

## Növekszik az érdeklődés a természetes kompozitok iránt

A fenntarthatóság jegyében az utóbbi években a fejlesztések középpontjába kerültek a természetes szálak, mint az üvegszál alternatívái a műanyagok erősítésében. A cikk a legújabb eredményeket mutatja be, kiemelve a természetes szálakból kinyerhető nanokristályos cellulózban rejlő lehetőségeket.

*Tárgyszavak: kompozit, kompaund, biokompozit, erősítés, töltőanyagok, természetes szálak, cellulóz, nanocellulóz, kender, juta*

A természetes szálak és töltőanyagok évtizedek óta jelen vannak opcióként a műanyagiparban, de – a fenntarthatóság jegyében – csak az utóbbi időben kerültek valóban a figyelem középpontjába. Az autóipar több éve élen jár a természetes anyagok felhasználásában, ugyanakkor olyan megoldásokat keres, amelyek nem járnak a teljesítmény romlásával. Több tényező is ösztönzi az autógyártókat a természetes szálak nagyobb arányú felhasználására: a fogyasztói elvárások változása, a jogszabályi környezet, a műanyagok arányának folyamatos növekedése, az üvegszál-ellátás nehézségei és a természetes szálak tulajdonságainak javítását célzó K+F eredmények. Érezhető az utóbbi időben az is, hogy a fenntartható megoldások iránti igény növekedése egyre inkább elfogadottá teszi az ilyen megoldások nagyobb költségét is.

## Új eredmények a természetes szállal erősített vagy töltött műanyagok területén

A **Ford** élen jár a természetes anyagokat tartalmazó alkotó elemek fejlesztésében. 2000 óta számos fenntartható kompozitot fejlesztettek ki és teszteltek. Erősítésre használtak kenafot, rizshéjat, cellulózt. Legújabb fejlesztésükben a kávé pörkölésekor a babról leváló és levegővel elválasztott héjat (pelyvát – angolul: chaff) biokarbonizálás után talkum helyettesítésére használják. A biokarbonizálási folyamat a szag, a szín és a vízfelvétel optimalizálására szolgál. 20% kávé-pelyvával 40% talkumot váltottak ki a Lincoln Continental fényszóró házában alkalmazott PP kompaundban, és ezzel 5% költség-, 17% súly- és 25% energiamegtakarítást értek el. További kutatásaik szerint a kávé-pelyva töltőanyag a magasabb hőmérsékletet igénylő poliamidokban is használható töltőanyagként.

A kanadai *Performance Biofilaments* cég farostból kiindulva fejlesztett ki *nanofibrillált cellulózt (NFC)*. Az NFC-t egy autóipari anyagokat gyártó cég kutatóival közösen végzett teszt-sorozatban értékelték. Megállapították, hogy az új anyag PP kompaundban részben vagy egészben helyettesítheti az üvegszálakat, növelve ezzel a kompaund fenntartható komponensét. A kanadai cég 2022 végére tervezi az NFC üzemi gyártását.

Az amerikai **Green Dot Plastics** 2020-ban hozta a piacra *Terratek* nevű természetes szálerősítésű biokompozit termékét (Natural Fiber Reinforced Plastics – NFRP). Ebben az anyagcsaládban PP, PE és PA kompaundokban üvegszálakat helyettesítettek természetes szálakkal, szizállal, reciklált jutával és az American Bamboo nevű bambuszfüvel. A cég egy kísérletsorozatban

egy 20% szálat tartalmazó PP kompaundban az üvegszálat szizállal helyettesített. A szizállal erősített kompaund mechanikai tulajdonságai (szilárdság, modulus és ütésállóság) az üvegszálal kompaunddal összehasonlítva 80% körüli értékeket értek el, ami sok területen valószínűleg még elfogadható.

Az **Aimplas** spanyol kutatóintézet több éve foglalkozik biokompozitokkal, amelyekben erősítésre természetes szálakat, kendert, jutát szizált, lent és pamutot használnak. A biokompozitoknál nemcsak a megújuló nyersanyag, hanem a komposztálhatóság is nagyon fontos, különösen a csomagolásra használt műanyagoknál. Ezzel kapcsolatban megállapították, hogy még természetes szálak esetén is nehéz teljesíteni az ipari komposztálásra vonatkozó EN 13432 szabvány követelményeit. Azt találták, hogy a komposztálás előtti aprítás segít megoldani ezt a nehézséget. Az Aimplas a közelmúltban az éghetőséget vizsgálta a természetes szálakat tartalmazó kompaundokban. Megállapították, hogy természetes szálak és foszfortartalmú égésgátló együttes alkalmazása nem okoz problémát.

A **Rise PFI** norvég kutató szervezet által irányított BioComp projekt keretében biopolimerekből és bioalapú szálakból, nanocellulózból vagy ligninből fejleszt biokompozitokat. Ezeket az innovatív kompozitokat különböző alkalmazásokban (infrastruktúra, autóipar, csomagolás, orvosi eszközök, 3D nyomtatás stb.) értékelték. A projektben több norvég cég is részt vesz: az **Alloc** építő elemeket gyártó cég, a **Norske Skog Saugbrugs** kompozitgyártó és egy fröccsöntő, a **Plasto**. A Norske Skog Saugbrugs a projekt keretében egy 120 kg/óra teljesítményű biokompozit üzemot épített. A kísérleti üzemben a cég által gyártott fenyőcellulóz rostot használják. A rostot a technológia első lépésében pelletizálják, majd ezután következik a kompaundálás. A kísérleti berendezés tavaly decemberi üzembehelyezése óta gyártott kompozitokban a száltartalom 20–60% között mozgott, leggyakrabban 30–40% volt. Mátrix anyagként primer és reciklált nyersanyagokat is használtak, és foglalkoznak bioalapú és biológiailag lebomló polimerekkel is. A BioComp projekt keretében gyártott kompaundokat a Plasto és az Alloc cég használja új termékek fejlesztésére.

Az **UPM Biofore** finn cég már néhány év óta gyárt cellulózszállal erősített kompaundokat fröccsöntésre és 3D nyomtatásra *UPM Formi* néven. A cég most új biofinomítót épít a németországi (Leuna) leányvállalatánál, ahol tisztán fából kiindulva gyárt majd különböző vegyületeket, többek között cukron keresztül bio-monoetilénglikolt, bio-monopropilénglikolt, és lignint is. A biofinomítóban előállított lignint megújuló funkcionális töltőanyagként használják termékfejlesztési projektjeikben a potenciális felhasználókkal kooperálva. Egyelőre néhány száz kg-os mintákat adnak az érdeklődőknek. Az üzemi méretű biofinomítót 2023 végén helyezik üzembe. Az új lignin alapú *UPM BioMotion* töltőanyag a cég szerint karbon-semleges, és több mint 94% megújuló anyagot tartalmaz.

Az amerikai **Avient** cég új poliamid kompaund termékcsoportja a *Nymax Bio*, amelynek tagjai 16–47% megújuló töltőanyagot tartalmaznak. A hagyományos üvegszálal PA66-tal összehasonlítva a megújuló anyaggal töltött típusok kevésbé vetemednek, jól színezhetők és szép a felületük. A Nymax Bio típusokat a cég Ázsiában gyártja, de mindenhol elérhetők.

Az amerikai **Heartland Industries** cég 2018 óta – amikor az USA-ban engedélyezték a kender termelését –, fejleszti a karbon-negatív adalékcsaládját kender alapon. A cég 2022 végére tervezi a *kendertartalmú töltőanyagok* forgalmazását. A kenderet tartalmazó kompaundok fejlesztésénél a cég a **Ravago Americas** kompaundáló céggel dolgozik együtt. Szerintük a kenderrel töltött kompaundok könnyebbek, olcsóbbak, és jobbak a hő- és hangszigetelő tulajdonságaik. A kender, mint töltőanyagot több polimerben is (PP, PE, PVC, ABS és PET) kiértékelték.

A Ravago szerint PP kompaundban 20% talkumot 20% kenderrel kiváltva a szilárdság közel azonos maradt, a hajlítási modulus 20%-kal kisebb, az Izod ütésállóság 20%-kal magasabb lett, és a súly is kb. 20%-kal csökkent. Mindazonáltal ahhoz, hogy a kender az üvegszálat is kivált-hassa, további fejlesztésre van szükség. Ki kell dolgozni a kenderszál felületi kezelését, meg kell találni azt az anyagot, amely biztosítja a szál erős tapadását a mátrixhoz.

## Kompozit cellulóz nanokristályból

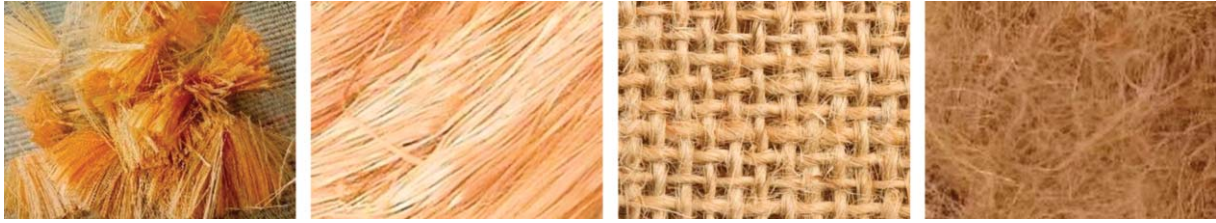
Évente több mint 10 milliárd tonna cellulózt gyártanak különböző növényekből. Csak néhány éve fedezték fel a cellulóz nanokristályokat (cellulose nanocrystals – CNC), amelyet a cellulóz-ból savas hidrolízissel nyertek ki. Ilyen nanokristályok adják a fa sejtjeinek szilárdságát. A nanotartományban a CNC-k erősebbek és merevebbek, mint a Kevlar. Ha ezeket a kristályokat nagy mennyiségben be tudják építeni egy polimerbe, nagyon erős fenntartható műanyaghoz lehet jutni. Korábban csak alacsony hányadban tudták a cellulóz nanokristályokat a polimerekhez keverni. A **Massachusetts Institut of Technology** (MIT) kutatói célul tűzték ki ennek a hányad-nak a jelentős növelését. Munkájuk során szintetikus polimer oldatába keverték be a kereskede-lemben kapható CNC port. Bizonyos koncentrációnál az oldat gélállapotba ment át. Ebben az állapotban az anyagot 3D nyomtatással vagy öntéssel lehetett alakítani. Kisméretű próbada-rabokat állítottak elő, majd megszáritották azokat. A szárítás után az anyag zsugorodott, és lénye-gében főleg a cellulóz nanokristályokból álló szilárd kompozitokhoz jutottak. A CNC aránya a kompozitban elérte a 60–90%-ot, ami eddig az elért legnagyobb. Eredményüket a kutatók úgy prezentálták, hogy a fát szétbontották, kivették belőle a legerősebb komponenst, majd ebből új – döntően természetes eredetű –, kompozit anyagot állítottak elő.

A vizsgálatok azt mutatták, hogy az új anyag szívósabb, mint a csont, és erősebb, mint a tipikus alumínium-ötvözet. Készítettek belőle fog formájú mintadarabot is, demonstrálva, hogy a szívós kemény és természetes alapú anyag akár implantátumként is használható lesz. További fejlesztésekkel a zsugorodást kívánják kiküszöbölni, hogy nagyobb méretű termékek is gyárt-hatók legyenek belőle.

## Jutaszálakkal erősített kompozitok

A jutaszálak a rostszálak egyike, termesztése és felhasználása tekintetében a kenderhez áll leg-közelebb. A textilipar fonalat, szövetet és nem-szótt textíliákat gyárt belőle, amelyeket főleg a különböző műszaki területeken használnak. Logikusan merült fel használatuk a természetes kompozitok fejlesztésében. Ehhez azonban a jutaszálat módosítani kell, hiszen a juta – mint a természetes szálak általában – erősen hidrophil, és ebből adódóan kicsi az affinitása a hidrofób polimerekhez. A módosításra leggyakrabban lúgot, szilán alapú kapcsolóanyagokat (coupling agents) javasolnak. A mechanikai tulajdonságok javítását plazma- vagy sugárkezeléssel lehet elérni. A juta rövid- és hosszúszál, szövet és nem-szótt kelme formájában is használható műanyag erősítésére (1. ábra).

Jutával természetesen valamennyi műanyagfajta kombinálható, és az eddigi kísérletek során mind hőre keményedő, mind termoplasztikus kompozitokat fejlesztettek ki. A kísérletek során használták a jutát magában, de más szálakkal vagy töltőanyagokkal kombinálva is. PLA mátrixszal 100%-ban bioalapú kompozitot is gyártanak belőle főleg csomagolási célokra. A fel-használási kísérletek eredményei szerint a jutával gyártott kompozitok számos területen ki tud-ják elégíteni a mechanikai követelményeket, és jól helyettesíthetik az üvegszálak vagy ásványi



1. ábra. A juta különböző formái a kompozitok erősítésére: rövid szál, hosszú szál, szövet, nem-szőtt kelme.

töltőanyagot tartalmazó kompozitokat. Ahhoz, hogy a jutával erősített kompozitok magasabb követelményeknek is megfeleljenek, az utóbbi években kutatások indultak a juta módosítására.

A jutából kémiai vagy mechanikai eljárással is kinyerhető nanocellulóz. Az így kapott nanocellulóz nagy fajlagos felülete, kristályosságából adódó mechanikai tulajdonságai alapján jobb mechanikai tulajdonságokat eredményez kompozitban is. A manchesteri egyetem kutatói grafénnel módosították a jutaszálat. Az így módosított szálakkal készített epoxigyanta alapú kompozitok szilárdsága szignifikánsan nagyobb, mint a kezeletlen szál esetén. A fejlesztők szerint a módosított jutával készült komponensek sok területen – szerintük elsősorban az elektronikai eszközökben – fenntartható alternatívát kínálnak. Más kutatók hasonlóan sikeresen módosították a jutaszálat szén nanocsövekkel vagy  $\text{SiO}_2$  nanorészecskékkel.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Makarian, J.: Renewing interest in natural composites = Compounding World 2022. május p. 15.  
[www.compoundingworld.com](http://www.compoundingworld.com)

Chu, J.: New Plant-derived composite is tough as bone and hard as aluminium (source: MIT USA)  
<https://www.sciencedaily.com/releases/2022/02/220211080620.htm>

Shahinur, S.: Current Development and Future Perspective on Natural Jute Fibers and Their Biocomposites = Polymers 2022, 14, 1445. p. 1-32  
<https://doi.org/10.3390/polym14071445>