

## Természetes szálak a fröccsöntésben

Az utóbbi időben elsősorban az autóipar fordult érdeklődéssel a természetes szálakkal erősített műanyagkompozitok felé. Felkutatták a szóba jöhető szálféleségeket, amelyek között ún. egzotikus szálak is találhatóak. Sokan vizsgálják a szálak bekeverési technológiáit és az elérhető erősítő hatást.

*Tárgyszavak: természetes szálak; erősített PP kompaundok; fröccsöntés; kompaundálás; mechanikai tulajdonságok.*

Nagy teljesítményű műanyag szerkezeti anyagok előállítása megújuló nyersanyagokból – korunkban ez fontos kutatási cél lett. A természetes szálak a jövőben egyre inkább az üvegszálak versenytársai lehetnek, még akkor is, ha egyes szakértők véleménye szerint a termelésükhöz az élelmiszertermeléstől kell elvenni területeket. A tulajdonságokra és a feldolgozási módszerekre vonatkozó hiányos ismeretek miatt a természetes szálak műanyagipari alkalmazása eddig elmaradt a várakozásoktól, bár mind Európában, mind az USA-ban vannak már cégek, amelyek üzemszerűen gyártanak természetes szálakkal erősített műanyag kompaundokat és elemeket.

Erősítőszálként a természetes növényi szálak széles spektruma használható az Európában is honos fűféléktől, a lentől és a kendertől, egészen az olyan trópusi és szubtrópusi szálakig, mint a szizal, az abaka, a juta, a kenaf, a bambusz, a kókuszrost, és még néhány más különlegesség. Az egzotikus szálak rövid ismertetője a *mellékletben* található. Ezeket a szálakat már mind kipróbálták autóipari alkatrészek gyártására részben hőre keményedő, részben hőre lágyuló műanyag kompaundokban. A természetes szálakkal együtt emlegetik a fából kapott rostokat és a faőrleményt is. Mivel ezek mechanikai tulajdonságai nem érik el a fent említett szálakét, ezért inkább töltőanyagként tekinthetők. Jelentőségük abban áll, hogy ezek a fafeldolgozás melléktermékei, és így az áruk nagyon vonzó lehet.

Mátrixanyagként azok a hőre lágyuló műanyagok jönnek szóba, amelyeknél a feldolgozási hőmérséklet nem emelkedik 195 °C fölé, mivel a cellulóz ennél magasabb hőmérsékleten degradálódásra hajlamos. Ennek alapján *a természetes szálakat leggyakrabban polipropilénbe keverik*. Ökológiai megfontolások alapján kísérleteznek a biopolimerek, pl. a polilaktid vagy a lignin mátrixanyagként való használatával, hogy így 100%-ban természetes szerkezeti anyaghoz jussanak.

### A természetes szálakkal erősített kompaundok tulajdonságai

A természetes szálak sok szempontból előnyösebbek a hagyományos, szervesetlen töltőanyagoknál: kisebb a sűrűségük (2,5–2,85 helyett 1,5 g/cm<sup>3</sup>), kevésbé koptatják a

felületeket, ezért nagyobb koncentrációban adagolhatók, könnyen újrahasznosíthatók, biológiailag lebomlanak, előállításuk kisebb energiafogyasztással, tehát kisebb CO<sub>2</sub> terheléssel jár és rendszerint olcsóbbak is. Ez utóbbival kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy *a szálak olcsósága ellenére a természetes szálakkal erősített kompaundok egyelőre drágábbak az üvegszálakonál a kis termelési mennyiségek miatt.* Az áruk kevésbé függ az olajártól, ami előnyös. A fenti kézenfekvő előnyök mellett vannak speciális tulajdonságok is, amelyek egy-egy területen különösen fontosak: például a jó akusztikai tulajdonságok vagy az üvegszálakénál kedvezőbb egészségügyi-higiéniai tulajdonságok. Ez utóbbiak teszik lehetővé, hogy a természetes szállal erősített polipropilén alkalmazható élelmiszerrel érintkező csomagolóanyagként is, ami egyébként az ásványi anyagot tartalmazó polipropilénnél problematikus.

### **Kísérletek a különböző műanyagok tulajdonságainak összehasonlítására**

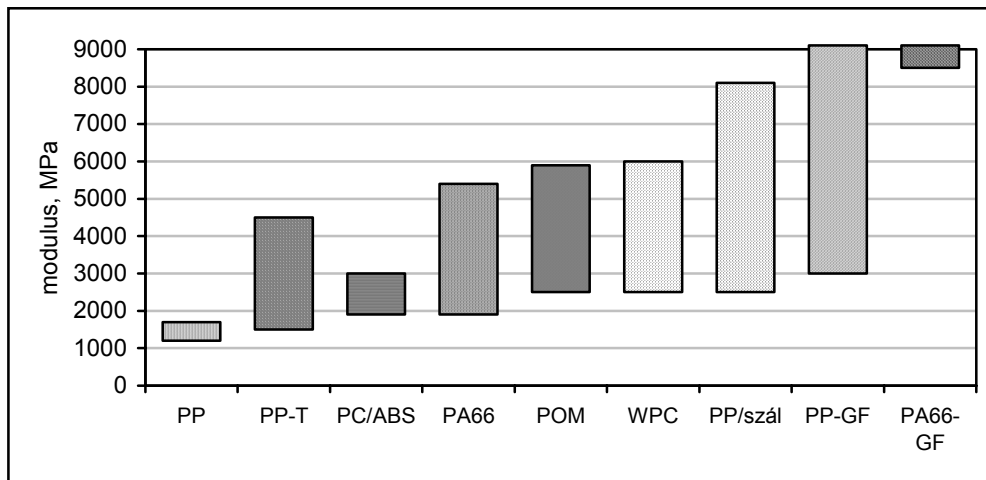
A természetes szálakkal erősített kompaundok mechanikai tulajdonságait hasonlították össze a farostot tartalmazó kompaundokéval, valamint a mátrixanyagéval. A kísérletsorozatban a merevséget (ISO 527), a hornyolt próbatesten mért ütésállóságot (ISO 179), a fröccsöntés utáni zsugorodást és a hőállóságot (Vicat lágyulási hőmérséklet, ISO 306) vizsgálták az alábbi műanyagoknál:

- polipropilén – PP,
- talkummal töltött polipropilén – PP-T,
- polikarbonát-ABS kompaund – PC/ABS,
- poliamid 66 – PA 66,
- poli(oxi-metilén) – POM,
- fa-polimer kompozit – WPC,
- rostszállal erősített polipropilén – PP-rost,
- üvegszállal erősített polipropilén – PP-GF,
- üvegszállal erősített poliamid 66 – PA66-GF.

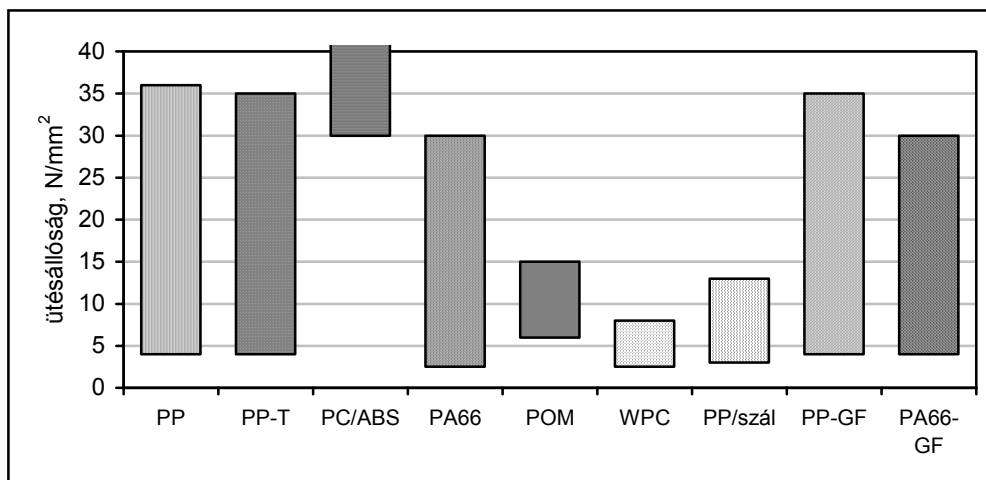
Az eredményeket az *1., a 2. és a 3. ábra* szemlélteti. Az 1. és 2. ábrán az oszlopok a különböző összetételű vagy típusú anyagokkal elérhető tulajdonságtartományokat mutatják.

Az adatokból látható, hogy a természetes szálak a töltőanyagokhoz, pl. a talkumhoz képest kifejezetten erősítő hatást mutatnak. Nagyobb koncentrációknál a természetes rostszállal is elérhető az üvegszálás PP merevsége. *A 2. ábrán ugyanakkor látható a természetes szálakkal erősített polimerek gyengesége, a rossz ütésállóság.* Ez a természetes szálak szerkezetére, ebből adódó kis nyúlására vezethető vissza, ezért az ilyen kompaundok ütésállóságának javítása nem egyszerű feladat. *Az egyik ígéretes megoldás más cellulózsálak, pl. pamut, vagy regenerált cellulózsál hozzákeverése a rostszálakhoz.* Ezek ugyanis nagyobb nyúlásúak és így növelik az ütésállóságot anélkül, hogy a merevséget rontanák. A 3. ábra mutatja, hogy a természetes szálak, de még a farost vagy faőrlemény is jelentősen növeli a hőállóságot, a felhasználhatósági tartományt tekintve a különbség mintegy 20 °C az erősítés nélküli vagy a talkummal töltött polipropilénhez képest. A fával kombinált polipropilén zsugorodása kisebb,

mint a rostszálat tartalmazóé, míg ez utóbbié nagyjából azonos az üvegszálal polipropilénével.

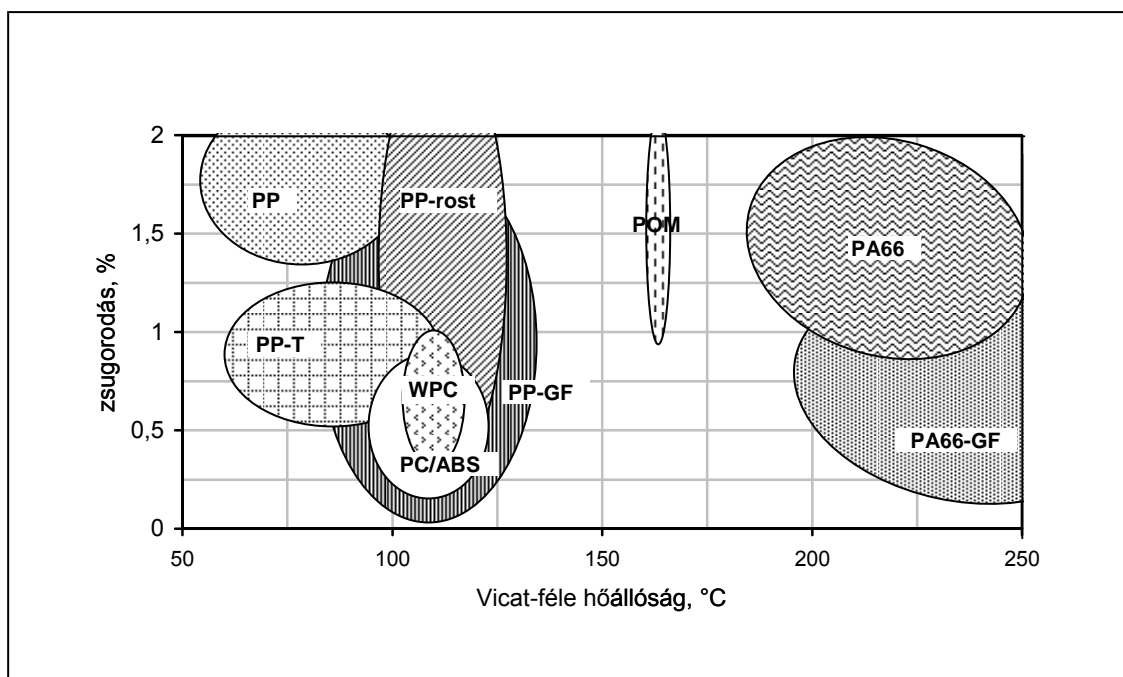


1. ábra Szál- és farost-erősítésű PP merevségének összehasonlítása más polimerekével



2. ábra Szál- és farost-erősítésű PP ütésállóságának összehasonlítása más polimerekével

A fenti tulajdonságok alapján a természetes szálakkal, vagy faörleménnyel erősített polipropilén széleskörűen alkalmazható az építőiparban, az autóiparban szerkezeti elemek előállítására. Az ábrákból levonható az a következtetés, hogy különösen jelentős lehet a PC/ABS helyettesítése azokon a területeken, ahol a felhasználás jó merevséget, hőállóságot és formatartást igényel, ugyanakkor az ütésállóság kevésbé fontos. *A helyettesítéssel költségcsökkentés érhető el, mivel a természetes szállal erősített polipropilén ára lényegesen alacsonyabb a PC/ABS-nél.*



3. ábra Szál- és farost-erősítésű PP hőállóságának összehasonlítása más polimerekével

### Abakaszállal erősített polipropilénkompozit tulajdonságai

A természetes szálakat tartalmazó kompozitok tulajdonságai nagyban függenek a száltulajdonságoktól és a társítás körülményeitől. Egy nemzetközi kutatócsoport abakaszáll-polipropilén kompozitok tulajdonságait vizsgálta.

A vizsgálat sorozathoz egy 10,5 g/10 min (230 °C) olvadáskindexű polipropilént (*Sabic PP 575P*) és különböző hosszúságú (5, 25, és 40 mm) abakaszállat használtak, amelyet minden esetben 30%-ban adagoltak a polimerhez. A vizsgálatokban kapcsolószerként 5% maleinsavanhidrid-polipropilén kopolimert (*MAH-PP Licomount AR 504 FG*) használtak, mert korábban ez bizonyult a legjobbnak farosttal töltött PP kompozitokban. A kompaundokat különböző technológiákkal állították elő:

- előzetes keverés, aggregálás, majd fröccsöntés,
- előzetes keverés, aggregálás, majd préselés,
- száraz porkeverék készítése, majd préselés.

Az aggregálást nagy sebességű hűtéssel és fűtéssel ellátott kaszkádkeverővel (*Henschel HM 40-KM120*) végezték. A szálakat, ill. az aggregátumot 80 °C-on, mindkét esetben 24 órán keresztül szárították. Próbatesteket fröccsöntöttek 150–180 °C-on, 80 °C szerszámhőmérséklet mellett 20 kN/cm<sup>2</sup> nyomáson. A préselésnél 200x200x4mm méretű szerszámot használtak, a préselést 180 °C-os előmelegítés után szintén 150 °C-on 3 kN/cm<sup>2</sup> nyomás mellett végezték. Mind az előmelegítés, mind a préselés 5 percet vett igénybe.

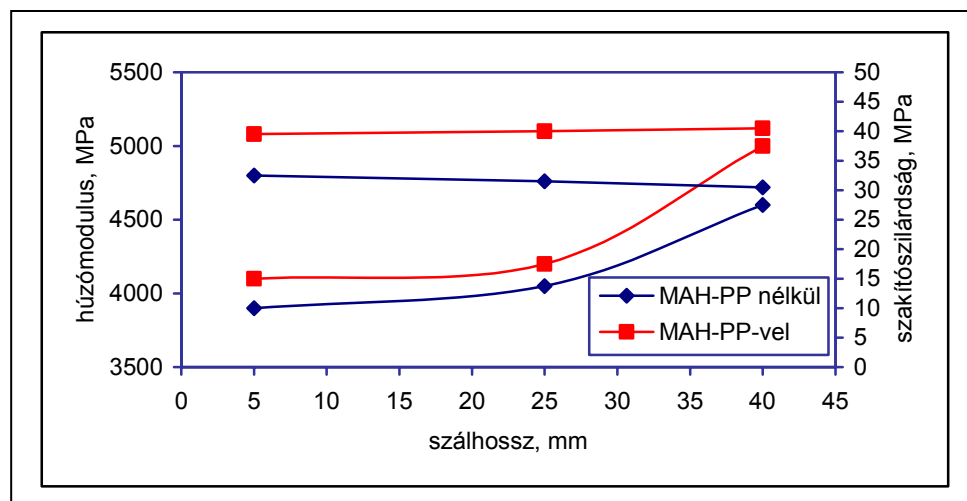
A próbatesteken mérték a húzással és hajlítással nyerhető jellemzőket (EN ISO 527 és EN ISO 178), hornyolt próbatesteken a Charpy féle ütésállóságot (EN ISO

179), a szagkibocsátást (VDI 3881 szerint, ECOMA T07 olfactometerrel, 30 perc, 60 °C) és a csillapítási indexet (EN ISO 6603-2 szerint, szobahőmérsékleten, 0,75 kg terheléssel, 2 J energiával). A törési felületeket pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgálták (VEGA TESCAN)

#### A szálhosszúság és a kompaundálás hatása

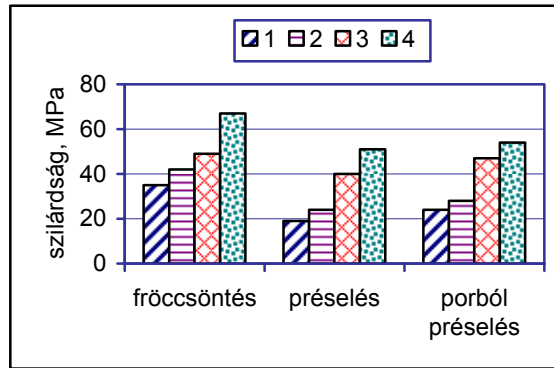
Az elektronmikroszkópos felvételek egyértelműen bizonyítják az MAH-PP kapcsolószert hatását. A kapcsolószert tartalmazó kompozitok felvételein kisebb száلكihúzódság és szétválást észleltek, ami a szál jó beágyazódására utal a mátrixban.

A 4. ábrán a szakítószilárdság és a modulus változása látható a szálhosszúság függvényében, mind kapcsolószerttel, mind anélkül készült mintákon. A kapcsolószert kedvezően hat a PP kompozit mechanikai tulajdonságaira, különösen a szilárdságot növeli meg. A szálhosszúság hatása viszont a modulusra nagyobb mértékű, és látható, hogy 40 mm-nél még nem érték el a legnagyobb értéket. Hajlításnál a szilárdság a szálhossz növekedésével stagnál, míg a modulus folyamatosan nő. A kapcsolószert mintegy 40%-kal növeli meg a moduluszt. Más száلكoncentrációknál a szálhossztól való függés, illetve az optimális szálhossz természetesen változhat.



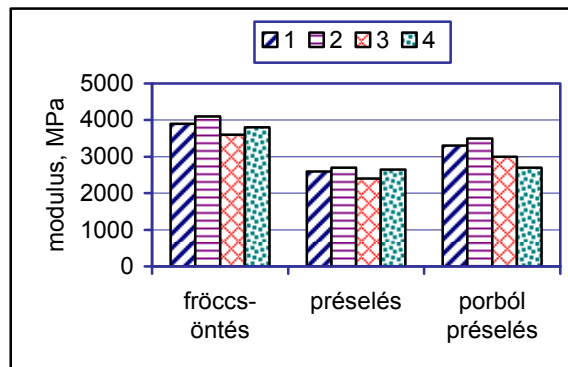
4. ábra Fröccsöntött abaka-PP kompozitok húzómodulusának és szakítószilárdságának változása különböző szálhosszúságoknál

A kompaundok előállítási technológiai közül az agglomerátumból fröccsöntött minták szilárdsága és modulusa volt a legnagyobb (5. és 6. ábra). Érdekes, hogy a sajtolt mintákon a porformában, hő nélkül történő keverés jobb eredményt ad, mint az előzetes magasabb hőmérsékleten végzett agglomerálás. Ennek az lehet az oka, hogy ennél a folyamatnál rövidül a szálhossz. A kapcsolószert növeli a szilárdságot, de a modulusértékeknél ez a hatás kevésbé jellemző.



5. ábra A kompaundálási technológia hatása az abaka-PP kompozit szakító- és a hajlítószilárdságára. A fröccsöntést agglomerátumból, a préselést agglomerátumból és porkeverékből végezték (szálhossz 5 mm).

Minták jelölése: 1. szakítószilárdság MAH-PP nélkül, 2. szakítószilárdság 5% MAH-PP-vel, 3. hajlítószilárdság MAH-PP nélkül, 4. hajlítószilárdság 5% MAH-PP-vel.



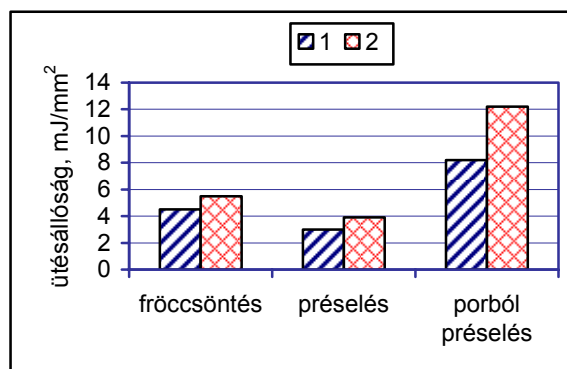
6. ábra A kompaundálási technológia hatása az abaka-PP kompozit húzó- és hajlítómodulusára. A fröccsöntést agglomerátumból, a préselést agglomerátumból és porkeverékből végezték (szálhossz 5 mm)

Minták jelölése: 1. húzómodulus MAH-PP nélkül, 2. húzómodulus 5% MAH-PP-vel, 3. hajlítómodulus MAH-PP nélkül, 4. hajlítómodulus 5% MAH-PP-vel.

Az ütésállóság szempontjából az agglomerátumkészítés hátrányosnak bizonyult a száltörés miatt (7. ábra). A közvetlen porkeverékből préselt minta ütésállósága bizonyult a legnagyobbknak.

A csillapítási index az agglomerátumból fröccsöntött próbatesteken a legkisebb, a kapcsolószer használatával tovább csökkenthető.

Különösen az autóiipari alkalmazások szempontjából fontos a *szagkibocsátás* mérése. Kiugróan magas szagkoncentrációt mértek a fröccsöntött mintánál, ami arra utal, hogy a fröccsöntés során nagyobb bomlás következik be.



7. ábra A kompaundálási technológia hatása az abaka-PP kompozit Charpy szerint mért ütésállóságára hornyolt próbatesteken.  
A fröccsöntést agglomerátumból, a préselést agglomerátumból és porkeverékből végezték (szálhossz 5 mm).

Minták jelölése: 1: MAH-PP nélkül, 2: 5% MAH-PP-vel

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Otremba, F.; Baur, E.; Huber, T.; Müssig, J.: Naturfasern im Spritzguss. = Plastverarbeiter, 59. k. 7. sz. 2008. p. 50–52.

Bledzki, A. K.; Faruk, O.; Mamun, A. A.: Influence of compounding processes and fibre length on the mechanical properties of abaca fibre-polypropylene composites. = Polimery, 53. k. 2. sz. 2008. p. 120–125.

www.peral.net

---

## Melléklet

### Műanyagok erősítésére alkalmazható egzotikus szálak leírása

*Abakaszál*, más néven Manila kender, vagy banánszál (*Musa textilis*): a banán levélnyeléből és az áltörzset alkotó levélalapokból kinyerhető könnyű és erős rostok. A kinyert rostokat keskenyebb csíkokra hasítják, hengerek között szétzúzzák, a szálakat egymástól elválasztják, tisztítják. A rostok akár több méteres hosszúságúak lehetnek. Hajlékonyak, rugalmasak, kemények, nagy szakítószilárdságúak és ellenállnak a sós víznek. Ennek alapján köteleket, halászhálókat, kötözőanyagot, szőnyeget stb. készítenek belőle. *Az abacarostból készített kötél 20%-kal erősebb a kenderkötélnél.*

A rostsálak kinyerése szempontjából a legjobb a banán nemzetségbe tartozó rostbanán, amelynek eredeti hazája a Fülöp-szigetek és Borneo, de ma már máshol is termesztik. A banánszál a banánültetvényeken melléktermék, és így ipari célokra a banánszálak nagy mennyiségben hozzáférhetők.

*Ananászszál*: az ananász érett leveleiből nyerhető ki. A levelek hámozása után vizes-vegyszeres mosással távolítják el a kísérő anyagokat. Az ananászszálak selyemszerű hajlékony, rugalmas filamens szálak, amelyeket kézzel csomóznak össze. Az így

végtelenített szálból készítenek textiltermékeket. Használják speciális papírok előállítására is.

*Kókuszszálak:* a kókuszdiót borítják. Ezeket a „szőröket” már a 19. század óta használják kötelek, hálók, zsinegek gyártására. Fontos tulajdonságuk, hogy jól bírják a sós vizet. Ma a kókuszszálakból szőnyeget, matracokat, ecseteket, seprőket készítenek. A kókuszszálnak két formája van: a teljesen érett dióból származó szálak barnák a nagyobb lignintartalom miatt, erősebbek, de kevésbé hajlékonyak. A korábban kinyert fehér szálak hajlékonyságuknak köszönhetően sodorhatók, ezért alkalmasak kötelek, hálók készítésére, sőt szövésre is.

*Rafiaszál:* a rafiapálma (Buri plant) leveleiből (akár 20 m) előállítható szívós, hajlékony, időtálló rostok. A levelekből hámozással kb. 1,8 m hosszú rostszalagokat nyernek ki, amelyeket felfüggesztve napon szárítanak, majd tovább szalagokká hasítanak.