit pouzdro a našroubovat průchozí (nastavovací) šrouby - 3ks a kulové (opěrné) šrouby - 4ks	kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	60
20	šroub nastavení zasadit do drážky držáku LWR motorku a zalisovat, nasadit motorek a spojovací element (pro spojení se zatáčkovým světlem - při natáčení potkávácího světla se bude souběžně natáčet.	pracoviště bez kontrol	25

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup	Kontroly na přípravku	Takt (s)
30	zasadit skupiny nastavovacích elementů - 3x a skupinu LWR motorku do drážek pouzdra - 1x	pracoviště bez kontrol	15
40	pouzdro otočit a z vnější strany nasadit kola a tyče pohonu na šrouby nastavovacích elementů, spustit stroj pro zalisování	kontrola přítomnosti všech dílů a konečné pozice lisovacích válců pro určení přesné pozice lisování	45
50	nasazení dutých šroubů (slouží pro uchycení v karoserii) do automatických šroubováků a spuštění stroje pro jejich zašroubování	odměřování polohy šroubení šroubů a optické závory pro nemožnost záměny šroubů (různé délky)	20
60	natrasování kabelového svazku a zapojení a zašroubování řídicí jednotky	kontrola kontaktování jednotky, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	150
70	zapojení a zašroubování druhé - 4x a třetí jednotky -3x	kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	50
80	spojení chladiče, PCB desky pro funkci denního/pozičního a blinkrového svícení a elementu vymezující vzdálenost LED od začátku světlovodu pomocí šroubování	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku, kontaktování a fotodiody pro zkoušku funkce	40
90	nasazení chladiče do pomocného zakládání pro kontrolu kontaktování a načtení DMC kódu, přeložení do pouzdra a přišroubování + nasazení kloubků na průchozí a kulové šrouby pro spojení nosných rámců skupin	kontrola kontaktování a čtení DMC kódu kamerou, kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	55

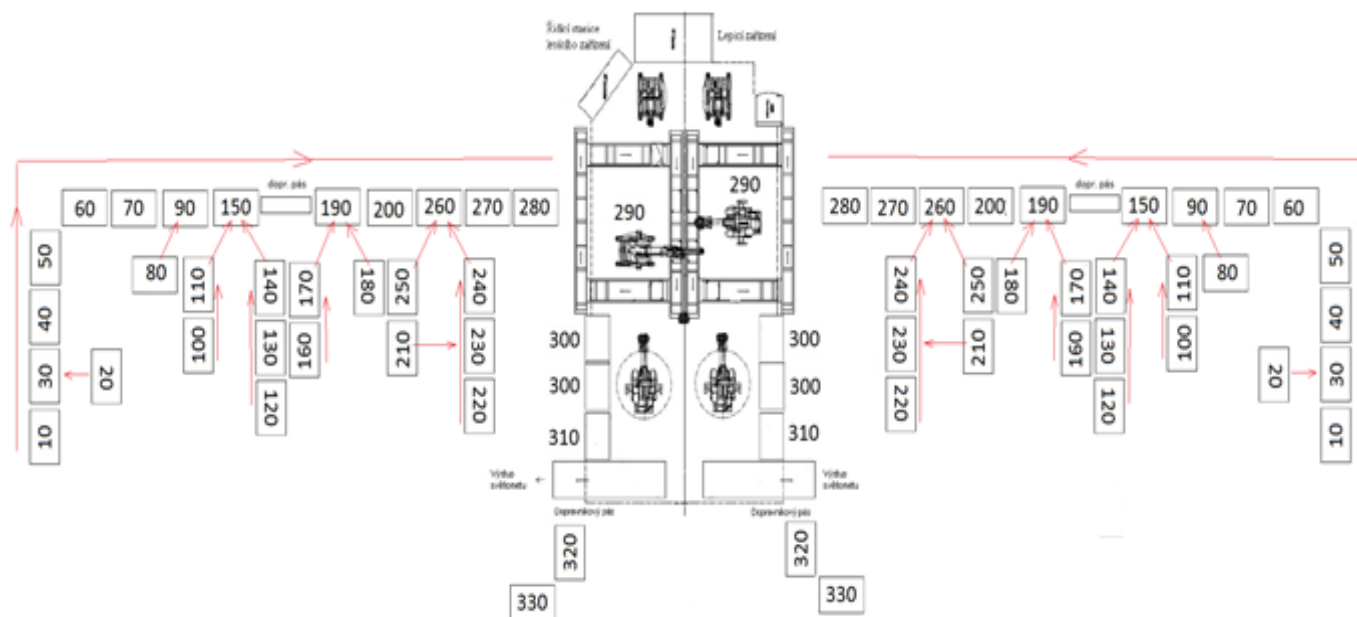
Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup	Kontroly na přípravku	Takt (s)
100	spojení nosného rámu, chladiče, PCB desky pro funkci mlhového svícení a mlhového reflektoru pomocí šroubování + nasazení kloubku	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	15
110	světelná zkouška mlhové skupiny	kamera vyhodnocující světelné funkce	
120	spojení chladiče a PCB desky pro funkci zatáčkového svícení pomocí mechanického roznýtování (zde měkký plechový chladič, proto možnost nýtovat = úspora šroubu)	kontrola konečné pozice nýtovacích válců pro zajištění řádného roznýtování	25
130	Spojení skupiny chladič + PCB se zatáčkovým reflektorem pomocí tepelného nýtování + nasazení kloubku	kontrola teploty tavné patrony a konečné pozice pro zajištění řádného rozvaření	60
140	světelná zkouška zatáčkové skupiny	kamera vyhodnocující světelné funkce	20
150	zapojení skupiny zatáčkového a mlhového reflektoru na centrální kabeláž pouzdra, načtení DMC kódu a kontrola kontaktování v pomocných zakládáních, poté přeložení do pouzdra - kloub na šroub/rám a spuštění automatického zalisování skupin do pouzdra a následné tahové kontroly strojem	kontrola DMC kódu a kontaktování kamerou, kontrola přítomnosti kloubů a skupin reflektorů a kontrola poloh lisovacích a tahových válců pro zajištění zalisování případně odhalení nezalisovaného spojení šroub - kloub - reflektor/nosný rám	80
160	spojení nosného rámu, chladiče, PCB desky pro funkci dálkového svícení a dálkového reflektoru pomocí šroubování + nasazení kloubku	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	60

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup	Kontroly na přípravku	Takt (s)
170	světelná zkouška dálkové skupiny	kamera vyhodnocující světelné funkce	20
180	šroubování modulu na nosný rám - 3x, po sešroubování následuje nasazení dvou dekorativních rámců a jejich přišroubování - 3x na skupinu nosný rám/modul + nasazení kloubu	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	40
190	zapojení skupiny dálkového reflektoru a skupiny modulu na centrální kabeláž pouzdra, načtení DMC kódu a kontrola kontaktování v pomocných zakládáních, poté přeložení do pouzdra - kloub na šroub/rám a spuštění automatického zalisování skupin do pouzdra a následné tahové kontroly strojem	kontrola DMC kódu a kontaktování kamerou, kontrola přítomnosti kloubů a skupin reflektoru a modulu a kontrola poloh lisovacích a tahových válců pro zajištění zalisování případně odhalení nezalisovaného spojení šroub - kloub - reflektor/nosný rám	90
200	Vysavač pro odsátí volných nečistot před založením hlavního rámu (poté bude prostor na dně pouzdra uzavřen)	kontrola přítomnosti dílů, externí sací zařízení	25
210	spojení nosného rámu světlovodů se světlovodem pro samostatné poziční svícení a PCB deskami s LED diodami osvětlujícími tento světlovod, pomocí šroubení - 9x + propojení PCB pomocí spojovací kabeláže (světlovod je velký je zapotřebí dvou zdrojů světla)	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku, kontrola kontaktování PCB pomocí kamery	110

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup	Kontroly na přípravku	Takt (s)
220	spojení nosného rámu s dekorativní stříbrnou lištou pomocí mechanických zácvaků	kontrola pozice lišty v několika bodech pro zajištění zacvaknutí všech spojů	30
230	spojení dvou předešlých skupin pomocí mechanických zácvaků + vložení světlovodu mezi tyto skupiny tak, že poslouží jako jeho kleště, poté otočení o 90° a zácvak dvou dekorativních rámu	kontrola přítomnosti dílů a kontrola pozice dílů pro zajištění zacvaknutí všech spojů	60
240	světelná zkouška skupiny rámu	kamera vyhodnocující světelné funkce	35
250	spojení nosného mlhového rámu s falešnou čočkou, dekorativním křídlem a falešným světlovodem ve skupinu pomocí mechanických zácvaků	kontrola přítomnosti dílů a kontrola pozice dílů pro zajištění zacvaknutí všech spojů	40
260	kontaktování skupiny hlavního rámu a založení do pomocného zakládání skrz kontrolu kontaktování a načtení DMC kódu, poté přeložení do pouzdra (světlovod s kombinovanou funkcí se zasadí do elementu na zdroji kombinované funkce, který už je v pouzdře z dřívější operace) + založení skupiny mlhových rámu do pouzdra, vše poté spojeno pomocí šroubování - 5x	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku, kontrola kontaktování PCB pomocí kamery a čtení DMC kódu	65

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup	Kontroly na přípravku	Takt (s)
270	krátká elektrická zkouška - světelná zkouška bez nastavení světel, pouze zda funkce svítí, světlovody jsou homogenní a barva LED diod není odlišná od nastavení) + proudová kontrola kabelových okruhů (funkce může svítit, ale proud může být mimo tolerance z důvodu poškození kabelu)	kamera vyhodnocující světelné funkce	60
280	vysavač pro odsátí volných nečistot před založením do lepicí klece (poté bude prostor pouzdra uzavřen krycím sklem bez možnosti rozebrání)	kontrola přítomnosti dílu, externí sací zařízení	25
290	automatický lepicí cyklus - plazmování + lepení, založení skla a sponkování	kontrola přítomnosti dílů	100
300	světelná zkouška a nastavení světloometu	kamera vyhodnocující světelné funkce	70
310	zkouška těsnosti světloometu	těsnicí válce a kontrola úniku tlaku ze světloometu	50
320	finální kontrola kompletnosti (kontrola přítomnosti všech vnějších dílů) + mechanická aretace odvětrávacích elementů -2x	kontrola přítomnosti dílů	30
330	pohledová kontrola a balení do transportní bedny	bez kontrol	40

Toto je postup montáže po prvním vybalancování a se všemi pracovišti v lince. Nyní se bude aplikovat výše zmíněné nástroje a výpočty pro dosažení ideálního stavu montáže. Pro vizuální představu si zobrazíme, jak bude vypadat layout nyní a po úpravě (materiálový tok naznačen červeně).



Obrázek 52: Zobrazení layoutu v závislosti na postupu montáže světlometu

3) Optimalizace na základě výše uvedených výpočtů

A) Outsourcing základních montážních operací

Až po pracoviště 70 jsou operace jednoduché montáže plastových nebo kovových, především standardizovaných dílů. Můžou se tak snadno outsourcovat k dodavateli (řídící jednotka z pracoviště 60 není v našem případě ESD dílem). Všechny outsourcované díly spojené s prvními 6 operacemi jsou označené v kusovníku modře.

B) Oddělení montáže skupin

Všechny skupiny se vyrábí hluboko pod taktem linky. V případě, že se výroba skupinek přesune mimo linku a budou se vyrábět na stejných strojích pouze s rozdílnými výměnnými přípravky, mimo takt linky (chystat dopředu) ušetří se finančně za konstrukci strojů i prostorově za zabranou plochu.

Na stejných stolech se budou vyrábět skupiny dálkového, mlhového a zatačkového reflektoru a zdroj pro kombinované svícení denní/poziční/blinkrové.

Nejvíce prostoru zabere zatačková skupina reflektoru, která se vyrábí na třech operacích, mlhová a dálková pouze na dvou a naopak zdroj na jednom, tím pádem při výrobě skupiny mlhového nebo dálkového reflektoru můžeme souběžně vyrábět zdroj. Ze čtyř skupin se tak stávají pouze tři, které se budou na montážních pracovištích vzájemně ovlivňovat.

$$HP = \frac{B \cdot OEE}{A} = \frac{60 \cdot 0,85}{\frac{60}{60}} = 51 \text{ ks/hod}$$

$$TP = EPS \cdot PST \cdot HP = 7,5 \cdot 15 \cdot 51 = 5737 \text{ ks/týden}$$

Tímto výpočtem se dostane maximální vyrobiteľný počet skupin za týdenní produkci, pokud jej vydělíme požadovanou produkcí, musí být výsledné číslo vyšší než 3 (počet skupin, které chceme vyrábět).

Maximální produkce skupin:

$$MPS = \frac{TP}{PP \cdot S} = \frac{5737}{1750 \cdot 1,015} = 3,229$$

Z výsledku plyne, že v daném taktu by se takto na společných pracovištích vyrobilo 3,23 skupin. Z toho vyplývá, že je časová rezerva pro výrobu.

V případě, že připočteme maximální flexibilní odvolávky (15 %):

$$MPS = \frac{TP}{PP \cdot F \cdot S} = \frac{5737}{1750 \cdot 1,15 \cdot 1,015} = 2,8$$

Zde je vidět, že kapacitní prostor na montáži skupin nestačí, při maximálních flexibilních odvolávkách se nestihnou dodávat skupiny do výrobní linky.

Bod zlomu:

$$BZ = \frac{TP}{PVS} = \frac{5737}{3} = 1912$$

Při odvolávce 1912 světlometů za týden se již přestává zvládat výroba v takto nastavené montáži.

Tato situace neznámá, že by se návrh musel zamítnout. Je potřeba pouze nastavit systémově výrobu skupin tak, aby se držela alespoň jedno až dvou týdenní plná skladová zásoba všech skupin a kdykoliv odvolávky přesáhnou bod zlomu a zásoba se sníží, v následujícím možném týdnu, kdy budou flexibilní odvolávky alespoň nižší než bod zlomu nebo i záporné (požadavek na dodání méně než 1750 sad světlometů) se zásoba doplní.

Skupina hlavního rámu má vyšší takt time než montáž, což vede k neodvratnému rozdělení pracoviště, ale v případě postupu jako u skupin reflektorů, se můžou vyrábět rámy rovněž mimo takt linky. V tom případě se nemusí pracoviště rozdělovat a nebude zde s kapacitou žádný problém.

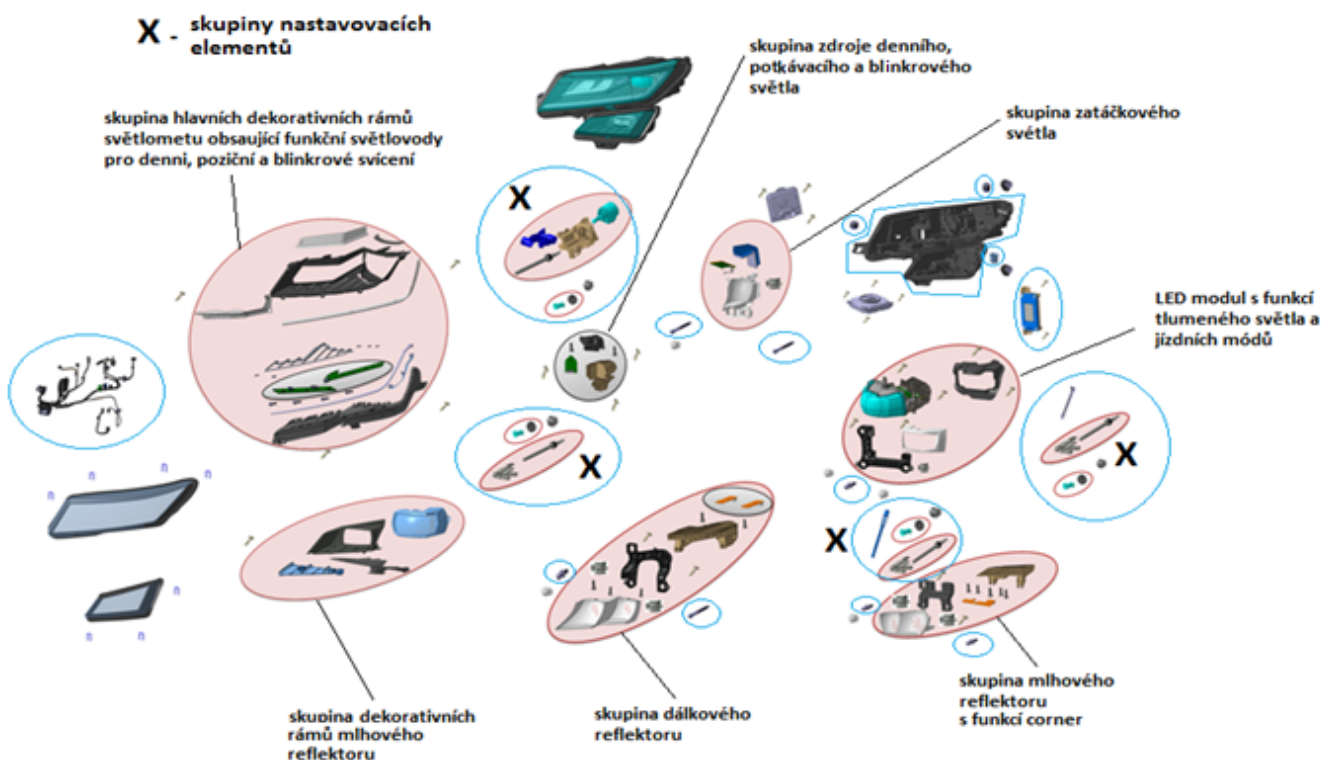
Pracoviště na výrobu skupin modulů a skupin mlhových rámu se nechá prozatím v hlavní montážní lince, jelikož oba díly jsou vysoce rizikové na dekorativní znehodnocení při násobné manipulaci (zabalení, transport do linky z montáže skupin a opětovné vybalení). Nicméně je to první z možných návrhů zlepšení.

C) Vybalancování zbylých pracovišť a reakce na předchozí body a analýzu tak tomu.

V reakci na outsourcing první montážních operací k dodavateli, se rozšíří montážní proces o firewall stanici, nyní první pracoviště montážní linky (operace 65), které bude kontrolovat nastavení vstupních komponentů od dodavatele a provádět případné korekce (výšky šroubů).

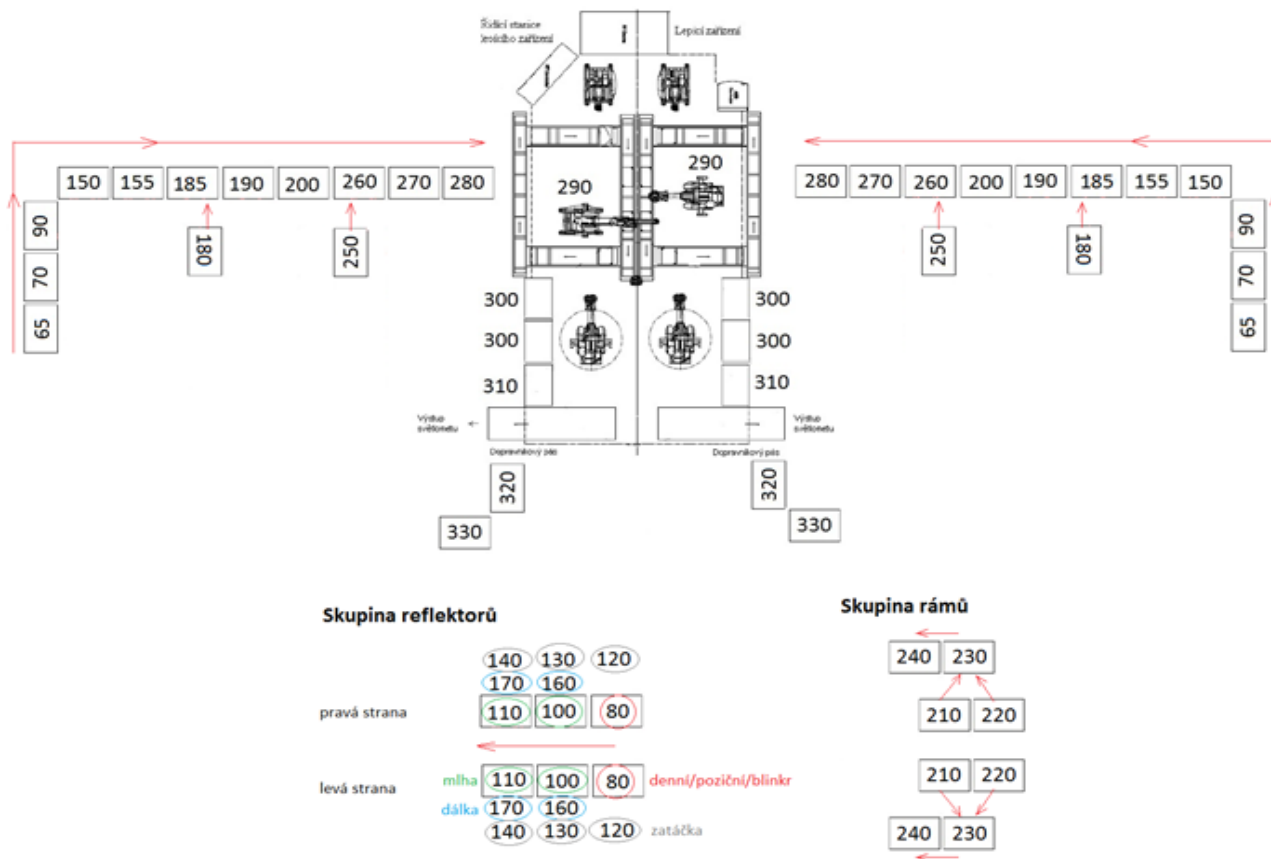
Pro plynulejší montáž rovněž rozdělíme pracoviště 150 a 190. Obě pracoviště, kontrolují, zakládají, lisují a tahově zkouší dvě skupiny (nyní 150 – mlha a zatáčka, 190 – modul a dálka, nově 150, 155 a 185, 190). Obě tyto pracoviště se rozdělí tak, že na každé operaci bude vstupovat vždy jen jedna skupina. Plynulejší montáží je myšleno jednak rozvržení práce mezi operátory, kteří na sebe nyní plynuleji navazují, ale i fakt, že v případě kratší poruchy (např. špatného založení do stroje), kdy je potřeba pustit cyklus znovu, nedojde ke zpomalení výroby tím, že na nejužším místě – v robotu – vznikne prostoj, protože takt time pracovišť 150 a 190 se blížil taktu robotu a nedával příliš prostoru k dostižení výpadku, který se v případě nutnosti nyní lépe stáhne.

Nyní je zoptimalizovaný proces výroby hotov. Jednoduché pracoviště jsou outsourcovány, skupiny vstupují do linky jako celek, pracoviště máme vybalancované dle možností montáže a s takt timem na montážních pracovištích jsme hluboko pod úzkým místem v automatizované lepicí kleci. Níže lze vidět kusovník, kde modré díly jsou nakoupeny jako hotový produkt v pouzdře a červené vstupují jako celky v podobě skupin. Samotná montáž světlometu je tím pádem jednoduché skládání skupin a několika dílů do pouzdra. Z drobného materiálu nám vstupují do montážního procesu pouze šroubky (na dvou pracovištích), kloubky a odvětrávací elementy.



Obrázek 53: Ukázka rozpadu dílů světlometu s ukázkou outsourcovaných dílů [2]

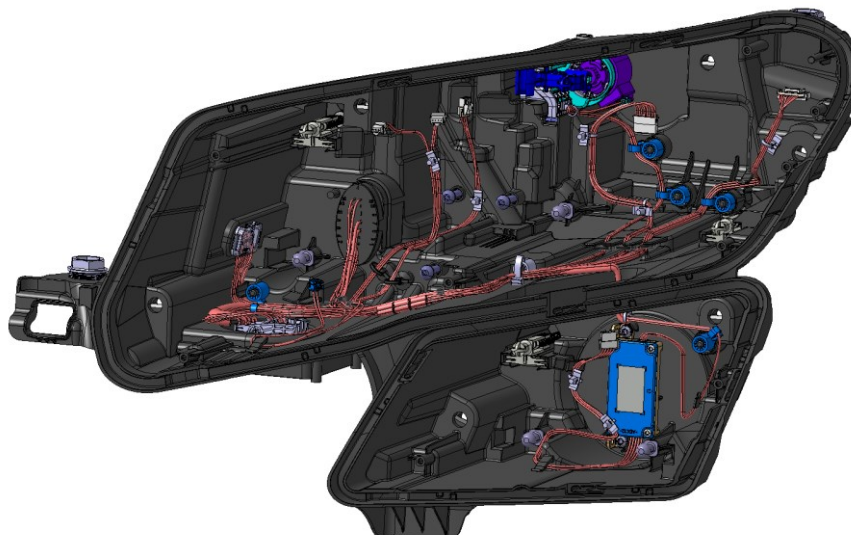
Dále je možno vidět layout a nový postup montáže v lince. Z layoutu je patrná úspora stolů a zjednodušení layoutu.



Obrázek 54: Zobrazení layoutu po optimalizaci postupu montáže světlometu

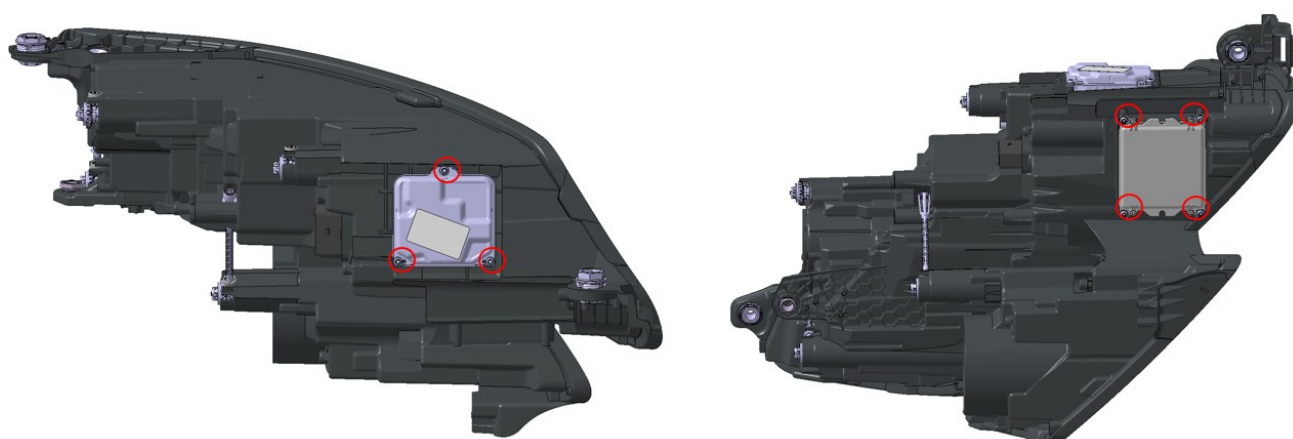
Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
10	založit pouzdro a našroubovat průchozí (nastavovací) šrouby - 3ks a kulové (opěrné) šrouby - 4ks	kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	60
20	šroub nastavení zasadit do drážky držáku LWR motorku a zalisovat, nasadit motorek a spojovací element (pro spojení se zatáčkovým světlem - při natáčení potkávacího světla se bude souběžně natáčet i zatáčkové)	pracoviště bez kontrol	25
30	zasadit skupiny nastavovacích elementů - 3x a skupiny LWR motorku do drážek pouzdra	pracoviště bez kontrol	15
40	pouzdro otočit a z vnější strany nasadit kola a tyče pohonu na šrouby nastavovacích elementů, spustit stroj pro zalisování	kontrola přítomnosti všech dílů a konečné pozice lisovacích válců pro určení přesné pozice lisování	45
50	nasazení dutých šroubů (slouží pro uchycení v karoserii) do automatických šroubováků a spuštění stroje pro jejich zašroubování	odměřování polohy šroubení šroubů a optické závory pro nemožnost záměny šroubů (různé délky)	20
60	natrasování kabelového svazku a zapojení a zašroubování řídicí jednotky	kontrola kontaktování jednotky, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	150

Tato pracoviště byla outsourcována a finální produkt z pracoviště 60 je nakupován a vstupuje do montážní linky jako polotovár.



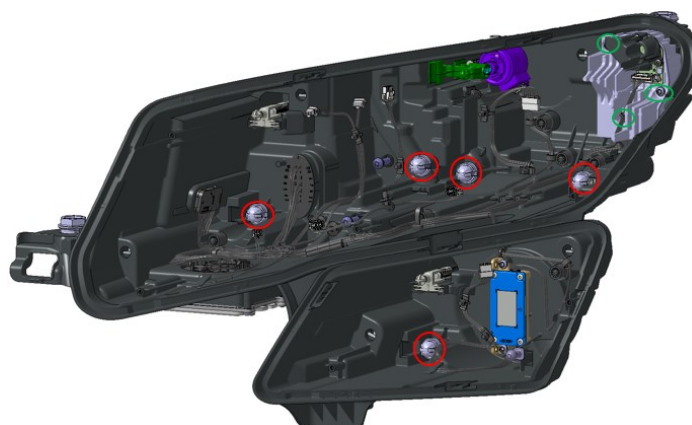
Obrázek 55: Ukázka rozpracované výroby vstupující na operaci 65

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
65	kontrola nastavení vstupní skupiny	odměřovací válce a automatické šroubováky pro nastavení skupiny	25
70	zapojení a zašroubování druhé - 4x a třetí jednotky -3x	kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	50



Obrázek 56: Ukázka rozpracované výroby vstupující na operaci 90

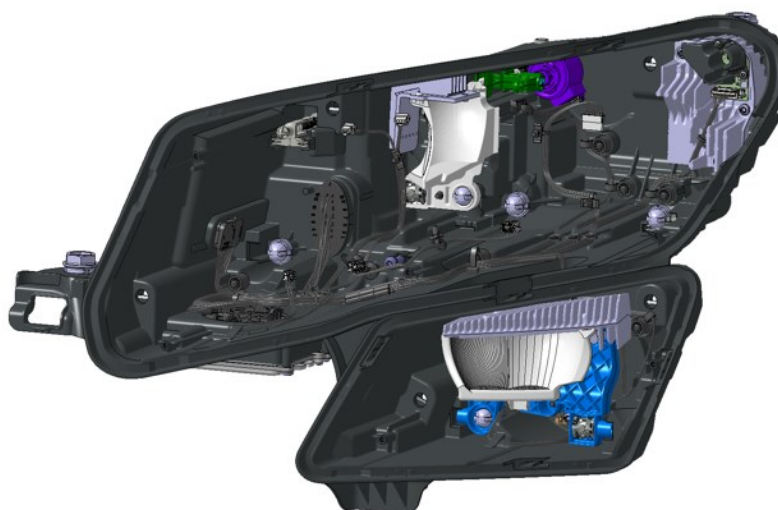
Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
90	nasazení chladiče do pomocného zakládání pro kontrolu kontaktování a načtení DMC kódu, přeložení do pouzdra a přišroubování + nasazení kloubků na průchozí a kulové šrouby pro spojení nosných rámu skupin	kontrola kontaktování a čtení DMC kódu kamerou, kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	55



Obrázek 57: Ukázka rozpracované výroby vstupující na operaci 150

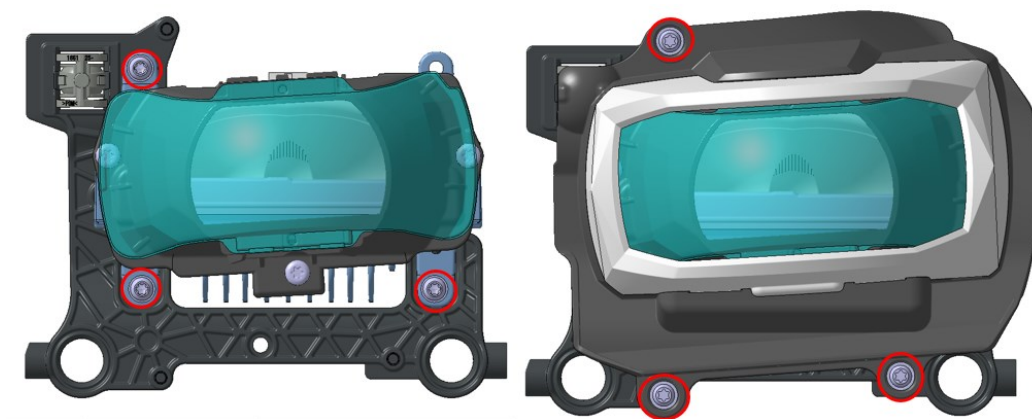
Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
150	zapojení skupiny zatáčkového reflektoru na centrální kabeláž pouzdra, načtení DMC kódu a kontrola kontaktování v pomocných zakládáních, poté přeložení do pouzdra - kloub na šroub/rám a spuštění automatického zalisování skupin do pouzdra a následné tahové kontroly strojem	kontrola DMC kódu a kontaktování kamerou, kontrola přítomnosti kloubů a skupiny reflektoru a kontrola poloh lisovacích a tahových válců pro zajištění zalisování případně odhalení nezalisovaného spojení šroub - kloub - reflektor/nosný rám	60

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
155	zpojení skupiny mlhového reflektoru na centrální kabeláž pouzdra, načtení DMC kódu a kontrola kontaktování v pomocných zakládáních, poté přeložení do pouzdra - kloub na šroub/rám a spuštění automatického zalisování skupin do pouzdra a následné tahové kontroly strojem	kontrola DMC kódu a kontaktování kamerou, kontrola přítomnosti kloubů a skupiny reflektoru a kontrola poloh lisovacích a tahových válců pro zajištění zalisování případně odhalení nezalisovaného spojení šroub - kloub - reflektor/nosný rám	60



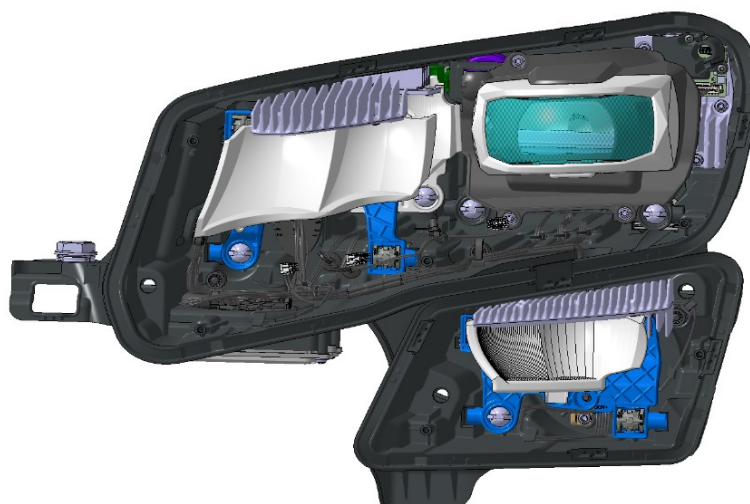
Obrázek 58: Ukázka rozpracované výroby vstupující na operaci 180

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
180	šroubování modulu na nosný rám -3x, po sešroubování následuje nasazení dvou dekorativních rámců a jejich přišroubování - 3x na skupinu nosný rám/modul + nasazení kloubu	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	40



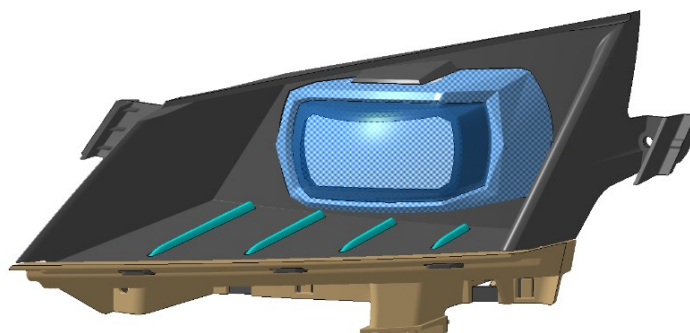
Obrázek 59: Ukázka skupiny modulu vystupující z operace 180

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
185	zapojení skupiny modulu na centrální kabeláž pouzdra, načtení DMC kódu a kontrola kontaktování v pomocném zakládání, poté přeložení do pouzdra - kloub na šroub/rám a spuštění automatického zalisování skupiny do pouzdra a následné tahové kontroly strojem	kontrola DMC kódu a kontaktování kamerou, kontrola přítomnosti kloubů a skupiny modulu a kontrola poloh lisovacích a tahových válců pro zajištění zalisování případně odhalení nezalisovaného spojení šroub - kloub - reflektor/nosný rám	60
190	zapojení skupiny dálkového reflektoru na centrální kabeláž pouzdra, načtení DMC kódu a kontrola kontaktování v pomocném zakládání, poté přeložení do pouzdra - kloub na šroub/rám a spuštění automatického zalisování skupiny do pouzdra a následné tahové kontroly strojem	kontrola DMC kódu a kontaktování kamerou, kontrola přítomnosti kloubů a skupiny reflektoru a kontrola poloh lisovacích a tahových válců pro zajištění zalisování případně odhalení nezalisovaného spojení šroub - kloub - reflektor/nosný rám	60



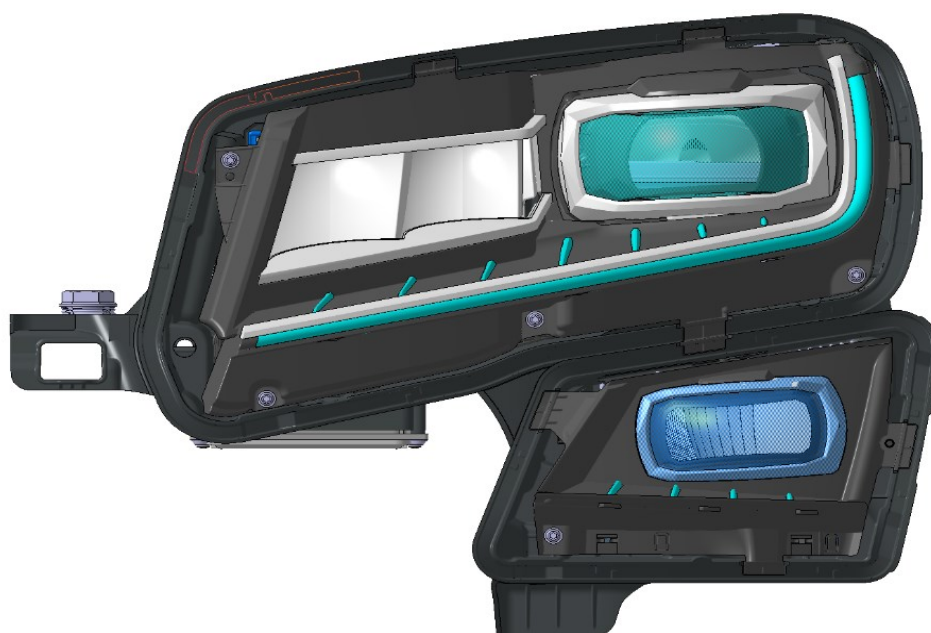
Obrázek 60: Ukázka rozpracované výroby vstupující na operaci 200

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
200	vysavač pro odsátí volných nečistot před založením hlavního rámu (poté bude prostor na dně pouzdra uzavřen)	kontrola přítomnosti dílu, externí sací zařízení	25
250	spojení nosného mlhového rámu s falešnou čočkou, dekorativním křídlem a falešným světlovodem ve skupinu pomocí mechanických zácvků	kontrola přítomnosti dílů a kontrola pozice dílů pro zajištění zacvaknutí všech spojů	40



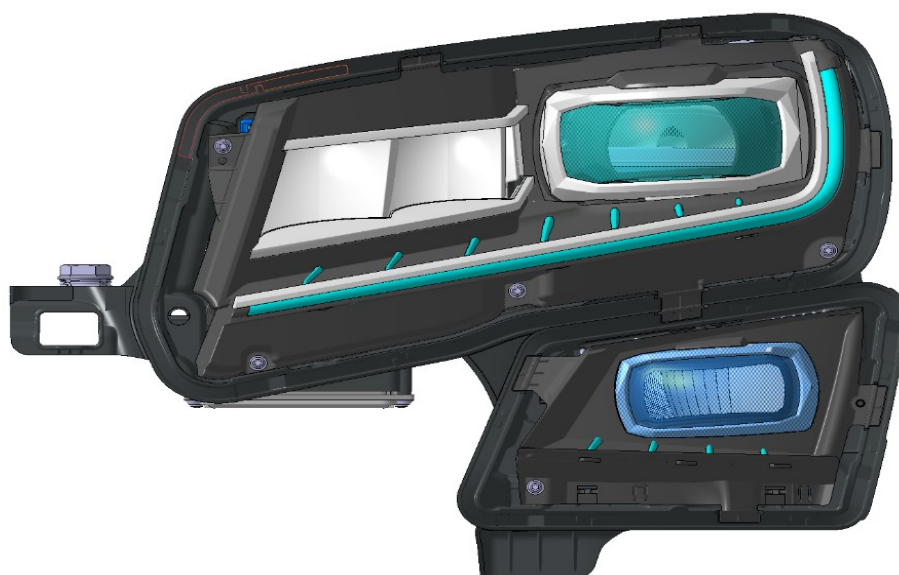
Obrázek 61: Ukázka skupiny mlhového rámu vystupující z operace 250

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
260	kontaktování skupiny hlavního rámu a založení do pomocného zakládání skrz kontrolu kontaktování a načtení DMC kódu, poté přeložení do pouzdra (světlovod s kombinovanou funkcí se zasadí do elementu na zdroji kombinované funkce, který už je v pouzdře z dřívější operace) + založení skupiny mlhových ráků do pouzdra, vše poté spojeno pomocí šroubování - 5x	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku, kontrola kontaktování PCB pomocí kamery a čtení DMC kódu	65



Obrázek 62: Ukázka rozpracované výroby vstupující na operaci 270

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
270	krátká elektrická zkouška světelná zkouška bez nastavení světel, pouze zda funkce svítí, světlovody jsou homogenní a barva LED diod není odlišná od nastavení) + proudová kontrola kabelových okruhů (funkce může svítit, ale proud může být mimo tolerance z důvodu poškození kabelu)	kamera vyhodnocující světelné funkce	60
280	Vysavač pro odsátí volných nečistot před založením do lepicí klece (poté bude prostor pouzdra uzavřen krycím sklem bez možnosti rozebrání)	kontrola přítomnosti dílu, externí sací zařízení	25



Obrázek 63: Ukázka rozpracované výroby vstupující na operaci 290

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
290	automatický lepicí cyklus - plazmování + lepení, založení skla a sponkování	kontrola přítomnosti dílů	100
300	světelná zkouška a nastavení světlometu	kamera vyhodnocující světelné funkce	70
310	zkouška těsnosti světlometu	těsnící válce a kontrola úniku tlaku ze světlometu	50

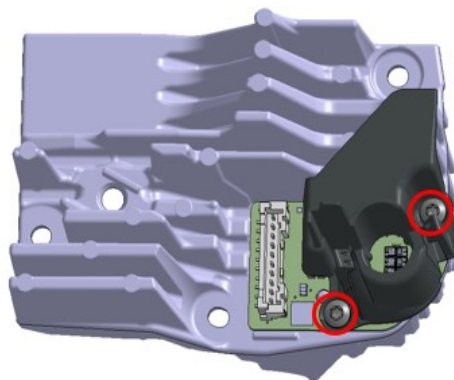


Obrázek 64: Ukázka finálního světlometu

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
320	finální kontrola kompletnosti (kontrola přítomnosti všech vnějších dílů) + mechanická aretace odvětrávacích elementů -2x	kontrola přítomnosti dílů	30
330	pohledová kontrola a balení do transportní bedny	bez kontrol	40

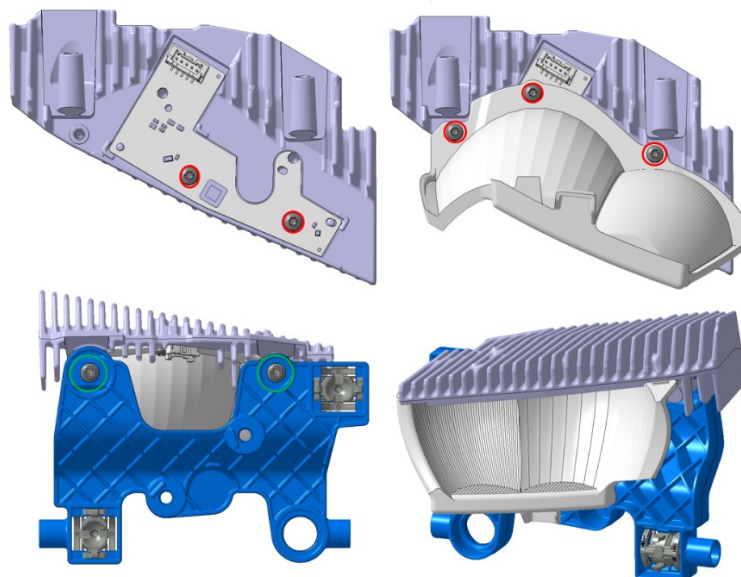
Skupiny reflektorů vyráběné mimo linky

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
80	spojení chladiče, PCB desky pro funkci denního/pozičního a blinkrového svícení a elementu vymežující vzdálenost LED od začátku světlovodu pomocí šroubování	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku, kontaktování a fotodiody pro zkoušku funkce	40



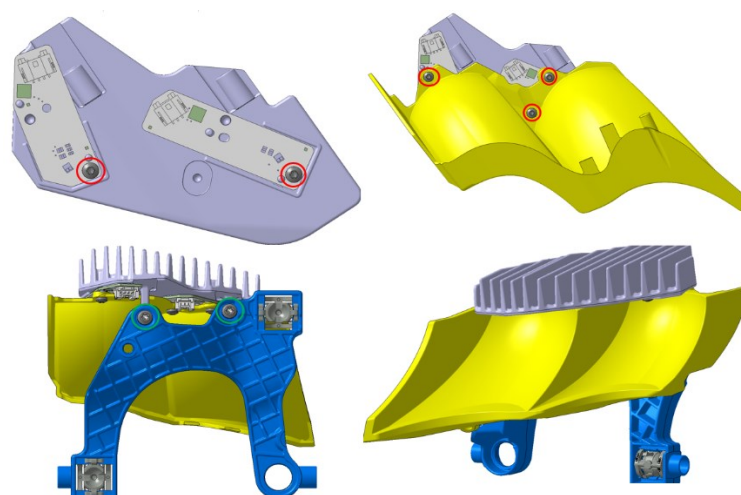
Obrázek 65: Ukázka skupiny kom novaného zdroje LED

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
100	spojení nosného rámu, chladiče, PCB desky pro funkci mlhového svícení a mlhového reflektoru pomocí šroubování + nasazení kloubku	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	60
110	světelná zkouška mlhové skupiny	kamera vyhodnocující světelné funkce	20



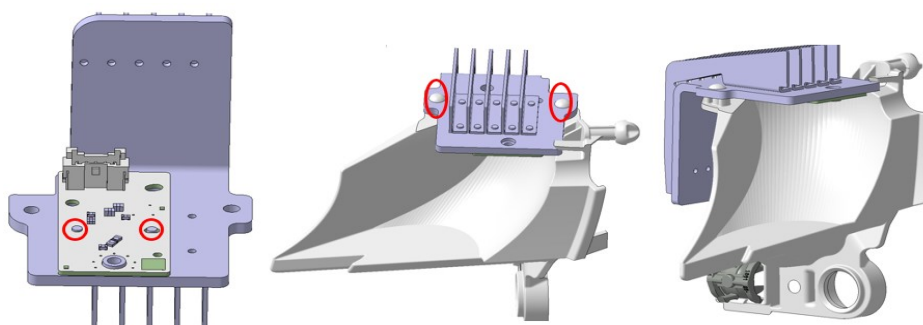
Obrázek 66: Ukázka skupiny mlhového reflektoru LED

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
160	spojení nosného rámu, chladiče, PCB desky pro funkci dálkového svícení a dálkového reflektoru pomocí šroubování + nasazení kloubku	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku	60
170	světelná zkouška dálkové skupiny	kamera vyhodnocující světelné funkce	20



Obrázek 67: Ukázka skupiny dálkového reflektoru LED

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
120	spojení chladiče a PCB desky pro funkci zatáčkového svícení pomocí mechanického roznýtování (zde měkký plechový chladič, proto možnost nýtovat = úspora šroubu)	kontrola konečné pozice nýtovacích válců pro zajištění řádného roznýtování	25
130	Spojení skupiny chladič + PCB se zatáčkovým reflektorem pomocí tepelného nýtování (design zde nedovoloval šroub) + nasazení kloubku	kontrola teploty tavné patrony a konečné pozice pro zajištění řádného rozvaření	60
140	světelná zkouška zatáčkové skupiny	kamera vyhodnocující světelné funkce	20

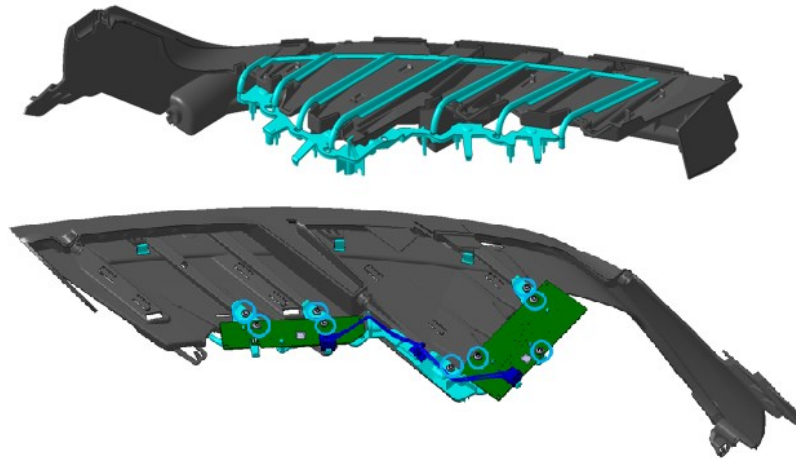


Obrázek 68: Ukázka skupiny zatáčkového reflektoru LED

Skupiny rámu vyráběné mimo linku

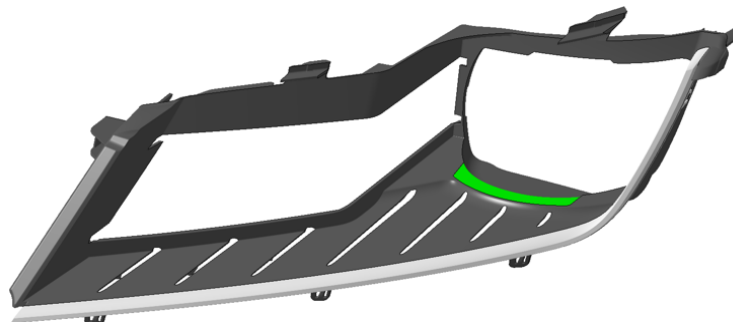
Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
210	spojení nosného rámu světlovodů se světlovodem pro samostatné poziční svícení a PCB deskami s LED diodami osvětlujícími tento světlovod, pomocí šroubení -	kontrola přítomnosti dílů, kontrola krouticího momentu a polohy šroubováku, kontrola kontaktování PCB pomocí kamery	110

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
	9x + propojení PCB pomocí spojovací kabeláže (světlovod je velký je zapotřebí dvou zdrojů světla)		



Obrázek 69: Ukázka skupiny rámu – montáž I.

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
220	spojení nosného rámu s dekorativní stříbrnou lištou pomocí mechanických zácvků	kontrola pozice lišty v několika bodech pro zajištění zacvaknutí všech spojů	30



Obrázek 70: Ukázka skupiny rámu – montáž II.

Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
230	spojení dvou předešlých skupin pomocí mechanických zácvků + vložení světlovodu mezi tyto skupiny tak, že poslouží jako jeho kleště, poté otočení o 90° a zácvak dvou dekorativních rámu	kontrola přítomnosti dílů a kontrola pozice dílů pro zajištění zacvaknutí všech spojů	60



Obrázek 71: Spojení dvou skupin z předešlé montáže ve skupinu hlavního LED rámu

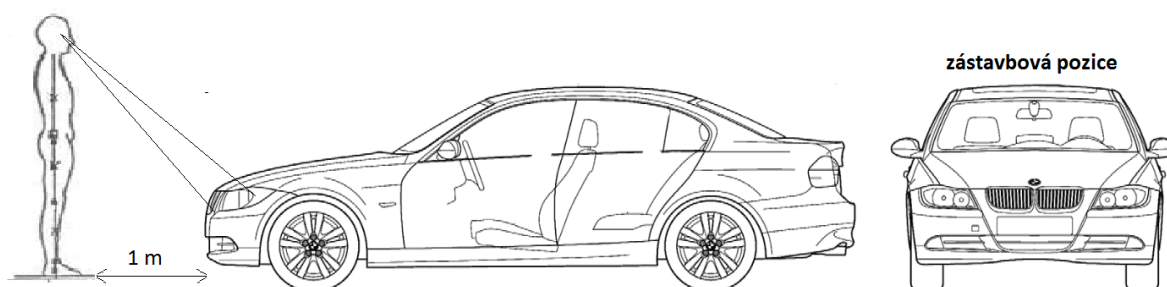
Analýza pracovišť montážní linky			
Číslo operace	Pracovní postup (zkrácený)	Kontroly na přípravku	Takt (s)
240	světelná zkouška skupiny rámu	kamera vyhodnocující světelné funkce	35

4 Kontrola a balení světlometu

4.1 Kontrola světlometu

Kontrola světlometu probíhá před samotným vložením do bedny pohledovou kontrolou operátora z důvodu možnosti především dekorativní vady na světlometu. Ostatní komponenty jsou ošetřeny strojně – snímači, kamerami, čtečkami, tlakovými válci a dalšími elektromechanickými kontrolami.

Dekorativní vady však nedokáže žádný stroj vyhodnotit lépe než lidské oko. Dekorativní kontrola se řídí dle interní směrnice HN67025. Na dekorativní kontrolu je vyhrazen přesně stanovený čas. Probíhá zepředu i zezadu. Zepředu kontrola přes krycí sklo, především dekorativních rámu, lišt a reflektorů. Světlomet by měl být kontrolován v zástavbové pozici vozu, tzn. předním sklem ve vodorovné pozici kolmo k zemi, tak jak bude usazen v karoserii, ve vzdálenosti natažených paží (cca 1 m).



Obrázek 72: Ukázka správné polohy pro kontrolu světlometu [5]

Zezadu by pak měla být provedena kontrola komponent, jejich přítomnost a případné mechanické poškození.

Světlomet je dle této směrnice, stejně jako i každý samostatný dekorativní díl rozdělen na tři kategorie. Tyto kategorie jsou oblasti světlometu, které jsou více či méně viditelné.

- Kategorie A - jsou oblasti, které jsou vidět na první pohled a škrábance nebo vměstky prachu na nich musí být viditelné pouze z několika centimetrů a maximální velikosti 0,2 mm.
- Kategorie B – jsou oblasti stále viditelné, méně než kategorie A, ale stále dostatečně dobře z přímého pohledu. Jsou více ve stínu nebo v blízkosti dalšího dílu. Škrábance a vměstky prachu jsou tolerované do velikosti 0,5 mm.
- Kategorie C – oblasti méně dobře, přesto viditelné. Viditelné například jen z určitého úhlu nebo velké blízkosti. Vměstky a škrábance jsou tolerované do 1 mm. Zde je vhodné problémy s dílem řešit hlavně z toho důvodu, aby se postupně nedostaly do kategorie B.

Jako příloha A přiložen interní list označující dekorativní zóny A až C, tzv. dekoblatt list.

4.2 Balení světlometu

Po kontrole je hotový světlomet vložen do transportní bedny. To je poslední úkon, kdy se dostane do kontaktu s lidským faktorem na montážní lince světlometu. Znovu pak na lince montáže automobilu. Tyto transportní bedny jsou převážně majetkem zákazníka, ten schvaluje jejich návrh, pokud jde o nové transportní balení, případně dodává již používané balení na jiném projektu. Je to z důvodu dopravy přímo do automobilky, kde má zákazník nastavena svoje pravidla (velikost, barva bedny apod.).

Často se jedná o plastovou bednu uvnitř s dvěma až třemi patry závěsných vaků (kapes) na posuvných kolejničích. Můžeme tak snadno skládat světlometry odspodu a mít přitom dostatečný prostor. Po kompletaci patra se vysunou vaky (kapsy) na kolejnici o patro výše a může se skládat. Do bedny se takto vejde kolem 12 až 24 světlometů (dle velikosti).

Při skládání i tak musíme dávat pozor, protože hrozí jisté riziko, že operátor buď světlomet při vkládání upustí, odře o hranu kolejnice nebo jinou ostrou hranu balení (málo pravděpodobné) nebo odře jedním světlometem druhý (spodní, někdy ostrou geometrií pouzdra, podře krycí sklo jiného již uloženého světlometu).

Transportní bedna tak bývá poslední nástrahou, kdy může dojít k znehodnocení světlometu.

5 Zhodnocení návrhu montážní linky

Zhodnocení návrhu montážní linky nejlépe zobrazují layouty před a po zásahu dle výše zmíněných nástrojů. Po vybalancování, některé z pracovišť mají stále nižší takt time než většina, kde se průměrně takt time pohybuje mezi 40 a 60 vteřinami, ale jak bylo zmíněno, ne vždy jde vybalancovat link dokonale. Navíc toto se týká převážně vysavačů a vstupního pracoviště, kdy na těchto operacích už nemůže žádný jiný úkon navíc do operace vstupovat.

Na první pohled je patrné, že layout se zjednodušil, čímž se docílilo snazší montáže, získalo více prostoru, ušetřilo finance na stavbu strojů, a mohlo se personál dovolit využít na důležitější stroje (dvě rozdělená a jedno nové pracoviště) pro rovnoměrnější montážní proces.

Personální úspora:

- Pro první případ bylo na výrobu potřeba dle simulace prováděné ve fázi vývoje 21 operátorů, kteří nebyli vhodně pracovní vytíženi, tzn., že zatímco někteří nestíhali vyrábět, aby se nezastavila lepicí klec, jiní měli operaci hotovou příliš rychle a de facto čekali na odběr kusů.
- Pro optimalizovaný proces je nyní zapotřebí 17 operátorů a 4 v externí firmě, takže je vidět, že počet operátorů se nesnížil. Ale v novém layoutu je o 3 pracoviště navíc, kde je prostor obsluhovat tím, že nevyužívané pracoviště se sloučily mimo takt linky. Navíc externí pracovníci jsou levější a nákup celé skupiny nás vyjde finančně výhodněji. Jistá úspora tím vznikla i po personální stránce.

Finanční úspora:

- Za výměnné přípravky se nešetřilo nic, protože je nelze sloučit tak jako montážní stoly, kterých se ovšem tímto zásahem vyrobilo celkově méně.
- Konkrétně:
Původní layout má navíc pracoviště 10 až 60, zatímco optimalizovaný naopak pracoviště 65. Při kalkulacích se zjistilo, že cena za nové montážní stoly a přípravky pro pracoviště 65 zhruba odpovídá rozdílu cen mezi výrobou pracovišť 10 až 60 v naší firmě a u dodavatele. Může se tak zjednodušeně říci, že relokace pracovišť 10 až 60 nám zaplatila nové pracoviště 65, kterým budeme kontrolovat kvalitu relokovaných dílů. Úspora zde tak není žádná. Výhodou je vždy 100 % zkontrolovaný vstupní díl, který může odhalit problémy s výškou šroubů a automaticky je opravit (seřadit). V původním konceptu výroby se s tímto strojem nepočítalo, což by vedlo k ruční opravě určitého procenta výroby, kde by byly šrouby špatně nastaveny. Získalo se tak automatizované nastavování navíc.

Dále v novém layoutu je o 2 pracoviště na každé straně více (155 a 185), což znamená i o dva přípravky navíc. Při ceně zhruba 0,5 mil. Kč za stroj a stejné částce za tento typ přípravku jsme na 4 mil. Kč v novém návrhu layoutu navíc, tzn. ztrátu 4 mil. Kč oproti původnímu návrhu.

Naopak sloučením montáže skupin docílíme o 4 stroje na světelnou zkoušku méně a stejně tak o 6 montážních stolů s programovatelným šroubovákem. Zde se celková úspora po kalkulacích rovná 5,8 mil. Kč. **Ve výsledku se tak uspoří 1,8 mil. Kč.**

Celkově tedy můžeme konstatovat, že se finančně nepatrně ušetřilo na personálu i výrobních strojích a navíc získali automatický stroj pro kontrolu a nastavení.

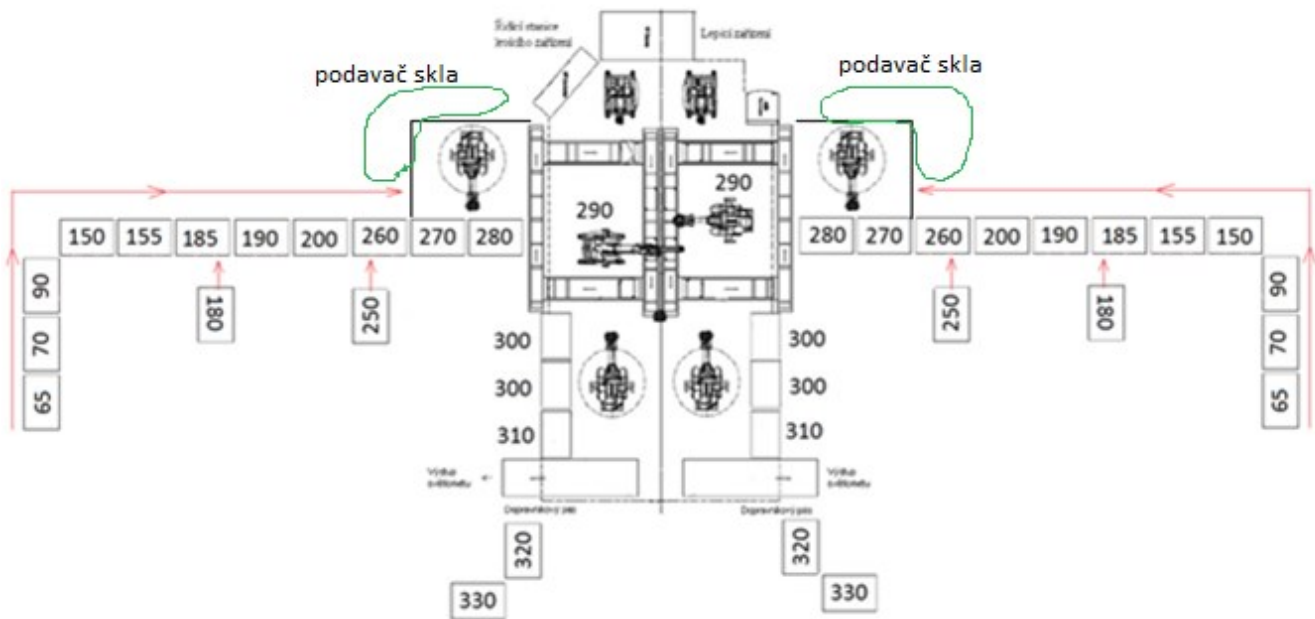
Tyto klady jsou samozřejmě pozitivním přínosem, ale optimalizace by se vyplatila i za předpokladu přínosu momentálních negativ (finanční vklad), jelikož v porovnání s dobou produkce projektu (3 až 4 roky sériové výroby) jsou momentální negativa zanedbatelná. Důležitá je plynulost výroby a minimální prodlevy (zastavení) lepicí klece. Toho se dosáhlo snížením času taktu všech pracovišť hrubě pod čas taktu lepicí klece. Navíc většina pracovišť se pohybuje s takt timem v rozmezí 20 vteřin. Návrh a následnou optimalizaci můžeme považovat za velmi úspěšnou.

Jako potenciál k úspoře by mohly vést pracoviště 180 a 250, kde by se stejným sloučením jako u skupin reflektorů dosáhlo použití jednoho montážního stolu pro obě strany výroby mimo linku a její takt time. Z celkových 4 potřebných montážních stolů a 4 pracovníků pro výrobu by tak bylo potřeba pouze dvou stolů a dvou pracovníků. Nevýhodou je vysoké riziko poškrábání dílů při transportu. Nicméně potenciál úspory prostoru a pracovníků zde je.

Rovněž na montáži skupiny rámu, která se pouze přesunula mimo takt time linky, by se operace 210 dala rozdělit. Snížil by se tak časový takt a obě strany rámu by se daly vyrábět na stejných montážních stolech, dle vzoru skupin reflektorů. Došlo by k úspoře místa a jednoho pracovníka (nyní vyrábí 2+2, nově ve třech, aby zvládali výrobu obou stran).

Další příležitostí nejen úspory, ale i zvýšení automatizace by byla možnost poslední dvě operace před lepicí klecí vykonávat rovněž automatizovaně. Na těchto operacích (krátká elektrická zkouška – op. 270 a vysavač – op. 280) není třeba ručního zásahu, proto by bylo možné s nimi manipulovat pomocí robotického ramena.

Návrh layoutu by vypadal zhruba takto:



Obrázek 73: Zobrazení layoutu s návrhem inovace

Pracoviště 270 a 280 jsou součástí malé oplocené klece, kdy operátor založí kus do pracoviště 270, odkud ho robot přesune na operaci 280 a následně položí na pás, odkud pokračuje standardně do lepicí klece.

Pozitivem je jednak zvýšení procesu automatizace v rámci linky a také úspora pracovníka na každé straně montážní linky. Návratnost vloženého kapitálu za roboty (při 5 denním pracovním týdnu a třísměnném provozu) činí zhruba dva roky, ovšem za předpokladu vyřešení následujících překážek:

- A) Nutnost standardizovat všechny projekty a jejich výrobní procesy tak, aby před posledními dvěma operacemi nebyla nutnost ručního zásahu a tyto poslední operace byly krátká elektrická zkouška a vysavač.
- B) Nutnost navrhnout novou hlavici pro manipulaci s pouzdem. Současná manipulace probíhá na tak, že operátor vloží samostatné pouzdro a sklo na paletky, ty se po dopravníkovém pásu posouvají přes lepicí klec a po jejich slepení s nimi manipulační robot pohybuje pomocí sací hlavy, která vytvoří podtlak, přisaje sklo a tak světlo přemísťuje. V tomto případě by bylo potřeba jiného systému, jelikož pouzdro je zatím beze skla (např. kleště nebo přísátí za pouzdro).
- C) Automatický podavač skla se zásobníkem. Doposud operátor po přeložení pouzdra z poslední operace před lepicí klecí vytáhl krycí sklo z balení a ručně jej zasadil do paletky na dopravníkovém páse. V případě, že poslední operátor bude na pracovišti 260, není vhodným řešením, aby pouzdro putovalo částí linky automaticky a sklo se stále zasazovalo do paletky ručně. Zde by se ztrácel efekt

úspory, jelikož pracovník na operaci 260 by musel chodit pro sklo daleko, nestíhal svoji práci a bylo by potřeba původně uspořenému pracovníka zpět pro ruční osazování paletky sklem. Tento problém by vyřešil automatický podavač skla se zásobníkem umístěným mimo pracoviště (na layoutu v zeleně označeném prostoru) tak, aby nepřekážel v montážním procesu. Tento podavač by byl pouze v případě potřeby doplňován manipulátem. Robot by po odebrání kusu z pracoviště 280 zasadil skupinu plně osazeného pouzdra do paletky a do druhé paletky by zasadil sklo z podavače.

Toto téma má potenciál vývoje automatizované linky a mohlo by posloužit jako námět na další diplomovou práci.

Použitá literatura

- [1] HELLA, Výukové materiály pro předmět Konstrukce automobilového osvětlení. Mohelnice, 2014.
- [2] HELLA, Projekty. *Rozpady světlometů*. Aktualizace 2017-01-29.
- [3] HELLA, Databáze obrázků standardních dílů. Aktualizace 2016-03-08.
- [4] HELLA AUTOTECHNIK S.R.O. *Thermal Management*. Lippstadt, 2012.
- [5] HELLA AUTOTECHNIK S.R.O. Global Information in Forward Lighting Technologies. 2011.
- [6] Přehled žárovek. [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: http://www.torioplus.cz/wysiwyg/where_to_1.jpg
- [7] LED v nové pětkové sérii BMW. [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.fotonmag.cz/zajimave-vyuziti-led/led-v-nove-petkove-serii-bmw/>
- [8] Automotive Lighting. [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.allighting.com/index.php?id=1036>
- [9] Chladicí systém DELUM. [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.ledzarovky.org/wp-content/uploads/2012/08/chlad%C3%ADc%C3%AAsyst%C3%A9m-DELUM.png>
- [10] ŽLEBEK, M. *Osvětlení automobilu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 79 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
- [11] HENDRYCH, J., A. WEBER a J. DOLEŽEL. Standardizace rámu a součástí forem pro vstřikování termoplastů. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986.
- [12] MERTA, F. Proces vývoje světlometu: *bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2011, 40 s. vedoucí doc. Ing. Josef Novák, CSc
- [13] SMITAL, P. Optimalizace výrobní linky. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 40 s. Diplomová práce, vedoucí Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.
- [14] GLATTER, Willi. *Nové řešení nastavování reflektoru ve světlometu*. Brno 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 88 s. 5 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.
- [15] BALHAROVÁ, G. *Možnosti osvětlení vozidel pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2012. 89 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Stanislav Tokař.

- [16] JAN, Z.; ŽDÁNSKÝ, B.; KUBÁT, J.: *Automobily: Elektrotechnika motorových vozidel II*. 6. díl. 1. vyd. Brno: AVID, spol. s.r.o., 2008. 211 s. ISBN 978-80-87143-07-0.
- [17] MARTÍNEK, M.: *Osvětlovací technika moderních vozidel a měření dohlednosti na dosvit hlavních světlometů*. Brno, 2011. 127 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně Ústav soudního inženýrství.
- [18] VLK, F.: *Lexikon moderní automobilové techniky*. 1. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2005, ISBN: 80-239-5416-4.
- [19] ŠTĚRBA, P.: *Elektrotechnika motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Computer Press, a.s.Brno, 2008. ISBN 978-80-251-2114-6.
- [20] ŠKODA AUTO a.s.: *Vývoj a konstrukce světlometů* [Prezentace aplikace Microsoft Power Point]. 2007 [cit. 2017-01-05].
- [21] Autolexicon.net [online]. 2011 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z WWW: <http://cs.autolexicon.net>.
- [22] Ridelust [online]. 2011 [cit. 2017-01-05]. Illuminating, A brief history of the headlight. Dostupné z WWW: <http://www.ridelust.com/illuminating-a-brief-history-of-theheadlight/>.
- [23] Výzkumný ústav bezpečnosti práce [online]. 2011 [cit. 2017-01-05]. Vývoj automobilových reflektorů a bezpečnost jízdy v noci. Dostupné z WWW: <http://www.bozpinfo.cz/win/tisk.html?clanek=5459727>.
- [24] Auto Topra, Car security [online]. 2012 [cit. 2017-01-05]. Světla pro denní svícení. Dostupné z WWW: <http://www.topra.cz/svetla/svetla-pro-denni-sviceni>.
- [25] Historie a budoucnost osvětlení automobilů: Od svíčky k laseru [online]. 2014 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.auto.cz/historie-a-budoucnost-automobiloveho-osvetleni-od-svicky-k-laseru-79316>
- [26] Stojí téměř osmdesát tisíc, ale řidiči změni noc v den. Vyzkoušeli jsme laserové světlometry [online]. 2016 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z WWW: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/stoji-temer-osmdesat-tisic-ale-ridici-zmeni-noc-v-den-zkouse/r-9056f594f74611e5b167002590604f2e/?redirected=1490600171>
- [27] Laserová světla možná způsobí revoluci, zatím je má Audi a BMW [online]. 2016 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z WWW: <https://www.novinky.cz/auto/336104-laserova-svetla-mozna-zpusobi-revoluci-zatim-je-ma-audi-a-bmw.html>
- [28] Kouzla se světlem. Xenon je mrtvý, budoucnost je LED, laser a drony [online]. 2016 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z WWW: http://auto.idnes.cz/svetlo-audi-cxb-/automoto.aspx?c=A150410_014247_automoto_fdv
- [29] SVĚT PRODUKTIVITY, Kanban [online]. 2016 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>
- [30] Technologie zpracování plastů, Svařování plastů [online]. 2013 [cit. 2017-01-05]. <https://publi.cz/books/183/13.html>

- [31] Současný stav a vývoj mezinárodních předpisů pro osvětlení automobilů [online]. 2015 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/soucasny-stav-a-vyvoj-mezinarodnich-predpisu-pro-osvetleni-automobilu--16930>
- [32] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0461-3.
- [33] BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [34] Óno, Taiichi (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, ISBN 0-915299-14-3
- [35] Výbava a příslušenství Subaru Forester 2012. [online]. 2012 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <http://www.subaruplzen.cz/subaru-forester-2012/vybava-aprslusenstvi-subaru-forester-2012/>

Přílohy

Příloha A – List dekorativních kontrol

Work Sheet - Decorative assessment of products and parts



Sheet 1: Visual description of the Assessment Zones according

acc. Hella Norm 67025(10.07.2014),reflecting customer requirements acc. VW Q Latenheft (27.11.2009)

Single Part No.:		Hella- No of product.:	
Part Name/ Version:	HL Škoda A+SUV TOP	Customer No. of Product:	
Boundary Sample:	N/A	Customer:	Škoda Auto a. s.
Supplier:	Hella Autotechnik s.r.o.	Document Number (DIS):	10001617366
Production step: Montáž (assembly)			

Position A	red Zone	visual areas out of position A	
Position B	yellow Zone	visual areas out of position B	
Position C	green Zone	visual areas out of position C	

Zepředu / ze strany

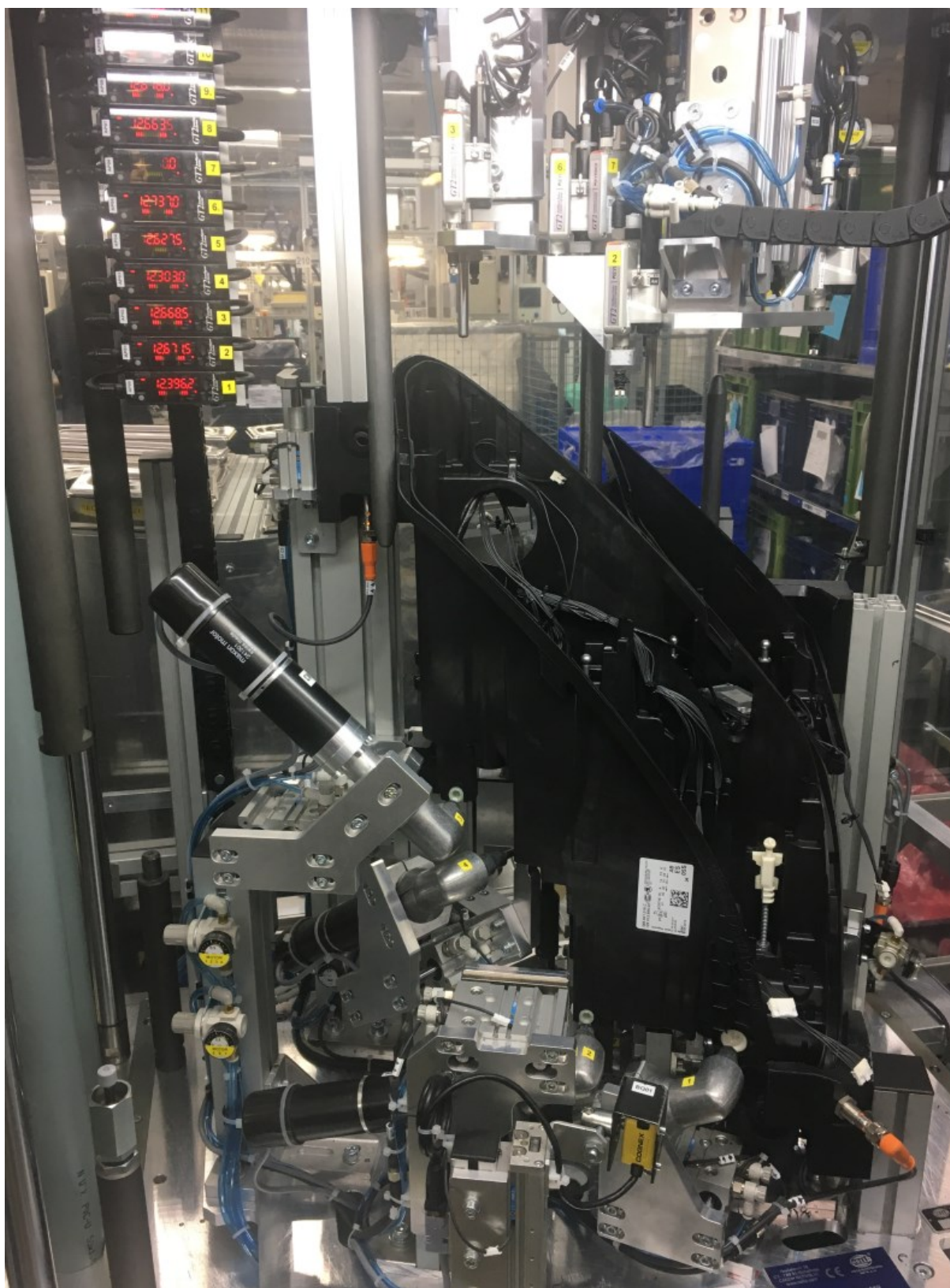
Zepředu / shora

Zástavbová pozice

Prepared (QD) Org.Unit / Name	Signature	Date	Prepared (QPC) Org.Unit / Name	Signature	Date

Revision level: rev 1

Příloha B – Příklad montážních přípravků



Příloha C – Příklad nastavování světlometru



Příloha D – Foto montážní linky a lepicí klece

