

Kutasi Csaba

# Innovatív anyagkombinációk műszaki textíliák és egyéb alkalmazások céljára

**A** műszaki textíliák közé sorolják azokat a textilanyagokat és -szerkezeteket, amelyek nem képezik a különböző hétköznapi és védőruházatok, lakástextíliák alapanyagait, hanem felhasználásuk speciális területeket érint. A teljesség igénye nélkül: idetartoznak a geotextíliák (út-, vasút-, vízépítésnél használt szerkezet-erősítők), az agrotexíliák (tájépítésznél, növénytermesztésnél használt anyagok), továbbá a magas- és mélyépítés során, a járműgyártásnál, a környezetvédelemben, a gyógyászatban, a bútorgyártásnál, a gép- és energiaiparban, a sporteszközök előállításánál, a csomagolási és szállítási tevékenységeknél, illetve a cipő- és ruházati iparban alkalmazott szerkezeti, erősítő anyagok. Az elmúlt években a Nyugat-Európában előállított textiltermékek több mint 40%-át a műszaki textíliák tették ki.

Az ismertetésre kerülő új anyagkombinációk egyrészt a kompozitokkal kapcsolatosak, másrészt a grafén felhasználási területeinek bővülését mutatják.

## Bazaltszál-erősítésű cellulózból álló kompozit

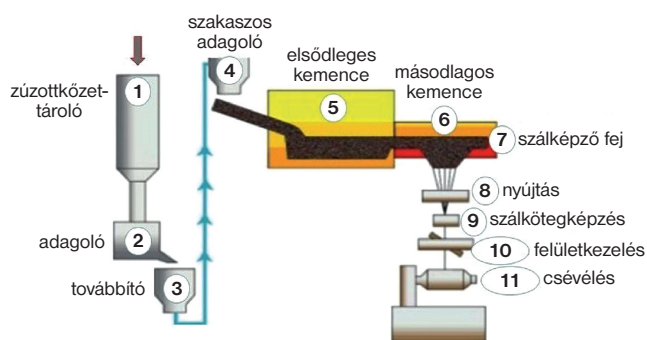
A németországi Institut für Textilchemie und Chemiefasern (ITCF) munkatársai a Mühlhausen székhelyű Peterseim Strickwaren céggel együttműködve egy olyan – Purcell elnevezésű – kompozitot fejlesztettek ki, amelynek erősítő vázanyaga bazaltszálból készült textilszerkezet, mátrixanyaga – és részben erősítőszála – a megfelelő ionos folyadékkal oldott cellulóz mint biopolimer (1. ábra).



1. ábra. A Purcell-kompozit felépítése

A bazaltszálak vulkáni kőzet anyaga többféle szilikátásványból áll. Ezeket őrölt – magas sav- (szilícium-dioxid) és alacsony vas-tartalmú – kőzetből állítják elő. A tisztított kőzetüzalékot kohósítják. A bazaltolvadék előállítása nehezebb, mint az üvegszálgyártás során az üvegolvasztás, mert a folyékony alakítás gáz-sugárzókkal nem oldható meg. A bazalt sötétebb színe következtében a felszínhez közeli rétegek elnyelik a beérkező infravörös sugarakat, így lényegesen nagyobb nehézséget jelent a kőzetda-

rabok egyenletes átmelegítése. Ezért az ömledékfördőbe hatoló elektródák alkalmazására, illetve hosszabb hevítési időre van szükség. A bazaltüzalék optimális folyékonyra tétele két lépésben történik. Az elsődleges kemencében megolvasztott kőzet átfolyva kerül a kisebb és precíz hőmérséklet-szabályozással ellátott másodkemencébe, majd a szálhúzó fejhez. A kialakuló amorf szálak fokozatos hűtés és nyújtás során érik el végleges vastagságukat. A nyújtáson alapuló vékonyítás szilárdságnövelő hatása azzal magyarázható, hogy a szálgyártásnál bekövetkező szerkezeti hibák száma csökken (pl. kevesebb repedés fordul elő a vékonyabb anyagban az egyenletesebb lehűlés eredményeként). Felületkezelő szer (amely a kedvezőbb feldolgozáshoz, ugyanakkor a kompozit mátrixanyagával való jobb kötődéshez járul hozzá) felvitele után kerül sor a folytonos (végtelen) bazaltszál felcsévélésére. Az előállított bazaltszálak nagy rugalmassági moduluszal, kiváló fajlagos szilárdsággal (amely az acélénak háromszorosa) rendelkeznek. Az ilyen bazaltszálakból készült fonalból kötőgépen egyedi szerkezetű kelmét gyártanak, ez a Purcell-kompozit vázanyaga (2. ábra).

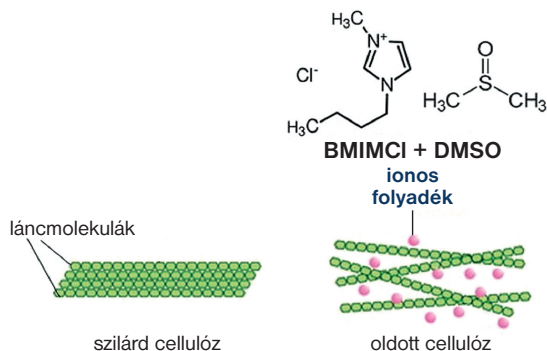


2. ábra. A végtelen bazaltszál előállítása

Az ionos folyadékokat (ionic liquid – IL) folyékony elektrolitoknak, ionos olvadákoknak is nevezik. Ameddig a szokásos folyadékok (víz, szerves oldószerek stb.) semleges molekulákból állnak, addig az ionos folyadékok nagyrészt ionokból és rövid élettartamú ionpárokból épülnek fel. A cellulóz ionos oldattal történő oldásával régóta foglalkoznak, többek között a kedvelt textil alapanyag – a környezetkímélő módon előállított lyocell, mint regenerált cellulózzsál – gyártása során nemvízes oldószerként N-metil-morfolin-N-oxidot használnak. Az elmúlt évtizedben számos ionos folyadék vált ismertté, amely képes a cellulóz oldására. Legalkalmasabbnak az 1-butil-3-metil-imidazólium-klorid (BMIMCl)

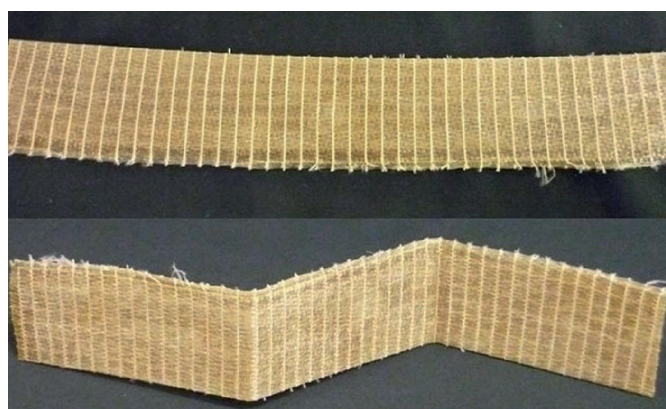


bizonyult, társoldószerként dimetil-szulfoxiddal (DMSO) kombinálva. Az erősen hidrogénkötésű anionokat tartalmazó ionos folyadék térbeli akadályt nem képező kationjának szerepe is jelentős a szolvatációs folyamatban, miután a cellulóz hidroxilcsoportjának, illetve éterkötésének oxigénjével hidrogénkötéseket létesít. A folyékonyra tett a – viszkozitásnövelt – cellulózpéppel történő átítatás során vákuumszívással vagy túlnyomással távolítják el a légzárványokat (3. ábra).



3. ábra. A cellulóz oldása ionos folyadékban

A Purcell-kompozit előállításánál a biopolimer cellulózt nemcsak mátrixkomponensként, hanem részben vázerősítőként is alkalmazzák. A megújuló cellulóz alapanyagot egyes fafélék vagy textilipari rostnövények (len, kender) szolgáltatják. A Purcell-kompozit GRP-khez (tüvegyszerősítésű műanyagokhoz) hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, életciklusa végén a már ismert technológiákkal teljesen újrahasznosítható (4. ábra).



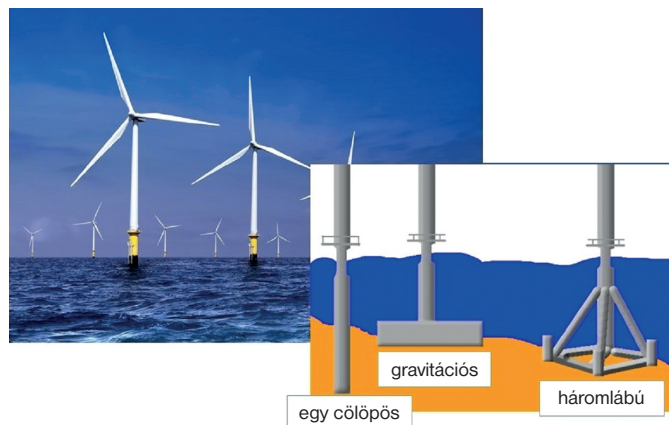
4. ábra. A Purcell-kompozit megjelenési formája

A készülő szerkezet vastagságától függően több összepréselt réteget használnak. Az oldószert öblítéssel távolítják el, a gyűjtött öblítőfolyadékból desztillációval visszanyerést végeznek (újrahasznosítás céljából). Szárítás után hőkezeléses préseléssel alakul a végső anyag.

A bazalterősítésű cellulózból felépülő kompozit olyan védőburkolat anyaga lehet, amelyet hidak pillérein, tengeri szélerőműparkok alapjain használnak. Ez a burkolat jelentősen csökkenti a fenntartási költségeket, miután tartós védelmet biztosít speciális vegyi kezelések nélkül. A tengeri bóják gyártásában előnyösen alkalmazható (5–6. ábra).

## A grafén és alkalmazási területei

A grafén a szén egyik kétdimenziós allotrópjja, amelyet nanoméretű hatszögletű rács épít fel a csúcsokban egy-egy atommal.



5. ábra. A Purcell felhasználása tengeri szélerőmű oszlop alapozásánál



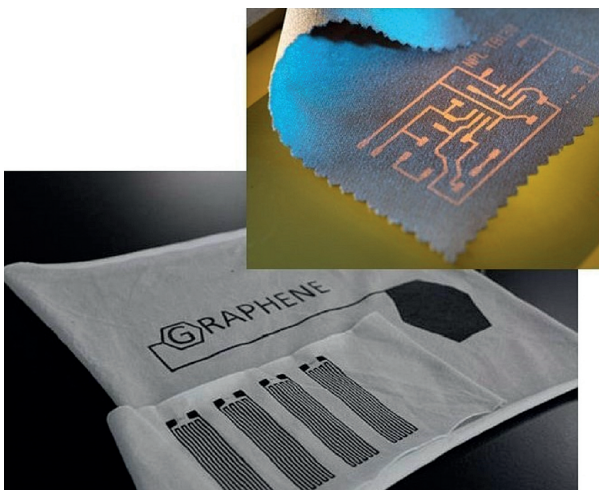
6. ábra. Purcell-kompozitból készülő bója szerkezete

A grafén számos különleges tulajdonsággal rendelkezik. Nagy szilárdságú (200-szor erősebb, mint a legszilárdabb acél), keményebb a gyémántnál, fokozottan kopásálló, kiválóan vezeti a hőt (adott felület egyenletes hőeloszlását megvalósítva) és az elektromos áramot, továbbá közel átlátszó, valamint rugalmas (pl. hajlékony). Antibakteriális képessége a humán felhasználásnál (pl. alsóruházati anyagok bevonataként, orvostechikai eszközöknél) kerül előtérbe. A grafén és a vele érintkező közegek (pl. víz, levegő) között minimális a súrlódási tényező, az ilyen térben mozgó anyagoknál (pl. sportruházat) különösen előnyös az alkalmazása. Említett tulajdonsága alapján – az elmúlt években – többek között az elektronikai eszközök, egyes vizsgáló műszerek, speciális akkumulátorok, kompozitok előállításánál területről a 10 millió dollárt jóval meghaladta a grafén globális értékesítése.

A grafén alkalmazásával magas hőmérsékletű lítiumion-akkumulátort fejlesztettek ki, ennek élettartama kb. kétszerese az ilyen felépítésű hagyományos akkumulátorokénak.

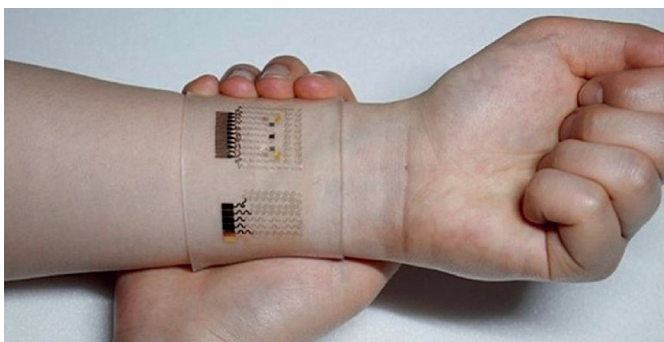
A folyékony halmazállapotú grafént bevonat formájában fel lehet rétegezni különböző, akár a használati igénybevételnek megfelelő, hajlításnak kitett felületekre. A szövött, kötött és nem szövött eljárásokkal készített textilanyagokra felvitt réteggel speciális képességű ruházati alapanyagok állnak a konfekcionálók rendelkezésére. Az elektromos vezetőképesség lehetőséget ad a „hordható elektronikás”, ún. intelligens textilcikkre (ruházat segítségével kommunikáció, életfunkciók monitorozása stb.), a mechanikai és hőhatások elleni védőruházatok területén vékonyabb és könnyebb öltözékek készítésére. Szenzorként felhasználható például a testhőmérséklet, a bőrfelületet érő nyomás folyamatos mérésére is (7. ábra).

Speciális szenzor és áramkör grafénbe történő beépítésével olyan tapasztás is előállítható, amelyet a karon viselve, közvetlen az



7. ábra. Grafénnel textiliára nyomtatott elektródák, áramkörök

emberi verejtekéből lehetőség nyílik a vércukorszint meghatározásra (8. ábra).

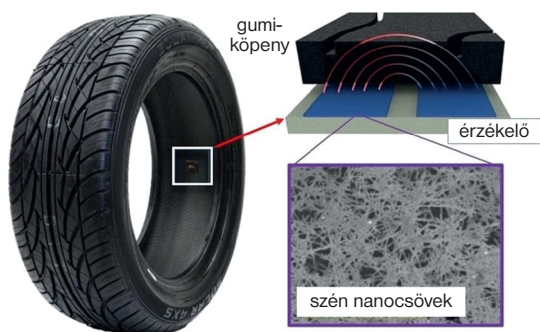


8. ábra. Grafénalapú tapasz a vércukorszint meghatározására, az emberi verejték elemzésével

Kínában (az AECC pekingi aeronautikai anyagkutató intézetben) 2020 tavaszán – a Covid-19 pandémia európai elterjedésekor – kifejlesztettek olyan maszkot, amelynek a legfontosabb szűrőanyaga grafén. A nemszőtt textilfelületre grafén-polipropilén réteget vittek fel, így széles körű antibakteriális és antivirális tulajdonságokat biztosít az arcvédő, sőt légáteresztő képessége és tartóssága is javult.

A grafén alkalmazásával a gépkocsi-gumiabroncsok kopásállósága és lyukasztással szembeni ellenállása javítható, hasznos élettartamuk növelhető. A futófelület vastagságának ellenőrzése a gumiabroncs belsejébe épített – szén nanocsövekből álló – grafénérzékelőkkel megoldható. A gumiköpeny fala és futófelülete közötti elektródák segítségével – az interferencia felhasználásá-

9. ábra. Grafénerősítéssel és -érzékelővel ellátott gumiabroncs



val – a gumiszerkezet vastagsága milliméter pontossággal kontrollálható (9. ábra).

A további alkalmazások közé tartozik a katonai eszközök és repülőgépek bevonása grafénréteggel, illetve a golyóálló tartályok készítésénél a grafén beépítése fontos a kompozitszerkezetbe. A Bolygóközi Közlekedési Rendszer (Interplanetary Transport System – ITS) keretében 2025-ben tervezik személyek utaztatását a Marsra. Ennek során gigantikus méretű, grafénréteges, szénszálas kompozit anyagú gömbben fogják tárolni az űrhajó tüzelőanyagát. Ez folyékony metán lesz, a tipikus rakétahajtógáz folya-

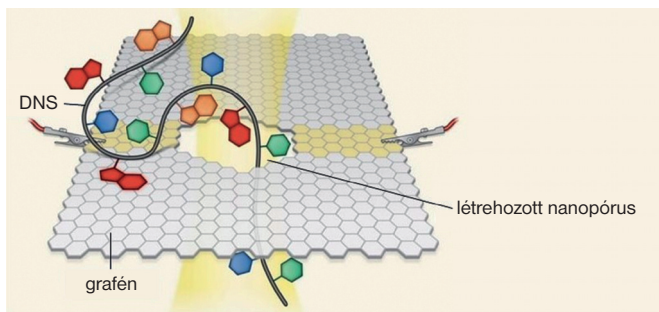


10. ábra. Gigantikus szénszálás és grafittal kombinált gömb, űrhajó tüzelőanyagának tárolására

dék helyett. A grafén nemcsak csökkenti az üzemanyagtartály teljes tömegét (amely a hosszú bolygóközi űrutazásnál rendkívül lényeges), hanem a tároló keménységét és szilárdságát is garantálja. A tartály szívósságát növeli az is, hogy a kompozitrendszerben levő, a keményítés céljából előre műgyantázott szénszálakkal jobb kapcsolat alakul ki a grafén közreműködésével. Egyúttal a jelentősen alacsony hőmérsékletű (akár  $-125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) közegben a tartály ellenállását is az atomnyi szénréteg biztosítja. Egyértelmű továbbá, hogy a grafén előnyösen alkalmazható az űrhajó-gerinchálózatában, illetve a különböző fedőanyagokban is (10. ábra).

A DNS-szekvenálás ismert biokémiai vizsgálati módszer, amelyet a DNS-molekula nukleotid-sorrendjének meghatározására

11. ábra. A grafén nanopóruson keresztül kivitelezett DNS-szekvenálás elve



használnak. Az új típusú, grafén nanopórust tartalmazó készülék kifejlesztésével a DNS-molekulák vizsgálatában nagy áttörésre lesz mód. Az így felépített műszer grafénrétegében a speciális technikával előállított nanoméretű nyílás meghatározó szerepű, mert a póruson „áthúzott” DNS-molekulák mozgása detektálható, a felépítő bázisok sorrendje meghatározható (11. ábra).

IRODALOM

[1] Tectextil kiállítás, Frankfurt, 2017. május 9–12., kiállítói ismertető  
 [2] Cellulose and basalt innovations at Tectextil – [http://www.insidecomposites.com/cellulose-and-basalt-innovations-at-techtex/](http://www.insidecomposites.com/cellulose-and-basalt-innovations-at-techtex)  
 [3] Szabó Rudolf, Szabó Lóránt: Kompozitok, Magyar Textiltechnika (2014) 4.  
 [4] Why Graphene & 2D Materials Europe 2018? – <http://www.idtechex.com/graphene-europe/show/en/>  
 [5] <https://24.hu/tudomany/2020/04/07/koronavirus-arcmaszk-grafen/>