

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

ZHODNOCENÍ VYBRANÝCH ZPŮSOBŮ VÝROBY NEKONVENČNÍCH KAROSÉRIÍ

Dita TELLÁROVÁ

Vedoucí práce:

Ing. Josef Bradáč, Ph. D.

Tento list vyjměte a nahrad'te zadáním bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil(a) autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne

V první řadě bych ráda poděkovala vedoucímu práce panu Ing. Josefu Bradáčovi Ph.D. za odborné vedení, poskytnutí cenných rad a zapůjčení potřebné literatury. Dále bych chtěla vzdát velké díky panu Ing. Martinu Kadlecovi za námět k této bakalářské práci, poskytnutí podkladů a odborných konzultací, jež velmi přispěly ke zvýšení kvality této tvorby. Mé poděkování náleží i panu Dlouhému za odbornou deskripci výrobních metod závodních karosérií. Dále bych chtěla poděkovat firmě Škoda Auto a. s. a jejím zaměstnancům, kteří tento nápad podpořili a pomohli mi jej zrealizovat. A v neposlední řadě děkuji rodině za nesmírnou trpělivost a podporu při studiu.

Obsah

Úvod	8
1 Automobilová karosérie	10
1.1 Základní požadavky na automobilovou karosérii.....	10
1.2 Členění vozidel dle typu karosérie	11
1.3 Struktura automobilové karosérie.....	15
1.4 Antikorozní ochrana karosérie.....	19
1.5 Materiály využívané pro výrobu automobilových karosérií	20
1.6 Technologie spojování karosérií.....	24
2 Charakteristika osobní a závodní karosérie	28
2.1 Bezpečnostní rám	29
2.2 Odlišné prvky soutěžní karosérie	35
3 Porovnání vybraných způsobů výroby závodních karosérií	37
3.1 Metoda postupné stavby závodní karosérie	37
3.2 Metoda kompletní přestavby sériové karosérie	40
4 Zhodnocení a výběr optimální metody	43
Závěr	47
Seznam literatury	49
Seznam obrázků a tabulek.....	51

Seznam použitých zkratk a symbolů

ASN	Kanadský národní motorsport orgán
a. s.	Akciová společnost
Ar	Argon
BH	Bake Hardening Steels
CAD	Computer Aided Design
CMn	Carbon-manganese steels
CO ₂	Oxid uhličitý
CP	Komplexní fázové oceli
ČSN	České technické normy
DP	Nízkouhlíkové dvoufázové oceli
EHK	Evropská hospodářská komise
FB	Feriticko-bainatické oceli
FIA	Mezinárodní automobilová federace
He	Helium
HF	Hot-form
HSLA	High-Strength Low-Alloy
IF	Interstitial Free Steel
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
kg	Kilogram
m	Metr
mm	Milimetr
ME	Měření emisí
MPa	Megapascal
MPV	Víceúčelové vozidlo (Multi-utility vehicle)

MS	Martenzitické oceli
OSN	Organizace spojených národů
STK	Stanice technické kontroly
SUV	Sportovně užitkové vozidlo

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá vybranými způsoby výroby závodních karosérií, jejichž stavba je o něco náročnější než u osobních sériových automobilů. Závodní vozy jsou při jízdě mnohem více zatěžovány, a proto je kladen velký důraz nejen na výkon vozu, ale také na pevnost a tuhost karosérie, která musí být odolná vůči nárazům a deformacím. S karosérií je také velmi úzce spojena bezpečnost posádky, neboť je všeobecně známo, že s pokročilou moderní technikou se v automobilových soutěžích dosahuje stále vyšší rychlosti, jenž může vést ke vzniku vážných nehod. A právě z těchto důvodů se podle předpisů Mezinárodní automobilové federace FIA do sportovních karosérií vkládá bezpečnostní rám, který by měl zajistit dostatečnou ochranu pro pasažéry uvnitř vozu. Tento prvek pasivní bezpečnosti lze vložit do karosérie dvěma způsoby. Každá varianta sebou nese své výhody, ale také jisté nevýhody. Ovšem výsledek obou pracovních postupů musí být naprosto totožný. Pro tuto práci byl vybrán model závodního vozu Fabia R5, který má za sebou již mnoho úspěšných soutěží. Firma Škoda Auto a. s. začala tento vůz vyvíjet počátkem roku 2014 a 1. dubna 2015 získala od Mezinárodní automobilové federace svou homologaci. O necelé dva týdny později se nová Fabia R5 představila na rallye na Šumavě a stala se tak nástupcem úspěšného vozu Fabia S2000.

V úvodní části se tato práce zaměřuje na základní poznatky automobilové karosérie, jenž patří mezi tři nejdůležitější součásti vozu. Kromě hnací soustavy a podvozku je to právě karosérie, která tvoří zásadní podíl na celkové hmotnosti automobilu. Firma Škoda Auto a. s, ale i ostatní výrobci operující v automobilovém průmyslu kladou na stavbu karosérie opravdu velký důraz, neboť musí splňovat hned několik požadavků. Dále zde bude vyzdvíženo rozdělení jednotlivých druhů karosérií, jež boleslavská automobilka vyrábí. Budou zde ve zkratce popsány materiály, které tvoří skelet karosérie a které hrají v automobilovém průmyslu opravdu důležitou roli. Výběr materiálu je jedno z nejtěžších rozhodnutí, jemuž musí inženýři čelit. Materiály musí být pevné, ale zároveň lehké a snadno zpracovatelné. Nesmíme opomenout i vynaložené finanční náklady. Každá automobilka hledá různé varianty a kombinace kovů, plastů a dalších materiálů, které by všechny tyto parametry splňovaly. S materiálem jsou také úzce propojeny spojovací technologie, které umožňují zkompletovat jednotlivé díly.

Druhá část je zaměřena na největší rozdíly mezi sériovou karosérií vozu Škoda Fabia III. generace a závodní karosérií R5. I když je závodní karosérie částečně tvořena ze sériové, existuje řada podstatných rozdílů, které zásadně pozmění samotnou karosérii.

Třetí kapitola je věnována praxi, tedy samotné stavbě závodní karosérie. Hlavním bodem bude vkládání bezpečnostního rámu, který lze dostat do skeletu dvěma způsoby. Firma Škoda Auto a. s. je zastáncem postupné stavby, na jejímž počátku je upravená platforma, na kterou se navaří bezpečnostní rám, a poté se na tuto nosnou část začnou přidávat další díly. Druhá metoda spočívá jiném postupu. Ocelový skelet vozu je složen do podoby svařené karosérie a teprve v tento moment se bezpečnostní rám navařuje uvnitř již postavené konstrukce.

V závěrečné části bude na základě předem stanovených kritérií vybrán optimální způsob výroby závodní karosérie.

1 Automobilová karosérie

Karosérie, někdy nazývaná také jako skelet (kostra) je ocelová nosná konstrukce, která tvoří základní a nejdůležitější prvek celého vozu. Určuje jeho velikost, tvar, design a mimo jiné vymezuje prostor pro umístění přepravovaných osob a nákladu. Hlavním účelem automobilové karosérie je již zmíněná přeprava osob a nákladu, ale také ochrana pasažérů před vnějšími vlivy (počasí) a především má za úkol zajistit bezpečnost a komfort cestujících. (Kovanda a kol., 2016)

Výroba karosérie je opravdu náročný a zdlouhavý proces. Vše začíná v lisovně, kde jsou na základě CAD dat vyrobeny z ocelových plechů jednotlivé díly vozu. Jakmile jsou všechny potřebné součásti připravené, putují tyto díly do svařovny, kde jsou díky spojovacím technologiím spojeny dohromady a vytvoří tak základní skelet vozidla. Ten pak putuje do lakovny, kde je opatřen pětivrstevným nátěrovým systémem, jenž má zajistit ochranu před korozí a zvýšit tak životnost celého vozu. V dalších fázích výroby se na karosérii postupně přidávají důležité součásti jako je hnací agregát, nápravy, podvozkové soupravy a montážní celky.

1.1 Základní požadavky na automobilovou karosérii

V současné době je na karosérii kladeno stále více požadavků. Většinu z nich stanovují homologační předpisy Evropské hospodářské komise (EHK) - OSN, které kladou největší důraz na pasivní bezpečnost. Tedy na opatření, zmenšující následky nehody. (Vlk, 2003)

Na území České Republiky jsou požadavky stanoveny v zákoně č. 56/2001 Sb. *"Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích"*. Tento zákon upravuje pravidla pro registraci vozidel, stanovuje technické požadavky na provoz silničních a jiných vozidel, schvaluje jejich technickou způsobilost, upravuje práva a povinnosti automobilových výrobců, dodavatelů či osob, uvádějící vozidla na trh. Najdeme zde i práva a povinnosti vlastníků a provozovatelů vozidel, ale také práva a povinnosti stanic technické kontroly (STK) a stanic měření emisí (ME). Pokud bychom chtěli podrobnější výpis technických požadavků, je zapotřebí nahlédnout do vyhlášky č. 341/2014 Sb., která nese název *"Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích"*. Další požadavky jsou stanoveny v českých technických normách

ČSN, v normách ISO a nově také ve směrnících EHS/ES. (Vlk, 2003, Zákon č. 56/2001 Sb., vyhláška č.341/2014 Sb.)

Z teoretického hlediska lze požadavky na automobilový vůz rozdělit do oblastí funkce, provozu, výroby a okolí. Požadované vlastnosti z hlediska funkčního jsou velmi úzce spjaté se samotnou bezpečností silničního provozu, kterou můžeme nadále rozdělit na aktivní bezpečnost tj. systémy a vlastnosti vozidla, zabraňující samotné dopravní nehodě a na pasivní bezpečnost tj. opatření, která snižují následky nehody. (Vlk, 2003)

Pokud se ale zaměříme na samotný ocelový skelet, najdeme i zde několik požadavků, jenž musí být splněny. Zde je výčet požadavků, které lze považovat za nejdůležitější:

- Pevnost, tuhost a pružnost,
- hmotnost - snaha o co nejnižší hmotnost z důvodu snížení spotřeby, výrobních a finančních nákladů,
- design a ergonomie - správný výhled řidiče a poloha ovládacích prvků,
- aerodynamika - snaha minimalizovat odpor vzduchu, který zásadně ovlivňuje spotřebu,
- kvalita,
- životnost - ochrana vůči opotřebení a korozi,
- dobrá tepelná i zvuková izolace - akustika,
- opravitelnost - snadná oprava vadných částí,
- recyklace,
- zákonné požadavky,
- pasivní bezpečnost - bezpečnost přepravovaných osob a snížení následků při nehodách,
- cena. (Šimon, 2015)

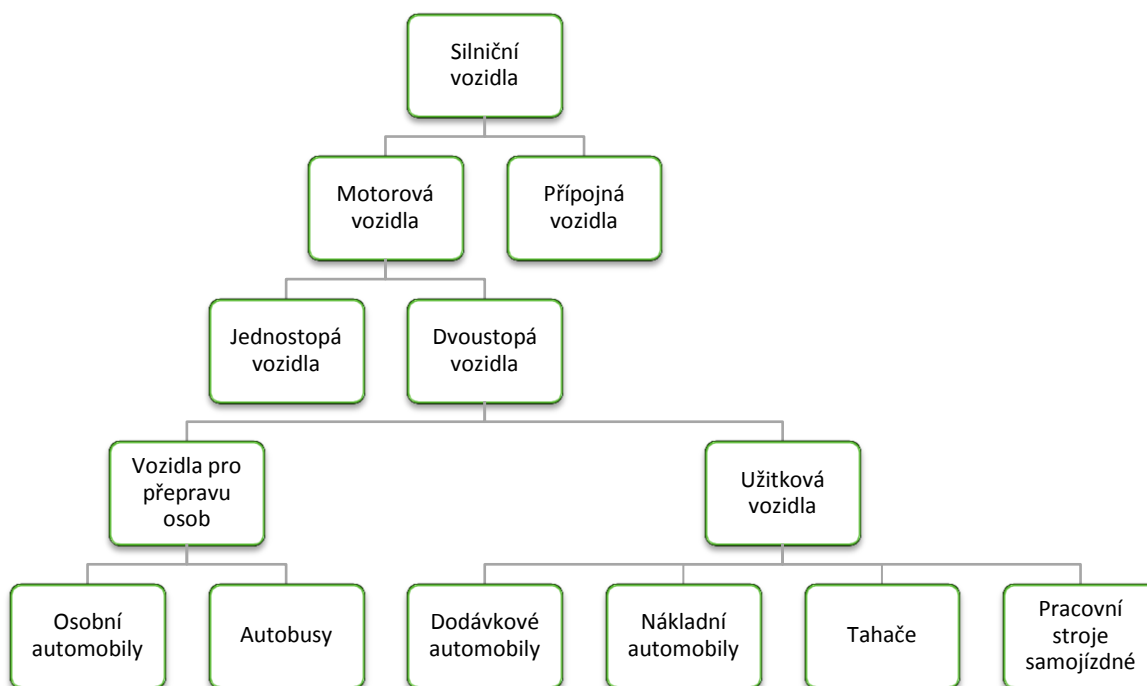
1.2 Členění vozidel dle typu karosérie

Automobilová vozidla a jejich karosérie lze rozdělit hned několika způsoby. Prvním a základním členěním je rozdělení silničních vozidel podle druhu. Tímto členěním se zabývá i samotná norma ČSN 30 0024 a vyhláška Ministerstva dopravy č. 341/2002 Sb., která stanovuje názvy, definice a rozdělení jednotlivých vozidel do kategorií. Další dělení se týká již samotných karosérií, které lze rozdělit podle

tvaru do několika skupin. Každá automobilka se snaží nabídnout v tomto ohledu, co nejvíce modelů, aby tak pokryla trh a uspokojila potřeby zákazníků. Poslední dělení, kterým se bude tato práce ve zkratce zabývat, je rozdělení karosérií podle vztahu k podvozku.

1.2.1 Rozdělení silničních vozidel

Silniční vozidla dělíme na několik částí, které jsou pro lepší přehlednost zobrazeny v grafickém schématu č. 1.



Zdroj: JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ Bronislav a ČUPERA Jiří. Automobily 1: podvozky

Obr. 1 Rozdělení silničních vozidel podle druhu použité karosérie

Jednostopá vozidla se vyznačují především dvěma koly, která jsou postavena těsně za sebou a tvoří tudíž jednu stopu. Dalším společným znakem, díky kterému se liší od dvoustopých vozidel, je počet přepravovaných osob. Tyto vozidla jsou schopna přepravovat maximálně dvě osoby, které ovšem nejsou nijak chráněny před vnějšími vlivy jako je to u dvoustopých motorových vozidel. Do této skupiny řadíme především motocykly, skútry, mopedy, popřípadě motokola.

Dvoustopá vozidla můžeme rozdělit podle účelu na vozidla pro přepravu osob a užitková vozidla pro přepravu nákladu. Společným prvkem těchto dvou skupin je umístění dvou kol, která jsou postavena vedle sebe a tvoří dvě stopy. Osobní

automobily disponují maximálně čtyřmi koly, kdežto u autobusů a nákladních vozidel je tento počet vyšší. Vozidla určená pro přepravu osob jsou charakteristická především svou karosérií, která má za úkol chránit posádku uvnitř vozu. Zatímco u užitkových vozidel je hlavním úkolem přepravit náklad s co nejmenší mírou poškození a usnadnit člověku práci.

1.2.2 Rozdělení silničních vozidel dle typu karosérie

Výrobci osobních automobilů se snaží rozšířit svůj sortiment modelů o různé tvary karosérií. Musí zohlednit počet cestujících, které bude vozidlo přepravovat, velikost zavazadlového prostoru, ale také způsob využití automobilu a terén, jemuž bude vozidlo vystaveno. Právě z těchto důvodů vzniklo hned několik druhů karosérii osobních vozidel. Pro rychlý přehled byly vybrány pouze ty, které vyrábí firma Škoda Auto a. s. (Obermajer, 2008, Kovanda a spol., 2016)

Sedan označuje uzavřenou čtyřdveřovou karosérii, která je zpravidla určena pro pět osob. Vyznačuje se stupňovitou zádí a odděleným zavazadlovým prostorem od prostoru pro cestující. Střeška tohoto automobilu je pevně usazena, pouze její část může být otevíratelná (střešní okno). V mladoboleslavské firmě se tento typ karosérie používal u modelu Škoda Superb II. generace.

Liftback, slovo pocházející z anglického jazyka, označuje typ automobilu ve dvou nebo čtyřdveřovém provedení. Zád' liftbacku je stupňovitá a otevíratelná v celé své ploše. Součástí zadního víka je i okno, jenž se otvírá spolu s pátými dveřmi a poskytuje tak pohodlný přístup do zavazadlového prostoru. Hlavními představiteli jsou Škoda Octavia a Škoda Rapid.

Hatchback je název, jenž náleží automobilům ve tří nebo pěti dveřovém provedení. Tento typ disponuje dvoupřstorovou karosérií a pátými dveřmi, jejichž součástí je i zadní okno. Zadní víko je výklopné a tudíž umožňuje pohodlný přístup do "kufu". Mezi "škodoväcké" hatchbacky patří Škoda Fabia a Škoda Citigo.

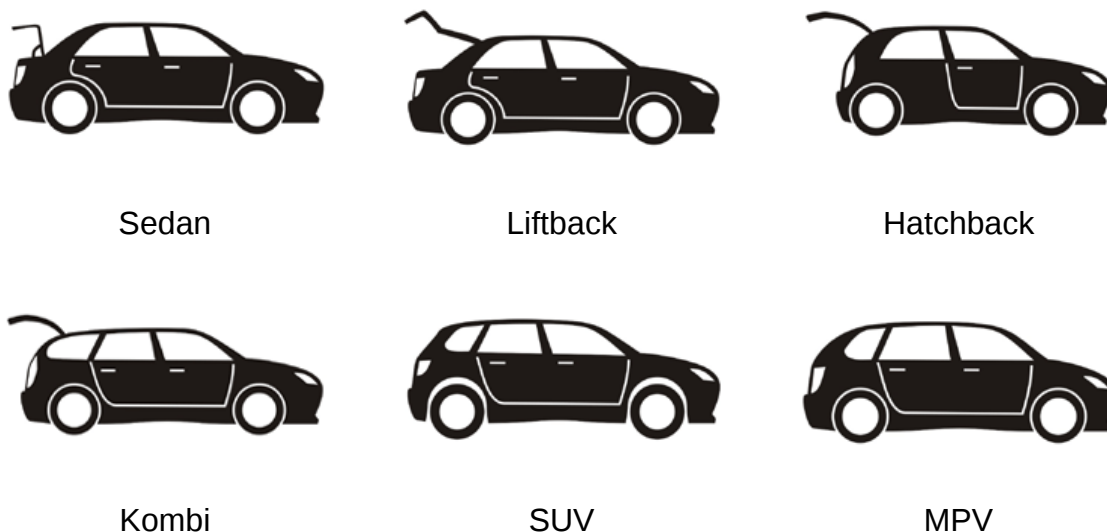
Kombi je osobní automobil s prodlouženou karosérií, která disponuje velkým zavazadlovým prostorem. Tento vůz je vhodný pro převoz nákladu o větších rozměrech či objemech. Zadní víko vozu kombi, jehož součástí je i zadní okno, je otevíratelné v celé ploše. Do této skupiny řadíme vozy Škoda Fabia Combi a Škoda Octavia Combi.

Postupem času se začali výrobci předhánět ve všestrannosti využití jejich osobních vozů. Proto se začaly kombinovat základní tvary karosérie, aby dosáhly, co největšího úspěchu u zákazníků.

SUV je označení pro sportovní užitkové vozidlo, které je vhodné nejen na asfalt, ale také do terénních podmínek. Vyznačuje se masivní konstrukcí rámu, ale i celé karosérie a díky velikosti poskytuje velký vnitřní prostor pro cestující. Vysoký posez dává pasažérům pocit většího bezpečí. Firma Škoda Auto nabízí v této třídě pouze dva vozy - Škoda Yeti a nově také Škoda Kodiaq.

MPV je zkratka pro více účelové vozidlo s pětidveřovou prostornou karosérií, jež je postavena na podvozku osobního automobilu. Hlavním rozdílem mezi MPV vozem a osobním automobilem je výška. Víceúčelová vozidla jsou o trochu vyšší, než je tomu u ostatních osobních vozů. Do této třídy řadíme vůz Škoda Roomster.

Pro ilustraci jsou vybrané druhy karosérií znázorněny na obrázku č. 2.



Zdroj: OBERMAJER, L. Typy karosérií osobních automobilů, Ludeco 2008

Obr. 2 Rozdělení automobilových karosérií podle tvaru

1.2.3 Rozdělení automobilových karosérií dle vztahu k podvozku

Automobilové karosérie lze rozdělit podle vztahu k podvozku do třech základních skupin - podvozkovou, polonosnou a samonosnou karosérii. (Vlk, 2003)

Podvozková karosérie je sama o sobě nenesoucí, proto je také někdy označována jako nesamonosná či rámová. Veškeré agregáty a podstatná zařízení jsou uchyceny na rám podvozku, tudíž můžeme tvrdit, že karosérie slouží výhradně jen pro ochranu cestujících. Pružné uchycení karosérie k podvozku zabraňuje nadměrnému namáhání a tlumí veškeré hluky a vibrace, jež jsou způsobeny podvozkovými orgány a hnacím agregátem. Díky tomu je zajištěn komfort pro posádku. Tento druh karosérií se v dnešní době používá zejména u nákladních, užitkových automobilů a jejich přívěsů.

Polonosná karosérie, často nazývaná jako smíšená konstrukce, disponuje rovněž rámem, na který jsou ovšem uchyceny pouze podvozkové orgány. Hnací agregát je již součástí samotné karosérie, která se připevní k rámu a vytvoří tak jeden pevný, ale rozebíratelný skelet. Veškeré zatížení a namáhání vozidla zachycuje během jízdy rám společně s karosérií. Proto musí být samotná karosérie upravena tak, aby odolala nežádoucím vlivům. Tento druh konstrukce se dnes používá převážně u terénních automobilů.

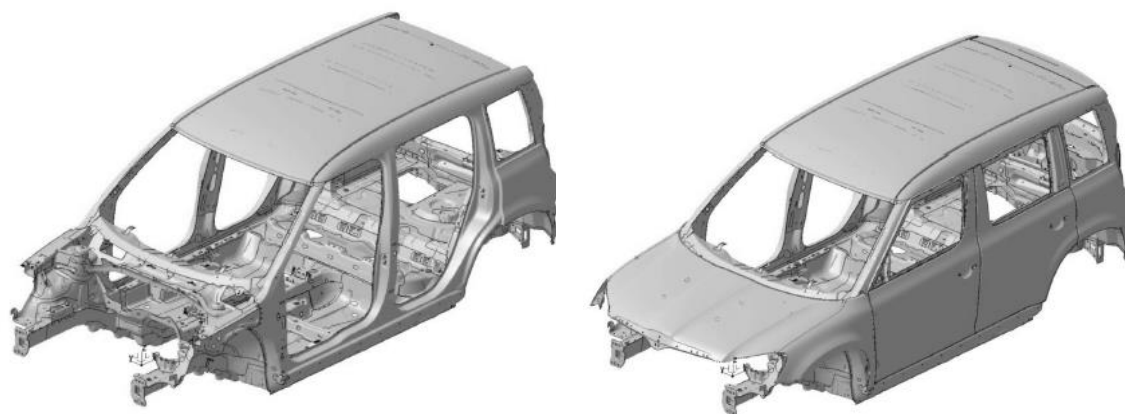
Samonosná karosérie je nerozebíratelně spojený celek rámu a polonosné karosérie. Veškeré hnací a podvozkové agregáty jsou uchyceny přímo ke karosérii, tudíž samotná konstrukce musí být za pomoci pružných elementů upravena tak, aby snášela a tlumila veškeré nežádoucí vibrace a hluky, jež díky těmto soustrojím vznikají. Tento typ karosérie je v poslední době nejvyužívanějším typem ve velkosériové výrobě osobních automobilů. Je to především z důvodu lehké konstrukce, nízkých výrobních nákladů a možnosti automatizace výroby.

1.3 Struktura automobilové karosérie

Automobilovou karosérii, nebo-li ocelový skelet, lze rozdělit na tři základní části. Nejdůležitější a největší částí vozidla je zpravidla prostor pro řidiče a cestující, který se nachází ve střední části karosérie. V tomto prostoru jsou umístěny sedačky pro pasažéry, důležité ovládací prvky, díky nimž může řidič ovládat a řídit vozidlo a nachází se zde i několik ochranných prvků tzv. airbagů, jež mají zajistit bezpečnost a ochranu cestujícím. Další část, jež se nachází vpředu karosérie, je prostor pro umístění hnacího agregátu, tedy motoru, převodovky a dalších důležitých soustav a příslušenství. Zadní část vozu je tvořena nákladovým prostorem, který slouží k přepravě zavazadel a dalších věcí, včetně rezervního

kola a potřebného nářadí. V současné době není pravidlem, že hnací agregát musí být umístěn nutně v přední části vozu a zavazadlový prostor v zadní části. Rozmístění určuje koncept automobilu, který jasně stanoví umístění agregátu. (Kovanda a spol., 2016)

Automobilová karosérie je složena z několika konstrukčních skupin, z nichž každá plní svou funkci. Z hlediska výrobního postupu a montáže lze rozdělit karosérii na svařenou, okovanou, lakovanou, čalouněnou a vybavenou. Pro tuto práci postačí detailnější popis svařené a okované karosérie, jejichž grafickou podobu lze nalézt na obrázku č. 2. (Apetaur, Hanke, Kejval, Rost, 1985)



Zdroj: ŠIMON, Karosérie osobního automobilu, prezentace Škoda Auto a. s.

Obr. 3 Svařená (vlevo) a okovaná (vpravo) karosérie Škoda Yeti

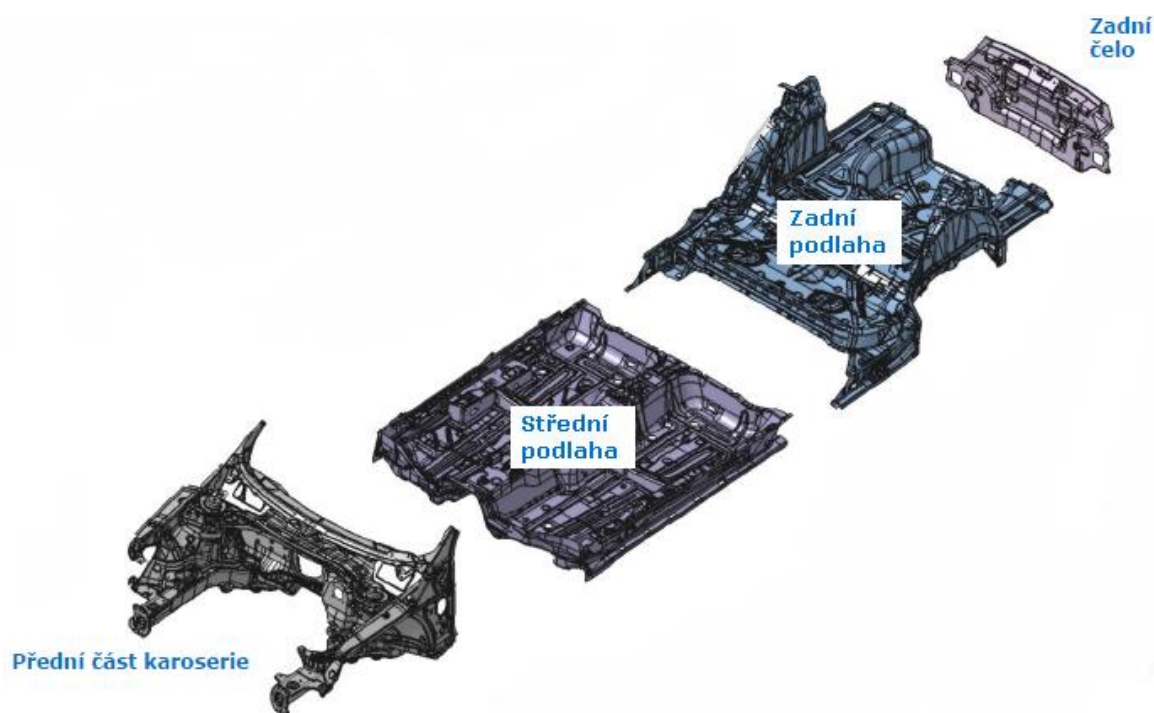
Svařená karosérie, někdy nazývaná také jako surová, je složena z ocelových dílů, které jsou tvořeny tenkostěnnými profilovanými výlisky složitých tvarů. Tyto výlisky jsou vzájemně svařeny a v některých částech dokonce slepeny speciálním tmelem. Některé části dutin ocelových profilů jsou vyplněny speciální hmotou, která disponuje protihlukovými vlastnostmi, ale především má za úkol tento profil vyztužit a zabránit vnitřní korozi. Základ svařené karosérie tvoří podlahová část, kterou lze rozdělit na:

- **přední část podlahy**, která musí být z velké části deformovatelná, aby dokázala při čelním nárazu absorbovat, co nejvíce kinetické energie a zajistila tak bezpečnost posádky. Podlahový základ je tvořen dvěma podélníky, na nichž jsou umístěny úchyty pro přední nápravu a konzole pro

uchycení hnacího agregátu. Podélníky jsou vpředu spojeny nárazníkem z vysokopevnostní oceli, jenž má zabránit velkému poškození motoru při čelnímu nárazu. Další nedílnou součástí konstrukce jsou podběhy předních kol, na které jsou navařeny speciální výlisky, sloužící k uložení pružin a tlumičů. Aby byla celá přední podlaha zpevněná, využívají se tzv. příčníky, které spojují dvojici podélníků a zajišťují tak vyšší pevnost celé konstrukce. (Braess, Seiffert, 2011)

- **střední část podlahy**, kde jsou umístěny úchyty pro přední sedačky, ale i úchyty pro bezpečnostní pásy. Podlaha je tvořena podélníky, podlahovými plechy a tunelem, na němž je uchycena řadicí páka společně s ruční brzdou. Nachází se ve střední rovině vozidla a jeho dutinou prochází výfukové vedení nebo hnací hřídel v případě pohonu 4x4. (Kovanda a spol., 2016)
- **zadní část podlahy**, kterou tvoří dva hlavní podélníky. Tyto části jsou spojeny příčníky a zadním čelem z důvodu zvýšení tuhosti. Konstrukce je dále složena z podběhů zadních kol, na nichž se nacházejí, stejně jako u předních podběhů, speciální výlisky pro uložení pružin a tlumičů. Další důležitou částí zadní podlahy je otvor pro rezervní kolo, ale také příčník pro uchycení zadní nápravy. Nacházejí se zde také úchyty pro zadní sedadla a bezpečnostní pásy. Tato část podlahy slouží především jako nákladový prostor pro uložení zavazadel. Krom toho se zde nachází palivová nádrž včetně uložení rezervního kola. (Braess, Seiffert, 2011)

Toto rozdělení je znázorněno na obrázku č. 4, níže.



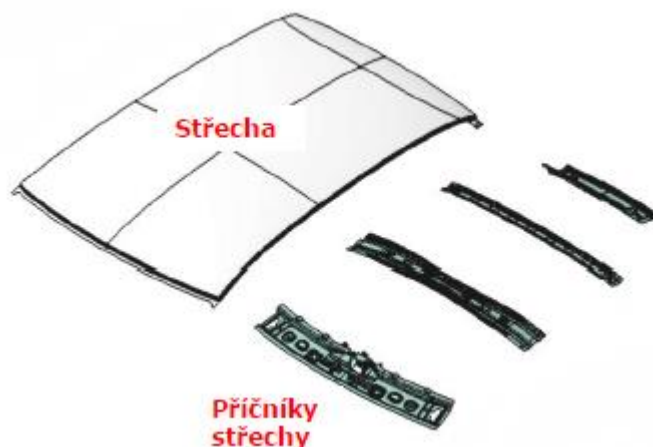
Zdroj: ŠIMON, Karosérie osobního automobilu, prezentace Škoda Auto a. s.

Obr. 4 Sestava podlahy

Na podlahovou část jsou napevno uchyceny boční stěny, tzv. postranice a střecha, jež společně pomáhají vyztužit celou konstrukci a především pomáhají přenášet statické a dynamické zatížení ocelového skeletu. Postranice karosérie je možné rozložit na vnitřní a vnější část, přičemž obě tyto stěny jsou napevno spojeny a tvoří je několik nosných profilů. V konstrukci boční stěny nalezneme otvory pro uchycení dveří a také na jedné z bočnic kruhový otvor pro palivové hrdlo.

Postranice obsahuje několik nosníků (sloupků), které můžeme pojmenovat následovně. Prvním z nich je A-sloupek, který se nachází vpředu karosérie, tedy mezi čelním sklem a dveřmi řidiče či spolujezdce. Tento nosník musí být konstruován tak, aby nebránil řidiči ve výhledu. Proto je velmi úzký, ovšem uvnitř je z bezpečnostních důvodů často zesílen výztuhou. Druhý nosník, nazývaný B-sloupek leží mezi předními a zadními dveřmi. Stejně jako A-sloupek mívá i tento nosník vnitřní výztuhu, která má zabránit většímu poškození prostoru pro cestující v případě bočního nárazu. Poslední částí, nacházející se mezi zadními a pátými dveřmi je tzv. C-sloupek. U prodloužených karosérií typu kombi nebo u sportovně užitkových vozů obsahuje karosérie i D-sloupek. (Kovanda a spol., 2016)

Střecha karosérie je tvořena několika příčnicí, které spojují obě postranice dohromady a zvyšují tak úroveň pevnosti celého skeletu. Krycí plech, jenž je umístěn na povrchu kostry, chrání posádku před vnějšími vlivy a zjišťuje její bezpečnost v případě dopravní nehody.



Zdroj: ŠIMON, Karosérie osobního automobilu, prezentace Škoda Auto a. s.

Obr. 5 Střecha a příčnky

Další vývojovou fází je karosérie okovaná, která se od předchozí liší pouze otevíratelnými částmi, jež jsou na skelet uchyceny za pomoci pantů, zámků a dalších úchytů. K odnímatelným částem patří přední kapota, blatníky, boční dveře a zadní víko. Boční dveře jsou opět vybaveny vnitřní výztuhou, která má za úkol chránit posádku, konkrétně pánevní oblast v případě bočního nárazu.

1.4 Antikorozní ochrana karosérie

Každá okovaná karosérie musí projít nátěrovým procesem, který zajistí vysokou odolnost vůči korozi. Nátěrový systém antikorozní ochrany je složen z pěti vrstev a začíná procesem důkladného odmaštění, jež je prováděno na uzavřené lince. Po kompletním očištění povrchu je celá karosérie ponořena do lázně, obsahující tříkationtový fosfát (zinek, mangan, nikl). Díky ponoru je zajištěn kompletní nátěr celé karosérie, včetně její dutin. Druhou vrstvu tvoří základová barva, která se vyloučí elektrochemickým pochodem, tzv. katoforézou a zajistí tak kompletní ochranu před korozi. Třetí nátěrovou vrstvu tvoří vodou ředitelný plnič, který je na karosérii nanášen ve třech fázích. V první fázi je vrstva nanесena za pomoci automatických zařízení. Ve druhé fázi je zapotřebí ručně dostříkat plochy uvnitř

kabiny. Třetí fáze je prováděna opět automaticky a jedná se o dokončení nástrihu v elektrostatickém poli. Barvu nátěrové vrstvy je možné vybrat ze tří odstínů, přičemž volba musí brát ohled na odstín vrchního laku. Předposlední vrstvu tvoří buď pigmentový základ či metalíza v požadované barvě. Na povrch je barva nanášena automaticky, zatímco uvnitř kabiny je opět zapotřebí lidského faktoru. Pátou a poslední vrstvou nátěrového systému je bezbarvý lak, který dodá karosérii výsledný lesk. Na obrázku č. 6 jsou znázorněny jednotlivé vrstvy včetně jejich tloušťky. (Schwarz, 2008)

Bezbarvý lak (CC)	40 μm
Barevný základ (BC)	20 $\pm$ 10 μm
Plnič	30 $\pm$ 10 μm
KTL	20 μm
Fosfátová vrstva	2 μm
Pozinkovaný plech	$\geq$ 5 μm



Zdroj: Interní materiály Škoda Auto a. s.

Obr. 6 Nátěrový systém

1.5 Materiály využívané pro výrobu automobilových karosérií

Výběr materiálu je jedno z nejtěžších rozhodnutí automobilových inženýrů, neboť v dnešní době existuje opravdu široká škála druhů materiálu. K tomu, aby byla jejich volba správná a vlastnosti materiálů byly využity na maximální úrovni, je zapotřebí hlubšího porozumění jednotlivých materiálových parametrů, včetně znalosti požadavků na samotný automobilový skelet. Od výroby prvního automobilu, v němž byl rám vyroben z ohýbaných a svařovaných ocelových trubek v kombinaci se dřevem, uplynulo více než 120 let. Během vývoje se materiálové složení karosérií značně změnilo. Začal se klást větší důraz na životní prostředí, recyklaci, ale především na bezpečnost pasažérů uvnitř vozu. Proto je v současné době využíváno velkého množství materiálů, mezi něž patří zejména ocel různé jakosti, která tvoří 80 - 90 % automobilové konstrukce. Mezi další materiály můžeme zařadit nejrůznější slitiny hliníku a hořčíku.

1.5.1 Ocel

Ocel se stala nejdůležitějším prvkem při výrobě skeletu zejména díky její univerzálnosti z hlediska tvářitelnosti, pevnosti a nízkých výrobních nákladů. Kromě toho jsou automobiloví výrobci využívající ocel, schopni rychle reagovat na měnící se technické potřeby, vyplývající z legislativních a ekonomických požadavků. Mezi hlavní výhody oceli patří:

- nízké náklady,
- snadná tvářitelnost,
- konzistence dodávek,
- odolnost vůči korozi po povrchové úpravě,
- snadné spojování,
- recyklace,
- dobrá absorpce energie při nárazu. (Davies, 2012)

S posledním bodem souvisí rozdělení ocelí, neboť na každou část automobilové konstrukce jsou kladeny jiné požadavky. Například přední a zadní část vozu by měla být tvořena deformovatelnými materiály, aby byl vůz schopen absorbovat energii při nárazu. Zatímco konstrukce, chránící posádku, musí být naopak z vysoko-pevnostních ocelí, aby došlo k co nejmenšímu poškození. Právě z tohoto důvodu musí být volen takový materiál, který svými vlastnostmi vyhovuje jednotlivým požadavkům. Bohužel zatím neexistují jednotné podmínky pro rozdělení ocelí podle jejich vlastností. Nejčastěji jsou oceli kategorizovány podle metalurgických názvů. Pro tuto práci bylo použito rozdělení dle mechanických vlastností, konkrétně dle dosahované meze kluzu a meze pevnosti. Toto rozdělení lze nalézt v tabulce č. 1.

Pevnostní třída	Mez kluzu [MPa]	Mez pevnosti [MPa]
Ocele s nízkou pevností	< 210	< 340
Standardní pevnostní ocele (HSS)	210 - 550	270 - 700
Vysoko-pevnostní ocele (AHSS)	> 550	590 - 980
Ultra vysoko-pevnostní ocele (UHSS)	> 550	>980

Zdroj: GIRMAN, V., HRABČÁKOVÁ, V. Kovové materiály automobilových konstrukcí - II karoséria a karosárske plechy, 2012

Tab. 1 Kategorizace ocelí podle pevnostních vlastností v tahu

Rozdělení ocelí podle metalurgických názvů do těchto čtyř skupin může být zavádějící, neboť například TRIP oceli, což jsou oceli s transformačně indukovanou plasticitou, se mohou v závislosti na chemickém složení nacházet ve všech čtyřech skupinách. Proto je nutné brát následující rozdělení spíše orientačně.

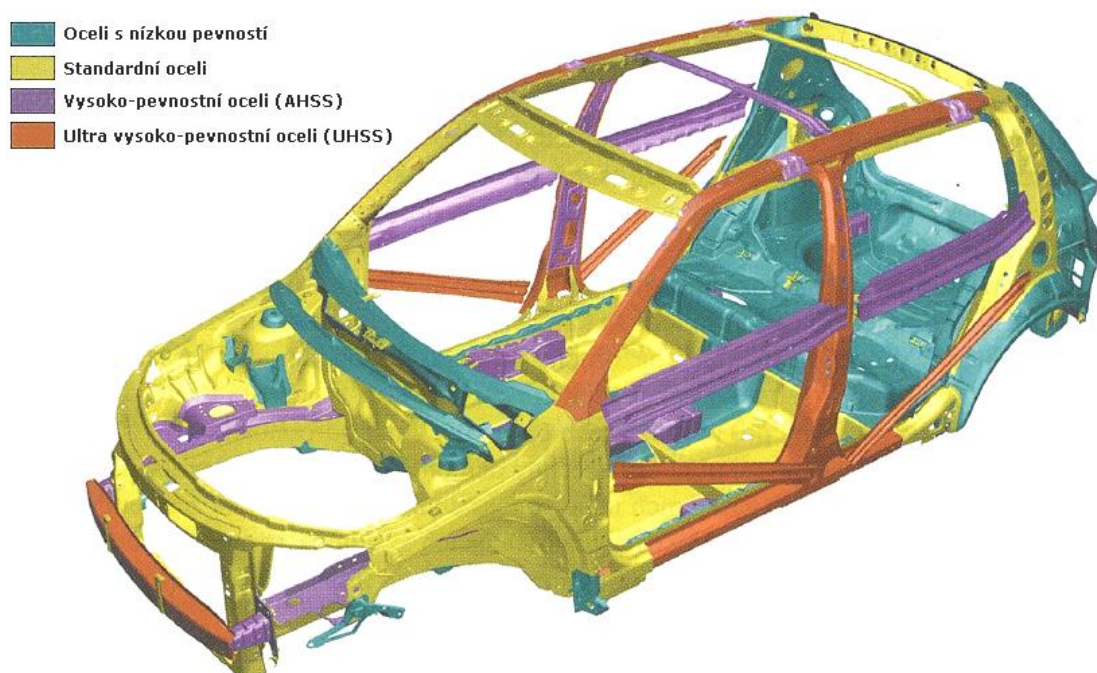
Ocele s nízkou pevností se vyznačují výbornou schopností deformace, a proto jsou použity v přední a zadní část vozu, kde je zapotřebí řízené deformace při dopravní nehodě. Do této skupiny řadíme MILD oceli. Z této oceli jsou vyráběny především blatníky. Na obrázku č. 7 jsou tyto ocele vyznačeny modrozelenou barvou. (Kovanda a kol., 2016)

Standardní pevnostní oceli jsou jednofázové feritické oceli s vysokou odolností vůči stárnutí. Jsou určené především pro hluboké tažení a využívají se k výrobě tvarově složitých karosářských výlisků. Do této skupiny můžeme zařadit IF oceli (Interstitial Free Steels) a BH oceli (Bake Hardenable) využívané k výrobě blatníků, kapot, střechy atd. Do této skupiny materiálů můžeme dále zařadit oceli CMn (Carbon-Manganese Steels) a HSLA (High-Strength Low-Alloy). HSLA oceli se nejčastěji využívají k výrobě dynamicky namáhaných dílů podvozku. Pro lepší přehled je tento druh ocelí znázorněn žlutou barvou na obrázku číslo 7. (Girman, Hrabčáková, 2012)

Vysoko-pevnostní oceli (AHSS) jsou komplexní, sofistikované materiály s pečlivě vybranými chemickými kompozicemi a vícefázovou mikrostrukturou. Jsou navrženy tak, aby byly lehké, ale zároveň splňovaly požadovanou pevnost, tažnost, houževnatost a únavové vlastnosti, vycházející z přísných bezpečnostních předpisů vozidel. Skupina ocelí AHSS zahrnuje nízkouhlíkové dvoufázové oceli (DP), ze kterých se vyrábějí díky vysoké pevnosti například výztuhy předního nárazníku. Další skupinou jsou komplexně fázové oceli (CP), jejichž předností je vysoká absorpční schopnost deformační energie, tudíž mohou být použity na výztuhy dveří. Martenzitické oceli (MS nebo MART) se vyznačují vysokou pevností, ale zároveň dobrou tvárností. Proto je tento materiál využit k výrobě výztuh dveří, bočních výztuh a rámců a výztuh nárazníkových partií. Další součástí rodiny AHSS ocelí jsou feriticko-bainitické oceli (FB), jejichž hlavní výhodou je vysoká odolnost vůči nárazu a únavě. Jsou ideální volbou pro komponenty tvářené za studena jako například různé profily konstrukce a výztuže.

TRIP oceli se vyznačují velmi dobrou tažností a vysokou schopností absorbovat deformační energii. Využívají se jako deformační výztuha střechy, ale také jako výztuhy B-sloupků. Předposlední skupinu tvoří TWIP oceli, ze kterých se vyrábí plechy, jež poskytují vyšší míru bezpečnosti v porovnání s jinými materiály a přispívají k redukci hmotnosti automobilu. Poslední skupinu tvoří oceli tvářené za tepla (HF - Hot Form), jež disponují vysokou mechanickou pevností a používají se na nosné části karosérie, například u sloupku čelního skla. Na obrázku č. 7 je tato skupina ocelí znázorněna fialovou barvou. (WorldAutoSteel 2016, Kovanda a spol. 2016, Davies 2012)

Ultra vysoko-pevnostní ocele (UHSS) jsou řazeny mezi nejtvrdší ocele vůbec. Na obrázku č. 7 jsou označeny oranžovou barvou. Vyznačují se vysokou mezí kluzu, ale především vysokou mezí pevnosti. Tyto ocele mají za úkol chránit posádku uvnitř vozu, proto je tento druh materiálu použit na výztuhy dveří, sloupků a na výztuhu předního nárazníku.



Zdroj: SCHWARZ, J., Automobily Škoda Fabia II, 2008

Obr. 7 Materiálová struktura Škoda Fabia

1.5.2 Hliník

Každý automobilový výrobce se snaží najít alternativu k nejčastěji využívanému materiálu tedy oceli. Jednou z variant se stal právě hliník, což je nejhodnější se vyskytující kov v zemské kůře. Tento materiál se zdá být jako dobrá náhrada. Jeho největší výhodou je nízká hmotnost, která je téměř o polovinu nižší než hmotnost oceli. Dalšími přednostmi jsou odolnost vůči korozi, silné dodavatelské základny a možnosti recyklace. I přesto, že hliník zastupuje hojnou část v zemské kůře, patří jeho průmyslová výroba k velmi obtížným a poměrně nákladným úkolům. Hlavním důvodem je, že hliník se nedá metalurgicky získat z rudy, jako je to například u železa. Je zapotřebí průmyslové elektrolýzy, která z taveniny směsi předem přečištěného bauxitu a kryolitu na katodě vyloučí elementární hliník. S tímto dlouhým a náročným procesem je spojena největší nevýhoda hliníku a to velmi vysoké výrobní náklady, které se neustále mění. Dalšími zápornými body jsou nižší tvárnost a horší svařitelnost oproti oceli. Přesto většina automobilek s hliníkem jako alternativou počítá do budoucna. (Davies, 2012)

1.6 Technologie spojování karosérií

Automobilový průmysl využívá na stavbu karosérií hned několik druhů materiálů, s nimiž úzce souvisí i jednotlivé spojovací technologie. V dnešní době mohou konstruktéři a technologové vybírat ze široké škály spojovacích metod. Aby byla jejich volba správná a technologie byla využita na maximální úrovni, je zapotřebí nejen znalosti samotné spojovací technologie, ale především znalosti spojovaného materiálu. Je zapotřebí, aby byl brán ohled i na celkovou hmotnost konstrukce, místa spojení a počet vyráběných kusů. Správná metoda by měla být zvolena tak, aby zajistila co nejnižší náklady na výrobu a zároveň vyhovovala technologickým a kvalitativním kritériím. (Kuncipál, 1984)

Spojovací technologie můžeme z teoretického hlediska rozdělit na rozebíratelné a nerozebíratelné. Nerozebíratelné spoje jsou takové, které nelze rozebrat a následně opět složit dohromady, aniž by nedošlo k poškození spojů. Pro lepší přehlednost jsou nerozebíratelné metody, konkrétně technologie svařování, zobrazeny v následujícím schématu.



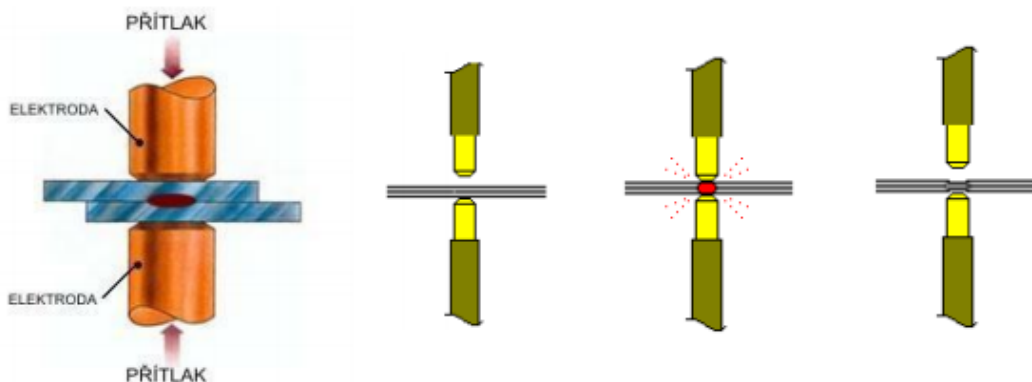
Zdroj: Bradáč, J., výukové materiály Škoda Auto Vysoká škola o.p.s.

Obr. 8 Rozdělení svařovacích metod

V současnosti se při spojování karosářských dílů využívá technologie bodového a laserového svařování, lepených spojů a technologie svařování v ochranné atmosféře.

1.6.1 Bodové svařování

Tuto metodu lze označit za nejznámější a nejpoužívanější druh odporového svařování, jež spočívá ve využití tepla a tlaku. Při bodovém sváření jsou dva materiály přiloženy k sobě a za pomoci dvou dutých měděných elektrod, mezi nimiž prochází elektrický proud, se materiál ve svařovaném místě ohřeje odporovým teplem a stane se tvárným. Následně jsou materiály v místě ohřevu stlačeny k sobě a tím dochází ke spojení. Tato metoda našla svoje využití především v automobilovém průmyslu při stavbě karosérií, ale také v oblasti vzduchotechniky. Jedná se o nejrozšířenější typ svařování, který v kombinaci s lepením zajišťuje vysokou pevnost po celé délce spojovaných dílů a zajišťuje vysokou statickou pevnost. (Kubíček 2010, Schwarz 2008)

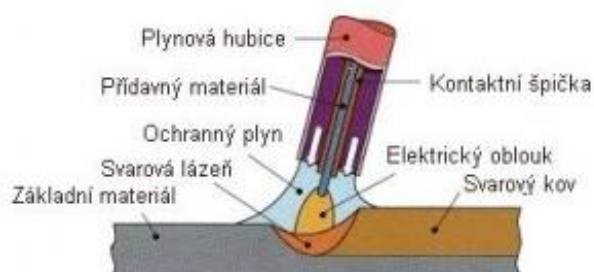


Zdroj: Bradáč, J., výukové materiály Škoda Auto Vysoká škola o.p.s.

Obr. 9 Princip bodového sváření

1.6.2 Svařování v ochranné atmosféře (MIG, MAG)

Základním principem této metody je využití tepla, díky kterému dojde ke spojení dvou materiálů. Tepelným zdrojem je hořící oblouk, vznikající mezi svařovaným základním materiálem a tavicí se elektrodou, jež se vyskytuje většinou ve formě drátu a je automaticky podávána ze zásobníku do svaru. Elektrický oblouk je chráněn před vnějšími vlivy plynem, podle kterého můžeme rozdělit obloukové svařování na svařování v inertním plynu MIG a svařování v aktivním plynu MAG. Obě metody jsou téměř totožné až na složení samotné ochranné atmosféry. V metodě MIG je použit plyn Ar nebo Ar + He. Toto svařování se v dnešní době využívá především na konstrukce z hliníkových slitin. Zatímco v metodě MAG je oblouk chráněn aktivním plynem CO_2 nebo Ar + CO_2 . Tento způsob spojování je využíván především při svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. (Kubíček, 2010, Lenfeld, Nová, Jersák, Gabriel, 2001)



Zdroj: www.schinkmann.cz/mig-mag-co2

Obr. 10 Obloukové svařování v ochranné atmosféře MIG a MAG

1.6.3 Laserové svařování

Jedná se o poměrně novou technologii, kterou můžeme zařadit k nejmodernějším spojovacím metodám. Základním principem tohoto svařovacího procesu je svazek záření, jež je soustředěn za pomoci optiky do místa použití. Díky paprskům je materiál nataven a dochází tak za pomoci tepla ke spojování svařovaných materiálů. Výhodou této spojovací technologie je především vyšší rychlost a stabilita procesu. Spoj je hladký, symetrický a vyznačuje se vyšší tuhostí v ohybu. Tato spojovací metoda se využívá především na spojení střechy a postranice. (Lasertherm 2016, Kuncipál, 1984)

1.6.4 Lepení

Poslední a nejčastěji využívanou spojovací technologií při stavbě karosérie je metoda lepení. Díky vysokopevnostním lepidlům, jež jsou aplikovány před vlastním vytvořením svárového spoje, docílí výrobci automobilů vyšší pevnosti svárů, hmotnostní úspory a především zabrání nežádoucím hlukům a vibracím. Tato lepidla jsou použita například v oblasti prahů. (Schwarz, 2008)

2 Charakteristika osobní a závodní karosérie

Osobní i závodní karosérie musí splňovat stejné funkce, ovšem pořadí jejich důležitosti se poněkud liší. Jediným společným bodem, jenž se nachází na samém vrcholu žebříčku důležitosti u obou karosérií, je zajištění bezpečnosti posádky uvnitř vozidla. Konstrukce u osobního automobilu je navrhována tak, aby plnila krom bezpečnostních požadavků, především požadavky zákazníků, které se týkají komfortu, velikosti zavazadlového prostoru a celkové praktičnosti a účelu vozidla. Inženýři musí brát navíc ohledy na celkový vzhled vozu, jež má zapůsobit na lidské emoce. Stavba karosérie závodního vozu se odvíjí především od technických parametrů, které stanovuje Mezinárodní automobilová federace FIA ve svých technických pravidlech. Krom toho je třeba, aby ocelová konstrukce přispěla k vysokému výkonu, který je základem úspěchu. Dokonce i samotný design je výsledkem mnoha výpočtů a testů, jež mají k těmto cílům přispět.

S bezpečností je úzce spojena tuhost karosérie, která je důležitá nejen u osobních automobilů, ale i u závodních vozů. U osobních automobilů je zapotřebí, aby ocelový skelet zachoval prostor pro přežití posádky, zatímco ostatní části vozidla se deformují a pohltnou tak energii nárazu. Pro závodní vozy je předepsán bezpečnostní rám, kterým je karosérie vyztužena, neboť síly působící na karosérii během provozu jsou mnohem větší. Pro několikanásobné zvýšení odolnosti vůči deformacím je využito větší množství bodových svárů, než je tomu u sériových vozů. Dalším rozdílem jsou tužší pružiny a tlumiče, které jsou nezbytné pro rychlé a přesné reakce podvozku během závodu. Jejich tuhost zároveň udržuje světlou výšku podvozku při působení aerodynamického přítlaku.

Aerodynamika vozu hraje v automobilovém průmyslu také svou roli. U osobních vozů se konstruktéři snaží dosáhnout, co nejnižšího odporu vzduchu a tím docílit nižší spotřeby paliva a z hlediska komfortu zabránit hluku. Zatímco u závodních vozů je důležitější vytvořit přítlak na obě nápravy, což umožní průjezd zatáčkou ve vyšší rychlosti i za cenu zvýšení součinitele odporu vzduchu. S aerodynamikou je také úzce spojeno proudění vzduchu uvnitř vozu. Stejně jako u sériového, tak i u závodního automobilu je nutné, aby vzduch proudil k motoru, převodovce a brzdám a tím je ochladil. Důležité je i větrání uvnitř kabiny. U sériových aut se využívají především ventilátory, zatímco už závodních vozů se počítá spíše

s náporovým vzduchem, jenž vzniká díky vysoké rychlosti. U některých závodních automobilů se můžeme setkat i s klimatizací, neboť při závodě dosahuje teplota uvnitř vozu opravdu vysokých hodnot, které se mohou vyšplhat i na 80 °C.

Rozdíly najdeme i v oblasti komfortu. Zákazník od osobního sériového vozu očekává vysokou úroveň pohodlí, ve které je zahrnuto pohodlné nastupování, dobrý výhled, odhlučněný prostor a další. V závodním voze je komfort posádky obětován ve prospěch jízdních výkonů. Nastupování závodníků do vozidla je obtížnější kvůli navařenému bezpečnostnímu rámu. Ani výhled řidiče není ideální. Sedadla závodníků jsou umístěna téměř na podlaze kvůli zajištění nízkého těžiště. Navíc jsou umístěna mnohem dál, než je tomu u sériových vozů.

Tento výčet rozdílů mezi závodním a osobním vozem je jen částečný. Ve skutečnosti existuje mnohem více odlišností, které se na vozidlech nacházejí. Ale i přes všechny tyto rozdíly existuje jedna oblast, ve které se osobní automobily nechaly inspirovat a tou je úspora hmotnosti. Cílem konstruktérů je dosáhnout co nejnižší možné hmotnosti a tím snížit spotřebu paliv, aniž by došlo k omezení výkonu vozu. (Stýblo, 2011)

2.1 Bezpečnostní rám

Každý závodní vůz musí být vybaven bezpečnostními prvky, které jsou stanoveny v řádu FIA. Konkrétně příloha J, článek 253 pojednává o bezpečnostní výbavě vozu a stanovuje veškeré její požadavky. Nedílnou součástí závodního automobilu je bezpečnostní rám, jehož parametry jsou stanoveny v kapitole 8, v článku 253.

Bezpečnostní konstrukce může být:

- vyrobena podle požadavků, které jsou uvedeny v článku 253, kapitole 8.2,
- homologovaná či certifikovaná ASN v souladu s homologačními předpisy pro bezpečnostní konstrukci,
- homologovaná FIA v souladu s homologačními předpisy pro bezpečnostní konstrukci.

Veškeré změny na již homologovaném či certifikovaném bezpečnostním rámu jsou přísně zakázány. Za změny jsou považovány operace, které způsobí jakoukoliv trvalou změnu materiálu nebo změnu struktury rámu. Pokud dojde k opravě homologovaného nebo certifikovaného rámu v důsledku nehody, je

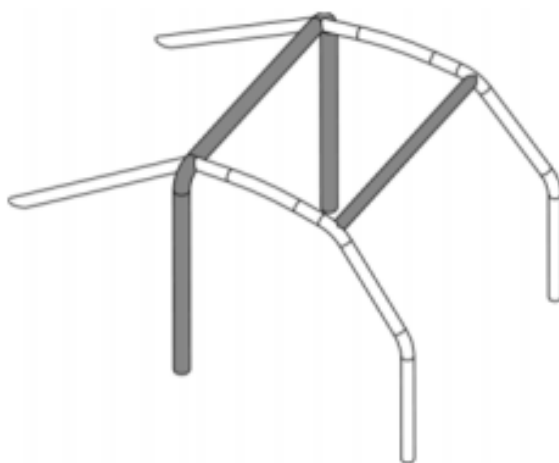
zapotřebí aby tuto operaci provedl výrobce bezpečnostní konstrukce, nebo alespoň musí být udělen k opravě jeho souhlas.

Bezpečnostní rám musí být zkonstruován a usazen do karosérie tak, aby nebránil řidiči a jeho spolujezdcí v nastoupení do vozu a jejich vystoupení. Bezpečnostní konstrukce nebo její část nesmí být chromována. Dále je přísně zakázáno, aby trubkami rámu vedly kapaliny nebo elektrické kabely. Dokonce ani prostorem mezi bočními prvky karosérie a bezpečnostní konstrukcí vozu nesmí být vedeny elektrické kabely, potrubí s kapalinami ani potrubí s hasicím systémem. (Řád FIA, příloha J, článek 253, 2016)

2.1.1 Specifikace bezpečnostního rámu závodního modelu R5

Bezpečnostní rám je ochranná vícetrubková struktura, která se nachází uvnitř vyhrazeného prostoru pro posádku. Je umístěna, co neblíže k ocelovému skeletu, aby zamezila deformaci karosérie v případě nehody. Podle pravidel Mezinárodní automobilové federace jsou stanoveny tři základní struktury bezpečnostních rámu. Pro tuto práci byl vybrán závodní model Škoda Fabia R5, jehož rám bude v této části podrobněji specifikován.

Závodní vůz Fabia R5 využívá strukturu, kde se nachází jeden hlavní oblouk, dva boční půloblouky, jedna příčná vzpěra, dvě zadní vzpěry a šest upevňovacích desek. Tato struktura je zobrazena na obrázku č. 11.

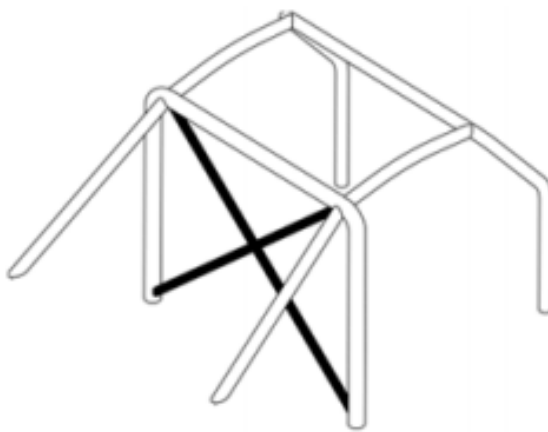


Zdroj: FIA, Příloha J mezinárodního sportovního řádu, článek 253

Obr. 11 Základní struktura bezpečnostního rámu podle FIA

Hlavní oblouk je jednodílný trubkovitý oblouk, umístěný napříč závodním vozidlem a nacházející se bezprostředně za předními sedadly. Další důležitou součástí základní struktury jsou boční půloblouky. Jsou to opět jednodílné trubkovité části, které se nacházejí na pravé i levé straně vozidla. Přední části půloblouku kopírují A-sloupky čelního skla a jsou v horní části spojeny jednodílnou trubkou tzv. příčnou vzpěrou. Do základní struktury rámu řadíme i zadní vzpěry, nacházející se po obou stranách vozidla. Jsou to jednodílné trubky, upevněné u střechy a zároveň u horních vnějších rohů hlavního oblouku. Poslední částí jsou upevňovací desky, jež se nacházejí na konci trubky a umožňují přišroubovat rám ke skeletu.

Je-li definovaná základní struktura, je zapotřebí dalšího doplnění povinných vzpěr a výztuh. U závodních vozů R5 se můžeme setkat s dvěma diagonálními vzpěrami hlavního oblouku. Podle pravidel FIA jsou dolní okraje diagonály spojovány s hlavním obloukem maximálně 100 mm od upevňovací desky a horní okraj diagonální vzpěry je spojen s hlavním obloukem maximálně 100 mm od spojení se zadní vzpěrou. Krom diagonálních vzpěr se na hlavním oblouku nachází i příčná vzpěra.

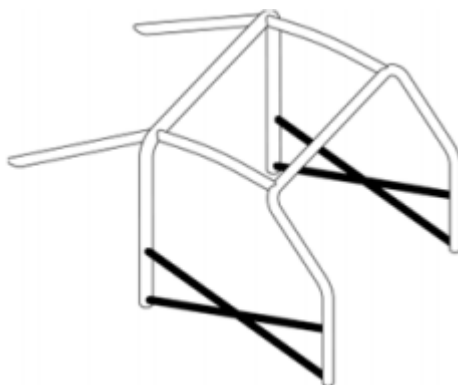


Zdroj: FIA, Příloha J mezinárodního sportovního řádu, článek 253

Obr. 12 Diagonální vzpěry bezpečnostního rámu podle FIA

Další povinně volitelnou částí bezpečnostního rámu jsou podélné trubkovité vzpěry, jež jsou namontovány po obou stranách vozu a zvyšují tak stupeň boční ochrany. U bezpečnostního rámu Fabie R5 jsou použity vzpěry ve tvaru "X",

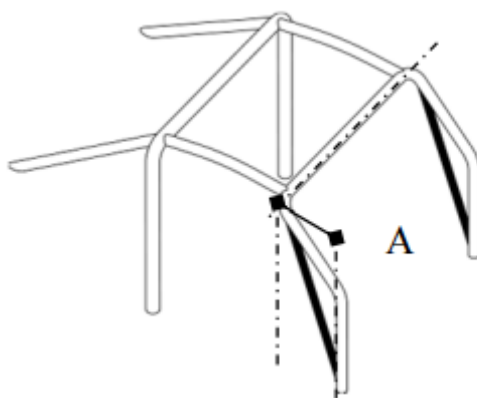
příčemž poloha horních upevňovacích bodů nesmí výškově přesáhnout polovinu výšky dveřního otvoru.



Zdroj: Příloha J mezinárodního sportovního řádu

Obr. 13 Boční vzpěry bezpečnostního rámu podle FIA

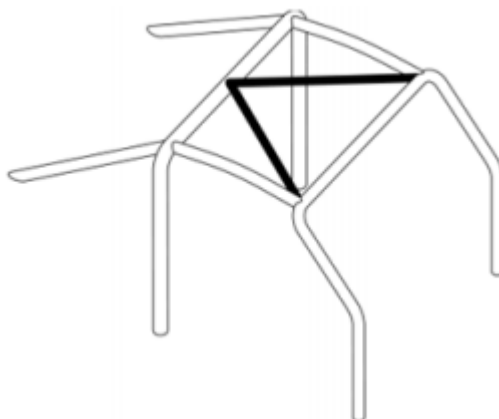
Kromě bočních vzpěr se u bezpečnostního rámu modelu R5 využívá trubkovitá vzpěra, jež se nachází v přední části půloblouku. Tato trubka je v bezpečnostní výbavě povinná, neboť velikost kóty "A" překračuje 200 mm. (Řád FIA, příloha J, článek 253, 2016)



Zdroj: Příloha J mezinárodního sportovního řádu

Obr. 14 Trubkovitá vzpěra bezpečnostního rámu podle FIA

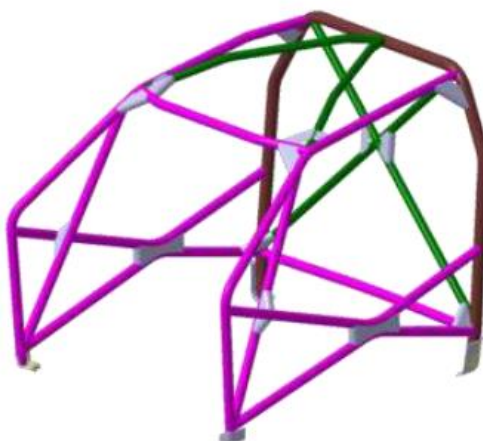
V horní části bezpečnostní konstrukce se nachází další spojení trubek, tentokrát ve tvaru písmene V. Tyto vzpěry jsou zobrazeny na obrázku číslo 14.



Zdroj: FIA, Příloha J mezinárodního sportovního řádu, článek 253

Obr. 15 Horní vzpěry bezpečnostního rámu podle FIA

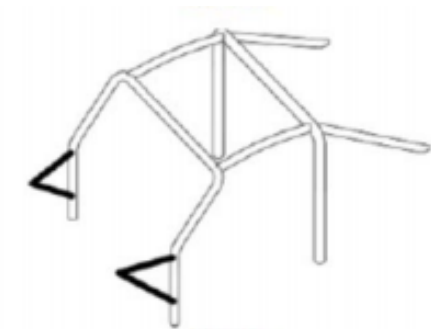
Na obrázku číslo 16 je zobrazena základní struktura bezpečnostního rámu včetně povinných výztuh.



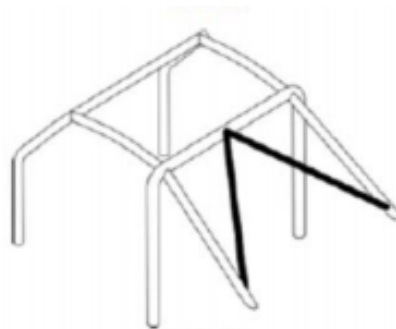
Zdroj: Interní materiály Škoda Auto a.s.

Obr. 16 Základní struktura bezpečnostního rámu modelu R5

Ostatní vzpěry a výztuhy jsou zcela volitelné a záleží pouze na uvážení výrobce, zda bezpečnostní prvky nainstaluje. Na bezpečnostním rámu modelu R5 najdeme například upevňovací body předního zavěšení, které jsou na obrázku číslo 17. V zadní části vozu se kromě zadních vzpěr nacházejí i zadní vzpěry, jež tvoří obrácené písmeno "V". Tento druh vzpěry se musí podle pravidel FIA použít, je-li výztuha střešní vzpěry také ve tvaru písmene "V", viz obrázek 15.



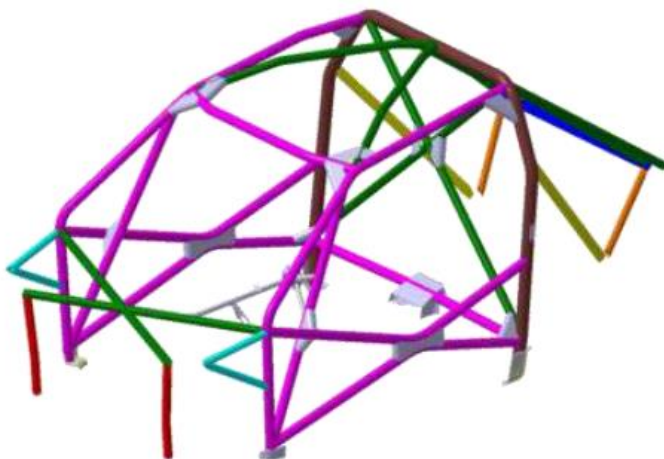
Přední vzpěry



Zadní vzpěra

Zdroj: FIA, Příloha J mezinárodního sportovního řádu, článek 253

Obr. 17 Volitelné vzpěry bezpečnostního rámu podle FIA



Zdroj: Interní materiály Škoda Auto a.s.

Obr. 18 Bezpečnostní rám modelu R5 včetně volitelných vzpěr a výztuh

Bezpečnostní rám závodního modelu Fabia R5 je vůbec nejvýraznějším a nejdůležitějším bezpečnostním prvkem. Je tvořen několika trubkami, jejichž celková délka je 33,9 metrů. Dalším zajímavým údajem je hmotnost rámu, která by měla být při dodržení všech bezpečnostních požadavků z hlediska výkonnosti co nejnižší. Celková hmotnost bezpečnostní konstrukce je 51,351 kg. (Nejedlý, 2016)

2.1.2 Specifikace materiálů a pokyny pro svařování

Pro konstrukci trubek u bezpečnostních rámců závodních vozů jsou povoleny pouze materiály definované v tabulce č. 2. Je nutné dodat, že maximální obsah manganu pro nelegovanou ocel je 1,7% a pro ostatní prvky 0,6%.

Materiál	Minimální pevnost v tahu	Minimální rozměry (mm)	Použití
Nelegovaná uhlíková ocel bežešvá tažená za studena obsahující maximálně 0,3 % uhlíku	350 N/mm ²	45 x 2,5 (1,75"x0,095") nebo 50 x 2,0 (2,0"x0,083")	Hlavní oblouk
		38 x 2,5 (1,5"x0,095") nebo 40 x 2,0 (1,6"x0,083")	Boční půloblouky a ostatní části bezpečnostní konstrukce

Zdroj: Příloha J mezinárodního sportovního řádu

Tab. 2 Specifikace materiálů používaných na konstrukci trubek

Závodní vůz Škoda Fabia R5 využívá ke konstrukci hlavního oblouku trubku o průměru 50 mm s tloušťkou trubkové stěny 2 mm. Půl oblouky a boční vzpěry jsou tvořeny ocelovou trubkou o průměru 40 mm a tloušťka stěny je totožná s hlavním obloukem.

Dokonce i svařování trubek ke karosérii je popsáno v řádu FIA. Podle předpisů je nutné, aby byl svár proveden v co nejlepší možné kvalitě po celém obvodu trubky. Nejvhodnější svařovací metodou je svařování obloukem v ochranné atmosféře, která se používá i u závodního vozu R5.

2.2 Odlišné prvky soutěžní karosérie

Závodní karosérie R5 nevzniká přestavbou klasické karosérie určené pro sériový model Fabia III. generace. Pouze se využívá několik předem upravených podsestav, jež jsou svařeny na sériové lince ve svařovně M14. Část plechových dílů, do nichž spadá například sestava platformy, vnitřní a vnější postranice a všechny panelové díly, jež jsou původně určené pro stavbu sériové karosérie, se před svařením pomocí laseru "namůstkuje". To znamená, že je na dílu proveden částečný řez, který bude později odřezán či upraven. Po "namůstkování" se tyto díly vrátí do sériové svařovny, kde jsou za pomoci sériových robotů svařeny. Následně se práce ujímá oddělení Stavby prototypů a modelů (EGV), které svou

prací zajistí kompletní dokončení vozu, a to od odřezání nepotřebných částí namůstkovaných dílů až po finální montáž jednotlivých sestav závodní karosérie R5.

Závodní karosérii Fabie R5 tvoří asi 1300 ocelových dílů, z čehož je pouhých 40 % dílů využito ze série, včetně již upravených (namůstkovaných) dílů. Zbylé díly jsou vylišované přímo pro závodní model. Mezi největší odlišnosti sportovní karosérie od sériové patří již zmíněný ochranný rám. Na první pohled se závodní karosérie liší také svými předními a zadními podběhy, které jsou rozměrově mnohem větší než je tomu u sériového vozu. Je to z důvodu většího rozměru kola a jeho pohybu ve směru nahoru a dolů při jízdě na nerovném povrchu. S tímto pohybem jsou spojeny tlumiče, pro které se frézují speciální díly tzv. misky tlumičů. Dalším podstatným rozdílem je tunel, procházející střední částí karosérie. Oproti tunelu v sériovém voze je o něco širší kvůli kardanové hnací hřídeli, která tunelem prochází spolu s výfukovým vedením. Další viditelnou odlišností je palivová nádrž, která se nachází místo zadních sedadel. A stejně tak není možné u závodní karosérie najít otvor pro rezervní kolo, neboť je toto místo nahrazeno rovným plechem. Mezi další odlišnosti můžeme zařadit i nejrůznější držáky jako například držáky sedaček, držák hasicího přístroje, držák baterie, držák řadicí páky, ale i držáky pedálů a zcela jiné jsou i držáky motoru. Na závodní karosérii se nachází i nespočet výztuh, jež mají zajistit vyšší pevnost celého skeletu. Tento výčet odlišností je jen částečný, neboť na soutěžní karosérii najdeme mnohem více rozdílů oproti sériovému vozu.

3 Porovnání vybraných způsobů výroby závodních karosérií

Následující kapitola je věnována deskripci dvou vybraných způsobů výroby závodních karosérií, konkrétně karosérii vozu Škoda Fabia R5. První podkapitola charakterizuje metodu postupné stavby, která se v současnosti nejvíce využívá. Druhá podkapitola popisuje kompletní přestavbu sériové karosérie na závodní. Tento způsob je využíván spíše u nižších závodních kategorií, ale i přesto byl u závodních vozů Fabia R5 stanoven teoretický postup výroby.

3.1 Metoda postupné stavby závodní karosérie

Závodní karosérie modelu Škoda Fabia R5 je vyráběna metodou postupné stavby, která se za poslední roky velmi osvědčila. Na úplném počátku je zapotřebí, aby byly sériové díly namůstkovány a svařeny do sestav. Krom upravených sériových dílů jsou lisovány i díly, jež jsou speciálně vyrobené pro závodní vůz. Po obdržení všech těchto potřebných částí, lze zahájit stavbu samotné karosérie. Karosáři obdrží sériovou platformu, kterou umístí na stavěcí přípravek a upraví ji tak, aby vyhovovala soutěžním parametrům. Z platformy je odstraněn celý tunel včetně otvoru pro rezervní kolo. Dále je platforma zbavena předních a zadních podběhů a stejně tak předního a zadního uchycení nápravy. V další fázi dochází k vyztužení předních a zadních podélníků a následně je tato "očištěná" platforma posazena na upravený tunel. Pomocí technologie svařování jsou obě tyto části přichyceny k sobě. V další fázi se platforma přesune na speciální stavěcí rám, kde je uchycena třmeny, aby nedošlo k pohybu a jejímu zkroucení. Následně jsou na platformu navařeny nové díly. Na přední část platformy jsou přidány přední podběhy včetně speciálních misek, které slouží pro uchycení tlumičů.

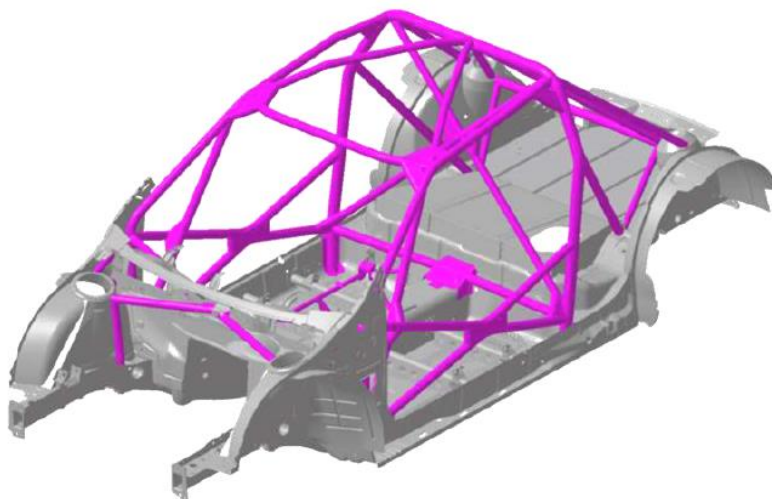
Ve střední části se na tunel přivaří držák na ruční brzdu, spolu s držákem válce. Na podlahu jsou přichyceny držáky podlážky jezdce a spolujezdce, včetně trubkovitých držáků sedadel, jež jsou zpevněny výztuhou. Na straně spolujezdce je uchycen i držák hasicího přístroje, který je nedílnou součástí povinné výbavy závodního vozu. Dalším držákem, který je přivařen k platformě je držák na baterii, která se nachází na straně řidiče. U řidiče jsou také umístěny držáky na pedály.

V zadní části karosérie dochází k úpravě a navaření krytu palivové nádrže, která je zvýšená kvůli světlosti vozidla. Místo, kde je u sériových karosérií umístěn otvor

pro rezervní kolo, je u závodní konstrukce nahrazeno rovným plechem zadní podlahy. Po obou stranách platformy jsou přivařeny upravené podběhy spolu se speciálními vstupy pro tlumiče. Na závěr se přidá zadní čelo vozu.

V závěru jsou mezi nosníky navařeny trubková uložení pro stabilizátory, které pomáhají zlepšit kinematiku pro přední a zadní nápravu. Do přední části karosérie jsou přidány speciální držáky motoru a převodovky a stejně tak je za pomoci svařovací technologie připevněn držák chladičové stěny. Krom toho jsou také vyztuženy přední a zadní podběhy.

Pokud je nosná část takto upravena, je možné přivařit samotný rám. Svařenec, nebo-li základní konstrukce rámu bez zadních vzpěr, je vložen do střední části karosérie a přivařen k podlaze do vyztužených míst. Tedy do předem navařených patek rámu, jež jsou tvořeny 3 mm plechem. K dalším nedílným úpravám patří připojení misek předních tlumičů k základní konstrukci rámu za pomoci trubek a rozpěrek. Stejně tak je učiněno i v zadní části vozu, kdy jsou otvory pro uložení tlumičů připojeny k rámu pomocí zadních vzpěr, trubek a rozpěrek. Jakmile je celý rám usazen, dojde k přivaření držáku volantu.

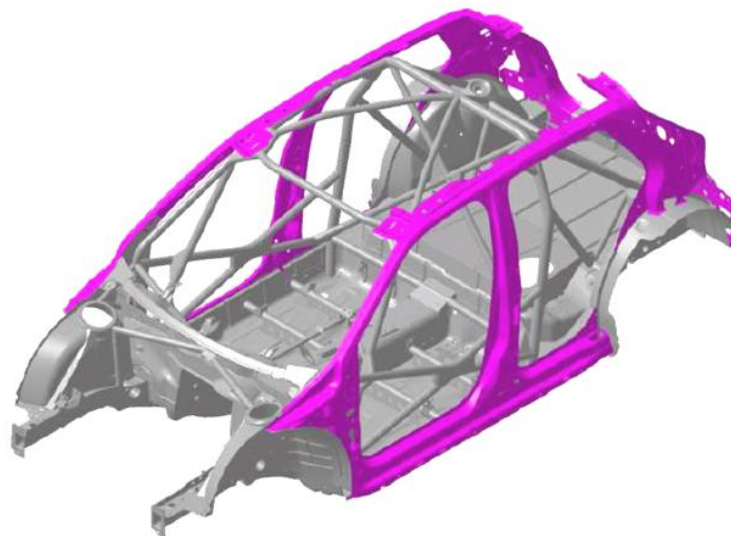


Zdroj: Interní materiály Škoda Auto a.s.

Obr. 19 Bezpečnostní rám modelu R5 včetně volitelných vzpěr a výztuh

V další fázi jsou na karosérii přidány vnitřní postranice, které jsou opět upraveny můstkovaním. Než-li je tak učiněno, je zapotřebí, aby byla karosérie spolu s postranicemi ustavena ve flexibilu (speciální přípravek pro uchycení postranic k

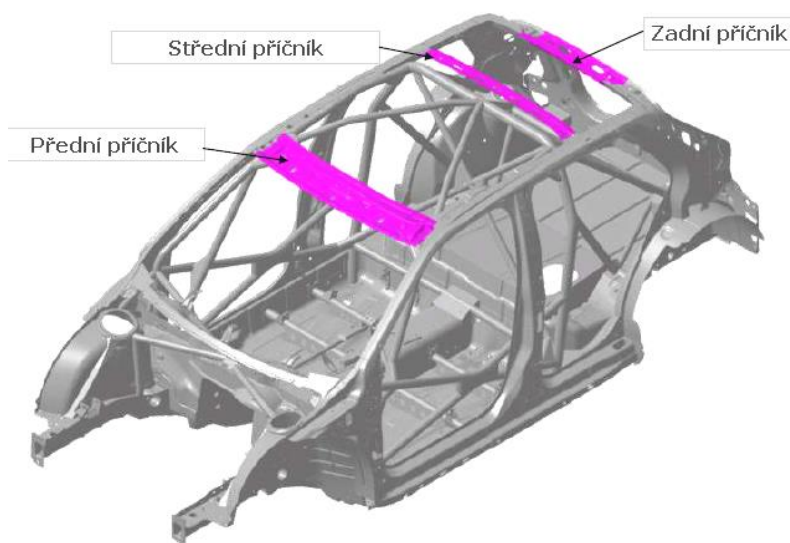
platformě). Teprve poté je možné sestavy vnitřních postranic přivařit za pomoci bodového sváření a sváření v ochranné atmosféře k základní platformě.



Zdroj: Interní materiály Škoda Auto a.s.

Obr. 20 Vnitřní rámy závodního modelu R5

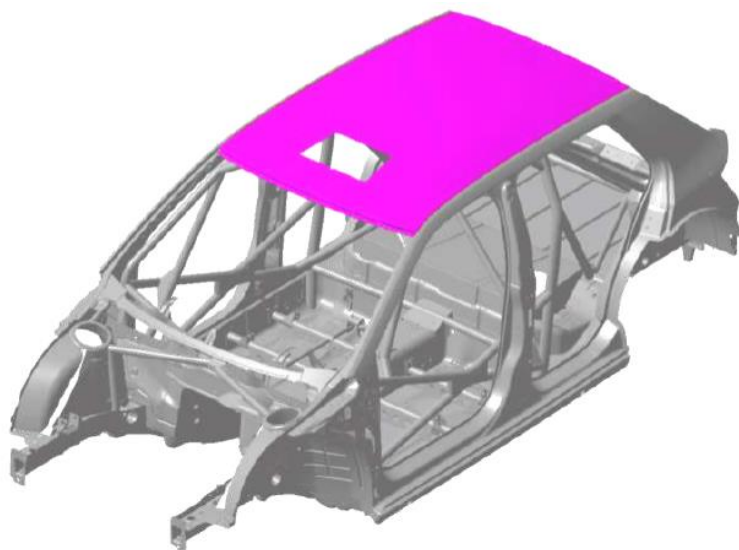
Pokud jsou vnitřní rámy na místě, dochází k přivaření třech základních příčníků. Přední příčník, jež odděluje čelní sklo od střechy, střední příčník, nacházející se u hlavního oblouku bezpečnostního rámu a zadní příčník, který dělí střechu od pátých dveří. Tyto plechové díly jsou bodovým svářením připojeny k vnitřním postranicím.



Zdroj: Interní materiály Škoda Auto a.s.

Obr. 21 Příčníky závodního modelu R5

V předposledním kroku jsou k tomuto celku přivařeny vnější upravené postranice, které se liší od sériových především ve větším oblouku v místech, kde se nacházejí podběhy. Ale také je zacelen otvor pro palivové hrdlo. Na závěr je k celé konstrukci přidán zadní koncový díl a ve finále střecha, která je přichycena ke konstrukci pájeným spojem, který je realizován na robotickém pracovišti technologií laserového pájeného spoje.



Zdroj: Interní materiály Škoda Auto a.s.

Obr. 22 Střecha závodního modelu R5

V úplném závěru se celá konstrukce závodní karosérie umístí na speciální vysoký přípravek, díky němuž se pracovníci dostanou i ke spodní části karosérie. V této fázi dochází k dovaření rámu, kontrole šířky postranice a vystružení pouzder stabilizátorů. Poslední operací před olakováním a katoforézou je kontrola a měření svařené karosérie.

3.2 Metoda kompletní přestavby sériové karosérie

Tento způsob výroby karosérií se využívá především pro závodní vozy soutěžící v nižších kategoriích, do kterých spadá skupina A a N. Tyto dvě skupiny zahrnují soutěže se sériovými produkčními vozy. Tedy automobily, jež jsou určeny pro normální prodej zákazníkům. Než se však bude moci vozidlo zúčastnit závodu, je zapotřebí, aby byly splněny veškeré technické požadavky stanovené v pravidlech FIA pro kategorii I., skupiny A a N.

Prvním krokem, který musí každý soutěžící učinit je vybrat vhodný typ automobilu, který má už od výrobce dostatečný výkon motoru a přizpůsobený podvozek. Jakmile je vůz zakoupen, dojde k odstranění veškerých částí interiéru, jako jsou koberce, sedačky, palubní deska, volant, loketní opěrka a další, včetně tepelné i zvukové izolace. Pokud je interiér odstraněn, následuje demontování náprav, tlumičů, brzdového vedení, elektroinstalace a motoru s převodovkou. Do takto očištěné karosérie je poté možné navařit bezpečnostní rám, jehož tvar je stanoven bezpečnostními pravidly mezinárodní automobilové federace. Po ustavení ochranné klece následuje uchycení různých držáků a výztuh, včetně úprav uložení tlumičů, převodovky a náprav. V případě použití větších pneumatik je zapotřebí upravit přední a zadní podběhy. Nejlevnější možností je odříznutí původních lemů a navaření jiných. Pro zajištění vyšší pevnosti a odolnosti karosérie, jsou některé svárové spoje převařeny. V posledním kroku je karosérie nalakována a osazena díly.

U závodních karosérií Fabia R5 se tento způsob výroby nepoužívá, ale existuje teoretický postup stavby. Základní rozdíl oproti první metodě, kde byla karosérie stavěna postupně, spočívá v úpravě kompletně svařené sériové karosérie. Vše začíná vytipováním jednotlivých dílů, které mají v oblasti svařené karosérie návaznost na bezpečnostní rám. Je třeba určit jejich ořezové křivky v místech kolize a následně je nutné provést částečný ořez na 5-osém laserovém řezacím zařízení (můstkování). Po všech těchto úpravách je platforma spolu s upravenými díly převezena na sériovou linku, kde se jednotlivé podskupiny spojí za pomoci svařovacích robotů a vznikne tak svařená karosérie. V následujícím kroku putuje tento ocelový skelet do karosářské dílny, kde jsou předem namůstkováné díly odstraněny a nahrazeny speciálními, přímo určenými pro soutěžní vůz. Dochází k odřezu předních a zadních podběhů, načež jsou ihned nahrazeny jejich upravenými verzemi. Dále je odstraněn tunel, kryt nádrže a otvor pro rezervní kolo. Stejně jako u první metody je zapotřebí nového většího tunelu s prostupem řízení. Kryt nádrže je nahrazen upraveným dílem a mulda pro rezervní kolo je zakryta rovným plechem. Celá přední stěna musí být odstraněna a vyměněna za modifikovanou verzi, která je uzpůsobena na větší tunel.

Jakmile je karosérie očištěna od zbytečných částí a upravena na závodní verzi, přechází se k samotnému navaření bezpečnostního rámu. Postup vložení

ochranné klece se zcela liší od první metody, kde byla základní konstrukce rámu navařena na upravenou platformu. Vzhledem k tomu, že je karosérie svařena do jednoho celku, není možné vložit do vozu základní konstrukci. Proto je třeba rám sestavit a svařit uvnitř vozu. V první řadě dojde k částečnému upevnění hlavního oblouku do předem vyztužených míst. Poté jsou k němu přivařeny boční půloblouky, které se propojí s A-sloupkem. Než však bude tato počáteční konstrukce napevno přichycena k platformě, dojde k navaření bočních výztuh tvaru „X“ a diagonálních vzpěr v hlavním oblouku. V tomto okamžiku je základní konstrukce rámu částečně přivařena k nosné části. Nelze ji však přivařit napevno, neboť by mohlo dojít ke zkřivení celého skeletu. V následujícím kroku jsou otvory pro uložení předních tlumičů připojeny k základní konstrukci rámu za pomoci trubek a rozpěrek. Stejně tak je učiněno i v zadní části vozu, kdy jsou misky pro uložení zadních tlumičů připojeny k rámu trubkami, rozpěrkami a zadními vzpěrami. Po tomto kroku lze již přivařit celý rám k nosné části.

V závěru celé stavby jsou ke karosérii přivařeny veškeré držáky a výztuhy. V přední části to jsou například držáky motoru, držák převodovky. Ve střední části jsou přivařeny trubkovité držáky sedaček, včetně jejich výztuh, držáky pedálů, držák ruční brzy, držák hasicího přístroje, držák baterie a držák volantové tyče. Kromě toho je třeba zavařit v pravé vnější postranici otvor pro palivové hrdlo. Následně je celá karosérie dána na speciální přípravek, díky kterému lze upravit i spodní část vozu. Jsou modifikovány místa pro uchycení přední a zadní nápravy, je přivařen držák kardanu, úchyty pro výfuk a držák nárazníku.

Ve finále by měl být takto postavený vůz totožný s vozem, jež byl sestaven metodou postupné stavby. I přesto, že se na první pohled budou zdát tyto vozy stejné, najdeme řadu malých rozdílů především v oblasti sváření.

Na závěr je nutno podotknout, že celá stavba karoserie v případě první i druhé metody výroby vyžaduje velké zkušenosti karosářů a technologů, neboť při svařování dochází k tepelnému zatížení konstrukce, což může mít za následek rozměrovou nestabilitu závodní karoserie.

4 Zhodnocení a výběr optimální metody

V předchozí kapitole byly popsány výrobní postupy soutěžního modelu Škoda Fabia R5. V první metodě se bezpečnostní rám navázel na upravenou platformu a následně byly na tuto konstrukci přidány další upravené podskupiny. V druhé metodě byly díly svařeny v sériové lince a do již hotového ocelového skeletu byl vevářen ochranný rám. Obě tyto metody sebou přinesly jisté výhody, ale také několik nevýhod. Jediným společným bodem pro oba tyto způsoby výroby je počáteční příprava a částečné řezání (můstkování) dílů. V dalších fázích existuje hned několik rozdílů.

Než dojde k samotné stavbě soutěžní karosérie, jsou zapotřebí CAD data poskytnutá oddělením Motorsportu. Na základě financí a výrobních kapacit je učiněno rozhodnutí, jež upřesní, které díly budou vyráběny ve firmě Škoda Auto a. s. a které se zadají externím firmám. V obou případech je zapotřebí konstrukce nástrojů, sloužících pro vylisování speciálních dílů, určených pro závodní vůz. Tato konstrukce je u obou metod zcela stejná, stejně jako kontrolní přípravek, potřebný v závěru výroby. Nejvíce odlišností mezi těmito dvěma metodami lze nalézt v konstrukci přípravků pro kompletaci a jednotlivé úpravy karosérie. V případě první metody je zapotřebí zkonstruovat přípravky pro kompletaci platformy a rámu, přípravky pro přípravu podskupin, přípravky na flexibil (zde probíhá kompletace postranic s platformou) a v neposlední řadě i přípravky pro pájení střechy. V případě druhé metody mají konstruktéři přípravků méně práce. Zkonstruují pouze přípravky pro svaření rámu a přípravky pro úpravu karosérie, výměnu dílů, veváření rámu a doplnění specifických nových dílů. Lze tedy tvrdit, že první metoda je z konstrukčního hlediska náročnější, neboť je zapotřebí zkonstruovat větší množství přípravků než-li je tomu u metody kompletní přestavby karosérie cca o 30%.

Jakmile jsou CAD data pro jednotlivé nástroje a přípravky vytvořeny, putují tyto informace do závodu nebo k externím firmám, kde dojde k jejich výrobě. Výroba nástrojů a přípravků je pro obě dvě metody z technologického hlediska naprosto totožná, stejně tak i samotná výroba ocelových dílů. Technologie se začnou částečně lišit až při samotné stavbě vozu. V metodě, kdy je vůz stavěn postupně, jsou jednotlivé díly spojovány bodovým svařováním a svařováním obloukem v

ochranné atmosféře, popřípadě laserem. Všechny tyto sváry krom laserových jsou prováděny manuálně, zatímco u druhé metody je většina dílů spojena svařovacími roboty na lince. I přesto, že je karosérie svařena, není kompletní a je opět zapotřebí lidského faktoru, který odstraní nepotřebné sériové díly a dovaří části speciálně určené pro závodní vůz, stejně tak i celou karosérii zpevní sváry. Z technologického hlediska lze tvrdit, že v případě druhé metody je ocelový skelet svařen díky robotům mnohem rychleji a v sériové kvalitě. Ovšem největším problémem v této metodě zůstává navaření nejdůležitější části vozu a to ochranného rámu. Kvůli špatné přístupnosti ke svárům a jejich nestandardní poloze uvnitř skeletu je navaření ochranného prvku mnohem komplikovanější, než-li je tomu u první metody, kdy je rám navařen na platformu a k němu jsou přidávány další díly. Vzniká tedy riziko nekvalitní práce v oblasti CO₂ svárů a výsledek není oproti první metodě dokonalý.

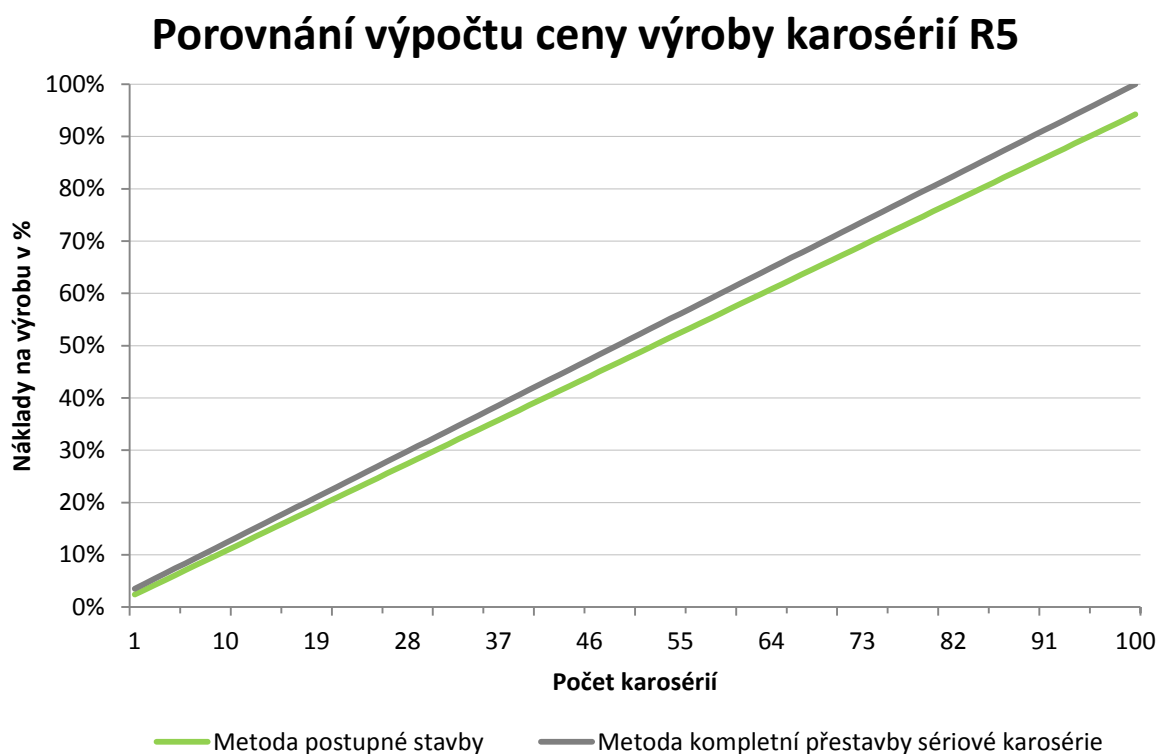
Z výrobního hlediska je metoda, kdy je karosérie stavěna postupně, mnohem výhodnější, neboť při postupné montáži mají karosáři mnohem lepší přístup k částem, které jsou zapotřebí vyměnit za nové. Jedná se například o výměnu tunelu, držáků tlumičů, zadní podlahy, krytu nádrže a příčné stěny na platformě. Pokud je platforma součástí karosérie, bude její modifikace mnohem obtížnější a z důvodu špatné přístupnosti i značně časově náročnější.

Nejlepším ukazatelem pro porovnání dvou výrobních metod jsou finance. Z důvodu citlivosti údajů nelze uvést konkrétní částky, neboť jsou tyto informace majetkem společnosti Škoda Auto a. s.. Proto je finanční porovnání uvedeno v procentech. Při výpočtu celkové ceny výroby jedné karosérie byly zahrnuty náklady, které se v metodách odlišují. Ceny za sériové díly, nové díly, ořez dílů, cena za nářadí, cena kontrolního přípravku a cena brousícího materiálu je pro obě dvě metody stejná, proto není důvod tyto náklady zahrnovat. V první metodě je třeba počítat s náklady na přípravek pro svaření rámu, cenou přípravku pro kompletaci platformy a rámu, cenou za přípravek pro přípravu podskupin, cenou přípravků pro stavbu na flexibilu a cenou přípravku pájení střechy. Je zohledněn čas pro modifikaci platformy, výrobu rámu, stavbu na flexibilu a v neposlední řadě dovážení a dokončení samotného ocelového skeletu. V druhé metodě jsou zahrnuty ceny za přípravek pro svaření rámu, náklady vynaložené za naprogramování svařovacích robotů na sériové lince, cena přípravků pro úpravu

karosérie a přípravy potřebné na veváření rámu uvnitř karosérie. Pro zjednodušení výroby je nutno u exponovaných dílů optimalizovat (zjednodušit popř. zredukovat) kompletační proces. Na základě domluvy lze přeprogramovat jednotlivé roboty tak, aby při výměně některých dílů (např. tunel) došlo ke snížení počtu svařovacích bodů. A stejně jako v první metodě je do výpočtu zapotřebí zohlednit čas potřebný k výrobě jedné karosérie.

Na stavbu jedné sportovní karosérie je u druhé metody zapotřebí přibližně o 3 % více času, nežli v případě metody první. U metody, kdy je karosérie stavěna postupně je možno hodiny rozložit na cca 6 až 7 operací, které lze obsadit 2 až 4 pracovníky na jednu operaci. V případě druhé metody lze hodiny rozložit na 4 – 5 pracovišť, ovšem z důvodu malého prostoru nelze pracoviště obsadit více jak dvěma pracovníky.

Na základě těchto výpočtů bylo zjištěno, že druhá metoda, tedy metoda kompletní přestavby celého vozu je přibližně o cca 5 % dražší než-li metoda postupné stavby. Je to způsobeno především potřebou většího množství času na výrobu jedné karosérie a vyššími náklady na přeprogramování robotů v počátku výroby.



Zdroj: vlastní tvorba

Obr. 23 Porovnání výpočtů ceny výroby karosérií R5

Navíc nelze závodní karosérie vyrábět na sériové lince během týdne, ale je zapotřebí speciálních výrobních režimů, například výroba o víkendech.

Z hlediska skladování je metoda postupné stavby výhodnější, neboť je mnohem jednodušší uskladnit jednotlivé díly než-li celý ocelový skelet, který potřebuje mnohem více prostoru, což znamená i vyšší náklady na uskladnění.

I když se potřeba hodin na výrobu jedné karoserie liší přibližně o cca 3 %, pro dodržení taktu 1 - 2 karosérií týdně je nutno pracoviště (pracoviště pro veváření dílů do karoserie a pracoviště pro přípravy rámu) v případě druhé metody vzhledem k náročnosti operace a vzhledem k tomu, že tato pracoviště lze obsadit maximálně dvěma karosáři, vyrobit vícekrát.

Na základě těchto informací lze usoudit, že optimální metodou výroby nekonvenčních karosérií se stala metoda postupné stavby. Tento způsob výroby je oproti druhé metodě, kdy je karosérie kompletně přestavěna ze sériového vozu, levnější, kvalitnější a z časového hlediska rychlejší.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat a zhodnotit dva vybrané způsoby výroby nekonvenčních karosérií z hlediska konstrukčního, technologického a ekonomického. Práce byla rozdělena na čtyři hlavní části, z nichž každá se zabývala určitým tématem. První část práce byla věnována teoretickým poznatkům o automobilové karosérii. V úvodu byl definován pojem "karosérie" včetně základních požadavků, jež jsou na ocelový skelet kladeny. Bylo zde uvedeno rozdělení karosérii podle typu a rozdělení ke vztahu k podvozku, stejně tak byla popsána i samotná struktura automobilové karosérie. První kapitola zahrnovala i deskripci procesu antikoroze ochrany, kterou musí projít každý ocelový skelet. V závěru pak byly popsány materiály včetně spojovacích technologií, které se v současné době v automobilovém průmyslu nejvíce využívají.

Druhá část byla zaměřena na charakteristiku sériové a sportovní karosérie. Byly zde vyzdvíženy největší rozdíly těchto vozů, včetně detailního popisu bezpečnostního rámu, který je z velké část stanoven pravidly Mezinárodní automobilové federace. V závěru byly popsány difference mezi sportovní karosérií modelu Škoda Fabia R5 a sériovým vozem Škoda Fabia III. generace.

Třetí kapitola se věnovala detailnímu popisu výroby nekonvenčních karosérií. První metodou byla postupná stavba skeletu, kdy došlo k úpravě nosné části, navaření bezpečnostního rámu a na závěr byly přidány vnitřní a vnější postranice a střecha. Druhá metoda spočívala v kompletní přestavbě sériové karosérie, která byla svařena na sériové lince za pomoci robotů a následně upravena do podoby závodní karosérie.

V poslední části došlo k celkovému zhodnocení obou metod. Bylo zjištěno, že metoda postupné stavby je z konstrukčního hlediska náročnější a to z důvodu konstrukce většího množství přípravků. Ovšem z technologického hlediska by se dalo tvrdit, že jsou si obě metody podobné. V případě první metody byl celý ocelový skelet svařen lidskou rukou, zatímco u metody kompletní přestavby sériové karosérie došlo ke kombinaci robotického svařování a svařování manuálního. Je nutné podotknout, že druhá metoda vyšla z kvalitativního hlediska

o něco hůř, neboť největším problémem je navaření bezpečnostního rámu uvnitř vozu.

Za pomoci výpočtů bylo zjištěno, že metoda kompletní přestavby sériové karosérie je oproti první metodě, kdy byla karosérie stavěna postupně o cca 5 % dražší a to především kvůli potřebě většího množství času na přestavbu ocelového skeletu a na veváření ochranného rámu, jehož vložení je kvůli špatné přístupnosti mnohem náročnější. Důležitou roli hrály i vysoké náklady na přeprogramování robotů na sériové lince.

Na základě všech dostupných informací bylo zjištěno, že metoda postupné stavby je oproti druhé metodě ekonomicky výhodnější, z technologického hlediska kvalitnější a především se uspoří velké množství času a tím se zkrátí doba výroby požadovaného množství karosérií.

Seznam literatury

KOVANDA, J. a kol. *Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků*. 1. vyd., Praha 2015, ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství, 242 s., ISBN 978-80-01-05893-0

Zákon č. 56/2001 Sb. *Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*. [online]. [cit. 2016-09-12]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-56>

Vyhláška č.341/2014 Sb. *Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*. [online]. [cit. 2016-09-12]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>

SCHWARZ, J. *Automobily Škoda Fabia II*. 1. vyd., Praha 2008, Grada Publishing, a. s., 352 s., ISBN 978-80-247-2155-2

OBERMAJER, L. *Typy karosérií osobních automobilů*. [online]. Ludeco, 2008, [cit. 2016-09-14]. Dostupný z URL: <<http://ludeco.blog.cz/0803/typy-karoserii-osobnich-automobilu>>

ŠIMON, P. *Karosérie osobního automobilu*. 2015, Škoda Auto a. s. [online]. [cit. 2016-09-10]. Dostupné z: http://k616.fd.cvut.cz/full/download/pdp2015/simon_karoserie.pdf

JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B., ČUPERA, J. *Automobily 1: podvozky*. 1. vyd., Brno: Avid, 2009, 228 s., ISBN 978-80-87143-03-2

VLK, F. *Stavba motorových vozidel*. 1.vyd., Brno 2003, Nakladatelství Vlk, 499 s., ISBN 80-238-8757-2

VLK, F. *Karosérie motorových vozidel*. 1.vyd., Brno 2003, Nakladatelství Vlk, 243 s., ISBN 80-238-5277-9

BRAESS,H.-H., SEIFFERT,U. *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. 6. vyd., Vieweg+teuber, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011, 998 s., ISBN 978-3-8348-1011-3

APETAUR, M., HANKE, M., KEJVAL Z., ROST, M., *Karosérie*. 1. vyd., Praha: ČVUT 1985, 150 s., číslo publikace 5431

DAVINES, G. *Materials for automobile bodies*. 2.vyd., Butterworth-Heinemann, 2003, ISBN 978-0-08-096979-4

WORLD AUTO STEEL. *Automotive Steel Definitions*. [online]. [cit. 2016-10-03] Dostupný z: <http://www.worldautosteel.org/steel-basics/automotive-steel-definitions/>

GIRMAN, V., HRABČÁKOVÁ, V. *Kovové materiály automobilových konstrukcí - II karosérie a karosářské plechy*. [online]. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://www.materialing.com/sites/default/files/Kovov%C3%A9%20materi%C3%A1ly%20automobilov%C3%BDch%20kon%C5%A1trukcii%20II%20-%20Karos%C3%A9ria%20a%20karos%C3%A1rske%20plechy.pdf>

Interní materiály firmy Škoda Auto a.s.

BRADÁČ, J., *Výukové materiály Škoda Auto Vysoká škola o.p.s., Mladá Boleslav 2015*

KUNCIPÁL, J., *Nové technologie ve svařování*. 1. vyd., Praha 1984, Nakladatelství technické literatury, 292 s.

LENFELD, P., NOVÁ, I., JERSÁK, J., GABRIEL, V., *Základy strojírenské výroby*. 1. vyd., Mladá Boleslav 2001, Škoda Auto VŠ, 274 s, ISBN 80-238-7610-4

KUBÍČEK, J., *Technologie svařování*. [online]. Studijní opory 2010. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/technologie_svarovani__5te_etv_etv-k__kubicek.pdf

SCHINKMANN. *Svařování MIG/MAG, MIG svařování, MAG svařování, svařování plněnou elektrodou*. [online]. [cit. 2016-10-06]. Dostupné z: <http://www.schinkmann.cz/mig-mag-co2>

LASERTHERM. *Laserové svařování*. [online]. [cit. 2016-10-07]. Dostupné z: <http://www.lasertherm.cz/sluzby/laserove-svarovani/>

STÝBLO, S. *Sériový vůz vs. závodní speciál - rozdíly v konstrukci karoserie a šasi*, 2011 [online]. [cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <http://www.tipcars.com/magazin-seriovy-vuz-vs-zavodni-special-rozdily-vkonstrukci-karoserie-a-sasi-4968.html>

AUTOKLUB. *Řády FIA, příloha J, článek 253, 2016 - Bezpečnostní výbava*. [online]. [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/text/101-rady-fia-priloha-j.html>

NEJEDLÝ, J. *Magická stovka padla. Škoda mobil*. 2016, č. 10, str. 17

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Rozdělení silničních vozidel podle druhu použité karosérie	12
Obr. 2 Rozdělení automobilových karosérie podle tvaru	14
Obr. 3 Svařená (vlevo) a okovaná (vpravo) karosérie Škoda Yeti.....	16
Obr. 4 Sestava podlahy	18
Obr. 5 Střecha a příčníky	19
Obr. 6 Nátěrový systém.....	20
Obr. 7 Materiálová struktura Škoda Fabia	23
Obr. 8 Rozdělení svařovacích metod	25
Obr. 9 Princip bodového sváření	26
Obr. 10 Obloukové svařování v ochranné atmosféře MIG a MAG	26
Obr. 11 Základní struktura bezpečnostního rámu podle FIA	30
Obr. 12 Diagonální vzpěry bezpečnostního rámu podle FIA	31
Obr. 13 Boční vzpěry bezpečnostního rámu podle FIA	32
Obr. 14 Trubkovitá vzpěra bezpečnostního rámu podle FIA	32
Obr. 15 Horní vzpěry bezpečnostního rámu podle FIA	33
Obr. 16 Základní struktura bezpečnostního rámu modelu R5	33
Obr. 17 Volitelné vzpěry bezpečnostního rámu podle FIA	34
Obr. 18 Bezpečnostní rám modelu R5 včetně volitelných vzpěr a výztuh	34
Obr. 19 Bezpečnostní rám modelu R5 včetně volitelných vzpěr a výztuh	38
Obr. 20 Vnitřní rámy závodního modelu R5	39
Obr. 21 Příčníky závodního modelu R5.....	39
Obr. 22 Střecha závodního modelu R5	40
Obr. 23 Porovnání výpočtů ceny výroby karosérií R5	45

Seznam tabulek

Tab. 1 Kategorizace ocelí podle pevnostních vlastností v tahu	21
Tab. 2 Specifikace materiálů používaných na konstrukci trubek	35

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Tellárová Dita		
STUDIJNÍ OBOR	6208R088 Podniková ekonomika a management provozu		
NÁZEV PRÁCE	Zhodnocení vybraných způsobů výroby nekonvenčních karosérií		
VEDOUcí PRÁCE	Ing. Josef Bradáč Ph.D.		
KATEDRA	KAT - Katedra automobilové techniky	ROK ODEVZDÁNÍ	2016
POČET STRAN	52		
POČET OBRÁZKŮ	23		
POČET TABULEK	2		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	Cílem této bakalářské práce bylo popsat a zhodnotit dva vybrané způsoby výroby nekonvenčních karosérií z hlediska konstrukčního, technologického a ekonomického. První část práce byla věnována teoretickým poznatkům o automobilové karosérii. V druhé kapitole byly charakterizovány difference mezi sériovou a závodní karosérií modelu Škoda Fabia R5, včetně detailního popisu bezpečnostního rámu. Třetí část práce obsahovala deskripci dvou výrobních metod. První metoda popisovala postupnou stavbu závodní karosérie, zatímco druhá kompletní přestavbu sériového ocelového skeletu. Na základě dostupných informací bylo zjištěno, že první metoda výroby je z technologického, časového i ekonomického hlediska výhodnější.		
KLÍČOVÁ SLOVA	Karosérie, výroba, bezpečnostní rám, materiál, svařování, závodní karosérie, sériová karosérie, FIA		
PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne			

ANNOTATION

AUTHOR	Tellárová Dita		
FIELD	6208R088 Business Management and Production		
THESIS TITLE	Evaluation of selected methods of unconventional bodywork production		
SUPERVISOR	Ing. Josef Bradáč Ph.D.		
DEPARTMENT	KAT - Department of Automotive Technology	YEAR	2016
NUMBER OF PAGES	52		
NUMBER OF PICTURES	23		
NUMBER OF TABLES	2		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	The aim of the bachelor thesis was described and evaluated two selected methods of unconventional body production in constructional, technological and economic terms. The first part of thesis was dedicated theoretical aspects of automotive. In the second chapter there were differences between series and racing automotive body, including a detailed description of the safety frame. The third part of this bachelor thesis contained the description of two production methods. The first method described gradually construction of racing bodywork whereas the second method described complete reconstruction of series bodywork into racing body. The result was based on available information. It was found that the first method of production is a technological, economic and time aspect better.		
KEY WORDS	Bodywork, production, safety frame, material, welding, racing body, production body, FIA		
THESIS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No			

