

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

Aplikace kompozitních materiálů v konstrukci dopravních prostředků
Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Valášek, Ph.D.

Autor práce: Jakub Češka

Praha 2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Češka

Technologická zařízení staveb

Název práce

Aplikace kompozitů v konstrukci dopravních prostředků

Název anglicky

Composite application in construction of means of transport

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit aktuální literární poznatky o možnostech využití kompozitních materiálů v konstrukci dopravních prostředků. Mezi dílčí cíle práce patří popsání základních mechanických charakteristik těchto materiálů, nastinit vývojové trendy v této oblasti a posoudit ekonomickou výhodnost využití kompozitních systémů ve sledované oblasti.

Metodika

- Současný stav řešeného problému (literární rešerše),
- závěry a přínos práce.

Doporučený rozsah práce

30 s.

Klíčová slova

Automobilový průmysl, částicová plniva, synergický efekt, vláknová plniva.

Doporučené zdroje informací

COWIE, JOHN MCKENZIE GRANT, VALERIA ARRIGHI: Polymers: Chemistry and Physics of Modern Materials, 3rd ed., Boca Raton: Taylor & Francis, 2007, 450 s.

Časopisy: Applied composite materials, Journal of Adhesion and Adhesives, Strojírenská technologie, Manufacturing Technology

EHRENSTEIN, G.W.: Polymerní kompozitní materiály, Nakladatelství Scientia 1. vydání, Praha, 2009, 351 s.

CHAWLA, KRISHAN K.: Composite Materials: Science and Engineering, 2. ed., New York: Springer, 1998, 542 s.

KAW, AUTAR K.: Mechanics of Composite Materials, 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006, 496 s.

MILTON, GREAME W.: The Theory of Composites, Cambridge: Cambridge Univ. Press 2, 2002, 719 s.

PARTRIDGE, IVANA K.: Advanced Composites 1. ed. London: Elsevier Applied Science, 1989, 452 s.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Valášek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 24. 1. 2016

doc. Ing. Miroslav Müller,

Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča,

CSc.

Děkan

V Praze dne 01. 03. 2019

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Aplikace kompozitních materiálů v konstrukci dopravních prostředků vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne

.....

Češka Jakub

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Petru Valáškoví, Ph.D. za vedení práce, rady a náměty při vypracování bakalářské práce.

Aplikace kompozitních materiálů v konstrukci dopravních prostředků

Abstrakt:

Cílem této bakalářské práce je nastínění aplikace kompozitních materiálů v konstrukcích dopravních prostředků. V první části práce zpracovává základní vlastnosti kompozitů, jejich vlastnosti a složení, klady a zápory. Druhá část práce je zaměřena na konkrétní aplikaci kompozitu v určité části dopravních prostředků. V závěrečné části je celkové zhodnocení kompozitů a přínos do budoucna. Hlavním přínosem je zjištění problematiky a využití kompozitních materiálů v automobilovém průmyslu. Dnešní koncerny se snaží zakomponovat více těchto materiálů do běžně využívaných automobilů a především do konstrukčních prvků karoserie, především z důvodu ušetření celkové hmotnosti vozidla, a tím tak snížit provozní náklady a požadavky na emisní zkoušky. Technologií pro zpracování kompozitů je celá řada, zde je ale vysvětlená především technologie, která se nejčastěji využívá v automobilovém průmyslu. Kompozit je lehký materiál s odlišnými vlastnostmi než oceli, je využíván ve větším měřítku v automobilovém průmyslu od dekoračních prvků až po prvky konstrukční. Velikou výhodou kompozitu je jeho hmotnost a další celkové vlastnosti.

Klíčová slova: Automobilový průmysl, částicová plniva, synergický efekt, vláknová plniva.

Application of composite materials in vehicle construction

Summary:

The aim of this thesis is to outline the application of composite materials in the construction of vehicles. In the first part of the thesis, it deals with the basic properties of composites, their properties and composition, advantages and disadvantages. The second part is focused on the concrete application of the composite in a certain part of the vehicles. In the final part, there is the overall evaluation of the composites and their contribution to the future. The main contribution is to find out the issue and use of composite materials in the automotive industry. Nowadays, corporations try to incorporate more of these materials into commonly used cars, especially into the

bodywork components, primarily to lower the total weight of the vehicle and thereby reduce operating costs and emission test requirements. There are many technologies for composites processing, but mainly the technologies that are used the most often in the automotive industry will be explained in this project. Composite lightweight material with different properties than steel, used on a larger scale in the automotive industry from decorative elements to structural elements. Great advantage of the composite is its weight and other overall properties.

Keywords: Automotive industry, particulate fillers, synergistic effect, fiber fillers

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Metodika a cíle.....	2
2.1. Cíle.....	2
2.2. Metodika.....	2
3. Využití kompozitů v koncernech automobilového průmyslu	2
3.1. Obecné informace o kompozitních materiálech využitých v konstrukcích dopravních prostředků	4
3.2. Dělení kompozitů podle matrice v návaznosti na optimalizaci v automobilovém průmyslu.....	6
3.3. Dělení kompozitů dle použitých vláken v návaznosti na optimalizaci v automobilovém průmyslu.....	8
3.4. Srovnání vyztužujících vláken	12
3.5. Technologické způsoby výroby kompozitů v koncernech automobilového průmyslu.....	13
Příklady využití kompozitů v sériově vyráběných automobilech	17
3.6. Osobní vozidla.....	18
3.7. Výroba nárazníků	19
3.8. Výroba karoserie	20
3.9. Bezpečnost využitelnosti kompozitů v konstrukcích dopravních prostředků	23
3.10. Tvarování komponent.....	23
3.11. Problémy při využívání kompozitů	24
3.12. Zhodnocení výroby karoserií	24

4.	Novinky v kompozitních materiálech využívaných v automobilových koncernech	25
4.1.	Zhodnocení a budoucnost kompozitů v koncernech automobilového průmyslu	26
4.2.	Budoucnost kompozitních materiálů v konstrukci dopravních prostředcích.	26
4.3.	SWOT analýza	28
5.	Závěr.....	29
6.	Seznam použité literatury.....	30

1. Úvod

Dnešní doba je známá svou vysokou poptávkou po automobilech. Zájem dnešních koncernů je především zlepšit jejich vlastnosti, a to snížením hmotnosti, tím snížením spotřeby paliva, což je následkem snižování emisí, na nichž jsou kladeny větší a přísnější pravidla. Za tímto účelem se vyvíjejí nové technologické postupy na zpracování nových, výkonnějších a lehčích materiálů. Z materiálového hlediska se jedná především o materiály, které budou lehčí než původní materiály a jejich pevnost a odolnost bude shodná i kvalitnější. Zlepšení odolnosti materiálu vede k větší životnosti automobilů. Lepší vlastnosti a lehčí materiály mohou prodloužit i servisní intervaly. Výše zmíněné aspekty jsou propojeny s ekonomickou stránkou věci, které jsou pro koncerny automobilového průmyslu důležité pro jejich další budoucí chod, vývoj a směr chodu koncernu automobilového průmyslu. Vlastnosti kompozitních materiálů jsou dány jednak konstrukčními požadavky, pro které má být daný materiál použit, ale hlavně technologickými postupy výroby. Tato práce zpracovává poznatky a vývojové cesty těchto materiálů v odvětví automobilového průmyslu. Moje práce představuje základní mechanické charakteristiky těchto materiálů a nastínění ekonomického hlediska této problematiky. Kompozitní materiál je kombinace dvou nebo více materiálů, které mají odlišné mechanické, chemické a fyzikální vlastnosti, kdy hlavní dvě složky jsou matrice a výztuha. V mé práci došlo k nastínění technologických postupů výroby pro konkrétní část karoserie.

2. Metodika a cíle

2.1. Cíle

Bakalářská práce má za cíl shromáždit aktuální literární poznatky o metodách a možnostech použití kompozitních materiálů v konstrukcích dopravních prostředcích konkrétně osobních automobilů. V první části práce je obecné popsání mechanických charakteristik využitých kompozitních materiálů především v automobilovém průmyslu. Dalším krokem je nastínit vývojové trendy těchto materiálů v tomto odvětví, nesmí se však opomenout posouzení ekonomického hlediska výhodnosti využití kompozitů v automobilovém průmyslu.

2.2. Metodika

- Nastínění současného stavu řešeného problému
- Literární rešerše z příspěvků citačních databází (Scopus, Web of Science)
- Analýza údajů vyplývající z napsané rešerše prostřednictvím
- SWOT analýza- jedná se o univerzální analytickou analýzu, která je zaměřená na vnitřní a vnější faktory, ovlivňují úspěšnost konkrétního produktu, a přehledná sumarizace všech vlastností daného materiálu

3. Využití kompozitů v koncernech automobilového průmyslu

Využitelnost kompozitních materiálů je v odvětví dopravy, která se v několika málo letech neustále prohlubuje, a to především díky požadavkům koncových spotřebitelů a zelené mobility. Roly zde hrají také otázky energetické bezpečnosti v městské oblasti. Tento druh materiálu má obrovský potenciál pro budoucí využití, který ale není schopen zcela nahradit kovy. [1]

Používání vysoce výkonnostních kompozitů konkrétně v automobilových aplikacích vyžaduje nové technologické procesy pro konkrétní aplikace. Masová výroba automobilů vyžaduje nízkonákladové materiály v kombinaci s vysoce automatizovanými a kvalifikovanými výrobními technologiemi. Hlavními faktory pro úspěšnou realizaci kompozitních struktur jsou zvýšená produktivita a efektivita

materiálů. [2] Automobilový průmysl je v dnešní době považován za jedno z největších spotřebitelů na poli kompozitních materiálů. Mezi první průkopníky ve využití kompozitních materiálů do konstrukcí automobilů byl Henry Ford, který nejčastěji své vozy osazoval bioplasty, které se skládali ze sojového protejnu vyztuženého konopnými vlákny. [3] Od té doby se produkce každým rokem navyšovala a kompozity našly uplatnění a nepostradatelné umístění ve vozidlech všech tříd. [4, 5]

Kompozity se využívají v automobilech již řadu let, ale teprve před několika lety přišel boom v jejich větším využívání. Koncerny automobilového průmyslu začaly přemýšlet o využitelnosti v různých částech sériově vyráběných vozidlech.

Tyto materiály se objevily již ve vozidle Trabant v podobě nahrazení ocelových karosářských dílů za duroplasty. [6] Dnešní doba zahrnuje tyto materiály už ve větším měřítku využitelnosti od dekoračních prvků imitace dřeva, až po nárazníky, různé krytky a kryty motorů, světlometry až po nosné prvky karoserie.

Veliký zřetel se bere nejen na požadavky nejlepších mechanických vlastností, ale také na vzhled designových prvků. Podle praktického hlediska je tedy většina takto vyrobených kompozitů uspořádána do navazujících vrstev, výsledný produkt je nazván laminátem. Rychle rozrůstající se skupinou je i kombinace epoxidové pryskyřice, která je vyztužena uhlíkovými vlákny či kevlarom. Takto kombinovaný materiál se zdá z hlediska poměru hmotnosti a mechanických vlastností nejefektivnější, však nevýhodou je složitější technologie výroby, což je promítnuto na koncové ceně. Uhlíkový kompozit se využíval a nadále využívá u závodních vozidel pro konstrukce rámu. S uhlíkovým kompozitem a jeho nekompromisními vlastnostmi se v současnosti můžeme setkat i u sériově vyráběných vozidel, a to jako s prostředkem pro snížení hmotnosti a dekorativním prvkem. [4, 5]

Koncerny automobilového průmyslu využívají nejčastěji kompozity s polymerní nebo kovovou maticí vyztužené určitým vláknem. Polymerní matrice se dělí na termosetické a termoplastické. Dnes jsou běžně a v hojném měřítku využívány především výtzuže ze skleného vlákna. Další z používaných výtzuží v tomto průmyslu jsou uhlíková vlákna, karbonová a aramidová. Další kroky nám nastíní technologické postupy a kombinace využívané v koncernech, které pomůžou k pochopení dané problematiky v oblasti využívání kompozitů. [4, 5]

3.1. Obecné informace o kompozitních materiálech využitých v konstrukcích dopravních prostředků

Kompozitní materiály jsou druhem materiálu, ve kterém je určitým specifickým způsobem zakomponováno dva a více komponentů, u kterých se výrazným způsobem liší jejich mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti. Výsledné vlastnosti jsou dány vhodnou kombinací matrice, výztuže, všech obsažených složek, objemovým podílem, a nakonec vhodnou výrobní technologií. Zde by mělo platit, že celkové vlastnosti vhodnou kombinací materiálů by zdaleka měly předčít vlastnosti jednotlivých složek. Výsledné vlastnosti se mnohonásobí oproti původním, a to právě díky jejich kombinaci. Kompozit je tvořen dvěma hlavními složkami, tzv. komponenty. Za komponenty jsou považovány matrice a výztuž. Matrice má především za úkol obklopovat a vzájemně spojovat výztuže, přenášet zatížení mezi jednotlivými vlákny, dále formovat a fixovat plnivo, a poslední funkcí je vytvářet tvar výsledného profilu. Druhým komponentem je výztuž, která má za úkol přenášet hlavní zatížení na matici. Vhodnou kombinací matic a výztuží tvořících soustavu heterogenních materiálů, vykazují určité vlastnosti v daném směru zatížení, ty ale neplatí pro zatížení ve směru jiném (anizotropie). Velikou výhodou je možnost ovlivnění těchto vlastností pro daný směr cílenou výrobou tohoto materiálu. Každá automobilka si připravuje kompozity tzv. na „míru“ a je si vědoma všech jeho pozitivních ale i negativních vlastností. Přesto existuje několik obecných výhod i nevýhod při jejich využití. [4, 5]

Výhody:

- Vysoká pevnost a tuhost
- Nízká hmotnost
- Vysoká odolnost vůči korozi
- Dobré vlastnosti při statickém a dynamickém zatěžování
- Dobré tlumící vlastnosti
- Možnost vyrábět designově složité prvky [4, 5]

Nevýhody:

- Specifické, mnohdy složité postupy výroby
- Horší mechanické vlastnosti ve směru kolmo k orientaci uložených vláken (týká se vláken vyztužených kompozitů)
- Vysoké náklady při dimenzování obtížných součástí
- Lokální poškození, např. po nárazu se hůře specifikuje míra poškození [4, 5]

Klasifikace kompozitů

Kompozity jsou specifikovány na základě použité matrice či vyztuže, dle [4, 5]

Klasifikace podle matrice:

- Kompozity s kovovou maticí
- S polymerní
- S keramickou

Klasifikace podle vyztuže:

- Vyztužené částicemi
- Vyztužené vlákny
- Kompozity vrstvené

3.2. Dělení kompozitů podle matrice v návaznosti na optimalizaci v automobilovém průmyslu

Kompozity s kovovou matricí

Kovové matrice kompozitů MMC (Metal Matrix Composite) mají obecně velký potenciál nahradit běžně využívané monolitické kovy v aplikaci automobilové dopravy díky zvýšeným vlastnostem, které jsou vyšší pevnost a tuhost, vyšší provozní teplota a lepší odolnost proti opotřebení. [7, 8, 9] A však navzdory jejich velmi atraktivním mechanickým vlastnostem, bylo využití MMC omezeno z důvodů jejich vysokých nákladům a relativně nízké lomové houževnatosti a spolehlivosti. [7, 10, 11]

Tato matrice v současné době nachází především využití v koncernech, a to nejčastěji v podobě slitiny AL-12 % Si a kombinací jiných prvků, jako jsou např. Zn, Mg, Cu, Fe a další. Sloučením daných prvků matrice dosahuje výborných vlastností z hlediska tepelné vodivosti, koeficientu tepelné roztažnosti, objemové stálosti a odolnosti proti mechanickému opotřebení. Vlastnosti mohou být ovlivňovány pomocí žádaného typu kompozitu, tvaru, velikosti a relativního množství částic nebo vláken použitých při výrobě. [4, 5]

Jejich využití tak spočívá spíše ve sportovně zaměřených vozidlech, kde jsou využívány z důvodu jejich lepší tepelné vodivosti např. u brzdových kotoučů či v motorovém prostoru. Brzdové kotouče jsou nejčastěji vyrobeny ze šedé litiny (3,7 % C), která má tepelnou vodivost $62 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$, méně častěji pak z kompozitního materiálu, kde příměs tvoří hliník, což se projeví na zvýšení tepelné vodivosti na $182 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$ a v posledním případě z uhlíkového kompozitu spolu s keramikou, kde se tepelná vodivost ještě zvýší. Kotouče na základě hliníkového kompozitu tedy představují dobrý kompromis, přesto příliš využívány nejsou. [4, 12]

Matrice polymerního kompozitu

Materiály s polymerní matricí vykazují vysokoelastické účinky, tyto účinky mohou přidávat na významu, především při vystavení velkému deformačnímu účinku. [20] Polymerní matrice jsou nejvíce rozšířenou skupinou kompozitů v automobilech. Mezi základní materiály patří polypropyleny, polyamidy, epoxidové pryskyřice, polyesterové pryskyřice. Hlavní výztužní prvek jsou pak skleněná vlákna která jsou hojně využívána, další vlákna jsou uhlíková, karbonová a aramidová. Automobily tyto kombinace kompozitu využívají na obvodové konstrukce karoserie a interiéru. Polymerní kompozity se dále dělí na termoplastické a termosetické matrice. [4, 5]

Termoplastická matrice

Termoplastické matrice, které jsou vyztužené nekonečnými vlákny, nabízejí výhody oproti termosetům. Termoplastická matrice je často přehlížena především kvůli tomu, že musí projít vysokoteplotním automobilovým lakováním, aby bylo možno ho použít v konstrukčních částech karoserie. [13]

Automobilový průmysl tuto matrici využívá v menším měřítku, především z důvodu vyšších výrobních nákladů a omezené použitelnosti. Termoplast je za běžných teplot pevný, pro další zpracování a vyztužení je zapotřebí jej ohřát na teplotu přesahující 200°C, při které dochází k jejímu zkapalnění. Výztuž je tvořena krátkými nebo dlouhými skleněnými vlákny. Po určité době kdy dojde k dokonalému spojení matrice a výztuže je nutné v dalším kroku celý materiál prudce ochladit. Výhodu těchto kompozitů jsou především jejich dobré mechanické vlastnosti, avšak jejich výroba je poměrně náročná. Mezi jejich nevýhodu patří malá odolnost vůči stárnutí a omezené spojování za použití lepidel. Značně využívané polymery jsou polypropylen, polymer, polykarbonát. [4, 12, 14]

Termosetická matrice kompozitu C-C

Tato matrice má mezi konstrukčními aplikacemi naprostou převahu, především kvůli její nízké ceně, relativně snadné výrobě a dobrými vlastnostmi při dynamickém zatěžování. Polymery patří pod termosety jsou epoxidové pryskyřice, fenolické

pryskyřice, vinylestery a nenasycené polyestery. Termosetická matrice se nejčastěji kombinuje s uhlíkovými vlákny. [4, 5]

3.3. Dělení kompozitů dle použitých vláken v návaznosti na optimalizaci v automobilovém průmyslu

Vyztužující vlákna

Hlavní úlohou vyztužujících vláken, je především zajistit mechanické vlastnosti materiálu a přenášet hlavní zatížení. Tyto vlastnosti představují především pevnost a tuhost daných vláken. Pomocí těchto dvou vlastností jsou stanoveny podmínky pro vyztužující účinek, který musí být splněn. [4, 5]

$\sigma_{fP} > \sigma_{mP}$ - vyztužující vlákna musí být pevnější než matrice

$E_f > E_m$ - vyztužující materiál musí mít vyšší tuhost než matrice

$\epsilon_{mP} > \epsilon_{fP}$ - matrice se nesmí porušit dříve než vlákno

Kde, σ_{fP}, σ_{mP} je pevnost vlákna, případně matrice

E_f, E_m je modul pružnosti vlákna, případně matrice v tahu

$\epsilon_{mP}, \epsilon_{fP}$ je tažnost matrice, případně vlákna

Další důležitou otázkou jsou elektrické vlastnosti, které mohou především u kombinace s uhlíkovými vlákny hrát velkou roli v omezení u jejich využití. V automobilech jsou nejvíce procentuálně využívána vlákna skleněná, dále pak uhlíková, karbonová a aramidová. Samostatná vlákna se z důvodu jejich parametrické nevýznamovosti nevyužívají nebo jen ve výjimečných případech, zde je tedy nutné vytvořit svazek bez nežádoucích zákrutů, tzv. Roving (Obr. 1) Tato metoda může být v orientaci jednosměrná či příčná. Hlavní využívání Roving spočívá u jednodušších konstrukcí, které jsou namáhány na tah ve směru průběhu vláken. [4, 5]

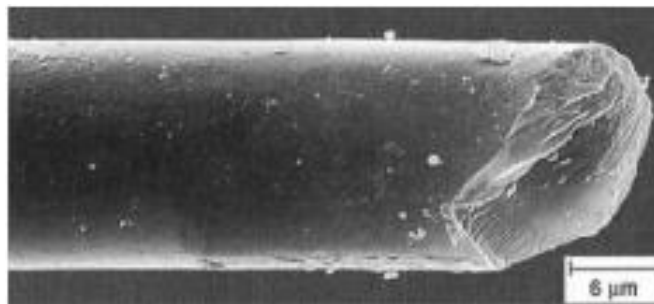
Obr. 1 Roving ze skleněných vláken [15]



Skleněná vlákna

Skleněná vlákna (obr. 2) jsou složena z taveniny, která tvoří směs oxidu siřičitého a příměsí dalších prvků například Fe, Al, Na. Vlákna neboli filamenty se vyrábějí tažením taveniny skla z trysky, zejména pak E-skla, tzv. borosilikátového. Mezi hlavní vlastnosti patří především odolnost proti ohni a mnoha chemikáliím. Další vlastnosti jsou poměrně vysoká pevnost v tahu a nízký modul pružnosti. Naopak jejich pevnost je snižována vlhkostí a odolnost vůči oděru samostatných vláken není příliš vysoká. [1, 2]

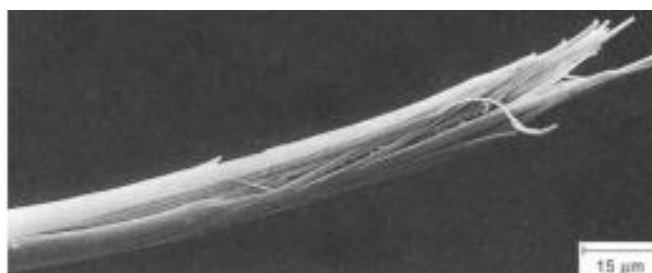
Obr. 2 Řez skleněným vláknem [5]



Aramidové vlákna

Aramidová vlákna (obr. 3) jsou tvořena lineárními organickými polymery, jejichž kovalentní vazba je orientována podle osy vlákna. Výrobní postup je spřádání z vysokoviskozitního 20 % roztoku v koncentrované kyselině sírové. Jednotlivá elementární vlákna jsou spojena a pro zlepšení zpracovatelnosti se mnohokrát propírají, neutralizují a opatřují se prostředkem pro zlepšení kluzných a zpracovatelských vlastností. Vlákna se dají zpracovávat se všemi běžně využívanými reaktivními pryskyřicemi i termoplasty. Hotový laminát využívá až 70 % skutečné pevnosti aramidových vláken. Jednou z hlavních předností je vysoká pevnost v tahu při nízké specifické hmotnosti. Vlákna jsou známá především pod obchodním označením kevlar. [1, 2]

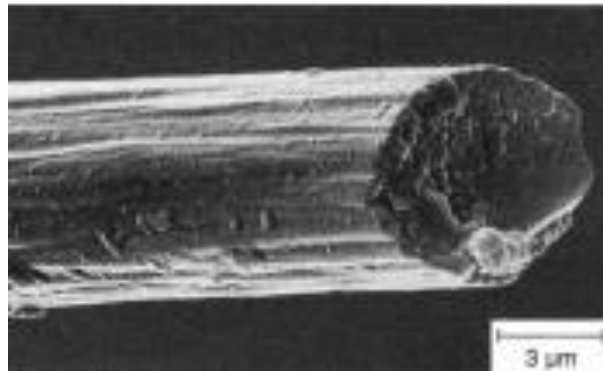
Obr. 3 Řez aramidovým vláknem [5]



Uhlíková vlákna

Uhlíková vlákna (obr. 4) jsou tvořena především atomy uhlíku, které jsou spojeny v mikroskopické krystaly, jenž formují samostatné vlákno. Výroba uhlíkových vláken se dělí na dva postupy, a to takové, kdy jeden z nich využívá polyakrylonitrilové vlákna (PAN) a druhý vyhází přímo ze surovin, které jsou bohaté na uhlík. Uhlíková vlákna jsou považována za nejlepší výztuže pro kompozity, především u materiálu uhlíkový laminát, u kterých je požadována nízká hmotnost, ale vysoká odolnost vůči dynamickému namáhání. Vynikají také dobrými vlastnostmi proti korozi, dobrou elektrickou a tepelnou vodivostí. Bohužel při dlouhodobém skladování dochází k jejich zkřehnutí a při destrukci dochází k tříštivosti. [4, 5]

Obr. 4 Řez uhlíkovým vláknem [5]



3.4. Srovnání vyztužujících vláken

Přiložená tabulka (tab. 1) srovnává důležité vlastnosti u výztuží, zaměřena je především na tři využívané kompozity v automobilovém průmyslu. Musí se zde brát i v potaz, že uvedené vlastnosti se mohou vzájemně lišit, a také záleží na druhu použité matrice.

Tab. 1 Všeobecné srovnání vlastností vyztužujících vláken (+ příznivé, ++ velmi příznivé, - nepříznivé) [5]

Vlastnosti	Kompozity		
	vyztužené sklem	aramidové	uhlíkové
Hustota	+ -	++	+
Mez pevnosti v tahu	+	+	+
Modul pružnosti	-	+	++
Mez pevnosti v tlaku	+	-	+
Rázová houževnatost	+	+	-
Tlumení	-	+	
Chování při statickém a dynamickém namáhání	+	+	++
Dielektrické vlastnosti	++	++	-
Adheze, přilnavost	++	-	+
Nasákavost	+	-	+
Cena	++	+ -	-

3.5. Technologické způsoby výroby kompozitů v koncernech automobilového průmyslu

Automobilový průmysl nejčastěji využívá polymerní matrice díky své nízké ceně. Především se jedná o matrice, které jsou tvořené nenasycenými polyesterovými či epoxidovými pryskyřicemi, kde výztuhu tvoří skleněné, uhlíkové či aramidové vlákna. Výroba kompozitů s kovovou maticí se primárně dělí na přímé a nepřímé metody. Metoda nepřímá, např. tažení, zahrnuje postup výroby vyztužujících vláken, především kovových, které slouží jako výztuž pro kovovou matici. Přímá metoda obsahuje výrobu kompozitních materiálů jako celku, na základě usměrněné krystalizace eutektických slitin, takže tato metoda vyrábí kompozity vyztužené částicemi. Automobilový průmysl využívá především kovové kompozity vyrobené přímou metodou. [4, 5]

Ruční kladení za mokra do forem (laminování)

Technologie se řadí mezi nejstarší způsob výroby kompozitních materiálů. Jedná se o nanášení gelcoatu na vyčištěnou formu. Na zpolymerizovaný gelcoat se rozetře katalyzovaná pryskyřice, do které se postupně vkládají jednotlivé vrstvy sklo výztuže, které se následně prosycují pryskyřicí. Tento způsob je vhodný pro tvarově členité výrobky. Použitá výztuž může být v podobě rohože či tkaniny. Pro dokonalé nasáknutí výztuže použitou maticí a zamezení vzniku vzduchových bublin se forma přesune do tlakové komory, kde dojde k vytvoření podtlaku a odstranění vzduchových bublin. Při požadavku na barevné provedení lze probarvyt vrchní vrstvu laminátu či provést nalakování hotového dílu. Předností této technologie je investiční nenáročnost s ohledem na cenu výrobního zařízení. Jednou ze záporných vlastností je, že laminát je použitelný pouze z jedné strany, a to z důvodu nerovností povrchu od opačné strany dna formy. [4]

Technologie se dělí na tyto kroky:

- Povrchová úprava formy separačním činidlem
- Nanesení katalyzované pryskyřice
- Pokládka výztuže
- Další vrstva pryskyřice, která je vtlačena válečkem do výztuže a tím i vytlačené vzduchové bubliny
- Vytvrzování v klidu [4]

Charakteristické vlastnosti laminátů

- specifické vlastnosti produktu v závislosti na struktuře a použitých materiálech
- tvarová a rozměrová variabilita,
- pevnost a tuhost hotového výrobku,
- odolnost proti mechanickému a chemickému působení,
- tepelná nevodivost,
- tvarová stálost [9]

SMC

Sheet Molding Compound (SMC) technologie kombinuje matrici slouženou z více složek, jejímž základem je nenasycená polyesterová pryskyřice s použitím roving výztuže ze skleněných vláken. Matrice složená z polyesterové pryskyřice je při zpracování v tekutém stavu, a nanáší se na nosnou fólii. Vlákna rovingu jsou nasekána na požadovanou délku několika desítek milimetrů, a následně padají na nosnou fólii, dále procházejí hnětací zónou, ve které dojde k perfektnímu promísení a prosycení obou směsí. Výsledný produkt se nazývá SMC, jedná se o polotvar, který se následně navíjí do rolí, a poté se nechává 1 až 7 dní dozrát. Jako konečný produkt je dobře zpracovatelná hmota. [4, 5] Novým systémem dvoustupňového vytvrzování pryskyřice a vhodný způsob tváření, umožňující výrobu hybridních kontinuálně nespojitých SMC v jednorázovém procesu. [17]

Technologie SMC se dále dělí podle určené struktury vláken na:

- **SMC-R**

Sheet Molding Compound Random (SMC-R), náhodně uložená krátká, nasekaná skleněná vlákna nebo jejich směs. Tento typ zpracování je nejjednodušší, a také nejčastěji využíván. [4, 5]

- **SMC-C**

Sheet Molding Compound Continuous (SMC-C), jsou náhodně uložená krátká, nasekaná skleněná vlákna spolu s jednosměrně uloženými skleněnými prameny. [4, 5]

- **SMC-D**

Sheet Molding Compound Directed (SMC-D), tj. náhodně uložená krátká, nasekaná skleněná vlákna spolu s částí orientovaně uložených sekaných vláken o délce 75 až 200 mm. Tento typ struktury se především používá na nosné konstrukční prvky. Mezi značnou výhodou této technologie patří nízká výrobní i cenová náročnost. Na druhou stranu povrchy takto vyrobené dosahují vysokých kvalit a jsou tak hojně využívány na části karoserie u osobních vozů. [4, 5]

BMC

Bulk Molding Compound (BMC) je postavena na základě lisování směsi tvořené epoxidovou pryskyřicí a sekanými skleněnými vlákny nebo přírodními vlákny jako je například juta. Druhým krokem je zpracování za teplot, 180°C, dále dochází ke vstřikování směsi za pomoci šnekového či pístového vstřikovacího zařízení do připravených dutin, ve kterých se nechá ztuhnout. Hlavní nevýhodou této metody je, že při takto vysokých teplotách dochází k poškození a zkracování vláken, které vedou ke ztrátě pevnosti. Tato technologie se nejčastěji aplikuje na výrobu reflektorů světlometů, pojistkových skříní, spínacích skříní a jiných elektrotechnických dílů, u kterých je požadována vysoká tvárnost za tepla a dobré elektroizolační vlastnosti. [4, 5] BMC tvořené sypkou hmotou řezaného jutového vlákna a složkami zlepšující fyzikální vlastnosti během zpracování. [17] BMC je ukázkou nízkonákladové alternativy pro prvky, které nemusejí být estetické, ale je požadována vysokoteplotní odolnost, a tím představují náhradní řešení za termoplasty. [17]

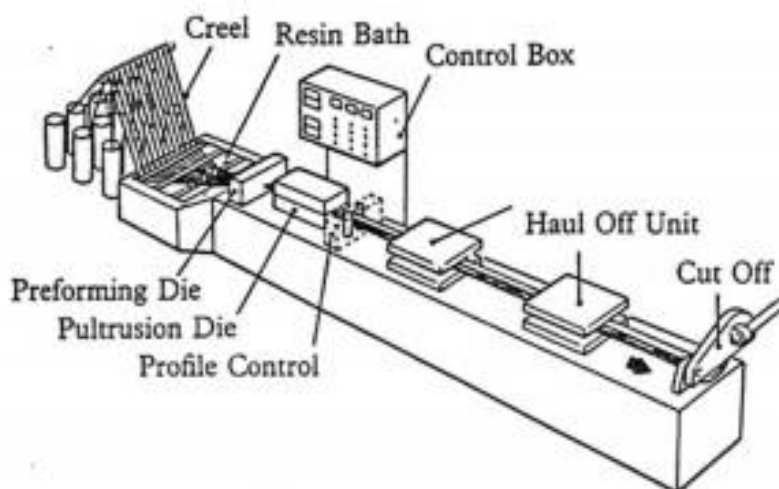
GMT

Glass Mat Thermoplastic tvoří důležitou skupinu polotovarů s termoplastickou maticí (tvořené polypropylenem, příp. polyamidem) vyztužené skleněnou rohoží. Při výrobě GMT polotovaru se užívá dopravní pás, kde se postupně navíjí fólie z termoplastu a na ni se pokládá rohož tvořená rovingem o nekonečně dlouhém skleněném vlákne. Tyto dvě vrstvy se dále vzájemně prolínají, přičemž dochází k rozpadu skleněného rovingu na elementární vlákna, která se zkracují a usnadní se tím propojení s maticí. Přesný postup prošíání definuje výsledné parametry GMT, takže je know-how výrobce, jaký konkrétní postup zvolí. V dalších krocích prochází pás materiálu lisem, kde za působení tlaku a teploty dojde k finálnímu propojení obou vrstev. Nakonec je materiál ochlazován a rozřezán na deskovitý polotovar o tloušťce menší než 4 mm. GMT je z lehkého materiálu, a proto je jeho měrná hmotnost nízká. [4, 5]

Pultruze

Pultruze představuje kontinuální výrobní proces kompozitu tvořeného maticí z epoxidové, popř. polyesterové pryskyřice vyztužené skleněnými či uhlíkovými vlákny. Výrobní proces je založen na tažení vyztužujících vláken přes naváděcí prvky, kde se vlákna přesně rozmístují podle tvaru příčného řezu výrobku. Poté jsou možné dva způsoby jejich kontaktu s maticí. Vlákna jsou buď vedena skrz impregnační vanu, kde se kombinují s maticí a následně se tato směs vede do formy, kde dojde k vytvrzení do požadovaného tvaru, anebo je matrice vstřikována do formy, kde zároveň dochází k vtažení vyztuže (obr. 5). Ve formě je potom profil prohříván a vytvrzován. Po vytvrzení je profil tažen k pile, kde se řeže na profily o dané délce. Výhodou této metody je zajištění opakovaně stejné kvality hotového kompozitu. [4, 5]

Obr. 5 Schéma linky na tažení (pultruzi) [19]



RRIM

Reinforced Reaction Injection Molding (RRIM) jedná se o technologii, která je založena na původním technologickém postupu RIM Reaction Injection Molding, což představuje nízkotlaké vstřikování kapalné směsi do uzavřené dutiny formy, kde dojde k polymeraci materiálů (exotermická reakce a expanze) a zároveň k vytvrzení složek. Hlavním materiálem, který se používá pro reakční vstřikování je polyuretan, polyamid, ale je možné použít i epoxidovou pryskyřici. RRIM tuto technologii vylepšuje o přidání tuhých vyztužujících částic v průběhu vstřikování. V tomto případě se jedná o krátké minerální či skleněná vlákna. Tento způsob výroby je dnes velmi oblíbený, protože je možné vyrábět velké díly při nízké investici do výroby (nízká cena forem), ale také pro vlastnosti materiálu, který je v průběhu výroby zbaven vnitřního prnutí, dodatečných deformací a propadlin pro jakékoli tloušťky stěn. [4, 5]

Příklady využití kompozitů v sériově vyráběných automobilech

Sériová vozidla představují širokospektré využití kompozitních materiálů počínající jednoduchým sklolaminátem a CFRP konče. Tyto materiály našly své uplatnění mimo osobní vozidla i v autobusech nebo nákladních vozidlech. Značnou převahu zde mají polymerní matrice, kovové jen výjimečně. [4]

3.6. Osobní vozidla

Nejvíce využívanými kompozity v částech osobních vozidel jsou kompozity s polymerní a kovovou maticí, které jsou vyztuženy skleněnými vlákny, dále pak také uhlíkovými či karbonovými vlákny. Karbonové vyztuže jsou spíše využity u vozidel s větší cenou a supersporty. Primárně u běžných vozidel se využívají polyuretanová matrice se skleněnými vlákny.

Kompozity s polymerní maticí

V osobních vozidlech jsou nejčastěji zastoupeny ve formě různých typů sklolaminátů odlišující se konkrétní maticí a výrobním postupem. Hojně je zastoupení typu SMC. Tato metoda je oblíbená i u výrobců Off-road vozidel, což dokazuje VW Amarok, který jej využívá jako kryt zadního nákladového prostoru. [4]

Nejvíce se využívá metoda SMC a celkově sklolamináty u společností, zabývajících se dodatečnou úpravou vozidel (tuning), které z tohoto materiálu připravují tzv. body kity. [4]

Metody SMC a RRIM

Společnosti dokázaly, že kompozity SMC a RRIM zdaleka nejsou určeny jen pro levnější a obyčejné vozy a začaly je zařazovat do výrob střech, kapot, předních i zadních blatníků a víček nádrží. [4]

Jednotlivé díly automobilů

V dnešní době jde vývoj koncernů nezastavitelně kupředu, a proto se dá očekávat, že využití kompozitů se blíží ke svému vrcholu využitelnosti a maximálního zařazení do všech částí dopravních prostředků.

Části vyrobené z těchto materiálů jsou téměř na celém vozidle, od světla, až po jednoduché kryty motorů, víčka nádrží a od přístrojové desky po nárazníky, jejichž výroba je nastíněna v dalším bodě.

3.7. Výroba nárazníků

Nárazník je nedílnou součástí automobilů, který má především dekorační úkol, ale také je nedílnou součástí jelikož zde jsou upevněna různá zařízení potřebná pro bezpečný provoz automobilu. Nárazníky se dají vyrábět různými technologickými způsoby. Od jednodušších výrobních postupů jako je ruční laminování do forem po složitější postupy RRIM, vakuové lisování až po nové metody využívané 3D tiskáren. U výroby v automobilovém průmyslu se využívají pro osobní automobily především materiály, s vyztuží ze skelných vláken, dále u drahých aut a supersportů jsou to především vyztuže z karbonových vláken. Technologie vakuového lisování plastů zpracovává desky z plastů o tloušťkách od 0,3mm až po 20mm. Výsledný výlisek má konečnou tloušťku o něco menší než původní plastový polotvar. Je zde velice důležité z tohoto hlediska výsledné tloušťky dbát při výběru materiálu vzhledem k funkčnosti a požadovaným vlastnostem výlisku.

Zhodnocení výroby nárazníků

Pro tento účel výroby se jeví jako nejvýhodnější technologie vakuové lisování. Především také z hlediska malé časové náročnosti na výrobu a její náročnosti. Deska z plastové hmoty se vloží do připravené formy požadovaného tvaru, při působení podtlaku se daná deska vylisuje do konečného výrobku. Co se týče ekonomičnosti, není úplně tak výhodná oproti laminování, a to z důvodu nákladů na výrobní proces a použitý materiál. Technologie vakuového lisování je poměrně časově nenáročná vůči ručnímu laminování, u kterého je i určitá doba vytvrnutí laminovaného dílů. Vakuové lisování, ale umožňuje vytvarování i náročnějších dílů a preciznější provedení dílů. Především hlavní výhodou je automatizace této technologie a tím dosažením i vysoké kvality a množství vyrobených prvků stejné kvality.

3.8. Výroba karoserie

Pro výrobu určitých nosných dílů karoserie se dají využít levnější varianty výroby, například laminování, které se využívá pro prototypy, až po metodu HP-RTM.

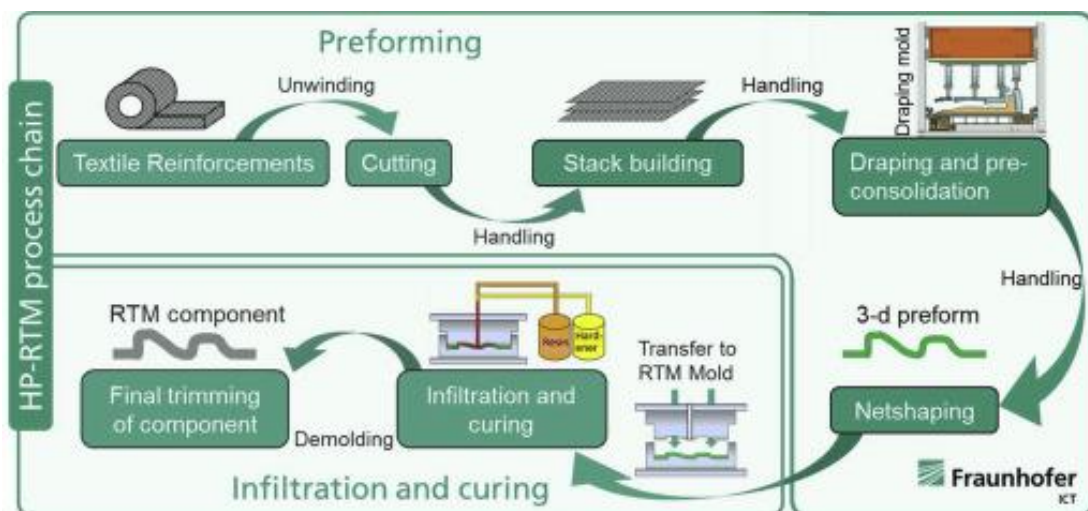
HP-RTM

High Pressure-Resin Transfer (HP-RTM) technologie konvenčního přenosu, tedy proces pryskyřično-infúzní, který je v průmyslu zavedena již mnoho let. Takto vyrobený kompozit je vhodný pro výrobu specializované aplikace, jako jsou luxusní a sportovní vozy s omezeným počtem vyrobených kusů. Konvenční proces RTM není však vhodný pro velkovýrobu automobilů se značným počtem kompozitních komponent, jako jsou série BMWi3 a i8. Tento proces musí být nadále vyvíjen, aby se dal uplatnit pro výrobu konstrukčních kompozitních dílů ve velkých sériích, dále musí být upravován tak, aby dokázal zpracovávat vysoce reaktivní pryskyřice, které umožňují krátké doby cyklu díky vysoké automatizaci, dále rychlému plnění a vytvrzování. Ve srovnání s konvenční RTM technikou je vyžadováno speciální vybavení, které umožňuje přesné a rychlé dávkování pod vysokým tlakem. Toto zařízení je schopno zvládnout průchodnost pryskyřice 20–200 g / s. V důsledku toho mohou být použity rychle tuhnoucí pryskyřice, které se vytvrzují za méně než 3 minuty. [2] Jako konvenční RTM lze vysokotlaký RTM (HP-RTM) nebo kompresní RTM (C-RTM) oddělit ve dvou hlavních procesních krocích: předtvarování a infiltraci pryskyřice plus vytvrzování, viz (obr. 4). Krok předtvarování je nezávislý na zvolenou variantu RTM, z důvodu menších a složitějších dílů v automobilech je jejich přetvarování náročnější oproti jiným odvětvím. [2]

Využívá se především u výroby konstrukčních karbonových kompozitních dílů. Principem je vysokotlaké lití pryskyřice do formy požadovaného konstrukčního dílu, do které se pokládá suchá textilie z karbonových vláken. Tímto způsobem vznikají termosetové kompozity. Existuje také technologie výroby termosetických kompozitů in-situ, využívá polymeraci kaprolaktamů na polyamid přímo ve formě na vstřikovacím listu. [20]

Základem metody RTM je suchá textilie, která je nejčastěji ze skleněných, uhlíkových a aramidových vláken, které jsou zpevněná lepidlem. Aramidová vlákna jsou v automobilovém průmyslu využita pro crashové zkoušky. Textilie je nařezána pomocí robotu na požadované rozměry, takto připravená textilie je pak pomocí robota vložena do lisu, ve kterém dojde k předtvarování. Dalším z kroků je vyjmutí z lisu a vložení do formy ve vertikálním vstřikovacím lisu. Dojde k uzavření formy, kde z kavity vývěvou dojde k odsátí vzduchu a do dutiny je pod tlakem 150 až 160 bar vstříknut přes mísící hlavici dva komponenty termosetové pryskyřice, které proteče přes vloženou suchou textilii. Následuje vytvrzování při teplotě okolo 160°C po dobu řádově minut. Po ukončení vytvrzení dojde k vyjmutí robotem a následném oříznutí přetoků, toto je poslední krok pro výrobu kompozitového dílu. Využití této technologie umožňuje aplikaci i na velmi komplexní tvary. [20]

Obr. 6 Proces HP-RTM pro výrobu komplexních CFRP komponent [2]



PAC

Technologie Pregreg Autoclave Curing (PAC) se považuje za tradiční výrobu kompozitních dílů. Technologie spočívá ve využití prepregů. Pod pojmem prepreg je skryta textilie přednasyčená pryskyřicí. Práce s tímto materiálem je náročná, protože se musejí skladovat při teplotě pod bodem mrazu konkrétně -18°C a zpracovávat manuálně. Připravené rohože se musejí nejprve ořezat do požadovaného tvaru, při čemž vzniká veliké procento odpadu, dále pečlivě vložit do formy, srovnat

a zavakuovat. Dalším postupem je vložení formy s nachystaným dílem do autoklávu, v němž probíhá vytvrzení při teplotách 160°C až 180°C. Tento cyklus je časově náročný, který vyplývá z konkrétních podmínek 3 až 12 hodin. Podle uvedených postupů je tato technologie drahá a vhodná spíše pro menší série. Využívá se ale již řadu let, v dnešní době jde o nejrozšířenější způsob výroby karbonových součástí. [20]

Technologie PCM

Prepreg Compression Moulding (PCM) kompresní lisování Prepreg tato metoda je velice známá svou vysokou produktivitou mezi technologiemi pro výrobní procesy plastů vyztužených uhlíkovými vlákny, pod označením CFRP. Nicméně nevýhodou takto vyráběných CFRP dílů vyráběných procesem PCM, je fakt že obsahují defekty zahrnující mikrodrážky a dutiny. [21]

Jednou z dalších technologií je PCM, která pracuje s lisováním prepregů ve formě, která je vyhřívána pod lisem. Velikou výhodou této technologie jsou především kratší cykly, které trvají řádově desítek minut. Další z výhod této technologie jsou možnost automatizace, menší procento odpadu. Jako u každé technologie jsou zde i nevýhody které nesou nutné použití dražších a rychle vytvrditelných prepregů. Tato technologie se využívá pro střední až velké výrobní série. [7]

Tváření organoplechů

Jednou z dalších metod je tzv. tváření organoplechů. Organoplechy se skládají z desek, které jsou z několika vrstev především karbonové textilie, mezi které se vloží folie z termoplastu. Dalším krokem takto připraveného organoplechu je jeho nařezání na požadované rozměry dílů, které se posléze za pomoci robota vloží do infračervené pece. Po uplynutí potřebné doby nahřátí je takto tepelně upraven organoplech přemístěn za pomoci robota do připravené formy. Po uzavření formy, která je umístěna v lisu dojde k požadovanému vytvarování dílu. Tato technologie se za použití vstřikování plastu vyztuženého krátkými vlákny, využívá pro výrobu například plynových pedálu automobilu. [20]

3.9. Bezpečnost využitelnosti kompozitů v konstrukcích dopravních prostředků

Na bezpečnosti vozidla se podílí prvky aktivní a pasivní bezpečnosti. V případě, že prvky aktivní bezpečnosti selžou a dojde k nevyhnutelnému kontaktu vozidla s jiným předmětem, je nutné použít na konstrukci vozidla takové materiály, které dokáží v co největší míře pohltit energii vzniklou při nárazu. Nicméně není možné využít vysoce tvrdých materiálů, jelikož by při srážce ve vysoké rychlosti vzniklo přetížení, které by posádka nebyla schopna přežít. Při konstrukci tzv. nárazových zón je tedy nutné využít materiálu, který je schopný absorbovat velké množství vzniklé energie a to takovým způsobem, aby se deformace materiálu co nejméně přiblížily kabině vozidla, ale zároveň nedošlo ke smrti posádky z důvodu extrémního zpomalení, tedy k poměrně malé přeměně energie na plastickou deformaci materiálu. Při hledání vhodného materiálu se uvažuje mnoho parametrů, např. jeho struktura, odpor při vzpěru, tlumení vibrací atd. Kompozitní materiály se ale vyznačují tím, že jejich chování je značně závislé na typu kombinace matrice-výztuž a jejich mechanické vlastnosti se obtížně porovnávají s běžnými materiály. Proto pro jejich porovnání slouží tzv. specifická absorpce energie SAE (Specific Energy Absorption) vyjadřující pohlcenou energii na jednotku hmotnosti zdeformovaného materiálu. [4, 22, 23]

3.10. Tvarování komponent

Kompozitní materiály umožnily realizovat v rámci jejich technologie výroby nové designérské koncepty, protože už nebylo nutné se omezovat na to, co lze vyrobit klasickými dílenskými postupy. Jednoduché tvarování a příprava ideální směsi materiálu na jakékoli místo vozidla se nejvíce projevilo na jeho karoserii, kde přestalo být nutné sledovat strohé tvary, ale naopak se naskytla možnost ladit tvar vozidla pro co nejdokonalejší obtékání vzduchu. Zlepšení aerodynamiky se projevuje v mnoha důležitých aspektech. U sériových vozidel se jedná především o snížení průměrné spotřeby a odstranění rušivých zvuků při proudění vzduchu okolo karoserie za vysokých cestovních rychlostí. U závodních vozidel pak umožňuje dosažení vyšších rychlostí a také „vyladění“ přítlačných křídel či difuzorů pro co nejdokonalejší funkci. Obtékání vzduchu okolo karoserie vozidla je hodnoceno pomocí součinitele aerodynamického odporu c_x . Čím je hodnota nižší, tím menší odpor vzduchu na

automobil působí. Vzduch působí na vozidlo odporovou silou, která roste s druhou mocninou rychlosti, takže například při jízdě ustálenou rychlostí ve městě činí ztráta energie 18 % z celkové ztrátovosti při pohybu vozidla, kdežto při jízdě po dálnici je to 51 %. U moderních automobilů se hodnota c_x pohybuje okolo 0,3. Obecně lze říci, že pokud se hodnota c_x sníží o jednu desetinu, spotřeba vozidla klesne o 2,5 %. Ukázkovým příkladem využití kompozitu pro co nejdokonalejší tvar vozidla může posloužit nový model Lamborghini Sesto Elemento, jehož kompletní karoserie je vyrobena z kompozitu vyztuženým uhlíkovými vlákny (CFRP). [4]

3.11. Problémy při využívání kompozitů

V dnešní době modernizace, výroby automobilů je hlavním problémem a důvodem masivního nevyužívání kompozitních materiálů především ekonomické hledisko, křehkost při nárazech, složité technologické postupy a tím náročnost na výrobu, dalším aspektem hrající roly jsou velké náklady na inovaci výrobních linek a technologický vývoj nových kompozitních materiálů, které by obstáli vyhovujícím způsobem ve zkušebních testech. Problémů není moc, ale jako závažný problém je, že kompozitní materiály při nárazech neprocházejí plastickou deformací, ale především lomem. Lom při čelním nárazu by mohl přinést potíže a nebezpečí pro osádku automobilu. Obecným předpokladem pro budoucnost je zaměření na postupné odstranění těchto problémů a tím k vzestupu aplikace kompozitů. [4]

3.12. Zhodnocení výroby karoserií

Každá zde z uvedených technologických postupů má určitým způsobem klady, ale i zápory. Musíme se zamyslet u dané technologie která se dá brát za nejvýhodnější pro daný výrobní díl. V potaz se musí uvažovat náročnost vyrobeného dílu, druh použitého materiálu. Pro výrobu částí karoserie jako jsou sloupky, je nejvýhodnější technologie PCM která umožňuje rychlou výrobu které spočívá v technologii a automatizaci výrobního procesu, daleko menší odpadní zbytky oproti jiným zde zmíněným technologiím. U této metody se dají vyrobít různě složité formy které umožní výrobu i složitějších dílů.

4. Novinky v kompozitních materiálech využívaných v automobilových koncernech

Kladení důrazu na životní prostředí znamená, více využívat přírodní vlákna, jako jsou například jutová vlákna, které se více využívají jako výztuže v polymerních kompozitech. [24] Mezi další přírodní materiály, které jsou využívány především pro dekorační prvky v automobilové mprůmyslu jsou vyrobeny z epoxidové pryskyřice vyztužené břízovými, palmovými či eukalyptovými vlákny s technikou lisování pryskyřice s kombinací technologie lisovaných vláken. [25]

Dalším z mnoha novinek je kompozit Geopolymer (GP), který je na bázi odpadního popílku z elektráren, který je komponován jako výztužní material do matrice z přírodního kaučuku. Takto alternativní typ reguluje držitelné množství odpadu z průmyslu pevného odpadu. Tato využitelnost odpadu je alternativním řešením pro snížení nebezpečí a dopady na životní prostředí. [26]

4.1. Zhodnocení a budoucnost kompozitů v koncernech automobilového průmyslu

Využívání kompozitních dílů v dnešní době přináší především hmotnostní úsporu, cca 60 %, což v dnešní době je poměrně veliké číslo, oproti koncernových materiálů. Odlehčení konstrukce vede k ušetření hmotnosti a požadavkům na další snižování emisí, napříč tomu, že možnosti konstrukce spalovacích motorů jsou již téměř vyčerpané. Například praktické využití kompozitních materiálů u karoserie luxusního automobilu, ve kterém se kombinací ocelových a kompozitních materiálů s využitím hliníku ušetřilo 130 kg na celé váze vozidla. Odlehčením došlo ke snížení těžiště automobilu, které vedlo ke zlepšení jízdních vlastností. Hlavní nevýhodou je bohužel vysoká pořizovací cena v porovnání dílů z vysokopevnostní oceli aktuálně vycházejí přibližně až 10x ekonomičtěji. Hlavním cílem je dostat technologii HP-RTM dále do sériové výroby běžných vozů. Technologie se dere kupředu a je možné vyrábět i duté díly za pomoci využití pískového jádra, které je opletené karbonovou textilií. [20]

4.2. Budoucnost kompozitních materiálů v konstrukci dopravních prostředcích

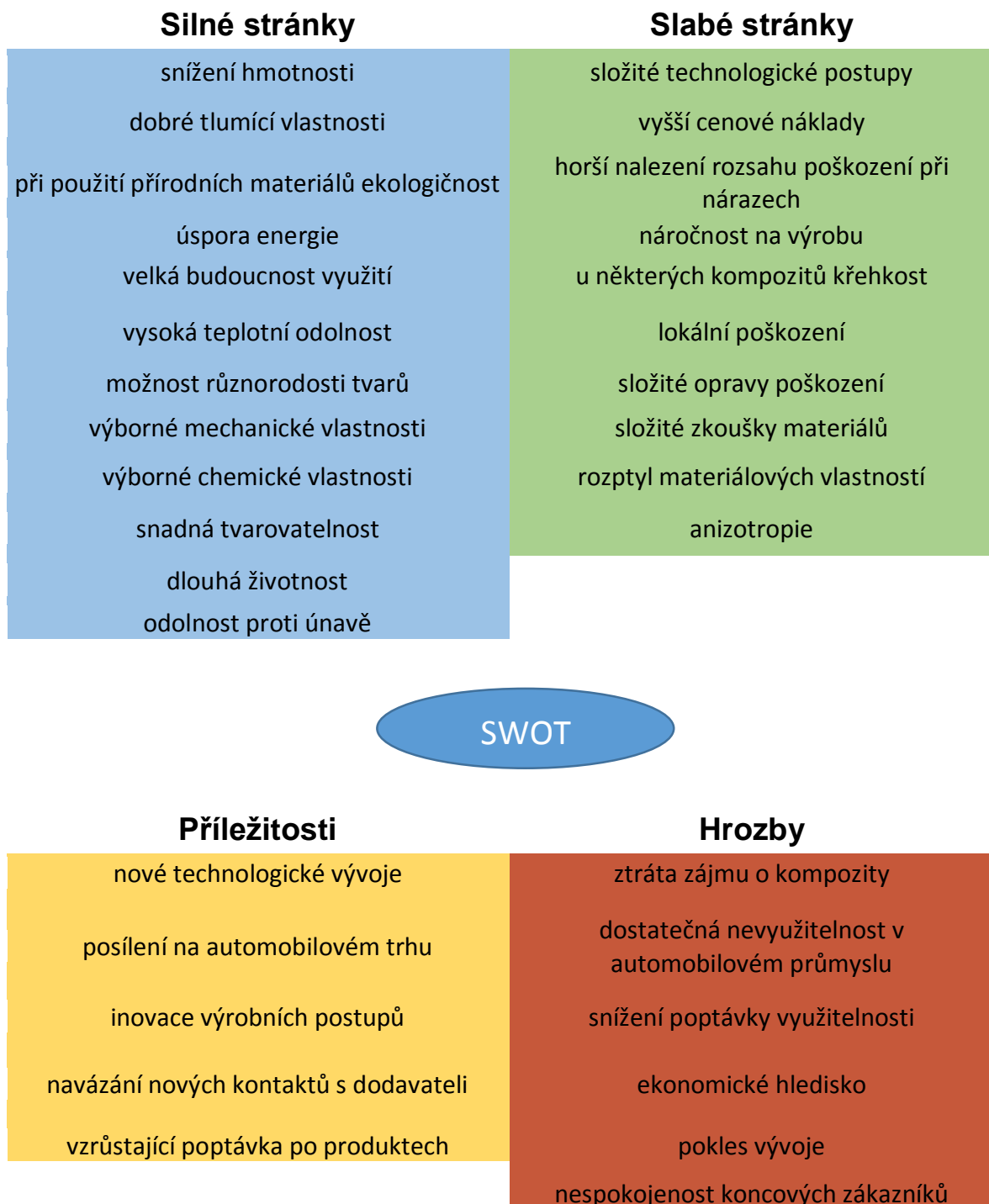
Budoucnost kompozitních materiálů míří, k vyššímu procentu využívání v konstrukčních prvcích u běžných automobilů. Širší spektrum využití i v konstrukčních a nosných prvcích krom okrajových designových prvků. Velkým přínosem by mohly být přírodní materiály. V dnešní době se koncerny automobilového průmyslu předbíhají ve vývoji těchto materiálů a jsou nuceni i ekonomickým hlediskem především k šetření naší planety, a to snížením emisních norem. Tyto materiály mají velké pole působnosti, je zde veliké ale, a to především v případě nárazů, jak se tyto materiály zachovají. Technologie zpracování je příliš odlišná od současných výrobních postupů, vyžaduje zcela jiné technologické zázemí. Tudiž se dá předpokládat, že zatím zůstanou doménou malých serií prémiových vozů s velkým podílem ruční práce. Další novinkou ve výrobě kompozitů je 3D tisk, který nám umožňuje širokou různorodost vyráběných tvarů, ale je omezen velikostí použité tiskárny. Pomocí 3D tiskáren, které obsahují dvě tiskařské hlavy, při čemž z jedné vychází nylon, z druhé hlavy ve vhodné zvolených vrstvách kombinuje s vyztužujícími karbonovými či skleněnými vlákny.

Shrnutí novinek:

- Kombinace přírodních materiálů
- Širší využití v konstrukcích automobilů
- Vývoj nových materiálů
- 3D tisk

4.3. SWOT analýza

SWOT analýza je univerzální analytická analýza, která se zaměřuje na vnitřní a vnější faktory, ovlivňující úspěšnost kompozitních materiálů na nýnějším trhu. Přehledným způsobem sumarizuje silné a slabé stránky, příležitosti v odvětví výroby kompozitních materiálů a hrozby, které mohou nastat při vývoji, a dalším využití kompozitních materiálů do budoucna.



5. Závěr

Kompozitní materiály mají do budoucna otevřenou cestu, která povede přes vývojové postupy, a to i přesto, že to jsou postupy náročnější technologické než dnešní využívané materiály. Dnešní doba se zaměřuje na vyvíjení nových kombinací nejvhodnějších pro použití u určitých dílů, a také na šetrnost k životnímu prostředí. To se odvíjí při využívání přírodních materiálů, které jsou výhodou pro ekonomičnost, dostupnost a nezávadnost vůči životnímu prostředí, jež rozhoduje zvláště v následné době po skončení životnosti dílů a recyklaci. Toto téma přináší především všeobecný pohled na využití těchto materiálů, jelikož se jedná o dosti projednávané téma. Tyto materiály jsou v dnešní době nedílnou součástí automobilů, k nejčastěji využívané jsou především kompozity s polymerní matricí. Především vyztužené skelnými vlákny, jejichž matrice tvoří pryskyřice. V porovnání s konvenčními materiály jsou zde jasné nevýhody z hlediska ekonomičnosti materiálu a budoucí recyklace. Z hlediska budoucnosti pro kompozity hovoří především lepší mechanické parametry při zachování nízké hmotnosti. V případě výroby zde hovoří snadná variabilita komplikovaně náročných konstrukčních prvků. Bohužel i pro všechny výhody jsou stále oblasti, v nichž kompozity nedokáží překonat běžné konvenční materiály.

6. Seznam použité literatury

- [1] Emerging composite material use in current electric vehicle: A review
Author links open overlay panel Surender Kumara R.S. Bharja
Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Jalandhar PB, India
- [2] Composites Science and Technology Volume 171, 8 February 2019, Pages 261-279
Frank Henningab Luise Kärgera Dominik Dörffa Fabian J. Schirmaiera Julian Seufferta Alexander Bernatha
- [3] Lubomír Zeman Kompozity s termoplastickou matricí a automobilový průmysl, 1. část 15.12.2014
- [4] MAREK BAČOVSKÝ 2011/2012, strana: 19-20
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52257
- [5] EHRENSTEIN, W. G. Polymerní kompozitní materiály. 1. vydání. Praha: Scientia, 2009. 351 s. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [6] de.wikipedia.org/wiki/Trabant Bavlna a pryskyřice? Byli jsme světová špička, tvrdí bývalý šéf Trabantu 07. února 2017, 06:08
- [7] Competing failure mechanisms in metal matrix composites and their effects on fracture toughness
Yan Li a,*, Jun Cao a, Cyril Williams b
a Department of Mechanical and Aerospace Engineering, California State University, Long Beach, CA 90840, USA
b US Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, Adelphi, MD 21005, USA (1-s2.0-S2589152919300341-main.pdf)
- [8] T.W. Clyne, P.J. Withers, An Introduction to Metal Matrix Composites, Cambridge University Press, 1995.
- [9] K.U. Kainer, Metal Matrix composites: Custom-Made Materials for Automotive and Aerospace Engineering, John Wiley & Sons, 2006.
- [10] S.-J. Hong, H.-M. Kim, D. Huh, C. Suryanarayana, B.S. Chun, Effect of clustering on the mechanical properties of SiC particulate-reinforced aluminum alloy 2024 metal matrix composites, Mater. Sci. Eng.: A 347 (2003) 198–204.
- [11] Z. Lu, C. Lan, S. Jiang, Z. Huang, K. Zhang, Preparation and performance analysis of Nb matrix composites reinforced by reactants of Nb and SiC, Metals 8 (2018) 233.
- [12] MARTYNKOVÁ, S. G. Nové technické materiály. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2010. 99 s. ISBN 978-80-7204-714-7.

- [13] Kompozitní konstrukce Svazek 208 , 15. ledna 2019 , strany 557-565 ; Vliv automobilové lakovny na mechanické vlastnosti termoplastů vyztužených vlákny Autor odkazy open překrytí panel T. Grätzl Y. vanDijk N. Schramm bL. Kroll b
- [14] BENEŠ, L. Technické materiály (nejen) pro dopravní techniku. 1. vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2010. 202 s. ISBN 978-80-7395-248-8.
- [15] Roving. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, poslední revize 20.12.2011. [cit. 2012-01-23]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Roving>.
- [16] Kompozity Část B: Inženýrství Svazek 158 , 1. únor 2019 , strany 46-54 Vlastnosti propíchnutí hybridní kontinuálně diskontinuální lisovací hmoty pro konstrukční aplikace
- [17] Composite Structures Volume 203, 1 November 2018, Pages 960-967, Comparison of filler-dependent mechanical properties of jute fiber reinforced sheet and bulk molding compound, Miriam I. Lautenschläger
- [18] S.-J. Hong, H.-M. Kim, D. Huh, C. Suryanarayana, B.S. Chun, Effect of clustering on the mechanical properties of SiC particulate-reinforced aluminum alloy 2024 metal matrix composites, Mater. Sci. Eng.: A 347 (2003) 198–204
- [19] Carbon fiberglass [online]. [cit. 2014-03-10]
- [20] <https://www.mmspektrum.com/clanek/moderni-technologie-vyroby-kompozitnich-dilu.html>
- [21] Kompozitní konstrukce Svazek 213 , 1. duben 2019 , strany 144-152, Vývoj podtlakového lisování pro výrobu automobilových střešních panelů, Jeong-Min Lee
- [22] PRAVEEN GOUDA, P. Applications of Composites materials in the Automotive industry [online]. Last revision on 6 th February 2010 [cit. 2012-01-22].
- [23] SCHULTZ, R. M. Energy absorption capacity of graphite-epoxy composite tubes [online]. Scholar.lib.vt.edu. Last revision on 20th November 1998. [cit. 2012-02-10].
- [24] Kompozity Část B: Inženýrství Svazek 167 , 15. června 2019 , strany 461-466 Výroba epoxidových kompozitů vyztužených různými přírodními vlákny a jejich mechanické vlastnosti Autor odkazy otevřené překrytí panel Engin Sarikaya a Hasan Çallioğlu b Hakan Demirel c 25)
- [26] Kompozitní konstrukce Svazek 203 , 1. listopad 2018 , strany 960-967 Porovnání mechanických vlastností výplňově závislého mechanického materiálu z jutové vlákny vyztužené fólie a objemové formovací Miriam I. Lautenschläger a Lukas Mayer b Julian Gebauer a Kay A. Weidenmann a b Frank Henning a Peter Elsner a b

[27] KOMPOZITY A HLINÍK V SÉRIOVÉ VÝROBĚ, 8. LISTOPADU 2016,
<http://www.vvautomotive.cz/kompozity-a-hlinik-v-seriove-vyrobe/>

