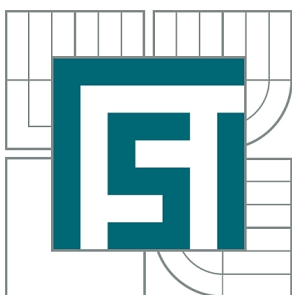




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## MATERIÁLY PRO KAROSERIE OSOBNÍCH VOZIDEL

MATERIALS FOR PASSENGER CAR BODIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ZDENĚK VONDRÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR HEJTMÁNEK

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Zdeněk Vondrák

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Materiály pro karoserie osobních vozidel**

v anglickém jazyce:

### **Materials for Passenger Car Bodies**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracujte přehled materiálů používaných při konstrukci samonosných karoserií moderních osobních vozidel. Rozeberte detailně vlastnosti jednotlivých materiálů a uveďte jejich výhody a nevýhody.

Cíle bakalářské práce:

- Detailně popište strukturu samonosné karoserie osobního automobilu.
- Vytvořte přehled jednotlivých materiálů užívaných při konstrukci karoserie, včetně podrobného popisu jejich vlastností, výrobních postupů a možností spojování.
- Rozeberte způsoby povrchových úprav karoserií.
- Pokuste se v oblasti materiálů pro karoserie automobilů odhadnout vývoj do budoucnosti.

Seznam odborné literatury:

- [1] VLK, F. Stavba motorových vozidel. ISBN 80-238-8757-2, Nakladatelství VLK, Brno 2003.  
[2] DAVIES, G. Materials for Automobile Bodies. ISBN 0-7506-5692-1, Butterworth-Heinemann, 2003.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Hejtmánek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 16.11.2010

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Tato práce je věnována popisu konstrukce samonosné karosérie moderních osobních automobilů, materiálům karosérií, povrchovým úpravám a způsobům spojování částí karosérie. V práci je uveden výčet materiálů, použitelných při výrobě jednotlivých dílů karosérie. Dále se práce zabývá různými povrchovými úpravami, zejména zaměřenými na antikorozi ochranu. Závěrečná část práce pojednává o různých možnostech spojování, na které můžeme v automobilovém průmyslu narazit.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

karosérie, koroze, povrchová úprava, svařování, lepení, plast, hliník, ocel

## **ABSTRACT**

This work is devoted to description of modern personal car body construction, materials of car bodies, surface finishing and methods of body parts joining. The work presents a list of materials that are used during manufacture of individual parts of body. Further, the work is concerned with surface finishing methods, especially those focused on anti-corrosion protection. The final part deals with various options of joining, that we may encounter in the automobile industry.

## **KEYWORDS**

car body, corrosion, surface finish, welding, sticking, plastic, aluminium, steel



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VONDRÁK, Z. *Materiály pro karoserie osobních vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Hejtmánek.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Petra Hejtmánka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2011

.....

Zdeněk Vondrák



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji Ing. Petru Hejtmánkovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.





## OBSAH

Úvod .....	10
1 Karosérie.....	11
2 Materiály.....	14
2.1 Ocel.....	14
2.2 Hliník a jeho slitiny.....	14
2.3 Hořčík a jeho slitiny.....	15
2.4 Kovové pěny .....	16
2.5 Plasty.....	17
2.5.1 Termoplasty .....	17
2.5.2 Reaktoplasty (Termosety).....	18
3 Povrchové úpravy karosérií .....	20
3.1 Konzervace dutin a spojů.....	20
3.2 Odmaštění .....	21
3.3 Fosfátování.....	21
3.4 Chromátování.....	21
3.5 Základová barva.....	22
3.5.1 Kataforéza.....	22
3.6 Plnič .....	23
3.7 Vrchní lak .....	23
4 Spojování materiálů .....	25
4.1 Svařování tavné.....	25
4.1.1 Svařování elektrickým obloukem.....	25
4.1.2 Svařování laserem.....	26
4.2 Svařování tlakové .....	27
4.2.1 Odporové svařování.....	27
4.3 Lepení .....	28
4.4 Pájení .....	29
Závěr.....	30
Použité informační zdroje.....	31



## ÚVOD

Karoserie tvoří důležitou a nedílnou součást automobilu. Je to část vozidla, která nabízí prostory podle potřeby pro cestující a náklad. Slouží také k ochraně před vnějšími vlivy, například počasí. Zajišťuje komfort pasažérů a zvyšuje jejich bezpečnost při cestování. Karoserie vozidla je také navrhována s ohledem na aerodynamické působení, nejvíce patrné je to v dnešní době u moderních automobilů, kde lze vidět řadu komponentů zlepšující aerodynamiku vozidla. Další a pro většinu lidí dosti důležitou vlastností karoserie je estetický vzhled vozidla. Nyní se také klade velký důraz na bezpečnost a to ne jen cestujících, ale i na bezpečnost chodců. Ve skeletu vozu musí být dostatečně velké deformační zóny (přední, zadní a boční). Deformace těchto zón musí absorbovat co nejvíce energie, a zároveň aby prostor pro cestující byl deformován co nejméně a bylo tak snazší vyproštění cestujících z vozu v případě nehody. Dalším parametrem, na který se v poslední době bere zřetel je výhled z vozidla a s tím spojené tzv. mrtvé úhly. Mrtvý úhel je prostor, který není vidět žádným zpětným zrcátkem ani přímým pohledem řidiče.

Při výrobě karoserie je v dnešní době použito nepřehledné množství různých materiálů. Nejčastější jsou karoserie vyrobené z ocelových profilů a plechů, z důvodu dobrých mechanických vlastností. Dalším významným materiálem na výrobu karoserie je hliník a jeho slitiny, který je proti oceli lehčí, ale nedosahuje takové pevnosti a proto se musí vyrábět z tlustších plechů. V poslední době se na části karosérií začínají hojně využívat plasty a kompozity. Výhodou plastu a kompozitu je hlavně jejich hmotnost a odolnost proti korozi.

Do procesu výroby se zařazují různé povrchové úpravy. Hlavním úkolem povrchových úprav je vytvoření vrstev, které jsou odolné proti korozi a tím zvýší životnost karoserie. Díky těmto úpravám povrchů mohou automobilky garantovat několikaleté záruky na prorezivění karoserie.

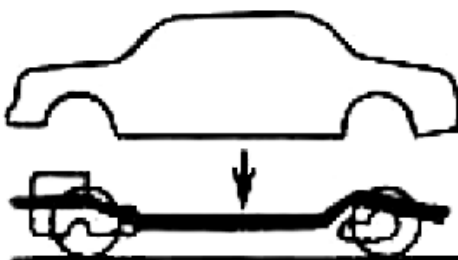
Na spojování jednotlivých dílů karoserie se používá velké množství nejrůznějších metod. Spoje mohou být rozebíratelné a nerozebíratelné. U nerozebíratelných spojů se nejčastěji využívá spojování pomocí svařování, lepení a pájení. Rozebíratelné spoje bývají většinou realizovány pomocí šroubů. Po spojení všech částí vznikne skelet automobilu, ke kterému se připevňují ostatní komponenty.



# 1 KAROSÉRIE

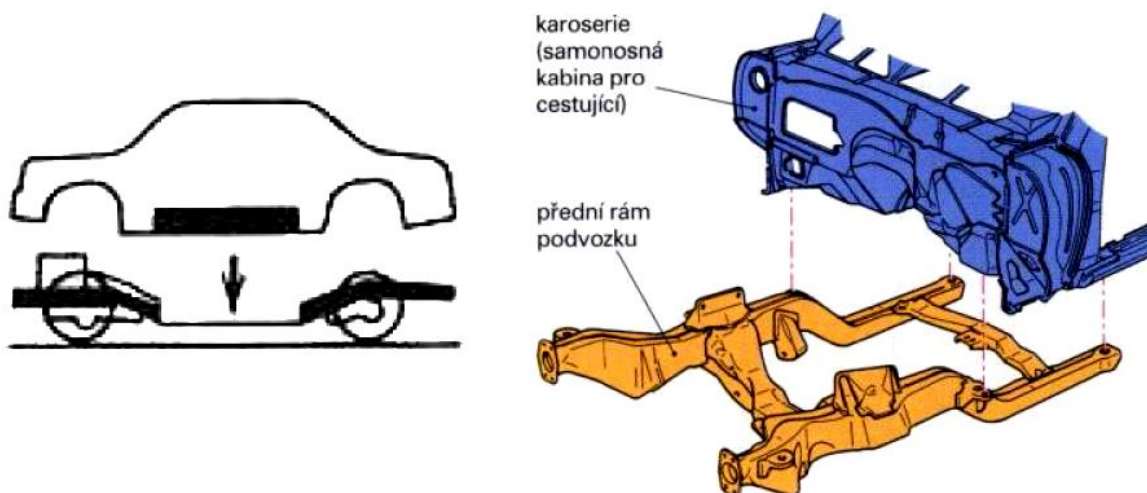
Ze vzájemné konstrukce podvozku a karosérie rozeznáváme tři základní skupiny karosérií. Mezi tyto skupiny patří karosérie podvozková, polonosná a samonosná. Tato kapitola byla zpracována z [1] až [8].

Podvozková karosérie není samonosná. Musí se proto upevnit na podvozek, který je dostatečně tuhý. Rám karosérie se připojuje na podvozek, na kterém je připevněn motor, převodovka a další prvky poháněcího ústrojí. Podvozek je sám o sobě schopný jízdy i bez karosérie. Na stejný podvozek lze použít různé druhy karoserie.



Obr. 1 Podvozková karoserie [4]

Polonosná karosérie slouží z části jako nosný prvek vozidla. Podvozek již není schopný samostatné jízdy bez karosérie, protože polonosná karosérie přejímá část nosnosti podvozku. Karosérie je pevně přidělaná k rámu a podvozku pomocí rozebíratelných spojů.

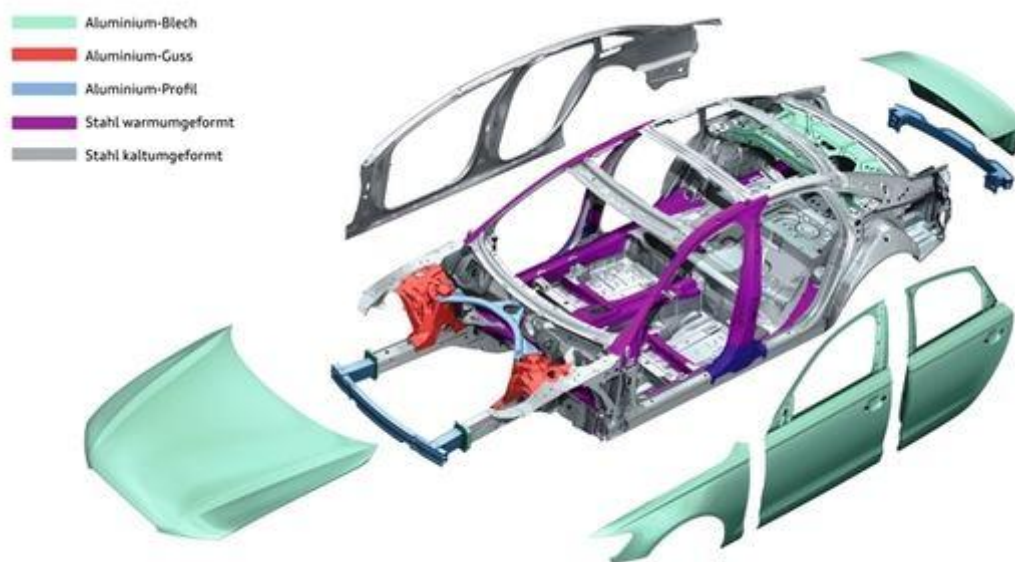


Obr. 2 Polonosná karoserie [4]

Samonosná karosérie je v současnosti nejpoužívanější ze tří základních typů automobilových karosérií. V dnešní době plně nahradila podvozkovou i polonosnou karosérii, která se ještě objevuje u terénních vozů. Samonosná karosérie plně přebírá nosnou schopnost vozidla, to znamená, že odpadá použití rámu a podvozku. Všechny komponenty osobního automobilu se připojují rovnou na tuto karosérii. To má za následek snížení hmotnosti (až o 10%) a zlepšení



jízdních vlastností. V místech připojení motoru, převodovky a náprav je karosérie zpevněná. Některé prvky, které se připojují ke karosérii, jsou uloženy v pružných blocích (silentblocích), aby se zamezilo přenosu vibrací na samotnou karosérii a tím se zvýšilo pohodlí cestujících. Na základní skelet karosérie jsou připevněny povrchové plechy (např. přivařeny bodovým svarem). Prvním automobilem se samonosnou karosérií byla Lancia Lambda v roce 1922.



*Obr. 3 Samonosná karosérie [5]*

Z hlediska konstrukce dále dělíme samonosné karosérie na tři podskupiny. Dělení je podle způsobu výroby a tuhosti karosérie na rámové, skořepinové a panelové. Rámová má v sobě vestavěný neoddělitelný rám, který má požadovanou tuhost. Skořepinové jsou tvořeny z nosníků a dosahují dostatečné tuhosti a nízké hmotnosti. U panelové jsou stěny tvořeny vhodnými součástmi, u kterých jsou přesně dána technologická pravidla. Vlastnosti celku určují použité součásti a jejich způsob spojení.

**VIN kód** je sedmnáctimístné číslo karosérie, ve kterém jsou obsaženy informace o konkrétním automobilu. Toto číslo je vyraženo do karosérie vozidla. Všechna čísla na jednotlivých součástech vozidla musí souhlasit s čísly v databázi, pokud tyto čísla nesouhlasí lze předpokládat, že vůz je kradený popřípadě upravovaný.



Tab. 1 VIN číslo [6]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
<b>T</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Z</b>	<b>Z</b>	<b>Z</b>	<b>Z</b>	<b>Z</b>	
<b>T</b> Česko <b>MB</b> Mladá Boleslav <b>TMB</b> výrobce Škoda			typ						modelový rok		závod: <b>0</b> Mladá Boleslav A02 <b>2</b> Mladá Boleslav A4 <b>5</b> Kvasiny <b>7</b> Vrchlabí <b>X</b> Polsko	číslo karosérie					



## 2 MATERIÁLY

Při stavbě karosérie se používá velké množství různých materiálů. V jiných odvětvích průmyslové výroby se takové množství odlišných materiálů nepoužívá. Využití jednotlivých materiálů se odvíjí od jejich vlastností. Tato kapitola byla zpracována z [1], [2] a [9] až [15].

### 2.1 OCEL

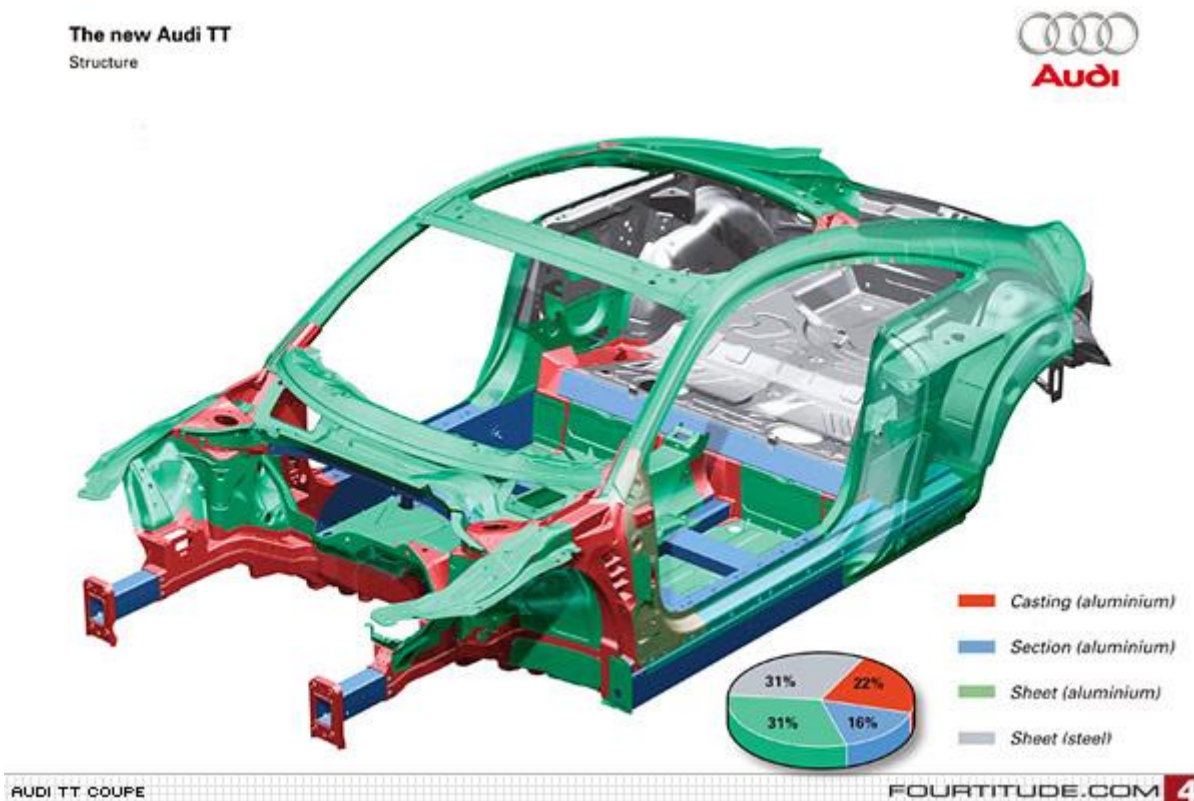
Ocel je nejvíce používaný materiál na výrobu karosérie. Hlavními důvody používání oceli jsou vysoká pevnost, snadná tvárnost (tažnost), dobrá svařitelnost, možnost spojování pájením, dostatečná životnost při antikorozi úpravě a v neposlední řadě i cena. Používané ocelové plechy jsou ve formě pásů, sviteků a tabulí. Dále se používá ocel ve formě trubek (výztuhy, rámy, součásti kování), otevřené a uzavřené profily, tažené plné profily, výkovky a odlitky (temperovaná litina). Nevýhodou oceli je její hmotnost. Tato nevýhoda se dá eliminovat metodou ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body), která je založena na sendvičovém řešení. Touto technologií lze uspořit asi 25% hmotnosti oproti karosérii z ocelových plechů. Jedná se o metodu, kdy mezi dvěma tenkými ocelovými plechy (0,2 až 0,65mm) je umístěn polypropylen (umělá hmota) o větší tloušťce. Ocelové plechy přenesou díky své vysoké pevnosti hlavní napětí a vnitřní vrstva umělé hmoty zvyšuje celkovou tuhost. Díky této technologii je karosérie odolnější až o 80% při namáhání krutem a o 52% vůči namáhání ohybem. Dalším způsobem snížení hmotnosti karosérie je použití různých tloušťek plechů. Tato metoda se nazývá „tailored blanks“. Na různé části karosérie se podle potřeby použije jiný druh oceli s různou tloušťkou, pevností a povrchovou úpravou. Díky této technologii můžeme docílit i zlepšení deformačních vlastností při nárazu. Tyto části karosérie se svařují pomocí švového svařování nebo laserovým paprskem. Výhodou této metody je úspora nákladů za materiál a kombinací výhodných vlastností různých materiálů. Bohužel tato technologie je náročná na svařovací techniku s tím i spojené potřebné znalosti a také větší náklady z hlediska nástrojů, strojů a jejich provozu. Proto se tato metoda využívá jen ve velkosériové výrobě, kde se vyplatí větší investice do strojů a jejich provozu. Tyto náklady se totiž vykompenzují snížením nákladů za materiál.

### 2.2 HLINÍK A JEHO SLITINY

Nejvýznamnějším používaným lehkým kovem na karosérie je hliník a jeho slitiny. Metoda, kdy se používá hliník, se označuje zkratkou ASF (Aluminium-Space-Frame-Technik). Tato technologie je používána v oblastech dveří, nosičů nárazníku u zavěšených kol a dalších částí karosérie. Největší jeho výhodou oproti ocelovým plechům je hlavně jeho hmotnost a odolnost proti korozi. Ovšem kvůli menšímu modulu pružnosti je malá tvarová pevnost a z ní vyplývá, že absorpce energie při nárazu je malá, a proto se musí používat plechy o větší tloušťce a to má za následek, že výsledná úspora hmotnosti se pohybuje jen okolo 30 % oproti ocelovým plechům. Hliníkové slitiny jsou v porovnání s ocelí dražší a to přibližně 3x. Jelikož ceny na trhu se neustále mění, tak i tato hodnota průběžně kolísá. Hliník se snadněji deformuje než ocel a to má za následek úsporu nákladů na výrobu hliníkových plechů a jejich další zpracování. Slitiny hliníku jsou odolné proti korozi, ale nelze je použít ve všech částech karosérie, proto se dá do výrobního procesu zařadit eloxování plechů, které dokáže snížit riziko výskytu koroze. Tato operace opět zvyšuje výrobní náklady. Hliníkové karosérie se používají u sportovních a luxusních vozů, autobusů a užitkových vozidel (hlavně nástavby



návěsů). U ostatních automobilů se používají zatím jen jako samostatné díly karosérie (kapoty, víka, lišty a další). Největším sériovým výrobcem celohliníkových karosérií je automobilka Audi. Používají k tomu nosný prostorový rám (tzv. Audi Space Frame), který je z tvářených hliníkových profilů a odlitků ze slitin hliníku. Hliníkové odlitky jsou převážně použity v konstrukčních uzlech. Na tento rám jsou přidělané vylisované vnější panely z hliníkových plechů. Audi uvádí, že hliníkový rám modelu A8 je zhruba o 200 kg lehčí než ocelový rám karosérie srovnatelné velikosti. Druhým způsobem výroby celohliníkové karosérie je použití plechových výlisků, které jsou v kritických místech příslušně zesíleny. Slitiny hliníku k tváření se rozdělují na precipitačně vytvrditelné a nevytvrditelné. Precipitačně vytvrditelné slitiny hliníku se dají dále tepelně vytvrzovat. Obsah legujících prvků slitin hliníku je do 10 %.



Obr. 4 Využití hliníku při konstrukci karoserie [10]

### 2.3 HOŘČÍK A JEHO SLITINY

Stále větší vliv při výrobě karosérie má hořčík a jeho slitiny. Hořčík má nižší hustotu než hliník. Díky tomu se použitím hořčíku docílí ještě většího snížení hmotnosti, než je tomu u hliníku. Hořčík se tváří při teplotách okolo 225°C, protože, za studena je špatně tvárný. Nejčastější slitinu tvoří s hliníkem, který zvyšuje pevnost a tvrdost, zlepšuje i slévárenské vlastnosti (smrštivost se sníží). Nevýhodou slitin hořčíku je snížení pevnosti při vyšších teplotách, proto je použití omezeno provozní teplotou pohybující se maximálně kolem 120°C.

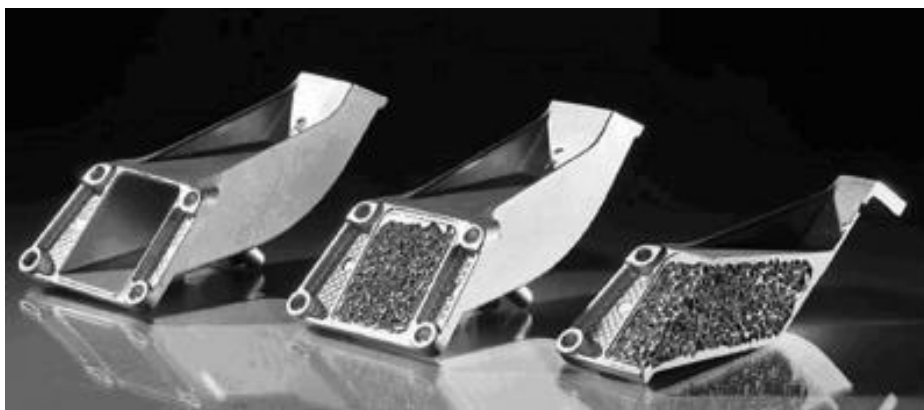


## 2.4 KOVOVÉ PĚNY

Je to porézní materiál převážně z hliníku a jeho slitin. Inspirací z přírody pro tyto kovové pěny jsou kosti, korály a další materiály, které mají izotropní vlastnosti a vyznačují se vysokou tuhostí. Použití hliníku a jeho slitin dává těmto pěným další výhody vyplývající z vlastností použitého materiálu. Jako je poměrně vysoká tuhost, houževnatost a odolnost proti korozi. Ve formě pěny se navíc zvyšuje absorpce nárazové energie a schopnost tlumení vibrací a hluků. Tuto pěnu tvoří až 60 % pórů z celkového objemu, díky tomu se sníží hustota a v závislosti na ní i hmotnost. Velikosti pórů jsou řádově v jednotkách milimetrů. Vytvoření těchto pórů docílíme roztavením přidaného tuhého polotovaru obsahující zpěňovadlo v tavenině, vhněním plynu do taveniny, nebo tepelným rozkladem přimíchaného zpěňovadla v tavenině. Hliníkové pěny se používají zejména jako výplň profilů v deformačních zónách (prachy, sloupky).



Obr. 5 Výztuha prahů automobilů Ferrari z pěnového hliníku ALULIGHT [11]



Obr. 6 Ukázka tvarových profilů vyplněných hliníkovou pěnou METCOMB (výrobce LKR Ranshofen) [11]





## 2.5 PLASTY

Při výrobě karosérií se stále více používají plasty. V dřívější době se používali plastové díly převážně v interiéru vozu nebo jako nárazníky, kryty zrcátek a spoilery. První použití plastů bylo v osmdesátých letech 20. století jako obložení nárazníků automobilů. V dnešní době lze celé panely karosérií, jako jsou například kapoty, nárazníky a blatníky, nahradit pomocí plastů. Největší výhodou plastů je jejich malá hmotnost z důvodu nízké hustoty. Dále se vyznačují malou tepelnou roztažností, odolností proti korozi a dobrým tlumením hluku. Plasty díky své elasticitě zvyšují ochranu chodců a snižují riziko malých poškození, protože se dokážou v případě nárazu deformovat dovnitř a to až o 50 mm. Nevýhodou je obtížná oprava při poškození dílu, špatná absorpce energie při nárazu, křehnutí plastu při nízkých teplotách a oproti kovovým materiálům nižší pevnost, která se dá ovšem kompenzovat jiným přístupem ke zhotovení dílce. Zajištění požadované pevnosti se dá docílit zesílením stěny, vyztužením pomocí žebër nebo prostorovou strukturou dílu. Z plastů lze vytvořit i tvarově velmi složité prostorové díly, které by se z kovu vyrobily nedaly nebo jen za cenu vysokých nákladů. Do plastových dílů lze integrovat různé prvky a tím dále snížit hmotnost automobilu. Tento způsob můžeme vidět třeba u předního blatníku BMW X5 (Obr. 5), kdy je součástí dílu vnější pohledová plocha blatníku, výztužný vnitřní díl, světlomet s ostřikovačem, mlhový světlomet, chladič systému a senzory pro aktivaci airbagů. Plastové díly se vyrábí hlavně vstříkovaním, vakuovým tažením nebo lisováním.



Obr. 7 Plastový blatník automobilu BMW X5 Fender [15]

### 2.5.1 TERMOPLASTY

Jsou to materiály tvárné teplem a po dokončení výroby nesmí být výrobek vystavován vysokým teplotám, mohlo by totiž dojít k měknutí (deformace, tvarová paměť). Termoplasty



mohou být vícekrát roztaveny a znovu zpracovány. Těto vlastnosti se dá využít při opravě malých trhlinek a prasklin. Mají velký význam i z hlediska ekologie, protože tyto materiály lze recyklovat, pokud je ovšem nesmícháme s jinými druhy plastu.

### **ABS- KOPOLYMER (AKRYLNITRIL-BUTADIEN STYROL)**

Pevnost v tahu 55 MPa, modul pružnosti 2500 MPa, měrná hmotnost  $1,12 \text{ kgdm}^{-3}$ . Za normálních teplot je vysoce houževnatý, málo nasákavý a nezávadný. Je odolný proti louchům, kyselinám, uhlovodíkům, olejům a tukům. Využívá se na namáhané, tvarově složité součásti a velkoplošné díly (kapoty, rámečky světlometu, mřížka krytu chladiče, pouzdra zrcátek). Vyrábí se lisostřikováním nebo vakuovým tažením. Tento materiál je možné galvanicky chromovat.

### **PP (POLYPROPYLEN)**

Pevnost v tahu 33 MPa, modul pružnosti 1100 MPa, měrná hmotnost  $0,9 \text{ kgdm}^{-3}$ . Vyznačuje se poměrně dobrou mechanickou a chemickou odolností. Je odolný proti olejům, organickým rozpouštědlům a alkoholům. Nevýhodou je křehnutí při nízkých teplotách a měkne při teplotách kolem 140 až 150 °C. Lze ho opatřit galvanickým pokovení nižší kvality. Součásti z polypropylenu jsou lisostřikové výlisky, které se po nalakování dají použít například jako prahy nebo blatníky automobilu.

### **PUR (POLYURETAN)**

Pevnost v tahu 30 MPa, modul pružnosti 600 MPa, měrná hmotnost  $1,26 \text{ kg/dm}^3$ . Při výrobě karosérie se polyuretan používá ve formě tuhé pěny. Tato polyuretanová pěna dobře izoluje hluk a teplo, chrání proti vlhkosti a zvyšuje schopnost karosérie absorbovat nárazovou energii. Polyuretanovou pěnou se vyplňují dutiny karosérie a používá se jako výplně sendvičových panelů.

## **2.5.2 REAKTOPLASTY (TERMOSETY)**

Jsou to materiály vytvrditelné teplem, zářením nebo působením katalyzátoru. Při opakovaném ohřevu neměkknou jako termoplasty. Po přehřátí však začínají degradovat, až postupně zuhelnatí (nenávratně tuhnou), a proto je není možné je roztavit. Reaktoplasty se využívají jako matrice pro kompozitní materiály.

### **PESL (POLYESTEROVÝ SKLENĚNÝ LAMINÁT)**

Jedná se o kompozit (materiál složený ze dvou nebo více komponentů, u kterých se výrazně liší fyzikální a chemické vlastnosti), který se skládá z nenasycené polyesterové pryskyřice a skelných vláken v podobě rohoží ze skleněného rouna nebo sekaných vláken z rovingu (svazek sklotextilních vláken). Nevýhodou těchto kompozitů je problematická recyklace a



anizotropie mechanických vlastností, která se projevuje rozdílnými vlastnostmi v různých směrech. Ve směru vláken se pevnost tohoto materiálu může rovnat s ocelí, ale při změně směru působení zatížení nebo typu zatížení se vlastnosti výrazně mění. Pevnost v tahu ve směru vláken 120 MPa, modul pružnosti 11000 MPa, měrná hmotnost 1,5 kg/dm<sup>3</sup>. Nejčastější výrobou je kladení výztuže do formy nebo na kopyto a prosycení jednotlivých vrstev pojivem. Určitým počtem vrstev se dosáhne požadované tloušťky. Pojivo u takto navrstveného polotovaru se poté vytvrdí. Tento materiál slouží k výrobě velkoplošných tenkostěnných dílů (střecha) a laminátových karosérií. Převážné využití je u závodních vozů a u některých dílů supersportovních automobilů.

Používá se také kombinace plastů v sendvičovém provedení. Vnější vrstvy je z polyesterového skleněného laminátu o tloušťce kolem 1,5 mm a vnitřní vložka je 5,5 mm tlustá polyamidová deska.

### UHLÍKOVÉ KOMPOZITY

Použitím uhlíkových kompozitů na výrobu karosérie dosáhneme nízké hmotnosti a dobré aerodynamiky. V matrici z epoxidových pryskyřic jsou vloženy vrstvy uhlíkových vláken, která určují celkovou pevnost kompozitu. Uhlíkový kompozitům se dává velká budoucnost, a proto se na vývoj těchto materiálů zaměřuje velká pozornost. V dnešní době se například používají u monopostů F1.

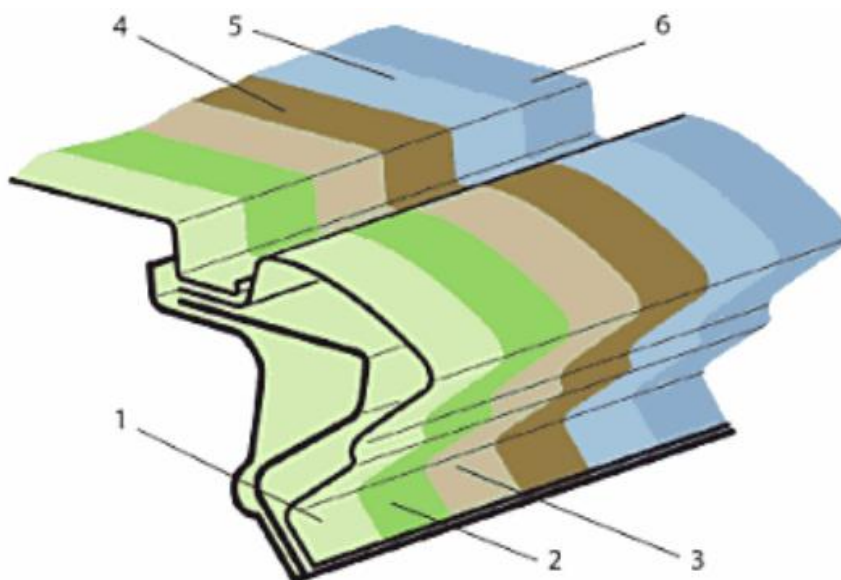
### KEVLAR

Pokrokovou technologií při výrobě karosérie se stává použití kevlarových vláken. Pevnost v tahu kevlarových vláken může být až 4 GPa. Oproti tomu pevnost v tlaku je zásadně nižší. Kevlar vykazuje i vysokou tepelnou odolnost a nepodléhá korozi. Často se kevlarová vlákna kombinují uhlíkovými a skleněnými vlákny. Obvykle se jako matrice pro kevlarová vlákna užívají epoxidové pryskyřice. Aplikací kevlaru na části karosérie snížíme celkovou hmotnost a to díky nízké hustotě kevlarových vláken.



### 3 POVRCHOVÉ ÚPRAVY KAROSÉRIÍ

Povrchové úpravy karosérií jsou nesmírně důležité. V dnešní době je především odolnost proti korozi hlavním faktorem životnosti karosérie automobilu a podle odolnosti proti prorezivění jsou automobilky schopny garantovat záruku v délce několika let. Soudobé karosérie totiž vykazují z hlediska tuhosti a pevnosti vysokou odolnost proti mechanickému poškození (převážně únavové pevnosti) a to i při jízdě na špatných vozovkách našich silnic. Z tohoto důvodu se věnuje velká pozornost na antikorozi úpravu, která představuje poměrně rozsáhlé odvětví automobilového průmyslu. Nejčastěji se jako základní materiál používá pozinkovaný ocelový plech. Antikorozi ochrana se většinou skládá z několika tenkých vrstev, které musí mít mezi sebou dobrou soudržnost a přilnavost. Díky využití velkého množství různých materiálů není vždy jednoduché těchto vlastností docílit. Největší riziko vzniku koroze je v místech spojů, záhybů a dutin, kde je nižší kvalita povrchové úpravy nebo v místech, kde se může zadržovat vlhkost. Tato kapitola byla zpracována z [1], [2] a [16] až [19].



*Obr. 8 Systém nátěrových antikorozi vrstev na povrchu karoserie:  
1- pozinkovaný plech; 2- trikationtový fosfát; 3- kataforetické  
skladování; 4- plnič; 5- pigmentový základ; 6- vrchní bezbarvý lak [16]*

#### 3.1 KONZERVACE DUTIN A SPOJŮ

Dutiny a spoje jsou rizikovým místem vzniku koroze. Do těchto prostorů může vniknout voda nebo jiné agresivní látky popřípadě zde může zkondenzovat vlhkost. To má za následek, že v těchto místech se nejdříve začíná projevovat koroze. Proto se snažíme tyto dutiny a spoje co nejlépe utěsnit a tím je zachovat v suchu. Nejdůležitější je ochránit především spodní části karosérie, které jsou nejvíce vystaveny mechanickému opotřebení (odletující kamení). Mezi takto namáhané části karosérie patří například prahy, spodní strany blatníků a podvozek. Těsnění dutin se může provádět pomocí horkého vosku. Jedním způsobem utěsnění dutin je ponoření dílu do roztaveného vosku. Druhou možností je nastříkání roztaveného vosku do



dutiny pomocí trysky. Vosk se usazuje na povrchu a vzlíná do záhybů, spojů a míst, kde se stýkají jednotlivé plechy. Zbytek vosku, který se neusadí, vyteče a může se znovu použít na další díl. Jiným způsobem utěsnění spojů, používaný hlavně na podvozek a spodní část karosérie, je pomocí bezrozpuštědlové hmoty plastizol (měkčené PVC). Plastizol má dobrou přilnavost, odolnost proti mechanickému poškození abrazí a odolává i roztokům soli. Po nanesení plastizolu se musí provést tzv. předželatizace (fyzikálně-chemický proces restrukturalizace nátěrové hmoty).

### 3.2 ODMAŠTĚNÍ

Odmaštěním rozumíme odstranění všech nečistot z povrchu kovových materiálů. Nečistoty jsou na povrchu vázány fyzikálními silami (tuky) nebo adhezními (prach, třísky, anorganické nečistoty). Odmaštěním jsou nečistoty uvolněny a odvedeny z povrchu karosérie pomocí roztoku. Alkalické odmaštění můžeme provádět různými způsoby ponorem (musí být zajištěn pohyb předmětu v lázni nebo víření roztoku), postřikem nebo mechanickým čištěním. Po odmaštění se provádí oplachování demineralizovanou vodou (demi-voda). Odmaštění organickými rozpouštědly (benzín, halogenové uhlovodíky) se provádí mechanicky nebo parním zařízením. Poslední metodou je elektrolytické odmaštění v elektrolytu.

### 3.3 FOSFÁTOVÁNÍ

Fosfátování je relativně levná a technologicky jednoduchá operace úpravy povrchu kovu. Tato operace je vhodná na ocelové, zinkové a hliníkové povrchy. Využívá se schopnosti vytvářet primární, sekundární nebo terciární fosforečnany některých kovů (železo, mangan, zinek) ve dvoumocné formě (u železa lze dosáhnout i trojmocné formy). Působením kyseliny fosforečné na kov se na jeho povrchu vytváří nerozpustné fosforečnany, které jsou chemicky vázány do krystalické mřížky. Odolnost proti korozi se zvyšuje s tloušťkou fosfátové vrstvy, která se pohybuje okolo 0,25-4,0 mikrometrů. Větší tloušťka fosfátové vrstvy může zhoršit přilnavost nanášené barvy. Fosfátování musí probíhat při dané teplotě v maximálním rozmezí 8 °C. Trvá 20 až 30 minut při 90 °C, tato doba se dá zkrátit použitím oxidačních činidel (dusičnany, chlorečnany). Fosfátování se provádí ponorem nebo postřikem.

### 3.4 CHROMÁTOVÁNÍ

Chromátování lze použít na většinu kovových předmětů, převážně hliníku a zinku. Pomocí šestimocného chrómu se na povrchu vytváří nerozpustná vrstva ze sloučeniny chrómu a chromátovaného materiálu. Po vytvoření vrstvy se provádí dva oplachy. První je studený a druhý oplach je teplý do 60 °C (nad touto teplotou by mohlo dojít k porušení vrstvy). Jelikož je šestimocný chróm toxický, je nahrazen jinými technologiemi. Náhrazuje se bezchromátovými prostředky, zinkovými povlaky, užitím trojmocného chrómu nebo titánováním. Tyto náhradní varianty však nedosahují takové antikorozi ochrany.



### 3.5 ZÁKLADOVÁ BARVA

Hlavní úloha základové vrstvy barvy je antikorozi ochrana a dále slouží jako podklad pro vrchní lak. Zajišťuje dobrou soudržnost základního povrchu a dalších lakovaných vrstev. Základní barva se nanáší chemicko-fyzikálním způsobem nazývaným elektroforetické lakování. Elektroforetické lakování je dvojího druhu kataforické (Kataforéza) a anaforetické lakování (Anaforéza). Používané barvy na základovou vrstvu jsou z důvodu snížení zatížení životního prostředí vodou ředitelné. Barvy jsou na bázi epoxidových pryskyřic a polyuretanů.

#### 3.5.1 KATAFORÉZA

V automobilovém průmyslu je na nanášení základové barvy nejpoužívanější kataforéza. Kataforéza se provádí na odmaštěné a očištěné povrchy opatřeny konverzní (fosfátovou) vrstvou, která zlepšuje přilnavost barvy. Díky používání vodou ředitelných barev je snížen obsah rozpouštědel a tím se i sníží množství emisí, odpadních vod a pevných odpadů. Kataforéza se provádí ponorem výrobku v lakovací lázni. Výrobek je připojen na stejnosměrný proud jako katoda. Zdroj stejnosměrného proudu musí být řízen programem, kde lze nastavovat napětí a proudovou hustotu. Pomocí velikosti stejnosměrného proudu jsme schopni přesně nastavit tloušťku lakované vrstvy. S rostoucí tloušťkou vrstvy se zvyšuje elektrický odpor a to nám zajišťuje rovnoměrnou vrstvu laku a to i v těžko dostupných místech jako jsou dutiny, hrany nebo rohy. Běžně se tato vrstva pohybuje kolem 15 až 30 mikrometrů ve výjimečných případech až 45 mikrometrů (silnovrstvá kataforéza). S rostoucím odporem se snižuje rychlost zvětšování tloušťky vrstvy. Tato vrstva má vysokou korozní odolnost a dokáže vydržet i přes 1000 hodin v solné mlze. Lakování je nutno provádět při konstantní teplotě lázně. Průchodem elektrického proudu se lázeň otepluje, a proto je nutná dobrá regulace teploty v úzkém rozmezí ( $\pm 1$  °C). K chlazení lázně se používá deskový tepelný výměník. Důležité je neustálé míchání barvy, aby se zabránilo usazování pevných částic, které se pomocí filtrů odstraňují. Míchání zajišťuje i rovnoměrné proudění lázně okolo lakovaného výrobku. K míchání se používají cirkulační čerpadla, která čerpají lázeň do systému míchacích trysek. U této metody nanášení základové vrstvy laku se zpravidla používá automatizovaných linek. Linky mají nízké nároky na obslužný personál a konstruují se do uzavřených okruhů. Přebytková opláchnutá barva se vrací zpět do vany s kataforézní lázní a proto nedochází téměř k žádným ztrátám barvy. Oplachováním se zabraňuje tvorbě kapek na povrchu lakované vrstvy. Vrstva barvy se nechá vypálit při teplotě kolem 160 až 180 °C a tím získá své konečné vlastnosti. Nevýhodou je pouze vysoká pořizovací cena zařízení a obtížná změna odstínu.



*Obr. 9 Ponoření karoserie do lakovací lázně (katakforéza) [19]*

### 3.6 PLNIČ

Po nanesení základové barvy je nanášen plnič. Je to nátěrová hmota, která má vysokou koncentraci pigmentů a plniv. Hlavní funkcí plniče je tlumení nárazů způsobeného převážně kamením. S rostoucí elasticitou plniče se zvyšuje ochrana karosérie proti těmto nárazům. Plnič také zlepšuje antikorozi ochrana, soudržnost základové vrstvy a vrchního laku a díky němu je kvalitnější i krycí schopnost vrchního laku, který může být nanesen na vyschlý a přebroušený povrch nebo variantou „mokrý do mokrého“, kdy se po krátkém čase nanáší rovnou vrchní lak. Nanášení plniče je pomocí stříkání. Barva se stříká přes silné elektrické pole, ve kterém se částice barvy nabijí záporným nábojem. Záporně nabitě částice barvy se navzájem odpuzují a tím se vytváří kužel z kapiček barvy. Kapičky dopadnou na karosérii, která je uzemněná. Elektrostatickou metodou nanášení barev se dosahuje vysoké kvality. Po odpaření vody z plniče a odtečení rozpouštědel nastává proces vysoušení, při kterém se karosérie zahřeje na teplotu kolem 170 °C.

### 3.7 VRCHNÍ LAK

Vrchní lak vytváří optický vzhled vozidla a slouží jako vnější ochrana karosérie. Musí odolávat mechanickým a chemickým vlivům prostředí. V dnešní době se však u vrchních laků



nejvíce projevuje právě estetický dojem. K tomu přispívá nepřeborné množství barevných odstínů, které jsou nyní často provedeny s metalickým nebo perleťovým efektem.



*Obr. 10 Lakovací linka [19]*





## 4 SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ

K výrobě celé karosérie se používá velké množství nejrůznějších dílů. Díly mohou být z mnoha navzájem odlišných materiálů. Nejčastějším materiálem je ocel, dále je dosti rozšířený hliník a jeho slitiny, plasty a kompozity. Jednotlivé díly jsou ve formě různých profilů a plechů. Tyto díly je potřeba spojit do jednoho celku (karosérie). Spoj může být rozebíratelný (např. šroubový spoj) nebo nerozebíratelný (např. svár). K tomu se používá velké množství technologických metod a postupů. Kovové materiály se nejčastěji spojují pomocí nerozebíratelných spojů jako je například svařování nebo lepení. Na tyto díly spojené nerozebíratelnými spoji se přidělávají další díly z plastu nebo kompozitu, které jsou spojeny převážně pomocí rozebíratelných spojů. Tato kapitola byla zpracována z [20] až [26].

Nejčastější způsob spojování kovových materiálů je svařování. Dalšími způsoby využívaným na spojování dílů karosérie jsou lepení a pájení. Tyto metody spojování jsou nerozebíratelné, které jsou u celokovových karosérií nepoužívanější. Můžeme však vidět i některé spoje pomocí šroubů nebo nýtů.

Možnost svařování materiálů je dána svařitelností, to je schopnost materiálu vytvořit svarový spoj. Svařování je proces, kterým vytváříme trvalý nerozebíratelný spoj dvou nebo více materiálů. Svařování karosérií je v dnešní době prováděno výhradně automatizovanými linkami, které jsou vybaveny svařovacími roboty. Právě svařování bylo první technologií, která byla robotizována. Při ručním svařování závisí přesnost a kvalita svaru na svářeči. Roboti se dají přesně nastavit a všechny sváry jsou téměř stejné. Svařování pomocí robotů je i rychlejší a kvalitnější. Svařování můžeme provádět působením teploty, tlaku nebo oběma najednou. Podle toho se dělí na tavné a tlakové. Mezi tavné patří obloukové svařování, svařování plamenem a další. Do tlakového patří hlavně odporové svařování. Nevýhodou svařování je vznik vnitřního pnutí a deformací vlivem ohřevu v okolí svarů. Svařováním nelze spojit pouze kovové materiály, ale také plasty (termoplasty).

### 4.1 SVAŘOVÁNÍ TAVNÉ

U tavného svařování působením energie ve formě tepla na spojované materiály vznikne tzv. svarová lázeň. Na roztavený kov ve svarové lázni působí plynné prvky okolního prostředí (kyslík, dusík a další), které mají nežádoucí vliv na kvalitu svaru. Proto se u některých metod svařování lázeň chrání před těmito nežádoucími vlivy pomocí ochranného plynu nebo tavidla, které zamezuje přístupu vzduchu ke svarové lázni. Vzniklou reakcí dodávaného tavidla nebo plynu se nečistoty ve svarové lázni dostanou do strusky, která se vytvoří na povrchu svaru. Touto lázní dosáhneme spojení materiálů, které po ztuhnutí vytvoří nerozebíratelný spoj.

#### 4.1.1 SVAŘOVÁNÍ ELEKTRICKÝM OBLOUKEM

Obloukové svařování je největší skupinou tavného svařování. Pro obloukové svařování se používají svařovací agregáty, které vytváří svařovací proud. Elektrický proud v plynu se nazývá elektrický oblouk, při kterém vznikají vysoké teploty. Vysokou teplotou oblouku dojde k roztavení spojovaných materiálů a tím vzniku svarové lázně. Tato lázeň po ztuhnutí vytvoří svár v podobě svarové housenky. Obloukové svařování při výrobě karosérií se provádí nejčastěji metodami MIG / MAG a TIG.



## OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG / MAG

Tato metoda je založena na podávání drátu (přídavný materiál) pomocí podavače přes svařovací hořák do místa svaru. Elektrický proud je přiveden na měděnou kontaktní špičku umístěnou v hořáku. Měděnou špičkou prochází podávaný drát, kterým se vytvoří v místě svaru elektrický oblouk. Do hořáku je také přiváděn ochranný plyn, který chrání svarovou lázeň a napomáhá při zapálení a stabilizaci elektrického oblouku. Ochranné plyny se rozdělují na inertní (metoda MIG) a aktivní (metoda MAG). Jako inertní plyn se používá argon, helium popřípadě jejich směsi. Inertní plyn nevstupuje do chemické reakce probíhající ve svarové lázni, tohoto se vyžaduje u svařování čistých kovů a slitin hliníku, titanu, hořčíku, mědi a niklu. Aktivní plyn ovlivňuje svarovou lázeň. Jako aktivní plyn se používá CO<sub>2</sub> většinou ve směsi s inertními plyny nebo se směsí kyslíku a argonu. Používá se na svařování nízkolegovaných ocelí. U svařování korozivzdorných ocelí musí být maximální obsah CO<sub>2</sub> 4%. Tato metoda je v automobilovém průmyslu hojně využívána a to hlavně v hromadné výrobě, protože se dá dobře automatizovat pomocí svařovacích robotů

## OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ METODOU TIG

Svařování metodou TIG někdy označovanou WIG (Wolfram Inert Gas) je svařování netavicí se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu. Metoda TIG je kombinací svařování plamenem a obloukové svařování metodou MIG. Elektrický oblouk se vytvoří mezi wolframovou elektrodou a svařovaným materiálem a tím vzniká potřebné teplo na roztavení svarové lázně. Z důvodu vysokých teplot (kolem 3000 °C) je důležitá kontrola opotřebení elektrody. Hrot elektrody se vlivem této vysoké teploty pomalu odpařuje a dochází k otupení elektrody, které se odstraňuje přebroušením elektrody. Pokud je nutné použít přídavného materiálu, dodává se přímo do místa svaru ve formě drátů nebo tyček různých průměrů. Svařování probíhá v inertní atmosféře argonu, helia nebo jejich směsi. Inertní plyn chrání svarovou lázeň od přístupu vzduchu a pomáhá při zapálení a stabilizuje elektrický oblouk. Tato metoda se dá použít na velké množství různých materiálů, jako jsou uhlíkové, vysokolegované a korozivzdorné oceli, hliník, titan a další. Metodou TIG můžeme navzájem různé materiály například uhlíkové a korozivzdorné oceli, měď a mosaz a podobně. Svařovací výkon této metody je s porovnáním metody MIG/MAG poměrně nízký.

### 4.1.2 SVAŘOVÁNÍ LASEREM

Laserové svařování zaznamenává velký růst v oblasti výroby karosérií. Laserová svařovací hlava může být vedena pomocí robotnického ramene, proto se dá laserové svařování dobře automatizovat a použít na výrobních linkách. Laserový paprsek má vysokou energii dopadajících fotonů. Paprsek lze pomocí optických elementů jednoduše zaostřit do velmi malé oblasti. Tím je rychlost ohřevu materiálů mnohonásobně vyšší než odvod tepla to okolního prostředí. Díky vysoké rychlosti ohřátí se zmenšuje tepelně ovlivněná oblast svaru (menší vnitřní pnutí) a zlepšuje se tím i poměr mezi šířkou a hloubkou svaru. Správným nastavením výkonu laseru a svařovací rychlosti můžeme dosáhnout efektu zvaného „klíčová dírka“, u kterého laserový paprsek odpaří přehřátý materiál a vytvoří dutinu. Na stěnách dutiny je roztavený kov a ten po odjetí laseru uzavře dutinu a tím se vytvoří svar. Při svařování laserem se používá ochranná atmosféra inertního plynu (argon, helium), která zabraňuje negativním vlivům okolí narušit svar. Laserové svařování se dá i kombinovat a to



převážně s některou obloukovou technologií a tím dosahovat vyšších rychlostí svařování. Pomocí laseru jde svařovat velké množství různých materiálů (ocel, hliník a další materiály včetně jejich slitin).

Laserové svařování se také používá při výrobě karosérie technologií tailored blanks. Touto metodou se svařují materiály s rozdílnou pevností, tloušťkou nebo povrchovou úpravou. Tím se docílí snížení hmotnosti a ceny vyrobené karosérie, proto se tato technologie začíná využívat ve stále větším měřítku. Využívá se převážně ve velkosériové výrobě, protože tato technologie je dosti nákladná.

## 4.2 SVAŘOVÁNÍ TLAKOVÉ

Působením tlaku dojde ke vzniku plastických deformací. Ke spojení dílů dochází difusí atomů spojovaných materiálů při jejich těsném styku vlivem vysokého tlaku. Rychlost difuze je možno urychlit zvýšením teploty v místě svaru. Při výrobě karosérií se z tlakových metod svařování používá ve velké míře odporového svařování.

### 4.2.1 ODPOROVÉ SVAŘOVÁNÍ

Odporové svařování se používá pro spojování plechů bez přídavného materiálu. Při průchodu elektrického proudu se plechy chovají jako elektrický odpor a ve styčných plochách dochází k místnímu ohřátí. Množství tepla dodané do místa svaru závisí na elektrickém odporu spojovaných materiálů. V tomto místě vlivem tlaku dojde k vytvoření svaru. Hliník a jiné dobře vodivé materiály mají nízký elektrický odpor a proto je nutné svařovat velkou proudovou intenzitou po velmi krátkou dobu. Při takovýchto pracovních podmínkách se jedná o tvrdý režim svařování. Mezi odporové svařování patří bodové, švové a výstupkové. Při výrobě karosérií se používá převážně bodového odporového svařování.

### BODOVÉ ODPOROVÉ SVAŘOVÁNÍ

Tato metoda při výrobě karosérií je jedna z nejpoužívanějších, jelikož je jednoduchá a snadno automatizovatelná a lze ji využít při linkové výrobě. Na robotech jsou umístěny svařovací kleště se svařovacími elektrodami. Elektrody jsou vyrobeny většinou z mědi a mají vysokou životnost. Kleště sevrou přeplátované plechy v místě, kde se má vytvořit svar. Do elektrod umístěných na koncích kleští se přivede elektrický proud. Pod elektrodami se vlivem zvýšené teploty a tlaku vytvoří svár, který je přibližně o velikosti styčných ploch elektrod.



*Obr. 11 Bodové svařování na pracovní lince [19]*

### 4.3 LEPENÍ

Lepení je vytváření nerozebíratelných spojů pomocí lepidel. Schopnost lepidla vytvořit spoj je dána adhezí (přilnavost) k lepeným povrchům a kohezí (soudržnost látky). Adheze a koheze určuje výslednou pevnost lepeného spoje. Lepením nedochází k ovlivnění vlastností lepených materiálů v blízkosti spoje, jako tomu je například u svařování. Pomocí lepidla je možné spojovat různé materiály o rozdílných velikostech a tloušťkách. Pro zachování pevnostních vlastností nesmí být lepené spoje vystavovány vysokým teplotám. Před lepením musíme místa spojů dobře očistit a odmastit, aby lepidlo bylo schopné dobře smáčet spojované materiály. Na tyto místa se nanese souvislá vrstva připraveného lepidla a potom se k sobě předepsaným tlakem přitisknou lepené díly. Díly jsou v požadované poloze, dokud se nevytvoří adhezní spojení. K adheznímu spojení dojde odpařením rozpouštědla, vytvrzením nebo polymerizací. Konstrukce lepeného spoje musí být taková, aby se při zátěži spoj namáhal primárně na smyk (nejvyšší pevnost). Nejnebezpečnějším způsobem zatěžování lepeného spoje je odlupování, při kterém má spoj velmi malou pevnost. Stykové plochy jsou u lepených spojů vytvořeny zkosením, přeplátováním nebo pomocí stykových desek. Nanášení lepidla a fixace spojovaných dílů v požadovaných polohách je možné automatizovat pomocí robotů, ze kterých je možné sestavit celé pracovní linky.



#### 4.4 PÁJENÍ

Pájením dochází k vytvoření nerozebíratelného spoje. Plochy pájeného materiálu nejsou natavené, pouze smáčené roztavenou pájkou. Povrch materiálu musí být očištěný a odmaštěný, aby pájka dobře přilnula. Při pájení dochází k pronikání pájky do základního materiálu a k vzájemné difúzi těchto materiálů. Teplota tavení základního materiálu musí být vždy vyšší než teplota tavení pájky. To zaručí, že se základní materiál nezačne tavit. Pevnost pájeného spoje určuje mezivrstva vytvořená pájkou mezi pájenými materiály. S rostoucí tloušťkou této mezivrstvy klesá pevnost pájeného spoje. Pájení dělíme na měkké a tvrdé. Měkké pájky jsou především z cínu a teplota tavení je kolem 500 °C. Tvrdé pájky jsou ze slitin mědi, hliníku a stříbra a taví se v rozmezí mezi 500 až 1000 °C. Měkké pájení se používá na spojení ocelových plechů, hliníku a slitin mědi. Tvrdé pájení se používá v místech, kde bude spoj namáhán především na tah. Pájí se jím například hliník a jeho slitiny nebo ocel s jinými kovy. Nejmodernějším způsobem pájení je pájení pomocí laseru.



## ZÁVĚR

V současnosti vlastní minimálně jeden osobní automobil téměř každá rodina. Pro mnohé už auto není pouze dopravním prostředkem, ale i jakousi vizitkou, která dokáže dotvářet image majitele. Důležitý je proto estetický vzhled, který se hlavně docílí tvarem karosérie. Karosérie je vytvořena z profilů různých tvarů, na které jsou následně připevněny vnější plechy. Profily a plechy tvoří nosný skelet vozu. Ke skeletu se připojí ostatní komponenty automobilu (motor, nápravy, atd.).

V automobilovém průmyslu se používá velké množství různých materiálů a to platí i pro karosérie. Z kovových materiálů je to především ocel a hliník respektive jeho slitiny. Ocel je stále nejpoužívanějším materiálem při výrobě karosérie. Hlavně díky svým dobrým pevnostním vlastnostem. Hliník a jeho slitiny jsou převážně využívány pro svoji nízkou hmotnost, ale kvůli horším pevnostním vlastnostem, musí být konstrukce dílů vytvořena s větší tloušťkou stěny. V poslední době se hodně rozvíjí výroba dílů karosérie z plastu a kompozitu. Použitím plastu docílíme ještě větší snížení hmotnosti než u hliníku. Plastové díly se při velkosériové výrobě vytváří hlavně vstřikováním, které je rychlé a dostatečně přesné. Do plastových dílů lze také umístit velké množství integrovaných prvků a tím docílit dalšího snížení celkové hmotnosti. Velkou výhodou plastu je, že nekoroduje, a proto nemusíme do výrobního procesu zahrnovat povrchové úpravy.

Povrchové úpravy však musíme zařadit u kovových materiálů. Základní materiál se musí nejprve dobře očistit a odmastit, aby ochranné vrstvy dobře přilnuly. Po odmaštění se profily a plechy nečastěji fosfátují. Na tuto vrstvu se nanáší základová barva. Poslední vrstvu tvoří vrchní lak, který má nepřebernou škálu barevných odstínů. Dnes se využívají laky, které mají speciální efekty (metalický, perleťový).

Použité spoje mají velký vliv při celkové pevnosti karosérie, proto se klade velký důraz na přesnost a kvalitu spojů. Díly karosérie můžeme spojit pomocí nerozebíratelných nebo rozebíratelných spojů. Mezi nejpoužívanější metody vytvoření nerozebíratelných spojů patří svařování, lepení a pájení. Nejvíce využívanou metodou spojování je svařování, které dělíme na tavné (svařování metodou MIG/MAG, TIG nebo laserem) a tlakové (odporové bodové svařování). V poslední době se díky kvalitním lepidlům stále více využívá lepených spojů. Výhoda lepených spojů je, že nedochází k tepelnému ovlivnění spojovaných materiálů (nebezpečí deformace a vznik nežádoucího napětí). Lepením je možné spojovat i různé druhy materiálů.

Materiály používané na výrobu karosérií se neustále vyvíjí. Největší pokrok zaznamenávají hlavně plastové a kompozitní materiály. Postupem času se bude stále více dílů vyrábět právě z těchto materiálů. Hlavními důvody budou snížení hmotnosti, úspora financí v oblasti povrchových úprav a rychlejší výroba na speciálních strojích.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VLK, F. *Stavba motorových vozidel*. ISBN 80-238-8757-2, Nakladatelství VLK, Brno 2003.
- [2] DAVIES, G. *Materials for Automobile Bodies*. ISBN 0-7506-5692-1, Butterworth-Heinemann, 2003.
- [3] *Karosérie* [online]. 12.1.2004 [cit.2011-03-10]. <<http://www.soudpo.edu.sk/Predmety/Karoserie.pdf>>
- [4] NĚMEČEK, P. *Karoserie a rámy motorových vozidel* [online]. 21.7.2010 [cit.2011-03-11]. <<http://www.ksd.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%201.pdf>>
- [5] PECÁK, R. *Nové Audi A6 přijde na trh na jaře* [online]. 1.12.2010 [cit.2011-03-11]. <<http://auto.aktualne.centrum.cz/fotogalerie/2010/12/01/nove-audi-a6-prijde-na-trh-na-jaře/foto/343314/>>
- [6] *VIN kód* [online]. 12.2.2009 [cit.2011-03-16]. <<http://cs.autolexicon.net/articles/vin-kod>>
- [7] ŠIMON, P. *Karoserie nové Škody Octavie* [online]. 12.10.2005 [cit.2011-03-16]. <<http://www.mmspektrum.com/clanek/karoserie-nove-skody-octavie>>
- [8] JELÍNEK, T. *Struktura prahů osobních vozidel – konstrukční řešení a metodika zkoušení* [online]. 26.5.2008 [cit.2011-03-20]. <<http://dSPACE.upce.cz/bitstream/10195/29052/1/text.pdf>>
- [9] *Technologie tailored blanks* [online]. 16.7.2002 [cit.2011-03-20]. <<http://www.mmspektrum.com/clanek/technologie-tailored-blanks>>
- [10] German car forum [online]. 28.11.2006 [cit.2011-03-21]. <<http://www.germancarforum.com/audi-lounge/8173-audi-space-frame-winner-eurocarbody-award.html>>
- [11] MACHUTA, J. *Výrobky z hliníkové pěny* [online]. 18.12.2007 [cit.2011-04-02]. <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vyrobky-z-hlinikove-peny>>
- [12] *Plasty stále žádanější při stavbě automobilů. Technický týdeník* [online]. 2007, roč. 2, č. 16 [cit.2011-04-05]. <<http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=2969&mark>>
- [13] *VW XLI s karoserií z uhlíkových kompozitů (II)* [online]. c2006 [cit.2011-04-10]. <[http://www.autokaleidoskop.cz/Studie/VW-XLI-s-karoserii-z-uhlikovych-kompozitu-\(II\)-/](http://www.autokaleidoskop.cz/Studie/VW-XLI-s-karoserii-z-uhlikovych-kompozitu-(II)-/)>
- [14] NAJVAR, P. *Snižování hmotnosti osobních automobilů na základě volby materiálu* [online]. c2009 [cit.2011-04-15]. <[https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?action=detail&zp\\_id=20227&fid=4&rok&typ=1&jazyk=cs&text=snizovani&hl\\_klic\\_slova=1&hl\\_abstrakt=0&hl\\_nazev=0&hl\\_autor=0&str=1](https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?action=detail&zp_id=20227&fid=4&rok&typ=1&jazyk=cs&text=snizovani&hl_klic_slova=1&hl_abstrakt=0&hl_nazev=0&hl_autor=0&str=1)>



- [15] GABRHELÍK, L. *První zcela integrovaný blatník pro BMW X5* [online]. 17.4.2007 [cit.2011-04-15]. <<http://famousbmw.autofun.cz/prvni-zcela-integrovaný-blatník-pro-bmw-x5/>>
- [16] SCHWARZ, J. *Automobily Škoda Octavia II*. ISBN 978-80-247-2962-6, Grada Publishing a.s., 2010.
- [17] *Povrchové úpravy* [online]. [200-] [cit.2011-04-20]. <<http://www.cerindust.cz/povrchove-upravy/>>
- [18] HOLOUBEK, V. Kataforetické lakování. *Povrchové úpravy* [online]. 2005, č. 4 [cit.2011-04-20]. <<http://www.povrchoveupravy.cz/2005-04-clanek01.html>>
- [19] *Caradisiac.com* [online]. 2006 [cit.2011-05-23]. <<http://www.forum-auto.com/automobile-pratique/discussions-libres/sujet184442-700.htm#t15538296>>
- [20] POLÁKOVÁ, J. *Stanovení metodiky pro porovnání rychlosti vytvrzování jednosložkových lepidel pro konstrukci autobusů* [online]. 18.5.2009 [cit.2011-04-25]. <[http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/33886/1/PolakovaJ\\_Stanoveni%20metodiky\\_PS\\_2009.pdf](http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/33886/1/PolakovaJ_Stanoveni%20metodiky_PS_2009.pdf)>
- [21] *Doplňkové technologie pro zpracování plastů* [online]. 26.11.2008 [cit.2011-04-25]. <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/12.htm#121](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm#121)>
- [22] TICHÝ, J. *Svařování v automobilovém průmyslu, 1. část* [online]. 11.5.2007 [cit.2011-05-10]. <[http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Svař.v.Automob\\_2007.pdf](http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Svař.v.Automob_2007.pdf)>
- [23] TICHÝ, J. *Svařování v automobilovém průmyslu, 2. část* [online]. 19.9.2007 [cit.2011-05-10]. <[http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Svař.v.Automob\\_2\\_2007.pdf](http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Svař.v.Automob_2_2007.pdf)>
- [24] KUBÍČEK, J. MRŇA, L. *Technické aspekty svařování laserem* [online]. 14.3.2008 [cit.2011-05-10]. <[http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Svař.v.Automob\\_2\\_2007.pdf](http://www.hadyna.cz/svetsvaru/technology/Svař.v.Automob_2_2007.pdf)>
- [25] [online]. [200-] [cit.2011-05-10]. <<http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/2-19-93laser.pdf>>
- [26] *Technologie lepení v automobilovém průmyslu* [online]. [200-] [cit.2011-05-12]. <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud\\_materialy/spt/lepeni.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/lepeni.pdf)>