

# Proces výroby prototypu karosárskych dielov s ohľadom na dizajn osobného automobilu

Adrián Vodilka <sup>1</sup>, Simona Hlavatá <sup>1</sup>, Martin Pollák <sup>1</sup>, Marek Kočiško <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technická univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove  
Bayerova 1, 080 01 Prešov, Slovensko  
[adrian.vodilka@tuke.sk](mailto:adrian.vodilka@tuke.sk)

**Anotácia:** Automobilový priemysel patrí k najvýznamnejším svetovým výrobným odvetviam. Výroba karosárskych dielov je významná v rámci ekosystému výrobných podnikov spolupracujúcich na výrobe súčiastok automobilov. Karosárske diely sú v súčasnosti produkty na špičkovej technologickej úrovni, pričom ich výroba musí spĺňať vysoké požiadavky na kvalitu a presnosť. Karoséria automobilu je zložená z veľkého počtu pohľadových, štruktúrnych a platformových dielov a každý z nich musí byť vyrobený v priemere 6 samostatnými lisovacími nástrojmi. Z tohto dôvodu je výroba karosárskych dielov časovo a finančne náročná. V predvýrobnej etape karosárskych dielov je potrebné vyrobiť prototypové karosárske diely, ktoré je možné digitalizovať s využitím techník reverzného inžinierstva.

## 1 Úvod

Automobily sú sériovo vyrábané už viac ako 100 rokov. Tradičné automobilové spoločnosti si prešli dlhým vývojom. Každá automobilová spoločnosť vyrába automobily svojím spôsobom a každá je niečím výnimočná. Napriek dlhoročným skúsenostiam v určitých odvetviach automobilovej výroby, stále je možné výrobu zlepšovať a tým znížiť výrobné náklady. K týmto odvetviam patrí aj nástrojárstvo a proces lisovania karosárskych dielov.

Výroba karosárskych dielov predstavuje nemalé náklady na výrobu vozidla. Najväčší podiel na tom má kvalita lisovacích nástrojov. Aj ten najmenší karosársky diel je vyrábaný v priemere šiestimi lisovacími operáciami. Každá lisovacia operácia predstavuje spravidla jeden lisovací nástroj. Pri celkovom počte karosárskych dielov iba jedného modelu to predstavuje veľký počet nástrojov. Cieľom výrobcov lisovacích nástrojov je vyrábať nástroje v čo najvyššej kvalite, čo najspoľahlivejšie a za čo najnižšiu cenu.

## 2 Dizajn osobného automobilu

Dizajnu automobilu predchádza niekoľko etáp, ktoré zároveň platia aj pre výrobu samotných dielov automobilu. Prvou etapou je plánovanie produktu a identifikácia zákazníckych požiadaviek a potrieb. Ďalšou je analýza trhu a

príprava špecifikácie produktu. Nasleduje koncepčný návrh zahŕňajúci návrh niekoľkých variantov, analýzy, hodnotenia variantov a výberu variantu. [2]

V etape koncepčného návrhu produktu sa začína premýšľať nad následným dizajnom produktu a po výbere variantu sa postupne začne s jeho dizajnom. Pri snahe o výrobu dielu je na začiatku dôležité vytvoriť prototyp súčiastky. Na začiatku tvorby dizajnu automobilu sa vytvára prototyp samotného automobilu. Neskôr sa z neho odvádza dizajn samotných dielov automobilu. Platí to aj pri karosárskych dieloch. Pri nových výrobkoch je nutné modely (prototypy) testovať, pretože niekedy konštrukčné chyby a iné nedostatky neodhalí ani najdokonalejšia softvérová simulácia. Konštrukciu produktu a jeho zmeny je potrebné vykonať do zahájenia výroby a odhalenie chyby v etape konštruovania je najvhodnejšie, neskôr rastú náklady na chybu. Výrobu prototypov je potrebné správne integrovať do priebehu vývoja produktu. V počiatočnej fáze vývoja slúžia prototypy na dizajnérske štúdie, prezentáciu výrobku zákazníkovi a ergonomické štúdie a vďaka nim je možné získať priebežné informácie o potrebných nástrojoch a strojoch potrebných pre následnú sériovú výrobu. V nasledujúcich etapách vývoja slúžia prototypy na otestovanie funkčnosti výrobku, zložitosti montáže, nájdenie možných kolízií a overenie zmontovateľnosti. Prípravu prototypov je možné rozdeliť do troch kategórií:

- Substraktívne metódy - konvenčné metódy výroby prototypov obrábaním, najmä s využitím CNC obrábania; často je to rýchle, jednoduché a efektívne riešenie,
- Virtuálne prototypy – výstupom sú počítačové dáta bez fyzického modelu, slúžia najmä na posúdenie vzhľadu produktu bez posúdenia funkčných charakteristík, vhodné na propagáciu, marketing a reklamu
- Aditívne metódy výroby prototypov – Rapid prototyping (RP), možnosť rýchleho a automatizovaného zhmotnenia nápadov a výroby celého radu upravených vzoriek a konštrukčných usporiadaní bez nutnosti výroby foriem a nástrojov. [2]

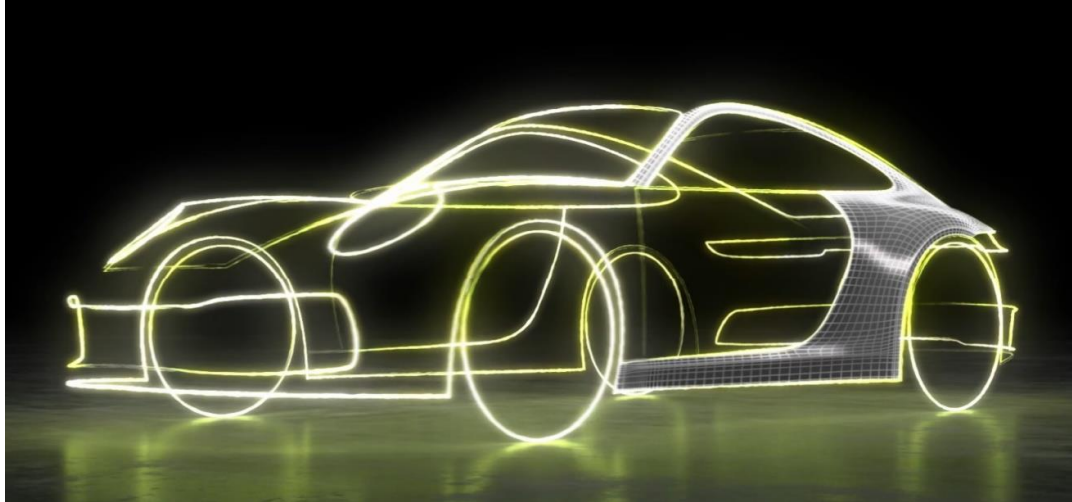
V etape dizajnu je potrebné prácu konzultovať s oddeleniami prípravy výroby nástrojov pre overenie vyrobiteľnosti dielov a konzultáciu doporučených zmien. Rovné plochy vozidla sú pri výrobe karosárskych dielov nežiaduce.

### **3 Karosárske diely automobilu**

#### **3.1 Pohľadové diely**

Pohľadové diely karosérie sú pri výrobe automobilov kľúčové a ovplyvňujú prvý dojem a celkový pocit z pohľadu na automobil. Pohľadové diely je potrebné opakovateľne vyrábať vo vysokej kvalite v tolerancii ukazovateľov kvality, vyššej než u štrukturálnych a platformových dielov. Berie sa ohľad na dotykové plochy, ich konštrukčné prevedenie, polohy a vzájomné väzby.

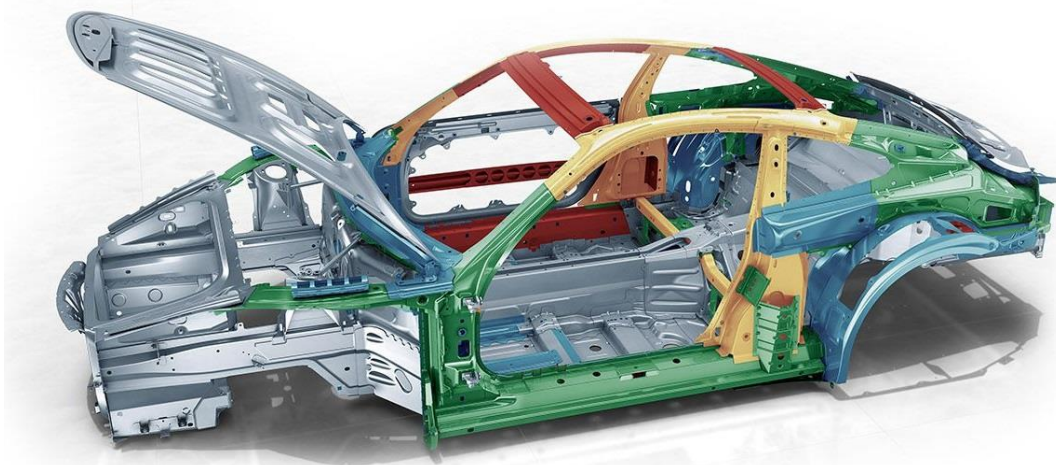
Priebeh krivosti povrchu dielov musí byť plynulý a v rámci matematického priebehu kriviek podľa možnosti jednoduchý. Dbá sa aj na kvalitu, plynulosť a uhol dizajnových hrán automobilu. Pohľadové diely sú odvíjané z CAD modelu, alebo z laminátového dielu. Ostatné časti dielov sú modelované konštruktérmi. Pohľadové diely majú najčastejšie pohľadovú a určitú časť štrukturálnu, ktorá nie je pri pohľade na hotový automobil viditeľná.



Obrázok 1 - Pohľadový diel bočnice automobilu Porsche [7]

### 3.2 Štrukturálne diely

Štrukturálne diely plnia dôležitú úlohu v rámci stavby karosérie automobilu a sú umiestnené v rámci štruktúry karosérie, pričom nie sú viditeľné pri pohľade na hotový automobil. Nároky na kvalitu týchto dielov sú v porovnaní s pohľadovými dielmi nižšie pričom musia spĺňať určené hodnoty ukazovateľov kvality, napr. krivostný priebeh, veľkosť uhlov, hrúbka plechu a pod. Štrukturálne diely a ich zložitejšie tvary plnia aj bezpečnostnú funkciu a ich fyzikálne a tvarové vlastnosti musia napomáhať dosahovaniu požadovaného pretvorenia, pružnosti a pevnosti počas havárie automobilu. Štrukturálne diely často plnia funkciu výstuže pohľadových dielov.



Obrázok 2 - Karosárske diely automobilu Porsche 911 Turbo S [8]

### 3.3 Platformové diely

Platforma je spoločná základňa viacerých modelov automobilov s rovnakými časťami dielov pričom jeden dizajn dielov môže byť použitý v celom rade rôznych vozidiel. V minulosti tvorilo spoločnú platformu viacero automobilov rám, ku ktorému sa pripevňovali karosérie v rôznych prevedeniach. Súčasné platformy tvoria základ dizajnu automobilu s konkrétnym spôsobom usporiadania strojového spodku automobilu. Modulárna platforma šetrí unifikovaním karosárskych dielov výrobcom automobilov významné množstvo peňazí a času počas vytvárania nového automobilu. Pod pojmom modulárnosť platformy je myslený stavebnicový systém umožňujúci flexibilitu pri výbere dĺžky, výšky a šírky vozidla s využitím spoločných dielov základne. Od modulárnej platformy sa ďalej odvíja a vytvára dizajn nového vozidla. Vozidlá s rovnakou platformou môžu často byť vyrábané na rovnakej montážnej linke a zdieľajú veľa spoločných dielov, ktoré môžu byť lisované vo väčších množstvách naraz. Výrobcovia automobilov vyvíjajú platformy svojím vlastným spôsobom a často ponúkajú platformu svojej značky iným výrobcom, ktorých prenájom a kúpa znalostí o technológii platformy stojí menej zdrojov než v prípade vývoja vlastnej platformy. Platformy majú dlhú životnosť a môžu sa prispôbovať budúcim technológiám. Využívanie modulárnej platformy má svoje obmedzenia a jeden výrobca prakticky stále potrebuje viacero platforiem na pokrytie všetkých modelov svojej značky. Platformy musia taktiež spĺňať predpisy rôznych krajín, kde sa budú vozidlá predávať. Dizajnéri musia taktiež dosahovať napriek spoločnej platforme unikátnosť a zosobnenosť každého vozidla a modely nemajú vzbudzovať dojem kopírovania rovnakého dizajnu. [9][10]

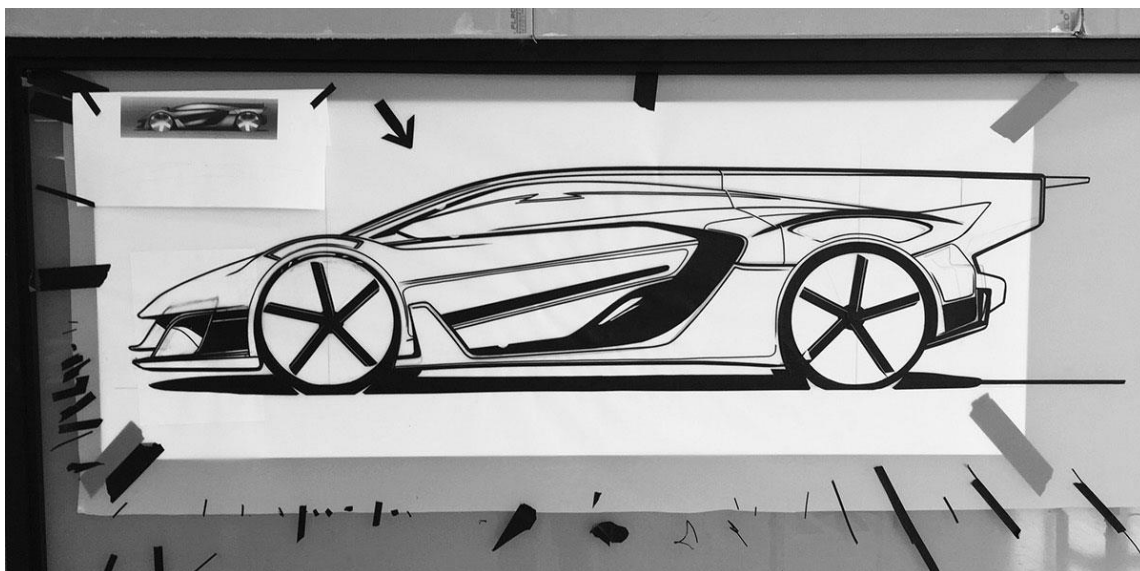


Obrázok 3 - Modulárna platforma automobilky Subaru [9]

## 4 Výroba prototypov karosárskych dielov

### 4.1 Páskové modely

Páskové modely automobilu patria k hlavným krokom vývoja automobilu. Jedná sa o dvojrozmerné modely na ploche tvorené v skutočnej mierke automobilu. Vďaka nim je možné znázorniť a uviesť principiálne krivky charakterizujúce základné obrysy, krivky a dizajnové hrany automobilu a jeho karosérie. Počas tvorby páskových modelov je využívaná čierna fotografická páska nanášaná na kresliacu plochu. K nevýhodám tvorby fyzických páskových modelov patrí strata rozlíšenia a detailov páskového modelu pri prenose do elektronického formátu, najmä na využitie CAx systémami. Páskové modely sa môžu tvoriť aj virtuálne. S dobre vybaveným pracoviskom je možné trackerom nanášať virtuálne pásy na veľkoplošnú obrazovku. Bol vytvorený systém na vytváranie kvalitného a presného 3D páskového modelu (3D kriviek) s využitím viacerých 2D páskových modelov z rôznych uhlov. [2]



Obrázok 4 - Páskový model Bell and Ross AeroGT [11]

### 4.2 Počítačové modelovanie

Ďalším spôsobom tvorby dizajnu automobilu je počítačové modelovanie s využitím CAD systémov. Ako podklad je možné využiť páskové modely a štandardne sa s nimi pracuje v NURBS modelovacích CAD systémov. NURBS modelovanie závisí na povrchoch (surface) tvorených pomocou kriviek. Po vytvorení objektov z NURBS kriviek a plôch sa s nimi môže ďalej pracovať vyhladením a inými funkciami konkrétneho softvéru. Výhodou je možnosť využitia textúr, osvetlenia, animácie objektov vo videu, simulovania pohybu vozidla, zobrazenie automobilu v rôznych pohľadoch a pod. [2][6]

### 4.3 Modelovanie hlíny

Dôležitou metódou tvorby dizajnu automobilu je výroba fyzických modelov z hlíny pomocou ručného modelovania. Štandardne sa kvôli obsahu vody a



zmršťovaniu nepoužíva keramická hlina, jej využitie je v prototypovej výrobe pri vytváraní jednorazových foriem. Používanou je plastická hmota s viazaním plniva voskom, spevňovacími činidlami a tukom. Tento materiál má vlastné chcené špecifické vlastnosti. Hmota je pri vystavení izbovej teploty tuhá, po zahriatí na 60 až 70 °C získava tvárnosť a ochladením stvrdne. Po stvrdnutí je možné materiál obrábať, leštiť a farbiť. Tieto hmoty sú opakovateľne použiteľné a sú mechanicky obrobiteľné, no majú vyššiu cenu a s vysokou hustotou pri 1,5 kg/dm<sup>3</sup> majú veľkú hmotnosť. Modelárska hlina sa využíva najmä pri vývoji dizajnu prvotného fyzického modelu automobilu. [2]

Hlinený model umožňuje prezentovanie ideí dizajnéra vizuálnou formou fyzickým objemovým modelom. Umožňuje prehodnotiť spôsob prevedenia častí automobilu, vyskúšanie rôznych obmien v ďalších verziách modelu a získanie lepšieho obrazu o veľkosti, pomeroch a charaktere dizajnu. Na modelovanie sú podobne ako pri počítačovom modelovaní používané ako zdroj informácií výkresové a konštrukčné skice, matematické údaje a konzultáciou s dizajnérom. Prvý model sa vytvára v mierke 1:5 a ďalší v pomere 1:1. Veľa námahy pri tvorbe hlinených modelov zaberie dosiahnutie symetrie medzi dvoma polovicami vozidla. Finálny povrch vymodelovaného vozidla je poťahovaný tenkou plastickou membránou Dynoc simulujúci odraz svetla lakom automobilu. Pre dosiahnutie správneho osvetlenia sa kvalita povrchov overuje vonku za denného svetla. Takto nanosený materiál vyzerá ako skutočná nalakovaná karoséria a v praxi sa ním často nanáša len polovica modelu. Hotový model slúži na hodnotenie kvality povrchov, kontrolu tvaru karosérie, overenie celkového dojmu a veľmi presné testovanie. Overuje sa najmä aerodynamika vozidla, možné zníženie a vyladenie aerodynamického odporu a overenie objemu prívodu vzduchu na chladenie mechanických častí automobilu. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**[4]



Obrázok 5 - Hlinený model automobilu Jaguar C-X16 [12]

Nosná konštrukcia je používaná pri výrobe modelu v skutočnej mierke a skladá sa z ľahkých a pevných materiálov. Základný obrys automobilu je vyrobený z dobre opracovateľných materiálov ako sú drevo a pena. Na základ je ručne nanášaná modelárska hlina a snahou je približovať sa výkresovej predlohe. Dizajnéri môžu modelovať podľa predlôh, alebo experimentovať a modelovať voľne. Ak je pred výrobou fyzického modelu hotový CAD model, fyzický hlinený model môže byť vytvorený obrábaním CNC obrábacími strojmi. V tomto prípade sa fyzický model vytvára na konci vývoja vozidla a na posúdenie povrchov a tvarov modelu slúži virtuálna realita. Hotový hlinený model je pomocou reverzného inžinierstva s využitím skeneru digitalizovaný do mraku množstva bodov a sú matematicky vytvárané plochy. Po doladení jednej polovice modelovacou rukou je povrch znova zosnímaný a slúži na vytvorenie symetrie s druhou polovicou. [5]

## 5 Výroba laminátových prototypov karosárskych dielov

Výroba laminátových dielov je metóda výroby dielov škrupinovitého tvaru a je dôležitá pri výrobe prototypov dielov karosérie. Keď je dizajn vozidla hotový, nasleduje etapa výroby samotných dielov automobilu. Hotový hlinený model je digitalizovaný a vznikne CAD model automobilu. Pre výrobu karosárskych dielov sa využíva CAD model povrchu a laminátových dielcov. Zadebnením hlineného modelu vznikne forma s dutinou, do ktorej je naliata formovacia zmes. Tá dostane tvar karosérie a po niekoľkých hodinách stvrdne. Takéto formy neskôr slúžia na výrobu prototypov karosárskych dielov z laminátu. [5]



Obrázok 6 - Laminátový diel kapoty z uhlíkového kompozitu [2]

Laminátový diel vyrobený z hlineného modelu zahŕňa iba vonkajší povrch karosérie a nezahŕňa rôzne zahnutia a iné dôležité prvky karosárskeho dielu. Nepohľadové časti karosárskych dielov je potrebné správne skonštruovať. Tieto časti ovplyvňujú funkčnosť karosérie v oblasti bezpečnosti, mechanických vlastností a pod. Diely sú konštruované s ohľadom na ich dobrú vyrobiteľnosť. Rôzne karosárske diely môžu mať rôzne hrúbky plechu v rámci jedného automobilu. Počas ťahania plechu v rámci ťahovej operácie sa hrúbka plechu v určitých miestach zníži, pričom stále musí opakovateľne dosahovať hrúbku v rámci určenej tolerancie.

## 6 Záver

Článok je zameraný na výrobu prototypov karosárskych dielov v predvýrobnej etape. Uvedené postupy je možné uplatniť pre výrobu fyzických modelov karosárskych dielov, ktoré je možné následne digitalizovať s využitím techník reverzného inžinierstva. Takto digitalizované diely je možné rekonštruovať pre výrobu CAD modelov karosárskych dielov. Tieto 3D modely sú následne využité pri výrobe konštrukcie karosárskych dielov, z ktorých sa odvíja aj povrch a zložitosť lisovacích nástrojov a bez ktorých nie je možné karosárske diely automobilu vyrábať.

## Podakovanie

Článok bol realizovaný vďaka finančnej podpore z projektu VEGA 1/0026/19 a projektu KEGA 038TUKE-4/2021.

## Použitá literatúra

- [1] VODILKA, A. Analýza voľného odpruženia hliníkových výliskov a rekonštrukcia výlisku po lisovacej operácii. Prešov, 2020. Diplomová práca.
- [2] BABJAK, Š: Základy navrhovania výrobkov pre automobilový priemysel. Košice: TUKE, 2010. 125s. ISBN 978-80-553-0564-6.
- [3] VASILKO, K: História a vývoj techniky. 3. Vydanie. Prešov: FVT TUKE, 2014. 541s. ISBN 978-80-553-0875-3.
- [4] KENDER, Š: Tvorba hlineného modelu automobilu. In : Transfér inovácií. Roč. 12, č. 13 (2009). s. 249-250. ISSN 1337-7094.
- [5] KENDER, Š: Výroba hlinených modelov automobilov. In : Transfér inovácií. Roč. 12, č. 13 (2009). s. 251-253. ISSN 1337-7094.
- [6] DERAKHSHANI, D: Maya průvodce 3D grafikou. 1. vydanie. Praha: Grada Publishing. 2006. 428s. ISBN 8024712539.
- [7] Porsche Werkzeugbau. [online]. [11.3.2020]. Dostupné na internete: <http://www.porsche-werkzeugbau.com/pwb/de/>
- [8] Karoseria 911 Turbo S [online]. [10.3.2020]. Dostupné na internete: <https://porsche.sk/nove-vozidla/modely-porsche/911/911-turbo-s/v-detailu/5325>
- [9] Platforma. [online]. [4.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.autolexicon.net/sk/articles/platforma/>
- [10] How It Works: Modular Vehicle Platforms. [online]. [4.3.2020]. Dostupné na internete: <https://driving.ca/subaru/column/how-it-works/how-it-works-modular-vehicle-platforms>
- [11] Bell and Ross AeroGT Concept - Tape drawing. [online]. [11.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.carbodydesign.com/image/68540/>
- [12] Jaguar C-X16 concept clay model. [online]. [11.3.2020]. Dostupné na internete: <https://www.motor1.com/news/31770/jaguar-c-x16-concept-clay-model-headed-to-clerkenwell-design-week/>