

Körkép az autóiipari fejlesztésekről

Az autóiipar mindig is élen járt a műszaki fejlesztésben, és ez előnyös a műanyagipar számára is. Napjainkban a fejlesztések középpontjában a hatékonyabb üzemanyag-felhasználást szolgáló tömegcsökkentés és az autóroncok anyagainak minél nagyobb arányú hasznosítása áll. A jövő autója a teljesen elektromos meghajtású e-autó, amelynek fejlesztését kormányprogramok is támogatják.

Tárgyszavak: autóiipar; környezetvédelem; bioanyagok; e-autó; kompozitok; műszaki fejlesztés.

Fejlesztési irányok a hagyományos autóknál és példák

A gazdaság egyre több gonddal küzd, és ez az autógyártókat arra készíti, hogy az üzemanyag-felhasználás hatékonyságának javítását és a környezet védelmét költségnövekedés nélkül ériék el. A fém alkatrészek helyett könnyebb, műanyagokból, illetve bioanyagokból gyártottakat alkalmaznak, amelyek újrahasznosítása is egyszerűbb.

Az üzemanyag-felhasználás javítását a kormányzatok és a fogyasztók egyaránt követelik. Az USA-ban 2010 áprilisában a 2016-os modellek átlagfogyasztását 8,3 liter/100 km értékben határozták meg, májusban pedig Obama elnök a szövetségi ügynökségeket arra utasította, hogy 2017-től további fogyasztáscsökkentést írjanak elő.

Az autógyártók legfőbb célja, hogy a járművek tömegének lehető legnagyobb mértékű csökkentése révén megfeleljenek az új üzemanyag-felhasználási előírászatnak (Corporate Average Fuel Economy; CAFE). A cégek – pl. a világ egyik legnagyobb autóiipari vállalkozása, a **Faurecia** – új anyagok bevezetésével kívánják ezt a feladatot megoldani. A világon 2010-ben a **VW Polo BlueMotion** típusa bizonyult leg-hatékonyabbnak az üzemanyag-felhasználásban, ami részben a Faurecia gyártmányainak tulajdonítható. Az autó tömegét 15–20%-kal sikerült csökkenteni, amit 2020-ig további 30%-kal terveznek megfejteni. Az autók belső terében ma is jelentős a műanyagok alkalmazása, de további eredmények érhetők el például a Faurecia *Sustainable Comfort 1,5* márkajelű, ultravékony háttámlájú üléseinek alkalmazásával. A vékony háttámlák nemcsak jóval könnyebbek, mint a jelenleg elterjedtek, hanem könnyen formázhatók, és egyszerűbben reciklálhatók. Újdonság a hátsó ülések acélvázainak kiváltása könnyű műanyag termékekkel, melyek lehetővé teszik világító armatűrök beépítését, továbbá poliuretánhab és védőhuzat megtakarítást tesznek lehetővé.

Szénszállal erősített műanyag kompozitok (CFRP) alkalmazása

A CFRP (carbon fiber reinforced plastic) alkatrészek alkalmazásával a repülőgépek és a versenyautók tömegét sikerült csökkenteni, ami javítja az üzemanyag-felhasználás hatékonyságát. Most az autógyártók a prémium kategóriába tartozó, kis sorozatok gyártásában akarják bevezetni a CFRP elemeket, és alkalmazástechnikai kísérleteket folytatnak bevezetésük érdekében.

A *Lexus „F”* sportkocsi eddig alumínium vezetőfülkéjét most CFRP-ből gyártják, ami 65%-os tömegmegtakarítást eredményezett, a változatlanul szilárd fülke 100 kilóval könnyebb lett. A **Teijin** üzletsoport szénszál üzletágának további CFRP alkatrészei: lengéscsillapítók, hátsó légtérrelők és számos belső szerelvény.

A **DOW** szakemberei szerint a CFRP a jövő autóinak egyik legfontosabb anyagkombinációja. Az alkalmazás feltétele, hogy bőséges kínálat mellett *a szénszál ára 9 és 11 USD/kg között szilárduljon meg*; önhordó vagy integrált, többcélú típusok határozzák meg a fejlesztést, az alkatrészgyártás ciklusideje 2-4 perc között alakuljon, és jelentős beruházásokkal a fém alkatrészeket más anyagokból gyártottak szorítsák ki. Az autógyártók és az alkatrészgyártók szoros együttműködése alapfeltétele az ágazat versenyképességének.

Az autógyártók döntésétől függ, hogy belevágnak-e a CFRP kompozitok alkalmazásába, és búcsút vesznek az acél, illetve azt kiváltó alumínium alkatrészekről. A járművekben a CFRP alkatrészekkel akár 60%-os tömegmegtakarítás is elérhető, függetlenül a motorok korszerűsítésétől. Ez a jövő azonban még várat magára.

A kompozit alkatrészek mérséklék a töréskárokat, mert ütközések során elnyelik az ütési energia egy részét. A tartós CFRP alkatrészek nem törnek, ezért költséghatékonyak, és kedvező feltételekkel szerelhetők az önhordó karosszériákba. Ellentétben a sajtolt/préselt kis fém alkatrészekkel, amelyeket gyártószalagokon szerelnek össze.

Jelenleg 100 ezres sorozatok esetén a CFRP alkatrészek nem versenyképesek, a gazdaságosság csak akkor érhető el, ha egyszerre több feladat megoldására alkalmazzák őket.

A CFRP nyújtotta előnyök növelhetők olcsó szénszálak kifejlesztésével. Ennek érdekében a Dow az **Oak Ridge National** laboratóriummal együtt dolgozott ki fejlesztési programot, továbbá más kutatószervezetekkel is együttműködik és támogatja az EU és az USA iparvállalatait is. A Dow folyamatosan fejleszt ki másfajta könnyű műanyag alkatrészeket, amelyek egyes elemeit nem hegesztéssel, hanem törésbiztos (*Betamate* márkanevű, epoxialapú) ragasztóval illesztik össze. Fejlesztési programjában szerepelnek továbbá fémüregeket kitöltő könnyű műanyaghabok szerkezeti és akusztikai célokra.

Biztonságosabb oldalajtók

Az autók ajtajában acélerősítés védi az utasokat egy esetleges oldalütközés során. A japán **Nihon Egyetem** kutatói számítási módszert dolgoztak ki az acélerősítést ki-

váltó CFRP „heveder” műszaki jelmezőinek meghatározására. A gyártmány könnyű, erős és rugalmas. A vizsgálatok eredményei alapján azonban a heveder vastagságát és szélességét növelni kell az energiaelnyelés növelése céljából. A tömeges alkalmazás ezért további elemzést igényel. A lehetőségek a nagy fogyasztású luxusautók esetében nyílnak meg, ha a könnyű alkatrész alkalmazása üzemanyag-megtakarítást eredményez, illetve a nagyobb biztonság ezt indokolja. A kutatók most a frontális ütközések hatását, illetve a CFRP/alumínium anyagkombinációból gyártott heveder piaci lehetőségeit vizsgálják.

A CFRP további előnye, hogy nagyobb felületű termékeket transzfer gyantaöntéssel (RIM) lehet gyártani, és ezzel az alkatrészek utólagos összeszerelése elkerülhető.

Bioműanyagok alkalmazása

Az autógyártók folyamatos, fenntartható fejlesztéseinek célja a környezetvédelem és a gazdaságosság szempontjainak egyidejű érvényesítése, ezen belül olyan egyre nagyobb mértékben bioműanyagokból gyártott alkatrészek tömeges alkalmazása, amelyek az autó használata után könnyen kiszerezhetők, elkülöníthetők, és anyaguk – megfelelő eljárások alkalmazásával – újrahasznosítható.

A **Ford** például 2009-ben közel 4,5 millió USD-t takarított meg mintegy 10–15 ezer tonna reciklált műanyagból gyártott alkatrészek, például folyadéktároló üreges testek, akkuládák, stabilitást növelő légtérrelők, szennyeződéstől védő elemek, radiátor légtérrelő lemezek gyártása során. A vállalat 23 autótípusában, többek között 2 millió *Lincolnban* és *Mercuryban* olyan üléseket alkalmaznak, amelyeket *szójaalapú poliuretánból* gyártanak, és ezzel eddig 1,5 ezer tonna kőolaj megtakarítására nyílt lehetőség. A Ford büszke az *Escape* típusba épített *szója alapú műanyag* motorháztetőre is.

A cég vizsgálja a szállal erősített műanyag alkatrészek gyártásában az üvegszálak helyett természetes, kevésbé energiaintenzív és könnyebben reciklálható természetbarát szálak, például szizál, kender, indián fű, kókuszrost, búzaszalma alkalmazásának feltételeit.

Ma már 20% búzaszalmával erősített polipropilénből gyártják a 2010-es *Ford Flex* (vagon) modell harmadik ülésora alá helyezető, könnyen kezelhető tárolódobozt, amelyet az autógyártás támogatásával, négy kanadai egyetemmel és a kanadai kormánnyal együttműködve az **Ontario BioCar Initiative** fejlesztett ki. Bevezetésével évente 15–20 tonna kőolajat takarítanak meg, a CO₂ emisszió 15 tonnával csökken, ezért a cég a kompozit további alkalmazását szorgalmazza.

A természetes szálakkal erősített autógyártási műanyag alkatrészek túlnyomó hányadát sajtólással gyártják, a többi műanyag alkatrészt azonban általában fröccsöntik, ezért ennek a feszültségnek feloldása érdekében a kompozitok feldolgozását erőteljesen fejlesztik. A természetes szálakat tartalmazó kompozitok elterjedését általában fékezi, hogy nagy a nedvszívó képességük, ennél fogva mechanikai tulajdonságaik (pl. szilárdságuk) rosszabb, mint az üvegszálé. Nagymértékű nedvszívó képességük miatt különösen a poláris műanyag (poliamid, poliészterek) alapú mátrixoknál a külső éghaj-

lat, a páratartalom-változás miatt jelentkező kellemetlen szag is korlátozó tényező lehet.

Az autóalkatrészek gyártásának területén folyó kutatást és fejlesztést az a körülmény is befolyásolja, hogy a szén, illetve a természetes szálak alkalmazásával gyártott kompozitok műszaki jellemzői között az előbbiek javára jelentős a különbség. Mérlegelendő továbbá a természetes és az üvegszálak műszaki, gazdasági versenyhelyezete is.

Elismerve, hogy a természetes, megújuló forrásból származó alapanyagú, illetve a hagyományos műanyagok, továbbá ezek kombinációi általában könnyebbek, mint a hagyományos szerkezeti anyagok, alkalmazásuk semmi esetre sem csökkentheti a gyártmányok minőségével és gazdaságosságával szemben támasztott magas követelmények teljesítését még akkor sem, ha megújuló természeti forrásokat hasznosít, ami fontos környezetvédelmi érdek.

Erős és hőálló bioműanyagok

A japán **Mazda** részt vett abban a kormány részéről is támogatott iparfejlesztési programban, melynek megvalósítása során új ütés- és hőálló bioműanyagot fejlesztettek ki. A politejsav (PLA) szerkezetét az olvadáspont emelése érdekében adalékkal módosították, amelyben a PLA mátrix részaránya 80%. Az adalékanyagok javítják az összeférhetőséget és növelik a kompozit ütésállóságát. Az elektronika területén jelenleg elterjedt bioműanyagokhoz képest az új PLA kompozit ütésállósága háromszor nagyobb, hőállósága 25%-kal jobb, és ami ugyancsak fontos, nemcsak hagyományos sajtolással, hanem fröccsajtolással is kitűnő felületű, az autók belső terének igényeit messzemenően kielégítő alkatrészek fröccsönthetők belőle. Bizonyítják ezt a japán Mazda *Premacy Hydrogen RE Hibrid* típusban alkalmazott szerelvényfalak és más belső alkatrészek.

A Mazda más kísérleteket is folytat – elsősorban nem élelmiszerek fogyasztására szolgáló – más megújuló természetes anyagok (pl. növények hulladéka, faforgács) ipari célú hasznosítására. Olyan hőálló és tartós polipropiléntípust fejlesztenek, amelyből esetleg már 2013-ban lökhárítók és szerelvényfalak gyárthatók.

A biomasszából etanol gyártható, melyből változatos tulajdonságokkal rendelkező etilén/propilén kombinációk fejleszthetők ki. A program célja környezetbarát, gazdaságos műanyagipar fenntartható fejlesztése.

Autóroncsok hasznosítása

Az autóiparban a környezet védelmét a tervezés, a gyártás, az üzemeltetés, a bontás és végül a tágabb értelemben hulladéknak tekinthető anyagkezelés és hasznosítás során is kötelező érvényesíteni. Az EU a járműgyártók magatartását, a járművek teljes élettartamára vonatkozóan az 1997-ben kiadott „*End of Life Vehicles*” határozta meg. Célja, hogy a járművek bontása során az újrahasznosítás lehetőségeit messzemenően érvényesítsék: egyes alkatrészeket ismételten alkalmazzanak, a további hányadból

kombinált műszaki eljárásokkal (reciklálással) újrafeldolgozható (másod)nyersanyagot állítsanak elő. A tervezők az új gyártmányok fejlesztése során kötelesek ezeket a szempontokat mérlegelni.

Jelenleg már gyakorlat, hogy a nagyméretű műanyag alkatrészeket, például lökhárítókat kisserelés után felaprítják, granulátumot állítanak elő és ebből új alkatrészeket gyártanak. Ennek egyik előfeltétele, hogy az aprítékból a színezéket eltávolítsák. Hagyományos eljárással a színezéknek csak 98,5%-a távolítható el, ha azonban az új lökhárító gyártásakor az originális anyaghoz 30% ilyen mértékben szennyezett anyagot adagolnak, a színezés minősége nem felel meg a követelményeknek. Ezért olyan módszert fejlesztettek ki, amely alkalmazása biztosítja a 99,85%-os tisztaságot.

Az újrahasznosítható anyagok kisserelése után a járművet felaprítják, a fémhányadot kiválasztják és ismét feldolgozzák, a maradékot hulladéklerakóba helyezik el. Az **Argonne National Laboratory** (USA) kutatóinak eljárásával a hulladékból számos polimer nyerhető ki, amelyek újra feldolgozhatók. A kutatók szerint ez azért is hasznos, mert az autókban egyre több a műanyag, illetve kompozit.

Az Argonne eljárásával *a hulladékból 95%-os tisztaságú műanyag nyerhető*. A műanyag hulladék újrahasznosításának első szakasza a mechanikai szétválasztás, ezt követi az anyagok különböző sűrűségére alapozott eljárásokkal a hulladék tisztítása, a nedvszívó, illetve a nedvességet taszító fajták szétválasztása atmoszással, lebegtetéssel – esetenként légbuborékok bevezetésével kombinálva. Az eljárás optimális hatékonyságának, gazdaságosságának értékelése céljából 2 tonna/óra kapacitású kísérleti berendezést fejlesztettek ki.

Elektromos autók: (e-autók) fejlesztése

A német kormány mérlegelte az autóiipar piaci helyzetét és a piacon várható irányzatokat, és megállapították, hogy az e-autók iránt a jövőben erőteljes keresletnövekedés várható. Az ország számára fontos, hogy az autóiipar kihasználja az új, csírájában már biztató piaci lehetőségeket. Eldöntötték, hogy a gazdasági, a közlekedési, a környezetvédelmi és a kutatási minisztériumok együttműködésével olyan fejlesztési és termelési programot („*Elektromobilität in der Zukunft; EZ*”) dolgoznak ki és valósítanak meg, amely révén ezen a piacon Németország világviszonylatban is előkelő szerephez juthat.

A kormánydöntés megállapítása szerint az autóiipar több mint 100 éves történetében napjainkban a járművek műszaki feltételrendszere radikálisan megváltozik. A belsőégésű motorokat elektromos motorok váltják fel, és ennek nyomán az autók formája is jelentősen módosulhat. *A program jövőképe szerint Németországban 2020-ban 1 millió e-autó közlekedik majd, 2050-ben pedig csaknem teljes mértékben kiváltják a környezetet szén-dioxiddal szennyező belsőégésű motorokkal üzemelő járműveket*. A program megvalósításának egyik feltétele az akkumulátorok új generációjának kifejlesztése.

Az e-autók és ezen belül az akkumulátorok az államok részéről is támogatott fejlesztésére, illetve gyártókapacitások kiépítésére világszerte hatalmas összegeket fordítanak.

tanak. Kína 10 Mrd USD-vel, az USA 2,4 Mrd USD-vel ösztönzi a fejlesztéseket. A világ hibrid (h-) és e-autók akkugyártó kapacitásának 43%-a Japánban, 37%-a Kínában, 17%-a Dél-Koreában, 3%-a a többi országban, ezen belül Európában, illetve Németországban épült ki. Németország az „EZ” programot 150 millió EUR-ral támogatja. Az összeg nagysága nem mérhető össze a 2009-ben a „roncsprogramra” szánt 5 Mrd EUR előirányzattal. Ez utóbbinál ugyanis feltételezték, hogy ennek hatására az új autók iránti kereslet nő, azaz az autópiac megélénkül, ami közvetve az új irányzat érvényesülését is ösztönzi. 2015-ig világszerte 2,5 millió, ezen belül Németországban (kizárólag az **Essener Evonik-Konzern**-nél) 50 ezer (az összesnek 2%-a) akkuegységet gyártó kapacitás kiépítésére számítanak.

Az **SGL** és a **BMW** vállalatcsoportok a szénszálgártás elterjesztése céljából módosítják az SGL LLC szálgártó üzemének (USA, Moses Lake) termékválasztékát és új gyártóüzemet létesítenek. Stratégiai céljuk a CFRP árának csökkentése és versenyképes kompozitok bevezetése az autógyártásban.

Az első lépések egyike, hogy a kompozitok gyártásában a poliakrilszálakat szénszálakkal váltják ki. A BMW 2013-ban piacra kerülő *Megacity* autójában a CFRP alkatrészek bizonyíthatják alkalmazásuk sikerét, és új lehetőségeket mutathatnak be a fejlesztők számára. Az akkumulátorokkal meghajtott típust nagy sorozatban tervezik gyártani. A szénszál könnyű, rugalmas; a szénszál rugalmassági modulusa háromszor nagyobb, mint az alumíniumszálé; húzószilárdsága négyszerese az acélszálénak, ezért a CFRP kompozitok különösen az e-autók karosszériatervezőinek érdeklődésére tarthatnak számot. A lítiumionos akkumulátorok tömege kikényszeríti a könnyű alkatrészeket, ami csökkenti a CO₂ emissziót is.

Az e-auto elterjedése az akkukínálattól függ

Az akkufejlesztés az e-autó elterjedésének forduló- és sarokpontja. Piackutatók szerint a nagy teljesítményű akkuk termelésének értéke 2025-ben 130 Mrd EUR-ra emelkedik, és addig átlagára 3500 EUR-ra csökken. A feltöltött akkuval megtehető távolság mértékének és energiasűrűségének jelentős mértékű növelése elengedhetetlen feltétel, azonban a jelenleg elterjedt lítiumionos akku megkövetelt mértékű fejlesztése műszaki okok miatt aligha lehetséges. A **Fraunhofer-Gesellschaft** szakértői szerint mennyiségi ugrás, több nagyságrenddel nagyobb teljesítményű akku létrehozása csak merőben új eljárással valósítható meg. A célnak megfelelő akkuk sorozatgyártása 5-10 év alatt oldható meg. A nagy teljesítményen kívül további követelmény, hogy az akkurendszernek az esetleges ütközés során nagyon nagy terhelést kell elviselnie. A műanyagok előnye, hogy a nagy formaszabadság párosul a kitűnő energiaelnyelő képességgel.

Az akkugyártásban csak olyan műanyagok alkalmazhatók, amelyek hidegállóságának határa legalább –30 °C, hőállóságuk pedig legalább 150 °C. További feltétel a minimális éghetőség és a mechanikai stabilitás.

A változó műszaki és gazdasági kihívások közepette az ágazat sikere csak az autók jelenlegi műszaki színvonalának továbbfejlesztése révén biztosítható.

Tömegcsökkentés könnyűszerkezetekkel

A nagy szilárdságú műanyagok és kompozitok révén tömegcsökkenés és energia-megtakarítás érhető el. A következő években várhatóan viszonylag még kevés e-autót gyártanak, ezért a többfunkciós műanyag alkatrészek és az ebből fakadó rendszerköltségek csökkentése javítja a versenyképességet. Szakértők szerint az autó- és a műanyagipar együttműködését a könnyűszerkezetes építési mód és a szolgáltatások (funkciók) integrációja határozza meg. *Könnyűszerkezetek a szálerősítésű műanyagkompozitok alkalmazásával alakíthatók ki*, amelyekkel a formatervezés terén is új lehetőségek tárhatók fel. A BMW az e téren szerzett tapasztalataira támaszkodva, az említett két adottságot hasznosítva tervezte meg *Mega City Vehicle* névre keresztelt autótípusát. Mivel az e-autók gyártásában standardok még nem alakultak ki, a fejlesztők fantáziája is motiválhatja a tervezőket, megőrizve azonban a hagyományos konstrukciók alapvetően fontos jellemzőit. Az e-autók fejlesztése során a műanyagok alkalmazását elősegítheti, hogy a belsőégésű motorok és a kipufogógázok okozta felmelegedés figyelmen kívül hagyható. Adott esetben kis sorozatok is gazdaságosak lehetnek.

Az e-autók tervezése a teljes rendszer elemzésével

Új műanyag típusok, műanyagkeverékek és más anyagok társításával, erősítésével szilárd, rugalmas és tartós kompozitokat fejlesztettek ki. Epoxi-, poliuretán-, poliamid-, polikarbonátmátrixok szénszállal vagy szénnanocsövekkel erősített kompozitjai mind a vázszerkezetek, mind a karosszériaelemek fejlesztése terén merőben módosítják a hagyományos tervezés és gyártás jelenleg alkalmazott gyakorlatát. A könnyű és hatékony kisméretű villanymotorok lényegesen tágasabb belsőterek és bonyolultabb formák kialakítására ösztönözhetnek.

A jövő lehetőségeit villanthatja fel a *Hiriko Citycar*. A kísérleti célokra kifejlesztett kétüléses, 2,5 m hosszú e-autó képes egyhelyben megfordulni, kabinja felhajtható, első és hátsó tengelye összetolható, ezért (tartós) parkolásának helyigénye 1,5 m, vagyis kevesebb, mint a *Smart*-é (az első sorozatban gyártott, fröccsöntött műanyag karosszériájú autó). A városi használatra szánt autó sorozatgyártása 2012-ben indul és alkalmasságának vizsgálatát öt nagy világvárosban kezdik el. A *Citycar* tervezése, a prototípus legyártása, az üzemi próbák tapasztalatai megerősítik számos elképzelés tömeges hasznosításának lehetőségeit, pl. az alkatrészek, a modulok, és rendszerek számának, illetve bonyolultságának csökkentését, egyszerűsítését, elősegítik az e-autók hatékony gyártásának megszervezését. Ezek az előnyök ellensúlyozhatják a drága akkumulátorok és villanymotorok miatt jelentkező, az e-autót drágító hatásokat.

Összeállította: Pál Károlyné

Lamontagne, N.: How green is my vehicle = *Plastics Engineering*, 66. k. 8. sz. 2010. p. 22–28.

Lange, O.: Chancen für neue Anwendungen = *Plastverarbeiter*, 61. k. 10. sz. 2010. p. 28–30.

www.quattroplast.hu