

Vývoj automobilových reflektorov a bezpečnosť jazdy v noci

 29.07.2011

Development of automotive headlights and safety driving at night

Michal Fabian¹, Jana Fabianová²

¹ *Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, SR,*
michal.fabian@tuke.sk

² *Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach, Košтова 1, 040 01 Košice, SR,*
jana.fabianova@vsbm.sk

automobily

reflektory

osvětlení

Abstrakt

Pri rýchlostiach prvotných dopravných prostriedkov stačilo v noci na cestu svietiť aj petrolejovými lampami. So zvyšujúcimi sa rýchlosťami dopravných prostriedkov narastali požiadavky na bezpečnú jazdu v noci. Tú majú na starosti moderné reflektory zabezpečujúce dobre osvetlenie vozovky aj pri vysokých rýchlostiach.

Kľúčová slova: reflektor, automobil, osvetlenie vozovky

Abstract

The first vehicles low speed enabled to illuminate the road at night with kerosene lamps. With increasing speeds of vehicles have increased requirements for safe driving at night. The modern headlights responsible good illumination of the road at high speeds in night.

Keywords: reflector, motor car, road lighting

Prvé svetlomety mali číre kruhové krycie sklo a parabolickú odrazovú plochu. So zvyšujúcimi sa rýchlosťami a rastúcou hustotou cestnej premávky bolo potrebné svietiť ďaleko pred seba, a pritom neoslňovať protiidúcich vodičov. Tok svetelných lúčov bolo nutné usmerniť. Usmerňovanie svetla začalo lámaním svetelných lúčov na vrúbkovanom krycom skle svetlometu. Neustále sa zvyšujúca rýchlosť automobilu vyžadovala vidieť ďaleko dopredu, tak pribudla ďalšia funkcia osvetlenia - svietenie do diaľky. Technicky to bolo vyriešené dvojitým žiarovkou alebo prídavnými svetlometmi určenými pre túto funkciu. Neskôr vznikla myšlienka „vidieť aj za roh“, čo u Citroena 19 DS bolo už v roku 1967 zrealizované natáčajúcimi sa vnútornými reflektormi v smere natočenia volantu. Dnešné moderné automobily

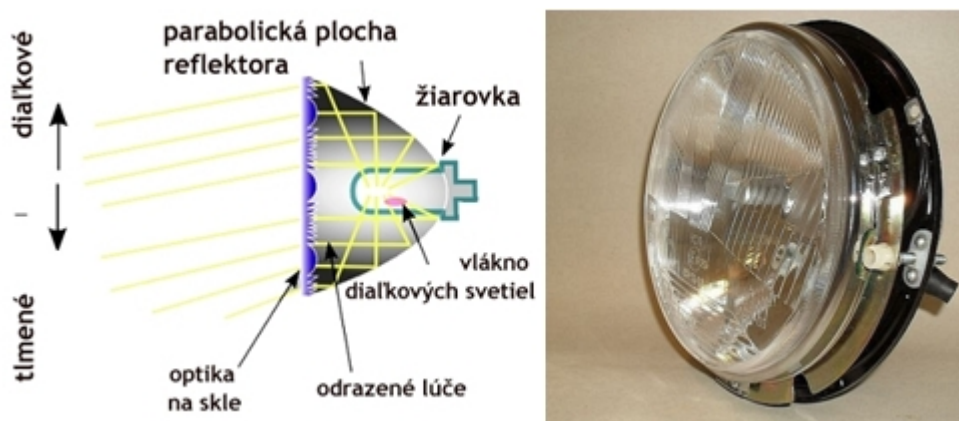
tento problém riešia prismetľovaním hmlovými svetlami alebo špeciálnym svetidlom integrovaným po stranách nárazníka. No a vývojovo najnovšie sú adaptívne inteligentné svetlomety riadené počítačom.

Delenie podľa vzniku lomu svetla

Delenie konštrukcie svetlometov podľa vzniku lomu svetla je nasledovné:

- lom svetla pomocou vrúbkovaného skla,
- lom svetla za pomoci paraboly s viacnásobnou odrazovou plochou,
- usmernenie svetla šošovkou.

a) parabolický svetlomet s optikou na skle a s parabolickou odrazovou plochou je najstarší a využíval sa do 90-tych rokov 20. storočia. Pri tomto spôsobe sa využívali vzory vytvorené pomocou formy na vnútornej strane krycieho skla svetlometu. Tieto vzory boli asymetrické a usmerňovali svetlo tak, aby v protismere dochádzalo len k osvetľovaniu vozovky, zatiaľ čo bližšia krajina bola osvetlená do výšky. Návrh svetlometu bol jednoduchý. V svetlomete sa používali buď klasické vákuové žiarovky alebo žiarovky plnené inertným plynom tzv. halogénové žiarovky. Tieto produkovali okrem svetla aj veľké množstvo odpadového tepla, ktoré sa koncentrovalo na parabole a krycom skle, takže svetlomety bolo nutné ochladzovať jazdou. Aj napriek tomu teplo spôsobovalo degradáciu odrazového materiálu svetlometu, dôsledkom čoho dochádzalo k začierňovaniu odrazovej plochy. Tá sa časom odlupovala a svetlá strácali svietivosť. Starší pamätajú, že návšteva technickej kontroly často mala za následok výmenu svetiel práve kvôli tomuto javu. Pri tomto type svetlometov sa prepínanie medzi stretávacími a diaľkovými svetlami riešilo dvojitém vláknom v žiarovke. Jedno vlákno je v žiarovke umiestnené tak, aby lúče po odraze od paraboly smerovali pod os svetlometu (stretávacie svetlá), druhé vlákno vytváralo lúče, ktoré smerovali rovnobežne s osou svetlometu (diaľkové svetlá). [3,4]



Obr. 1: Parabolický svetlomet s optikou na skle [4]

b) svetlomet s parabolou s viacnásobnou odrazovou plochou

Svetlomety využívajúce vrúbkovanú parabolou sa niekedy nazývajú aj svetlomety s čírou optikou, aj keď toto označenie nie je jednoznačné. K tejto technológii výroby svetlometov sa prešlo spolu s nástupom výkonných počítačov, ktoré umožnili spočítať a navrhnuť komplikované povrchy. Pri tejto technológii sa nevytvára rovnobežný zväzok lúčov, ktorý sa následne láme, ale už samotná parabola je vytvorená kombináciou rôznych komplikovaných plôch a drážok, na ktorých sa vytvára nesúbežný prúd lúčov. Krycie sklo svetlometu v tomto prípade plní len funkciu krytu zabraňujúceho vstupu vody a nečistôt do priestoru svetlometu, čo umožňuje zmenšiť jeho hrúbku, znížiť hmotnosť a teda i výrobné náklady.

Zavedením svetlometov s vrúbkovanou parabolou sa podarilo znížiť výrobné náklady svetlometov, ale ostali problémy s degradáciou odrazovej plochy, keďže sa stále využívala ako zdroj svetla bežná, v tomto prípade prakticky výlučne

halogénová, žiarovka.

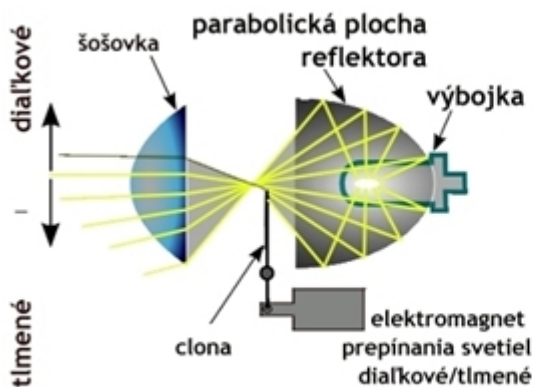
Prvé modely automobilov, v ktorých pôvodne boli montované svetlomety s vrúbkovaným sklom a neskôr svetlomety s vrúbkovanou parabolou, mali zväčša ponechané prepínanie diaľkových svetiel pomocou dvojvláknovej asymetrickej halogénovej žiarovky. Toto riešenie bolo zvolené z dôvodu priestorových nárokov, ktoré je pri oboch typoch svetlometov vhodné. Problematické v tomto prípade však je určiť vhodný tvar paraboly. V neskorších modeloch automobilov, ktorých karoséria bola designovaná s ohľadom na montáž rozmerných svetlometov, sa objavili svetlomety s dvoma čiastočne alebo úplne oddelenými parabolami, čo zjednodušilo návrh odrazových plošiek paraboly a rozložilo tepelnú záťaž. [3,4]



Obr. 2: Parabolický svetlomet s viacnásobnou odrazovou plochou [4]

c) bi-xenónové svetlomety sú svetlomety, kde zdrojom svetla je výbojka

Pri tomto systéme sa opäť využíva hladká parabola, avšak svetelný zdroj nie je umiestnený v ohnisku, ale je umiestnený tak, aby sa svetelné lúče pretínali v jednom bode na osi svetlometu pred svetelným zdrojom. Viac vpredu pred týmto bodom je umiestnená šošovka, ktorá zmenší rozbiehavosť lúčov. Aby sa dosiahlo správne osvetlenie vozovky a súčasne aby neboli protiidúci vodiči osľňovaní, je medzi parabolou a šošovku vložená clona vhodného tvaru, ktorá odcloní nežiaduce lúče.



Obr. 3: Projektorový reflektor [4]

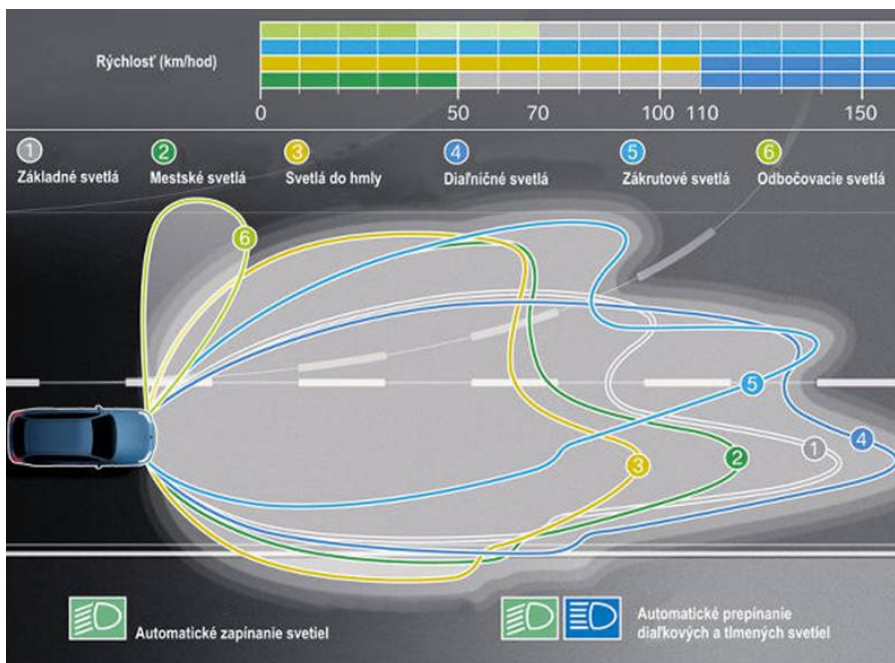
Vzhľadom k tomu, že lúče vychádzajú zo šošovky značne rozptýlené, je možné dostatočne osvetliť veľkú plochu pred vozidlom aj za použitia pomerne malého svetlometu, čo zásadným spôsobom minimalizuje rozmery svetlometov, prípadne umožňuje tento typ svetlometu kombinovať so svetlometmi s vrúbkovanou parabolou. Prvýkrát pri tomto usporiadaní došlo k masovému nasadzovaniu iných svetelných zdrojov a to zväčša Xenónových výbojok. Tieto výbojky majú malú spotrebu elektrickej energie, vyžarujú však oveľa intenzívnejšie svetlo, pretože len malá časť energie sa

premení na teplo. To umožňuje v niektorých prípadoch skonštruovať parabolu z plastických materiálov, na ktorých je nanosená tenká odrazová vrstva. Výbojky majú dlhú životnosť, ale vadí im časté vypínanie a zapínanie. Preto sa využívajú prakticky len v kombinácii so šošovkou, kedy prepínanie medzi tlmenými a diaľkovými svetlami je riešené buď elektrickým naklápaním celého telesa paraboly a šošovky, alebo posúvaním clony smerom nahor (väčšie clonenie - stretávacie svetlá) a nadol (menšie clonenie - diaľkové svetlá).

Malé rozmery tohto typu svetlometov umožňuje výrobcovi automobilu vytvoriť funkcie ako napríklad prisvetľovanie zákrut, kedy sa do svetlometov vstavajú dve dvojice Xenonových výbojok. Jedna dvojica, typicky vonkajšia, je pevná a svieti vždy v osi vozidla. Druhá dvojica svetlometov je otočná, pričom pri prejazde zákruty dostatočne malou rýchlosťou je svetlomet, ktorý je bližšie k vnútornému okraju zákruty, natočený tak, aby osvetlil cestu v zákrute. [3,4] Existuje aj kombinácia xenónového svetlometu s halogénovým svetlometom s vrúbkovanou parabolou. Vtedy xenónový svetlomet nemá clonu a slúži len ako stretávací svetlomet. Takýto svetlomet sa nazýva jednoducho xenónový svetlomet (bez predpony „bi“). Funkciu diaľkového svetla preberá svetlomet s halogénovou žiarovkou.

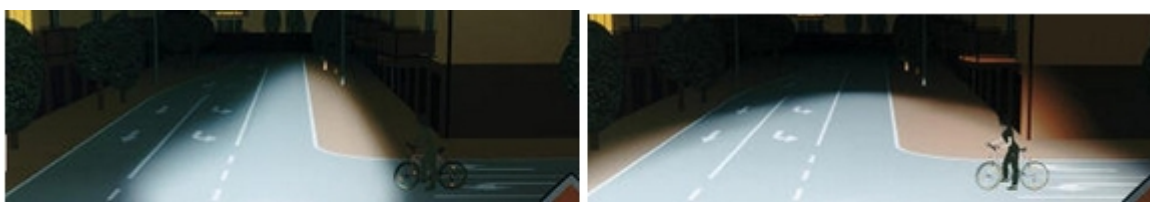
Inteligentné bi-xenonové svetlá

Jednotlivé automobilky vylepšili projektorové svetlomety takmer k dokonalosti. V nasledujúcom je popísaný princíp činnosti týchto adaptívnych svetlometov vybavených inteligentným riadiacim systémom, ktorý pri vysokej rýchlosti na diaľnici predĺži osvetlenú oblasť pred autom a lepšie osvetlí aj ľavý jazdný pruh. Pri jazde v meste rýchlosťou do 50 km/h tiež automaticky zväčší osvetlenú plochu do šírky a zlepší viditeľnosť objektov v protismere. Pri rýchlostiach jazdy do 70 km/h sa rozšíri a zlepší osvetlenie plochy blízko pred vozidlom zapnutím hmlových svetiel (obr.4). Systém variabilnej distribúcie svetla zahŕňa aj automatickú aktiváciu tlmených svetiel, napríklad pri vjazde do tunela, prípadne môže byť na želanie doplnený o systém nočného videnia Night Vision a asistenčný systém diaľkových svetiel. Infračervená kamera sníma obraz pred vozidlom a automaticky zapala a stlmuje diaľkové svetlá. Asistent reaguje aj na pouličné osvetlenie alebo vlak idúci po trati v blízkosti cesty. [5]



Obr. 4: Módy svietenia inteligentných bi-xenonových svetiel [8]

Príklady jednotlivých módov svietenia adaptívnych svetlometov sú na obr.5, 6, 7, 8. Musíme priznať, že takéto svietenie každopádne má priaznivý vplyv na bezpečnosť aktívnych aj pasívnych účastníkov cestnej premávky.



prehľad o situácii pred vodičom [8]



Obr. 6: Klasické svetlá (vľavo), odbočavacie svetlá (vpravo) natáčajú sa do strany [8]

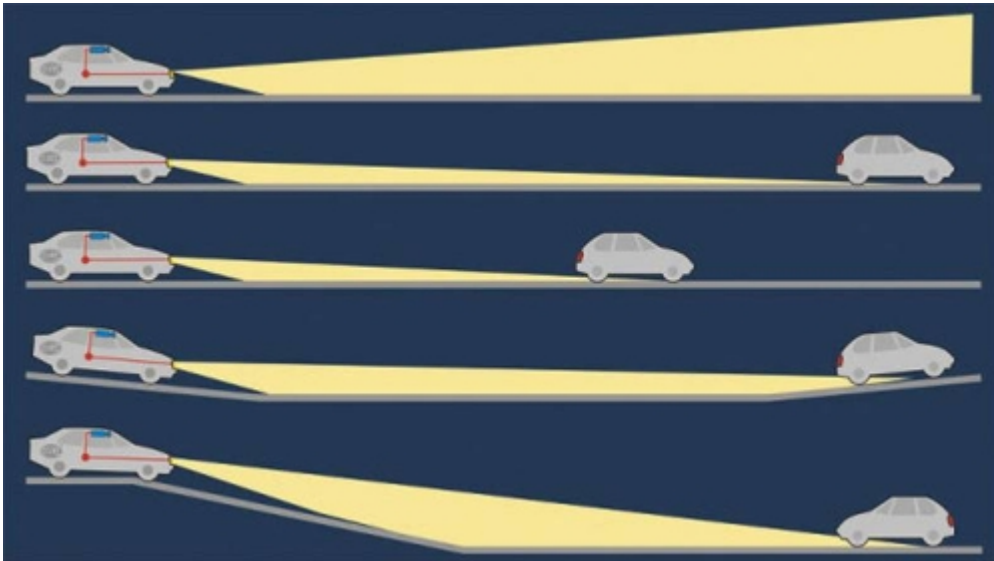


Obr. 7: Klasické svetlá (vľavo), zákrutové svetlá (vpravo) kužeľ smeruje v smere predpokladanej trasy [8]



Obr. 8: Klasické svetlá (vľavo), diaľničné svetlá (vpravo) dlhší dosah a rovnomernejšie osvetlenie vozovky [8]

Zaujímavým príkladom je aj koncept systému firmy HELLA, ktorý zabraňuje osvetleniu ostatných vodičov v závislosti od profilu reliéfu trasy vozidla. Príklad systému v rôznych fázach režimu jazdy je na obr. 9.



Obr. 9: Systém zabraňujúci oslneniu ostatných vodičov [8]

Full LED osvetlenie

Svetlo emitujúce diódy (Light Emitting Diode - LED, svetlo emitujúce diódy), ako sa tieto moderné zdroje svetla presne označujú, nachádzajú v poslednom období čoraz širšie uplatnenie. Okrem neustále rastúceho svetelného výkonu oslovujú moderné LED-ky predovšetkým nízkymi energetickými nárokmi, výrazne vyššou životnosťou a v neposlednom rade aj miniatúrnymi rozmermi. Príkladom v tomto smere je AUDI R8. Je prvým sériovým automobilom, ktorého hlavné čelné svetlomety sú zložené výhradne z LED diód. V každom hlavnom svetlomete modelu R8 je ich spolu až 54 a okrem obvyklého stretávacieho, resp. diaľkového svetelného lúča plnia tiež funkciu smeroviek a zabezpečujú aj atraktívne denné osvetlenie, ktoré sa v súčasných modeloch značky Audi stáva pomaly imidžovou záležitosťou. [6]

Nasledujúci popis dopĺňa informácie k obr. 10. Jednotlivé časti Full LED svetlometu sú:

- **Stretávacie svetlá:** individuálny zdroj stretávacích svetiel využíva 14 LED diód usmerňovaných tromi šošovkami pre lepšie osvetlenie vozovky;
- **Zaostrovacia šošovka:** prídavná plastická zaostrovacia šošovka je tvarovaná a povlakovaná tak, aby ňou prechádzajúce lúče vytvorili ostré ohraničenie plochy osvetľovanej stretávacími svetlami;
- **Denné svetlá/smerovky:** pás 24 LED diód umiestnený pod diaľkovými svetlami zabezpečuje denné svietenie a druhá sada diód nad diaľkovými svetlami plní funkciu smeroviek;
- **Zdvojené diaľkové svetlá:** diaľkové svetlo je generované dvojicou reflektorov, z ktorých každý pozostáva zo štyroch diód. [7]



Obr. 10: Full LED svetlomet [7]

Vývoj tvarov svetlometov

Staré známe príslovie, že v jednoduchosti je krása platí aj v automobilovom priemysle. Ešte si pamätáme časy, keď všetky autá v podstate od počiatku až do konca 70-tych rokov minulého storočia mali kruhové svetlomety. Jedinou z výnimiek bol už spomínaný Citroën 19 DS. Ten mal kruhové svetlomety skryté pod tvarovým krycím sklom. Trocha neskôr prišiel FIAT 125 Special, ktorý mal svetlomety štvorcového tvaru. Individualitu automobilu dovtedy určovali väčšinou predná maska, smerovky a tvar nárazníkov. [2]



Obr. 11: Ukážky riešenia svetlometov automobilov 60-80 -tych rokov [2]

Rozvoj technológií - nové riešenia

Čím to je, že dnes si každá modelová rada značky môže dovoliť mať vlastný tvarový svetlomet? Každopádne za to môže rozvoj technológií vstrekovania plastov, ako aj rozvoj technológií obrábania, ktoré nám umožňujú opracovať tvarové vložky foriem pre takéto tvarové komponenty. Technológie obrábania tvarových plôch sú úzko späté s nástupom CAD/CAM systémov v procese návrhu a výroby tvarov v automobilovom priemysle. Toto všetko rozviazalo ruky dizajnérom, ktorým bolo umožnené pohrať sa s týmito detailmi a priviesť ich k dokonalosti.

CAD/CAM systémom a s nimi súvisiacimi **Free-Form Surfaces** (voľné tvarové plochy) môžeme vďačiť za číre krycie sklá svetlometov a parabolám s viacnásobnou odrazovou plochou.

Pokiaľ pri klasických kruhových svetlometoch (obr.11) dochádzalo k lomu svetla za pomoci vrúbkovaného skla, pri súčasných svetlometoch (obr. 12) dochádza k lomu svetla na tvarových fazetách, ktoré tvoria viacnásobnú odrazovú plochu paraboly. Práve toto umožňuje použitie tvarového číreho krycieho plastu svetlometu. [2]

Počítačová podpora v procese návrhu a výroby

S nástupom CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing, počítačom podporované navrhovanie/ počítačom podporovaná výroba) riešení pri návrhu a výrobe tvarov automobilov sa autá začínajú individualizovať

tvarovými prednými svetlometmi, ktoré okrem stretávacieho a diaľkového reflektoru obsahujú aj smerovku príp. denné svetlo.

V nasledujúcom bude ukázané ako sa navrhujú tvarové plochy v CAD systéme **CATIA V5**. Pozrime sa na problematiku prechodu tvarov, ako sú predná kapota, blatník a predná maska. V súčasnosti sú to všetko tvarové plochy. Takto vyplnený priestor tvarovou plochou nazývame „guľatý roh“. V definícii programu **CATIA** je funkcia **Fill** (vyplň plochou) definovaná ako možnosť vyplnenia priestoru troch až šiestich hraničných kriviek plôch (v našom prípade radiálnych plôch) tvarovou plochou nazývanou „guľatý roh“. Ak to prevedieme do praxe, sú to napríklad predné svetlomety, ktoré esteticky spájajú už spomínanú kapotu, blatník a prednú masku automobilu. Základné ukážky použitia konštrukcie „guľatého rohu“ sú na nasledujúcich obrázkoch. [1]

Typickým príkladom konštrukcie guľatého rohu je riešenie tvaru predných svetlometov modelov Renault Thalia a Ford Focus zo začiatku tohto storočia.

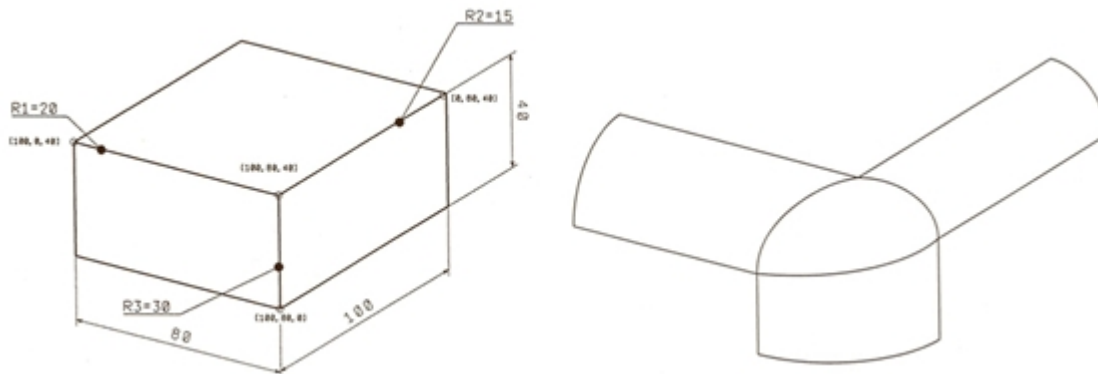


Obr. 12: Typické riešenie prechodu plôch guľatým rohom [2]

V nasledujúcom bude ukázané ako sa dajú riešiť rôzne prechody v SW **CATIA V5** za pomoci funkcií povrchového modelovania.

Zadajme si jednoduchú úlohu. Vyplňme na povrchovom modeli kvádra priestor ohraničený tromi hranicami prislúchajúcimi tromi radiálnymi plochami (rôznych rádiusov) tvarovou plochou („guľatým rohom“, obr.13).

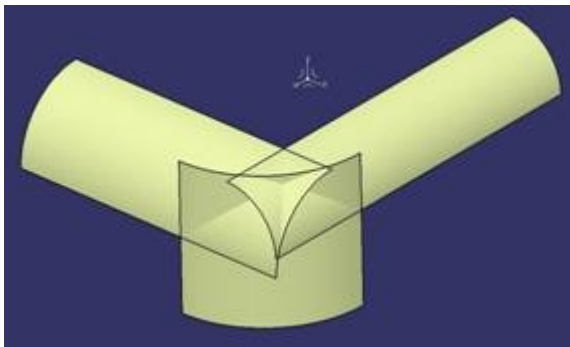
Na obrázku 13 je grafické zobrazenie zadefinovanej úlohy. Spojením jednotlivých rovinných plôch drôťového modelu vytvoríme 3 radiálne plochy troch rôznych rádiusov (obr.14). Očakávaným výsledkom bude nasledovný tvar výplne „guľatý roh“ (obr. 13, 15) [1]



Obr. 13 Zadanie príkladu a očakávané riešenie "ostrý guľatý roh" [1]

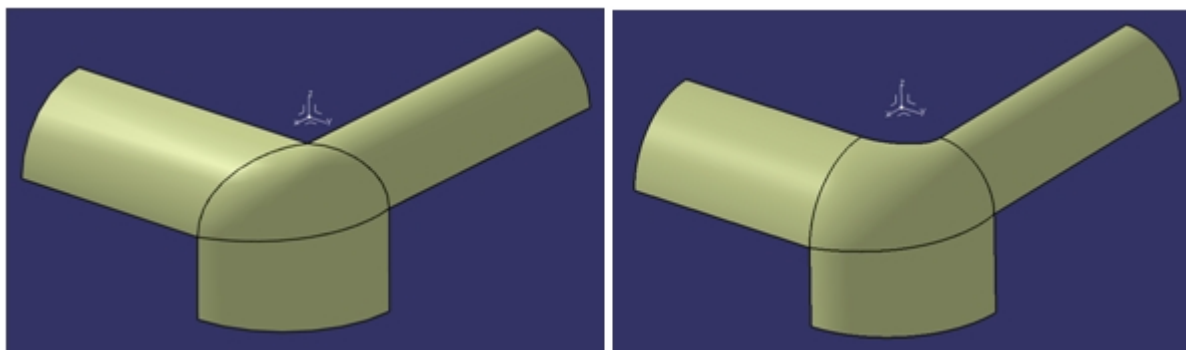
Guľatý roh - základná konštrukcia povrchového modelovania

Nebudeme podrobne popisovať topológiu tvorby modelu, ale skôr sa zameriame na možné variácie riešenia úlohy – získania požadovaného tvaru.



Obr. 14: Východzí stav nasledujúcich riešení [1]

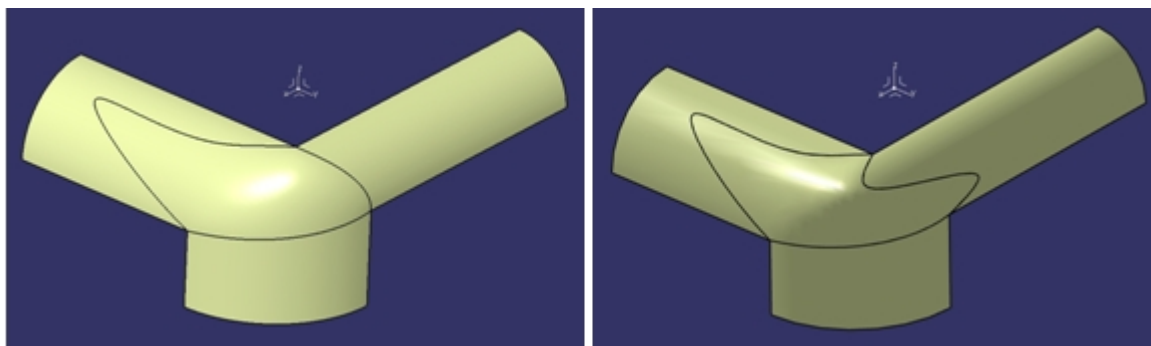
Stav na obrázku 14 bude východzím stavom nasledujúcich riešení. V ďalšom namodelujeme krivky, ktoré budú prináležať jednotlivým radiálnym plochám a budú spájať priesečníkové body jednotlivých plôch. Tieto krivky sa stanú hraničnými krivkami radiálnych plôch (obr. 15 vľavo). Inou veľmi podobnou konštrukciou je tzv. tupý guľatý roh. Vrchný prechod medzi koncovými bodmi hraničných kriviek vyriešime pomocou krivky na horizontálnej ploche (obr. 15 vpravo). V podstate ide len o zmenu ohraničenia tvaru guľatého rohu. [1]



Obr. 15: Tvorba tzv. ostrého (vľavo) a tupého (vpravo) guľatého rohu [1]

Využitie konštrukcie „guľatého rohu“ v praxi

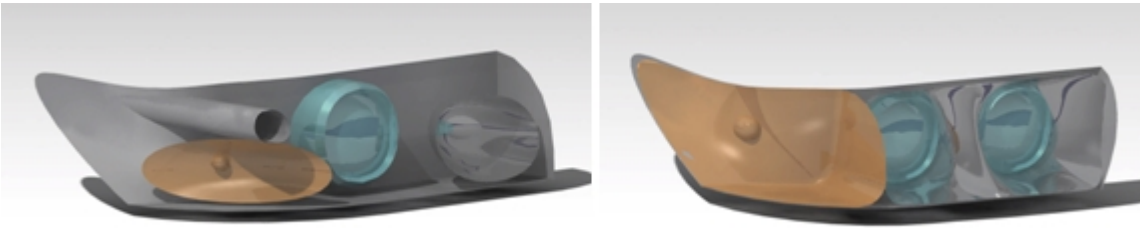
V nasledujúcom vytvoríme hraničné krivky na radiálnych plochách tak, že im vnútime body na povrchu plochy, ktorými musí krivka prechádzať. Tieto riešenia nám už pripomínajú tvary krycích skiel svetlometov súčasných automobilov (obr. 16).



Obr. 16: Modifikácia tvaru vnútením bodov na povrchu, ktorými musí krivka prechádzať [1]

Príklady tvarovania pomocou „guľatých rohov“ v prípade tvarov predných svetlometov automobilov sú na obr. 17.

Individualizácia automobilov tvarom svetlometov ako už bolo spomínané v úvode článku, nebola ešte pred pár desaťročiami možná. Umožnili to CA.. (počítačom podporované) prístupy navrhovania a výroby a nové technológie a materiály. [1]



Obr. 17: Ukážky riešení predných tvarových svetlometov automobilu v CATIA V5 [1]

Diskusia

Cieľom článku bolo oboznámenie sa s princípom fungovania automobilových svetlometov. Historický prierez vývoja ukázal na genézu vývoja funkčnosti svetlometu so stále sa zvyšujúcimi nárokmi na svietenie v rôznych fázach režimu jazdy. Vrcholom ponuky automobiliek sú inteligentné adaptívne svetlomety automobilov. V ďalšom bolo poukázané na využitie počítačového modelovania pri návrhu svetlometov automobilov.

Adaptívne svetlomety sú veľkým príspevkom k zvýšeniu bezpečnosti automobilov. V súčasnosti sú síce spomínané prvky doménou automobilov vyššej strednej triedy ale pri stále klesajúcej cene elektronických výrobkov sa dá čoskoro očakávať ich využitie aj v nižšej strednej triede. Čo sa úspory energie týka budúcnosť majú LED svetlomety s nízkou spotrebou, dobrou svietivosťou a minimálnou tepelnou záťažou na plastový výlisok svetlometov. Celá problematika svietenia sa dá porovnať s protiblokovacím systémom bŕzd ABS (Anti Blocking System). Pred pár rokmi sa montoval len do vybraných kategórií automobilov vyššej strednej triedy. V súčasnosti je ABS povinnou výbavou všetkých novovyrobáných automobilov. Myslíme si, že adaptívne svetlomety majú podobnú budúcnosť.

Článok bol vypracovaný realizáciou projektu Centrum výskumu riadenia technických, environmentálnych a humánných rizík pre trvalý rozvoj produkcie a výrobkov v strojárstve - na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatura

[1] FABIAN, M.; BOSLAI, R. „Kulatý roh“ jedna ze základních konstrukcí povrchového modelování. *IT CAD*, 2011, Vol. 21, no. 1, p. 46-49. ISSN 1802-0011.

[2] Prierez históriou vývoja reflektorov. *MOT'or : nová technika*, 2011, č. 2, s. 8-11. - ISSN 1336-4200.

[3] Svetlomet (automobil). *Wikipédia* [online] [cit. 2011-01-17]. Dostupný z WWW: <[http://sk.wikipedia.org/wiki/Svetlomet_\(automobil\)](http://sk.wikipedia.org/wiki/Svetlomet_(automobil))>.

[4] *Autolexicon.net* :.technický slovník [online] [cit. 2011-01-17]. Dostupný z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/search/?q=svetlomet>>.

[5] *auto.sme.sk* [online] [cit. 2011-01-17]. Dostupný z WWW: <<http://auto.sme.sk/c/3458024/inteligentne-svetla-od-bmw.html>>.

[6] Full-LED osvetlenie v Audi R8. *autoindex.sk* [online] [cit. 2011-01-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.autoindex.sk/aktualne/technika/full-led-osvetlenie-v-audi-r8>>.

[7] Audi R8 LED Headlights - Tech Dept. : will halogen headlights diode out [online]. *Car and Driver*, 2010 [cit. 2011-01-17]. Dostupný z WWW: <http://www.caranddriver.com/features/09q3/2010_audi_r8_led_headlights-tech_dept>.

[8] Adaptívne svetlomety : a buď svetlo. *Autoviny* [online], 26.07.2008 [cit. 2011-06-07]. Dostupný z WWW: <<http://autoviny.zoznam.sk/gl/544/2/Adaptivne-svetlomety--A-bud-svetlo->>.

Vzorová citace

FABIAN, Michal; FABIANOVÁ, Jana. Vývoj automobilových reflektorov a bezpečnosť jazdy v noci. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2011, roč. 4, č. 2. Dostupný z WWW: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2011/auto-reflektory.html>>. ISSN 1803-3687.

Autor článku:

[Ing. Jana Fabianová, Ph.D.](#)

[Ing. Michal Fabian, Ph.D.](#)