



ANALÝZA MATERIÁLOV POUŽÍVANÝCH V AUTOMOBILOVOM PRIEMYSLE

ANALYSIS OF MATERIALS USED IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Anton Panda – Peter Orendáč

Abstract: Tackling the challenge is now highly topical precisely because of the development of materials for the automotive industry, which is constantly progressing. Car manufacturers are trying to eliminate drawbacks and improve quality by improving the properties of materials, the various impurities in their production, or a complete change of material. The main objective of this paper is to examine the materials used in the past to the present, including the proximity of various innovations that are not yet in mass production.

Abstrakt: V súčasnosti je táto téma veľmi aktuálna kvôli vývoju materiálov pre automobilový priemysel, ktorý neustále napreduje. Výrobcovia automobilov sa snažia odstrániť nevýhody a zlepšiť kvalitu zlepšením vlastností materiálov, rôznymi prímiesami pri ich výrobe, alebo úplnou zmenou materiálu. Hlavným cieľom príspevku je preskúmať používané materiály od minulosti po súčasnosť, vrátane priblíženia rôznych novinek, ktoré ešte nie sú rozšírené vo veľkosériovej výrobe.

Keywords: *automotive industry, materials, plastics.*

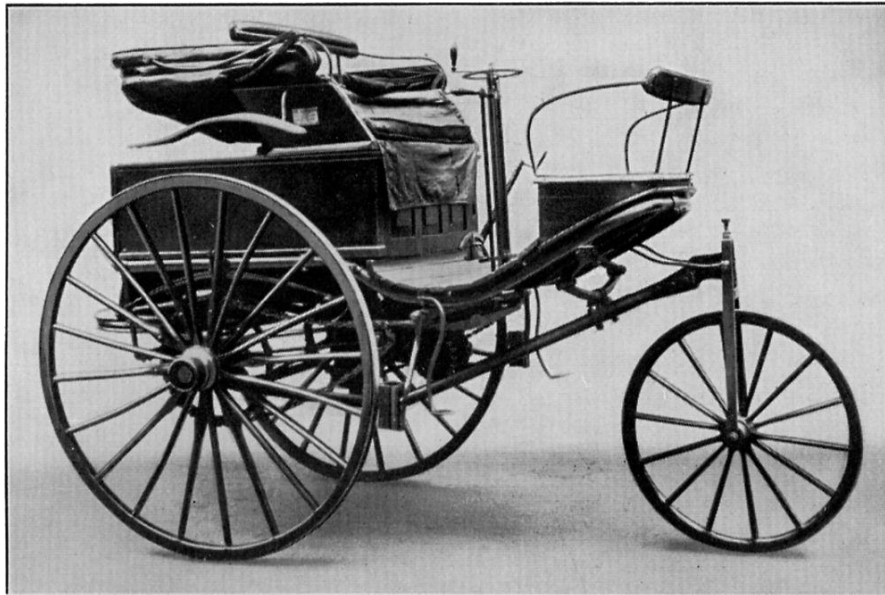
Kľúčové slová: *automobilový priemysel, materiály, plasty.*

Úvod

Prvý automobil, Benzov trojcykel, bol otvorenou trojkolkou s konštrukciou ľahkých vozidiel. Jeho trojkolesový podvozok a rám boli vyrobené z ohýbaných a zváraných oceľových rúr. Motor musel byť súčasťou rámu. Kolesá boli iba drôtené, zadné potom mali cínové puzdra. Sedadlo bolo vyrobené z dreva a spolu s opierkami bolo pre pohodlie cestujúcich potiahnuté kožou. Kožená bola aj pásová brzda. Postupom času sa spolu s vývojom automobilu menila predovšetkým jeho karoséria. Bolo potrebné automobil uzavrieť, aby cestujúci neboli vystavení vonkajším vplyvom. Začal sa vyrábať drevený rám, ku ktorému sa pridávali oceľové plechy. Aby tieto plechy nekorodovali, začali sa zvonku ošetrovať nátermi. Spočiatku boli všetky práce na automobile vykonávané ručne. Automobily boli kvalitné, ale ich výroba bola zdĺhavá a náročná. Dnes sa už úplne prešlo k sériovej továrenskej výrobe. Nové výskumy prinášali do výroby stále nové materiály. Od pôvodných celodrevených konštrukcií sa prechádzalo k dreveným rámom, ktoré boli pokryté plechmi, ale tiež napríklad počas druhej svetovej vojny, kedy sa kovy využívali predovšetkým na výrobu zbraní, robili sa prútené karosérie lisovaným papierom a pod. [2] Najvýznamnejším objavom tejto doby bol bezpochyby duroplast, použitý prvýkrát v roku 1958. Tento plast bol základom Trabanta. Karoséria vyrobená z duroplastu mala hneď niekoľko výhod - bola veľmi ľahká, odolávala menším nárazom, nekorodovala, jednotlivé diely skeletu automobilu (blatníky, dvere, strecha, kapota) bolo možné ľahko opraviť ich obvyčajnou výmenou. Z chemického hľadiska sú základom duroplastu tri typy syntetickej živice a bavlnené plnivo. Duroplastové automobilové diely boli spracovávané lisovaním. Iba niektoré nepresnosti, alebo nutné úpravy boli dodatočne vykonávané ručne. Vo svojej dobe boli známe aj základné parametre duroplastu.



Hustota $1,38 \text{ kg/dm}^3$, tepelná súdržnosť 120°C a medza zlomu pri prenutí 150 až 180 MPa. Spolu so zánikom výroby Trabantu sa duroplast v automobilovom priemysle prestal používať. [1]



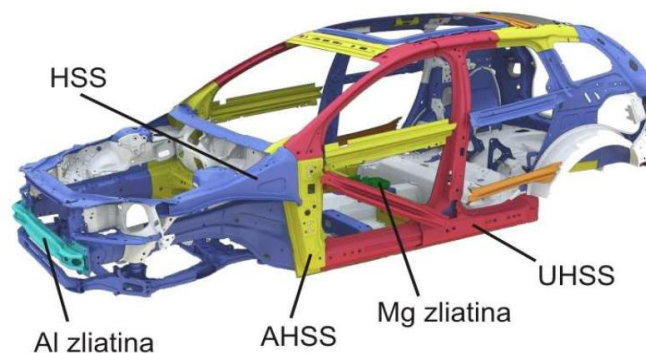
Obr. 1 Benzová trojkolka

Nové materiály v automobilovom priemysle

Zliatiny, plasty a kompozity sú nové materiály pre automobilový priemysel. Dnešné priemerné európske auto obsahuje 70 kg hliníka a až do 120 kg plastov, obidva tieto materiály takmer zdvojnásobili svoje zastúpenie v automobiloch od roku 1980. Oceľový plech prispieva na hmotnosti automobilu približne 400 kg, a všetky ocele v celkovom súčte tvoria 55-60% hmotnosti vozidla. Napriek tomu, že oceľ je stále dominantný materiál pri výrobe automobilov, je stále viac vnímaná ako "materiál včeraška". Výrobcovia automobilov sa snažia znížiť hmotnosť lebo s tým sa zvýši celkový výkon a ovládateľnosť vozidla. Ak sa vozidlo odľahčí o 10% môže sa znížiť čas zrýchlenia z 0-100 km/h o takmer 8%. Výskumom pomocou metódy konečných prvkov a analýzy citlivosti konštrukcie sa dokázalo, že 20% zníženia hmotnosti môže byť dosiahnuté tým, že kombinujeme nové ocele a výrobné postupy ako je spájanie lepením a lepenie tavením. Touto štúdiou sa zistilo, že celá štruktúra je o 15% tuhšia a takmer o 20% ľahšia. V automobilovom priemysle by znižovanie hmotnosti mohlo byť zavedené do existujúcich zariadení takmer okamžite, čo zvyšuje ekonomické výhody zníženia hmotnosti pomocou ocele. Osobitným častiam automobilových konštrukcií sa pri jej zhotovovaní kladie veľká pozornosť. Nie je to len kvôli dôležitému vplyvu celej konštrukcie na jazdné vlastnosti a prevádzku vozidla, ale taktiež kvôli zameraniu sa na ekológiu a ekonomiku výroby. Konštrukcia automobilu má najväčšiu úlohu pri ochrane posádky v prípade nehody. Okrem iného musí ako celok znášať priečne, pozdĺžne, asymetrické, ohybové a torzné zaťaženia, bez nejakých viditeľných prejavov. Hlavnými kritériami na vlastnosti použitých materiálov sú nízka hmotnosť, dostatočná životnosť, vhodné deformačné správanie,



vysoká pevnosť pri zachovanej ťažnosti, recyklovateľnosť, dobrá zvariteľnosť a tvarovateľnosť. Konštrukciu rozdeľujeme na niekoľko dôležitých častí, ktoré majú pri pohlcovaní nárazu rozličnú úlohu. Aj preto sa karoséria nevyrába ako celok, ale je kompletizovaná z jednotlivých výrobných dielov z rôznych materiálov. V súčasnosti je stále najpoužívanejšia oceľ, ale niektoré časti sa postupne nahrádzajú zliatinami hliníka a v malej miere zliatinami horčíka. Treba však poznamenať, že zmyslom návrhu konštrukcie nie je aplikácia materiálov, ktoré by sa pri nehode nedeformovali. Hlavnou myšlienkou je použiť materiál, ktorý by svojou plastickou deformáciou spotreboval čo najviac energie nárazu a zmenšil tak extrémne preťaženie vyvíjané na pasažierov na čo najnižšie hodnoty. Karosárske plechy sa považujú za tenkostennú konštrukciu karosérie, ktoré by sa mali časťou podieľať na bezpečnosti posádky. Karosérie automobilov dodávajú výsledný dizajn automobilu a majú aj dosah na ekonomiku prevádzky automobilov parametrami ako je odpor vzduchu, hmotnosť, odpor proti znehodnocovaniu povrchu. Je potrebné, aby boli dostatočne pevné, dobre zvariteľné a tvarovateľné, aby dostatočne tlmili mechanické vibrácie a mali dlhú životnosť. Hrúbky plechov sa pohybujú v rozsahu od 0,5 až 0,8 mm podľa polohy ich umiestnenia. Na pancierových autách majú plechy hrúbku až do 3mm. [2] [4]



Obr. 1 Karoséria automobilu

Hliníkové zliatiny

Zliatiny hliníka sú v súčasnej dobe stále viac používané pri výrobe konštrukcie áut všetkých tried. Ich atraktivita spočíva v nízkej hmotnosti. V porovnaní s oceľami majú zliatiny hliníka zhruba tretinovú hmotnosť. Úsporu na hmotnosti nie je možné porovnávať len za základe tohto parametra kvôli tomu, že zliatiny hliníka majú slabšiu pevnosť, teda súčiastky musia byť mohutnejšie. Výhodou je tiež dobrá recyklovateľnosť týchto zliatin, odolnosť voči korózii a dobrá dostupnosť. Ich nevýhodami je vyššia cena hliníka, oproti cenám ocelí a tiež aj horšia tvárnosť a zvariteľnosť. V súčasnosti sa používajú zliatiny triedy 5xxx (Al-Mg zliatiny), predovšetkým 5251, 5754, 5182, 5022, 5023. Pre vyššiu medzu sklzu, ktorá môže dosahovať hodnoty až 600 MPa, sú aktuálne aj zliatiny triedy 6xxx (Al-Si zliatiny), 6022, 6181, 6016, 6111, 6009 a iné. V Európskych autách sa zriedkavo používajú aj prvky zo zliatin triedy 2xxx (Al-Cu zliatiny), 2036 a 2117. Ich väčšiemu rozšíreniu bráni sťažená recyklovateľnosť.



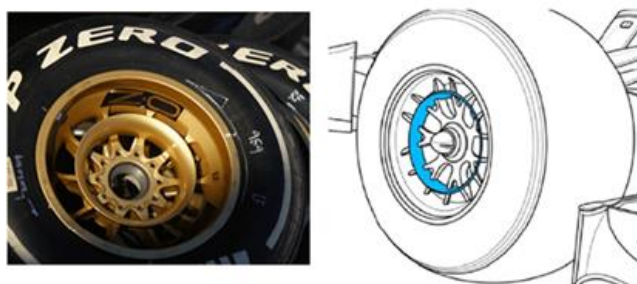
Napriek tomu sú stále populárne v automobilkách USA. V luxusných a neštandardných modeloch sa používajú konštrukcie s vyšším podielom hliníkových zliatin (napr. BMW radu 5 a 7) kde sa dá ušetriť na hmotnosti 5 až 15%, V prípadoch celohliníkovej konštrukciou ktoré sú použité u Audi R8, Jaguar XJ a pod., sa dosahuje úspora hmotnosti 40 až 50%. Veľké uplatnenie na menej namáhané komponenty našli hliníkové peny. Ich prednosťou je ešte nižšia hmotnosť pri relatívne dobre zachovanej pevnosti. S ich použitím sa môžeme stretnúť v nárazníkoch áut, ktoré majú znížiť následky poranenia pri nehodách aut s chodcami. [1] [4]



Obr. 3 Karoséria Audi R8

Horčíkové zliatiny

Zliatiny horčíka sú v porovnaní s hliníkovými zliatinami o 30% ľahšie, oproti oceliam je to až o cca 75% nižšia hmotnosť. Popri nízkej hmotnosti horčíkových zliatin, je možné ich odlievanie v podobe tenkostenných odliatkov. Horčíkové zliatiny pre tieto použitia sú legované mangánom a zinkom. Prevládajú zliatiny s označením AZ91, AM50 a AM60. Medza sklzu horčíkových zliatin je v rozmedzí od 120 do 160 MPa, medza pevnosti od 210 do 240 MPa, a ťažnosť je 3 až 10%. Kvôli takto nízkym mechanickým vlastnostiam a vysokej reaktivite s kyslíkom, je použitie horčíkových zliatin obmedzené len na také konštrukčné prvky, ktoré nie sú veľmi namáhané a vystavované kyslíku. V dôsledku toho, že majú horšie mechanické vlastnosti, z ktorých je charakteristická zvýšená citlivosť na vruby, horčíkové zliatiny sa do praktických konštrukcií v automobilovom priemysle skoro vôbec nedostali. V osobitných prípadoch sa zo zliatin horčíka zhotovujú menej namáhavé kryty. Nevýhodou je tiež možnosť výroby len odlievaním a taktiež vysoká trhovú cenu týchto zliatin. [3] [5]

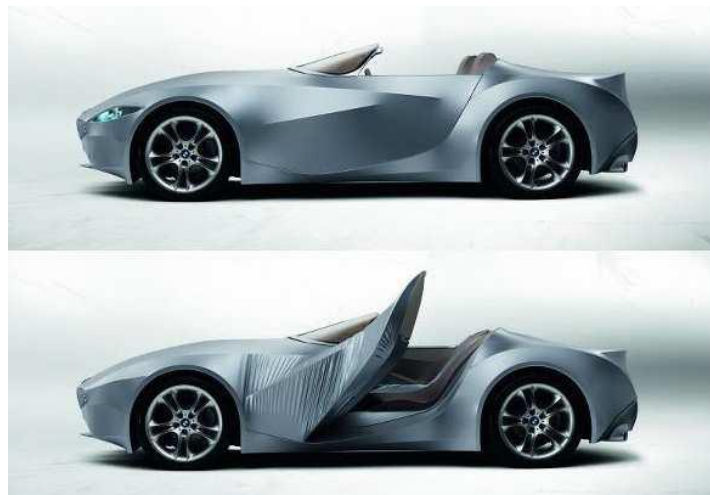


Obr. 4 Obruč z horčíkovej zliatiny



Polyméry a ich kompozity

V súčasnosti narastá veľký podiel polymérov a ich kompozitov pri konštruovaní automobilov. Veľkú oblasť využitia majú v automobilovom priemysle pre ich nízku hmotnosť a lepšie mechanické vlastnosti v porovnaní s kovovými a polymérnymi materiálmi. Len pre porovnanie sa z roku 1970 pri výrobe áut strednej triedy použilo 40kg plastov, o 13 rokov neskôr to už bolo 90kg a v roku 1995 zhruba 130kg plastov. V súčasnosti je podiel plastov okolo 10 až 15% z hmotnosti automobilu. Vyrábajú sa z nich nárazníky, prístrojové dosky, kryty kolies, vnútro sedadiel, puzdro akumulátora, držiaky motora a mnoho ďalších súčiastok. Najväčšie uplatnenie majú termoplasty vystužené sklenenými vláknami. Vo výnimočných prípadoch sa používajú uhlíkové vlákna. V minulosti predstavoval podiel plastov 6%, dnes je to 10 až 15% a predpokladá sa že v roku 2020 budú plasty tvoriť až 25% hmotnosti automobilu. S rastom zhotovených automobilov rastie aj spotreba materiálov. V priemere hmotnosť automobilov je okolo 1100kg, v USA je to až 1500kg. Zastúpenie materiálov v automobiloch je nasledovné: železné kovy (60 %), plasty (10 %), neželezné kovy (7 %), guma (4,5 %), textil a protihluková hmota (4 %), sklo (3 %), farba a tmel (1,5 %), kvapaliny a iné materiály (7 %), percentá sú uvádzane z celkovej hmotnosti automobilov. V súčasnej dobe tvorí 30 % ceny vozidla materiál, preto sa výrobcovia snažia o zníženie spotreby materiálu. [2]



Obr. 5 Vízia použitia plastov v automobiloch

Automobilový priemysel používa polymérne kompozity a plasty v širokej škále aplikácií, ako druhý najčastejší používaný materiál v triede automobilových materiálov po železných kovoch a zliatinách (liatina, oceľ, nikel), ktoré predstavujú 68% hmotnosti. Medzi iné neželezné kovy, ktoré sa používajú patrí meď, zinok, hliník, horčík, titán a ich zliatiny. Obsah plastov vozidiel tvoria asi 50% všetkých vnútorných komponentov, vrátane bezpečnostných subsystémov, dvier a zostáv sedadiel. Výhodou plastov sú ich montážne náklady a možnosť výroby tvarovo zložitých častí. Vo veľa prípadoch tak nahradili diely z iných materiálov.



Súčasné modely vozidiel ukazujú, že plasty sú používané v exteriéri aj interiéri. Vyrábajú sa z nich komponenty, ako sú nárazníky, dvere, časti svetlometov, bočné zrkadlá, mriežky chladiča, kryty kolies a pod. Dnes môže byť použitých až 13 rôznych polymérov v jednom automobile, ale len tri druhy plastov tvoria cca 66% z celkového množstva použitých plastov v automobile: polypropylén (32%), polyuretán (17%) a PVC (16%). [1] [5]

Tab. 1 Zastúpenie polymérov v automobile

Zložka	Hlavné typy plastov	Hmotnosť v automobile(kg)
Nárazník	PS, ABS,PC/PBT	10
Miesto na sedenie	PUR, PP, PVC, ABS, PA	13
Prístrojová doska	PP, ABS, SMA, PPE, PC	7
Palivový systém	HDPE, POM, PA, PP, PBT	6
Telo(panely)	PP, PPE, UP	6
Komponenty pod kapotou	PA, PP ,PBT	9
Vnútoraná výbava	PP, ABS, PET, POM, PVC	20
Elektrické súčasti	PP, PE, PBT, PA, PVC	7
Vonkajšia výbava	ABC, PA, PBT, POM, ASA, PP	4
Osvetlenie	PC, PBT, ABS, PMMA, UP	5
Čalúnenie	PVC, PUR, PP, PE	8
Časti nádrže	PP, PE, PA	1
Celkovo		96

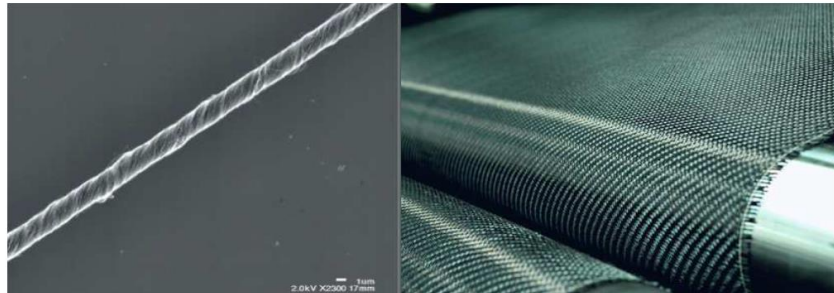
PP - polypropylén je veľmi chemicky odolný a takmer úplne odolný voči vode. Použitie: automobilové nárazníky, chemické nádrže, izolácie káblov, boxy batérie, fľaše, benzínové kanistre, vnútorné a vonkajšie koberce.

PUR – polyuretán, tieto materiály sú široko používané, pretože majú vysokú odolnosť. Použitie: tuhé penové izolačné dosky, mikroporézne penové tesnenia, pneumatiky, automobilové zavesenie puzdra, elektrické zalievacie zliučiny, pevné plastové diely (napr. ako pre elektronické nástroje).

PVC - poly-vinyl-chlorid, má dobrú odolnosť proti chemickým rozpúšťadlám. Vinyl mu dodáva dobrú pevnosť v ťahu. K dispozícii sú farebné, alebo čierne materiály. Použitie: automobilové panely, opláštenie elektrických káblov, potrubia, dvere. [3]

Uhlíkové vlákna

Uhlíkové vlákno je súvislé vlákno obsahujúce hlavne uhlíkové atómy o priemere vlákna 5-10 μm . Vďaka kryštalovému usporiadaniu je spôsobené, že je veľmi pevné. T.A. Edison vyrobil prvé uhlíkové vlákno v roku 1880 z bambusovej dreviny. V dnešnej dobe sa vyrábajú viacerými spôsobmi. Uhlíkové vlákna majú veľa výhod, ale aj napriek tomu sa doposiaľ pochybuje či je správne ich využívať na výrobu karosérie automobilov. [2]



Obr. 6 Uhlíkové vlákno pod mikroskopom

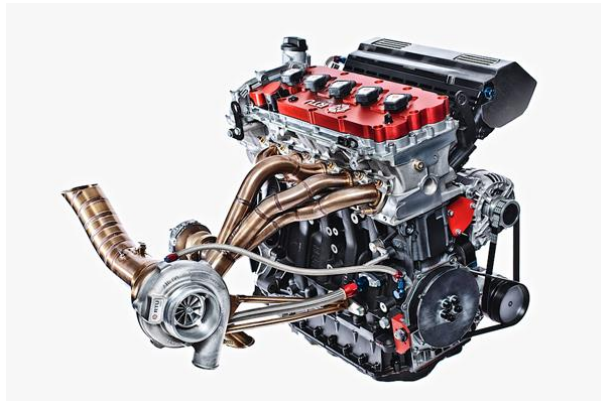
Keramické materiály

Medzi všeobecné vlastnosti keramických materiálov, z pohľadu mechanických vlastností patrí tvrdosť, vysoká tepelná stabilita, krehkosť a zlá elektrická vodivosť. Keramické brzdové doštičky poskytujú skvelý brzdný výkon, majú dlhú životnosť a sú veľmi ľahké. Problém je v tom, že sú veľmi drahé. Keramické brzdové doštičky sú vyrobené z keramických vlákien, plniva, spojiva a môžu mať aj malé množstvo medených vlákien. Vzhľadom k tomu, že sú väčšinou keramické, tieto brzdové diely odvádzajú dobre teplo, ktoré udržuje výkon silný, a to aj po opakovaných tvrdých dorazoch. Produkujú menej prachu ako klasické typy brzdových doštičiek a prach, ktorý produkujú, je svetlejší a nelepí sa. Z dôvodu že sú tak drahé, keramické brzdové doštičky nie sú pre každý typ vozidla. Doteraz túto drahú technológiu používali výlučne výrobcovia exkluzívnych športových áut, ako sú: Aston Martin, Porsche, Ferrari či Lamborghini. Spoločnosti Brembo a SGL sa spojili, aby spoločne pracovali na cenovo dostupných dieloch bŕzd, ktoré budú vyrobené z karbón - keramického kompozitu. Všetky rýchle sedany, kombi či športové vozidlá tak možno budú mať o desať rokov v základnej výbave tieto účinné brzdy. Brembo a SGL pracujú na optimalizácii výrobného procesu, aby boli náklady čo najnižšie. [4]



Obr. 7 Keramické brzdy

Spoločnosť RTU využíva keramické materiály a uprednostňuje ich aj v mechanicky pohyblivých častiach motorov. Postupom času by mali tieto materiály byť použité až pre 80% komponentov RTU motorov. Dôvod prečo sa tieto materiály do dnes nepoužívajú vo veľkosériovej výrobe bolo vysoké riziko nepodarkovosti z príčiny skrytých prasklín, nakoľko daný materiál nie je kov, nie je možné robiť kontrolu na výskyt trhlin a nie je možné použiť ani metódu röntgenového lúču. Nie je teda žiadna známa 100% metóda na kontrolu kvality, a z tohto dôvodu sú náklady na výrobu veľmi drahé, sú vyššie ako u nehrdzavejúcej ocele alebo titánu. [5]



Obr. 8 RTU motor

Záver

Následkom rýchleho vývoja nanokompozitných polymérnych materiálov sa objavili nové polymérne kompozitné materiály, ktoré znamenajú revolúciu, kvôli ich mechanickým a povrchovým vlastnostiam a nehorľavosti. Pri výrobe karosérie vznikajú nové technologické postupy, ktoré dovoľujú vyrábať zložito tvarové súčiastky, ktoré veľmi dobre odolávajú mechanickým namáhaniam pri nehodách. Vo veľa prípadoch bolo zvarovanie plechov nahradené metódou spájania častí lepením, alebo využitím oboch alternatív a teda lepením aj zvarovaním. Pri spájaní je potrebné použiť špeciálnu metódu v prípade polymérov, je potrebná úprava povrchu, napríklad nízkoteplotnou plazmou elektrického výboja, alebo korónového výboja. Tieto požadované úpravy nijak nespomaľujú výrobu, práve naopak zabezpečujú zjednodušenie a zrýchlenie výroby.

Použitá literatúra

- [1] DAVIES G.: Materials for Automobile Bodies, Printed and bound in Great Britain, Butterworth - Heinemann, 2003, ISBN 0-7506-5692-1
- [2] BARNARD R.H.: Automotive Engineering Development. In: An Introduction to Modern Vehicle Design. Butterworth - Heinemann, 2002, ISBN 07506 – 5044 - 3.
- [3] De COOMAN B. C. et al.: High Mn TWIP Steels for Automotive Applications. In New Trends and Developments in Automotive System Engineering. InTech, Rijeka, Croatia, 2011, ISBN 978- 953-307-517-4.
- [4] SCHARFF R. et al.: Complete Automotive Estimating. Delmar Publishers Inc., New York USA, 1990, ISBN 0-8273-3585-7.
- [5] YAMAGATA H.: The Science and Technology of materials in automotive engines. CRC Press, Cambridge, England, 2003, ISBN-10: 0-8493-2585-4.

Kontakt

prof. Ing. Anton Panda, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta Výrobných technológií v Prešove, Bayerova 1,
080 01, Prešov, Slovensko

e-mail: anton.panda@tuke.sk