

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Veronika Šoltysová
Osobní číslo: T08000042
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní materiály a zkušebnictví
Název tématu: Textilní a vlákenné materiály používané v automobilovém průmyslu
Zadávající katedra: Katedra textilních materiálů

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vytvořte přehled textilních a vlákenných materiálů používaných v automobilovém průmyslu. Popište tyto materiály z hlediska historického vývoje.
2. Popište z nich vytvářené výrobky a konstrukční prvky automobilu. Popište používané technologie a případné odlišnosti, související s použitím vlákenných materiálů.
3. Podrobně se zabývejte specifickými požadavky, které jsou na tyto výrobky kladeny a popište postupy jejich testování.
4. Diskutujte problematiku recyklovatelnosti popsanych materiálů.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 45

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- [1] Fung W., Hardcastle M. Textiles in automotive engineering. 1. vyd. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001. ISBN 1855734931.
[2] Mukhopadhyay S. K., Partridge J. F., Automotive Textiles. 1. vyd. Pennsylvania: Textile Institute, 1999. ISBN 1870372212.
[3] Society of Automotive Engineers Staff SAE Automotive Textiles and Trim Standards Manual, 1. vyd. Warrendale: Society of Automotive Engineers Staff 1996. ISBN 0768004012.

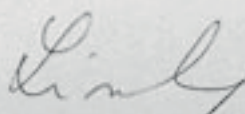
Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Novák, Ph.D.

Katedra netkaných textilií

Datum zadání bakalářské práce: 27. října 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 9. května 2012



prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.
děkan



prof. Ing. Jiří Milný, CSc.
vedoucí katedry

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Textilní a vláknenné materiály používané v automobilovém průmyslu

Textile and fibrous materials used in the automotive industry

2013

Veronika Šoltysová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Obor: 31-07-R/011

Textilní materiály a zkušebnictví

Katedra textilních materiálů

**Textilní a vláknenné materiály
používané v automobilovém průmyslu**

**Textile and fibrous materials
used in the automotive industry**

Veronika Šoltysová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ondřej Novák, Ph.D.

Katedra netkaných textilií

Číslo BP: KTM-598

Rozsah práce: 86

Počet stran textu: 86

Počet obrázků: 45

Počet tabulek: 5

ANOTACE

Cílem této rešeršní bakalářské práce je vytvoření rozšiřujícího textu k výukovým materiálům se zaměřením na materiály, výrobky a konstrukční prvky používané v automobilovém průmyslu.

V práci jsou popisovány vlastnosti konkrétních materiálů využívaných v automobilovém průmyslu, i jejich historie včetně konkrétních příkladů jejich prvního použití. Bakalářská práce zkoumá a důvody, proč se konkrétní materiál pro daný účel v automobilovém průmyslu používá a popisuje způsoby testování materiálů.

Práce se také zabývá současnou snahou výrobců o stále nižší hmotnost automobilů při zachování vysoké pevnosti a nastiňuje možné směry vývoje používání materiálů v budoucnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA: automobilový průmysl, textilní materiály, vlákenné materiály, historie, trendy

ANNOTATION

The aim of this thesis is to search a text expansion for educational materials focusing on materials, products and construction elements used in the automotive industry.

The paper describes the properties of specific materials used in the automotive industry, as well as their history, including specific examples of first use. Bachelor thesis examines the reasons why a particular material for a particular purpose in automotive uses, and describes methods of testing materials.

The work also deals with current efforts of manufacturers of increasingly lower vehicle weight while maintaining strength and outlines possible directions of development of the use of materials in the future.

KEYWORDS: automotive industry, textile materials, fiber materials, history, trends

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že s o u h l a s í m s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 27. 05. 2013

..... Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Ondřeji Novákovi, Ph.D. za užitečné rady, poskytnutí materiálů z vlastního archivu a ochotu, projevenou během vzniku práce. Dále děkuji Mgr. Janu Bakalovi za pomoc s editací textu a za poskytnutí výborných podmínek ke studiu při zaměstnání. Dík za podporu patří v neposlední řadě i mé rodině a přátelům.

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
1.1 Historie automobilového průmyslu.....	9
1.1.1 Benz Patent Motorwagen	9
1.1.2 Časová osa historie automobilismu	10
1.2 Současný pohled na automobilový průmysl.....	11
1.2.1 Nárůst počtu vozidel a jeho důsledky.....	11
1.2.2 Automobily s alternativním pohonem.....	12
2. HLAVNÍ ČÁST REŠERŠE.....	13
2.1 Materiály pro karoserii.....	13
2.1.1 Ocel	13
2.1.2 Nerezová ocel.....	15
2.1.3 Kompozitní materiály.....	16
2.1.4 Hliník a jeho slitiny	26
2.1.5 Hořčík a jeho slitiny	28
2.2 Materiály pro rám a podvozek	29
2.2.1 Uhlíkové kompozity	30
2.2.2 Dřevo.....	31
2.3 Materiály pro interiér.....	32
2.3.1 Autosedačky	33
2.3.2 Bezpečnostní pásy	50
2.3.3 Airbagy.....	52
2.3.4 Přístrojová deska	53
2.3.5 Volant	56
2.3.6 Zvuková izolace	57
2.3.7 Stropní a dvevní panely.....	60
2.4 Materiály pro motor	63
2.4.1 Litina	64
2.4.2 Hliník.....	64
2.4.3 Ocel	65
2.4.4 Boridy.....	65
2.4.5 Cínové a olověné kompozice	66
2.4.6 Bronzy	66
2.4.7 Plasty	66
2.5 Filtrace.....	66
2.5.1 Kabinový filtr	67
2.5.2 Vzduchový filtr	67
2.5.3 Palivový filtr.....	69
2.5.4 Olejový filtr	71
2.6 Pneumatiky.....	72
2.6.1 Části pneumatiky	72
2.6.2 Používané materiály	74
2.6.3 Výroba kordu.....	75
2.7 Trendy v automobilovém průmyslu.....	75
2.7.1 Recyklovatelnost automobilů.....	75
2.7.2 Přírodní vlákenné materiály v automobilech.....	76
2.7.3 Trend snižování hmotnosti vozu	77
2.7.4 Trend globalizace	79
2.7.5 Využití nanomateriálů	81

3. DISKUZE	82
4. ZÁVĚR	84
Seznam použité literatury	85

1. ÚVOD

Cílem této rešeršní bakalářské práce je vytvoření souhrnného učebního textu o materiálech, používaných v automobilovém průmyslu. Text lze použít jako rozšiřující materiál pro předmět TAP (Materiály a textilie pro automobilový průmysl).

Práce se věnuje textilním, vlákenným i dalším materiálům, s nimiž se v současných i historických automobilech setkáváme, popisuje jejich vlastnosti a způsoby výroby. V práci jsou zahrnuty příklady aplikací zmiňovaných materiálů na konkrétních automobilech. Součástí práce je pohled do historie automobilového průmyslu a soupis hlavních trendů současného vývoje automobilových materiálů pro blízkou budoucnost.

1.1 Historie automobilového průmyslu

Snad žádný jiný vynález moderních dějin neprošel tak závratným vývojem jako právě automobil.

1.1.1 Benz Patent Motorwagen

Dne 29. ledna 1886 zažádal Karl Benz o patentování své jednoválcové čtyřtákní tříkolky Benz Patent Motorwagen (Obr. 1). Tento den je považován za zrod automobilu. Benzův automobil se v již v mnoha ohledech blížil automobilům, jak je známe dnes. Vůz poháněný benzínovým motorem byl vybaven elektrickým zapalováním, vodním chladičem i karburátorem. Nedisponoval však spojkou a tudíž rychlostními stupni, ani zpátečkou. Jeho 0.945 litrový motor vážící pouhých 100 kg je dodnes považován za základní stavební kámen všech benzínových motorů. Spotřeba paliva se pohybovala kolem 10 l/ 100 km, což je hodnota srovnatelná např. se spotřebou dnešních vozů kategorie SUV. [1]



Obr. 1 Benz Patent Motorwagen [2]

1.1.2 Časová osa historie automobilismu

- 1886: Karl Benz získal patent na čtyřtákní tříkolku Benz Patent Motorwagen.
- 1889: Ve Francii vznikla první automobilová továrna, Panhard a Levassor (dnes výrobce vojenských vozů Panhard).
- 1888: Anglický zvěrolékař John Dunlop vynalezl pneumatiku plněnou vzduchem (do té doby se používaly plné gumové obruče).
- 1892: Motor spalující naftu patentován Rudolfovi Dieselovi.
- 1893: Ve Francii je zavedena povinná registrace automobilů, automobily opatřovány cedulkami (předchůdce dnešních RZ).
- 1894: První soutěž automobilů pořádaná časopisem Le Petit Journal. O rok později se konal závod na trati Paříž-Bordeaux.
- 1897: V Kopřivnici byl vyroben Präsident, první automobil ve střední Evropě, o rok později následovaný prvním nákladním automobilem.
- 1903: Založena továrna Henryho Forda.
- 1902: Vynalezeny bubnové brzdy (Louis Renault).
- 1904: Spojené státy se stávají největším výrobcem automobilů (do té doby Francie).
- 1909: Představen Ford model T - stěžejní vůz pro americkou historii automobilismu, do roku 1927 bylo vyrobeno přes 15 milionů kusů.
- 1911: Vynález elektrického startéru (Charles Kettering). První použití o rok později v Cadillacu.
- 1913: Zavedena pásová výroba automobilů Ford - první velkosériová výroba.
- 1918: První celookcelová karoserie na automobilu Dodge (inženýr Edward G. Budd).
- 1919: Použití jediného brzdového pedálu k brždění všech čtyř kol na voze Hispano Suiza H6B. Do té doby se muselo při brždění používat ruční brzdu i pedál najednou.
- 1924: Byl vyroben první nákladní vůz s dieslovým motorem. První sériový dieslový osobní automobil (Mercedes 260D) představen až v roce 1936.
- 1929: Bylo vynalezeno první autorádio (Paul Galvin).
- 1936: Představen Volkswagen Beetle. Za dobu jeho výroby, ukončenou rokem 2003, bylo vyrobeno více než 21 milionů kusů.
- 1951: Do automobilů byl poprvé nabízen posilovač řízení.
- 1953: K volitelné výbavě amerických automobilů přibyla klimatizace. Zároveň se začínají v automobilech objevovat bezpečnostní pásy (vynález pásů ale pochází už z konce 19. století).
- 1957: První automobil se samonosnou celolaminátovou karosérií (Lotus Type 14 - Elite, váha 660 kg).
- 1958: Japonské vozy Toyota a Nissan pronikly na americký trh. V Evropě jsou prodávány od roku 1959. Zároveň začíná výroba duroplastových Trabantů typu P.
- 1965: Britský Jensen FF se stává prvním sériově vyráběným vozem s pohonem všech čtyř kol. V automobilce Subaru se čtyřkolky objevují od 70. let, Audi Quattro v roce 1980.
- 1970: V Japonsku vynalezena Alcantara - mikrovláknový materiál připomínající semiš. Skládá se z 68 % z polyesteru a z 32 % z polyuretanu.
- 1973: V severní Americe se prodává první vůz s airbagem - Oldsmobile Toronado. V Evropě je prvním vozem s airbagem Mercedes a to v roce 1980.

- 1974: Představena první generace Volkswagen Golf, který se s 24 miliony prodaných vozů stal nejprodávanějším vozem světa.
- 1975: V automobilech se poprvé objevily katalyzátory. Dnes používaný třicestný katalyzátor s lambda sondou poprvé použil v roce 1976 ve Volvu.
- 1976: První motor s turbodmychadlem představen automobilkou SAAB.
- 1978: ABS - protiblokovací brzdový systém - představen po desetiletém vývoji společností Bosch.
- 1997: Na japonský trh byla uvedena Toyota Prius - první hybridní automobil. [1],[3]

Vývoj automobilů v Evropě a ve Spojených státech byl v mnoha ohledech odlišný. Velmi markantní byly rozdíly hlavně na přelomu padesátých a šedesátých let, kdy se v poválečné Evropě vyráběly hlavně malé levné vozy (Fiat 500, MINI,..) zatímco v USA probíhal boom výroby obřích křižníků se silnými motory (Chrysler Windsor, Ford Thunderbird, Cadillac Eldorado,...). Éru výkonných amerických automobilů tzv. „musclecars“ byla započata v 60. letech představením Pontiacu GTO, následovaného legendárním Fordem Mustang, jehož se za dva roky výroby prodalo přes milion kusů. Výroba velkých, výkonných amerických vozů se spotřebou desítek litrů na sto kilometrů byla ukončena v roce 1973 ropnou krizí. [4]

1.2 Současný pohled na automobilový průmysl

Automobily se staly velmi kontroverzním tématem dnešní doby. Mnohé modely automobilů jsou zdrojem vášně a obdivu, protože se v nich často snoubí technická vyspělost s úchvatným designem.

V současnosti se však celosvětový automobilový průmysl nachází na pomyslné křižovatce - automobily jsou poháněny produkty ropy, jejíž zásoby se postupem času tenčí a nadešel čas přijít s jiným způsobem pohonu.

Všechny zatím objevené cesty jsou ovšem poměrně komplikované. Hybridní vozy (automobily s více než jedním zdrojem pohybové energie), mezi něž se řadí např. komerčně velmi úspěšná Toyota Prius, sice dokáží uspořit kolem 20 % paliva, ale jedná se stále pouze o dočasné řešení. Až palivo dojde, tak ani tyto vozy nebude čím pohánět. Nehledě na to, že pořizovací cena takového automobilu je nepoměrně vyšší než cena automobilu s klasickým druhem pohonu.

V mnoha státech je nákup hybridního automobilu podpořen státní dotací, nicméně v České republice tomu doposud tak není.

1.2.1 Nárůst počtu vozidel a jeho důsledky

Život bez automobilu si drtivá většina z nás dokáže představit jen s velkými obtížemi, zároveň je však kladen stále větší důraz na ekonomičnost a šetrnost k přírodě. Celosvětový počet automobilů překračuje jednu miliardu a skutečnost, že dopravní prostředky se spalovacími motory mají značný podíl na znečišťování naší planety, je zřejmě nepopíratelná. Na první příčce v množství automobilů se drží Spojené státy americké s 239.8 milionem automobilů následované Čínou se 78 miliony aut. V přepočtu na obyvatele připadá na jeden vůz v USA 1,3 obyvatel, kdežto v Číně je to 6,75 obyvatel. [5]

1.2.2 Automobily s alternativním pohonem

Další větví ekologických automobilů jsou elektromobily. Královnou elektromobilů se stala automobilka Tesla. Její designově atraktivní model Tesla Roadster se pyšní zrychlením z 0 na 100 za 3,7 s, problémem ale zůstává doba potřebná pro nabití baterie a její výdrž. Tento vůz byl svěřen k testu britského motoristického pořadu Top Gear. Po absolvování 89 km ostré sportovní jízdy se baterie Tesly zcela vybily, načež následný proces dobíjení trval 16 hodin. Tento fakt činní Teslu, stejně jako i mnohé jiné elektromobily, nepoužitelnou pro denní ježdění na větší vzdálenosti. [6] [7]

Větší ambice jsou přisuzovány automobilům poháněným palivovými články. Jsou sestaveny za účelem zcela ekonomického pohonu a zvýšení účinnosti. Kapalným vodíkem je poháněn automobil BMW Hydrogen 7. Tento automobil funguje na principu spalování vodíku, přičemž se jedná o úpravu běžného spalovacího motoru. Jinou cestu využití vodíku se vydala Honda se svým již sériově vyráběným modelem FCX Clarity. V palivovém článku je kombinací kyslíku s vodíkem vytvářena elektřina, která následně pohání elektromotor. Lithium-iontová baterie je v tomto automobilu určena především pro ukládání energie při brzdění. Honda FCX Clarity nevydává žádné emise - spojením vodíku s kyslíkem vzniká pouze voda. S dojezdem kolem 460 km umožňuje provoz srovnatelný s dnešními benzínovými automobily. Účinnost tohoto vozu činí 60 %, což je o polovinu více než dnešní nejúčinnější dieselové motory. I zde je ovšem problém - výroba vodíku a jeho zavedení do čerpacích stanic. Jediná vodíková stanice v České republice se nachází v Neratovicích, jenže cena vodíku pro účely dopravy zatím není stanovena z důvodu absence trhu. V Evropě zatím nelze tento automobil pořídit a ve spojených státech si lze vůz pouze pronajmout. [8]

2. HLAVNÍ ČÁST REŠERŠE

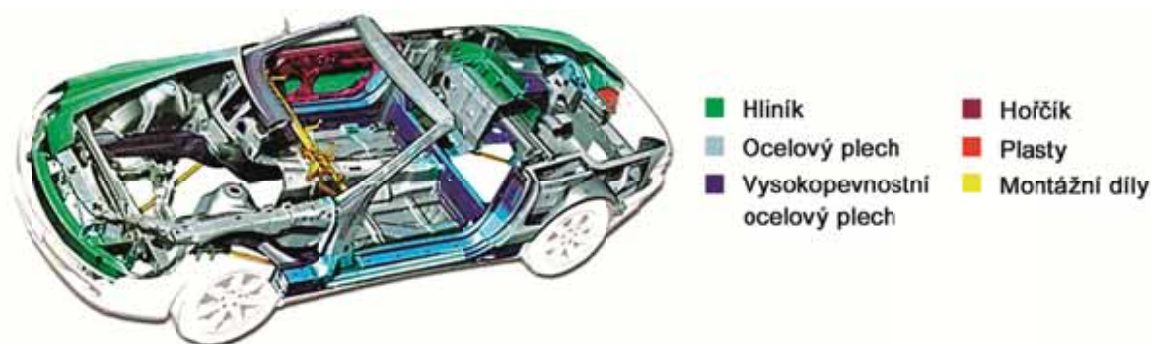
Předmětem hlavní části práce jsou materiály používané v automobilovém průmyslu. Ty jsou členěny do kapitol podle oblasti jejich aplikace v automobilu (karoserie, rám a podvozek, interiér, motor, filtrace, pneumatiky), často s uvedením konkrétního příkladu modelu vozu, ve kterém se popisovaný materiál používá. Závěrečné kapitoly hlavní části práce jsou věnovány trendům automobilového průmyslu se zaměřením na recyklovatelnost, snižování váhy automobilů a globalizovanou výrobu dílů.

2.1 Materiály pro karoserii

Stěžejní částí každého automobilu je karoserie. V dnešní době bývá zpravidla samonosná, tudíž tvoří základ a pevnou kostru automobilu a napomáhá chránit vůz proti působení vnějších vlivů (účinkům deště, sněhu, slunce, písku a šterku apod.). Její význam narůstá o to více, že chrání pasažéry v případě nehody. Deformace karoserie v případě nárazu smí být jen taková, aby nedošlo k narušení vnitřního prostoru pro posádku. Tento požadavek je zajištěn tzv. deformační zónou. Ta v přední i zadní části vozu tvoří přibližně 30-80 cm, na bocích vozu se tloušťka deformační zóny pohybuje mezi 10-15 cm. Při velmi nízkých rychlostech nepřesahujících 5 km/hod. stačí k ochraně vozu nárazník, při vyšších rychlostech již záleží na struktuře karoserie a způsobu absorpce energie. Při nárazu dochází k elasticko-plastické deformaci, jež má za následek deformování a lámání či stříh plechových dílů vozu, v případě plastové karoserie dochází k vytlačování plastových dílů. Dalším druhem absorpce energie je vnitřní kapalně či plynné tření realizováno pneumatickým či hydraulickým tlumičem. [9] [10]

Karoserie prošly značným vývojem nejen z hlediska konstrukce a používaných materiálů, ale také z hlediska aerodynamiky. Nejčastěji užívanými materiály pro karoserii jsou ocelové nebo hliníkové plechy často opatřeny pozinkováním. Tloušťka vysokopevnostního ocelového plechu bývá v rozmezí 0,5 - 2 mm. Používají se také profily z výše zmíněných materiálů a rovněž se v automobilovém průmyslu setkáváme s karoseriemi zhotovenými z plastů. [8]

Příklad použitých kovových materiálů na karoserii konkrétního modelu automobilu je vyobrazen na Obr. 2.



Obr. 2: Příklad materiálového složení karoserie (Mercedes Benz SL R230) [11]

2.1.1 Ocel

Ocel je slitina železa, uhlíku (do 2,11 %) a dalších legujících prvků. Legování je proces zkvalitňování oceli přidáváním jiných kovů za vzniku slitiny (např. nikl, chrom, vanad, mangan, wolfram, kobalt, apod.).

Ocel je jeden z nejpevnějších a zároveň nejméně nákladným materiálem používaným pro výrobu karoserie. Hlubokotažná ocel s obsahem uhlíku C nepřesahujícím 0,1 %, jejíž pevnost v tahu se pohybuje v rozmezí 270-390 MPa a tažnost mezi 28-34 %, je postupně nahrazována vysokopevnostní konstrukční ocelí, jejíž pevnost v tahu může dosáhnout až 590 MPa. Obsah uhlíku C se v konstrukční oceli pohybuje v rozmezí 0,16-0,20 %. [12]

2.1.1.1 Využití oceli v automobilu

Automobilový průmysl je největším odběratelem oceli. Nejčastějším použitím oceli v tomto odvětví je výroba ocelových plechů karoserie. Automobil obsahuje přibližně 66 % oceli a železa. Z ekologického hlediska je ocel vhodným materiálem díky možnost recyklace, která je výhodnější než zhotovování nové oceli. Každým rokem se zrecykluje přibližně 75 % oceli. Recyklace se uskutečňuje prostřednictvím oxidace v kyslíkových konvertorech, popř. tavením v elektrických pecích. Celosvětově největším výrobcem oceli je Čína, která vyprodukuje cca 40 % veškeré světové oceli. [12]

Nevýhodou oceli je podléhání korozi. Výjimku tvoří nerezová ocel, která je však oproti běžné oceli cenově nákladná. Z důvodu bezpečnosti jsou ve všech moderních automobilech brzdová vedení vyrobená z nerezové oceli. Až do vynálezu hydraulických brzd (Malcolm Loughheed, 1918) měla koroze ocelových brzd za následek mnoho tragických nehod. [12], [13]

2.1.1.2 Ochranné povlaky oceli

Plech s potahy na bázi zinku jsou v automobilovém průmyslu velmi rozšířené. Zinek se v kombinaci s ocelí chová jako anoda a způsobuje imunní stav potahované oceli. Tím je zabráněno korodování kovového materiálu. Přítomnost zinkového povlaku na karoserii automobilu má za následek zvýšení odolnosti vůči podkorodování a oddaluje proces korodování ve spárách a místech s neúplným popř. méně kvalitním nátěrovým systémem. K problémům může dojít v případě tažení pozinkovaného materiálu, objevuje se poškození v podobě narušení soudržnosti ochranného povlaku s potahovaným materiálem, odkrývání podkladového povrchu, zadíráání apod. [14]

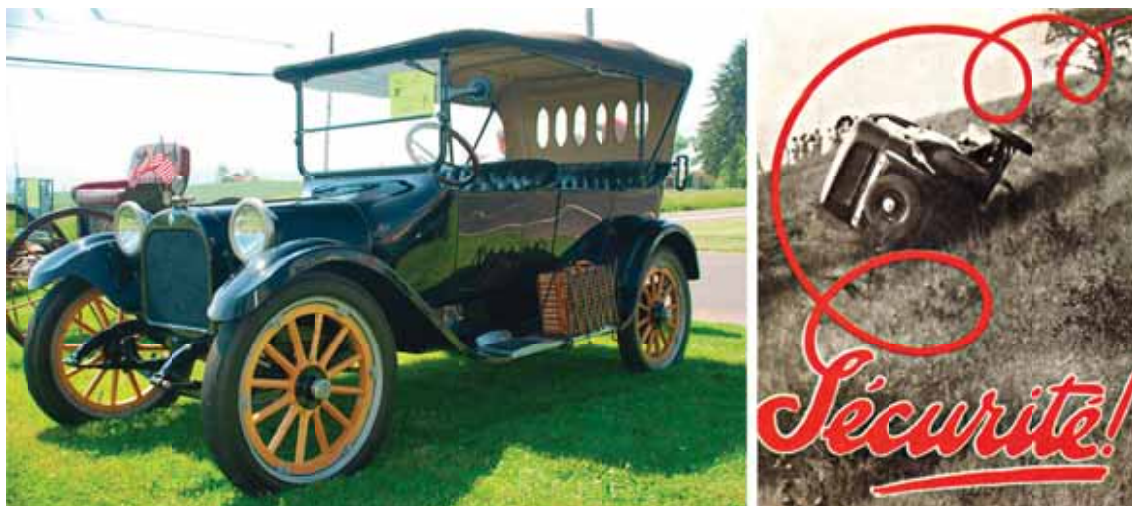
Ocelové plechy mohou být opatřeny ochranným povlakem metodou žárového pokovení (HDG), které je realizováno ponořením do roztaveného kovu nebo slitin železa a zinku (Fe-Zn), popřípadě hliníku a zinku (Al-Zn). Další metodou je nanášení ochranného povlaku na bázi zinku elektrolyzou (EG). Tato technologie umožňuje výrobu velmi tenkých povlaků a nemá vliv na původní hlubokotažnost a další mechanické vlastnosti potahované oceli. Používají hlavně slitiny zinku se železem (Zn-Fe) a zinku s niklem (Zn-Ni). Ocelové plechy je možno rovněž opatřit organickým povlakem s obsahem zinku. [14], [15]

Povrch plechu musí mít schopnost přijímat mazivo, které nesmí z povrchu odtékat, ani nesmí docházet k odtržení mazivového filmu z povrchu plechu. Kvalita povrchu je dána především stavem povrchu hladicích válců pro finální úpravy. Požadována je také odolnost ve vysokých konstantních tlacích a při procesu tváření nesmí docházet k nárůstu oblastí, ve kterých jsou v přímém styku styčné plochy. [14], [15]

2.1.1.3 První automobily s ocelovou karoserií

První automobil celoodcelovou karoserií byl sestaven pro společnost Dodge inženýrem Edwardem G. Buddem v roce 1918 (Obr. 3 - vlevo). Do té doby byly automobily vyráběny ze dřeva, kůže a kovu. Buddova technologie byla původně určena pro konstrukci železničních vozíků a pulmanů a jejím uzpůsobením pro použití v automobilech došlo k výraznému zvýšení odolnosti automobilu i bezpečnosti

posádky. Dodge s ocelovou karoserií se rychle stalo díky použití tohoto v té době netradičního materiálu (a výhod z něj plynoucích) populárním vozem a v žebříčku prodejnosti automobilů v USA se umístil na druhém místě - hned za vozy značky Ford. Buddovu licenci na výrobu ocelových karoserií převzala o několik let později automobilka Citroen a v roce 1924 byla spuštěna výroba prvního evropského vozu s celoodcelovou karoserií - Citroenu B-10, přičemž reklamní kampaň byla založena na demonstraci bezpečnosti celoodcelové karoserie. (Obr. 3). [16], [17], [18], [19]



Obr. 3: Dodge 1918 a dobová reklama na Citroen B-10 [20], [18]

2.1.2 Nerezová ocel

Hlavním legujícím prvkem nerezové oceli je chrom. Schopnost oceli s vysokým obsahem chromu odolávat kyselinové korozi byla objevena v roce 1913 Harrym Brearleyem během experimentování s různými druhy slitin. [21]

2.1.2.1 Vlastnosti a úpravy nerezové oceli

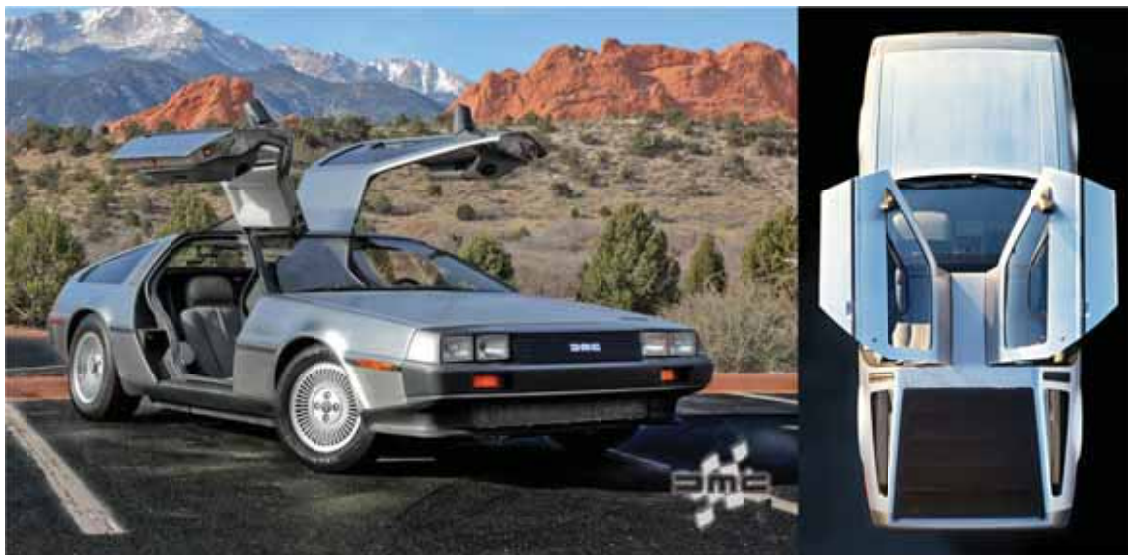
Na povrchu slitiny obsahující jako legující prvek chrom se tvoří tenká vrstva nerozpustných oxidů, což má za následek odolnost vůči korozi. Při obsahu více než 13 % chromu ve slitině se materiál stává odolným vůči korodování v normálním a mírně agresivním prostředí. Při zhotovení slitiny s obsahem chromu vyšším než 17 % dojde ke zvýšení odolnosti materiálu i v agresivně oxidačním prostředí nebo v prostředí 50 %-ní kyseliny dusičné. [21]

Kromě chromu jsou v nerezové oceli přítomny také další prvky (Si, C, P, S, Mn) spojené se železem ve slitinách a přidávají se rovněž prvky napomáhající získání potřebných fyzikálních a mechanických vlastností a odolnosti vůči korozi (Co, Mo, Ni, Nb, Ti). [21]

2.1.2.2 Použití nerezové oceli na panely karoserie

V roce 1981 automobilka DeLorean Motor Company v čele s Johnem Z. DeLoreanem zhotovila pro model DeLorean DMC 12 karoserii ze skelných vláken překrytou panely z nelakované broušené nerezové oceli (viz Obr. 4). John Z. DeLorean před založením vlastní automobilky pracoval pro GM a stal se tvůrcem již zmiňovaného Pontiacu GTO, prvního představitele musclecars. Návrhem designu vozu DeLorean DMC 12 byl pověřen Giorgetto Giugiaro a na vývoji automobilu se podílel Colin Chapman – zakladatel automobilky Lotus. Tento sportovní automobil s motorem V6

umístěným vzadu vážil 1290 kg a proslavila jej jako "stroj času" filmová trilogie Návrat do budoucnosti. V roce 2011 byl společností DeLorean Motor Company a Epic Electric Vehicles v Texasu představen tento automobil se zachováním původního designu z 80. let, ale vybaven plně elektrickým pohonem. [22], [23]



Obr. 4: De Lorean DMC-12 [20]

2.1.3 Kompozitní materiály

Kompozity se staly v osmdesátých letech revolucí v materiálech pro automobilový průmysl. Kompozitní materiály, zpočátku aplikované především do podvozků závodních automobilů, byly nejen lehčí, pevnější, odolnější a robustnější než do té doby používané kovové materiály, ale jejich aplikováním došlo k navýšení bezpečnosti ve voze v případě nehody. Pro svou nízkou váhu a odolnost v náročných podmínkách (včetně vysokých teplot, rázů a napětí) se kompozitní materiály používají také pro letecké komponenty. [24]

2.1.3.1 Charakteristika kompozitních materiálů

Kompozit je materiálový systém, který se skládá alespoň ze dvou fází s makroskopicky zřetelně rozeznatelným mezifázovým rozhraním. Alespoň jedna fáze kompozitu musí být pevná. Kompozitní materiál dosahuje vlastností, kterých nelze dosáhnout žádnou jejich složkou (fází) samostatně, ani prostou sumací - tzv. synergický (spolupracující) efekt. [25], [24]

Fáze v kompozitu

- **Matrice:** spojitá fáze držící kompozit pohromadě. V každém kompozitu je nejméně jedna spojitá fáze.
- **Disperze:** nespojitá fáze rozptýlena v kompozitu rovnoměrně. Nespojitou fází kompozitu obvykle nazýváme výztuž. V porovnání s maticí mívá výztuž vyšší hodnoty mechanických vlastností (modul pružnosti, tvrdost, pevnost). Může se jednat o vlákna v různých délkách, jednorozměrné částice (tyčinky, jehličky) s ohybovou tuhostí, destičky či globule (izometrické částice). [25]

Speciálním druhem tvaru kompozitu jsou desky, u nichž je smazán rozdíl mezi maticí a disperzí. Systém má střídající se deskovité disperze, které můžeme rovněž považovat za matrice, protože udržují tvar kompozitu. [25], [24]

Příkladem synergického spojení materiálů jsou např. grafitová vlákna v hliníkové slitině. Grafitové vlákno má samo o sobě dobré mechanické vlastnosti, jeho nevýhodou je ale snadná oxidace. Hliníková slitina neoxiduje, ale s přibývajícím teplotou rychle klesá její pevnost. Kombinací těchto dvou rozdílných materiálů vytvoříme odolný a pevný kompozit až do 500 °C, který navíc nepodléhá korozi. [25]

Dalším příkladem je kompozit složený z keramické matrice vyztužené keramickými vlákny. Ačkoli je tato matrice i vlákna sama o sobě velmi křehká, vzniklý kompozit má zvýšenou odolnost proti křehkému porušení (vyšší míru houževnatosti).

Základní strukturní typy kompozitních materiálů:

- **Kompozit 1. druhu** obsahuje pevný typ disperze. V technice je tento typ kompozitu užíván nejčastěji. Podle druhu matrice je dělíme na PMC (kompozity s plastovou maticí), MMC (kompozity s kovovou maticí), CMC (kompozity s keramickou maticí). Existují rovněž speciálními druhy kompozitů např. se skleněnou maticí.
- **Kompozit 2. druhu** se vyznačuje kapalnou fází disperze (uzavřené póry). Kompozity tohoto druhu nejsou zcela běžné. Můžeme mezi ně zařadit např. dřevo, které je systémem trubic s mizou. [26]
- **Kompozit 3. druhu** má disperzi v plynné fázi (otevřené póry). Řadí se sem různé druhy pěnových hmot - pěnoplasty (obsahují pěnový polystyren), kovové pěny (s obsahem hliníkové pěny) a pěnokeramika. Podobné systémy tvoří vláknové desy jako je grafitová plst', keramická tepelná izolace či skleněná rohož. [24], [25]

2.1.3.2 Výroba kompozitních materiálů

Polymerní kompozitní materiály se vyznačují velmi nízkou hmotností a nepodléhají korozi. Vyztužené polymerní materiály navíc poskytují lepší mechanické vlastnosti, které umožňují použít tyto materiály jako náhradu tradičních materiálů, kupříkladu oceli nebo hliníku.

Kompozitní materiály lze vyrábět ručně i strojově. Časově nejnáročnější je ruční výroba, pro kterou ale dostačuje levná forma a zároveň je dosahováno nejlepších mechanických vlastností vyrobeného dílu. Pro sériovou výrobu je však tato metoda nevyužitelná.

Existují různé druhy výrobních metod, včetně vytvrzování v autoklávu, vakuových vaků, RTM transformování pryskyřice, atd. V automobilovém strojírenství slouží pro výrobu kompozitních materiálů např. invar (FeNi36), hliník, uhlíková vlákna, vyztužené oceli a silikonové pryže. [28]

Výrobci automobilů používají postup lisování pro výrobu šasi, ve kterém jsou kompozitní materiály transformovány do jednoho složeného tváření plechu (SMC – sheet molding compound), nebo volně ložené směsi plastů (bulk molding compound - BMC). První z nich je jakousi plastovou fólií vyztuženou vlákny. Novinkou v oblasti moderních kompozitních materiálů v automobilovém odvětví výroby je použití uhlíkových vláken k vyztužení plastu (CFRP – carbon fiber einforced plastic), kompozity s duroplastem, včetně aramidových a uhlíkových vláken v matici epoxidové pryskyřice. [28]

Mezi strojní metody patří tzv. RTM (Resin Transfer Molding - vstřikování do uzavřených forem). Principem RTM spočívá v prosycení suché výztuže polotovaru (předformy) kompozitního výlisku polymerním pojivem o nízké viskozitě. Kompozitní výlisek je umístěn ve formě a pojivo je zpravidla na bázi epoxidu, polyesteru apod. Lehké RTM je variantou standardního RTM, ale pryskyřice musí mít nižší viskozitu.

Nižší tlak a vakuování formy umožňuje použití levnějších a lehčích forem. Při použití lehkého RTM je do spodního dílu formy manuálně kladena sklovýztuž (na případně nanesenou vrstvu gelcoatu) a poté je forma uzavřena víkem formy (s také případně nanesenou vrstvou gelcoatu). Gelcoat je vnější vrstva dodávající materiálům hladký povrch. Zvyšuje pružnost a odolnost vůči slunečnímu záření i opotřebení. Jedná se o polyesterový email s přídavkem aerosilu. Proti ruční metodě je zde výrazně snížena pracnost výroby dílů, forma je však mnohem komplikovanější a tedy i dražší. Uzavřená forma je napojena na vývěvu, která vytváří uvnitř formy podtlak. Současně se vznikem podtlaku ve formě je do formy injektážním kanálem vstřikována směs pryskyřice, která velice rychle a dokonale vyplňuje vnitřní prostor formy a dokonale prosycuje zmíněnou sklovýztuž. [28]

Druhou strojní metodou je těžké RTM. Formy používané pro tuto výrobu jsou nejsložitější, nejtěžší a nejdražší. Do formy na připravenou vrstvu gelcoatu je opět vložena potřebná sklovýztuž a forma je uzavřena připraveným víkem. Víko formy je po jeho usazení mechanicky, pneumaticky či hydraulicky upnuto k formě. Následné plnění formy pryskyřicí a prosycování sklovýztuže probíhá již bez zajištění podtlaku ve formě. Pryskyřice je však do formy vstřikována pod mnohem vyšším plnicím tlakem. Proto musí být forma i víko tak masivní a vzájemně zafixovány. Vlastní výrobní čas u této metody je nejkratší, forma je však nejtěžší a musí být použity další přípravky k fixaci víka a manipulaci s formou a víkem. Tato výrobní metoda je používána u dílů s největší sériovostí. [28]

2.1.3.3 Příklady kompozitních materiálů

Důležitým typem kompozitů jsou plasty vyztužené vlákny různých druhů a délek. **Krátkovláknové materiály** se nazývají syntetické materiály s výztuhou vláken o poměru délky a průměru L/D menším než 100. Takovéto kompozity nacházejí využití především u extrudovaných plastových výrobků, popř. u injektovaných výlisků. **Dlouhovláknové materiály** jsou syntetické materiály vyztuženy dlouhými vlákny s poměrem délky a průměru L/D větším než 100. Délka jednotlivých vláken se rovná délce celého kusu materiálu. Dlouhovláknové materiály se užívají především u velkých konstrukcí, např., lodí, křidel větrných turbín nebo u tlakových nádob.

Klasické lamináty - polyesterové a epoxidové pryskyřice v kombinaci se skelnou rohoží, popř. tkaninou či kombimatem (vzniká spojením vrstvy sklené tkaniny s jednou či více vrstvami sekaného vlákna a to bez použití chemického pojiva).

Uhlík-uhlíkový laminát - kompozitní materiál složený z anorganických uhlíkových vláken vyrobených pyrolýzou z organických materiálů. Matrice je tvořena uhlíkem vzniklým karbonizací popř. grafitizací prekurzoru. Výsledný materiál se zpravidla pokrývá vrstvou karbidu křemíku, jež má za úkol bránit materiál před oxidací. Tento kompozit se hodí pro konstrukční užití v prostředí s vysokými teplotami, vyznačuje se nízkým součinitelem tepelné roztažnosti.

Samozhášivé lamináty - samozhášivé polyesterové pryskyřice + skelná rohož, tkanina, kombimat - vhodný zejména pro dopravní prostředky. Stupeň samozhášivosti je zvolen dle norem.

Carbon-kevlar - epoxidové pryskyřice + aramid (kevlar) a karbonová tkanina. V současnosti nejdokonalejší materiál, který se dá v oblasti výroby kompozitů použít. Jeho hlavní výhodou je mimořádně nízká hmotnost při zachování vysoké pevnosti a tvarové stálosti výrobku. Kombinace uhlíkových vláken s kevlarem dodává kompozitu odolnost v rázu a pevnost v tahu. Jedná se o technologii používanou např. při výrobě

vozů Formule 1 či v leteckém průmyslu. Výroba se provádí laminací do pozitivní či negativní formy, vrstvením uhlíkových a aramidových vláken a prosycení pryskyřicí. Další fází je vakuování a ztvrdnutí, začištění, leštění. Kevlar se také používá v kombinaci s gumou (pro dosažení pružnosti) jako materiál pro výrobu palivových nádrží vozů Formule 1. Nádrž je umístěna mezi rozžhaveným motorem a pilotem, proto musí být odolná v nárazu a zároveň nehořlavá, aby v případě nehody monopost nevzplanul. [25]

Bor-hliník – jeden z nejstarších typů kompozitů známý již z 60. let 20. století. Bórová vlákna jsou v něm užita v kontinuální podobě v kombinaci s hliníkovou slitinou obsahující hořčík a křemík (Al-Mg-Si), popř. měď a hořčík (Al-Mg-Si). Tyto typy kompozitu jsou velmi lehké a používají se často v letectví a kosmonautice pro namáhané díly, hlavně trupy a křídla letadel. [25]

Polyamid a ABS (Akrylonitrilbutadienstyren) **s minerálními plnivý** – spojení těchto materiálů poskytuje kombinaci důležitých vlastností mezi něž patří vynikající rázová odolnost, houževnatost za vysokých i nízkých teplot, vysoká kvalita povrchu, snadné zpracování a chemická i tepelnou odolnost. Tento materiál je používán např. automobilkou BMW na přední blatníky, kde materiál napomáhá rovnoměrnému rozložení váhy na nápravy. Díly zhotovené z tohoto materiálu jsou schopny se v případě nárazu deformovat do hloubky 50 mm, nepřímě tedy dochází k zvýšení ochrany chodců. [28]

V tabulce jsou zapsány hodnoty vlastností vláken používaných k vyztužení hliníkových matic. (viz Tab. 1). Nejvýznamnější z této skupiny jsou vlákna bórová, vlákna z karbidu křemíku (SiC), uhlíková a vlákna z oxidu hlinitého (Al₂O₃). Zatímco první zmíněné materiály se používají hlavně ve formě kontinuálních vláken, u karbidu křemíku se setkáváme i s formou diskontinuálních vláken. [29]

Tab. 1: Vlastnosti materiálů užívaných pro výztuhu hliníkových matic [29]

Materiál	průměr [μm]	hustota ρ [kg/m ³]	modul E [GPa]	mez pevnosti R _m [MPa]
B/W	100	2600	390	3800
SiC/C	150	3300	430	3500
SiC (whiskery)	1	2300	700	do 20 000
C (PAN)	10	1900	400	2200
Al ₂ O ₃	20	4000	380	1400

Poznámka: E je modul pružnosti v tahu, R_m mez pevnosti vláken

V Tab. 2 jsou zaznamenány geometrické vlastnosti vybraných materiálů používaných v automobilovém průmyslu. Při téže jemnosti (délkové hmotnosti) dosahuje největšího průměru a plochy vlákna polyethylen, z materiálů používaných v karoseriích dosahuje nejvyšších hodnot kevlar následovaný uhlíkem. Vlákna s menším průměrem se vyznačují vyšší ohebností. Ohebnost přispívá ke snazšímu formování přízí a jiných nadvlákných útvarů. [29]

Tab. 2: Geometrické vlastnosti vybraných vlákenných materiálů [61]

Materiál	jemnost T [dtex]	průměr d [μm]	plocha S [μm^2]
olvo	1,6	4,30	15
ocel	1,6	5,10	20
sklo	1,6	9,00	64
uhlík	1,6	10,30	89
Kevlar	1,6	11,80	109
PES	1,6	12,25	118
PE	1,6	14,50	165

Ultimativní charakteristiky vybraných vlákenných materiálů jsou zapsány v Tab. 3

Tab. 3: Ultimativní charakteristiky vybraných vlákenných materiálů [30]

Materiál	hustota ρ [kg/m^3]	relativní prodloužení ε [%]	pevnost P [N/tex]	normálové napětí σ [GPa]
PE vysocepevný	970	2,7	6,18	6,00
Kevlar	1440	4,4	2,10	3,00
Sklo-S	2500	5,4	1,80	4,60
Karbid křemíku SiC	2550	1,5	1,00	2,70
Uhlík	1800	0,8	3,20	5,80
Ocel	7800		0,40	3,20
PES	1360	35	0,42	0,57

Poznámka: Normálové napětí je podíl síly, která působí kolmo na plochu průřezu a velikosti tohoto průřezu.

2.1.3.4 Kompozitní materiály s uhlíkovými vlákny

Uhlíková vlákna jsou vlákna obsahující uhlík v různých modifikacích. Pramen má průměr 5-8 μm . Atomy uhlíku jsou spojeny dohromady v mikroskopické krystaly, které jsou orientovány paralelně k dlouhé ose vlákna. Krystalové uspořádání má za následek velkou pevnost při relativně malé tloušťce

Uhlíková vlákna se nejčastěji používají jako výztuž kompozitních materiálů, přičemž podíl výztuže tvoří maximálně 80 % hmotnosti kompozitu. Uhlík se přidává ve formě mletých vláken, sekaných pramenů, filamentů, přástů, rohoží, tkanin, pletenin či splétaných textilií. [31]

Formy uhlíkových vláken

- filameny (jednosměrné svazky nekonečných vláken)
- mletá vlákna (uhlíkový prach) - zvýšení mechanických vlastností, svod elektrostatického náboje
- sekané prameny
- rovingy (svazky nekonečných vláken bez zákrutu nebo s minimálním zákrutem s tloušťkou nad 68 tex, vlákna jsou orientována ve směru namáhání)
- rohože (ze sekaných či nekonečných nahodile rozložených pramenů)
- vinutá vlákna (impregnovaná předpolymerem)
- tkaniny
- pleteniny

2.1.3.4.1 Výroba uhlíkových vláken

První fází výroby uhlíkových vláken je příprava prekurzoru. Prekurzor je výchozí materiál - polyakrylonitrilová (PAN) vlákna nebo pyrolýzní oleje a smoly (pitch). Ty vznikají při destilaci a upravují se buď tavným zvlákňováním nebo zvlákňováním z roztoku. Typ a struktura prekurzoru ovlivní strukturu a pevnost uhlíkových vláken. Vlákna se následně dlouží na požadovanou jemnost.

Druhou fází výroby je stabilizace, při níž dochází ke vzniku zesíťené struktury. Provádí se na vzduchu zahřátím na teploty 200 - 450 °C po dobu 20 – 30 minut. Vláknem při tomto procesu sbírá kyslíkové molekuly ze vzduchu a dochází k přerovnání jeho atomové struktury. Při stabilizaci vlákno vytváří také vlastní teplo, jež je třeba kontrolovat, aby nedošlo k přehřívání vlákna. V praxi se někdy lze setkat s tažením vláken skrz řadu tepelných komor, popř. vlákno prochází přes rozehřáté válce se sypanými materiály odebírající přebytečné teplo.

Třetím stupněm výroby je karbonizace. Ta prekurzor přetváří na uhlíková vlákna. Provádí se v inertní, zpravidla dusíkové atmosféře při teplotách 1000 – 2000 °C. Z důvodu nepřítomnosti kyslíku vlákno nehoří a působením vysokých teplot dochází k rozkmitání atomů ve vlákně. Nakonec většina neuhlíkových atomů ze struktury zmizí a výsledné vlákno se skládá z 85 - 95 % uhlíku.

Poslední fáze grafitizace se provádí pouze v případě výroby grafitových vláken. Proces probíhá v inertní atmosféře při teplotách mezi 2400 - 3000 °C. Vzniká uspořádaná vrstevnatá struktura a obsahu uhlíku se nadále zvyšuje až na cca 99 % a více. [31], [32]

CFRP (Carbon fibre reinforced polymer) je velmi pevný a lehký plast s obsahem uhlíkových vláken. Vyznačuje se velmi nízkou tepelnou roztažností a odolností proti namáhání i oděru. Tento materiál je hojně využíván v letectví kde se zmíněné vlastnosti uplatňují během opakovaných vzletů a přistání. Plastem je nejčastěji epoxidová pryskyřice, popř. jiné plasty, např. polyester, vinyl ester, nebo nylon. [27], [31]

Povrchové úpravy uhlíkových vláken

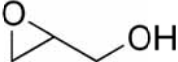
Aby uhlíková vlákna lépe vázala epoxidy a další látky běžně používané v kompozitních materiálech, provádí se mírná oxidace jejich povrchu. Přidání kyslíkových atomů na povrch zlepší přilnavost dalších látek a zhrubnutí povrchu umožní lepší mechanické spojení s těmito látkami. Okysličením může probíhat několika způsoby, např. přísunem plynů (vzduch, oxid uhličitý, nebo ozon), popř. ponořením do kapalin (chlornanu sodný nebo kyselina dusičná). Vláknem lze také pokrýt ochrannou vrstvou odolnou proti poškození při dalším zpracování. [32]

2.1.3.4.2 Používané matrice (pryskyřice)

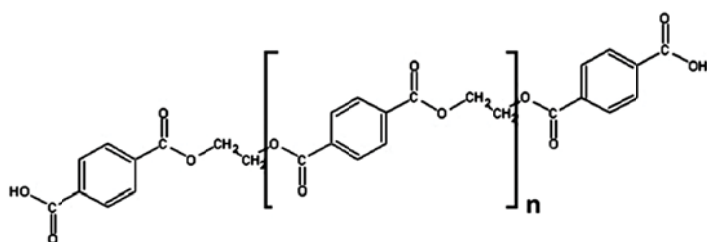
Požadovanými parametry pryskyřic jsou viskozita, hustota, chemická a tepelná odolnost, dobrá zpracovatelnost, doba a způsob tuhnutí (pec nebo pokojová teplota) a biokompatibilita. Nejlepší přilnavost a smáčivost s uhlíkovými vlákny má epoxidová pryskyřice. Matricí je dána tepelná odolnost kompozitu. Matrice v kompozitu také přispívá k tlumení vibrací.

Materiál pro pryskyřice tvrdne již při běžných teplotách, proto se musí před použitím uchovávat v mrazivém prostředí. Materiál získává požadovanou tvrdost při zapékání v autoklávech, což jsou válcové komory, v nichž je přesně regulovaná teplota a tlak. Prosycení vláken pryskyřicí musí být dostatečné, protože uhlíková vlákna nasáknou během vytvrzování až 50 % pryskyřice, jinak hrozí vznik děr a nesoudržnost a oddělování jednotlivých vrstev.

- **Epoxidy**

 Epoxid je cyklický ether složený ze dvou atomů uhlíku a jedním atomem kyslíku uspořádanými do kruhu. Vyznačuje se zvýšenou reaktivitou oproti jiným etherům z důvodu vysokého kruhového napětí v molekule. Polymer s obsahem nezreagovaných epoxidových jednotek se nazývá polyepoxid nebo epoxidová pryskyřice (zkráceno na epoxid). Epoxidy mají vynikající mechanické a elektrické vlastnosti a jsou běžně používány s kvalitními výztužemi - s uhlíkovými, karbon-kevlarovými tkaninami nebo skelnými vlákny, je-li podíl výztuže velmi vysoký. Mají dobré elektroizolační vlastnosti v široké oblasti teplot. Výhodou je také jejich odolnost vůči vodě, roztokům alkálií i kyselin a některým rozpouštědlům. Vyobrazený vzorec je struktura epoxidu glycidolu (2,3-Epoxy-1-propanol) - meziprodukt při chemické výrobě. [33], [34]

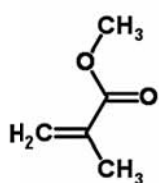
- **Polyesterové pryskyřice**



V praxi se jedná o roztoky lineárních nenasyčených polyesterů v monomerech (vlevo je vyobrazena makromolekula polyesteru). K polymerizaci řetězovým mechanismem dochází běžně ve styrenu, řidčeji

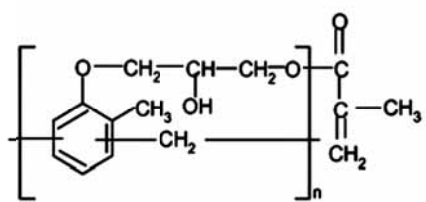
např. v methyl-methakrylátu, dialkylftalátu či vinyltoluenu. Vznikají polykondenzací nenasyčených a nasycených dikarboxylových kyselin, popř. anhydridů s dioly. Nenasycené polyesterové pryskyřice jsou nejčastěji používány pro své dobře vyvážené mechanické, elektrické a chemické vlastnosti. Vyznačují se dobrou chemickou odolností a mohou být upraveny jako ohnivzdorné nebo samozhášivé. Hodí se pro mírně alkalické či mírně kyselé chemické prostředí. [34]

- **Methyl-methakryláty**



Methyl-methakrylát je bezbarvá kapalná organická sloučenina. Modifikované methyl-methakrylátové pryskyřice se nejčastěji používají v kombinaci s vysoce kvalitní výztuží, např. uhlíkovými vlákny. Tento typ pryskyřic lze naplnit retardéry hoření, čímž přináší řešení pro aplikace, které požadují ohnivzdornost. Strukturní vzorec methyl-methakrylátu. [34]

- **Vinylestery**



Vinylesterové pryskyřice (viz vzorec vlevo) v sobě kombinují ceněné vlastnosti polyesterových a epoxidových pryskyřic. Dobře odolávají kyselému i alkalickému prostředí. Vinylesterové profily vyztužené skelnými vlákny se vyznačují dobrou elektrickou a tepelnou izolací. Vinylesterové pryskyřice založené na epoxidech mají dobrou chemickou odolnost ve zvýšených teplotách maximálně do 90 - 150 °C. [34]

2.1.3.4.3 Historie používání uhlíkových vláken

Uhlíková vlákna byla poprvé použita v roce 1967 u lopatek ventilátoru v proudovém motoru Rolls-Royce. Ve srovnání s ocelí mají uhlíková vlákna dvojnásobnou pevnost při pětinové hmotnosti. Nízká hmotnost uhlíkového šasi je velmi ceněna ve vozech Formule 1, kde lze zlepšit jízdní vlastnosti monopostu přidáváním závaží a tím docílit požadovaného vyvážení. Na rozdíl od oceli se uhlíková vlákna při nárazu lámou na drobné úlomky, čímž absorbují mnohem více energie a k poškození dochází pouze v místě nárazu.

Éra uhlíkových vláken v automobilovém průmyslu odstartovala stáj Formule 1 monopostem McLaren MP4/1. Počáteční obavy z křehkosti konstrukcí z uhlíkových vláken byly definitivně rozptýleny v roce 1981, kdy po havárii Johna Watsona na Grand Prix v Monze zůstala ze zcela zničeného vozu neporušena pouze nosná skořepina (zhotovená z uhlíkových vláken) a jezdec opustil monopost bez zranění. Hmotnost celé skořepiny činila pouhých 41 kg a oproti tradiční hliníkové konstrukci dosahovala dvojnásobné pevnosti v krutu. [35]

Uhlíková vlákna se ve Formuli 1 často kombinují s hliníkovou voštinou (šestihránná struktura). Nejčastěji se s tímto kompozitem setkáme při výrobě ochranné buňky pilota (tzv. Survival cell). Kombinace uhlíkových vláken s hliníkovou voštinou výrazně zvyšuje strukturální pevnost při nepatrném zvýšení hmotnosti. Výrobci sportovních automobilů objevili způsob jak dát dílům s uhlíkovými vlákny pevnost v požadovaném směru a naopak menší pevnost ve směrech, které nejsou zatěžovány. Stejně tak lze zhotovit kompozit tak, aby odolával zátěži ve všech směrech. Tento typ se nejčastěji používá pro bezpečnostní rámy monokoku sportovních vozů. [36]

2.1.3.4.4 Užití uhlíkových vláken v karoserii

Použití uhlíkových vláken v panelech karoserie dnes již není v automobilovém průmyslu vzácností. Aplikace tohoto materiálu napomáhá snížení váhy automobilu, nedochází ovšem ke zlepšení mechanických vlastností, jako je tomu v případě užití uhlíkových vláken v rámu a šasi vozu.

Prvním sériově vyráběným vozem s panely karoserie z uhlíkových vláken a dalších materiálů jako je kevlar, hliníková voština a Nomex (ohnivzdorný meta-aramid) bylo již v roce 1985 Ferrari 288 GTO (viz Obr. 5). Zmíněné materiály byly v té době značně nákladné a prakticky nepoužívané. Zkratka GTO znamená Grand Turismo Omologato - tzn. závodní automobil schválený pro jízdu v provozu. Do roku 1987 bylo toto Ferrari nejrychlejším a nejvíce sofistikovaným vozem na trhu. Jednalo se o první silniční automobil, jehož rychlost překročila hranici 300 km/hod. Váha vozu činila díky použití zmíněných materiálů 1160 kg, což je o 500 kg méně než masově vyráběný model Ferrari Testarossa. [37]



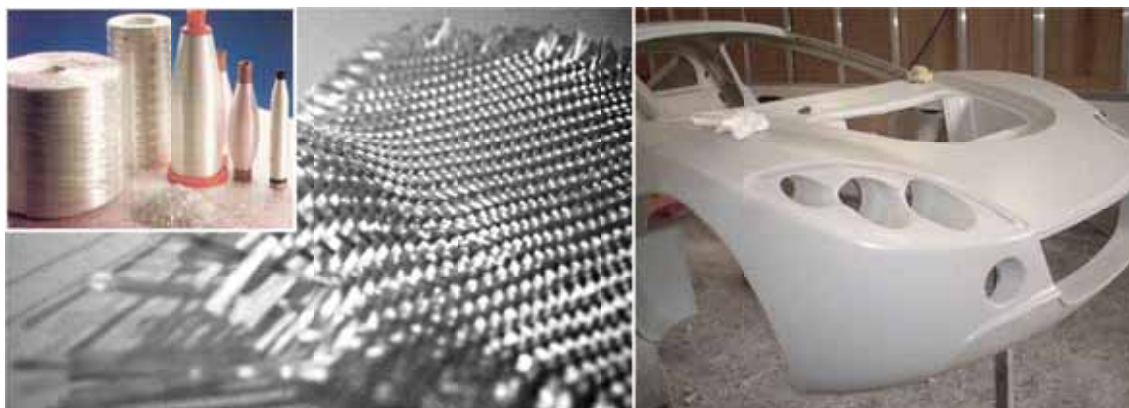
Obr. 5: 1985 Ferrari 288 GTO [38]

2.1.3.5 Kompozitní materiály se skelnými vlákny

Skelná vlákna byla v padesátých letech revolučním objevem a začala se v automobilovém průmyslu využívat podobně jako uhlíková vlákna v současnosti. Jednalo se totiž o materiál pevný, mnohostranně využitelný, lehčí než ocel a cenově dostupnější než hliník. [39]

2.1.3.5.1 Vlastnosti skelných vláken

Skelná vlákna mají v porovnání se sklem vyšší pevnost v tahu a lze je využít při tvorbě kompozitních materiálů s vysokými nároky na mechanické a tepelné vlastnosti. Negativní vliv na odolnost skelných vláken v námaze má vlhkost. Vyrábějí se ve formě stříže nebo nekonečných vláken vhodných pro další použití. Trendem je rozvoj kompozitních materiálů s hybridní výztuží (kombinace uhlíkových, aramidových a skelných vláken). [39]



Obr. 6: Cívky se skelnými vlákny, tkanina a aplikace na automobilu [40; 41; 42]

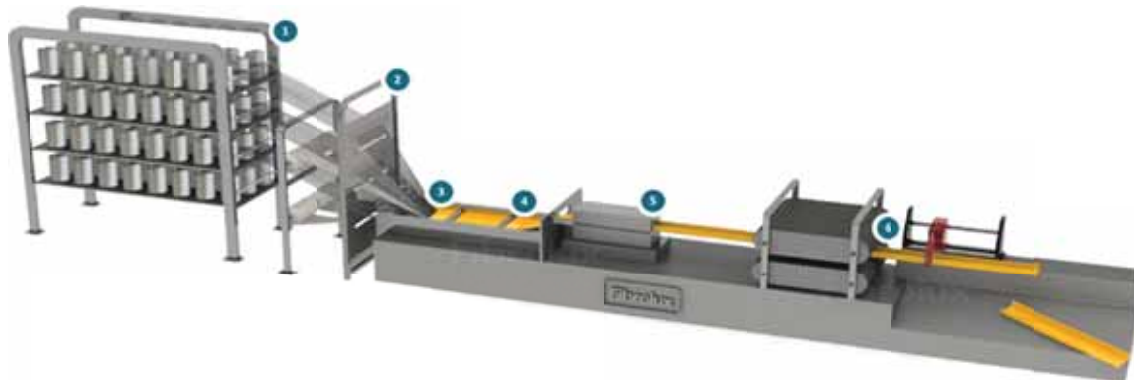
2.1.3.5.2 Výroba skelných vláken

Kompozity se skelnými vlákny lze zhotovit ručním kladením a prosycováním textilních vrstev, technikou autoklávu, navíjením vláken, tažením profilů (pultruze), injekčním vstřikováním či tlakovým prosycováním.

Schéma kontinuálního procesu výroby kompozitu - pryskyřic vyztužených skelnými vlákny metodou tažení - tzv. **pultruzí** - je zachyceno na Obr. 7.

Vstupními surovinami jsou skleněná vlákna a směs tekuté pryskyřice. Skelná vlákna (rovingy) jsou z cívek (1) vedena do srovnávače (2). Zde dochází k rovnoměrnému rozložení vláken do finálního průřezu. Materiál je veden do lázně (3), kde se na vlákna

nabalí směs termoreaktivní pryskyřice. Takto upravená vlákna putují do předtvarovací formy (4), kde dochází k odstranění přebytečného pojiva. Následuje proces protahování ve vyhřívané vytvrzovací matrici (5), kde dochází k vytvrzování profilu na základě termosetické reakce. Profil je na výstupu z matrice odtahován a oddělován na požadovanou velikost. Takto zhotovený kompozit, tvořen přibližně ze 70 % skelnými vlákny a ze 30 % pryskyřicí, je dobře odolný proti teplotním vlivům i korozi. [27; 43]



Obr. 7: Pultruze profilů ze skelných vláken [43]

2.1.3.5.3 Příklady aplikací skelných vláken

Chevrolet Corvette se stal v roce 1953 prvním sériově vyráběným vozem s karoserií ze skelných vláken (Obr. 8). Zpracování dílů bylo v té době obtížné a odrazilo se na vyšší pořizovací ceně vozu. Obzvláště náročná byla práce s modelováním "ploutví" pro umístění zadních světlometů. Další zajímavostí tohoto modelu bylo řešení rádia – z důvodu nevodivosti sklolaminátu byla anténa začleněna přímo do víka zavazadlového prostoru. S konvenční ocelovou karoserií by tato varianta nebyla možná. Skelná vlákna jsou hojně použita i v současném modelovém roku tohoto automobilu.



Obr. 8 Chevrolet Corvette 1953 - díly ze skelných vláken [45; 46; 47]

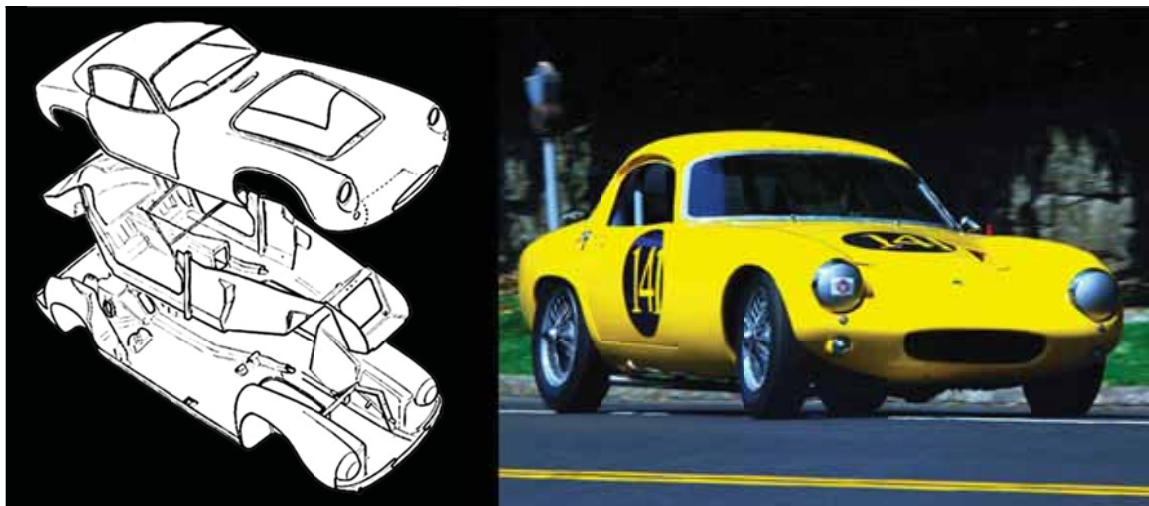
Lotus Elite

Prvním vozem se samonosnou celolaminátovou karoserií bylo v roce 1957 dvoumístné dvoudveřové kupé Lotus Type 14 – Elite (Obr. 9), zároveň se jedná o vůbec první kupé automobilky Lotus. Vůz měl sklolaminátovou nosnou konstrukci spojenou se zavěšením kol a uložením motoru, na niž byly následně lepeny vnější panely. [48]

Zakladatel značky Lotus - Anthony Colin Bruce Chapman sloužil u královského letectva RAF a letecké inženýrství se záhy promítlo i do výroby vozů značky Lotus. Lotus Elite typ 14 je ultralehké dvoumístné kupé vyráběné v letech 1958 - 1963. Jedná se o první Lotus, jež byl konstruován jako silniční vůz. Revoluci způsobila jeho nosná konstrukce tvořená pouze skelnými vlákny (na rozdíl od modelu Chevrolet Corvette,

který měl skelná vlákna pouze na vnějších částech karoserie). Tento vůz o váze 600 kg byl poháněn motorem 1200 Coventry-Climax s výkonem 75 koní, původně vyvinutým pro válečnou přenosnou hasičskou pumpu. Elite (Typ 14) šestkrát zvítězil ve své třídě v závodě 24 hodin LeMans. [48; 49]

V té době bohužel poznatky o kvalitách sklolaminátu nedosahovaly potřebné úrovně a tak docházelo k mnoha problémům, hlavně k odlamování úchytných bodů nezávislého zavěšení kol od sklolaminátové struktury. Elite se pyšnil výbornou aerodynamikou na úrovni vozů vyráběných až o dvacet let později. Bohužel ve své době si mnoho zákazníků nenašel. Prodalo se přibližně 1000 kusů. Nedůvěru zákazníků vzbuzovala inovativní laminátová konstrukce a nespolehlivost tohoto modelu. [48; 49]



Obr. 9 Lotus Elite - první vůz se samonosnou celolaminátovou karoserií [50; 51]

2.1.4 Hliník a jeho slitiny

2.1.4.1 Vlastnosti hliníku

Hliník (Al) je velmi lehký elektricky dobře vodivý kov bělavě šedé barvy. Největší uplatnění nachází hliník ve slitinách. Důvodem používání hliníkových slitin je skutečnost, že hliník má sám o sobě relativně malou pevnost. Nejrozšířenějšími prvky, používanými v kombinaci s hliníkem, jsou hořčík, měď, mangan, zinek a křemík. Při obsahu méně než 12 % mědi dochází k nárůstu pevnosti materiálu, ovšem na úkor tvárnosti. Takovýto materiál také hůře odolává korozi. [52]

Rozsáhlejší použití hliníku se odráží na snížení spotřeby automobilů o dalších zhruba deset procent bez jakýchkoli vlivů na pevnost. Samotná karoserie by na hmotnosti ubrala rovných čtyřicet procent. Hliník poskytuje výhody také z ekologického hlediska – díky vysoké recyklovatelnosti se použitá výrobní energie kompenzuje už po ujetí cca 60 000 km. [53]

Studie provedena v univerzitě v Cáchách uvádí, že rozsáhlejší využití hliníku při výrobě vozu nižší střední třídy je cenově srovnatelné s použitím hybridních technologií. Také míra ušetřeného paliva je srovnatelná. Přitom hliníkové vozy mají v porovnání s těžkými hybridními automobily nižší hmotnost a s tím spojené lepší jízdní vlastnosti. Tato skutečnost umožňuje snížení nákladů a nároky na pohonné jednotky. [53]

2.1.4.2 Slitiny hliníku

Nejčastěji používanou slitinou hliníku, vhodnou k tváření, je v automobilovém průmyslu tzv. **dural**. Jedná se o lehkou slitinu s podílem mědi a hořčíků ($\text{AlCu}_4\text{Mg1}$)

s velkou pevností. Bývá vytvrzována ohřevem na teplotu tání, poté je chlazena ve vodě a při normální teplotě dojde k samovolnému vytvrzení. Povlakováním takového materiálu lze dosáhnout zvýšené odolnosti vůči korozi, která je bez této úpravy poměrně nízká. Dural má v porovnání s čistým hliníkem mnohem větší tvrdost i pevnost při zachování malé měrné hmotnosti $2,7 \text{ g/cm}^3$ a odolnosti atmosferickým vlivům. [54]

Obsahuje-li hliníková slitina max. 11 % hořčíku, zvyšuje se odolnost proti korozi a dochází ke snazší vytvrditelnosti a k nárůstu pevnosti materiálu. Přítomnost manganu do 2 % ve slitině přispívá zvýšení tvárnosti, odolnosti vůči korozi, zvýšení pevnosti i houževnatosti. Křemík, nepřesahuje-li jeho podíl ve slévárenské slitině 25 % (popř. 1 % u tvárných slitin), napomáhá zvýšení pevnosti i odolnosti materiálu proti korodování. Slitiny s křemíkem, nazývané siluminy, nacházejí využití pouze ve slévárnictví.

Zinek do obsahu 8 % zvyšuje pevnost na úkor odolnosti vůči korozi. Slitiny hliníku obsahující zinek (přibližně 8 %) a hořčík (2 %) často v kombinaci s mědí, chromem nebo titanem, se řadí mezi nejpevnější slitiny s pevností tahu do 600 MPa.

Železo do 1,5 % obsahu ve slitině dodává materiálu pevnost a usnadňuje slévatelnost, ale jeho použitím dochází ke snížení tvárnosti i odolnosti vůči korozi.

Slitina hliníku, mědi a niklu obohacená o přísady hořčíku, železa nebo křemíku či titanu bývá používána ve spalovacích motorech. Vyznačuje se vysokou tepelnou odolností a lze ji využít pro součásti, jejichž pracovní teplota nepřesahuje 300 °C. [54]

2.1.4.3 Příklady aplikací hliníku v automobilech

Honda NSX

Na přelomu 80. a 90. let probíhal vývoj supersportovního kupé určeného primárně pro vývoz do USA - Honda NSX (zkratka NSX znamená New Sportscar – eXperimental). Účelem tohoto vozu bylo demonstrovat pokročilé technologie vozů Formule 1. Na jeho vývoji, především na vzniku podvozku, se podílel legendární brazilský jezdec F1 Ayrton Senna. Automobil se vyznačoval sportovními charakteristikami závodních vozů při zachování dobré ovladatelnosti v běžném provozu.

Díky karoserii zhotovené z hliníku (viz Obr. 10) činila hmotnost automobilu 1365 kg a oproti ocelové karoserii došlo k úspoře váhy o 200 kg. Celohliníková byla rovněž konstrukce atmosférického třílitrového šestiválce. Dalším prvenstvím v použitém materiálu byly titanové ojnice motoru umožňující vysoké provozní otáčky motoru. Automobil Honda NSX se prakticky bez větších změn prodával 15 let a ukončení jeho výroby bylo provázáno zklamáním automobilových příznivců. [41]



Obr. 10 Honda NSX s celohliníkovou karoserií [42], [43]

2.1.4.3.1 Další příklady použití hliníku

S hliníkem se setkáváme také u automobilek Porsche (u modelu 911 Carrera - hliníková kapota, dveře, střecha i zadní víko). Hliníková karoserie usazená na rámu

z jasanového dřeva byla použita také u prvních 242 ručně zhotovených exemplářů legendárního Jaguáru XK 120 Roadster. Po roce 1950 ale bylo nutné pro masovou produkci těchto vozů použít lisovanou karoserii z oceli. Avšak kapota, dveře i víko zavazadlového prostoru byly i nadále vyráběny z hliníku. [56]

Vůz NSU 8/24 (dnes Audi) byl vyráběn s celohliníkovou karoserií již v roce 1913. Hliník je s automobilkou Audi spjat i v současné době. V roce 1993 představilo Audi na frankfurtském autosalonu vůz s prostorovým hliníkovým rámem ASF (AudiSpaceFrame). Extrudované hliníkové profily spojené odlitými uzly tvoří rámovou konstrukci, do které jsou integrovány plošné karosářské hliníkové panely a mají nosnou funkci. Snížení hmotnosti oproti moderním ocelovým karoseriím dosahuje až 40 %. Prvním produkčním vozem s ASF byl v roce 1994 vůz Audi A8 a později také Audi A2. Hliník je používán také automobilkou Mercedes. S celohliníkovými strukturami karoserie se lze setkat např. u modelů SL 63 AMG či SLS AMG. [57; 58; 59]

2.1.5 Hořčík a jeho slitiny

Vlastnosti hořčíku a nové možnosti použití

Hořčík je o třetinu lehčí než hliník, o 75 % lehčí než ocel a o 60 % lehčí než titan. O jeho využití v automobilovém průmyslu se v současné době úspěšně snaží inženýři největší americké automobilky General Motors. Nevýhodou tohoto odlehčeného materiálu oproti oceli zůstává ovšem obtížnější zhotovování dílů. [60]

Historie používání hořčíku v automobilovém průmyslu

Hořčík není v automobilovém průmyslu materiálem zcela novým. V závodních automobilech byly hořčíkové díly používány již kolem roku 1920. Odlévaný hořčík byl využíván pro rámy volantů, převodové skříně či bloky motorů. Nicméně v sériově vyráběných automobilech byla přítomnost hořčíku spíše výjimkou. Zlom nastal až v roce 1936, kdy byl představen vůz Volkswagen Beetle. Tento automobil obsahoval přibližně 20 kg hořčíku v hnacím ústrojí. Výroba tohoto vozu byla na svém vrcholu v roce 1971 a tou dobou spotřeba hořčíku dosáhla 42 000 tun ročně. [61; 62]



Obr. 11: Buick Lesabre (1950) [63]

V padesátých letech byl hořčík díky svým vlastnostem nazýván materiálem budoucnosti. Obdivovaný koncept sportovního vozu Buick Lesabre představený v roce 1950 byl zhotoven téměř výhradně z hořčíku a slitin hliníku. Jeho hmotnost tedy nepřekročila 1400 kg, ačkoli se s délkou 513 cm a šíří 201 cm jednalo o skutečně rozměrný automobil. Navíc byl osazen 3,5 litrovým V8 motorem o výkonu 355 koňských sil. Převratným byl tento "okřídlený" vůz nejen z hlediska použitých lehkých materiálů, ale také rovněž designem s užitím prvků moderních proudových letadel a prvním použitím panoramatického čelního skla. [63]

Dříve se hořčíku využívalo k výrobě litých kol (neboli elektronů). Elektronem je označována slitina s min. 90 % hořčíku a max. 10 % hliníku. Bohužel kola zhotovená z tohoto materiál často podléhala korozi, a posolené silnice pro ně byly doslova zkázou. Dnes se k výrobě litých kol používá hliník, nicméně označení "elektron" jim zůstalo. [60]

Moderní hliníkové slitiny obsahují asi 5 % hořčíku pro dosažení odolnosti vůči korozi a zlepšení mechanických vlastností. V současnosti se s hořčíkem setkáme ve vozech automobilek Daimler Chrysler (Mercedes Benz), BMW, Jaguar a Ford. Konkrétně v modelech Volkswagen Passat, Audi A4 a A6 je použito kolem 14 kg hořčíku. [64]

Hořčíkové pláty v GM jsou nyní tvářeny novou metodou za tepla (hořčík je zahříván na 450 °C). Tato metoda umožňuje vytváření komplikovanějších tvarů dílů, zhotovování ostrých hran a zároveň se materiál stává odolným vůči korozi. Víko kufru zhotovené touto metodou bylo testováno opakovaným zavíráním (77 000x) a odolalo zatížení 250 kg. Přitom jeho váha je o 10 kg nižší než u standardního hliníkového víka. [60]

Určitou nevýhodou automobilů s hojnějším využitím hořčíkových součástí je obtížnější hašení v případě požáru. V takovém případě bývá doporučeno použití suchého hasicího prášku namísto klasické hasicí pěny. Hašení vodou není doporučeno. Využít jej lze jedině v případě, že je jí k dispozici tolik, že dojde ke kompletnímu zaplavení hořícího materiál ve velmi krátkém čase, jinak by mohlo dojít ke vzniku hořlavého vodíku. [65]

2.2 Materiály pro rám a podvozek

Nosná část automobilu je tvořena rámem. Účelem rámu je udržet v dané vzájemné poloze části hnacího ústrojí a další části automobilu, přenos hnací a brzdné síly na hnací ústrojí, přenos tíhy karoserie i nákladu na nápravu a zajištění pasivní bezpečnosti posádky. Hlavními požadavky na rám je tuhost, pevnost a pružnost při zachování nízké hmotnosti, únavová životnost, odolávání ohybu a krutu a dlouhá životnost a odolnost vůči korozi. Účelem podvozku, jehož součástí jsou i kola, je zajistit minimální třecí odpor při pohybu automobilu po pevném povrchu, zachycení nárazů prostřednictvím pružin a absorpci energie nárazů zajišťují tlumiče. [66]

Pro rám a podvozek vozu bývá využíváno materiálů již popsaných v předešlých kapitolách o materiálech používaných pro karoserie:

- ocel (viz kapitola 2.1.1)
- hliník (viz kapitola 2.1.4)
- uhlíkové kompozity (viz kapitola 2.1.3)

2.2.1 Uhlíkové kompozity

Vlastnosti a výroba uhlíkových kompozitů je popsána v kapitole 2.1.3.3

Prvním sériově vyráběným vozem s monokokem z laminátu vyztuženého uhlíkovými vlákny (CFRP) je McLaren F1. Jedná se o supersportovní třímístné kupé (sedadlo řidiče je umístěno centrálně a sedadla pasažérů ve druhé řadě za ním) vyráběné v letech 1992 - 1998. Ve voze jsou použity i další netradiční materiály, jako např. titan, hořčík (v komponentech motoru), kevlar a zlato. Pro uhlíkové panely i monokok bylo potřeba kvalitní odizolování od prostoru motoru, proto byla použita zlatá folie k obložení motorového prostoru (cca 25 g zlata na každý automobil). Hliníkové a hořčíkové díly, tvořící úchytné body zavěšení, byly zality přímo do CFRP. Pohotovostní hmotnost je 1138 kg, poměr váhy a výkonu 403 kW na tunu (550 koní na tunu). S rychlostí 386 km/h držel mnoho let rychlostní rekord a ještě počátkem roku 2011 byl nejrychlejším nepřepřelňovaným vozem na světě. [67]



Obr. 12: McLaren F1 - uhlíkový monokok [68; 69; 70]

Ceny uhlíkových vláken pro monoposty se liší dle tloušťky a vzorku a pohybují se v rozmezí od 750 do 6000 Kč za m². [71]

Nejpevnější a nejdražší variantou CFRP jsou plasty s přídavkem uhlíkových nanotubic (CNFRP). Takové materiály jsou několikanásobně pevnější než CFRP. Tento materiál byl představen jako konstrukční materiál v bojovém letounu Lockheed Martin F-35 Lightning II. [24]

Ukázkou precizního užití kompozitu s uhlíkovými vlákny jsou vozy exklusivní značky Pagani. Na Obr. 13 je model Pagani Huayra. Vůz je tvořen monokokem z kompozitu uhlíkových vláken a titanu (výrobce zvaným "carbotanium"). Kompozitní materiál carbotanium je v tomto modelu použit v konstrukčních částech, motoru, i interiéru a je nejen nositelem pevnosti a lehkosti, ale také výrazným estetickým prvkem celého automobilu. Pagani Huayra je poháněna šestilitrovým motorem V12 Mercedes-AMG a váha automobilu činí 1350 kg. Karbon-titanový kompozit byl Paganim vyvinut a poprvé použit u modelu Zonda R. Používá se beta-titanová slitina, na kterou se po obroušení nanese platinový povlak. Na vytvořený materiál se aplikuje adhezivo, do kterého jsou nakonec přidávána uhlíková vlákna. Tím se uhlíková vlákna bezpečně zafixují k titanu. Výsledný kompozit je pevný a lehký - kombinuje výborné vlastnosti všech vstupních materiálů. [72]

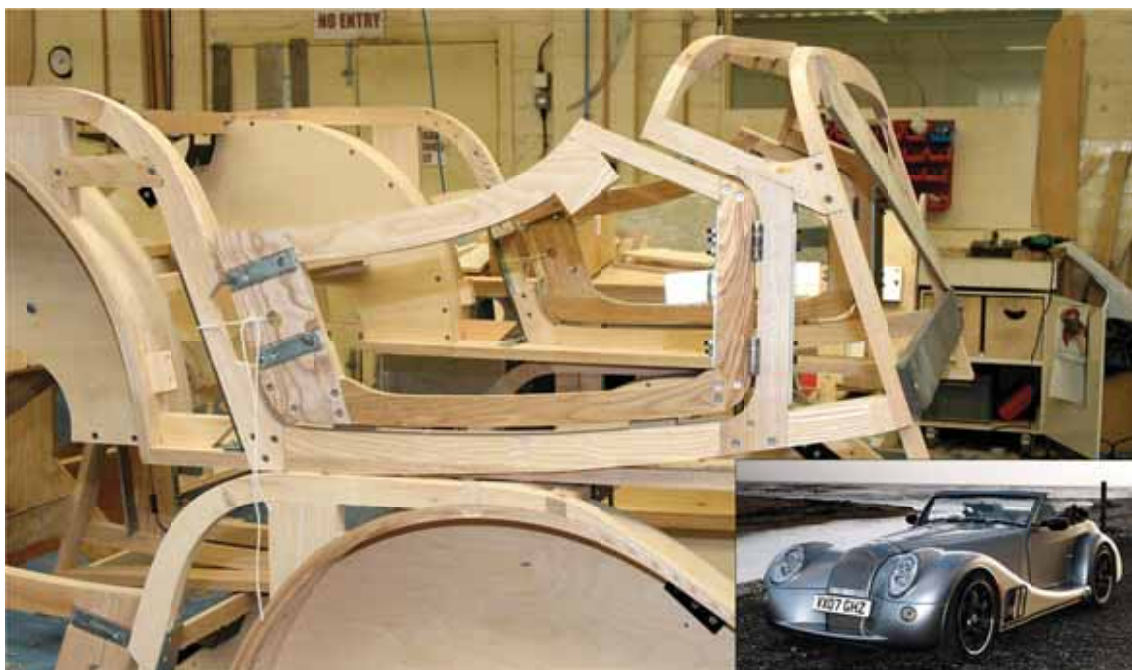


Obr. 13: Ukázky aplikace uhlíkových vláken ve voze Pagani Huayra [73] [74; 75]

2.2.2 Dřevo

Dřevo je snadno dostupná přírodní surovina a bylo historicky prvním materiálem používaným pro rámy automobilů. Karoserie se opatřovala překližkou, textilií či kůží a tyto materiály byly časem nahrazeny ocelovými plechy.

Pro své vlastnosti se pro rámy automobilů nejlépe hodí **dřevo jasanové**. Toto snadno opracovatelné dřevo se vyznačuje vysokou pevností, houževnatostí a vynikající pružností. [76]



Obr. 14: Rám automobilu Morgan zhotovený z jasanového dřeva [78; 79]

Aplikace dřeva v rámu automobilů

Britská automobilka Morgan, jejíž vznik se datuje od počátku 20. století, se v začátcích své existence proslavila především tříkolými vozy a v šedesátých letech závodně úspěšným, tentokrát již čtyřkolým modelem Morgan plus Eight. Po dlouhé odmlce Morgan představil v roce 2000 na ženevském autosalonu vůz Morgan Aero 8. Pokrokový automobil pevné a lehké konstrukce s hliníkovým podvozkem a karoserií z hliníkových panelů, připevněných k rámu tradičně zhotovenému z jasanového dřeva. Tento automobil, který v sobě snoubí moderní prvky s konzervativním materiálem a manuální výrobou, veřejnost zaujal a bylo ihned přijato mnoho objednávek.

V roce 2011 se oficiální zastoupení Morganu opět vrátilo do České republiky, kde v roce 1948 bylo zdejší dealerství znárodněno. [77]

2.3 Materiály pro interiér

Na materiály používané v interiéru vozů jsou kladeny vysoké nároky, neboť musejí odolávat často náročným tepelným podmínkám a zároveň přicházejí do přímého kontaktu s pasažéry vozu. U nekovových materiálů, jež jsou součástí interiéru vozu, dochází k emitování nízkomolekulárních látek do prostředí kabiny automobilu. Jedná se o monomery uniklé z polymeru či nízkomolekulární přísady jako jsou stabilizátory, retardéry hoření, změkčovadla apod. V případě pryžových materiálů bývají uvolňovány součásti vulkanizačního systému, nadouvadla a změkčovadla. Z textilií dochází k emitování lepidel, apretur apod. S postupným stárnutím interiérových materiálů se schopnost emitovat do ovzduší tyto složky vytrácí. Určitou výjimku tvoří měkčené plasty obsahující zvýšený obsah změkčovadel (v řádu jednotek, často však i desítek procent). Problémem jsou také materiály podléhající degradaci teplem, přičemž dochází k depolymeraci polymerů. [80]

Zkušební metody emisního chování bývají zpravidla založeny na zahřívání materiálu na definovanou teplotu v určený čas a následné stanovení látek v parní fázi. Součástí lepicích systémů a apretur bývá formaldehyd, považován za nejnebezpečnější škodlivinu v interiérech kvůli prokázané karcinogenitě. Testování množství uvolněného formaldehydu se provádí ohřátím materiálu a uvolněný formaldehyd je zachycován do vody a po derivatizační reakci analyticky stanoven. Další používanou metodou měření emisí látek je plynová chromatografie. Pokud není potřeba přesně určit, které látky jsou do vzduchu uvolňovány, a chceme znát pouze jejich množství, lze využít také metody měření emisí celkového organického uhlíku. Mezi tyto metody patří např. Fogging test, kde lze určit množství emitovaných látek ze změkčovadel, nadouvadel apod. jejich kondenzací na sklo, skrz které následně dochází ke zhoršení viditelnosti. [80]

V automobilovém průmyslu je využíváno hlavně technických textilií, kterých se k tomuto účelu ročně vyprodukuje více než jeden milion tun.

Současný automobil obsahuje často až 20 kg textilií. Používají se na čalounění sedadel i stropní čalounění, výplně sedadel, koberce, zvukovou i tepelnou izolaci interiéru, přístrojové desky i kapoty, obložení kufru, plata, sítě a vázací popruhy, dveřní panely, olejové filtry, bezpečnostní pásy, čalounění stropu, airbagy, sluneční clony nebo pro podběhy kol. Textilie v automobilech splňují požadavky zákazníka na estetiku interiéru, komfort a bezpečnost vozu a díky nízké váze textilních produktů také na ekonomiku provozu automobilu.

Tab. 4: Vlastnosti vybraných textilních materiálů [30]

vlákno	pevnost [cN/dtex]	tažnost [%]	počáteční modul za sucha [cN/dtex]	hořlavost LOI [%]
vlna	1–2	20–40	35,3	24–25
bavlna	2,7–4,3	3–10		18–20
viskóza	2–3	15–30	5400	30
acetát	1,3	20–45		17–19
PA 6	3,7–5,2	25–40	34,0	20–22

vlákno	pevnost [cN/dtex]	tažnost [%]	počáteční modul za sucha [cN/dtex]	hořlavost LOI [%]
PA 6.6	3,7–5,4	25–40	45,0	20–22
PES	4,1–4,5	19–23	9000–11500	21
PP	2,7–6,3	25–75		18*
PAN	2,0–2,9	20–28	80–90	18,2**
kevlar	19	4	100	400

* před hořením dojde ke srážení a tavení materiálu

** vysoká hořlavost - dochází k uvolňování jedovatých zplodin

zdroj: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm>, www.wikipedia.org

2.3.1 Autosedačky

Autosedačky jsou stěžejním prvkem komfortu, ale podílejí se také na bezpečí posádky automobilu, přičemž důležitým je především tvar opěradel, která by měla přesně kopírovat záda sedící osoby. Vrchní díl autosedačky tvoří hlavová opěrka, klínovitě projmutá za hlavou pasažéra, která udržuje hlavu ve správné poloze i při prudší akceleraci vozu.

Základní konstrukce všech autosedaček je v podstatě totožná a liší se hlavně druhem použitého vrchního materiálu, jeho uchycením a způsobem šití jednotlivých částí autosedačky. [81]



Obr. 15: Schéma průřezu autosedačkou [vlastní zpracování]

Základními díly autosedačky (Obr. 15) jsou sedák, opěradlo a hlavová opěrka. Nejprve se zhotovuje pěna, která je připevněna k železné konstrukci autosedačky, a poté potah, který je pak přes pěnu napínán na autosedačku. Pěnová opěrka se ke konstrukci autosedačky instaluje pomocí speciálních úchyťů. Dalším úkonem při výrobě

autosedaček je potažení bederní části a celý povrch je přežehlen. Montují se doplňky autosedaček, jako jsou zámky, sklápěcí mechanismy, loketní opěrky apod. Poté dojde ke spojení zadních sedáků s předními. [81]

- **Kovová konstrukce**

Konstrukce autosedaček jsou pevně ukotveny v interiéru automobilu. Vyrábějí se v různých tvarech a formách, vyskytuje se v nich velké množství otvorů pro uchycení potahů a na boční části se nachází regulátor sklonu opěrné části sedadla pro zajištění vyššího komfortu při cestování.

Vozy vyšší výbavy mívají ke kovové konstrukci autosedačky připevněno zařízení pro boční airbagy. Další nadstandardní výbavou jsou vyhřívaná sedadla - v takovém případě je opěrný sedák opatřen výhřevnou spirálou. [81]

- **Pěnová vrstva**

Tvarovací vrstva autosedaček je tvořena zpravidla polyuretanovou pěnou. Ta se vyskytuje v přední části sedáku i opěradla. Pěna se vyrábí ve formě kvádrů, vložek, nebo tvarovaných plátů.

Sledovanými parametry pěny jsou tuhost, materiálové složení a tvar, závislý na zvoleném typu rámu sedadla, který musí pěna přesně kopírovat. Tvrdost pěny je ve většině případů jednotná ve všech částech sedadla (může být odlišná u sedací části na předních sedadlech) a musí být dostatečná pro zajištění pohodlí a pevné opory těla pasažérů vozu. Na boční straně opěrkové části pěny se nachází otvor pro průchod airbagu a po celé ploše pěnového materiálu se nacházejí otvory pro uchycení čalounění.

- **Potah (čalounění)**

Potahová vrstva je vnější vrstva autosedaček, bývá tvořena textilním materiálem nebo přírodní či syntetickou usní. Více viz následující kapitola - Materiály pro čalounění. [81]

2.3.1.1 Čalounění

Čalounění tvoří svrchní krycí díl základních konstrukčních částí sedadel, loketních opěrek, stropních panelů, dveřních výplní, slunečních clon a dalších částí automobilu.

Plošné textilie opatřeny laminací jsou nositeli estetických vlastností potahového materiálu, laminace zajišťuje komfort. Lehčená pěnová vrstva, nacházející se pod svrchní textilní částí čalounění, bývá opatřena řídkou podkladovou tkaninou (podšívkovou vrstvou, popř. folií) pro zajištění pevnosti konstrukce a omezení oděru a jinému poškození materiálu.

Typickým příkladem čalounění automobilu je polyesterová tkanina v plátňové vazbě zhotovená na pneumatickém tryskovém stavu. Příze vhodná pro čalounění se vyznačuje nízkou váhou a vysokou objemovostí. Pro čalounění jsou vhodné tzv. jádrové efektní příze. Střed nitě tvoří vnitřní napnutá příze (jádro) omotaná objemovější vnější přízí (efekt). Jádro je nositelem pevnosti příze, efektní vnější příze určuje vzhled čalounění. Tkané čalounění se vyznačuje značnou odolností při testech opotřebení (wearingtests).

Příkladem efektní jádrové příze vhodné pro plátňovou vazbu je "Dehnweed". Jádro je tvořeno nekonečnou POY polyesterovou přízí a efektní dlouženou POY polyesterovou přízí. Tento typ příze je dostupný v rozmezí 200 - 5000 dtex. Značná ohebnost a možnost napnutí tohoto materiálu jej činí vhodným k pokrytí třírozměrných autosedaček. [82; 83]



Obr. 16: Ukázka vrstvení potahového materiálu [vlastní zpracování]

Vnější vrstva čalounění je ve většině případů tkanina v husté keprové či plátňové vazbě. Stěžejním materiálem pro tkaniny je pro své vhodné vlastnosti polyester, vyznačující se vysokou pevností, tažností i snadnou manipulací pro svařování. Textilní čalounění se v automobilech objevuje přibližně od závěru šedesátých let jako nástupce čalounění z vinylové folie (vinyl sheeting) imitující prošivanou kůži. [82]

2.3.1.1.1 Vinylové čalounění

Vinylové čalounění je tvořeno z taveniny polymeru polyvinylchloridu a vzniklý film je dále upravován vzorovacími válci pro vytvoření efektu povrchu přírodní kůže. Můžeme se setkat také s náhradami kůže z přírodních (i syntetických) vláken potažených měkkou vrstvou PVC. Vinylové čalounění je vhodné aplikovat do vozů, kde je požadována rychlá a snadná údržba interiéru - např. služební vozy, automobily policie či taxi služeb. Takovýto materiál je velmi nenáročný na údržbu, obvykle jej stačí očistit hadříkem namočeným v jemném roztoku saponátu. Příkladem může být vinylové čalounění automobilky Mercedes Benz zvané MB-Tex, popř. V-Tex automobilky Volkswagen. Jedná se o syntetickou tkaninu od kůže poměrně obtížně rozeznatelnou. Materiál je opatřen vzorem věrně napodobující kůži a obsahuje mikropóry umožňující odpařování a hydrataci. Dle internetových diskuzních fór majitelů vozů Mercedes Benz v USA jsou zákazníci v mnoha případech rozčarováni při zjištění, že materiál v jejich luxusním voze není pravá kůže. Určitým poznávacím znamením může být fakt, že koženka se zpravidla prošívá pouze jednou řadou stehů, zatímco pravá kůže bývá kvůli své tloušťce prošitá dvojitě. Dále pak hloubka vzorku koženky je po celém povrchu konstantní, zatímco u pravé kůže se vzorek vyskytuje různých hloubkách. [84]

Podobně vyhlížející koženku používá i BMW. Bývá označována jako Poromerics a rovněž se jedná o syntetickou prodyšnou náhradu kůže. Skládá se ze základní vláknenné vrstvy (zpravidla PES) opatřené vrstvou plastického materiálu (nejčastěji PUR).

Určujícím pro výsledné fyzikální a mechanické vlastnosti koženkového čalounění je použitý podkladový materiál. Tím může být tkanina v plátnové či keprové vazbě, úplet, popř. netkaná textilie. Typickými vlastnostmi koženkového čalounění jsou dlouhá životnost i snadná údržba. Aplikuje se zpravidla na boky a spodek autosedaček. [85; 86]

2.3.1.1.2 Kožené čalounění

Nejluxusnější variantou čalounění automobilu jsou přírodní usně. Nejpoužívanější přírodní usně je hovězí. V automobilovém průmyslu se obvykle používají vysoce kvalitní čalounické kůže o tloušťce 0,9-1,4 mm. Kůže lze opatřit různými typy povrchových úprav, lesklé či matné varianty, štipenky a lze docílit např. i rustikálního vzhledu.

Ceněnými vlastnostmi kůže pro automobilový průmysl je její pevnost, tažnost, odolnost vodě, i trvanlivost. Pokud se nejedná o luxusní automobil či veterán, zpravidla se s kůží setkáme v kombinaci s dalšími materiály - koženka, tkaniny apod.

Autokůže bývají celoprobávené a oproti čalounickým kůžím se vyznačují vyšší odolností vůči znečištění, chemickým látkám, benzínu, olejům a mastnotám. Mohou být vystavovány vyšším teplotám a můžeme se setkat také s nehořlavou úpravou, nebo úpravou "aqua" napomáhající odolnosti vůči plísním. Nejlepší variantou barvených kůží jsou kůže celoprobávené stálobarevnými barvami. Pokud je kůže barvena pouze nástríkem, snadno dochází k oděru barvy. [85; 87]

Používané druhy usní:

- **Štipenková useň** - jedná se o chromitou nebo tříselnou useň z hovězí štipenky, používá se barvená popř. přírodní v nebarvené formě. Bývá upravována např. broušením, žehlením, umělou kresbou popř. aplikací krycích apretur
- **Napa** - hladká lícová (pro automobilový průmysl hlavně hovězí) kůže činěná chromitě, popř. kombinovaně barvená v lázni
- **Nubuk** - kvalitní bělená nebo barvená chromitá, popř. chromito-tříslná useň upravovaná z lícové strany broušením s hladkým sametovým povrchem

Povrchové úpravy usní:

- **Hladká useň** s hladkým přírodním lícem, popř. upraveným broušením. Pro čalounění automobilu se zpravidla používá hladká useň s matovým provedením lícové strany.
- **Tlačená useň** je opatřena umělou kresbou vytvořenou tepelným lisováním, používaným i pro štipenky. Tlačená useň se vyrábí v jednobarevném i vícebarevném provedení, v lesklém i matném povrchu.
- **Usně s vlasovou úpravou** se používají v různých délkách vlasu a lze je rozdělit na velur a nubuk. Velur je jemně broušen z rubní strany, zatímco nubuk ze strany lícové. [88; 89]

Povrchové úpravy autopotahů z usní (používané společností Johnson Controls):

- **Graiding** - vysokofrekvenční lisování za tepla, jehož účinkem je na usni vytvořeno plastické řádkování
- **Air designing** - vysokofrekvenčním lisováním je do autopotahy vyražen motiv - nejčastěji logo automobilky.
- **Embosování** - perforování materiálu pravidelně rozmístěnými otvory

- **Vyšívání** - strojní vyšívání jednou či více barvami rovněž často používané pro vytvoření loga automobilky na potahy sedaček. [88]

Postup výroby čalounění z kůží, koženek a usní

Při výrobě autopotahů se kůže nejprve nakládá a stříhá na díly, zvláště se nakládá podkladový materiál a teprve po těchto úpravách jsou k sobě kůže a podkladový materiál přišívány na krajích dílů.

- **nakládání materiálu** - Materiál je naložen na nakládací stoly vždy jen v jedné vrstvě, protože každá kůže a useň má "vadné úseky" jinde nelze udělat vícevrstvou nálož. V jedné vrstvě tudíž probíhá i řezání těchto materiálů.
- **oddělování jednotlivých stříhových součástí** - jedním z používaných způsobů je původní metoda vykrajování velkoplošnými ručními noži (tzv. knejpy). Oddělování lze realizovat na řezacích automatech (cutterech), jež jsou propojeny s počítačem - probíhá skenování materiálu, na jehož základě je se provede polohování pro každou řezanou useň. Jedním ze strojů, umožňující řezání těchto materiálů, je Lectra (viz kap. 2.3.1.5.3).

Lze využít i nekonvenční metody oddělování vodním paprskem. Voda je stlačována ve vysokotlakém čerpadle na pracovní tlak 50 - 400 MPa. Voda je tlačena do řezací hlavy a materiál je řezán vodním paprskem prošlým abrazivní tryskou. Jedná se o studený řez, takže řezaný materiál není tepelně ovlivněn. Vzniklý řez je velmi přesný a bez otřepů. [90; 91]

- **úprava stříhových součástí a spojovací proces** - u čalounění z kůží, koženek a usní je potřeba ke každému dílu přišít podkladový materiál (např. polyamidovou netkanou textilií), bránící poškození při natahování na pěnovou konstrukci sedadla. [90]

Každá část potahu je zpravidla zpracovávána na jiné šicí lince. Příkladem používaných šicích strojů pro kůže a usně je Düerkopp Adler 768 v jedno i dvoujehlové verzi - podle požadovaného druhu švu. Sešívání dílů z usně s pěnovou vrstvou lze provádět vázaným stehem na univerzálním jednojehlovém šicím stroji (např. Düerkopp Adler 367-170115). Další kroky spojovacího procesu čalounění jsou realizovány obdobně jako při vytváření textilních potahů (viz kapitola 2.3.1.5.4). [92]



Obr. 17: Čalounění přírodní usní - detail na zdobný dvojitý šev prováděný na dvoujehlovém šicím stroji s vázaným stehem [92]

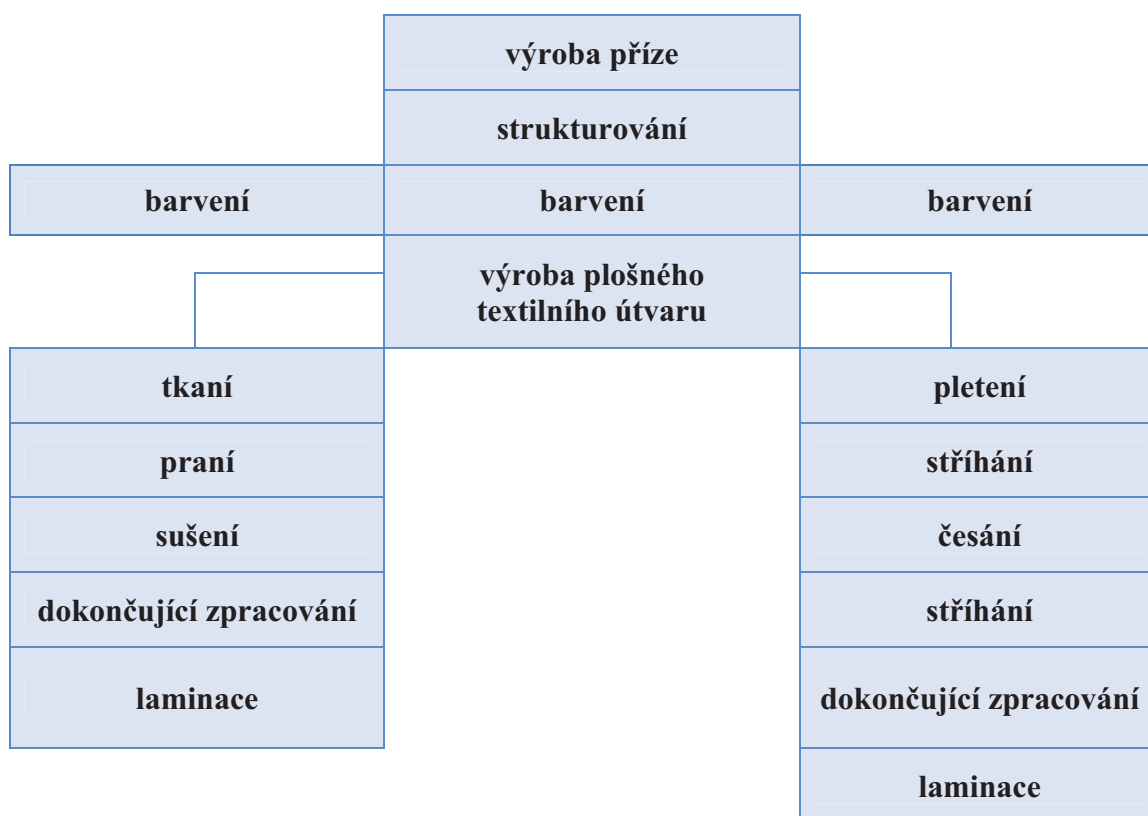
2.3.1.1.3 Textilní čalounění

Nejčastěji používanými textilními materiály v interiérech automobilů jsou syntetické textilní materiály - polyester (polyethylen-tereftalát), polyamid 6.6 a polypropylen.

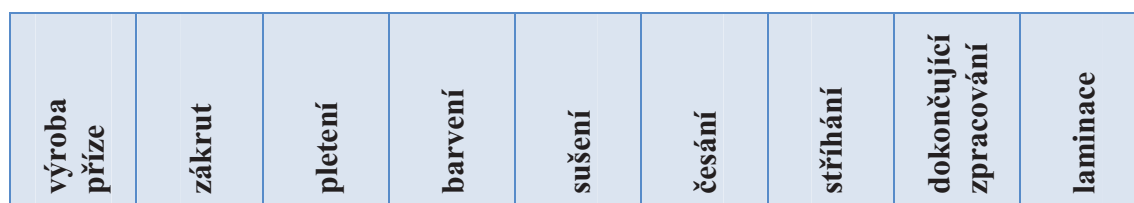
Textilní čalounění umožnilo širší možnosti vzorování a designu a zároveň vyšší komfort při extrémně vysokých i nízkých teplotách. V modelovém roce 1988 již bylo textilním čalouněním vybaveno 97 % vozů, zbývající tři procenta tvořily pravděpodobně luxusnější vozy s čalouněním z pravé kůže. [82]

Postup výroby textilního čalounění

Proces výroby materiálu se liší v závislosti na druhu barveného produktu. Barvení příze (viz Obr. 18) je kontinuální způsob barvení hojně využívaný evropskými výrobci, vhodný např. pro následnou výrobu hladkých tkanin. Texturovaná příze je navíjena do barvicích jednotek, kde proudí barvicí směs v obou směrech, a příze je dále zpracovávána technologií pletení či tkání. Druhá metoda, barvení dílu textilního útvaru, zachycuje Obr. 19.



Obr. 18: Schéma výroby s využitím barvení přízí [82]

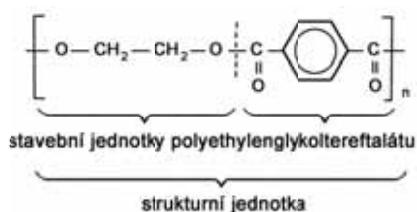


Obr. 19: Schéma výroby s využitím barvení plošného textilního útvaru [82]

Textilní materiály používané pro čalounění

Chemická vlákna se zpracovávají tak, aby se svými vlastnostmi (především délkou a vzhledem) co nejvíce podobala vláknům přírodním, se kterými mají být směšována. Jedním z nejběžněji používaných syntetických materiálů pro svrchní vnější vrstvu autopotahů je polyester.

Jemnost se zpravidla pohybuje v rozmezí 30 - 600 tex. Alternativou polyesterových potahů je použití 100 % třívrstvého akrylu podšitého syntetickým úpletem. U komfortnějších interiérů automobilů se můžeme setkat s tkaninou ve vlasové - tzv. **velurové úpravě**. Tohoto efektu se docílí úpravami valchováním, počesáváním, kartáčováním a postřihováním tkaného materiálu. Vzniká tak měkká tkanina s plným omakem a hustým krátkým vlasem. [82; 86]



• Polyester

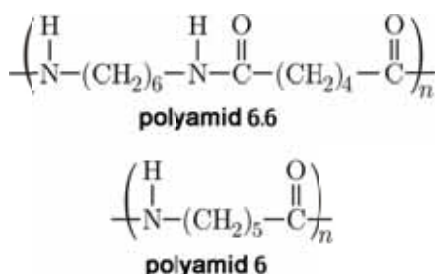
Díky vynikajícím mechanickým vlastnostem (světlostálosti, stálobarevnosti, vysoké odolnosti v oděru, rozměrové stálosti) polyester téměř vytěsnil polyamid - do té doby materiál nejčastěji používaný pro interiéry, jehož hlavní nevýhodou bylo zatrhávání a degradace vlivem světla.

Polyesterová vlákna se v automobilu využívají pro čalounění a potahy sedadel, stropní čalounění, dveřní panely, prvky zavazadlového prostoru, části radiálních pneumatik a bezpečnostní pásy. Syntetický polyester bývá buď hladký, česaný nebo upraven tkaním do smyček - tzv. froté.

Polyesterová vlákna jsou nejčastěji zhotovena z polyethylentereftalátu (PET). Vynikají svou odolností vůči oděru, světlostálostí a odolností vůči mikroorganismům. Vlákna se vyznačují nízkou navlhavostí, tudíž je lze rychle sušit. Mezi negativa těchto vláken ovšem patří náchylnost ke žmolkování a skutečnost, že snadno podléhají vzniku elektrostatického náboje. Žmolkovitost lze sice částečně ovlivnit přidáním chemikálií, tímto procesem ale vlákno ztratí část své pevnosti. V případě zhotovení PES vláken s neokrouhlým (často trojúhelníkovým) průřezem lze docílit omaku a vzhledu podobnému přírodnímu hedvábí. Směšováním polyesteru s přírodními vlákny dochází k zlepšení užitných vlastností přízí, v případě tkanin se zvýší pevnost, trvanlivost, materiál je lehčí a méně mačkový.

Polyester se vyznačuje vyšší tuhostí než polyamidy. Příze je jemnější, méně abrazivní a snáze formovatelná do menších balení než polyamid 6 a 6.6. Materiál dobře odolává chemickým vlivům s výjimkou silně koncentrované kyseliny sírové. Vysoké teploty tání a zesklňování mají za následek zachování dobrých mechanických vlastností polyesteru až do teploty 175 °C. Polyester je vysoce odolný vůči plesnivění a stárnutí.

Účinnost barvení polyesteru lze zvýšit úpravou morfologie vlákně struktury. [82]



• Polyamid 6 a 6.6

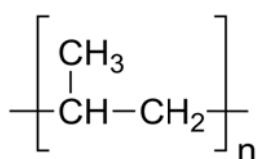
Jedná se o první syntetické vlákno představené v roce 1938 společností DuPont. S tímto materiálem se v automobilech setkáváme v mnoha textilních výrobcích, především kobercích, pneumatikách, airbazích atd. Jedná se o materiály primárně využívané pro stropní čalounění.

Specifickou vlastností obou druhů polyamidů je kombinace pružnosti, houževnatosti, vysoké pevnosti, odolnosti proti oděru. Vlákna odolávají únavě, opotřebení a jsou odolná v otěru. Jedná se o cenově nenákladná vlákna barvitelná všemi třídami barviv.

Polyamidy odolávají působení rozpouštědel, ale působením silných kyselin dochází k jejich poškození.

V interiérech automobilu patřil polyamid k nejhojněji využívaným vláknům po dobu přibližně třiceti let, poté byl postupně nahrazován polyesterem pro jeho vyšší odolnost UV záření. Následně vyvinutá technologie barvení premetalizovanými barvivami zvyšují UV odolnost polyamidu.

Dobré mechanické vlastnosti dobré mechanické vlastnosti zůstávají zachovány při teplotách do 160 °C pro PA 6.6 a do 130 °C pro PA 6. V porovnání s polyamidem 6.6 je polyamid 6 jemnější a více ohebný, tudíž snáze balitelný. [82]



• Polypropylen

Polypropylenová vlákna jakožto produkt rafinérie patří k nejlevnějším syntetickým vláknům. Vyznačují se vynikající odolností ve vlhkém prostředí, pevností, tuhostí a nízkou hustotou umožňující dobré zakrytí textilií. Odolává mnoha druhům kyselin, zásad i rozpouštědel při pokojové teplotě, v porovnání s polyesterem či polyamidy však hůře odolává vyšším teplotám. Křehne již při nízkých teplotách a kolem 140 - 150 °C měkne. K tavení dochází při teplotách nad 160 °C. Kvůli přítomnosti terciálních uhlíků, jež snadno reagují, je degradace polypropylenů na molekulární úrovni obtížně kontrolovatelná. Při jeho hoření nedochází ke vzniku velkého množství kouře a nedochází k produkci halogenuhlovodíků, jež by mohly mít za následek vznik různých kyselin při vysokých teplotách. Polypropylen se vyznačuje dobrou stálostí barev ale omezenou škálou odstínů. [82]

• Alcantara

Alcantarase řadí k nepevnějším používaným potahovým materiálům. Je tvořena z 68 % polyesterem a z 32 % polyuretanem. Vyrábí se abrazivní technologií z mikrovláken dvacetkrát tenčích než lidský vlas.

Svým vzhledem se alcantara velmi podobá semišové kůži, přičemž je o 30 až 50 % lehčí než kožené potahy. Alcantara je materiálem měkký na omak, poddajným, silným a trvanlivým. Výjimkou není až desetiletá záruka na stálost kvality i barevnosti. Alcantarase vyznačuje odolností vůči působení vody i vysokým teplotám, řadí se k objemově stabilním materiálům, dobře odolává oděru a snadno se udržuje.

Nevýhodou tohoto unikátního materiálu je vysoká cena, která se v mnoha případech rovná ceně kůže. S alcantarou se lze setkat převážně v luxusních a supersportovních vozech jako je Lamborghini, Maserati či některé modely Audi. [94; 85]

• Cordura

V poslední době se v automobilovém průmyslu objevuje také kvalitní technická polyamidová tkanina s vynikajícími vlastnostmi zvaná Cordura. Vyznačuje se extrémní pevností i výbornou odolností oděru. Zároveň se jedná o materiál nehořlavý, pružný, světlostálý a nenáročný na údržbu. Mechanickou odolností třikrát převyšuje běžný polyester. [85]

2.3.1.2 Polyuretanová distanční vrstva (matrice)

Nositelem komfortu čalounění je měkká polyuretanová "mezivrstva", tvořící přechod mezi podšívkou a vrchní vrstvou.

Vlastnosti polyuretanové vrstvy

V různých místech čalounění má tato vrstva odlišnou tloušťku, nejběžnější hodnoty jsou 3, 6, 10 a 15 mm. S narůstající výškou distanční vrstvy se zvyšuje komfort a zároveň prodyšnost celého čalounického materiálu. [81; 82]

Výroba polyuretanové vrstvy

Pěny pro distanční vrstvy se nejčastěji vytvářejí na kontinuálních zpěňovacích strojích a připravují se zpravidla o hustotě 10 - 70 kg/m³. Polyuretanové pěny se vyrábějí v různých stupních odporu proti stlačení. Tento parametr je vyjádřen silou potřebnou ke stlačení vzorku definované plochy o 40 %. Při stejné objemové hmotnosti lze vyrobit pěny s odlišným odporem proti stlačení. "Ideální pěna" je povrchově měkká a zároveň jádrově tuhá. Polyuretanová pěna se v automobilovém průmyslu používá také pro palubní desky, těsnění, odhlučnění motoru a filtry.

Prvotními surovinami pro výrobu jsou polyol (polyether, polyester), isocyanát v kapalném stavu, voda, katalyzátory a stabilizátory reakce a pomocná aditiva ovlivňující speciální vlastnosti pěny (barviva, retardéry hoření, antioxidanty, ...). Směs se nalije do míchací hlavy, kde se mícháním utváří viskózní kapalina. Ta se následně lije do forem a během několika sekund dojde k vypěnění. Během dvaceti minut již směs zvětší svůj objem natolik, že ji lze vyjmout z formy. [95; 82]

2.3.1.3 Spodní vrstva (podšívkka)

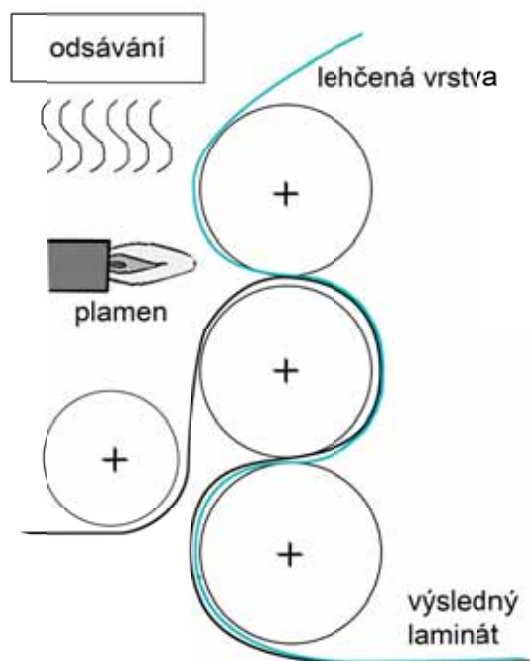
Nejčastěji používanou podšívkovou vrstvou používanou pro čalounění je **osnovní pletenina z polyesterových přízí**. Levnější alternativou jsou podšívky z **netkaných textilií**, jejichž nevýhodou je však omezená pružnost a vyšší hrubost materiálu. Ta se pak odráží ve vlastnostech celého čalounění. Nejběžněji používanými materiály pro netkané textilie jsou **polypropylenová** a **polyesterová** vlákna, vyráběná přímo z polymeru metodami spunbond nebo meltblown. [82]

2.3.1.4 Technologie spojování materiálu

Proces spojování textilií nazýváme laminací. V případě spojování vrchní textilie s polyuretanovou pěnou se jedná o laminaci jednostrannou, zatímco spojení vrchní vrstvy s pěnou a podšívkou se nazývá oboustranná laminace. Trojvrstvý materiál vzniklý při oboustranné laminaci je lépe odolný v otěru a v porovnání s dvouvrstvým materiálem se méně vlní. [83; 82]

- **Laminace plamenem**

Oblíbenou metodou zpracovávání textilních materiálů pro automobilový průmysl je laminování plamenem. Existuje přibližně 250 odnoží této metody a její nepopiratelnou výhodou je dobrý poměr cena - výkon. Technologie spočívá v přetavení měkčeného polyuretanu průchodem otevřeným plamenem. Vzniklá tavenina získává adhezivní schopnosti a zajišťuje spojení s povrchem tkaniny. Poté je tavenina s tkaninou protažena válci a v případě potřeby připojit ke vzniklému materiálu také podkladovou tkaninu či folii se tento proces s přidáním požadovaného podkladového materiálu zopakuje. Alternativou může být použití laminátoru vybaveného duálním hořákem.



Obr. 20: Schéma laminace plamenem [vlastní zpracování]

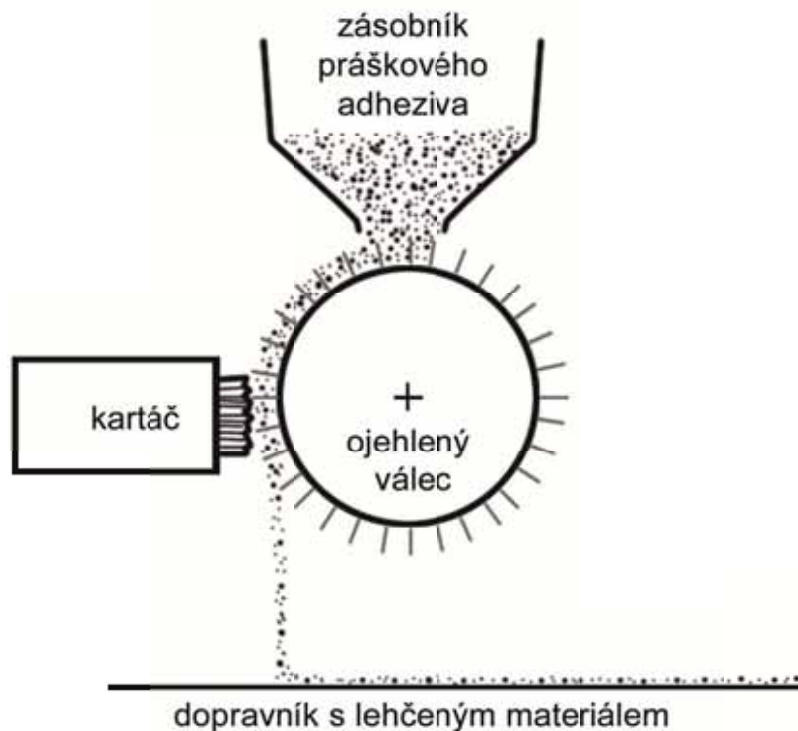
V poslední době se můžeme setkat s nahrazováním lehčené pěnové vrstvy netkanou polyesterovou textilií. Tento typ čalounění je ekologicky šetrnější, lamináty jsou snáze recyklovatelné (odpadá nutnost třídění materiálů - polyesterová je svrchní vrstva i měkčená vrstva) a lze vynechat podšití podkladovou vrstvou. V případě "celopolyesterového čalounění" odpadá potřeba použití laminace plamenem. [83; 82]

- **Laminace suchými lepidly**

Suchými lepidly se rozumí adhezivum nejčastěji tvořeno syntetickými materiály jako je polyester, polyethylen, polyamid, EVA, popř. termoplastický polyuretan. Adhezivum je dodáváno ve formě pelet či granulátu. Jednou z možností zpracování pelet a granulátu je mletí na prášek, jehož částice se pohybují v rozmezí 1 - 500 μm . Aktivace suchých adheziv se provádí zvýšením teploty. Následně se provádí nanesení druhého substrátu, který bude laminací připevněn k první vrstvě. [83; 82]

- **Lepení práškovým adhezivem**

Nanášení práškového adheziva je realizováno aplikátorem prášku. Ten je tvořen ojehleným válcem pod nímž je lehčený materiál unášen dopravníkem. Nad válcem je umístěn zásobník prášku a prášek vlastní vahou padá na ojehlený válec. S pomocí stacionárního kartáče je prášek z jehliček válce uvolňován na pohybující se substrát na dopravníku. Zahřátím substrátu dochází k aktivaci a rozměknutí adheziva. Na tutéž teplotu je předeřhřata textilie, jež má tvořit svrchní vrstvu na substrátu. Slisováním přítlačnými válci dojde ke spojení obou vrstev a materiál je třeba nechat vychladnout popř. jej umístit do chladicího zařízení. Po vychladnutí je výsledný laminát navíjen do rolí. [83; 82]



Obr. 21: Schéma lepení s použitím práškového adheziva [vlastní zpracování]

- **Sít'ová a foliová adheziva**

Další možností zpracování pelet a granulátu je tavení a následné vytlačování do podoby sítě anebo folie. Z role odvíjená síť (nebo folie) je kladena na pohybující se podkladový substrát a poté ohříván kvůli aktivaci adheziva, podobně jako je tomu u laminace s práškovým adhezivem. Na tutéž teplotu je ohřívána rubová strana textilie a obě vrstvy - krycí textilie i podkladový materiál, procházejí pod přítlačným válcem zajišťujícím pevné vazebné spojení vrstev. Dalším krokem je ochlazování materiálu a jeho návin. [83; 82]

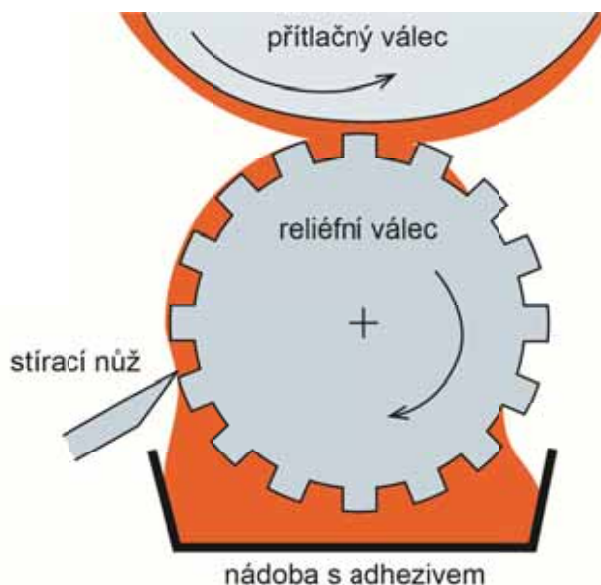
- **Přímá aplikace tavných adheziv**

Jedná se o poměrně nový a progresivní způsob laminace v oblasti automobilového průmyslu. Adhezivum v granulátu či peletách je po roztavení nanášeno na podkladový materiál rotační hlubotiskovou metodou, sprejováním či technologií PorousCoat. Zmíněné metody jsou obecně bezpečnější, finančně méně nákladné a vhodné také z ekologického hlediska. [83; 82]

- **Rotační hlubotisk**

Adhezivum je taveno v aplikátoru taveniny, popř. ve vytlačovacím stroji. Tavenina je vyhřívanou hadicí přepravena do sběrné nádoby. Gravírovací válec s výrazným reliéfem je ponořen do lázně s taveninou a ta při otáčení válce zaplňuje póry v jeho reliéfu.

Přebytky adheziva jsou stírány nožem. Pevné nanesení adheziva z gravírovacího válce na substrát je zajištěno přítlačným válcem. Existuje také varianta používající k přenosu adheziva na podkladový substrát přenosový válec. [83; 82]



**Obr. 22: Schéma aplikace tavných adheziv rotačním hlubotiskem
[vlastní zpracování]**

- **Aplikace adheziva rozprašováním**

Tavenina hnaná do trysky je mísená s horkým vzduchem a z trysky vycházejí pramence adheziva směřující na substrát. Po aplikaci adheziva na substrát je k materiálu dodána také krycí vrstva a oba materiály procházejí dvěma válci v laminační oblasti. [83; 82]

2.3.1.5 Přídavné autopotahy

Originální lze opatřit přídavným autopotahem. Autopotahy jsou užívány k ochraně čalounění sedadel před nečistotami a trvalým mechanickým poškozením. Zároveň jsou často vnímány jako estetický designový doplněk interiéru automobilu. Jedná se o nejvíce produkovanou technickou textilií. Výroba autopotahů je spjatá s využíváním moderní techniky a pokročilého softwaru jak při vývoji tvaru potahů na základě typů autosedaček anebo samotného vzoru autopotahu.

Autopotahy lze dělit do různých cenových kategorií a základním členěním je skutečnost, zda se jedná o originální autopotah montovaný pevně na autosedačku, anebo o alternativu - odnímatelné autopotahy.

Materiály i technologie jejich výroby pro přídavné potahy jsou zpravidla shodné s materiály a postupy používanými při výrobě originálního čalounění automobilu. Nejpoužívanějším materiálem je stoprocentní polyester, anebo polyester v kombinaci s viskózou (která svými vlastnostmi připomíná bavlněná vlákna), popř. polyamidem nebo acetátem dalších polymerů. V některých případech také s přírodními vlákennými materiály.

V České republice je největším výrobcem autopotahů firma Johnson Controls. Materiál je zpracováván v drtivé většině případů tkaním a to do keprových či plátnových vazeb, popř. se vytváří tzv. filafilová tkanina (vazba vzorkovaná šikmým schodovitým řádkováním s použitím kontrastních barevných nití). Dalšími možnostmi je vzorování vypalováním. Tkaniny jsou aplikovány nejčastěji na vrchní díl sedáku a opěrnou část. Zbývající plochu autosedačky lze pokrýt např. syntetickou usní. [81]

Autopotahy bývají vystaveny dosti náročným podmínkám, hlavně pokud se ve voze přepravují děti, psi anebo pokud se jedná o služební vůz, v němž se často střídají řidiči. Kvalitní autopotahy by neměly být náročné na údržbu, dobře snášet praní, žehlení a odolávat působení slunečního záření. Také z těchto důvodů se v dnešní době používají autopotahy převážně ze syntetických textilních materiálů. Pokud je vůz vybaven bočními airbagy, nesmí autopotahy nikterak bránit jejich funkci a okamžitému úplnému roztažení bez deformací. Dražší autopotahy bývají k nerozeznání od čalounění vozu, jsou na ně použity tytéž materiály a v ideálním případě by jejich životnost měla odpovídat životnosti čalounění automobilu. [82]

2.3.1.5.1 Vybrané normy pro testování autopotahů

Podle norem ČSN, DIN a ISO je nutno, aby autopotahy prošly zkouškami na stálobarevnost na světle, gravimetrický fogging (vznik zamlžení z materiálů použitých v interiéru vozu), oděr, trvalé i celkové protažení, pevnost ve lpění vrstev, hořlavost, pachovou zkoušku a stanovování emisí formaldehydu. Následující seznam zahrnuje důležité zkoušky prováděné s autopotahy - některé podle interních norem společnosti, jiné podle standardních norem EN ISO: [83; 96]

- **Nehořlavost** podle norem ČSN EN ISO 6940 (80 0805), ISO 6940, ISO 3795, DIN 75 200, PV 3904, TL 1010). Pro vyjádření hořlavosti vláken se užívá veličiny LOI, přičemž nehořlavým vláknům odpovídá hodnota LOI 26 a více.
- **Stálobarevnost** podle DIN 75 202:1988, PV 1303. Stálobarevnost má úzkou souvislost s fotodegradací a odolností materiálu v extrémních tepelných podmínkách (automobil zaparkovaný v létě na slunci apod.)
- **Rozměrová stálost**
 - a) zachování rozměrů praním: ČSN EN ISO 6330 (80 021), ISO 3795 (80 0825)
 - b) zachování rozměrů chemickým čištěním: ČSN EN ISO 3175 1, 2 (80 0809)
- **Pevnost a tažnost**
 - a) pro tkaniny: EN ISO 1394-1 (80 0812), ISO 5081
 - b) pro pleteniny: ČSN 80 0810
 - c) pro povrstvované textilie: ČSN EN ISO 1421 (80 4627)
- **Pevnost lpění lícových i rubových vrstev**
- **Trvalé protažení**
- **Statické protažení**
- **Odolnost v oděru** - Martingale podle normy EN ISO 12947-3. Test spočívá v odvalování normovaného plstěného kotouče po povrchu testované textilie za působení tlaku, dokud se nepřetrhnou dvě nitě vzorku čímž vznikne díra.
- **Oděruvzdornost** materiálu je spjata s **třením**. To má v materiálu za následek soudržnost vláken textilie, ale zároveň je vyšší tření příčinou poškozování materiálu. Vysoké tření má vliv na snížení splývavosti textilie a může mít za následek problém materiálu s kovy. V případě narušení materiálu oděrem dojde také k narušení rozměrové stálosti textilie.
- **Prodyšnost podle normy EN ISO 9237**
- **Obsah tuku**
- **Obsah chromu (Cr_2O_3)**
- **Plošná hmotnost**: ČSN EN 12127 (80 0849),
- **Dostava**: ČSN EN 1049-2 (80 0814) a ISO 7211,
- **Žmolkování**: ČSN EN ISO 12945-1 (80 0837),
- **Pružnost**: ČSN 80 0840,

- **Tuhost:** ČSN 80 0858,
- **Prodyšnost:** ČSN EN ISO 9237 (80 0817), EN ISO 9237, DIN 53 887 [6, 17] a
- **Tloušťka** potahu: EN ISO 90073-2, DIN 53 885. [83; 96]

2.3.1.5.2 Výroba autopotahů

Níže popsaný postup platí primárně pro výrobu tkaných autopotahů, odlišnosti pro potahy pletené jsou popsány kurzívou pod příslušným odstavcem. [85]

1. **Designatura** - vytvoření návrhu vzhledu autopotahu s ohledem na možnosti výrobní technologie. Vytváří se výrobní předpis se všemi potřebnými technickými údaji pro vytvoření autopotahu, jako jsou např. šíře tkaniny, hmotnost kusu, počet útků na 10 cm, počet útků na kus, počet listů, snovaná délka, číslo paprsku a návod (počet třtin na 10 cm), jemnost a označení barvy příze osnovy i útku, počet nití, typ zákrutu, technická spotřeba na kus a kg, teoretická spotřeba osnovy a útku atd. Samotný vzor autopotahu je vytvářen pomocí CADových programů: Color 2 (designování nových přízí) a Design 3 (tvorba listových tkanin s možností zobrazení ve 2D i 3D).

V případě pletenin se u prvního kroku v CADovém programu vytváří pletený vzor výběrem z databáze různých druhů oček a provazování

2. **Výroba příze** - často používané jsou prstencové a dvouzákrutové skací stroje. Skaní se provádí se všemi běžnými materiály - bavlna, len, viskóza, polyamid, polyester, polypropylen a směsové materiály. Výstupním produktem jsou příze o jemnosti 60 - 600 tex s 80 - 600 skacími zákruty na jeden metr příze. Příze je křížově navijena na cívky.
3. **Snování** - snování je proces přípravy příze na osnovní vál. Provádí se podle požadavků tkalcovny a snovacího předpisu. V něm jsou zahrnuty informace o délce a šířce osnovy, jemnosti a druzích přízí a o snovaném vzoru.

V případě pletenin se snování neprovádí.

4. **Tkaní** - tkaní se provádí nejčastěji v plátnové a keprové vazbě v plošných hmotnostech v rozmezí 180 - 3000 g/m². Tkát autopotahy lze na nejrozličnějších typech tkalcovských strojů, např. na skřípcových stavech (Napas, STB), jehlových strojích (Vamatex), listových a žakárových tkacích strojích, automatických člunkových stavech (Utas) či jehlových tkacích strojích (Picanol, Dornier).

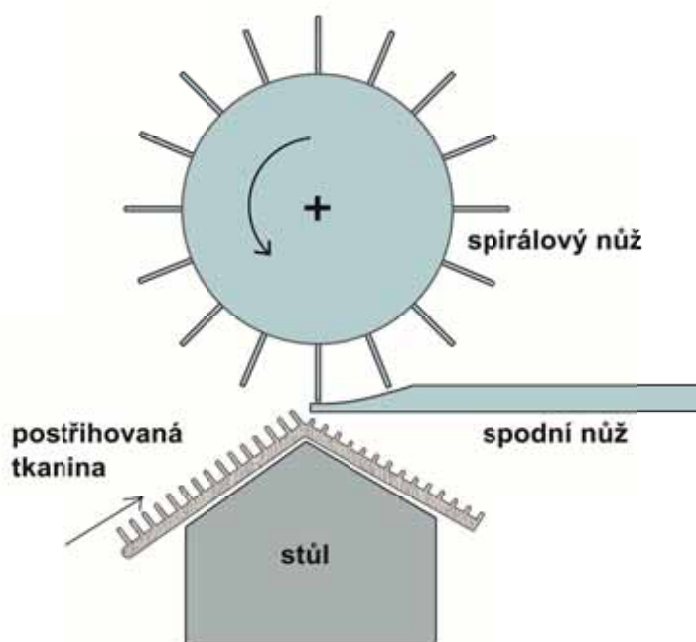
U pletenin se provádí pletení na zátažných nebo osnovních pletacích strojích.

5. **Vyšívání** - na vyšívárně se ručně opravují chyby tkanin. Častou úpravou je také vyšívání loga, které se provádí buď strojním vyšíváním anebo flockováním (elektrostatické nanášení textilní stříže na povrch opatřený disperzním či polyuretanovým lepidlem, výsledné logo má hustý sametový povrch).
6. **Finální úpravy** - k finálním úpravám materiálů pro autopotahy patří:
 - **barvení** - jednou z možností je barvení materiálu v provazci po dobu 6 - 8 hodin, aby se barvivo mohlo rovnoměrně rozložit po celé délce materiálu. Příkladem mohou být barvicí materiály značky Thies, používané např. firmou Fezko. Součástí procesu barvení za mokra je odvodňování a sušení. Další metodou je barvení v plné šíři a ve vložce. Na vysokotlakém barvicím aparátu lze barvit metráž i z polyesterových, polyakrylonitrilových a směsové vláken.
 - **praní, sušení, fixace** - obarvená tkanina je pro zbavení se chemických nečistot a prachu prána v provazci. Účinnost praní je ovlivněna mnoha faktory, např.

teplotou prací lázně, dobou praní, množstvím lázně, koncentrací pracích látek, přitlakem odmačkávacích válců apod. Pro sušení se používá elektricky vyhřívaný šestikomorový sušicí stroj. Důležitými parametry sušení je teplota, doba ponechání materiálu v jednotlivých sušicích komorách a zvolená šíře sušeného materiálu. Tkanina je pro účel sušení napnuta do ojhleného rámu umožňujícího fixaci do napnutého nebo uvolněného stavu. V prvních třech komorách sušicího stroje je teplota 145 °C, v dalších 170 °C. Po průchodu strojem je materiál chlazen na teplotu 20 - 25 °C. Fixace se provádí za účelem dosažení požadovaných rozměrových stálostí materiálu, ale také pro dosažení nemačkovosti a elasticity. Po procesu fixace se materiál naposledy zkontroluje, změří, zváží, navine na role a je přepraven k procesu laminace

- **česání a postřihování** - při velurovém česání dochází k orientaci vlasu kolmo k povrchu. Při česovém česání je vlas orientován ve směru osnovních nití. Proces počesávání textilií má za následek nejen změnu vzhledu materiálu, t.j. vytvoření vlasového povrchu, ale také zlepšení termoizolačních vlastností. Pokud se podaří zajistit, aby jeden konec vlákna zůstal pevně uchycen ve struktuře textilie a druhý se uvolnil, jedná se o ideální stav počesání. Na vzhledu počesaného materiálu se podílí použitá vazba, délka vláken a typ a množství zákrutu. Počesávací stroj obvykle zahrnuje dva počesávací válce, přičemž první se otáčí ve směru pohybu česané textilie, a druhý proti tomuto směru a dále statické válce s pevnými štětkami. Česací válce jsou opatřeny ocelovými drátkovými štětkami popř. plasty.

Po česání se provádí postřihování, jehož účelem je zastříhnout vlas materiálu na požadovanou délku. Tuto operaci lze provádět na různých typech strojů, přičemž volitelným parametrem je výška stříhu. Schéma postřihování je znázorněno na Obr. 23. Plošná textilie (tканina) je vedena přes stůl, na jehož vyvýšené hraně dochází k ohybu tkaniny a napřímená vlákna jsou zastřižena soustavou spodního a spirálového nůže.



Obr. 23: Schéma postřihování [vlastní zpracování]

- **protimolová úprava** - je nezbytná pro všechny potahy obsahující přírodní vlákna.
- **tisk** - speciální technikou potisku textilií je přenosový tisk. Disperzní barvivo je na textilií nanášeno sublimačním procesem za termického působení. Dochází k okamžité silné fixaci naneseného barviva, takže potiskovaný materiál není třeba po dokončení procesu prát. Nej kvalitnější lze touto metodou potisknout polyester, dalšími vhodnými materiály jsou také polyamid a polyakrylonitril.

Náročnost údržby potahu lze ovlivnit volbou úprav při finálním zušlechťování textilií. Příkladem je aplikace zušlechťovacích lázní s textilními pomocnými přípravky, jež po průchodu lázní na materiálu ulpí a dodají mu nové vlastnosti jako např. nehořlavost, nešpinivost, hydrofobita a odpuzování molů.

Další možností je přidání aditiv do taveniny již před samotným zvlákněním polymeru. Často jsou používány sloučeniny fosforu a halogeny pro nehořlavou úpravu, popř. keramický prášek pro zvýšení UV odolnosti materiálu. [85; 82]

2.3.1.5.3 Oddělovací proces při výrobě autopotahů

Oddělovací stroje pro autopotahy jsou voleny na základě co nejvyšší produktivity a flexibility dodávky stříhových dílů. Příkladem oddělovacího stroje, používaného firmou Johnson Controls, je **Lectra** - řezací stroj využívající CAD/CAM systém do všech fází výroby - od grafického návrhu vzhledu potahů až po samotnou výrobu. Na Lectře je možno řezat jakýkoli typ materiálu vhodný pro čalounění - plošnou textilií, látkový kompozit, usně i vinyl a to do libovolného tvaru. [97]

Oddělovací proces je složen ze čtyř fází:

1. Naložení materiálu
2. Vytvoření stříhové polohy
3. Odsávání vzduchu mezi vrstvami
4. Vlastní řezání materiálu

Součástí zařízení Lectra jsou posuvné nakládací stoly o šíři 2 m a délce v rozmezí 10 - 15 m. Odsud jsou odebírány stříhové díly. Na stoly mohou být v závislosti na typu a tloušťce materiálu naloženy až desítky vrstev. Následně je třeba vytvořit tzv. stříhovou polohu - ideální rozmístění stříhových dílů na ploše potahového materiálu se zajištěním co nejlepšího využití prostoru bez zbytečně velkých mezer mezi jednotlivými díly. Stříhová poloha se provádí pomocí počítačového softwaru a musí zohledňovat správnou návaznost vzoru a požadovaný směr vláken vzhledem k umístění osnovy (po vlasu - proti vlasu).

Po naložení vrstev na nakládací stoly je třeba zajistit odsátí vzduchu mezi jednotlivými vrstvami. To se provádí přikrytím vrstev fólií a vytvořením vakua pomocí odsávacího zařízení. Tím dojde ke stlačení a fixaci materiálu do výsledné polohy bez hrozby posunutí jednotlivých vrstev.

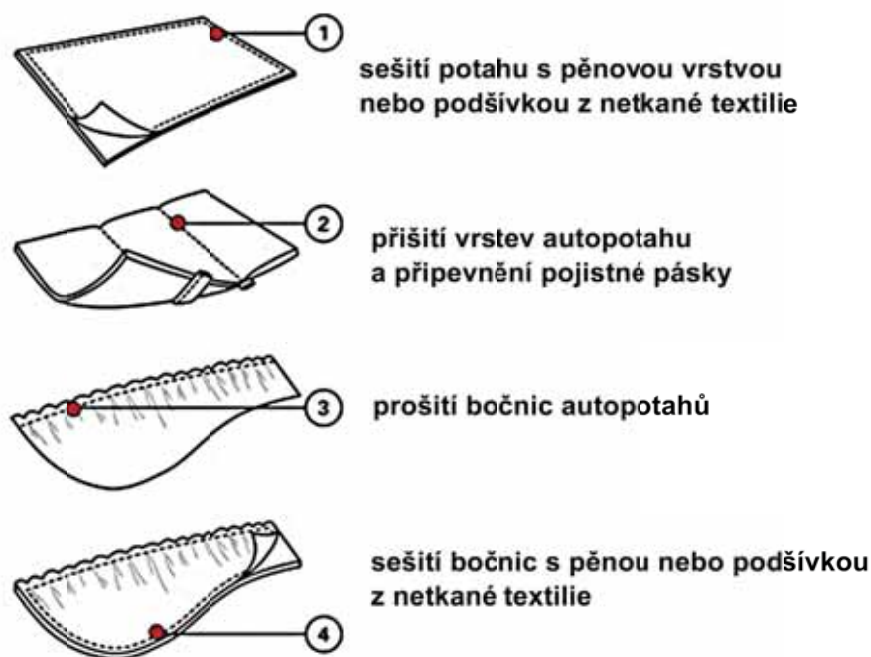
K samotnému procesu řezání se používá vibrační nůž, který vykonává vratný vertikální pohyb. Nůž je kladen kolmo z upínacího zařízení, jehož součástí jsou i vrtáky pro vyřezávání otvorů o průměru nepřesahujícím 20 mm. Otvory většího průměru jsou tvořeny vibračním nožem. Po vyřízení stříhové polohy se nůž vrací do výchozí polohy a dojde k posunu řezaného materiálu. [97]

2.3.1.5.4 Proces spojování při výrobě autopotahů

Ke spojování dílů autopotahů se využívá kvalitních průmyslových šicích strojů, zpravidla uspořádaných do šicí linky. Příkladem strojů používaných k šití autopotahů

jsou stroje firmy Dürkopp-Adler. Během procesu kompletace a spojování autopotahů je třeba použít hned několik typů šicích strojů v závislosti na výrobní operaci a typu sešíváního materiálu.

Při výrobě autopotahů se často využívá univerzálního jednohlohového šicího stroje. Tvoří se jím vázaný steh a je vhodný především pro těžké tuhé materiály, lze s ním materiály zapošít a je vybaven automatickým odstřihováním nití. Využívá se např. pro spojování pěny s koženými díly, sešívání insertových (středových) dílů s dutinkou anebo kompletaci jednotlivých dílů autopotahů s přídavkem plastových komponent (viz Obr. 24). [97]



Obr. 24: Procesy sešívání dílů potahů sedadel řidiče a spolujezdce [98]

Pozn.: sekce obrázku č. 3 zachycuje zdobný řasící steh. Jedná se o jednu z nejnáročnějších operací při spojovacím procesu a zpravidla se provádí na jednohlohovém šicím stroji s řetězovým stehem.



Obr. 25: Kompletování jednotlivých dílů [98]

Na následujícím obrázku je zachyceno aplikování ozdobného dvojitého švu (prováděného vázaným stehem na dvouhlohovém šicím stroji) a přišívání plastových dílů pro fixaci potahu k rámu autosedačky. K této operaci se nejčastěji používá vázaný steh a je realizován na výkonném šicím stroji s automatickým zapošíváním a se spodním podavačem. [97]



Obr. 26: Kompletování jednotlivých dílů [98]

Odlišnosti postupu výroby čalounění z kůže, usní a koženky jsou popsány v kap. 2.3.1.1.2.

2.3.2 Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pásy jsou jedním ze stěžejních bezpečnostních prvků v automobilu a jsou tvořeny hladkým vrstveným popruhem o šířce 4,6 cm a váze okolo 250 g. Připoutaný cestující by se v případě nárazu díky bezpečnostnímu pásu neměl za sedačky posunout dále než 30 cm vpřed a být tak chráněn před kontaktem s pevnými částmi vozu. Používání bezpečnostního pásu se snižuje riziko závažného poranění a usmrcení o více než 50 %. Nejúčinnější ochranu poskytují bezpečnostní pásy v kombinaci s airbagy do rychlosti 50 km/hod. [99]

Součástí bezpečnostních pásů jsou tzv. předpínače. Jejich úkolem je kompenzování volnosti pásu způsobené oblečením cestujícího a automatikou navíjecí soustavy pásu. Předpínač pásu je aktivován pyrotechnicky plynovým generátorem na základě impulsu řídící jednotky airbagů. Hodnota prahové hranice aktivace předpínačů je nižší než hodnota pro airbagy, proto v některých situacích dochází pouze k aktivaci předpínače pásu a airbagy zůstanou neaktivní. Aktivací předpínače pásu dojde k výraznému utažení pásu, pás zcela doléhá na tělo pasažéra a tím se síla působící na tělo rovnoměrněji rozloží po celou dobu procesu zachycování. [100]

2.3.2.1 Historie používání bezpečnostních pásů a trendy současného vývoje

Bezpečnostní pásy se v automobilech začaly používat po druhé světové válce, ale nejednalo se o vynález zcela nový - v letectví se pásy používaly již před první světovou válkou. Vývoj pásů pro automobily se však od těch leteckých liší. Bylo zapotřebí zajistit komfort a snadné a rychlé používání pásů, především jejich zapínání.

Zpočátku se používaly pásy dvoubodové, ale nebylo s nimi dosaženo požadované bezpečnosti, u současných automobilů se s tímto typem pásů nesetkáváme již ani na prostředním místě zadních sedadel. Použitými materiály byly polyamid (základ) a polyester (v diagonálním směru). Na základě testování materiálů, při kterých polyester prokázal větší pevnost, houževnatost a odolnost v tahu se časem začaly používat téměř výhradně polyesterové pásy.

Tříbodový pás byl vyvinut automobilkou Volvo, která jej do sériové výroby (jako prvek standardní výbavy) zařadila v roce 1959 - poprvé u modelu Volvo PV544,

následně Volvo Amazon. K širšímu používání bezpečnostních pásů v automobilech však dochází až na základě příslušné legislativy v sedmdesátých letech.

Od sedmdesátých let se především ve spojených státech montovaly do vozů pásy automatické. S rozšiřujícím se používáním airbagů se však v devadesátých letech od jejich používání upustilo, protože ve srovnání s klasickými pásy nedosahují dostatečné míry bezpečnosti.

V osmdesátých letech byl blokovací samonavíjecí mechanismus pásu poprvé vylepšen předpínačem (a následně také omezovačem) síly.

Současné automobily bývají vybaveny signalizací v případě nezapnutého bezpečnostního pásu. Nejnovějším trendem v oblasti vývoje bezpečnostních pásů jsou pásy obsahující airbag. V USA jsou vozy Ford, vybaveny těmito pásy, již v prodeji. Airbag umístěný v bezpečnostních pásech napomáhá při nárazu lepšímu rozložení sil působících na tělo pasažéra. [56]



Obr. 27: Ukázka tkanin pro bezpečnostní pásy [vlastní zpracování]

2.3.2.2 Výroba a vlastnosti pásů

Bezpečnostní pásy jsou tkány z polyesterových přízí ve vysoké dostavě keprovou či plátnovou vazbou technikou obdobnou výrobě tkaní stuh. Výsledná tkanina je pevná a dobře odolává oděru, hlavně v případě použití objemnějších přízí.

Spoje pásů jsou sešívány na automatických šicích strojích s konstantním rozměrem stehů i počtem švů. Protože je bezpečnostní pás (společně s bezpečnostní strukturou karoserie automobilu obsahující deformační zóny) jedním z hlavních prvků ochrany pasažérů, kvalitní šití je velmi podstatnou částí výroby. I sebemenší defekt pásu, jako např. poškozený steh by mohl v případě nehody zapříčinit tragédii.

V moderních automobilech se nejčastěji používají pásy tříbodové. Pás je veden přes navíják uchycený na sloupku u sedadla do držáku pásu skrze držák pásu, který je umístěn ve výšce hlavové opěrky na sloupku automobilu. Na každém pásu je navlečena západka, která umožňuje zapnutí pásu do zámků na opačné straně sedadel.

Aby pásy kopírovaly tvar těla pasažéra, musí být ohebné v podélném směru, a naopak neohebné ve směru příčném, aby nedošlo k překřížení či shrnutí pásu. Pro zajištění hladkého navíjení do pouzdra a správnou míru klouzáni spony je potřeba aby pásy vykazovaly větší míru hladkosti.

Pásy jsou testovány simulací nárazu o síle 13 kN v pase a 10 kN v rameni. Pro osnovní nitě pásů se nejčastěji používají polyesterové příze o jemnosti 1100 dTex (Velká Británie, Itálie, Francie, Španělsko) nebo 1670 dTex (Německo, Švédsko). Pro útkové nitě je nejběžnější hodnota 550 dTex. Osnovní nitě jsou během nárazu mnohem více zatíženy, proto jsou vyráběny z přízí o vyšší jemnosti. [82]

2.3.3 Airbagy

Airbagy jsou vzduchové vaky a v automobilu se společně s bezpečnostními pásy řadí k prvkům pasivní bezpečnosti. V případě srážky dojde k v řádu milisekund k nafouknutí airbagů, které pasažéry chrání před zraněními o pevné části interiéru. Airbagy je třeba používat v kombinaci s bezpečnostními pásy, protože airbag nedokáže pasažéra vozu udržet na sedadle. Přesto airbag výrazně snižuje riziko vážného poranění a smrti. Airbag byl poprvé použit v automobilu Chevrolet Impala modelového roku 1973. [101]

Airbagy se dělí na čelní, boční, kolenní a hlavové. Čelní airbag řidiče se nachází ve volantu a airbag spolujezdce v přístrojové desce vozu. Trendem posledních let jsou tzv. inteligentní airbagy, jež na základě síly nárazu regulují míru i rychlost jejich naplnění. Boční airbagy se z důvodu menší deformační zóny na bocích automobilu musí nafouknout ještě rychleji než airbagy čelní (přibližně 60 ms). [102]

2.3.3.1 Základní části airbagu:

- **vzduchový vak**, k jehož nafouknutí dojde v případě nárazu. Objem airbagového vaku řidiče se v Evropě pohybuje v rozmezí 40 - 65 l a 60 - 100 l u spolujezdce.
- **plynový generátor (inflátor)** sloužící k plnění vzduchového vaku plynem. V inflátoru jsou umístěny tablety pro tvorbu plynu, zapalované mříčkovým zapalovačem vybaveným roznětkou. Z důvodu minimalizace dopadu na životní prostředí se k pyrotechnické inflaci namísto azidu sodného přechází k používání organických pohonných hmot.
- **senzory zrychlení** s řídicí jednotkou - funkce senzorů zrychlení je vydat impuls řídicí jednotce, která aktivuje příslušné airbagy. [102]



Obr. 28: Ukázka rozmístění airbagů ve voze Cadillac SRX [103]

2.3.3.2 Materiály používané pro airbagy

Na materiály, používané pro airbagy, jsou kladeny vysoké požadavky. Textilní vak airbagu musí být schopen odolat teplotám potřebným k jeho nafouknutí i síle působící při nafukování, aby nedocházelo k průniku plynu textilií, který by mohl mít za následek popáleniny pasažéra. [104]

Vak airbagu je vyroben z polyamidu 6.6 a přidavkem polyamidu 6 lze navýšit jemnost za účelem snížení rizika oděru kůže o airbag.

Hlavní předností polyamidu 6.6 je výborná odolnost v rázu a schopnost absorbovat velké množství energie. Dalšími ceněnými vlastnostmi tohoto materiálu jsou houževnatost, dobrý poměr pevnosti a tažnosti, dlouhodobá stabilita materiálu a tepelná odolnost (přibližně o 40 % lepší než u polyesteru). Polštář airbagu musí odolávat vysokým teplotám (v závislosti na typu inflátoru). Výkon na jednotku váhy je u polyamidu vyšší než u jakéhokoli jiného polymeru s výjimkou vysoce výkonných termoplastických prepregů jako je PEEK (polyether ether keton) nebo PEKK. [82; 105]

Dříve používané polyesterové airbagy jsou dnes již téměř vytěsněny airbagy polyamidovými. Srovnání vlastností těchto materiálů je v Tab. 5.

Tab. 5: Srovnání vlastností polyamidu 6.6 s polyesterem [105]

	Polyamid 6.6	Polyester
Hustota	1140 kg/m ³	1390 kg/m ³
Měrná tepelná kapacita	1,67 kJ/kg/K	1,3 kJ/kg/K
Bod tání	260 °C	258 °C
Bod měknutí	220 °C	220 °C
Energie k tání	589 kJ/kg	427 kJ/kg

2.3.3.3 Výroba airbagového vaku

Vak airbagu je tkán z vláken polyamidu 6.6 o jemnosti 210 - 840 dtext ve vysoké dostavě. Plošná hmotnost tkaniny se zpravidla pohybuje v rozmezí 170 - 200 g/m². Pro výrobu airbagu se používají povrchově hladké šicí nitě o pevnosti 17 - 140 N a tažnosti 15 - 25 %.

Airbagové polštáře se nesmí barvit a musí být ošetřeny proti plísním. Aplikací silikonového zátěru se zvyšuje schopnost airbagu propouštět méně vzduchu během jeho nafukování. Zápornou stránkou této úpravy je však nárůst hmotnosti airbagového polštáře, snížení ohebnosti materiálu a obtížnější recyklovatelnost

Odolnost polštáře lze podpořit zvýšením počtu vrstev v okolí inflátoru. Další možnost je navýšit podíl polyamidových nití v tkanině. Frekvence výměny polštářů airbagů ve voze se pohybuje v rozmezí 10 - 15 let a po celou tuto dobu musí být airbagy stoprocentně funkční. [104]

2.3.4 Přístrojová deska

Přístrojová deska společně se středovým panelem se řadí mezi nejkomplexnější část interiéru vozu. Jsou na ni kladeny vysoké požadavky jak na funkčnost, estetiku a kvalitu zpracování tak na komfort a bezpečnost.

Požadavky na přístrojovou desku:

- dlouhá životnost a odolnost
- estetika
- schopnost absorpce energie
- možnost ukotvení airbagů
- šetrnost k životnímu prostředí

Přístrojové desky se vyrábějí v mnoha různých designech podle daného segmentu vozu. V případě levnějších přístrojových desek se jedná o tvrdé vstřikované odlitky, zatímco u luxusněji vybavených vozů se používá plastů s měkkým povrchem. Povrch přístrojové desky může být pro docílení efektního vzhledu upraven technologií zrnění během lisování.

Základním používaným materiálem pro přístrojové desky je **polypropylen**. Je-li požadována vyšší pevnost a odolnost přístrojové desky, používá se polypropylenu vyztuženého dlouhými skelnými vlákny. [106]

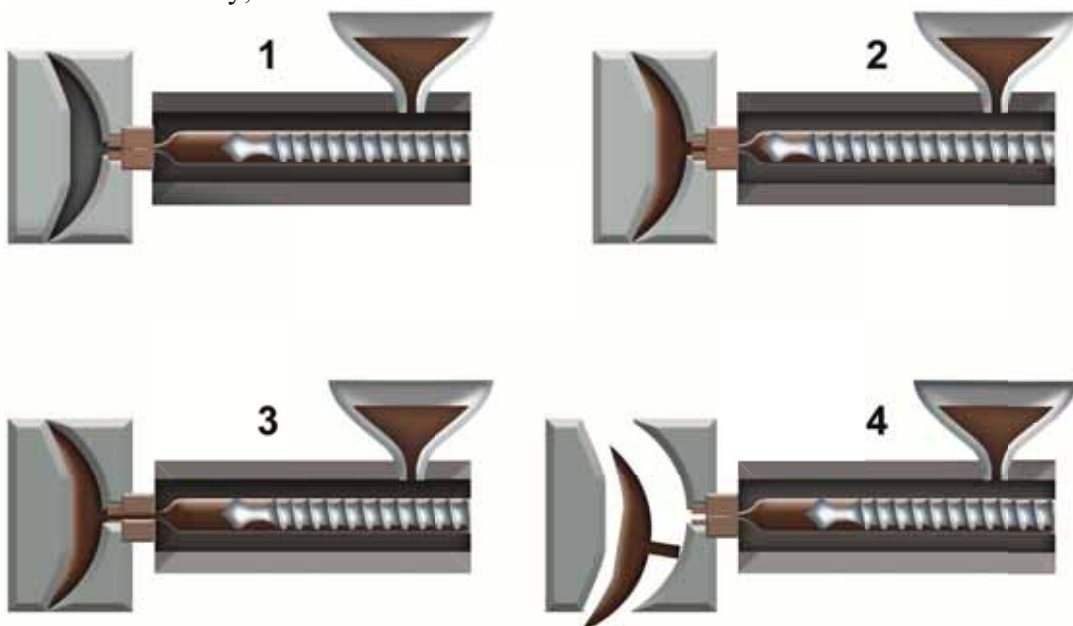
2.3.4.1 Klasické vstřikování

Při výrobě palubních desek a jejich součástí se využívají různé metody. Klasické vstřikování plastů je nejběžnější metodou tvarování plastů. Výhodou vstřikovaných dílů je jejich tvarová i rozměrová přesnost a vysoká reprodukovatelnost požadovaných fyzikálních i mechanických vlastností. Klasické vstřikování se řadí k rychlým metodám produkce, umožňuje kvalitní povrchovou úpravu dílů a možnost zhotovovat komplikované tvary při zachování dobrých rozměrových tolerancí.

Nevýhodou je skutečnost, že se jedná o poměrně drahou metodu zpracovávání plastů. Je zapotřebí dlouhá doba pro vyhotovení odlévacích forem a potřebná zařízení jsou prostorově náročná. Proto je tato metoda vhodná především pro velkosériovou výrobu.

Cyklus vstřikování plastů se do formy je tvořen čtyřmi kroky (Obr. 29):

1. zavření vstřikovací formy
2. stlačením taveniny pístem dochází k naplnění dutiny formy
3. během odtažení rotujícího pístu zpět je materiál plastifikován
4. otevření formy, odhození odlitku



Obr. 29: Fáze cyklu vstřikování plastů [vlastní zpracování]

Vstupním materiálem je polymerní granulát, jež je z násypky odebírán do tavicí komory. Tam působením tření a vysoké teploty dochází ke vzniku taveniny. Ta je poté vstřikována do dutiny formy, ve které získá svůj konečný tvar. Snížením tlaku lze pozitivně ovlivnit smrštění (tj. rozměrová odchylka vylisku v porovnání s tvarem formy). Teplo plastu je absorbováno formou a po ochlazení je z formy vyňat výrobek finálního tvaru. Proces se cyklicky opakuje s další dávkou polymerního granulátu. [107]

2.3.4.2 Technologie vstřikování plastu s prášky (PIM - powder injection moulding)

Vhodnými práškovými materiály pro tuto technologii je měď, ocel, křemík, karbid křemíku, oxid hlinitý a porcelán. Velikost zrna u kovových materiálů nepřesahuje 30 μm . U oxidů je horní hranicí 15 μm , porcelán do 45 μm a karbid do 1.5 μm .

Vlastnosti vstřikovaných dílů úzce souvisí s jemností použitého prášku. Při použití hrubého prášku je vstřikovaný díl na povrchu drsný, proces vstřikování je obtížný a dochází při něm k výraznému opotřebování použitých strojů. Naopak při vstřikování s jemnými prášky je dosaženo hladkého povrchu vstřikovaného dílu, vyšší pevnosti, vstřikování je snazší a minimalizuje se opotřebení strojů.

Prvním krokem je mísení a homogenizace prášku (plniva) s plastem (pojivem). Materiál je přemístěn do granulační jednotky a provádí se granulování. Poté dojde v tavicí komoře ke zplastikování materiálu a za vysoké teploty a tlaku je směs vstřikována do formy. Po ochlazení se vzniklý "zelený produkt" přemístí do pece. Působením teploty kolem 450 °C dojde k vypálení polymeru, takže vzniklý "hnědý produkt" obsahuje pouze nepatrný podíl plastů. Poté se materiál spéká při teplotách do 2000 °C (podle použitého prášku) a finální produkt je po celé ploše homogenní a jeho smrštění izotropní. [108]

2.3.4.3 Vícebarevné a vícekomponentní vstřikování

Metoda je založena na podobném principu jako klasické vstřikování plastů, používá se však při ní více vstřikovacích jednotek (nejčastěji dvě). V každé vstřikovací jednotce se nachází vstřikovaný polymer buďto odlišné barvy, anebo odlišného druhu, přičemž lze touto technikou kombinovat i polymery nemísitelné.

Vstřikovací jednotky dvoukomponentního vstřikování jsou vůči sobě nejběžněji v kolmém postavení a dochází k pootočení dvoupolohové formy o 180°. Během počáteční fáze vstřikování je provedeno vstříknutí prvního materiálu, který je následně (zpravidla pomocí robotů) přesunut, a následně je vstříknut druhý materiál, čímž je dvoukomponentní (dvoubarevný) díl spojen. Formy pro tří a vícekomponentní materiály jsou vícepolohové s různým úhlem pootočení podle počtu komponent, např. u tříkomponentního vstřikování se používá forma se dvěma pracovními pozicemi a pootočením o 180°, popř. se třemi pozicemi s úhlem pootočení 120°.

Různým uspořádáním vstřikovacích jednotek lze u vícekomponentního vstřikování zhotovit vrstvené díly se zvýšenou odolností oproti klasickému vstřikování. [108]

2.3.4.4 Kompletace přístrojové desky

Prvním krokem výroby přístrojové desky je zhotovení skeletu, který je tvořen kovovým materiálem (ocel, popř. u luxusních či sportovních automobilů hliník). Do kovového rámu jsou upevněny svazky elektrických kabelů. Do středu rámu je vsazeno a zapojeno topné těleso a klimatizační jednotka. Poté jsou na sebe vrstveny a kompletovány jednotlivé plastové části desky, a to v otočeném stavu (tzn. pohledovou

stranou směrem dolů). Vrství se veškeré plastové díly, přihrádka spolujezdce, trubice vytápění a chladicího systému atd. Následně je takto sestavený panel přístrojové desky upevněn na kovový skelet.

V další fázi je do přístrojové desky vsazena kaplička s rychloměrem a otáčkoměrem a dalšími palubními ukazateli a připevňují se reproduktory. Do příslušného otvoru palubní desky jsou poté vsazeny hliníkové schránky s airbagy. Další operací je usazení sloupku řízení, pedálů, ovladačů stěračů, spodního krytu usazení volantu apod. Následně se k přístrojové desce upevňuje středová konzole pro usazení ovládacího panelu rádia a klimatizace. Poté jsou do středové konzole šroubovány ovládací panely s tlačítky (podle výbavy automobilu), výdechy radiátoru a klimatizace a panel navigace s displayem. Nakonec se celá přístrojová deska otočí (pohledovou částí dopředu) a jsou prováděny finální úpravy. Je montován vnější kryt airbagu, který se v případě nárazu musí automaticky rozlomit, aby airbag mohl plnit svou funkci. Dle výbavy vozu je po těchto operacích instalován ovládací software pro veškeré vybavení přístrojové desky. [109]

2.3.5 Volant

Volant je ovládacím prvkem automobilu umístěné na sloupku řízení, jehož otáčením dochází k natočení předních kol automobilu. Moderní volanty bývají vybaveny tlačítky, jimiž lze ovládat vybavení automobilu. Zpravidla do něj bývá integrován airbag a tlačítko klaksonu. Prvním automobilem s volantem byl v roce 1894 vůz francouzské automobilky Panhard. Při výrobě volantů je velký důraz kladen na jeho ergonomii pro zajištění účinného předávání točivého momentu (hlavně u vozů bez posilovače řízení) a zároveň pro pohodlí řidiče, jenž musí držet volant po celou dobu jízdy. [110]

Kostry moderních volantů jsou nejčastěji zhotoveny z nelegované (měkké) oceli, popř. hořčíku. Na kostru je aplikován povlak z integrální polyuretanové pěny. Tento materiál je trvanlivý, se snadno zpracovává, jeho povrch lze texturovat mnoha typy vzorů a je velmi odolný proti poškození. [111]

U historických automobilů se používaly rovněž volanty s věncem ze dřeva. Se dřevem se u volantu můžeme setkat i dnes a to např. u vozu Lexus LS, který může být vybaven věncem volantu z pruhovaného japonského dřeva Shimamoku. [112]

Další dřeviny používané pro věnce volantů jsou třešeň, javor a ořech. Levnější variantou je volant plastový s povrchem imitujícím dřevo. Ten se realizuje vodním transferovým tiskem.



Obr. 30: Ukázka dekoračních prvků volantů [113]

Luxusní automobily bývají vybaveny volanty obšitými kůží popř. alcantarou. Více o těchto materiálech v kapitole 2.3.1.1.

Tlačítka ovládacích prvků na volantu se zhotovují zpravidla z extrudovaných plastů. Volanty luxusnějších vozů mohou být doplněny dekoračními prvky z hliníku či uhlíkových vláken. Více o těchto materiálech viz kapitola 2.1. Volanty mohou být vybaveny vyhřevným systémem pro ohřátí rukou řidiče. [113]

Ačkoli to výrobci vozů nebývá doporučováno, volant lze dovybavit textilním či vinylovým potahem pro komfortnější omak, zlepšení přilnavosti či popř. pro navýšení estetiky v interiéru.

2.3.6 Zvuková izolace

Principem izolace zvuku je přeměna akustické energie na energii tepelnou. Základními zdroji hluku slyšitelného v kabině automobilu jsou motor, vítr a pneumatiky. Úkolem izolačních materiálů je nejen zajištění absorpce hluku, ale zároveň musejí vykazovat určitou pružnost, samonosnost a popř. tuhost, aby se přizpůsobily určenému místu jejich aplikace v kabině vozu.

Hluk v kabině vozu je způsoben šířením vibracemi stěn automobilu vzniklými působením časově proměnných sil na nosnou konstrukci a karoserii vozu (tzv. šíření chvěním). Dalším zdrojem je "přenos vzduchem", tj. pronikání hluku od zářičů do kabiny vzduchem skrze stěny automobilu.

Ideální hladina hluku ve voze nastává, pokud hluk neruší posádku a řidič se podle zvuků vozu dokáže orientovat a správně vyhodnocovat situace, přičemž maximální hluk přípustný v kabině vozu je 80 dB. Míra hluku v kabině je ovlivněna mnoha faktory, jako např. kvalita povrchu vozovky, zařazený rychlostní stupeň a otáčky automobilu, zatížení motoru, rychlost vozidla, atd. [114]



Obr. 31: Příklady aplikací izolačních materiálů v osobním automobilu [115]

2.3.6.1 Izolace motorového prostoru

Značnou část hluku lze omezit správným seřízením motoru a správně udržovaná převodová soustava.

2.3.6.1.1 Izolace motoru a převodové skříně

Příkladem izolačního materiálu pro oblast motoru je Megasorber F12BK-B6R. Materiál je určen pro izolaci v rozmezí 125 - 2000 Hz. Megasorber je tvořen hydrolytickou akustickou pěnou (opatřenou vrstvou polyuretanu) a pružnou zvukovou bariérou s vrstvou netkané textilie. Polyuretanová vrstva se používá pro ochranu akustické pěny před nečistotami jako např. olej a další tekutiny. Zvukovou bariérou je polymerní sloučenina odvozená od polyvinylchloridu s přísadkou minerálů.

Dalším příkladem materiálu pro tlumení motorového prostoru je **Triflex^{advanced}** vyvinutý firmou Borgers. Jedná se materiál zhotovený z rostlinných (popř. minerálních) vláken vázaných termosetem (teplem vytvrditelným polymerem). Tento materiál se vyznačuje velmi dobrou absorpcí hluku při velmi nízké hmotnosti.

K vývoji a testování zvukové izolace oblasti motoru a převodovky je používán simulační přístroj ENS. Jedná se o měřicí přístroj s podobou zjednodušeného modelu motoru a převodové skříně opatřen podvozkiem. Jednotlivé části od sebe lze oddělit. Tento přístroj, simulující hluky motoru a převodovky, je vybaven devatenácti basovými a sedmadvaceti výškovými reproduktory. [115]

2.3.6.1.2 Absorbéry do motorového prostoru

Absorbéry v motorovém prostoru jsou tvořeny integrovanou pěnou, jejíž hustota se směrem do středu dílu snižuje. Povrch absorbéru tvoří ochranu před motorovým olejem a vlhkými nečistotami. Pórovité jádro absorbéru je nositelem dobrých akustických účinků. [115]

2.3.6.2 Izolace přístrojové desky

Pro izolaci přístrojové desky od motorového prostoru se používá rovněž materiál Triflex^{advanced} (viz kapitola 2.3.6.1.1) nebo z tepelně odolné polyuretanové pěny. Pro zajištění ochrany proti žáru je k izolaci připevněn hliníkový plech. Vzniklé oddělení ochranného hliníkového štítu od izolačního materiálu se podílí na zlepšení absorpce hluku. Takto zhotovená izolace přístrojové desky je tepelně odolná, lehká s dlouhou životností.

Jedním z materiálů používaných pro vnitřní tlumení přístrojové desky je EVAC (materiál vzhledem připomínající linoleum) obsahujícím minerální prášek. Takto vytvořený materiál se vyznačuje dobrou akustickou izolací, ale jeho nevýhodou je vyšší hmotnost. Další možností je použít Propylat^{NVH} – těsnící termoplasticky vázaný materiál tvořený bavlněnými vlákny. Použitím objemných vrstev tohoto materiálu odpadá nutnost aplikace těžkých vrstev EVAC. [115]

2.3.6.3 Izolace podlahy

Tlumení podlahy společně s kobercem vytváří funkční celek zvukové izolace. Tlumení podlahy lze krom tradičních pěnových řešení zhotovit také z textilních materiálů. Příkladem je termoplasticky vázaný materiál Propylat^{NVH} tvořený bavlněnými vlákny. Jeho výhodou je oproti pěnovým materiálům nízká hmotnost, cena téměř nezávislá na aktuálních cenách ropy a ekologická šetrnost (využívání obnovitelného zdroje surovin).

Pro izolování podlahy vozu se používají autokoberce, jejichž další funkcí je ochrana interiéru vozu před nečistotami a zároveň jsou dekoračním prvkem. Autokoberce lze rozdělit na gumové a textilní. Textilní koberce se zhotovují metodami výroby netkaných textilií - tj. všíváním a vpichováním.

Oba dva zmiňované druhy koberců bývají na rubní straně opatřeny latexovým nástřikem (pojivem), jehož funkcí je fixace kobercových vláken a zabránění jejich páráni. Na rub autokoberců se přidává a následně lisuje vrstva sulfátu baria absorbující zvuk.

Příkladem materiálu, používaného na obložení podlahy je Propylat^{TRIM}. Jedná se o termoplasticky vázaný nosný materiál s mikropóry z přírodních, minerálních, popř. chemických vláken. V drtivé většině případů jsou však používány hlavně všívané koberce.

Mezi požadavky kladené na autokoberce se řadí odolnost v oděru, nehořlavost, stálobarevnost, pevnost, akustické vlastnosti, odolnost při praní a zdravotní nezávadnost. [114; 115]

2.3.6.3.1 Textilní autokoberce

- **Vpichované autokoberce**

Metoda vpichování tvoří dvě třetiny produkce autokoberců a nejčastěji jsou pro ni užívána polyesterová a polypropylenová vlákna. Principem vpichování je provazování vláknenné vrstvy vláknennými svazky. Během vpichování se redukuje tloušťka vláknenné vrstvy a dochází k přeorientování vláken a ke změnám délky i šířky prošívání výrobku. Vpichované koberce se snáze tvarují dle potřeby karoserie.

Polypropylenových koberců se užívá převážně pro univerzální koberce nebo pro typové koberce v nižší cenové hladině. Líc koberce je tvořen nestřiženým polypropylenem do výšky vlasu 7,5 mm a rubová strana je opatřena potahem z gumového granulátu bránícímu posouvání koberce po podlaze automobilu.

- **Všívání koberce**

Při strojním všívání je příze všívána do podkladové textilie. Vlákno je v podobě smyček všíváno do mřížky podkladové tkaniny. Podkladová textilie vytváří nosný prvek koberce a nejčastěji je zhotovena z polypropylenu nebo juty a výsledné koberce bývají odolné vůči roztržení i opotřebení. Vlas všívaných koberců je řezaný, smyčkového vlasu se používá pro docílení speciálních efektů. Výhodou všívaných koberců je jejich vyšší odolnost vůči roztržení a pomaleji se opotřebovávají. Všívané koberce jsou opatřeny podkladovou vrstvou zhotovenou metodou spun-bond. Konečnou fází výroby autokoberců je vysekávání zpravidla realizováno hydraulickým vysekávacím strojem.

Polyamidové koberce jsou tvořeny kombinací polyamidového tuftového koberce a gumy. Ve srovnání s polypropylenovými koberci se vyznačují delší životností a vyššími užitnými vlastnostmi. Výška vlasu těchto koberců se pohybuje mezi 8 až 12 mm a rubová strana může být krom granulátu pokryta rovněž polyuretanovou pěnou nebo latexem. Okraje koberců bývají obšity textilní lemovkou, popř. polypropylenovými či polyamidovými vlákny. Koberec umístěný u sedadla řidiče je opatřen náslapnou gumovou plochou zvyšující životnost koberce. [116]

2.3.6.3.2 Gumové autokoberce

Rozšířeným typem autokoberců jsou koberce gumové, jež jsou tvořeny kaučukovitými směsmi. Zadní strana bývá opatřena protiskluzovou úpravou a náslapná plocha je oproti ostatním částem zesílena což má za následek delší životnost koberce. [116]

2.3.6.3.3 Gumotextilní autokoberce

Gumotextilní koberce jsou kombinací polyesterové textilie (potištěné sublimační metodou) s gumovým kobercem. Dochází tak k navýšení užitných vlastností koberce při zachování výhod gumových autokoberců.

Moderním typem koberců jsou tzv. gumotaftové koberce. Jedná se o autokoberce s velmi vysokými užitnými vlastnostmi. Vrchní strana je tvořena polyamidovým kobercem s vysokým vlasem. Do rubové zadní strany jsou zalísovány řapíky zajišťující protiskluzovou úpravu.

Krom koberců se izoluje rovněž prostor podlahy pod nimi. K těmto účelům se vyrábějí tzv. sendvičové struktury, složené z vrstvy asfaltové tlumící folie a k ní připevněného autokoberce. [116]

2.3.6.4 Izolace ostatních částí automobilu

Pro izolaci ostatních částí automobilu se používá porézní akustický materiál. Jde o materiál vláknitý, pěněný, popř. kanálkovitě struktury vyrobený z plastické hmoty, minerálů, materiálu organického původu anebo skla. Objem materiálu je až z 99 % tvořen vzduchovými bublinami. S narůstající tloušťkou porézního materiálu se zvyšuje činitel pohltivosti zvuku ve spektru nižších kmitočtů. Dochází také k navýšení akustické poddajnosti obkladu. Zvýšení absorpce zvuku lze dosáhnout také vytvořením uzavřeného vzduchového polštáře za porézní vrstvu izolačního materiálu.

Pro šíření zvuku materiálem je zapotřebí, aby jeho póry byly navzájem propojeny. Propojení pórů není nutné pouze v případě, že kostra materiálu je natolik pružná a poddajná, že se zvuk do pórů prochází snadno. K pohlcování hluku dochází působením viskózních sil u povrchu vláken a kostry v mezní vzduchové vrstvě.

K útlumu hluku od kol a dalších vibrací se používají zátěry a speciální antivibrační pasty. Hlavní je zamezit přístupu vibrací k velkým plechovým plochám automobilu, protože ty pak přejímají funkci ozvučných desek. Pro minimalizaci ozvučné plochy se antivibrační materiály montují i do střešních sloupků vozu. [114]

2.3.6.5 Požadavky na akustické materiály

Požadavky se odvíjejí především od především umístění akustického materiálu v automobilu:

- **limit rychlosti hoření** (intenzita probíhajících chemických reakcí během hoření) je důležitý především u interiérových materiálů a úzce souvisí s bezpečnostními předpisy. V ideálním případě se v interiéru vozu vyskytují nehořlavé materiály, popř. jsou pro snížení hořlavosti upravovány.
- **tepelně izolační vlastnosti** - použité materiály musí spolehlivě odolávat teplotám oblastí, v níž jsou ve voze umístěny.
- **emisní vlastnosti** - u interiérových materiálů se provádí měření množství uvolněných plynů způsobujících znečištění a mlžení oken.
- **trvanlivost** materiálu souvisí s jeho schopností odolávat působení chemikálií, pohonných hmot a maziv.
- **navlhavost** - některé druhy materiálů se vyznačují tendencí k zadržování vlhkosti z okolního prostředí. Jsou-li tyto materiály přítomny v blízkosti kovů, hrozí vznik koroze. [117]
- **mechanická odolnost** při vysokých i nízkých teplotách - všechny interiérové materiály automobilu se musí vyznačovat odolností v extrémních teplotách. Za jednu hodinu ponechání automobilu na přímém slunci může teplota interiéru (v závislosti na teplotě venkovní) vystoupat i o 50 °C. [118; 117]
- **odolnost proti plísním**
- **odolnost působení UV záření**
- **intenzita zápachu** [117]

2.3.7 Stropní a dveřní panely

Stropní panely se podílí na zvukové izolaci automobilu a to zachycováním zvuku, který již do kabiny pronikl.

Stropní panely bývají tvořeny až sedmi vrstvami různých materiálů:

- netkanými textiliemi (černé nebo bílé barvy z náhodně nebo jednosměrně orientovaných vláken)

- krepovým papírem potaženým polyuretanovou folií
- skelnou rohoží a skelnými vlákny
- polyuretanovou deskou
- dekorační vrstvou - laminovaná pěna s pleteninou, tkaninou popř. netkanou textilií

Mnohavrstvé panely se většinou používají u velkých a luxusních automobilů. Množství vrstev je přímo úměrné míře zvukové izolace vozu i vyšší tuhosti. Dříve používaná pletenina stropního čalounění byla nahrazena netkanými textiliemi a průměrná hmotnost stropního čalounění se pohybuje v rozmezí 200 - 220 g/m². [119]

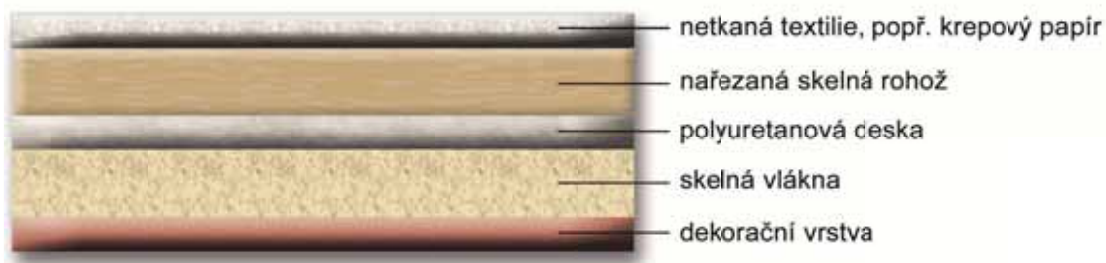
2.3.7.1 Výroba stropních panelů

Stropní panely se vyrábějí laminováním výše zmíněných vrstev materiálu, přičemž střežní vrstvou je polyuretanová deska. Ta se vytváří na vypěňovacím stroji do krychlové nebo kvádrové formy. Forma je vytřena vrstvou separátoru a vlévá se do ní směs polyolu a isokyanátu. Po ustálení je pěnový blok z formy vyňat a řezán na desky. Takto zhotovené desky se používají jako nosná část stropních panelů a zároveň tvoří zvukovou i tepelnou izolaci interiéru vozu. [119]

2.3.7.1.1 Jednokroková metoda

Na povrch polyuretanové desky se nanáší skelná vlákna a následně pomocí válců lepidlo. Při této metodě jsou všechny vrstvy stropního panelu (včetně dekorační vrstvy) vylišovány ve tvářecím lisu najednou. Na stříhacím lisu jsou poté stříhány otvory, které se ručně dořezávají a provádějí se dokončující práce - dočišťování, ohýbání hran, rámečkování atd. Nevýhodou jednokrokové metody je nižší tuhost stropního panelu v důsledku pouze jediného procesu lisování. [119; 82]

Struktura stropního panelu vyrobeného jednokrokovým procesem je na Obr. 32.



Obr. 32: Sendvičová struktura stropního panelu vyrobeného jednokrokovou metodou [vlastní zpracování]

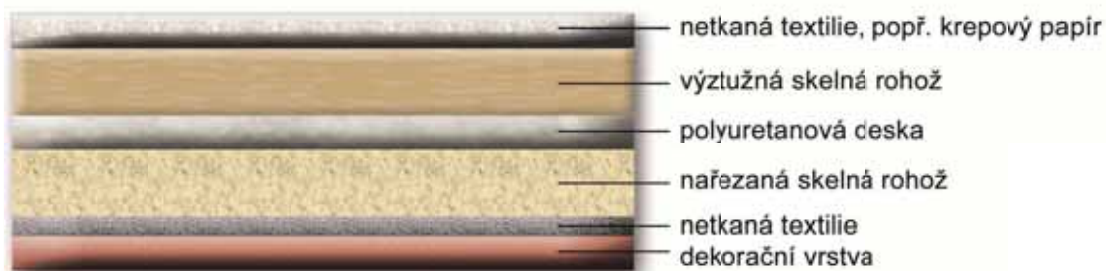
2.3.7.1.2 Dvukroková metoda

Stropní panely vyráběné vícekrokovou metodou (viz Obr. 33) se díky přidání vrstvy netkané textilie, vytvoření nosiče a opakovaným lisováním vyznačují vyšší tuhostí a používají se především pro dražší automobily.

V první fázi výrobního procesu se na polyuretanovou desku nanáší lepidlo, poté skelná vlákna. Z vrstev včetně netkané textilie je vylišován meziprodukt - tzv. nosič. Dalším krokem je nalepování dekorační vrstvy pomocí masírovacího lisu. Dochází k ořezu hran a nakonec k aplikaci vrstvy lepidla na přední hranu stropního panelu. Po připevnění černé netkané textilie je stropní panel ochlazován. Při tomto procesu dochází k fixaci jeho konečného tvaru.

Nosič se vyřezává pomocí vodního paprsku a z důvodu lepší přilnavosti k dekoru jsou zabrušovány ostřejší hrany. Dekor se usazuje na vrstvu lepidla, která je tvořena

ručně nanášecí pistolí. Následuje rámečkování, ohýbání hran a začišťování, stejně jako u jednokrokového procesu. [119; 82]



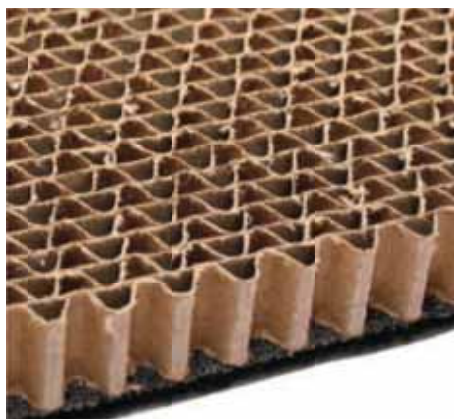
Obr. 33: Sendvičová struktura stropního panelu vyrobeného vícekrokovou metodou [vlastní zpracování]

2.3.7.2 Charakteristické testy kvality stropních panelů

U vnější - dekorační vrstvy - je měřena především špinivost, odolnost v oděru i otěru, hořlavost, stálobarevnost, nasákavost, voděodolnost, zápach, statická tažnost. Spektrofotometrem lze vyhodnocovat barevnou odchylku jednotlivých vzorků. Provádějí se trhací zkoušky, během kterých je pomocí trhacích přístrojů dekor oddělován od nosiče. U polyuretanové desky je měřena degradace pěny. U ostatních vrstev stropních panelů se měří a vyhodnocuje především pevnost, plošná hmotnost, tloušťka, tažnost, hořlavost, nasákavost, emise, zápach a voděodolnost.

Nakonec jsou testovány stropní panely jakožto celek. K tomuto účelu se používá tzv. Klimatest, jehož účelem je po dobu čtyř dní simulovat prostředí a vlivy působící na stropní panely (změny teplot, odírání otěr apod.). [119]

Velmi lehkých sendvičových izolací střešních dílů lze dosáhnout konstrukcí, jejíž jádro je tvořeno papírovou plástvi upevněnou na stabilní vlákenné vrstvě. [115] (Obr. 34)



Obr. 34: Jádro lehkých nosných dílů tvořené papírovou pláství [115]

2.3.7.3 Dveřní panely

Zvuková izolace je tvořena rovněž dveřními výplněmi. Pro vytvoření jednotného designu interiéru automobilu se potah vnější plastové vrstvy dveřních panelů zpravidla odvíjí od dalších prvků interiéru vozu (vinyl, textilie, kůže atd.). Základem dveřních výplní je vrstvená polyuretanová pěna opatřena textilním povrchem s příměsí prvků polyvinylchloridů, přírodních či kůží, dřeva, nebo ABS (akrylonitrilbutadienstyren).

2.3.7.3.1 Výroba dielektrickým lisováním

Běžnou metodou výroby dveřních panelů je "live trim". Jedná se o spojování vrstev s použitím dielektrického zařízení. Do formy jsou naskládány postupně všechny vrstvy dveřních panelů. Prvním krokem je položení spodní kobercové vrstvy (zpravidla vpichovaný polypropylen), poté se do horní části umístí čalouněná vrstva. Následně je položena pěnová vrstva, na ní vrstva netkané textilie a lepenkový základ. Celá sestava vrstev je umístěna pod lis. Vakuem jsou vrstvy stlačeny, v lisu uzavřeny a spojeny indukcí proudu.

2.3.7.3.2 Výroba nízkotlakým litím

Další používanou metodou je nízkotlaké lití, které umožňuje zhotovit komplikovanější tvary během jedné operace. Při této technologii se zpravidla používají netkané textilie s extrudovaným podkladem a polypropylenové pryskyřice. [82]

2.3.7.3.3 Další vývoj dveřních panelů

Dveřní panely lze zhotovit také ultrazvukovou technologií svařování, jak je tomu např. u globální společnosti Grupo Antolin. Společnost se v současné době zabývá zvyšováním bezpečnosti v automobilu navyšováním schopnosti dveřních panelů absorbovat energii vzniklou při bočním nárazu automobilu. Proto společnost začala pro konstrukční výztuže dveřních panelů používat materiál na bázi polyesteru a skelných vláken s výbornou schopností absorpce při velmi nízké hmotnosti. V případě bočního nárazu bývají cestující nejvíce ohroženi v oblasti lokte. Proto společnost pracuje na vývoji "aktivní loketní opěrky". Ta je v případě nárazu schopna se o 30 mm zasunout během 10 milisekund a tím zvětšit prostor pro osobu sedící ve voze. Dalším vyvíjeným bezpečnostním prvkem je pyrotechnický systém, jež je v případě nárazu aktivován v oblasti dopadu a vytvoří tak více prostoru pro airbag. [120]

2.4 Materiály pro motor

Motor je pohonným agregátem automobilu. V automobilech se užívá nejčastěji motorů zážehových (poháněných benzínem) následovaných motory vznětovými (poháněnými naftou). Nejrozšířenějším typem motoru pro osobní automobily je čtyřdobý zážehový motor (Obr. 35 - zde ve verzi s přímým vstřikováním paliva). Motory s přímým vstřikováním jsou oproti klasickým benzínovým motorům úspornější (nižší spotřeba paliva), účinnější a šetrnější k životnímu prostředí (vykazují nižší hladiny emisí škodlivin z výfukových plynů). [121]

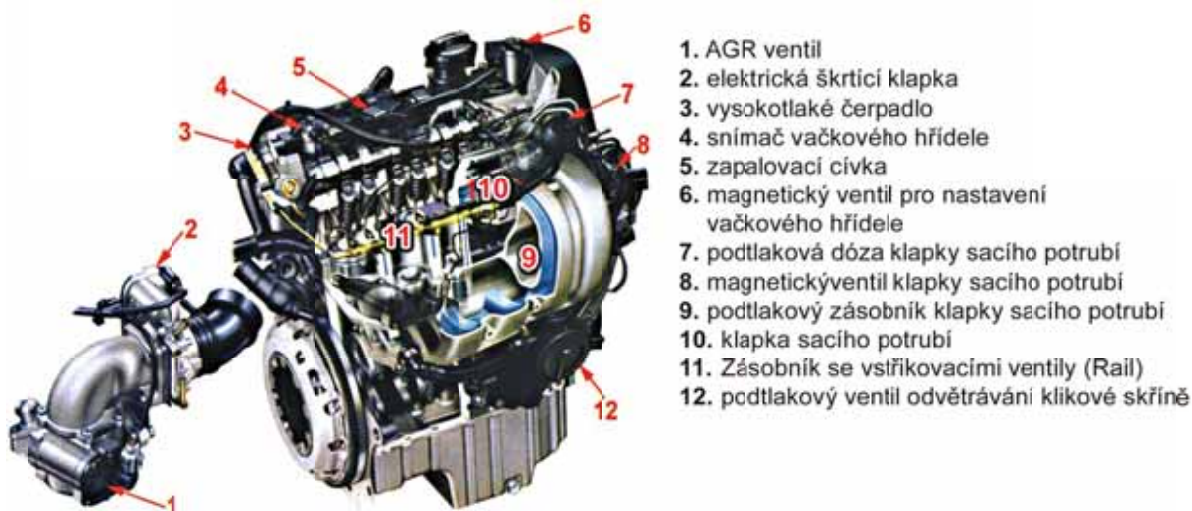
Jednotlivé díly motoru jsou uloženy v tzv. bloku motoru. Do něj jsou vyvrtány otvory pro válce a opatřeny vrstvou oleje pro usnadnění pohyb pístů.

Motor a jeho části jsou nejčastěji zhotovovány z litiny, popř. z hliníkových slitin a hliníku. V posledních letech se vyrábějí také motory obsahující plast, používané především pro supersportovní automobily. Dalšími používanými materiály jsou titan, nikl, slitiny hořčíku, slitiny beryllia, iridia či rhenia. [122; 123]

Elementární části spalovacího motoru:

- **blok motoru** je u moderních automobilů zhotovován z hliníkových slitin popř. z šedé litiny
- **válce** bývají nejčastěji zhotovené z litiny, popř. z hliníku

- **písty** se vyrábějí z hliníkových slitin
- **ojnice** jsou zpravidla vyrobené z oceli, popř. ze slitin hliníku se zinkem, hořčíku nebo mědi
- **kliková hřídel** se vyrábí z kované oceli
- **ventily** jsou vyráběny z nelegované (uhlíkové) oceli [122; 123]



1. AGR ventil
2. elektrická škrtková klapka
3. vysokotlaké čerpadlo
4. snímač vačkového hřídele
5. zapalovací cívka
6. magnetický ventil pro nastavení vačkového hřídele
7. podtlaková dóza klapky sacího potrubí
8. magnetický ventil klapky sacího potrubí
9. podtlakový zásobník klapky sacího potrubí
10. klapka sacího potrubí
11. Zásobník se vstřikovacími ventily (Rail)
12. podtlakový ventil odvětrávání klikové skříně

Obr. 35: Části čtyřdobého zážehového motoru 1.4 FSI koncernu Volkswagen [124]

K razantnímu vývoji a rozšíření motoru došlo především v 18. století. Důležitými osobnostmi ve vývoji motoru do jeho současné podoby byli Benz a Daimler.

2.4.1 Litina

Litinou je nazývána slitina obsahující železo a minimálně 2,14 % uhlíku. Tento materiál má výbornou odolnost vůči tlaku i teplotě, vyznačuje se ale nízkou pružností. Je-li z litiny uhlík odlučován ve formě grafitu (uhlíkových zrn), jedná se o litiny samomazné. Pro motory je nejčastěji používána **šedá litina**. Se svou nízkou teplotou tavení (kolem 1250 °C) i nízkou teplotu lití se řadí mezi nejrozšířenější slévárenské litiny. Šedé litiny používané pro motor jsou upravovány procesem očkovaní. Očkované litiny se vyrábějí přidávkou ferosilicia, popř. jiného očkovačného do roztavené litiny s malým množstvím uhlíku těsně před procesem lití. Tímto procesem dojde k usnadnění grafítizace a zjemnění struktury litiny. Přidávkou očkovačného se také prodlužuje doba tuhnutí litiny, což je výhodné při výrobě velkých popř. tenkostěnných odlitků. Z litiny bývají vyráběny např. klikové hřídele a jejich ložiska nebo pouzdra pístních čepů.

Šedá litina očkovaná hořčíkem - tzv. tvárná nebo vazná litina - se používá k výrobě vačkových i klikových hřídelí, vložených válců a ozubených kol. Ve srovnání s klasickou šedou litinou je houževnatější, tvárnější a pevnější. [125]

2.4.2 Hliník

Silumin je rozšířenou slévárenskou slitinou, používanou pro skříně vznětových motorů. Jedná se o slitinu Al Si13. Teplota tavení této slitiny je 577 °C a před litím se očkuje kovovým sodíkem (v množství 0,1 %) pro zjemnění struktury odlitku a snížení jeho křehkosti. Přidáním hořčíku dojde ke zlepšení mechanických vlastností umožňujících vytvrzování. Více informací o hliníku a jeho slitinách je popsáno v kapitole 2.1.2

- **Písty**

Mezi stěžejní prvky motoru patří písty. Nacházejí se ve válcích a jejich funkcí je stlačování plynu se vzníceným vzduchem. Vznícení vzduchu je prováděno zapalovací svíčkou. Vzniklá energie způsobuje otáčivý pohyb klikové hřídele. Tím dochází k pohonu motoru a přenosu otáčivého účinku na kola. Pohyb pístu ve válci nahoru a dolů může být realizován až 6000 x za minutu, je tedy potřeba zajistit, aby píst měl přesnou velikost a tvar. [126]

Písty spalovacích motorů jsou zpravidla vyráběny ze slitiny hliníku s křemíkem. Hliník je ve slitině nositelem mechanické odolnosti, odolnosti vůči korodování a umožňuje snadné řezání materiálu. Křemík se přidává z důvodu zajištění lepší tepelné roztažnosti materiálu. Z této slitiny se zhotovují dlouhé tyče (obvykle o délce 3 m, které jsou řezány na špalíky potřebné délky pomocí pilových kotoučů. Při této operaci dochází ke vzniku hliníkových odřezků, které lze recyklovat. Nařezané špalíky jsou opatřeny mazivem pro snazší lisování a jsou umístěny do děrovacího lisu s lisovnicí předebrátého na teplotu umožňující obrábění hliníkových špalíků (zpravidla 426 °C). Následuje zapékání v peci o téže teplotě. Špalíky jsou tvarovány lisem při tlaku 2000 t. Při úderu lisu dochází k vzplanutí špalíků z důvodu přítomnosti maziva. Lisování probíhá po dobu dvou sekund. Vzniklé výkovky je třeba ještě dvakrát rozžhavit, poprvé kvůli zesílení kovu, podruhé kvůli jejich ustálení. Takto upravené špalíky jsou obráběny na soustruhu a tvarují se pro použití v dalších obráběcích strojích. Do pístu jsou vyvrtávány drobné otvory pro průchod oleje k vnitřnímu mazání válců. Písty jsou vloženy do dalšího soustruhu, kde dochází ke zmenšení jejich průměru a píst je opatřen třemi drážkami (pro těsnící kroužky a pro pístní kroužek ke stírání), které umožňují klouzáni pístu ve válci a plní funkci uzávěru. Poté je vyvrtán otvor pro pístní čep k propojení pístu a ojnice. Frézováním dojde k dalšímu zmenšení pístu za účelem snížení hmotnosti a k seříznutím hlavy pístu do zaobleného tvaru (tzv. půlkulová hlava), aby nedocházelo ke kontaktu pístu s ostatními částmi motoru. Provádí se ještě jedno drobné vysoustružení povrchu pístu umožňující roztažení pístu při zahřátí válce. Vrtákem jsou vytvořeny výpustě oleje pro usnadnění procesu mazání čepu. Pásovou bruskou jsou zahlazovány ostré hrany vzniklé během předchozích obráběcích procesů. Pro přesné zapadnutí pístního čepu jsou stěny svorníkového otvoru vyhlazeny brázdičkou. Písty jsou po dokončení broušení opláchnuty horkou vodou s deionizovacím účinkem pomocí vysokotlakých trysek, čímž dochází k odstranění všech nečistot, zbytků maziva apod. Závěrečnou fází je vysoušení pístů stříkácí pistolí. [127]

2.4.3 Ocel

S ocelí se v motoru můžeme setkat např. u jádra ložisek motoru a pístních čepů. Výhodou oceli je pro tuto aplikaci nízká cena a vysoká mez kluzu, houževnatost, tvrdost a odolnost vůči únavě. Pro zlepšení třecích vlastností (zvýšení odolnosti vůči zadření a usnadnění mazání) lze použít legovanou ocel. Z oceli bývají rovněž vyráběny klikové hřídele. Vlastnosti oceli jsou popsány v kapitole 2.1.1.

2.4.4 Boridy

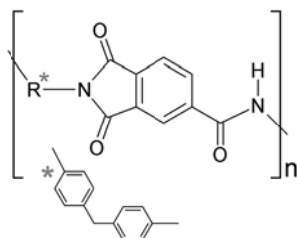
Boridy se řadí mezi žáruvzdorné materiály (odolávající vysokým teplotám bez zborcení). Jedná se o sloučeniny bóru s některými druhy kovů (nejčastěji zirkon, titan, chrom, molybden). Z boridu se zhotovují ventilová sedla pístových spalovacích motorů. [128]

2.4.5 Cínové a olověné kompozice

Cínové a olověné kompozice se řadí k nejstarším ložiskovým kovům. Vyznačují se vysokou adaptibilitou, odolností proti zadírání a savostí cizích částic a odolností vůči korozi. V případě ocelových kompozic je třeba dodat oleje s inhibitory korodování. Cínové kompozice mají oproti kompozicím olověným vyšší tvrdost za tepla - s narůstající teplotou dochází k poklesu funkčních vlastností. Olověné kompozice se používají u méně namáhaných ložisek, cínové jsou vhodné i pro rázové zatížení a vykazují lepší kluzné vlastnosti. [129]

2.4.6 Bronzy

Z cínových a hliníkových bronzů se vyrábějí ložiska pouzder pístního čepu. Výhodou bronzů je jejich odolnost vysokým provozním teplotám za minimálních ztrát tvrdosti. Nejrozšířenější skupinou ložiskových kovů pro motory jsou olověné bronzy. Vyznačují se dobrými kluznými vlastnostmi, odolností vůči korozi, odolností v rázovém zatížení i v okrajovém namáhání. S rostoucí teplotou dochází pouze k zanedbatelnému poklesu tvrdosti. [130]



2.4.7 Plasty

První plastový spalovací motor byl zhotoven v roce 1979 ve Spojených státech amerických. Vynálezce tohoto motoru pro automobilku Ford byl inženýr Matty Holtzberg. Jednalo se o čtyřválcový motor, ve kterém pouze uložení válců, spalovací komora nad pístem, vrchní část pístu, ventily a kliková hřídel byly vyrobeny z kovu. Ostatní části motoru, včetně bloku motoru, ojníc, částí válců i ostatních dílů jsou zhotoveny z termoplastu **Torlon (polyamidimid)**. Z původních 188 kg litinové verze motoru byla použitím Torlonu hmotnost snížena na necelých 70 kg.

Tento materiál se vyznačuje značným vnitřním tepelným odporem, rozměrovou stabilitou, snadnou obrobitelností a dobrými elektrickými a dielektrickými vlastnostmi. Torlonové díly se vyrábějí kontinuálním injekčním vstřikováním taveniny do formy.

Přídavkem grafitu a polyethylentereftalátu dochází k navýšení odolnosti vůči opotřebení a nárůstu rozměrové stability v širším rozsahu teplot. Takto upravený Torlon lze aplikovat do nemazaných ložisek, částí kompresorů a dalších dílů, od nichž je požadovaná odolnost v náročných podmínkách.

Přes všechny zmíněné výhody nebyl Holtzbergův motor do automobilu nikdy nainstalován. Pro přední výrobce by byl přechod ke zcela odlišné technologii a výrobnímu postupu příliš riskantním krokem.

Plasty se používají také pro kryty motoru, baterií a obaly vzduchových filtrů. [131]

2.5 Filtrace

Filtry fungují na principu mechanického filtrování částic přes netkanou strukturu filtru. Další metodou filtrace je dodání elektrostatického náboje vláknům a tento náboj následně přitahuje pevné částice. Pohlcování škodlivých plynů a pachů lze docílit také užitím aktivního uhlíku. Uhlíkový filtr se vyrábí převážně v hmotnosti 200 g a jeho filtrační plocha pro absorpci plynů i pachů činí 200 000 m². Látka filtru bývá úmyslně zřasena, aby poskytovala co největší plochu pro filtraci. V současnosti jsou často používané filtry kombinující všechny tři zmíněné metody. [132]

2.5.1 Kabinový filtr

Kabinové filtry bývají nazývány také filtry pylovými. Úkolem kabinového filtru je zajištění ochrany posádky před plyny, výfukovými zplodinami i průnikem prachu a pylů do kabiny vozu. Důkazem zaneseného kabinového filtru bývají čelní skla s obtížně odstranitelným povlakem nečistot na vnitřní straně. Dalším poznávacím znamením bývá zápach držící se v kabině po nastartování vozu. V kabině vozu může být až 6 x vyšší než koncentrace benzenu než ve venkovním prostředí. Značně narůstá v případě těsnější jízdy za dalším vozidlem. Znečištěný vzduch v automobilu má za následek zvýšenou únavu řidiče, ale také zanášení topení a ventilační a klimatizační soustavy. Proto je doporučováno měnit kabinový filtr v půlročních intervalech.

- ***Materiály pro kabinové filtry***

Filtračním prvkem kabinových filtrů je porézní filtrační papír s přesně formovanou vláknennou strukturou a se syntetickými mikrovláknny impregnovanými epoxidovými pryskyřicemi. Účinnost filtrace lze navýšit přidáním elektrostaticky nabitě mezivrstvy, na které dochází k ulpívání velmi drobných částic. Krom klasických prachových filtrů se v poslední době často používají filtry s přidanou vrstvou aktivního uhlíku.

Kabinový filtr s aktivním uhlíkem je obzvláště důležitý pro alergiky a astmatiky. Přítomností uhlíku je zajištěna účinná ochrana před ozónem i uhlovodíky, oxidem dusíku, oxidem siřičitým a dalšími emisemi. Další funkcí filtru s aktivním uhlíkem je zachycování pachů, a to jak z venkovního prostředí, tak i z kapalin ve voze (příklady v nemrznoucích směsích apod.). [133]

Průkopníky v oblasti používání kabinových filtrů byly v devadesátých letech automobilky BMW a Mercedes. V dnešní době již montuje kabinové filtry do svých automobilů většina evropských automobilek a to jak u automobilů vybavených klimatizací, tak i bez ní.

Kvalitní kabinové filtry bývají opatřeny tzv. předfiltry, které slouží k zachycování větších nečistot, hlavní část filtru je tudíž více chráněna a tím je dosaženo prodloužené životnosti filtru. S vrstvenými filtry se můžeme setkat např. u automobilu Mercedes Benz třídy S. Ten je vybaven třívrstevným kabinovým filtrem, jehož třetí vrstva slouží k filtraci během vnitřní cirkulace vzduchu, na kterou se klimatizace přepíná v případě silně znečištěného vzduchu přicházejícího zvenčí. [134; 132]

2.5.2 Vzduchový filtr

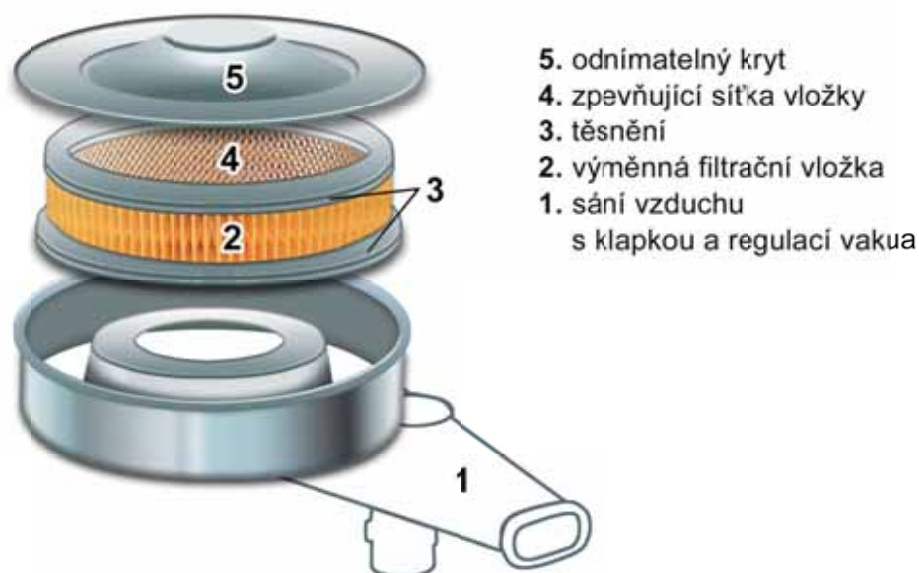
Základními částmi vzduchového filtru jsou výměnná filtrační vložka a odnímatelný kryt. Moderní palivové filtry jsou konstruovány pro 99 % účinnost při filtrování nečistot o rozměru několika milimetrů. Automobil se spalovacím motorem spotřebuje na 1 litr benzínu přibližně 10 m³ vzduchu. Proto je u filtru třeba zajistit co nejmenší průtokový odpor při zachování vysoké účinnosti filtrování. [134]

2.5.2.1 Funkce vzduchového filtru

Hlavní funkce vzduchového filtru je ochrana prostoru motoru před drobnými nečistotami (prach, saze, ...), jež k němu pronikají zvenčí přes chladič a přes přední masku vozu. Použitím vzduchového filtru zároveň dochází k potlačení hluku proudícího vzduchu do filtrační jednotky. Další výhodou vzduchového filtru je omezení rizika nasátí vody do prostoru motoru.

Filtrační vložku je třeba udržovat čistou, protože zanesené póry mají za následek zvyšování průtokového odporu a značný rozdíl tlaků před a za filtrační vložkou, což

může mít negativní dopad na výkon motoru. V závislosti na podmínkách provozu (klimatické podmínky, prašnost prostředí atd.) je doporučováno měnit filtr alespoň jednou za rok. [134]



Obr. 36: Části vzduchového filtru se zesílenou konstrukcí [vlastní zpracování]

2.5.2.2 Typy vzduchových filtrů a používané materiály

Vzduchové filtry pro osobní automobily lze rozčlenit na kruhové a panelové.

1. **Kruhové vzduchové filtry** (Obr. 36) se vyznačují rozměrným pláštěm. V oblasti motoru bývá pro vzduchový filtr kvůli klimatizaci a dalšímu vybavení stále méně místa, proto se s kruhovými filtry v současných vozech setkáváme zřídka. Jejich nástupcem jsou ploché filtry panelové.
2. **Panelové vzduchové filtry** (Obr. 37) se díky ploché konstrukci a menším rozměrům snadno ukládají do stísněného prostoru motoru. I přes menší rozměry filtru je konstrukcí zajištěna velká plocha filtrační přepážky. Proto lze plochými filtry dosáhnout stejného *filtračního* účinku jako s filtry kruhovými.

Z technologického hlediska se snáze vyrábějí filtry kruhové, protože filtrační přepážka panelových filtrů má komplikovanější tvar a zpravidla je třeba instalovat zpevňující prvky pro zabezpečení jeho stability a pevnosti při provozu automobilu. Výrobu panelových filtrů se však již podařilo zautomatizovat a díky nesporným výhodám tohoto typu filtru jsou v současné době filtry velmi rozšířeny. [134]

U obou typů filtrů se často používá tzv. zesílená konstrukce. Jedná se o přilepení kovové popř. plastové sítě k filtrační vložce. Zesílená konstrukce se užívá především u výkonných motorů (popř. u motorů vybavených turbodmychadlem) s vysokou spotřebou vzduchu. Se zvyšujícím se nápoem vzduchu na filtrační vložku působí značné ohybové síly a bez zpevnění by hrozilo nebezpečí jejího nasátí do motoru.

Filtrační vložka vzduchového filtru bývá zpravidla zhotovena z papíru na bázi celulóзовého vlákna opatřeného impregnací fenolovými, popř. akrylovými

pryskyřicemi. Impregnace vláken má za následek zvýšení odolnosti vláken proti působení oleje, palivových výparů a vody. K papíru jsou v poslední době často přidávána syntetická vlákna pro zvýšení filtrační účinnosti a kvalitnější zachycování nečistot. Další variantou jsou výhradně syntetické nanovláknenné struktury, s nimiž lze při zachování stejného průtokového odporu i účinnosti zachytit až několikanásobně více nečistot než při použití papírového filtru. Filtry s nanovláknennou strukturou se tudíž mohou vyrábět v menších rozměrech se zachováním vlastností větších filtrů papírových. Nevýhodou těchto filtrů je jejich snížená tuhost, která lze však posílit politím filtrační přepážky plastickou hmotou ve vstřikovací formě, kde se utvoří pevný rám.



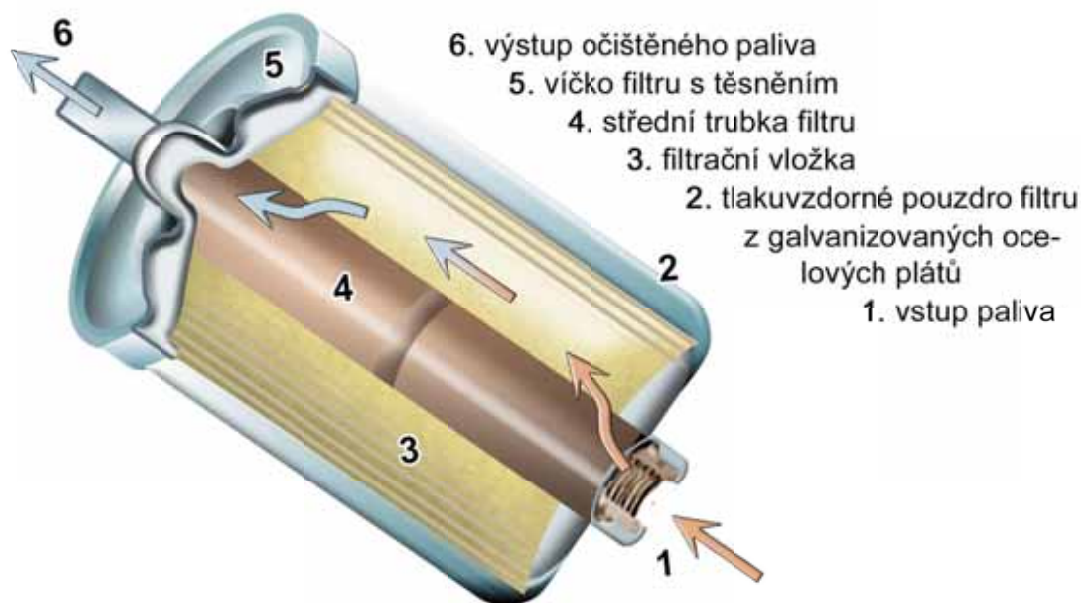
Obr. 37: Panelový vzduchový filtr [vlastní zpracování]

Pro zvýšení absorpčních schopností filtru lze filtrační materiály vrstvit. Každá vrstva se vyznačuje jinou strukturou a schopností zachytit jiný typ nečistot. Příkladem vrstvení jsou panelové vzduchové filtry s tzv. prefiltrem. Jedná se o nalepení dodatečné vlákninové filtrační přepážky na vršek záhybů panelové vložky filtru. Tato úprava je vhodná především pro provoz v oblastech se zvýšenou prašností, popř. je-li vyžadována delší doba mezi jednotlivými výměnami filtru. Vrstva prefiltu slouží k zachycení větších nečistot a dochází tím k ochraně vlastní filtrační vložky. [136; 82]

2.5.3 Palivový filtr

Palivové filtry se používají k zachycování nečistot obsažených v benzínu či v naftě. Tím se podílejí prodlužování životnosti palivové soustavy motoru. Paliva obsahují nečistoty z různých fází jejich výrobního procesu - vodu, rez ze stěn nádrží, prach, mikroorganismy z vody apod. Ty se mohou negativně odrazit na funkci čerpadel, ventilů tlakových regulátorů i vstřikování. Při filtrování nafty je potřeba zajistit separování vody, která se emulguje v palivu.

Palivové filtry jsou umístěny v systému palivového potrubí, a to buď přímo v motorovém prostoru, anebo pod palivovou nádrží. Na palivové filtry jsou kladeny vysoké nároky. U nově vyrobených vozů je požadována vyšší než 90 % účinnost zachycování částic o rozměru 3 - 5 μm . Aby bylo této vysoké účinnosti dosaženo, je potřeba do palivového systému umístit více než jeden filtr. V případě, že jsou filtry ucpané, zastaví se pro nedostatek paliva chod motoru. [132; 137]



Obr. 38: Části palivového filtru [vlastní zpracování]

2.5.3.1 Typy filtrů a používané materiály

U starších typů automobilů se pro filtry k hrubší filtraci používaly polyesterové netkané textilie, pro důkladnou filtraci potom papír na bázi celulóзовých vláken opatřených impregnací epoxidovými (popř. fenolovými) pryskyřicemi, popř. obohacený o syntetická vlákna. U současných automobilů byly vyvinuty vícevrstvé polosyntetické a syntetické materiály.

2.5.3.1.1 Klasické palivové filtry

U klasických papírových filtrů je u jejich vložek kladen důraz na pevnou konstrukci odolnou působení tlaku i značným teplotním výkyvům. Jádru a dna filtru chrání filtrační přepážku proti poškození jsou pro zajištění pevnosti zhotovena z perforovaného plechu. Používá se také papírový vnější ochranný kryt filtrační přepážky. Jeho použitím se minimalizuje riziko slepení sousedních záhybů papírové vložky. Poměrně komplikovaná konstrukce se odráží ve vyšších nákladech na tento typ filtru. Schéma klasického palivového filtru je zachyceno na Obr. 38.

V současné době se zvyšujícími se požadavky na ekologii se mnoho výrobců automobilů přiklání k EKO vložkám filtrů bez obsahu kovů.

2.5.3.1.2 Kazetové palivové filtry

Kazetových filtrů je často používáno jako prvních filtrů při vícestupňové filtraci. Vyznačují se vysokou účinností čištění. Jejich součástí je separátor vody s výpustným ventilem pro zajištění sedimentačního procesu odlučování vody z paliva. Při průtoku paliva filtrační přepážkou dopadají kapky vody z dna usazovací nádrže. Pokud by z paliva nebyla filtrací odstraněna voda, kovové součásti palivového systému by snáze podlehly korozi.

U nově vyrobených osobních automobilů se kazetové palivové filtry zpravidla nepoužívají, častěji jsou instalovány EKO-filtry.

2.5.3.1.3 EKO filtry

Současným trendem filtrace v automobilech jsou EKO vložky, jejichž jádro i dno je zhotoveno z plastů. Vložky do palivových filtrů bez obsahu kovů jsou levnější a zároveň se snáze zpracovávají po ukončení jejich životního cyklu. Díky absenci kovů není při likvidaci nutno jednotlivé části vložky separovat. Přepážky EKO filtrů se vyznačují vyšší pevností a ke slepování záhybů nedochází kvůli jejich povrchovým nerovnostem vzniklým při procesu plisování (překládání).

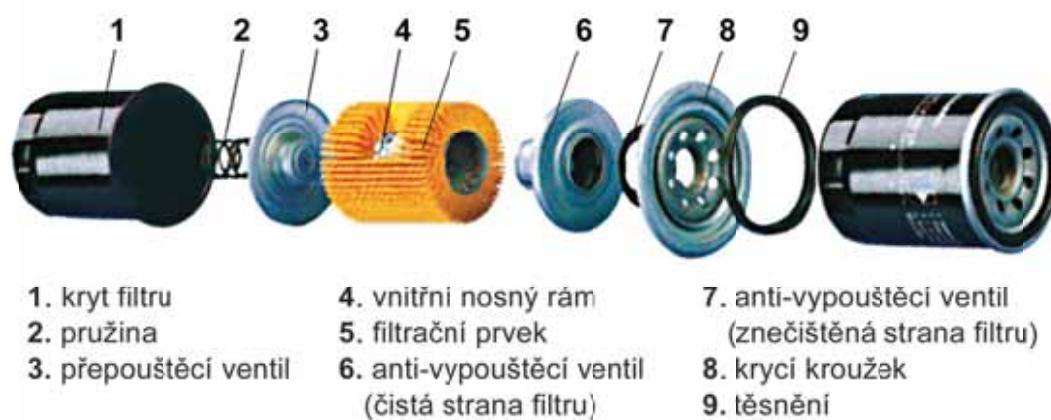
2.5.3.1.4 In-line filtry

In-line filtry jsou nejběžněji používány v benzínových motorech se vstřikováním a karburátorem. Součástí in-line palivových filtrů je papírová filtrační vložka se záhyby, popř. navíjecí filtrační vložka. Filtrování s navíjecí vložkou je velmi důkladné, ale s horší schopností absorpce. Tento problém lze vykompenzovat zvětšením povrchu filtrační přepážky.

V současné době se s filtry s vložkami uloženými do rozebíratelných plášťů nejčastěji setkáváme u objemných motorů nákladních automobilů. [137; 132]

2.5.4 Olejový filtr

Olejový filtr (Obr. 39) se umísťuje na boční část bloku motoru. Při každém procesu cirkulace z olejového čerpadla do motoru je olej protlačen olejovým filtrem a dochází k jeho čištění. Použitím olejového filtru je zabezpečena konstantní přítomnost malého množství oleje v systému v případě, že je motor vypnutý. V tom případě se olej usazuje u dna motoru a po nastartování opět stoupá díky zpětnému ventilu k vrchní části.



Obr. 39: Části olejového filtru [138]

V případě, že by olej nebyl filtrován, došlo by k jeho zahoustnutí a riziku vzniku škod podobným účinkům brusné pasty. Zanesený olejový filtr brání průtoku oleje, proto je třeba jej měnit po ujetí 10 000 km anebo po uplynutí 6 měsíců. Výměna filtru je nezbytná také při každé výměně oleje.

2.5.4.1 Funkce olejového filtru

- **Zachycování nečistot** - Olejový filtr slouží k zachycování drobných nečistot z cirkulujícího oleje. Při použití kvalitního filtru jsou nečistoty zachycovány bez snížení průtoku oleje do motoru.
- **Chlazení** - Vzájemným třením částí motoru i zážehem motoru při nastartování vzniká teplo, které je účinně absorbováno olejovým filtrem.

Nečistoty jsou zachycovány dvěma způsoby. Větší částice jsou zachytávány na povrch filtračního média, aniž by došlo k ucpávání póru filtračního prvku. Drobnější nečistoty jsou pak působením tlaku oleje vtaženy dovnitř filtračního média. [138]

2.5.4.2 Materiály pro olejový filtr

Plášť filtru bývá zpravidla celokovový pro zamezení nebezpečí proražení. Vinutá pružina zhotovená z oceli se používá k zabezpečení správného tlaku na jednotlivé části filtru. Filtračním prvkem je papír či pryskyřicí impregnovaná netkaná textilie vrstvená mokrou cestou. V těsnící jednotce filtru se zpravidla vyskytuje teflon (polytetrafluorethylen). Teflon se do nedávné doby používal i jako aditivum do motorových olejů. Vycházelo se z předpokladu, že se teflonová vrstva nanese na pohyblivé části motoru a tím poskytne dílům delší životnost a zároveň úsporu paliva. Avšak po rozsáhlém výzkumu společnosti Dupont (výrobcem Teflonu) bylo prokázáno, že tento materiál je jako aditivum nevhodný. Sám o sobě se totiž nemůže nikam nanést, aby vytvořil ochranný film. Přítomnost teflonu se může negativně odrazit na funkci olejového filtru. Hořením teflonu ve spalovacím prostoru vzniká kyselina fluorovodíková, která způsobuje korodování výfukového potrubí [138; 139; 82].

2.6 Pneumatiky

Pneumatiky patří mezi velmi významné prvky vozu, protože jsou pojítkem mezi automobilem a vozovkou. Jejich hlavní funkcí je přenášení sil, které pohánějí i brzdí vůz a zároveň nesou jeho váhu. Pneumatiky by měly zajistit absorpci menších nerovností na vozovce. Konstrukce a složení pneumatiky se odrazí jak na komfortu a jízdních vlastnostech vozu, ale také na bezpečnosti posádky. Tyto základní funkce pneumatiky jsou svým způsobem protichůdné. Absorpce nerovností vyžaduje pružnou a ohebnou strukturu pneumatiky, zatímco předpokladem pro komfortní hladkou jízdu je potřeba zachovat konstantní účinný rozměr pneumatiky. V případě jízdy po mokré vozovce musí vzorek pneumatiky zajistit odvod vody z míst, ve kterých se pneumatika stýká s povrchem vozovky. S narůstajícím počtem drážek pneumatiky však narůstá také její náchylnost k opotřebení a zvyšuje se hlučnost během jízdy. [82]

2.6.1 Části pneumatiky

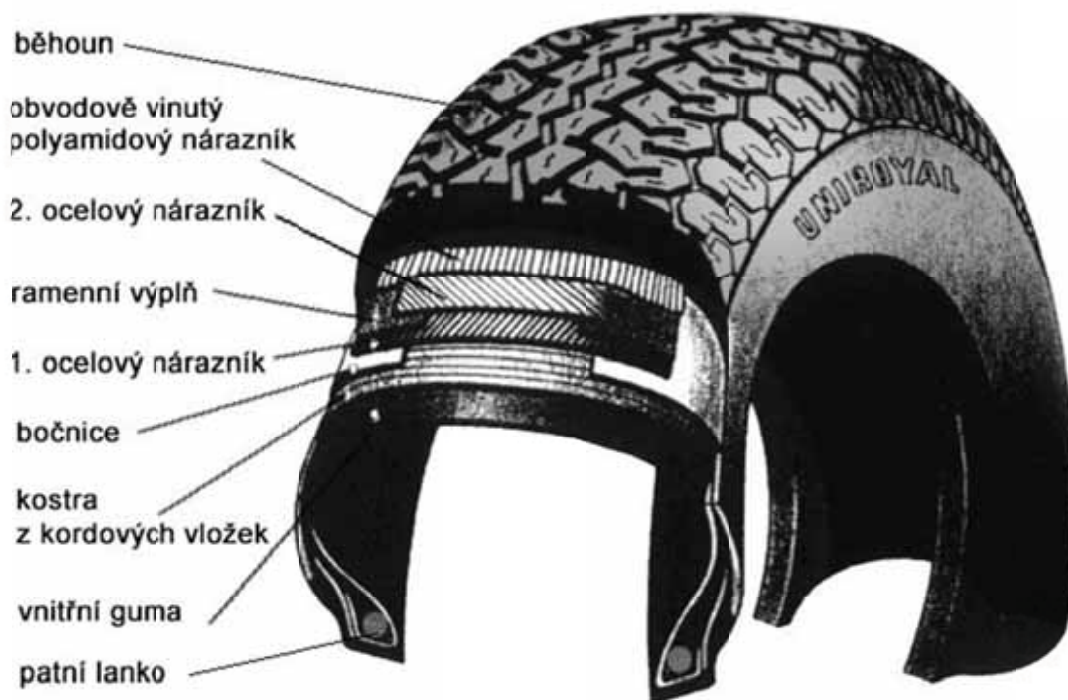
Schéma řezu pneumatikou se zobrazením materiálových vrstev základních částí pneumatiky je na Obr. 40

Běhoun je součástí pláště pneumatiky. Bývá opatřen dezénem a zajišťuje styk kola s vozovkou. Tloušťka běhounu ovlivňuje zahřívání pneumatiky. Hlavními úkoly běhounu je zajistit přilnavost k vozovce a odolávat opotřebení pneumatiky. Plášť pneumatiky může být v některých případech opatřen dvouvrstvým běhounem, přičemž vnější vrstva má za úkol odolávat poškození a zajišťovat adhezi s povrchem vozovky a spodní část má zabezpečit co nejmenší hysterzi ztráty během dynamického namáhání a snížení valivého odporu.

Dezén (vzorek) je tvořen podélnými a příčnými drážkami. Minimální hloubka dezénu u letních pneumatik je v ČR stanoven na 1,6 mm, u zimních 4 mm.

Nárazník vytváří přechod kostrou pláště a běhounem. Funkcí nárazníku je zabránit trvalému poškození kostry pláště a stabilizace běhounu. Moderní nárazník je tvořen pogumovaným ocelovým kordem s vlákny uloženými v úhlu 15 - 20 % ke směru odvalování pneumatiky. Úkolem nárazníku je bránit plášť proti proražení a stabilizování běhounu v obvodovém směru. U osobních automobilů se na pneumatikách nejčastěji

používají dvě nárazníkové vrstvy, u nákladních jsou to zpravidla 3 až 4 vrstvy s možností dalšího prořezání dezénu.



Obr. 40: Řez pneumatikou [82]

Polyamidový nárazník nazývaný též překrývací nárazník, se nachází nad nárazníkem. Kordy leží ve směru odvalování. Plní funkci vyztužení běhounu a umožňuje dosahování vysokých rychlostí jízdy, aniž by došlo k podélné deformaci pneumatik. Snižuje valivý odpor a napomáhá zvýšení komfortu jízdy. Polyamidový nárazník je většinou kladen na nárazník v jedné nebo dvou vrstvách.

Bočnice slouží jako ochrana kostry pneumatiky před vnějšími vlivy. Je konstruována tak, aby vydržela několikanásobný ohyb, a tvoří spojení mezi patkou pláště a běhounem. Vyrábí se z přírodního kaučuku odolného vůči vzniku a prohlubování trhlin. Stárnutí kaučuku bočnic je zabráněno přidáváním antioxidantů a antiozonantů při výrobě kaučukové směsi. Tyto látky na sebe váží atmosferický kyslík i ozon.

Patka pláště přiléhá na ráfky vlivem tlaku vzduchu a zesiluje bočnice pláště. Jejím úkolem je přenos bočních sil mezi pláštěm a ráfkem a bránit úniku vzduchu v místech opěrných bodů ráfku.

Patní lanko tvoří výztuhu patky v obvodovém směru a slouží k bezpečnému ukotvení pláště pneumatiky na ráfku. Patní lanko se skládá z pogumovaného svazku vysokopevnostních ocelových drátů s připevněnými kordovými vložkami kostry pláště.

Kostra pláště je hlavní částí pláště tvořena vložkami z pogumovaných kordových vláken. Vložky jsou přichyceny u patních lan a určují základní vlastnosti pláště. Kostra pláště přenáší tažný moment, aniž by došlo ke změně tvaru pneumatiky, a brání jejímu roztržení během pracovního tlaku.

Jádro patky je tvořeno syntetickým kaučukem. Zabezpečuje přechod z tuhé oblasti patky do elastické oblasti bočnic pneumatik a přenáší příčné síly. V jádru patky jsou

obsaženy přídatné textilní nebo ocelové kordové výztuže, jež se podílejí na zvyšování ohybové tuhosti patky. Tím je zajištěno snížení vydouvání pláště pneumatiky v místech dosedacích ploch ráfku a eliminováno nebezpečí vysmeknutí pneumatiky z disku kola působením bočních sil.

Vnitřní gumová vrstva je vyrobena z butylového kaučuku (isoprenový a isobutylenový kopolymer) a zabraňuje úniku vzduchu z vnitřku pláště. U bezdušových pneumatik přejímá roli duše. [82]

2.6.2 Používané materiály

Výchozími surovinami k výrobě pneumatik jsou elastomery (přírodní či syntetické kaučuky), přísady do směsí s kaučuky, kordy z přírodních i chemických vláken a ocelové patní lano.

Prvním materiálem používaným k výrobě pneumatik byl irský len následován bavlnou. Kvůli obtížím těchto přírodních materiálů při vlhkosti a jejich nehomogenní struktuře se brzy po vynálezu umělých vláken od těchto surovin upustilo.

Pneumatikové kordy jsou vyráběny z vysoce pevných vláken, jako např. polyamid 6, polyamid 6.6, polyester, popř. viskóza. Tyto materiály se běžně používají v plášťové struktuře pneumatiky.

Kordy, tvořící ramenní výplň a nárazník, se zhotovují z vláken s vysokým modulem, nejčastěji p-aramidů (např. Kevlar), ze skelných vláken nebo oceli. [82]

2.6.2.1 Polyamid 6 a 6.6

Polyamid 6 a 6.6 byly používány hlavně pro diagonální pneumatiky v 50. a 60. letech. Jejich výhodami je především pevnost a vynikající přilnavost i únavová pevnost, nevýhodou naopak snížená odolnost proti zplošťování pneumatiky. S dnešními technologiemi tepelných úprav je však tento problém eliminován a s polyamidy se i dnes můžeme setkat např. u pneumatik nákladních automobilů.

2.6.2.2 Polyester

V současné době se většina plášťů pneumatik vyztužuje vlákny z polyesteru (polyethylentereftalátu). Aplikací polyesteru je zajištěna pevnost, vynikající rozměrová stabilita pláště a nedochází tak k zplošťování pneumatik. Nevýhodou polyesteru oproti viskóze je nutnost dvouetapového máčení při procesu výroby příze.

2.6.2.3 Viskóza

Výztuže z viskózových vláken byly používány dříve než výše zmiňované polyamidové a polyesterové. Ačkoli za normálních podmínek jsou kordy z polyesteru i polyamidu pevnější než ty viskózové, při rázech za zvýšené teploty (150 °C) viskóza ztrácí pevnost a modul pomaleji. Nevýhodou viskózových vláken je nižší rozměrová stabilita, výhodou je oproti polyamidu i polyesteru snazší výroba.

2.6.2.4 Sklená vlákna

Skelná vlákna se oproti viskóze, polyesteru i polyamidu vyznačují vyšším modulem, jsou však velmi křehká, proto musí být zapouzdřena disperzí latexové pryskyřice. Touto úpravou vláken je eliminováno odírání vláken během používání pneumatiky.

2.6.2.5 Ocelová vlákna

Ocelová vlákna pro kordy se vyrábějí z vysokouhlíkových ocelí mosazným povlakem. Výhodou ocelových vláken je značná tuhost a odolnost a používají se především pro nárazníky radiálních pneumatik.

2.6.2.6 Kevlar

Para-aramidová vlákna se používají především jako výztuže pneumatik výkonných automobilů. Oproti oceli je hustota kevlarových vláken pětinasobně nižší. Pevnost je přibližně trojnásobná než u vysocepevnostního polyamidu, viskózy i polyesteru. Modul pružnosti kevlaru přibližně odpovídá modulu oceli. Pevnost, rozměrová stabilita a teplotní odolnost jsou vlastnostmi, díky nimž se kevlarová vlákna přidávají do pneumatik vozů pro rallye a pro monoposty F1.

Z důvodu poměrně vysoké ceny kevlaru se rovněž používá v kombinaci s polyamidem za odolného materiálu pro kordy radiálních pneumatik s nízkou únavou materiálu. V kombinaci s polyesterem vzniká materiál s vyšším počátečním modulem a nižší deformací tečení, proto je tento materiál vhodný pro aplikace, kde je primárně požadována rozměrová stabilita. [82]

2.6.3 Výroba kordu

Kord je tvořen tkaninou s pevnými osnovními nitěmi (zhotovených z materiálů popsanych v předchozí kapitole) o jemnostech v rozmezí 100 - 167 tex. Hustota tkaniny je 5 - 15 osnovních nití na 1 cm a 5 - 15 útkových nití na 10 cm.

Osnovní příze se zhotovují skaním na dvouzákrutových, popř. kablovacích strojích a během tkaní kordu jsou odvíjeny přímo z cívečnice. Tkací stroje pro pneumatikové kordy jsou zpravidla vybaveny pneumatickým prohozem útku. Útek je zpravidla tvořen tenkou bavlněnou přízí.

Kordové tkaniny jsou pomocí kalandrovacích válců vpravovány do gumové směsi pneumatiky. Ta je tvořena přírodní a syntetickou gumou, sazemí a olejem. Princip kladení kordových vrstev se odvíjí od typu pneumatiky, nejrozšířenějšími jsou radiální pneumatiky, jejichž vrstvení je zachyceno na Obr. 40. V případě diagonálních pneumatik jsou kordové vrstvy pokládány šikmo, do tvaru písmene "V". Tento typ pneumatik se však dnes již téměř nepoužívá, protože jejich životnost bývá ve srovnání s radiálními pneumatikami poloviční.

2.7 Trendy v automobilovém průmyslu

2.7.1 Recyklovatelnost automobilů

Recyklovatelnost znamená v tomto případě možnost dalšího materiálového využití automobilových dílů po skončení jejich životního cyklu. Materiály a součásti vozu nacházejí využití ve výrobě granulátů, nábytku či některých produktů ze skla, atd.

Míra recyklovatelnosti se stanovuje tzv. recyklační kvótou. Pro osobní automobily byla Evropskou unií stanovena minimální recyklační kvóta 85 % hmotnosti vozu, přičemž pouze 5 % zbylé hmotnosti vozu může být uloženo na skládku, zbývajících 10 % by mělo být využito energeticky. Od roku 2015 se dostane do platnosti nová kvóta požadující minimálně 95 % recyklovatelnost. [140]

Příklady opětovného využití recyklovaných částí automobilu:

Karoserie, kola z lehkých slitin, ocel a veškeré kovové materiály lze přetavit a použít znovu ke stejnému účelu pro nový automobil. K původnímu účelu lze zrecyklovat rovněž baterie automobilu.

Katalyzátor obsahuje platinu. Platina se řadí k nejvzácnějším kovům a je velmi odolná vůči korozi. Nedochází u ní k oxidaci na vzduchu, řadí se mezi tepelně odolné

materiály s dobrými vodivé vlastnosti. Její využití pro katalyzátory diesellových motorů tvoří přibližně 29 % celkové poptávky po tomto materiálu. Použitím platiny lze vyrobit díly, které se podílejí na snižování emisí vozu. Při recyklaci vozu lze platinu získáno z katalyzátoru opět využít k témuž účelu. Rovněž je ale možno tento materiál použít k výrobě částí počítačů či optických vláken.

Recyklovat lze také motorový olej, jenž může po očištění opět plnit svou funkci v motoru anebo jej lze využít jako jiné mazivo. Recyklaci podléhají i větší plastové díly určené k demontáži. [140]

2.7.2 Přírodní vlákenné materiály v automobilech

Zatímco u většiny výrobců automobilů jsou pro exteriéry i interiéry vozů ve stále větší míře aplikovány produkty ropy, skelná vlákna apod., pak např. Ford nebo Honda se vydali opačnou cestou.

U Fordu se pracuje na vývoji nových kompozitních materiálů se stále se zvyšujícím podílem přírodních surovin. Používaným materiálem je např. sójová mouka (výroba sójové pěny pro výplně sedaček a hlavových opěrek), kokosová vlákna (vyztužení materiálu pro interiérové přihrádky, středový panel a podvozkové panely), celulóza a cukr z kukuřice, konopí, cukrová třtina, cukrová řepa apod. (Obr. 41)

Dalším odvětvím vývoje je snaha zhotovit biodegradabilní plast. Nazývá se polyaktická kyselina (PLA). V porovnání s plasty ropného původu, k jejichž rozložení na skládce by došlo přibližně za tisíc let, lze tento materiál rozložit během devadesáti dní. Skládá se z cukrů kukuřice, cukrové řepy, cukrové třtiny a dalších rostlin.

U aktuálně vyráběných modelů Fordu (Mustang, Focus, Escape) je pro výplň sedáků a opěrek autosedaček použita polyuretanová pěna na bázi sóji. Tento materiál se vyskytuje také u stropních podhledů některých modelů. [141; 142]



Obr. 41: Možné zdroje přírodních materiálů [143; 144; 145]

2.7.2.1 Biotkanina pro čalounění vozu

Automobilkou Honda je pro potahy sedadel (např. v modelu FCX Clarity) používán polyesterový materiál PPT (polypropylen tereftalát). Připravuje se polymerací 1-3-propandiolu, vyráběného z kukuřice a kyseliny tereftalové. Ke zlepšení stability tkaniny byla aplikována vícevláknenná struktura. Tkanina se vyznačuje vysokou trvanlivostí a výbornou odolností působení slunečnímu záření. Kromě toho je díky vysoké pružnosti tkaniny dosaženo netradičních estetických vlastností (Obr. 42)

Používání suroviny na rostlinném základě se pozitivně odráží ve snížení spotřeby energie během výrobního procesu o 10 - 15 % oproti polyesterovým vláknům z ropného základu. Zároveň dochází ke snížení emisí CO₂ o 5 kg na automobil.

Biotkaninu lze zpracovávat stejně procesem výroby tkanin jako ostatní syntetická vlákna, proto není problém vyrábět ji i v masovém měřítku. [143]



Obr. 42: Biotkanina v interiéru vozu Honda FCX Clarity [144; 145]

2.7.2.2 Dveřní panely z přírodních materiálů

V interiéru současného modelu Escape je uvnitř dveřních panelů použit kenaf jako náhrada materiálu na ropném základu. Kenafové panely jsou zhotoveny ze směsi kenafu a polypropylenu (50 % a 50 %) a ve srovnání s panely konvenčními až o 25 % lehčí. Tento automobil má být po ukončení životního cyklu recyklovatelný z 85 %.

Kenaf je jednoletá i víceletá rychle rostoucí rostlina původem z Afriky dorůstající výšky 1,5 - 3,5 m během čtyř až pěti měsíců. Vyznačuje se výbornou schopností absorbovat oxid uhličitý. Vlákna o délce 2 - 6 mm se získávají z kůry i vnitřní části rostliny. [146]

Krom Fordu využívá kenaf do dveřních panelů i do desek opěrek autosedaček také Toyota. Ta se aplikací přírodních vláken do interiéru automobilů zabývá již od roku 1990 a v roce 2000 byl prezentován vůz s kenafovým dveřním čalouněním. S kenafem se můžeme setkat například u vozu Lexus GS. [147]



Obr. 43: (Zleva) Kenaf v dveřních panelech Fordu Escape a Lexus GS [148; 149]

2.7.3 Trend snižování hmotnosti vozu

Jednodušší cestou ke snížení spotřeby a nižším emisím CO₂ je snižování hmotnosti. Tradiční kovové materiály pro výrobu částí automobilů, jako je například ocel, jsou

postupně nahrazovány plasty. V roce 2006 tvořily polymerní látky 15 % všech použitých materiálů v nově vyrobených automobilech a tento trend se nadále rozšiřuje.

2.7.3.1 Používání plastů

Problém nastává při snaze používat plasty na vnějších částech automobilu, které se zpracovávají v karosárně. Mají totiž odlišné požadavky na zpracování - např. spojování: lepení (místo bodového svařování) a také neprochází lakováním jako kovové díly. V případě, že by lakovací linkou prošel automobil s plastovými i kovovými částmi, výsledný odstín jednotlivých dílů by se mohl výrazně lišit, nehledě na rozšiřování těchto rozdílů v důsledku dlouhodobého působení slunečního záření a dalších vlivů.

Řešením je výroba plastových dílů vstřikováním. Použití plastových částí v deformačních zónách automobilu přispívá k vyšší bezpečnosti chodců v případě střetu s vozidlem. V posledních letech se u některých luxusnějších automobilů začala používat okna vytvořená vrstvením skla a plastu. Tímto metodou se vyrábějí skla používaná v letectví. Výsledný materiál je schopen odolat dokonce i úderům palice a zároveň chrání posádku v případě nehody.

2.7.3.2 Trend hojnějšího používání netkaných textilií

Výroba netkaných textilií tvoří přibližně 20 % celosvětově vyráběných textilií a toto číslo každoročně narůstá. Netkané textilie se zhotovují z vláknenné vrstvy s jednosměrně nebo náhodně orientovanými vlákny. Vláknena jsou spojena třením, kohezí nebo adhezí, popř. kombinací zmíněných metod. Mezi netkané textilie se neřadí papír ani výrobky zhotovené tkaním, pletením, plstěním či všíváním.

Jedním ze snazších a levnějších způsobů snížení hmotnosti vozu je používání dílů z netkaných textilií. V posledních letech se značně zvýšilo používané množství netkaných textilií v automobilu. Ve voze nyní můžeme najít kolem čtyřiceti dílů z tohoto materiálu. Vyskytují se jak v oblasti kufru v podobě vložek, tak i v kabině v podobě koberců, těsnění, filtrů, součástí potahů, sedadel, izolace, tak i v oblasti motoru - olejový a palivový filtr, těsnění kapoty atd. Více příkladů použití netkaných textilií v osobním automobilu je znázorněno na Obr. 44.

Netkané textilie jsou materiálem univerzálním se širokým spektrem využití. Lze s nimi snadno manipulovat při montáži, poskytují vyšší komfort při cestování díky pokročilé izolaci a filtraci, jejich použitím lze snížit riziko vzniku požáru a zvýšit voděodolnost. Netkané textilie napomáhají zvýšení odolnosti vůči oděru i stálosti při velmi vysokých teplotách. Díky jejich všestrannosti a relativně nízkým nákladům se netkané textilie používají také v dalších dopravních prostředcích - vlacích, letadlech, lodích, ale také vesmírných plavidlech a družicích.

Metodami výroby netkaných textilií lze úspěšně zpracovávat prakticky všechny textilní materiály, ale také technologický odpad vzniklý při textilní výrobě, který by byl jinak určen k likvidaci z důvodu vyššího obsahu nečistot, popř. příliš malé délce vláken pro případné další zpracování. Netkané textilie bývají nejčastěji tvořeny polypropylenovými vlákny a polyesterem, přírodní vláknenné materiály jsou zastoupeny minimálně. [150]



Obr. 44: Ukázka využití netkaných textilií v automobilu [150]

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. potah slunečních clon | 20. ozdobné tkaniny |
| 2. výplňový materiál slunečních clon | 21. polyuretanem potažený podklad |
| 3. výplň A, B a C sloupků | 22. uchycení potahů sedadel |
| 4. dveřní výplně | 23. výztuže pneumatik |
| 5. palivové filtry | 24. kryt podlahy kufru |
| 6. olejové filtry | 25. vložky kufru |
| 7. těsnící vložka kapoty | 26. tlumení výfuku |
| 8. zvuková izolace | 27. lisovaná palivová nádrž |
| 9. separátory baterií | 28. části karoserie |
| 10. kabinové vzduchové filtry | 29. plata zavazadlového prostoru |
| 11. kryty reproduktorů | 30. rámy oken |
| 12. potahy sedadel | 31. stropní čalounění |
| 13. tunel řadicí páky | 32. podklad čalounění |
| 14. koberce | 33. uložení reproduktorů |
| 15. autorohoze | 34. střešní okno |
| 16. vinylový podklad potahů | 35. střešní panely |
| 17. podklad prošíváných koberců | 36. izolační materiály |
| 18. kryt ukotvení bezpečnostních pásů | 37. výztuhy stropního čalounění |
| 19. krytí bezpečnostních pásů | |

2.7.4 Trend globalizace

Globalizace bývá definována jako spojování světa v různých oblastech lidské činnosti. V automobilovém průmyslu se začal trend globalizace šířit kolem roku 1980. Rozvoj mezinárodního obchodu a finančně nenáročné pracovní síly v zemích, jako je Brazílie, Čína či Indie, přilákal automobilky rozvinutých zemí vyrábět části svých vozů zde a následně díly exportovat zpět. Také montáž vozu bývá často realizována jinde než v zemi původu automobilu. Globalizace napomáhá také konkurenceschopnosti jednotlivých automobilek.

Mini bývá považováno za ikonu mezi malými vozy a potažmo také za jeden ze symbolů zlaté éry britského automobilového průmyslu, jeho design i v dnešní době vkusně navazuje na původní vzhled Mini z 60. let. Značka Mini je ale nyní vlastněna německou automobilkou BMW. Automobil je od roku 2001 pro zachování tradice značky Mini opět montován ve Velké Británii, nicméně díly vozu pocházejí z různých částí světa. Konkrétní příklady globální spolupráce na výrobě tohoto automobilu jsou vysvětleny pod Obr. 45



Obr. 45: Původ dílů automobilu Mini [151]

1. Firma pro výrobu kapot automobilu značky Mini má sídlo v Rakousku, kapoty jsou však vyráběny v Nizozemí. Benzínový motor je zajišťován brazilskou společností Tritec Motors, která dodává také motorky pro Daimler-Chrysler. Dieselové motory pro Mini jsou vyráběny v Japonsku.
2. Čelní sklo vozu je vyráběno španělskou větví francouzské firmy Saint Gobain.
3. Střešní čalounění pochází z Velké Británie pod hlavičkou španělské mateřské firmy.
4. Sedadla jsou dílem britské pobočky americké společnosti Johnsons Controls.
5. Zpětná zrcátka pocházejí z německé pobočky kanadské společnosti.
6. Výfukový systém je vyráběn ve Velké Británii, přičemž mateřská firma je sídlem v USA.
7. Výroba kol vozu Mini je realizována v Itálii a v Německu, ložiska kol ve Velké Británii, přičemž se sídlo firmy nachází v USA.
8. Přední a zadní nárazník je vyráběn ve Velké Británii pro firmu sídlící v Kanadě.

[140]

2.7.5 Využití nanomateriálů

Nanotechnologie se často spojuje s vysokými hydrofobními vlastnostmi exotických rostlin. Tento lotosový efekt lze u různých materiálů vytvořit i uměle. Ve stavbě automobilů se využívají hlavně tyto fyzikální vlastnosti nanomateriálů:

- zlepšená mechanická pevnost
- zlepšená odolnost vůči oděru a poškrábání
- snížené tření
- odpuzování špíny
- antireflexní charakter.

Tyto vlastnosti nabízejí široké možnosti pro inovativní použití v automobilech:

- plasty zesílené nanotechnologickými částicemi, např. uhlíkových nanotrubic do uhlíkových kompozitů
- laky odolné proti poškrábání - vznik efektu lotosového květu, čirý nanolak poprvé použit automobilkou Chrysler v roce 2002
- chladicí kapaliny obsahující nanočástice s tepelnou vodivostí (např. měď) - dochází k převodu tepla do chladnějších míst
- nezamlžující a samočistící se skla - nátěr zajistí lepší stékavost dešťových kapek
- antireflexní povrchy (např. krycí vrstva přístrojových desek)
- baterie automobilů na elektrický pohon a vylepšení kapacity palivových článků
- katalyzátory výfukových plynů s nanočásticemi drahých kovů (např. platina) jimiž je katalyzátor pokryt [152]
- izolační materiály - v současné době se na Technické univerzitě v Liberci provádí testování izolačního materiálu z netkaných textilií opatřeného vrstvou nanovláken. Tento materiál by se mohl stát alternativou na izolační porézní materiály z polyuretanové pěny, která bývá opatřena zátěrem či folií. Přítomnost folie mívá za následek odrazení vysokých tónů a tento problém by byl v případě použití nanovláken zcela eliminován. [114]
- vsunovací lepidla (magnetické nanočástice) - používání vsunovacích lepených spojů s magnetickými nanočásticemi je dalším potenciálním oborem použití. V tomto případě se energie potřebná k vytvrzení zavádí cíleně vybuzením mikrovln. Tento postup otevírá další možnosti k modulárním a vylehčeným konstrukcím ve stavbě automobilů. Spleené nekovové části se mohou stejným principem bez poškození oddělit. Tak lze při opravách vyměňovat jednotlivé prvky a plasty se dají dlouhodobě opakovaně používat. [152]

3. DISKUZE

V raných počátcích automobilového průmyslu bylo při výrobě automobilu nutné vycházet z velmi omezeného množství druhů materiálů. Automobily zpočátku nedosahovaly vysokých rychlostí, protože to neumožňoval jak jejich pohon a konstrukce, tak terén. Situace se však změnila, popularita automobilů rostla a s přibývajícimi automobily se začaly zvětšovat požadavky na ně kladené jak z hlediska komfortu cestování, tak z hlediska bezpečí pasažérů. Bylo tedy potřeba vyvíjet stále nové a nové materiály pro interiér, ale též pro konstrukci vozu.

Automobily se postupně stávají čím dál většími a těžšími. Tím pádem komfortnějšími i bezpečnějšími, ale s narůstající hmotností automobilu narůstá také jeho spotřeba. V kombinaci s rychle rostoucím počtem automobilů má tato skutečnost velký dopad na životní prostředí. Problémem nejsou jen výfukové plyny jako takové, na ně jsou již vypsány emisní limity, ale hlavně značná spotřeba energie potřebné k výrobě kovů za vzniku atmosférických emisí i odpadních vod. V posledních letech už se mnoho výrobců snaží vyrábět automobily metodami šetrnějšími k přírodě a ekologičtější materiály už nacházejí v nově vyrobených vozech své místo.

K objevům některých materiálů došlo také v době krizí. Bylo zapotřebí použít nový materiál z důvodu nedostatku konvenčních materiálů. Např. v bývalé NDR byl v poválečné době nedostatek hlubokotažných plechů, proto bylo zapotřebí vyvinout materiál, který by mohl tyto plechy nahradit. Vznikl tak duroplast - materiál pro karoserii vozů Trabant. [153]

Jiným příkladem je Velká Británie, kde byly těsně po válce postaveny první Land Rovers, jejichž karoserie byla tvořena hliníkem, protože ho byly v továrnách na stíhací letadla přebytky. Toto řešení se velmi osvědčilo a hliníková karoserie se pro Land Rovers používá dodnes. [154]

V posledních desetiletích jsou nové materiály a technologie používané v automobilovém průmyslu původně vyvinuty pro kosmický program. Jedná se např. o izolační materiály a uhlíkové kompozity. Ideálním prostředím pro testování takových materiálů jsou závody Formule 1, kde jsou materiály vystaveny extrémním podmínkám. Pokud se materiál ve Formuli 1 osvědčí, zpravidla se pro něj brzy najde aplikace i do osobních automobilů. Některé nové materiály jsou testované také na dálkových rallye závodech - např. Rallye Paris - Dakar. Zde se uplatňují především materiály tepelné izolace (vyvinuté původně pro rakety Ariane), chránící pasažéry před teplotami výfukového systému, jež se mohou vyšplhat až na 800 °C.

V posledních letech roste tlak na snižování cen nově vyráběných automobilů, který v kombinaci s požadavky na bezpečnost posádky a snižování hmotnosti automobilů vyústil v potřebu nahradit konvenční materiály materiály novými. Tyto požadavky lze splnit aplikací lehčích materiálů (např. netkaných textilií) do interiérů automobilu a změnami procházejí i konstrukční řešení vozů, jejichž váha je optimalizována přidáním lehkých a pevných kompozitních materiálů (např. uhlíkové kompozity), které umožní zlepšení pevnosti a tuhosti konstrukce při zachování nízké hmotnosti. [155]

Hledání cest ke snižování cen automobilů bohužel vede k šetření na dílech, u kterých to dříve nebylo potřeba. Z toho důvodu kvalita nově vyrobených automobilů v mnoha případech klesá. Příkladem jsou například problémy rozvodových řetězů motorů TSI automobilky Volkswagen. Ačkoli se nahrazení řemenů řetězy zdálo být správným krokem (odolnější materiál, bezúdržbový provoz, životnost řetězu rovnající se životnosti motoru), řetězy mnoha motorů po ujetí několika tisíců kilometrů vypověděly službu, což zapříčinilo značné škody na motoru. Automobilka brzy přišla s vysvětlením,

že za selhání řetězců může dodavatelská firma. Otázkou však zůstává, proč jsou do nových motorů montovány evidentně nekvalitní a neozkoušené díly. Nízká cena dílů zde zřejmě sehrála velkou roli.

Dalším problémem, plynoucím ze snahy snížit cenu vozidla "za každou cenu", je korodování nových automobilů. Koroze byla zjištěna u vozů Mercedes třídy E (minulé generace) v prostoru motoru, u třídy C pod těsněním dveří a u třídy A na podvozku. Problém s korozí byl zjištěn i u Fordu, Mazdy atd. Ačkoli se ještě donedávna provádělo pozinkováním proti korozi po celé ploše karoserie, u nových automobilů se z důvodů snížení nákladů tato úprava ve většině případů provádí pouze do výšky oken. [156]

4. ZÁVĚR

Automobilový průmysl je rychle se rozvíjející obor s bohatou historií, která je stručně popsána v úvodní části práce. Kromě popisu historicky prvního automobilu se úvodní část práce zabývá i dalšími milníky v historii automobilového průmyslu, uspořádanými do časové osy. V další části je nastíněna problematika rychle se zvyšujícího množství automobilů a jejich neblahém dopadu na životní prostředí. Poslední kapitola úvodní části se snaží ukázat možná východiska a cesty, jimiž by se automobilový průmysl mohl ubírat v brzké budoucnosti a zmiňuje modely současných automobilů, které už "zelené technologie" obsahují.

Hlavní část práce je věnována materiálům. Je rozčleněna do kapitol podle oblasti použití materiálu v automobilu. V kapitole o materiálech pro konstrukční části vozu je velká část textu věnována oceli, protože se jedná o materiál s automobilem velmi úzce spjatý a hojně používaný i v současných vozech. Dále jsou popisovány kompozitní materiály, především kompozity s uhlíkovými vlákny, jejichž vývoj je již na takové úrovni, že by jimi mohla být v mnoha aplikacích ocel zcela nahrazena. Velkou překážkou ovšem zůstává cena a časově náročná výroba. Kvůli ní tyto materiály, aplikované v automobilu ve hojnějším množství, zůstávají převážně doménou drahých supersportovních automobilů, jimž je část práce také věnována. Raritou mezi dnes používanými materiály pro rám automobilu je dřevo, které lze zařadit k vlákennému materiálu. Proto je i jemu kratší pasáž textu věnována.

Rozsáhlá část práce je logicky věnována materiálům pro automobilové interiéry, kde se s textilními i vláknými materiály setkáváme především. Snahou bylo vždy alespoň stručně popsat konkrétní díl interiéru a následně materiály a technologii pro jeho vytvoření. Nebylo však možné do práce obsáhnout podrobnější popis všech používaných interiérových prvků.

Hlavní část práce zahrnuje tabulky s charakteristikami vybraných materiálů pro snazší odvození důvodů použití materiálů na danou aplikaci. Práce obsahuje také obrázky, jež jsem vytvořila ve vektorových a bitmapových grafických programech, pro lepší ilustraci popisovaného dílu nebo technologie.

Závěr hlavní části práce je věnován trendům posledních let orientovaným především na recyklovatelnost automobilů a rozšiřování aplikací přírodních materiálů. Dalšími stěžejním trendem je snižování hmotnosti vozu, jež je realizováno např. nahrazováním tradičních kovových dílů díly plastovými, a stále rostoucí aplikace netkaných textilií a používání nanovláken.

Diskuze je věnována faktorům, ovlivňujícím používané materiály v automobilovém průmyslu v průběhu let a poukazuje na skutečnost, že automobily jsou v mnoha případech pomyslným zrcadlem aktuálních poznatků z různých vědních oborů.

Ačkoliv bylo při psaní práce čerpáno z mnoha zdrojů - elektronických i tištěných - jsou některé pasáže (především v oblasti výrobních postupů a testování) stručnější. Zřejmě především proto, že si výrobci chrání své "knowhow", nejsou detailnější informace zveřejňovány. A pokud ano, jsou velmi obtížně dohledatelné. Některé pasáže tohoto textu tudíž nebylo možno napsat v takovém rozsahu, jak by bylo vhodné. Přesto věřím, že práce i v této podobě může posloužit jako učební text a jakýsi odrazový můstek k hlubšímu studiu popisovaných materiálů, dílů z nich zhotovených i metod použitých k jejich výrobě.

Seznam použité literatury

1. **iDNES.cz.** <http://auto.idnes.cz>. [Online] 2006. [Citace: 9. 11 2011.] http://auto.idnes.cz/benz-patent-motorwagen-automobilu-je-120-let-fk2-/auto_ojetiny.aspx?c=A060130_150019_auto_ojetiny_fdv.
2. [Online] 2011. [Citace: 2012. 02 01.] <http://aed-corner.blogspot.cz/2011/07/mercedes-benz-patent-motorwagen-is-back.html>.
3. <http://auto.idnes.cz/>. [Online] 2006. [Citace: 30. 11 2011.] http://auto.idnes.cz/historie-automobilismu-v-datech-doc-/auto_ojetiny.aspx?c=A060127_172200_auto_ojetiny_fdv.
4. <http://cs.wikipedia.org>. [Online] 2008. [Citace: 5. 11 2011.] http://cs.wikipedia.org/wiki/Automobilov%C3%BD_pr%C5%AFmysl.
5. **TENCER, D.** <http://www.huffingtonpost.ca>. [Online] 2011. [Citace: 15. 2 2012.] http://www.huffingtonpost.ca/2011/08/23/car-population_n_934291.html.
6. <http://en.wikipedia.org>. [Online] 2006. [Citace: 18. 10 2011.] http://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Roadster.
7. **PAVLŮSEK, O.** <http://www.auto.cz/>. [Online] 2011. [Citace: 12. 05 2012.] <http://www.auto.cz/tesla-vs-top-gear-spor-o-dojezd-elektro-roadsteru-56633>.
8. **SOUKUP, P.** <http://www.hybrid.cz>. [Online] 2011. [Citace: 09. 12 2011.] <http://www.hybrid.cz/testy/auto-na-vodik-honda-fcx-clarity>.
9. **ŠVANDOVÁ, K.** <http://autaveskole.jaknahmyz.cz/>. [Online] 3. 11 2010. http://autaveskole.jaknahmyz.cz/karoserie_a_podvozek.
10. **HLADNÝ, R.** <http://www.sossoukyjov.cz>. [Online] 2005. [Citace: 13. 12 2011.] http://www.sossoukyjov.cz/studovna/soubory/4/KAROSERIE_A_BEZPECNOST_S_PR.DOC.
11. <http://mbworld.org>. [Online] 2012. [Citace: 9. 10 2012.] <http://mbworld.org>.
12. <http://cs.wikipedia.org>. [Online] 2004. [Citace: 1. 9 2012.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ocel>.
13. <http://en.wikipedia.org>. [Online] 2005. [Citace: 12. 1 2012.] http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_brake.
14. **Ing. KOLNEROVÁ, M., Ph.D.; Ing. AUSPERGER, A., Ph.D.** [Online] 2010. [Citace: 9. 2 2012.] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/mtk/MTK2.pdf.
15. —. <http://www.ksp.tul.cz>. [Online] 2010. [Citace: 2. 4 2012.] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/mtk/Morfologie.pdf.
16. <http://www.allpar.com>. [Online] 2002. [Citace: 8. 1 2012.] <http://www.allpar.com/history/chrysler-years/chronological/chron2.html>.
17. **WILLIAMS, B.** <http://ezinearticles.com>. [Online] 2008. [Citace: 19. 1 2012.] <http://ezinearticles.com/?Automobile-Brakes&id=1058501>.
18. **MARSH, J.** <http://www.citroenet.org.uk>. [Online] 1996. [Citace: 12. 30 2012.] <http://www.citroenet.org.uk/passenger-cars/ac/10hp-b2-b10/10hp-toutacier.html>.
19. <http://www.novesluzby.cz>. [Online] 2011. [Citace: 3. 1 2012.] <http://www.novesluzby.cz/zajimavosti.209/citroen-vyber.21739.html>.
20. [Online] [Citace: 3. 1 2013.] <http://www.page13designs.com/denscars/images/2008-centry-of-transportation-016.jpg>.
21. <http://www.skifcz.cz/>. [Online] 1999. [Citace: 3. 1 2012.] <http://www.skifcz.cz/nerezova-ocel.htm>.
22. **BLOXHAM, M., J.** <http://antholonet.com/>. [Online] 2001. [Citace: 21. 1 2013.] <http://antholonet.com/EngineersCars/DeLorean/delorean.html>.

23. **ESPEY, J.** <http://delorean.com/>. [Online] 2011. [Citace: 15. 3 2012.] <http://delorean.com/content/news/electric/dmcevpr.pdf>.
24. **Doc. Ing. DAŘOUREK, K.** <http://www.kmt.tul.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 9. 11 2012.] http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_bakalari/ZMI/06kompozityzmi.pdf.
25. **Doc. Ing. ŠTEFAN, M., Ph.D.** <http://www.stefanmichna.com>. [Online] 2008. [Citace: 1. 3 2012.] http://www.stefanmichna.com/download/technicke-materialy_II/kompozitni_materialy.pdf.
26. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2010. [Citace: 2011. 10 30.] http://cs.wikipedia.org/wiki/VI%C3%A1knov%C3%A9_kompozity.
27. **MIKULÍKOVÁ, R.** *Kompozity pro automobilový průmysl*. Liberec : TU Liberec, 2011.
28. <http://www.vzlu.cz/>. [Online] 2007. [Citace: 4. 1 2013.] http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd==1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.vzlu.cz%2Fdownload.php%3Ffile%3D67&ei=BQDzUI-EHsO30QXS04HADw&usq=AFQjCNEEDuRKGVYoVnI58SIa_ohcKVXgQg&bv m=bv.1357700187,d.d2k.
29. <http://delta.fme.vutbr.cz/>. [Online] 1994. [Citace: 15. 2 2013.] <http://delta.fme.vutbr.cz/mikromechanika/kompozityA4.pdf>.
30. <http://www.ft.tul.cz/>. [Online] 2006. [Citace: 8. 2 2013.] http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/20061005/4-vlastnosti_vlaken.pdf.
31. **MAREČEK, P.** <http://www1.fs.cvut.cz/>. [Online] 2011. [Citace: 7. 12 2012.] http://www1.fs.cvut.cz/cz/U12110/vyzkum/Zeliv08/cd/PMO/Zeliv_PMO_04.pdf.
32. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2007. [Citace: 2011. 11 12.] http://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9_vl%C3%A1kno.
33. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2009. [Citace: 29. 3 2013.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Epoxid>.
34. <http://www.gdpkoral.cz/>. [Online] 2006. [Citace: 18. 1 2013.] <http://www.gdpkoral.cz/co-jsou-kompozitni-materialy/w6>.
35. <http://racingsports.mfstatic.cz/>. [Online] 2008. [Citace: 2012. 28 12.] <http://racingsports.mfstatic.cz/assets/files/flmag/4508.pdf>.
36. **HLAWICZKA, P.** <http://flnews.autoroad.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 15. 1 2013.] <http://flnews.autoroad.cz/technika/36549-pruvodce-uhlikovymi-vlakny-v-fl/>.
37. **WAN, M.** <http://www.autozine.org/>. [Online] 2006. [Citace: 27. 1 2013.] <http://www.autozine.org/Archive/Ferrari/classic/288GTO.html>.
38. [Online] [Citace: 7. 12 2012.] http://www.carstyling.ru/resources/classic/large/1984-86_Ferrari_288GTO_01.jpg.
39. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2007. [Citace: 14. 2 2013.] http://cs.wikipedia.org/wiki/Skleněná_textiln%C3%AD_vlákna.
40. [Online] [Citace: 15. 3 2013.] http://img.diytrade.com/cdimg/83100/413799/0/1057650328/Various_Kinds_Of_Glass_Fibre_X-1.jpg.
41. [Online] [Citace: 16. 3 2013.] http://th06.deviantart.net/fs25/PRE/i/2008/040/0/4/Glass_Fibre_by_Hauns.jpg.
42. [Online] [Citace: 2. 2 2013.] <http://elitecarbonfibre.co.uk/imgs/large/CarBodyInGlassFibre.jpg>.
43. <http://www.okna-budoucnosti.cz/>. [Online] [Citace: 20. 4 2013.] <http://www.okna-budoucnosti.cz/vyroba.aspx>.
44. [Online] [Citace: 26. 2 2013.] http://fibrolux.com/fileadmin/Bilder/pultrusion_machine.png.

45. [Online] [Citace: 20. 5 2013.] http://www.web-cars.com/images/vette_img/early_corvette-grp_a.jpg.
46. [Online] [Citace: 7. 2 2013.] <http://web-cars.com/corvette/1953-3.php>.
47. [Online] [Citace: 21. 5 2013.] http://3.bp.blogspot.com/-Wik-EkwxHPY/UM92EAyvcPI/AAAAAAAAACS4/_vYV0atv2FY/s1600/54+vette+rear+
48. <http://www.time.com/>. [Online] 2010. [Citace: 20. 5 2013.] http://www.time.com/time/specials/2007/article/0,28804,1658545_1657867_1657783,00.html.
49. <http://www.partaj.cz/>. [Online] 1999. [Citace: 8. 5 2012.] <http://www.partaj.cz/index.php/encyklopedie-klasickych-vozu/316-veteran-lotus/176-lotus-elite-1957-1963>.
50. [Online] [Citace: 5. 11 2011.] <http://www.erareplicas.com/misc/stress/deslogic.htm>.
51. [Online] [Citace: 6. 4 2012.] <http://www.favcars.com/lotus-elite-1957-63-photos-95378>.
52. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2011. [Citace: 5. 1 2013.] http://cs.wikipedia.org/wiki/Slitiny_hlin%C3%ADku.
53. **VOKÁČ, L.** <http://auto.idnes.cz/>. [Online] 2011. [Citace: 15. 1 2013.] http://auto.idnes.cz/hlinik-je-lepsi-nez-hybridni-pohon-uspori-palivo-a-zlepsijizdu-ps7-/automoto.aspx?c=A110419_223609_automoto_vok.
54. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2004. [Citace: 14. 1 2013.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Dural>.
55. **VOJTĚCH, D.** www.kmt.tul.cz/edu/. [Online] 2006. [Citace: 20. 5 2013.] http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_bakalari/NOM2/HLIN%C3%8DK%20a%20jeho%20slitiny_podklady.ppt.
56. **OLIVÍK, P.** <http://www.autorevue.cz/>. [Online] 2011. [Citace: 2. 1 2012.] <http://www.autorevue.cz/honda-nsx-japonske-ferrari>.
57. **ERDMANN, T.** <http://www.audi-journals.de>. [Online] 2010. [Citace: 2. 5 2013.] http://www.audi-journals.de/eJournals/mz3/default/index_4ringe_en.html#/28.
58. <http://www.autoabeceda.cz/>. [Online] 2004. [Citace: 4. 12 2013.] <http://www.autoabeceda.cz/co-je-to/asf-audi-space-frame.htm>.
59. **ŠIMEK, J.** <http://www.novinky.cz/>. [Online] 2003. <http://www.novinky.cz/auto/14713-audi-jedou-v-hliniku.html>.
60. **DVOŘÁK, F.** <http://auto.idnes.cz/>. [Online] 2012. [Citace: 1. 15 2013.] http://auto.idnes.cz/horcik-snizi-spotrebu-general-motors-d8j-/automoto.aspx?c=A121025_170347_automoto_fdv&setver=fullhttp://auto.idnes.cz/horcik-snizi-spotrebu-general-motors-d8j-/automoto.aspx?c=A121025_170347_automoto_fdv&setver=full.
61. <http://www.magnesium-elektron.com/>. [Online] [Citace: 18. 12 2012.] <http://www.magnesium-elektron.com/markets-applications.asp?ID=7>.
62. <http://www.hydro.com/>. [Online] 2007. [Citace: 9. 12 2012.] <http://www.hydro.com/en/About-Hydro/Our-history/1946---1977/1950-The-metal-is-magnesium-the-car-is-the-Beetle/>.
63. <http://www.madle.org/>. [Online] 2004. [Citace: 25. 1 2013.] <http://www.madle.org/elesabre.htm>.
64. <http://www.magnesium-elektron.com>. [Online] 2011. [Citace: 4. 5 2013.] <http://www.magnesium-elektron.com/markets-applications.asp?ID=7>.
65. <http://community.fireengineering.com/>. [Online] 2008. [Citace: 1. 2 2013.] <http://community.fireengineering.com/forum/topic/show?id=1219672%3ATopic%3A68010>.

66. **NĚMEČEK, P.** <http://www.kvm.tul.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 8. 4 2013.] <http://www.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%201.pdf>.
67. <http://en.wikipedia.org/>. [Online] 2004. http://en.wikipedia.org/wiki/McLaren_F1.
68. [Online] [Citace: 2. 11 2012.] <http://www.topspeed.com/cars/mclaren/1993-mclaren-f1-ar3282/picture46921.html>.
69. [Online] [Citace: 5. 8 2012.] <http://carwalls.mi9.com/mclaren/3158/1993-mclaren-f1-1600x1200-image-5.jpg>.
70. [Online] [Citace: 11. 5 2012.] http://www.formula1-dictionary.net/Images/chassis_mclaren_F1_carbon-fiber_monocoque.gif.
71. <http://f1news.autoroad.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 8. 2 2012.] <http://f1news.autoroad.cz/technika/36549-pruvodce-uhlikovymi-vlakny-v-f1/tisk/>.
72. <http://en.wikipedia.org/>. [Online] 2012. [Citace: 15. 5 2013.] http://en.wikipedia.org/wiki/Pagani_Huayra.
73. [Online] [Citace: 20. 5 2013.] <http://2.bp.blogspot.com/-vICPcpkIX5M/URzVWNaQAml/AAAAAAAAAAAs/lRAqIV9CSUI/s1600/pagani-huayra-engine-14.jpg>.
74. [Online] [Citace: 20. 5 2013.] <http://www.forcegt.com/wp-content/uploads/2012/03/pagani-huayra-carbon-edition-interior-1.jpg>.
75. [Online] [Citace: 16. 5 2013.] <http://www.highsnobiety.com/news/wp-content/uploads/2012/03/pagani-huayra-carbon-fiber-edition-12.jpeg>.
76. <http://www.mezistromy.cz/>. [Online] [Citace: 18. 5 2013.] <http://www.mezistromy.cz/cz/vyuziti-dreva/vlastnosti-dreva/jasan>.
77. [Online] [Citace: 24. 5 2012.] <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/MorganWoodDoorFrame.jpg>.
78. [Online] [Citace: 23. 5 2012.] <http://media-cache-is0.pinimg.com/192x/30/8e/31/308e31b82aaebf5233e792cf942b9c1e.jpg>.
79. <http://www.autopruvodce.cz/>. [Online] 2011. [Citace: 20. 4 2012.] http://www.autopruvodce.cz/novinky/morgan_oficialne_v_CR.
80. **Ing. Jiří Samsonek, Ph.D.** <http://www.itczlin.cz/>. [Online] 2011. [Citace: 15. 4 2013.] http://www.itczlin.cz/editor/files/prilohy/automotive_2011/2011_emisni_testy_analytika.pdf.
81. **MARKOVIČOVÁ, A.** *Sedadlá pro osobné automobily*. Liberec : TU Liberec, 2008.
82. **MUKHOPADHYAY, S.K., PARTRIDGE, J.F.** *Automotive Textiles*. Penssylvania : Textile Institute, 1999. ISBN 1870372212.
83. **KRACÍK, M.** *Čalounické materiály pro automobilový průmysl*. Liberec : TU Liberec, 2007.
84. <http://www.thetruthaboutcars.com/>. [Online] 2012. [Citace: 19. 1 2013.] <http://www.thetruthaboutcars.com/2012/04/review-2012-mercedes-benz-ml350/>.
85. **PROKOPOVÁ, O.** *Textilie pro automobilový průmysl - potahy*. Liberec : TU Liberec, 2008.
86. **OTISKOVÁ, M.** *Potahy*. Liberec : TU Liberec, 2006.
87. <http://www.calounictvi-pn.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 12. 4 2013.] <http://www.calounictvi-pn.cz/index.php?st=materialy>.
88. **KRATOCHVÍKOVÁ, K.** <http://www.kht.tul.cz/>. [Online] 2012. [Citace: 21. 5 2013.] <http://www.kht.tul.cz/items/A-BP/bp2012/Kratochv%C3%ADlov%C3%ADPorovn%C3%AD%20kožených%20a%20textil%C3%ADch%20autopotahů.pdf>.
89. <http://garmischtrek.shop1.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 5. 15 2013.] <http://garmischtrek.shop1.cz/thema/materialy-na-vyrobu-boticek/nubuk>.

90. <http://www.kod.tul.cz/>. [Online] 2012. [Citace: 19. 5 2013.]
[http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_5_LS_2012_Oddelovaci%20proces%20\[Rezim%20kompatibility\].pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_5_LS_2012_Oddelovaci%20proces%20[Rezim%20kompatibility].pdf).
91. <http://www.rm-kov.cz/>. [Online] 2008. [Citace: 19. 5 2013.] <http://www.rm-kov.cz/rez-vysokotlakym-vodnim-paprskem/>.
92. <http://www.duerkopp-adler.com/>. [Online] 2006. [Citace: 10. 4 2013.]
<http://www.duerkopp-adler.com/en/main/applications/automotive/41A/>.
93. [Online] [Citace: 15. 4 2013.] http://www.duerkopp-adler.com/export/sites/duerkoppadler/commons/applications/downloads/segment_automotive.pdf.
94. <http://www.ceskestavby.cz/>. [Online] 2004. [Citace: 20. 4 2013.]
<http://www.ceskestavby.cz/clanky/alcantara-nejodolnejsi-potahova-latka-soucasnosti-402.html>.
95. **Ing. SEDLÍK, R.** <http://www.bpp-brno.cz/>. [Online] 2006. http://www.bpp-brno.cz/data/File/Soucasny_stav...pdf.
96. **YERMAK, Y.** *Autopotahy*. Liberec : TU Liberec, 2011.
97. **HORÁČKOVÁ, N.** *Textilie používané pro autopotahy*. Liberec : TU Liberec, 2011.
98. [Online] [Citace: 17. 5 2013.] <http://www.duerkopp-adler.com/en/main/applications/automotive/41A/>.
99. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2006.
http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezpečnostn%C3%AD_pás.
100. <http://app.volkswagen.cz/>. [Online] [Citace: 21. 5 2013.]
http://app.volkswagen.cz/lexikon/?letter=p&lexicon_id=39.
101. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2006. [Citace: 7. 3 2013.]
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Airbag>.
102. **NĚMCOVÁ, M.** *Airbagy*. Liberec : TU Liberec, 2007.
103. [Online] [Citace: 19. 4 2013.]
<http://media.caranddriver.com/images/media/250157/2010-cadillac-srx-airbag-cutaway-photo-250163-s-1280x782.jpg>.
104. **Ondřej Pokorný.** <http://www.kht.tul.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 30. 4 2013.]
<http://www.kht.tul.cz/items/A-BP/2010/Pokorn%C3%BD%20-%20Textilie%20v%20interi%C3%A9ru%20osobn%C3%ADch%20automobil%C5%AF%20z%20hlediska%20akustick%C3%BDch%20vlastnost%C3%AD.pdf>.
105. **SUN, J., BARNES, A. J.** <http://www2.dupont.com/>. [Online] 2011. [Citace: 9. 5 2012.]
http://www2.dupont.com/Automotive/en_US/assets/downloads/materialsselectionairbagfabrics.pdf.
106. <http://www.johnsoncontrols.cz/>. [Online] 2013. [Citace: 20. 5 2013.]
http://www.johnsoncontrols.cz/content/cz/cs/products/automotive_experience/Interiors/Cockpits_and_Instrument_Panels.html.
107. <http://www.ksp.tul.cz/>. [Online] [Citace: 20. 5 2013.]
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm.
108. <http://www.ksp.tul.cz/>. [Online] [Citace: 5. 19 2013.]
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/05.htm.
109. <http://www.youtube.com/>. [Online] 2013. [Citace: 4. 5 2013.]
<http://www.youtube.com/watch?v=DU8lkIyva-s>.
110. <http://en.wikipedia.org/>. [Online] 2012. [Citace: 29. 4 2013.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Steering_wheel.
111. **MACH, J. R.** <http://books.google.cz/>. [Online] 2002. [Citace: 16. 5 2013.]
<http://books.google.cz/books?id=ZRIRLUxArSOC&pg=PA74&lpg=PA74&dq=kostr>

- a+volantu&source=bl&ots=aOXrzZ4rWe&sig=bOd4u_wd9wHIWggCsmePzXAb4BU&hl=cs&sa=X&ei=fRqdUamWDM_Lsga8zYGIBg&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q=kostra%20volantu&f=false.
112. <http://life.ihned.cz/>. [Online] 2012. [Citace: 1. 5 2013.] <http://life.ihned.cz/c1-56977220-luxusni-detail-v-novem-lexusu-volant-z-pruhovaneho-dreva-se-vyrabi-38-dni>.
 113. <http://www.takata.com/>. [Online] [Citace: 25. 5 2013.] <http://www.takata.com/en/products/steeringwheel02.html>].
 114. **BUZEK, P., PEROUTKA, V., POPOVÁ, N.** *Zvuková izolace automobilů pro oblast hlubokých tónů*. Liberec : TU Liberec, 2012.
 115. <http://www.borgers-group.com/>. [Online] [Citace: 11. 5 2013.] http://www.borgers-group.com/fileadmin/archiv/1allg_zugaengl_PDFs/broschueren/e_Image_FINAL_klein.pdf.
 116. **FEIXOVÁ, P.** *Autokoberce*. Liberec : TU Liberec, 2007.
 117. **NAGYOVÁ, I., BUTSCHKOVA, L.** *Izolace a odhlučnění*. Liberec : TU Liberec, 2007.
 118. **VOKÁČ, M.** <http://zpravy.idnes.cz/>. [Online] 2010. http://zpravy.idnes.cz/vedro-ohrozuje-ridice-za-hodinu-na-slunci-je-v-aute-i-o-50-stupnu-vice-1pn-domaci.aspx?c=A100716_221624_domaci_iky.
 119. **ROMANOVÁ, A.** *Stropní panely v automobilech*. Liberec : TU Liberec, 2012.
 120. <http://www.grupoantolin.com/>. *Corporate Newsletter*. [Online] 2012. [Citace: 21. 5 2013.] <http://www.grupoantolin.com/contenido1.asp?idioma=EN>.
 121. <http://www.odmaturuj.cz/>. [Online] 2007. [Citace: 19. 5 2013.] <http://www.odmaturuj.cz/technika/motory-zazehove-vznetove/>.
 122. <http://wiki.answers.com/>. [Online] [Citace: 2. 5 2013.] http://wiki.answers.com/Q/What_type_of_materials_are_engines_made_of.
 123. <http://wiki.answers.com/>. [Online] [Citace: 6. 5 2013.] http://wiki.answers.com/Q/What_materials_are_in_a_car_engine.
 124. [Online] [Citace: 6. 4 2013.] http://auto.amoskadan.cz/images/obrazy/motor1-4_se_vstrikovanim_FSI.jpg.
 125. <http://cs.wikipedia.org/>. [Online] 2005. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Litina>.
 126. <http://strojirenstvi.studentske.cz/>. [Online] 2008. [Citace: 4. 5 2013.] <http://strojirenstvi.studentske.cz/2008/10/slvrensk-slitiny.html>.
 127. <http://www.jaksetodela.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 8. 4 2013.] <http://www.jaksetodela.cz/video/1201/pisty-do-motor-jak-se-delaji-pisty-do-motor>.
 128. <http://mail.sstzr.cz/>. [Online] [Citace: 3. 5 2013.] <http://mail.sstzr.cz/web/download/cat1/strojirenska-technologie.pdf>.
 129. **AAA.** <http://wikihelp.autodesk.com/>. [Online] [Citace: 11. 5 2013.] http://wikihelp.autodesk.com/Inventor/csy/2013/Help/1310-Aplikace1310/1994-P%5%99%C3%ADru%C4%8Dka1994/2105-lo%C5%BEiska,2105/2122-V%C3%BDpo%C4%8Det_2122/2131-Materi%C3%A112131/2133-C%C3%ADnov%C3%A9_a2133.
 130. **DVOŘÁK, M.** <https://dspace.vutbr.cz/>. [Online] 2009. [Citace: 2. 5 2013.] <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/13841/Bc1x.pdf?sequence=1>.
 131. <http://www.technicke-plasty-tribon.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 20. 4 2013.] <http://www.technicke-plasty-tribon.cz/data/documents/spickove-plasty.pdf>.
 132. **VOŽENÍLKOVÁ, V.** *Konstrukce palivových filtrů*. Liberec : TU Liberec, 2012.
 133. <http://www.kht.tul.cz/>. [Online] 2010. [Citace: 20. 2 2013.] <http://www.kht.tul.cz/items/A-BP/2010/Pokorn%C3%BD%20>

- %20Textilie%20v%20interi%C3%A9ru%20osobn%C3%ADch%20automobil%C5%AF%20z%20hlediska%20akustick%C3%BDch%20vlastnost%C3%AD.pdf.
134. <http://www.autopart.cz/>. [Online] 2005. [Citace: 11. 5 2013.]
http://www.autopart.cz/generate_page.php3?page_id=7601.
 135. <http://www.autofiltr.cz/>. [Online] [Citace: 1. 5 2013.]
<http://www.autofiltr.cz/vzduchove-filtry/>.
 136. <http://www.autofiltr.cz/>. [Online] [Citace: 7. 5 2013.]
<http://www.autofiltr.cz/vzduchove-filtry/>.
 137. <http://www.autofiltr.cz/>. [Online] [Citace: 8. 5 2013.]
<http://www.autofiltr.cz/palivove-filtry/>.
 138. <http://www.autofiltr.cz/>. [Online] [Citace: 11. 5 2013.]
<http://www.autofiltr.cz/olejove-filtry>.
 139. <http://www.mjauto.cz/>. [Online] [Citace: 11. 5 2013.]
<http://www.mjauto.cz/html/teflon-aditivum-oleje.html>.
 140. <http://is.muni.cz/>. [Online] [Citace: 19. 4 2013.]
<http://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/vyroba.html>.
 141. **HOWARD, B.** <http://www.extremetech.com/>. [Online] 2011. [Citace: 2. 5 2013.]
<http://www.extremetech.com/extreme/99249-ford-to-complement-soy-car-seats-with-coconut-composite-body-parts>.
 142. <http://www.reliableplant.com/>. [Online] [Citace: 28. 4 2013.]
<http://www.reliableplant.com/Read/20034/ford-researchers-aim-to-create-greener,-lighter-plastics>.
 143. [Online] [Citace: 25. 5 2013.]
http://innovasians.com/files/iStock_000002178297Small.jpg.
 144. [Online] [Citace: 25. 5 2013.] <http://sanctuarysoil.com/wp-content/uploads/coconut-fibre.jpg>.
 145. [Online] [Citace: 25. 5 2013.]
<http://img156.imageshack.us/img156/8259/moresugar.jpg>.
 146. <http://news.autoroad.cz/>. [Online] 2007. [Citace: 19. 3 2013.]
<http://news.autoroad.cz/trh-pr/19623-biotkanina-pro-interiery-automobilu/>.
 147. [Online] [Citace: 11. 4 2013.]
http://0.tqn.com/d/cars/1/0/s/k/1/ag_09fcx_biofabric.jpg.
 148. [Online] [Citace: 11. 4 2013.]
<http://media.caranddriver.com/images/media/258648/2009-honda-fcx-clarity-interior-photo-258661-s-1280x782.jpg>.
 149. <http://www.kbb.com/>. [Online] 2012. [Citace: 6. 4 2013.] http://www.kbb.com/car-news/all-the-latest/2013-ford-escape-uses-eco_friendly-kenaf-plant-to-be-greener/2000007764/.
 150. <http://www.toyota-boshoku.com/>. [Online] 2012. [Citace: 13. 4 2013.]
<http://www.toyota-boshoku.com/global/news/120209.html>.
 151. [Online] [Citace: 9. 4 2013.]
http://www.iacgroup.com/documents/10180/15400/Kenaf_Doors.jpg/22e87fd8-f3db-4c5d-a049-e132db188ec0?t=1361544856832.
 152. [Online] [Citace: 11. 4 2013.] <http://www.toyota-boshoku.com/global/news/120209.html>.
 153. <http://www.edana.org/>. [Online] [Citace: 17. 1 2013.]
<http://www.edana.org/discover-nonwovens/products-applications/automotive>.
 154. [Online] [Citace: 29. 12 2012.] <http://stblogs.automotive.com/files/2012/08/2012-Mini-Cooper-Baker-Street-Exterior-Front-Quarter-Angle-623x389.jpg>.

155. <http://physics.ujep.cz/>. [Online] [Citace: 26. 4 2013.]
<http://physics.ujep.cz/~msvec/nanomaterialy/Nanomaterialy%20v%20automobilove%20prumyslu.pdf>.
156. <http://trabant.600.sweb.cz/>. [Online] 2008. [Citace: 24. 5 2013.]
<http://trabant.600.sweb.cz/zvyroby.htm>.
157. <http://www.aluminum.org/>. [Online] 2009. [Citace: 23. 5 2013.]
<http://www.aluminum.org/AM/Template.cfm?Section=Home&TEMPLATE=/CM/ContentDisplay.cfm&CONTENTID=27760>.
158. <http://auto.idnes.cz/>. [Online] 2012. [Citace: 24. 5 2013.]
http://auto.idnes.cz/problemy-motoru-tsi-0li-/automoto.aspx?c=A121111_220546_automoto_fdv.
159. <http://www.auto.cz/>. [Online] 2007. [Citace: 22. 5 2013.] <http://www.auto.cz/auto-build-qualittsreport-2007-koroze-se-vraci-10214>.
160. **BALÁŽ, L.** *Kompozity v automobilovém průmyslu*. Liberec : TU Liberec, 2011.
161. **KUNCLOVÁ, J., SIČÁKOVÁ, T.** *Výroba autotextilií - způsob laminace*. Liberec : TU Liberec.
162. **ANTOŠOVÁ, V.** *Použití textilních materiálů v automobilovém průmyslu*. Liberec : TU Liberec, 2007.
163. **ILEČKO, L.** *Využití textilních materiálů pro výrobu interiérových dílů v GrupoAntolin Bohemia a.s.* Liberec : TU Liberec, 2005.
164. **MIKULÍKOVÁ, R.** *Kompozity pro automobilový průmysl*. Liberec : TU Liberec, 2011.
165. [Online] [Citace: 24. 5 2013.] http://www.borgers-group.com/fileadmin/archiv/1allg_zugaengl_PDFs/broschueren/e_Image_FINAL_klein.pdf.
166. <http://mail.sstzr.cz/>. [Online] [Citace: 12. 5 2013.]
<http://mail.sstzr.cz/web/download/cat1/strojirenska-technologie.pdf>.
167. [Online] [Citace: 4. 1 2013.]
http://0.tqn.com/d/cars/1/0/s/k/1/ag_09fcx_biofabric.jpg.
168. http://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pdf/13a_13b_priloha2.pdf.
169. **OLIVÍK, P.** <http://www.autorevue.cz/>. [Online] 2011. [Citace: 1. 5 2013.]
<http://www.autorevue.cz/bezpecnostni-pasy-vyvoj-se-nezastavil>.