

## Plastični kompoziti u automobilima

Privedili: Marko Špoljar, Maja Rujnić-Sokele

### Plastic composites in cars

The automotive industry is one of the most important industries in the world by revenue and number of employees. Apart from the factories, companies that produce and supply the parts needed to assemble a car are also important. The automotive industry is a major consumer of plastic composites. The motivation for their use includes weight reduction with better fuel efficiency, improved drive quality and corrosion resistance. There are many requirements that polymer composites must meet in order to expand their use in the automotive industry, and the most important are fast production and low expenses. Aesthetics is also an important factor of success because a nicely packaged product sells better. In the 21st century the ecology is also significant – everything should be green because green is trendy. One of the future goals of polymer composites is to increase the use in batteries for electric cars that will slowly but steadily increase its share among cars driven by fossil fuels. Thanks to their outstanding properties they have a very bright future in automotive industry.

### Uvod

Automobilska industrija jedna je od najvažnijih industrijskih grana u svijetu po prihodu i broju zaposlenih. Osim samih tvornica važne su i tvrtke koje proizvode i dobavljaju dijelove potrebne za sastavljanje automobila. Automobilska industrija velik je potrošač plastičnih kompozita. Motivacija za njihovu primjenu uključuje smanjenje mase uz bolju iskorištenost goriva, poboljšanu kvalitetu vožnje i postojanost na koroziju. Mnogo je zahtjeva koje polimerni kompoziti moraju zadovoljiti kako bi se proširila njihova primjena u automobilskoj industriji. No uz ostala svojstva koja posjeduju, to ne predstavlja problem. Uz to, međutim, moraju biti zadovoljeni i neki drugi zahtjevi: što brža proizvodnja uz što niže troškove koji u konačnici daju konkurentan proizvod koji se ističe u moru ostalih proizvoda. Estetika je također bitan faktor uspješnosti jer se lijepo upakiran proizvod bolje prodaje. U 21. stoljeću vrlo je bitna i ekologija, sve treba biti zeleno jer zeleno je u trendu.

### Povijest primjene polimernih kompozita u automobilima

Povijest primjene polimernih kompozita u automobilskoj industriji počinje 1939. kada je Henry Ford konstruirao prvi automobil u kojem su uporabljena staklena i sojina vlakna te vlakna konoplje u kombinaciji s duromernom matricom (slika 1). U unutrašnjosti vozila prevladavali su kompoziti s kokosovim vlaknima, koji su u ono vrijeme bili revolucionarni. Polimerni kompoziti prevladavali su karoserijom, blatobranima te u poklopcu motora. Budući da se u tim vremenima većina stanovništva SAD-a bavila poljoprivredom, Henry Ford htio je povezati agrikulturu s automobilskom industrijom. Uz to bio je uvjeren da će plastična karoserija biti sigurnija u sudarima od čelične. Godine 1939. počeo je Drugi svjetski rat te je nastupila nestašica metalnih rudača zbog potreba vojske. Nažalost, Drugi svjetski rat ujedno je prekinuo razvoj tog automobila. Automobil je bio mase 900 kg, tj. 450 kg lakši od tadašnjega čeličnog automobila.<sup>1</sup>

Sljedeći automobil zanimljiv za povijest polimernih kompozita je *Stout Scarab*, koji je dizajnirao William Stout 1936., a 1946. poboljšao poliesterskom karoserijom ojačanom staklenim vlaknima. Sedan s dvojim vratima prvi je automobil koji je imao karoseriju potpuno izrađenu od kompozita sa staklenim vlaknima. Inovacije su bile i u motoru, jer je

Fordov motor V8 bio smješten na stražnjoj strani vozila. Novost je bio i varijabilni zračni ovjes. Izrada navedenog automobila bila je samo eksperiment koji je stajao 100 000 USD, a ideja karoserije od staklenih vlakana ostala je, nažalost, samo ideja jer se automobil prikazan na slici 2 nije proizvodio.<sup>3</sup>



SLIKA 1 – Fordov automobil od duromernog kompozita s konopljom<sup>2</sup>



SLIKA 2 – Stout Scarab 46<sup>3</sup>

Najduži automobil s karoserijom od polimernih kompozita proizveden je 1952. Riječ je o *Maverick Sportsteru*. Dizajn je bio neobičan jer automobil nije imao vrata radi povećanja krutosti karoserije. Karoserija je težila 99 kg zahvaljujući poliesteru ojačanom staklenim vlaknima, što je limuzinu dugačku 5 m u kombinaciji s *Cadillacovim* motorom V8 pretvaralo u jurilicu. Proizvedeno je samo 11 primjeraka automobila za potrebe promocije tvrtke, a s cijenom od 4 500 USD bio je namijenjen za posebnu klijentelu.<sup>4</sup> Treba napomenuti da je 4 500 USD iz 1952. danas ekvivalentno 40 000 USD.<sup>5</sup> Masovna proizvodnja ovog rariteta prikazanog na slici 3 nikad nije počela, iako su se početkom 90-ih godina 20. stoljeća pojavile kopije, na nezadovoljstvo kolekcionara automobila.

Nijedan od navedenih automobila nije bio namijenjen za svakodnevnu uporabu i nije se serijski proizvodio, već su svi bili načinjeni za promociju. Velik korak naprijed bilo je osobno vozilo *Chevrolet Corvette EX-122* (slika 4) iz 1953., čiji su dijelovi karoserije bili izrađeni od poli-propilena ojačanog staklenim vlaknima. Proizvedeno je 300 automobila, a 225 ih je i danas u vlasništvu automobilskih entuzijasta.<sup>6</sup> Cijena *Corvette EX-122* bila je 3 700 USD, dok današnja vrijednost ovisi o stanju vozila i originalnosti pa cijene dosežu čak 325 000 USD.<sup>7</sup>



SLIKA 3 – *Maverick Sportster*<sup>4</sup>SLIKA 4 – *Corvette EX-122*<sup>5</sup>

Europa je nakon Drugoga svjetskog rata bila u vrlo lošoj ekonomskoj situaciji pa se primjena polimernih kompozita ustalila zbog nedostatka željeznih i ostalih metalnih sirovina. Tvrtka *Messerschmitt* iz Regensburga proizvela je 1953. mali automobil *KR-175* s tandemski smještenim sjedalima ispod kupole izrađene od polimera ojačanog staklenim vlaknima. Automobil je težio 210 kg i bio pokretan slabšašnim dvotaktnim motorom koji je razvijao 6,7 kW.<sup>8</sup> Ljepota je u očima promatrača, no *KR-175* zaista ne oduševljava dizajnom, što je vidljivo na slici 5. Nasljednik ovog popularno zvanog *mikroautomobila* bio je *KR-200* s ponešto jačim motorom od 7,4 kW te nepromijenjenom karoserijom. Nijemci su oduvijek bili sinonim za pouzdanost te su to i dokazali 1955. kada je *KR-200* s minimalnim preinakama na motoru vozio 24 sata na Hockenheimringu. Oborena su 22 brzinska rekorda u klasi *mikroautomobila* te je novi rekord iznosio 103 km/h.<sup>9</sup>

SLIKA 5 – *Messerschmitt KR-175*<sup>9</sup>

Nisu samo Nijemci i Amerikanci proizvodili plastične automobile. Prvi serijski proizveden osobni automobil u Norveškoj s karoserijom od materijala ojačanog staklenim vlaknima bio je *Troll* (slika 6). Karoserija *Trolla* bila je oku ugodnijeg oblika nego njemački *KR-175*. Pogonio ga je dvotaktni motor *Gutbrod* od 22 kW s niskom potrošnjom od 5 L/100 km. Maksimalna brzina bila je 130 km/h.<sup>10</sup>

SLIKA 6 – *Troll* iz 1956.<sup>10</sup>

Njemačka tvrtka iz Stuttgarta proizvela je 1956. sportski automobil s karoserijom od duromera ojačanog staklenim vlaknima. Riječ je o *DKW Monzi* (slika 7), čija je stijenka karoserije bila debela 2,5 mm, a omogućila mu je niz brzinskih rekorda. Na autodromu *Nazionale Monza* u Italiji postavio je rekord u neprekidnoj 48-satnoj vožnji s prosječnom brzinom od gotovo 140 km/h. Proizvedeno je oko 230 primjeraka automobila jer je karoserija od polimernog kompozita unatoč svojim očitim prednostima bila preskupa za velikoserijsku proizvodnju.<sup>11</sup>

SLIKA 7 – *DKW Monza*<sup>13</sup>

Nakon Drugoga svjetskog rata Njemačka je podijeljena na Saveznu Republiku Njemačku i Demokratsku Republiku Njemačku i među njima je nastao nepremostiv zid uvjetovan borbom socijalizma i kapitalizma kao dva potpuno različita pogleda na svijet. U Saveznoj Republici Njemačkoj postojalo je nekoliko proizvođača automobila čiji su proizvodi bili vrlo skupocjeni statusni simboli, dok je na istočnoj strani, u Demokratskoj Republici Njemačkoj bilo drukčije.<sup>12</sup> Automobil pod imenom *Trabant* osmišljen je i konstruiran u gradiću Zwickauu koji je bio u Istočnoj Njemačkoj. *Trabant*, ili popularno zvan *Trabi* (slika 8), bio je mnogima plićeg džepa jedina prilika da nabave automobil. Kvaliteta je bila upitna, a veći dio karoserije bio je izrađen od duromera ojačanog pamučnim vlaknima. Proizvedena su tri milijuna primjeraka te je stoga najpoznatiji povijesni automobil napravljen od polimernog kompozita. *Trabi* je u samom početku proizvodnje bio jedan od tehnološki naprednijih automobila, no problem je što je od 1957. do 1991. ostao gotovo nepromijenjen.<sup>13</sup> Bilo je pitanje vremena kada će se u automobilskim pneumaticima početi primjenjivati staklena vlakna pa je tako 1967. tvrtka *Armstrong Rubber* predstavila i taj novitet.<sup>15</sup> Početkom 70-ih godina 20. stoljeća osmišljeno



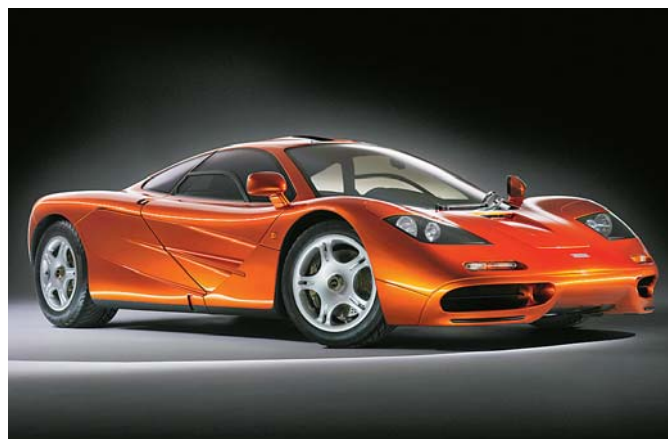
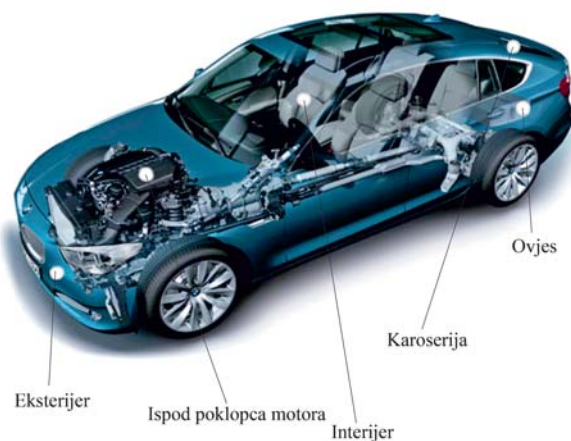
je izravno prešanje osmoljenog lista. Tih je godina potreba za manjom masom automobila rezultirala širom primjenom polimernih kompozita za proizvodnju strukturnih komponenata, a ne samo kozmetičkih dijelova automobila kao dotad. Od polimernih kompozita izrađivali su se nosači hladnjaka motora, dijelovi prijenosa i ovjesa. Prvi bolid Formule 1 čija je šasija u cijelosti bila načinjena od polimera ojačanog ugljikovim vlaknima je *McLarenov MP4/1* iz 1982. (slika 9). Bolid je bio mnogo čvršći i laganiji nego konkurentski bolidi, tako da su uspjeh i probijanje kompozita u motosportu obećavali. U povijesti *Formule 1* time je počelo novo doba, takozvano *doba ugljika*.<sup>16</sup>

SLIKA 8 – Trabant<sup>14</sup>SLIKA 9 – McLaren MP4/1<sup>16</sup>

Injekcijskim je prešanjem 1984. proizvedena karoserija za *Pontiac Fiero*.<sup>17</sup> *McLaren* je bio pionir što se tiče šasije od ugljikovih vlakana i u kategoriji cestovnih automobila. Od 1992. do 1998. proizvedeno je 106 primjeraka modela *F1* (slika 10). Bio je upisan u knjigu rekorda zahvaljujući laganoj šasiji i motoru *W12* s 468 kW. Ugljikova vlakna prevladavala su i u unutrašnjosti automobila te u motornom prostoru i ovjesu.<sup>18</sup> Danas je teže pronaći dio koji nije napravljen od kompozitnih materijala. Naglasak se stavlja u prvom redu na dobit, ali i na zaštitu okoliša, stoga se provode brojna istraživanja i sve više raste upotreba biopolimera u kompozitima.

### Primjena polimernih kompozita u automobilskoj industriji

Automobil je podijeljen na sljedeća područja kako bi pregled primjene polimernih kompozita bio jednostavniji: karoserija, eksterijer (vanjština), interijer (unutrašnjost), ovjes, ispod poklopca motora. Navedene sekcije označene su na slici 11.

SLIKA 10 – Superautomobil McLaren F1<sup>18</sup>SLIKA 11 – Automobil podijeljen na sekcije<sup>19</sup>

### Karoserija

U ovoj skupini uglavnom se upotrebljavaju epoksidne smole ojačane staklenim ili ugljikovim vlaknima. Karoserija od polimernih kompozita u današnje je vrijeme popularna među superautomobilima koji uz iznimne specifikacije i najbolje performanse često oduzimaju dah svojom pojavom. Visoka čvrstoća i tvrdoća uz veoma malu masu najvažnija su svojstva takve vrste karoserije. Troškovi izrade iznimno su visoki pa se takva karoserija upotrebljava samo u vozilima kojima su spomenuta svojstva bitna, dakle u sportskim automobilima namijenjenima za utrke, dokazivanje ubrzanja, brzine i pouzdanosti<sup>20</sup>. Izvrstan primjer je automobil *Lexus LFA*, čija je karoserija načinjena od 65 % polimernih kompozita na osnovi epoksidne smole ojačane ugljikovim vlaknima (slika 12). Time je karoserija olakšana za čak 100 kg.<sup>21</sup>

SLIKA 12 – Karoserija Lexusa LFA<sup>22</sup>



Malo jeftinija varijanta karoserije je staklenim vlaknima ojačana epoksidna smola. Kod modela *Audi R8* upotrijebljena je takva vrsta karoserije, čime je masa smanjena za 31,5 kg<sup>23</sup>. Na slici 13 prikazana je karoserija u kojoj se upotrebljava polimerni kompozit ojačan staklenim vlaknima.



SLIKA 13 – Karoserija *Audija R8*<sup>24</sup>

### Eksterijer

Pod eksterijerom se ponajprije misli na branike, poklopce motora, vrata i ostale obloge koje se mogu vidjeti na automobilu. Na *Corvetti Stingray* iz 2014. smanjena je masa uporabom poliamidnog kompozita ojačanog ugljikovim vlaknima na poklopcu motora, dijelovima krova, blatobranima, branicama te zaštitnim dijelovima podvozja. Time je smanjena masa za 30 %, a smanjenje mase znači veću iskoristivost i manju potrošnju goriva. Isto tako primijećeno je kako su praznine na spoju između blatobrana i branika manje, što znači da je proizvodnja preciznija, a odstupanja manja.<sup>25,26</sup> Na slici 14 prikazana je *Corvetta Stingray*.



SLIKA 14 – *Corvette Stingray*<sup>26</sup>

Iako se čini da su polimerni kompoziti relativno skupi materijali za primjenu u svakodnevnim automobilima, *Ford* je svojim prototipom za model *Focus* dokazao da će ti materijali s vremenom biti uobičajeni i u automobilima za širi krug kupaca. Istraživanjima je dokazano da će se uporabom kompozitnog poklopca motora postići veća sigurnost putnika i pješaka u slučaju nezgode.<sup>27</sup> Slika 15 prikazuje *Ford Focus* s poklopcem motora ojačanim ugljikovim vlaknima.

Jeftinija inačica su dijelovi eksterijera ojačani staklenim vlaknima. Oni su malo lošijih svojstava od dijelova ojačanih ugljikovim vlaknima pa je sukladno tomu i cijena niža. Unatoč tomu masa je i dalje manja od one istih dijelova proizvedenih od metalnih materijala.<sup>28</sup> PET ojačan staklenim

vlaknima ima izvrsna fizička svojstva te iznimnu toplinsku i kemijsku postojanost, uz stabilnost oblika i svojstava pri povišenim temperaturama. Odlikuje se visokom tvrdoćom i krutošću, mogućnošću bojenja površine te dobrom otpornošću na abraziju i atmosferske uvjete. Nabrojena svojstva čine ga izvrsnim izborom za proizvodnju većih dijelova kao što su prednje maske automobila, ali i manjih dijelova kao što su dijelovi metlica brisača, klimatizacije i grijanja.<sup>29</sup> PET ojačan staklenim vlaknima primjenjuje se za izradbu tzv. veznog lima (slika 16). Proizvod je pronašao primjenu zato što je mnogo bolje rješenje od ugljičnog čelika ili aluminija. Prva je stavka svakako masa, a na to se nadovezuje i postojanost na koroziju, što automatski znači jeftinije održavanje, nema potrebe ni za kakvim premazima. Isto tako trajnost na udarni rad loma novije inačice veznog lima je veća.<sup>30</sup>



SLIKA 15 – *Fordov* poklopac motora ojačan ugljikovim vlaknima<sup>28</sup>



SLIKA 16 – Vezni lim načinjen od PET-a ojačanog staklenim vlaknima<sup>30</sup>

### Interijer

Polimerni kompoziti upotrebljavaju se za izradu vanjskog dijela vrata automobila, no postoje i unutarnji moduli vrata proizvedeni od polipropilenske matrice ojačane staklenim vlaknima. Nije potrebno ni spominjati, masa je smanjena uz bolja svojstva rastezne čvrstoće<sup>31</sup>. Bitna je stavka i postojanost pri povišenim temperaturama jer su moderni automobili puni elektronike pa se često kroz module vrata provode različite elektroničke instalacije. Budući da su paneli vrata pričvršćeni vijcima za vanjsku oplatu vrata, pozornost je posvećena i tom segmentu te se prilikom pričvršćivanja vijcima paneli ne oštećuju. Uklanjanjem tog problema nestao je i problem s neugodnim zvukovima pri nepravilnom dosjedanju vijka i proširivanju provrta pa je samim time i primjena modula tog tipa povećana i ustaljena u proizvodnji. Na slici 17 prikazan je modul vrata za *Chrysler Jeep Liberty* izrađen od polipropilena ojačanog staklenim vlaknima. Za taj je proizvod tvrtka *Faurecia Interior Systems* nominirana za nagradu za inovativnost 2010.<sup>32</sup>



SLIKA 17 – Modul vrata za automobil *Chrysler Jeep Liberty*<sup>32</sup>

Organska vlakna biljnog podrijetla danas se najčešće rabe za rješenja u unutrašnjosti automobila. Pretežno se upotrebljavaju vlakna lana i konoplje u kombinaciji s polipropilenskom i poliamidnom matricom. Ovisno o željama kupaca vezano za cijenu automobila, moguća je i kombinacija navedenih matrica s drvnim brašnom. Takva inačica unutarnjih oplata vrata malo je jeftinija i ima zadovoljavajuća svojstva za tu primjenu pa su gotovo sve unutarnje oplata izrađene od takvog kompozita. Posebna klijentela ima na raspolaganju i ugljikovim vlaknima ojačane matrice koje uz iznimno malu masu nude i egzotičan izgled, što je zapravo najčešći razlog proizvodnje takvih panela.<sup>31</sup> Na slici 18 prikazani su paneli vrata iz *Ferrarija 430 Scuderije*.

SLIKA 18 – Paneli vrata načinjeni od plastomerne matrice ojačane ugljikovim vlaknima<sup>33</sup>

Isto nepisano pravilo vrijedi i za proizvodnju armaturnih ploča. Koliko god se kod navedenih primjena razlika u masi, a time i proporcionalno manja potrošnja goriva isplatila, kod unutrašnjosti automobila to nije slučaj. Trenutačno je trend da najprestižniji automobili imaju kompozite ojačane ugljikovim vlaknima zbog egzotičnog izgleda<sup>34</sup>. Na slici 19 prikazana je armaturna ploča *Mercedesova* modela *SLS* u najprestižnijoj inačici *AMG*. Cijena navedenog modela je oko 250 000 eura.

SLIKA 19 – Komandna ploča *Mercedesa SLS AMG*<sup>35</sup>

Školjka sjedala nekih automobila, ovisno o opremi, također je načinjena od kompozita ojačanog vlaknima. Primjerice, u *Opel Insigniji OPC* školjka sjedala je od poliamida ojačanog staklenim vlaknima, čime je postignuta 45 % manja masa nego kod modela s običnim sjedalima. Kompozit je veoma čvrst, a debljina stijenke je samo 2 mm. Sjedala (slika 20) su dobila certifikat organizacije neovisnih stručnjaka za zdrava leđa *AGR*. *AGR* izdaje certifikat o kvaliteti samo za sjedala koja zadovoljavaju visoke ergonomске standarde.<sup>36</sup>

SLIKA 20 – Sjedala iz *Opel Insignije OPC*<sup>36</sup>

U unutrašnjosti automobila mogu se naći različite tkanine, najčešće polipropilenske matrice ojačane prirodnim vlaknima (lana, konoplje, agave i sl.). Susreću se u obliku oplata vrata, saga, oplata prtljažnog prostora i krovnog tapacirunga.<sup>37</sup> Oku i dodiru veoma ugodan materijal, mješavina poliestera i poliuretana ima trgovački naziv *Alcantara*.<sup>38</sup> Od ostalih proizvoda načinjenih od polimernih kompozita u unutrašnjosti automobila može se spomenuti npr. korito rezervnog kotača ili sitni zupčanci za pogon kazaljki kontrolne ploče. Dijelovi tunela ventilacije također su napravljeni od polimernih kompozita, kao i središnja ogledala za bolju vidljivost i opreznost u vožnji.<sup>37</sup>

### Ovjes

*Audi* je 2014. predstavio opruge amortizera izrađene od epoksidne smole ojačane staklenim vlaknima. Kompozitna inačica je 40 % lakša od čelične, što iznosi 4,4 kg za sve četiri opruge. Prednost kompozitnih opruga je njihova postojanost na kemikalije i koroziju.<sup>39</sup> Postoje i lisnate opruge od epoksidne smole ojačane staklenim vlaknima, koje su također zamijenile čelični materijal. Opruge od kompozitnog materijala bolje apsorbiraju vibracije te proizvode manje zvukova pri savijanju. Trajnost im je pet puta dulja nego čelične opruge, a masa je također smanjena pet puta.<sup>40</sup> Slika 21 prikazuje lisnatu oprugu za *Mercedes Sprinter* proizvedenu RTM postupkom.



SLIKA 21 – Lisnata opruga proizvedena RTM postupkom<sup>40</sup>

Automobilski pneumatici važan su dio automobilske industrije. U današnje vrijeme ulaže se mnogo novca kako bi se poboljšala svojstva pneumatika. Pokušava se ostvariti što kraći put kočenja, bolje prijanjanje uz površinu ceste i sigurnost u vožnji u zavojima te niža potrošnja goriva i što veća izdržljivost. Ovaj napredak omogućen je eksperimentalnim putem primjenjujući različite omjere aditiva koji se dodaju smjesi kako bi bio omogućen maksimalan prijenos energije i nizak otpor kotrljanja. Zanimljivi su tzv. pneumatici *run flat* koji imaju ojačanu bočnicu te je tako omogućen siguran nastavak vožnje u slučaju proboja pneumatika. Izazov za današnje proizvođače pneumatika je omogućiti odličan odziv na mokroj i suhoj podlozi, tj. odlična svojstva u svim uvjetima te smanjiti razinu buke.<sup>41</sup> Pneumatici idu na naplatke, a dosad korišteni naplatci od aluminijskih i magnezijevih legura past će u zaborav pojavom naplataka od polimernih kompozita. Upotrebom poli(eter-imidne) (PEI) matrice ili od epoksidne smole ojačane ugljikovim vlaknima smanjena je emisija CO<sub>2</sub> za 2 do 3 % te masa za 20 kg po setu naplataka, a rastezna je čvrstoća 4,5 puta više.<sup>42,43</sup> Slika 22 prikazuje naplatak od epoksidne smole ojačane ugljikovim vlaknima.

SLIKA 22 – Naplatak izrađen od epoksidne smole ojačane ugljikovim vlaknima<sup>44</sup>

### Ispod poklopca motora

Ispod poklopca motora nalazi se mnogo dijelova za koje se uglavnom smatra da su plastični, no zapravo je dio njih načinjen od polimernih kompozita. Primjerice, poklopac glave motora *Audija A8* načinjen je od poliamida ojačanog staklenim vlaknima. Primarna funkcija poklopca glave motora je zaštita glave motora, no kod *Audija A8* iz 2011. opremljenog motorom 3,2 FSI ondje se nalazi i separator ulja (slika 23).<sup>45</sup>

SLIKA 23 – Poklopac glave motora kod motora 3,2 FSI<sup>46</sup>

Ispod poklopca motora krije se i kutija dovoda zraka koja također može biti od polipropilena ojačanog staklenim vlaknima, čija je primjena do 120 °C, postojan je na kemikalije i atmosferilije, dobro podnosi vibracije i male je mase. Postoji i inačica s ugljikovim vlaknima, ali ugljikova vlakna upotrebljavaju se više zbog estetike. Polipropilen u kombinaciji s vlaknima konoplje pretežno se rabi za čep posude antifrizna, ulja i sredstva za pranje stakla i farova.<sup>37</sup> Na slici 24 prikazan je čep otvora za dolijevanje ulja.

SLIKA 24 – Čep od polipropilena ojačanog konopljinim vlaknima<sup>46</sup>

### Hrvatski superautomobil

Pregled plastičnih kompozita u automobilima bio bi nepotpun bez spomena domaće tvrtke *Rimac Automobili* i njezinih superautomobila (sportski automobili izvrsnih performansi) *Concept\_One* i *Concept\_S*. Automobil *Concept\_One* prvi put predstavljen je javnosti još 2011. u Frankfurtu, kada se ideja o električnim automobilima činila prilično nestvarnom. Godine 2012. otvorena je knjiga narudžbi za taj tip automobila, a od ove, 2016. godine *Concept\_One* nije više samo koncept. *Rimac Automobili* na salonu automobila u Ženevi u ožujku 2016. predstavili su proizvodnu verziju svog superautomobila (slika 25).<sup>47</sup>

Slika 25 – *Concept\_One* tvrtke *Rimac Automobili*<sup>48</sup>

S ukupno 800 kW maksimalne snage koju razvija iz četiriju elektromotora, riječ je o električnom bolidu koji dostiže 100 km/h za 2,6 s, 200 km/h za 6,2 s i 300 km/h sat za 14,2 s. Spomenute brojke vezane za ubrzanje automobila *Concept\_One* ostvarive su zahvaljujući sofisticiranom sustavu momenta vrtnje temeljenom na brzom odgovoru elektromotora koji izračunava idealnu frekvenciju vrtnje za svaki kotač automobila. Rimčev *All Wheel Torque Vectoring (RAWTV)* sustav je pogona koji svim kotačima na automobilu jamči vrhunsku upravljivost. Sustav prima podatke sa senzora smještenih na ovjesu i šalji kako bi mogao izračunati potrebnu energiju za svaki kotač, a karakter automobila može se bitno mijenjati odabirom podupravljajčkog načina rada pogona. Na *Zagreb Auto Showu* u travnju 2016. predstavljen je *Concept\_S*, koji u odnosu na *Concept\_One* raspolaže s još 218 kW i 200 Nm više snage i momenta vrtnje, a lakši je 50 kg.<sup>47,49</sup> Karoserija ovih superautomobila sastoji se od Cr-Mo cijevne osnove s dijelovima od aluminijske legure i epoksidne smole ojačane ugljikovim vlaknima, od koje su načinjeni i karoserijski paneli.<sup>49</sup>

## Zahtjevi na materijale i novi trendovi

Potaknuti visokim cijenama goriva, ali i elektrifikacijom automobila, inženjeri ulažu velik napor kako bi razvoj automobila usmjerili prema trendu: novi automobili moraju biti što lakši, no ujedno zadržati visoku razinu sigurnosti. Primjenom inovativnih polimernih materijala stručnjaci pomažu u projektima signifikantnog smanjenja mase vozila, uz istodobno pružanje pune slobode konstruktorima u razvoju vozila. Nove lagane komponente hit su među proizvođačima vozila, posebice u segmentu luksuznih automobila, pri čemu jamče potpunu sigurnost unatoč rigoroznom programu smanjenja mase vozila. Automobili će u budućnosti morati biti podvrgnuti ekstremnoj materijalnoj dijelji. U prošlosti su uređaji za klimatizaciju, sofisticirani audiosustavi, višefunkcionalna sjedala te ostale luksuzne *spravice* povećavali ne samo udobnost nego i masu automobila za nekoliko stotina kilograma. U današnje vrijeme trendovi idu u suprotnom smjeru jer svi proizvođači automobila žele smanjiti masu vozila kako bi se smanjila potrošnja goriva. Budući da se zalihe nafte i ostalih fosilnih goriva smanjuju, to je vrlo bitna stavka. Polimerni kompoziti imaju višestruko nižu gustoću od aluminijskih, da se čelik i ne spominje. Razlog nepotpune primjenljivosti polimernih kompozita je što oni nisu jeftino rješenje. Stoga je zadaća ubrzati proizvodnju polimernih kompozita pa će sukladno tomu i cijene biti prihvatljivije te će se skuplje komponente ugrađivati i u automobile za širok krug ljudi. Još jedan bitni aspekt današnje proizvodnje je ekologija. Polimerni kompoziti nisu samo u znatnoj ekonomskoj prednosti u odnosu na druge materijale nego ih nadvladavaju i s ekološkog stajališta jer pridonose smanjenju potrošnje energije, a time i smanjenju emisije stakleničkih plinova. Jedan od budućih ciljeva proizvodnje polimernih kompozitnih materijala jest povećati primjenu u baterijama za električne automobile čiji će se udio polako, ali sigurno povećavati među ostalima pogonjenima na fosilna goriva. Zahvaljujući izvanrednim svojstvima polimernih kompozita, moguće je očekivati i ostvariti karakteristike kakve su u prošlosti bile nezamislive. S obzirom na potrebe, polimerni kompoziti područje su sadašnjosti, a čeka ih i vrlo svijetla budućnost.

### KORIŠTENA LITERATURA

1. Soybean car, [www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-resources/popular-topics/soy-bean-car/](http://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-resources/popular-topics/soy-bean-car/), 19. 4. 2016.
2. Hacker, G.: Henry Ford Demonstrates Plastic Bodies For Cars: Popular Science, [www.forgottenfiberglass.com/history-of-fiberglass/henry-ford-demonstrates-plastic-bodies-for-cars-popular-science-march-1941](http://www.forgottenfiberglass.com/history-of-fiberglass/henry-ford-demonstrates-plastic-bodies-for-cars-popular-science-march-1941), 15. 5. 2014.
3. 1946 Stout Scarab 46 experimental, [www.conceptcarz.com/z20937/Stout-Scarab-Experimental.aspx](http://www.conceptcarz.com/z20937/Stout-Scarab-Experimental.aspx), 17. 5. 2014.
4. Hacker, G.: *The Maverick Sportster Debuts in 1952 – "Largest Fiberglass Body Yet Constructed"*, [www.forgottenfiberglass.com/fiberglass-car-marques/vale/the-maverick-sportster-debuts-in-1952-%E2%80%93-%E2%80%9Clargest-fiberglass-body-yet-constructed%E2%80%9D](http://www.forgottenfiberglass.com/fiberglass-car-marques/vale/the-maverick-sportster-debuts-in-1952-%E2%80%93-%E2%80%9Clargest-fiberglass-body-yet-constructed%E2%80%9D), 17. 5. 2014.
5. *Value of dollar*, [www.dollartimes.com/inflation/inflation.php?amount=10000&year=1952](http://www.dollartimes.com/inflation/inflation.php?amount=10000&year=1952), 17. 5. 2014.
6. *Corvette: Year by Year*, [www.web-cars.com/corvette/1953.php](http://www.web-cars.com/corvette/1953.php), 17. 5. 2014.
7. *1953. Chevrolet corvette*, [classiccars.com/listings/view/375325/1953-chevrolet-corvette-for-sale-in-vineland-new-jersey-08360](http://classiccars.com/listings/view/375325/1953-chevrolet-corvette-for-sale-in-vineland-new-jersey-08360), 17. 5. 2014.
8. *1953 Messerschmitt KR-175*, [www.microcarmuseum.com/tour/messerschmitt-kr175.html](http://www.microcarmuseum.com/tour/messerschmitt-kr175.html), 17. 5. 2014.
9. Wagner, C.: *Ist das nicht ein Kabinenroller? Ja! das ist ein Kabinenroller! Carl Wagner takes off on Messerschmitt*, *Automobile Quarterly*, (1973)2.
10. *Troll (automobile)*, [en.wikipedia.org/wiki/Troll\\_\(automobile\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Troll_(automobile)), 19. 5. 2014.
11. *DKW Monza*, [en.wikipedia.org/wiki/DKW\\_Monza](http://en.wikipedia.org/wiki/DKW_Monza), 19. 5. 2014.
12. *Ponovno ujedinjenje Njemačke*, [hr.wikipedia.org/wiki/Ponovno\\_ujedinjenje\\_Njema%C4%8Dke](http://hr.wikipedia.org/wiki/Ponovno_ujedinjenje_Njema%C4%8Dke), 19. 5. 2014.
13. Hamer, M. T.: *The Trabant – Built Out of Plastic and Socialism*, [classiccars.about.com/od/classiccarsaz/a/Trabant.htm](http://classiccars.about.com/od/classiccarsaz/a/Trabant.htm), 19. 5. 2014.
14. *Trabant*, [en.wikipedia.org/wiki/Trabant](http://en.wikipedia.org/wiki/Trabant), 19. 5. 2014.
15. *Evolution of today's pneumatic tire: Part 2 of 2* [www.tirebusiness.com/article/20030922/ISSUE/309229951/evolution-of-today-s-pneumatic-tire-part-2-of-2](http://www.tirebusiness.com/article/20030922/ISSUE/309229951/evolution-of-today-s-pneumatic-tire-part-2-of-2), 24. 5. 2014.
16. Collantine, K.: *McLaren MP4/1: Carbon fibre revolutionary*, [www.flfanatic.co.uk/2011/07/03/mclaren-mp41-carbon-fibre-revolutionary](http://www.flfanatic.co.uk/2011/07/03/mclaren-mp41-carbon-fibre-revolutionary), 24. 5. 2014.
17. *Pontiac Fiero*, [en.wikipedia.org/wiki/Pontiac\\_Fiero](http://en.wikipedia.org/wiki/Pontiac_Fiero), 24. 5. 2014.
18. *McLaren F1*, [www.supercars.net/Pics?p=1994\\_McLaren\\_F1\\_0&v=y&s=c&id=1177&res=y](http://www.supercars.net/Pics?p=1994_McLaren_F1_0&v=y&s=c&id=1177&res=y), 24. 5. 2014.
19. *Polymer manufacturers develop novel solutions for the auto industry*, [www.icis.com/resources/news/2010/04/26/9352335/polymer-manufacturers-develop-novel-solutions-for-the-auto-industry/](http://www.icis.com/resources/news/2010/04/26/9352335/polymer-manufacturers-develop-novel-solutions-for-the-auto-industry/), 6. 9. 2014.
20. *Plastics and Polymer Composites roadmap for Automotive Markets*, American Chemistry Council, 2014., 6. 9. 2014.
21. *Lexus LFA*, [www.lexus-int.com/models/LFA/tech-features-01.html](http://www.lexus-int.com/models/LFA/tech-features-01.html), 6. 9. 2014.
22. Schmitt, B.: *The Making Of The Lexus LFA Supercar: Who, What, Where And Most Of All Why. An Inside The Industry Report*, Chapter 1: *From A Bar To Bar None*, [www.thetruthaboutcars.com/2012/07/the-making-of-the-lexus-lfa-supercar-who-what-where-and-most-of-all-why-an-inside-report-chapter-1-from-a-bar-to-bar-none/](http://www.thetruthaboutcars.com/2012/07/the-making-of-the-lexus-lfa-supercar-who-what-where-and-most-of-all-why-an-inside-report-chapter-1-from-a-bar-to-bar-none/), 6. 9. 2014.
23. *Audi media services, Audi R8*, [www.audi-mediaservices.com/publish/ms/content/en-public/pressemitteilungen/2013/09/10/Audi\\_R8\\_Coupe\\_and\\_R8\\_Spyder.html](http://www.audi-mediaservices.com/publish/ms/content/en-public/pressemitteilungen/2013/09/10/Audi_R8_Coupe_and_R8_Spyder.html), 7. 9. 2014.
24. *Audi R8 chassis*, [www.blogcdn.com/www.autoblog.com/media/2006/09/w8\\_cutaway\\_26.jpg](http://www.blogcdn.com/www.autoblog.com/media/2006/09/w8_cutaway_26.jpg), 7. 9. 2014.
25. *Automotive Innovation Awards: Process/Assembly/Enabling Technologies*, [www.plasticsgl.com/automotive/43rd-automotive-innovation-awards-processassemblyenabling-technologies/](http://www.plasticsgl.com/automotive/43rd-automotive-innovation-awards-processassemblyenabling-technologies/), 7. 9. 2014.
26. *Carbon Fiber: The Secret of the 2014 Corvette Stingray*, [mashable.com/2013/01/18/carbon-fiber-2014-corvette/](http://mashable.com/2013/01/18/carbon-fiber-2014-corvette/), 7. 9. 2014.
27. *Polymotive polymers and e-mobility in the automotive industry*, 10(2012), 23.
28. *Ford Focus Carbon Fibre Prototype*, <http://performedrive.com.au/ford-focus-previews-carbon-fibre-technology-to-be-used-on-future-vehicles-1011/ford-focus-carbon-fibre-prototype-2/>, 8. 9. 2014.
29. *Polyethylene Terephthalate - PET Glass Fibre Reinforced*, [www.azom.com/article.aspx?ArticleID=789](http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=789), 1. 9. 2014.
30. *Automotive Innovation Trend-setting technologies garner SPE awards*, [www.ptonline.com/articles/automotive-innovation-trend-setting-technologies-garner-spe-awards](http://www.ptonline.com/articles/automotive-innovation-trend-setting-technologies-garner-spe-awards), 1. 9. 2014.
31. Davies, G.: *Materials for automobile bodies*, 2003.
32. *Polymotive polymers in the automotive industry*, 3(2010)22.
33. *Ferrari 430 16M Scuderia Spyder*, [www.naplesmotorsports.com/vehicle-details/d2cc8af4b04cc14d8bfb418931034c13/2009+ferrari+430+16m+scuderia+spider+2-door+convertible.html?Framed=1](http://www.naplesmotorsports.com/vehicle-details/d2cc8af4b04cc14d8bfb418931034c13/2009+ferrari+430+16m+scuderia+spider+2-door+convertible.html?Framed=1), 8. 9. 2014.
34. Brosius, D.: *Carbon fiber: the automotive material of twenty-first century*, Brosius Management Consulting
35. *Up-Close and Personal with the Mercedes SLS AMG*, [www.imaginelifestyles.com/luxuryliving/2011/02/close-and-personal-mercedes-sls-amg](http://www.imaginelifestyles.com/luxuryliving/2011/02/close-and-personal-mercedes-sls-amg), 8. 9. 2014.
36. *Composite Car Seat Shell Saves 45% Weight*, [altairnlighten.com/2013/10/composite-car-seat-shell-saves-45-percent-weight/](http://altairnlighten.com/2013/10/composite-car-seat-shell-saves-45-percent-weight/), 8. 9. 2014.
37. *Flax and Hemp fibres: a natural solution for the composite industry*, CELC European Scientific Committee, 2012.
38. *Alcantara (material)*, [en.wikipedia.org/wiki/Alcantara\\_\(material\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Alcantara_(material)), 8. 9. 2014.
39. *Jansen, K.: Audi bringing fiber-reinforced plastic springs to production models*, [www.plasticsnews.com/article/20140701/NEWS/140709990/audi-bringing-fiber-reinforced-plastic-springs-to-production-models](http://www.plasticsnews.com/article/20140701/NEWS/140709990/audi-bringing-fiber-reinforced-plastic-springs-to-production-models), 8. 9. 2014.
40. *Composite leaf springs: Saving weight in production suspension systems*, [www.compositesworld.com/articles/composite-leaf-springs-saving-weight-in-production-suspension-systems](http://www.compositesworld.com/articles/composite-leaf-springs-saving-weight-in-production-suspension-systems), 8. 9. 2014.
41. *Bridgestone targets fleets at IAA Commercial Vehicles 2014*, [www.bridgestonenewsroom.eu/stories/8618](http://www.bridgestonenewsroom.eu/stories/8618), 9. 9. 2014.
42. *Carbon Fiber, Advanced Composite Explained*, [www.carbonlinewheels.com/materials.html](http://www.carbonlinewheels.com/materials.html), 9. 9. 2014.
43. *World's first thermoplastic carbon composite wheel*, [www.plasticsgl.com/automotive/worlds-first-thermoplastic-carbon-composite-wheel/](http://www.plasticsgl.com/automotive/worlds-first-thermoplastic-carbon-composite-wheel/), 9. 9. 2014.
44. *Koenigsegg Agera R*, [www.m5board.com/vbulletin/koenigsegg-forum-koenigseggboard-com/201838-2012-koenigsegg-agera-r-wheels-picture-gtboard-com-exclusive.html](http://www.m5board.com/vbulletin/koenigsegg-forum-koenigseggboard-com/201838-2012-koenigsegg-agera-r-wheels-picture-gtboard-com-exclusive.html), 9. 9. 2014.
45. *Polymotive polymers in the automotive industry*, 9(2012),16-24.
46. *Audi 3,2 FSI engine*, [www.weblogsinc.com/common/images/306000000049284.JPG?0.3227868157259187](http://www.weblogsinc.com/common/images/306000000049284.JPG?0.3227868157259187), 10. 9. 2014.
47. *Rimac u Ženevi predstavio "automobil koji nikome ne treba"*, [zg-magazin.com.hr/rimac-u-zenevi-predstavio-automobil-koji-nikome-ne-treba/](http://zg-magazin.com.hr/rimac-u-zenevi-predstavio-automobil-koji-nikome-ne-treba/), 25. 4. 2016.
48. [http://www.rimac-automobili.com/media/2231/concept\\_one\\_env\\_05\\_145956.jpg](http://www.rimac-automobili.com/media/2231/concept_one_env_05_145956.jpg)
49. *Concept S dolazi na Zagreb Auto Show*, [http://www.rimac-automobili.com/en/press/releases/concept\\_s-dolazi-na-zagreb-auto-show/](http://www.rimac-automobili.com/en/press/releases/concept_s-dolazi-na-zagreb-auto-show/), 25. 4. 2016.