

Szabó Lóránt⁸⁴²-Szabó Rudolf⁸⁴³-Borbély Endre⁸⁴⁴: Kompozitok alkalmazásai

Absztrakt: A szerkezeti kompozit anyagok mechanikai tulajdonságait elsősorban szálerősítő anyagok határozzák meg. A különleges tulajdonságú, katonai repülési célokra kifejlesztett kompozitok teljesítménye felülmúlja a hagyományos fémszerkezetek tulajdonságait. A növekvő olajárak minden mechanikus szállításnál szükségessé teszik a szerkezetek súlyának csökkentését a kerékpártól a nagyméretű kereskedelmi repülőgépekig. A kompozitok alkalmazása széles területen – repülőgépek szerkezeti része, gépjármű alkatrészek, hajók, elektronikai panelek, sportszerek, az energia szektorban az olaj-és gázkitermelés, szélturbina lapát, korrózióálló ipari alkatrészek, stb. – gyors ütemben terjed.

Bevezetés

Az utóbbi évtizedek új szerkezeti anyagai a kompozitok, amelyek könnyű, nagyteljesítményű, bonyolult berendezések gyártása terén kulcsfontosságúak. Különösen a szénszál erősítésű kompozitok számos előnyös tulajdonságuknak köszönhetően gyors ütemű növekedésre, széleskörű használatra számíthatnak.

A természetből (fa, len-, kenderszár) ismert és használt szerkezeti anyag.

Kr. e. 1500 évvel az egyiptomiak a sárba szalmát keverve (kompozit) épületeket készítettek.

A mongolok az 1200-as évek elején a fát és a csontot enyvvvel összeragasztva nyírfakéregbe csomagolva nyomás alatt kompozit nyilakat készítettek. Az így készített íjak rendkívül erősek és nagyon pontosak voltak. Dzsingisz kán katonai dominanciája a kompozit technológiával készített nyilakon alapult, amelyek a legerősebb és legpontosabb fegyverek voltak a puskapor haditechnikai célú alkalmazásáig.

A kompozitok ipari gyártása [1] az USA-ban az 1930-as évek végén az üvegszálak polimerbe ágyazásával és kikeményítésével kezdődött, majd a repülőipari célú alkalmazásuk felgyorsult (1. ábra).



1. ábra: Első kompozit repülőgéptörzs gyártása (Spifire Hexcel, Nagybritania, 1940)

A szénszál erősítésű kompozitok alkalmazása az űrkutatás és hadászat területén az 1970-es években kezdődött. A szénszál kezdeti magas árának (1000-1500\$/kg) számottevő csökkenése, a kompozit technológia fejlődésének, a szénszál erősítésű műanyagok kiváló tulajdonságának köszönhetően mára a sokoldalú alkalmazás, a tömeges felhasználás bevezetése a jellemző. A szénszál erősítésű kompozit az űreszközök, a repülőgépvázak, a hadászati szerkezetek, a sporteszközök, a versenyautók,

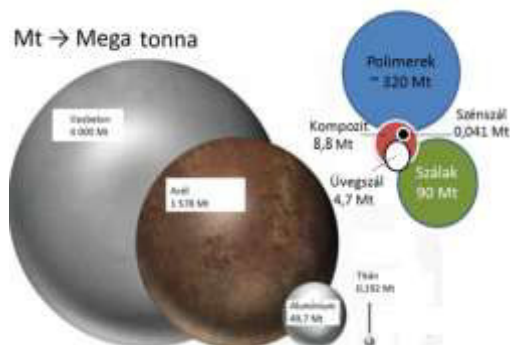
⁸⁴² Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet, szabo.lorant@rkk.uni-obuda.hu

⁸⁴³ Ing-tex Bt, ingtex@t-online.hu

⁸⁴⁴ Óbudai Egyetem, KVK borbely.endre@kvk.uni-obuda.hu

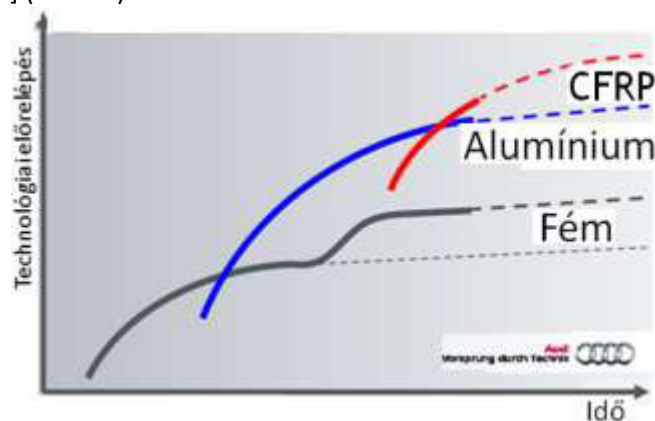
a nagyméretű szállapátok merevítő szerkezetének és számos további ipari alkalmazás kulcsfontosságú anyaga.

A különböző szerkezeti anyagok és szálak mennyiségi összehasonlítását a 2. ábra szemlélteti.



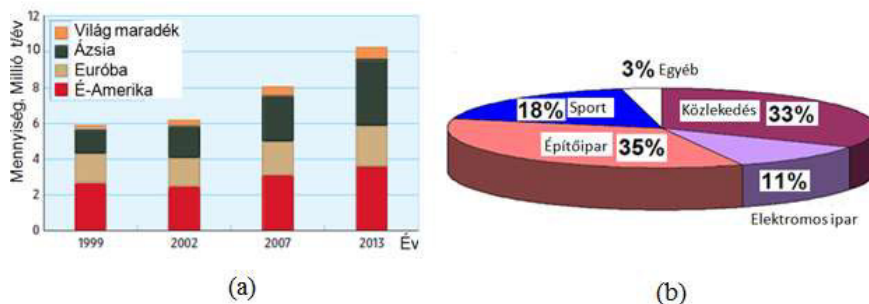
2. ábra: Különböző szerkezeti anyagok használata 2013-ban

A meghatározó anyagok használata időrendben; fa, kerámia, vas, acél ötvözetek, könnyűfémek (alumínium, titán), műanyagok, kompozitok. A szerkezeti anyagok fontosságában át rendeződés figyelhető meg [6] (3. ábra).



3. ábra: Anyag-használat technológiai fejlődésének ciklusai

A kompozitok használata számos előnyös tulajdonságuknak köszönhetően a különleges igénybevételeknek kitett területen egyre nagyobb jelentőségű. A kompozit a mechanikai terhelés irányának megfelelően erősíthető (anizotróp tulajdonságú), bonyolult kialakítású, nagy méretű, könnyű, a különleges mechanikai követelményeknek kiválóan megfelelő tulajdonságú szerkezetek kialakítását teszi lehetővé. Az intenzív fejlesztések, a gyártási költségek és a műveleti idők csökkentésének köszönhetően a szálerősítésű polimereket a Föld iparilag fejlett térségeiben egyre szélesebb területen növekvő volumenben alkalmazzák (4. ábra).



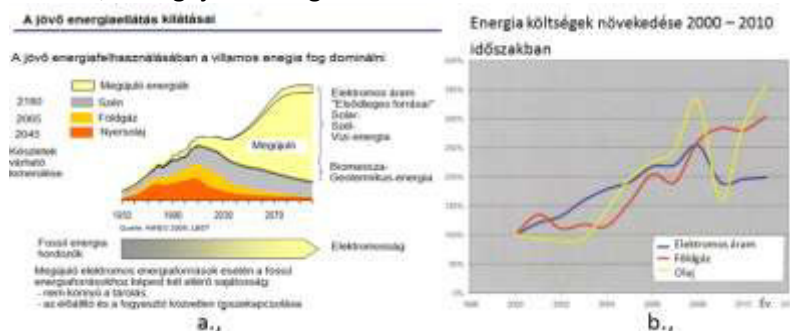
4. ábra: Kompozitok mennyiségi növekedése, földrészenkénti megoszlása (a), főbb alkalmazási területek (b)

A CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic → szénzál erősítésű polimerek) használata számos kiváló tulajdonságának, a szénzál ár csökkenésének, a kompozit gyártási technológia fejlődésének köszönhetően a szállítóeszközök (kerékpártól az autón, a vonaton, a hajón át a repülőgépig), a nagy dinamikus igénybevételnek kitett géprészek, sporteszközök, nagy nyomású korrózióálló tartályok, csővezetékek, nagyméretű, merev, kis deformációjú könnyű szerkezetek (széllapát) területén kulcsfontosságú (5. ábra).



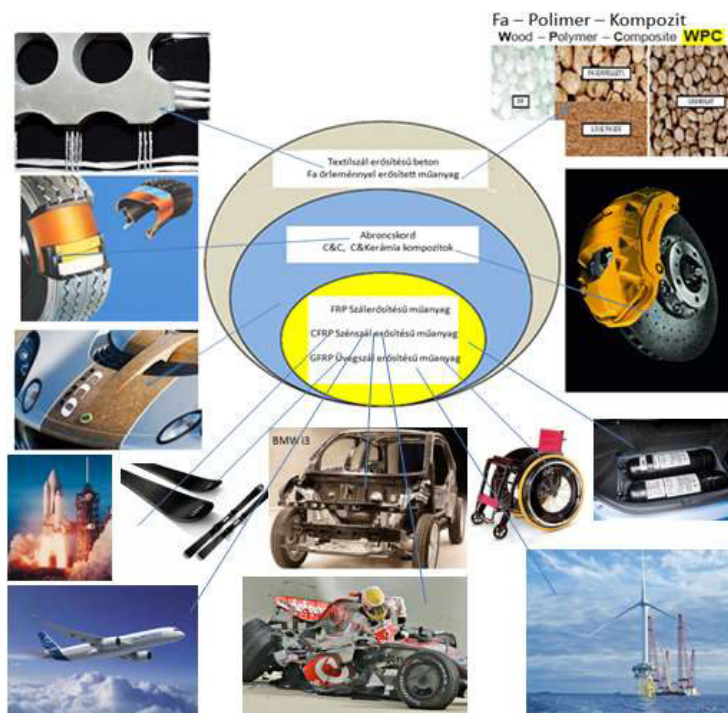
5. ábra: Szénzál-ár csökkenésével széleskörű felhasználás növekedés

A növekvő energiaigény, a fosszilis energia források végeessége (6. a. ábra), az energia árak növekedése (6. b. ábra), a CO₂ kibocsátás, a fajlagos energia-felhasználás csökkentése a könnyű szerkezetek alkalmazását, a megújuló energiák használatának növelését teszi szükségessé.



6. ábra: A növekvő energiaigény, a fosszilis energiák végeessége (a), az energia árak növekedése (b)

A kompozit fogalma és alkalmazása széles területet ölel fel. A kompozitokat ma már széles területen használják (pld. üvegszál erősítésű), míg a különleges követelmények esetén a karbonszál erősítésűek a meghatározók [3] (7. ábra).



7. ábra: Kompozitok főbb csoportjai

Űr-, repülő- katonai alkalmazás, sporteszközök

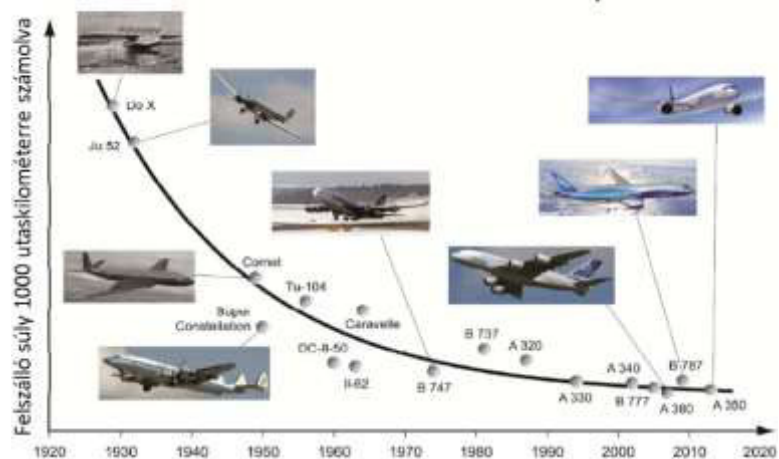
A szénszál erősítésű kompozitok a kezdeti magas árak miatt az **űrkutatósi** berendezések területén kezdődött (8. ábra).

A **repülőgépek** szigorú biztonsági követelményei, a repülőgép méretek, a szállítási kapacitás növelése, a szerkezeti részek tömegének-, a fajlagos energia-felhasználás, a környezeti terhelés csökkentése a légi közlekedésben döntő jelentőségű (9. ábra). A legújabb repülőgépek több mint 50%-át a fejlett kompozit anyagok (CFRP) teszik ki.



8. ábra: Ūrkutatósi alkalmazások

1000 utaskilométerre számolt felszálló súly csökkenése



9. ábra: 1000 utaskilométerre számolt felszálló súly csökkenése

A **katonai alkalmazások** is nagy lehetőséget biztosítanak a kompozitoknak a jó álcázhatóság (pld a CFRP a röntgen sugarakat átengedi), a könnyűség és a fokozott biztonság miatt (10. ábra).



10. ábra: Katonai alkalmazások

A legkülönbözőbb **sporteszközök** esetében a terhelhetőség és a könnyűség alapvető követelmény, az ár a kis mennyiség miatt kevésbé korlátozza az alkalmazást (11. ábra).



11. ábra: Alkalmazás sporteszközök gyártására

Ipari alkalmazások

A kompozitok tömeges ipari alkalmazás csaknem minden területén megfigyelhető. A CFRP alkalmazása iparági megoszlását a 12. ábra szemlélteti.



12. ábra: Szénszál várható évenkénti ipari felhasználása

A kompozitok **járműipari, autóipari** alkalmazása az anyagok árának, a gyártási időnek számottevő csökkentésével a közeljövőben várhatóan tömegszerűvé válik.

A személyautók terén az utóbbi évtizedekben az egyre sokoldalúbb igények kielégítése az autók súlynövekedését okozta. A hibrid vagy elektromos hajtású autók esetén a nagy akkumulátorok további súlynövekedést okoznak, ami a vázszerkezet súlycsökkentésével kompenzálható (13. ábra).



13. ábra: Személyautók tömegének növekedése a vázszerkezet tömegének csökkentésével kompenzálható

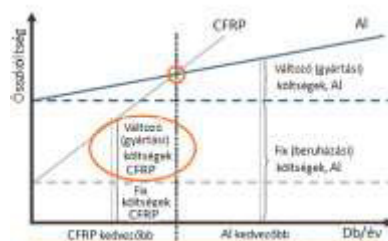
Napjainkban az autók égéstermék (CO₂) kibocsátás-, az üzemanyag fogyasztás csökkentése, a sportos autóknál a fajlagos teljesítménynövelés (kW/kg) előtérbe került [1] (14. ábra).



14. ábra: Járművek súlycsökkentésének hatásai

A fenti előírásokna való megfelelés szükségessé teszi a járművek önsúlyának csökkentését, ami várhatóan a CFRP szerkezeti anyagok nagy volumenű alkalmazásával válhat valóra.

A kompozit anyagok törésbiztonságát a versenyautók a gyakorlatban az ütközések során már számos esetben bizonyították. A CFRP törési viselkedése (ridegtörés) a fémekhez viszonyítva (kihajlás) sokkal kedvezőbb energiaelnyelő tulajdonságú. Napjainkban emiatt az értékes személyautók gyártásában a különleges igényeknek jobban megfelelő CFRP egyre több helyen szorítja ki a fém (acél, alumínium) alváz és karosszéria szerkezeteket. A kis szériás prémium kategóriájú autók már ma is gazdaságosan gyárthatók kompozitból, de várhatóan a kompozit gyártás fejlesztésével az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások a kompozitok széleskörű autóiipari alkalmazását eredményezi [2] (15. ábra).



15. ábra: CFRP és az alumínium (Al) gyártási költségeinek összehasonlítása az autóiiparban

A BMW cég megkezdte a CFRP szerkezetű elektromos BMW i3 (csak elektromos) kis személyautó és az i8-as hibrid sportautó sorozat gyártását, míg a 7 széria kompozit gyártását '16-ra tervezik. Az élenjáró autógyártók mindegyike a szénszál- és kompozit gyártó cégekkel együttműködve Európában, USA-ban és Japánban is a CFRP autórészek kisebb-nagyobb részarányú gazdaságos gyártásán dolgozik.

Szállító tartályok, csővezetékek tekerccseléssel való gyártása terén a CFRP és a GFRP a kiváló vegyszer- és hőállósága révén egyre nagyobb volumenű (16. ábra).



16. ábra: Szállító tartályok és csővezetékek tekerccseléssel való gyártása

Az **elektromos, elektronikai ipar** is széleskörűen (nyomtatott áramkör adatlapok, számítógép-, mobiltelefon-házak, nyomtatók), gyorsan növekvő mennyiségben használja az FRP (Fiber Reinforced Plastic → szál erősítésű polimer) - nagyrészt üvegszál erősítésű - kompozit anyagokat (17. ábra).



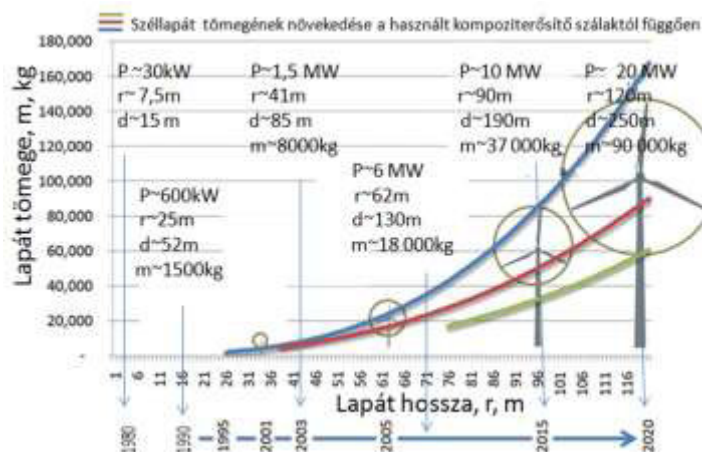
17. ábra: Kompozitok használata az elektromos és elektronika területén

Orvosi gyógyászatban emberi végtagok, implantátumok könnyőségük, terhelhetőségük és szerves anyagokkal jól ellenálló tulajdonságuknak köszönhetően a legkülönbözőbb területen használnak kompozit anyagokat (18. ábra).



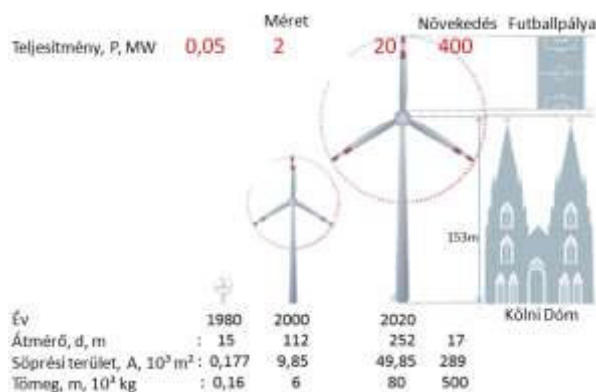
18. ábra: Egészségügyi alkalmazások

Szellapát mérete a szélérőművek teljesítményének növelése, a megújuló energiák előállításában az egyik legmeghatározóbb, fejlesztésük az utóbbi évtizedben nagy lendületet vett (19. ábra). A szélturbina méretek és az évenként üzembe helyezett új kapacitás (40-50 GW) növekedése 7-8 %-os.



19. ábra: Szélérőművek méreteinek, tömegének és teljesítményének növekedése

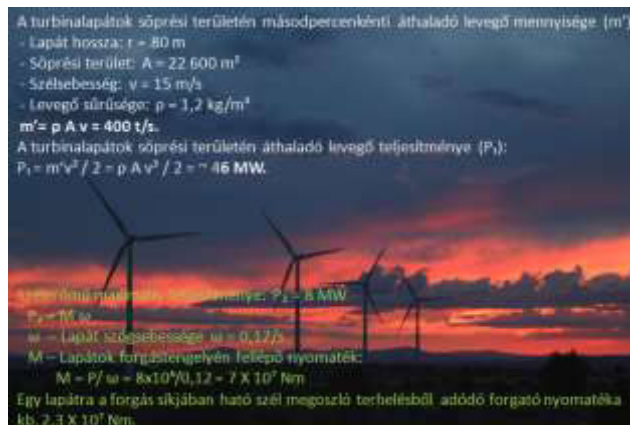
A szélérőművek teljesítménye, hatékonysága a turbinalapátok növelésével fokozható (20. ábra).



20. ábra: Szellapátok paramétereinek változása: 1980 - 2020

A turbinalapát egy belső, nagy szilárdságú és merevségű tartó- és a külső héjszerkezetből épül fel, a nagyobb lapát-méretek támasztotta mechanikai követelmények a könnyű szerkezetű, nagy szilárdságú szénszálalás kompozit-merevítők alkalmazását teszi szükségessé.

A turbina söprési területén a turbina-lapátok méretétől és a szél sebességétől függően másodpercenként számottevő levegő-mennyiség halad át, a szél mozgási energiájának a turbinalapátok, ill. a turbina közel 10%-át hasznosítja. A napjainkban gyártott legnagyobb lapátméretű ($r=80\text{m}$) és teljesítményű ($P=8\text{MW}$) ($v=15\text{ m/s}$ szélesség esetén) szél-turbina jellemző adatait a 21. ábra tartalmazza.



21. ábra: Szélkerekek lapátjai

A gyorsan mozgó, nagy merevségű, könnyű kompozit **gépalkatrészek, robotkarok**, széles minimális deformációjú **rudak, hengerek** az alkalmazás teljesítmény határait számottevően kiszélesítik (22. ábra).



22. ábra: Példák a CFRP ipari (textil) alkalmazására

Építőiparban is nagy mennyiségben használják az üveg rovingból készített rácsos, hálós könnyű szerkezeteket a vakolat, a szigetelők rögzítésére, de a szénszál erősítésű tartórudak, elem megerősítők is használatosak (23. ábra).



23. ábra: Kábelek műtárgyak megerősítésére

Dekorációs alkalmazás területén is egyre gyakorabb a kompozit termékek felbukkanása. Átlászó mátrixba ágyazott szénszálal szövetesítésű kompozitot számos területen dekorációs célra is használnak. A szénszálal erősítésű hegedű vagy a zongora újszerűségén túlmenően számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik.

Az **átlászó beton** (LiTraCon magyar szabadalom) nagy elismerést váltott ki az építészet területén. Az átlászó beton gyártásakor a falsíkra merőlegesen fényvezető szálakat ágyaznak (24. ábra).



24. ábra: LiTraCon Light Transmission CONCRET <http://www.litracon.hu>

Összefoglalás

A CFRP alkalmazási példák bemutatásából egyértelműen kitűnik, hogy a szerkezeti anyagokban a kompozitok alkalmazása – a három évtizeddel korábban az elektronika okozta forradalmi változásához hasonlóan – a műszaki alkalmazások széles területén döntő fontosságra tesz szert, ami az oktatás számára is új kihívást jelent.

Referenciák

- [1] K. Dreschler: CFK – Technologie im Automobilbau Was man von anderen Märken lernen kann? C.C.e.V. Automotive Symposium, Neckarsulm, 2010.
- [2] T. Gries, Dipl. B. Veiheilmann: Kombinierte Faserverbundstrukturen zum Aufprallschutz Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA)
- [3] Szabó R.: Applications of fiber reinforced plastic Composites 2nd REGIONAL CONFERENCE MECHATRONICS IN PRACTICE AND EDUCATION MECHEDU-2013 p. 99-102. Szerzőtárs: Szabó L.
- [4] Borbély E., Szabó R.: Black Magic; The Present and the Future Applications of Carbon Fibers 1st Regional Conference - Mechatronics in Practice and Education MECH - CONF 2011 Szabadka p. 75-79.
- [5] F. Merino: Textile pre-form to support a car instrument panel Tectextil Symposium, Mobiltech 2007.

- [6] Szabó R., Szabó L.: Textilszálak kompozitok megerősítésére Magyar Textiltechnika 2011/4. p. 177-180.
- [7] K. Durst: Faserverbunde im Automobilbau: Warum „leicht“ schwer ist Materialica 13. Oktober 2009, München
- [8] Szabó L. - Szabó R.: Könnyűség kulcs a jövőhöz ENELKO Székelyudvarhely, 2014. 10. 9-12. p. 260-268.