

3.2 | **Növényi eredetű műanyagadalékok és erősítőanyagok**

Tárgyszavak: cellulózgyártás; lignin; egynyári növény; növényi rost; len; kender; növényi fátyol; filc; hőre lágyuló műanyag; erősítőszál; autógyártás; ajtóbélés.

A műanyaggyártás kezdetén az ásványi anyagok mellett a faliszt is széles körben használt töltőanyag volt, mindenekelőtt a hőre keményedő gyan-
tákból. Az elmúlt két évtizedben mintha megfeledkeztek volna róla, de újab-
ban ismét felébredt az érdeklődés a növényi eredetű anyagok és a műanya-
gok társítása iránt. Nemcsak a falisztet, hanem számos, eddig csak a textil-
iparban felhasznált növényi rostot is sikerrel próbáltak ki erősítőanyagként hő-
re lágyuló műanyagokban is. Úgy tűnik, ezek megbízható piacot találnak az
autógyártásban. Valószínűleg más növényi eredetű anyagok, pl. az eddig a
cellulózgyártás melléktermékeként keletkező és hulladékként kezelt lignin is
bevonul a műanyagadalékok közé.

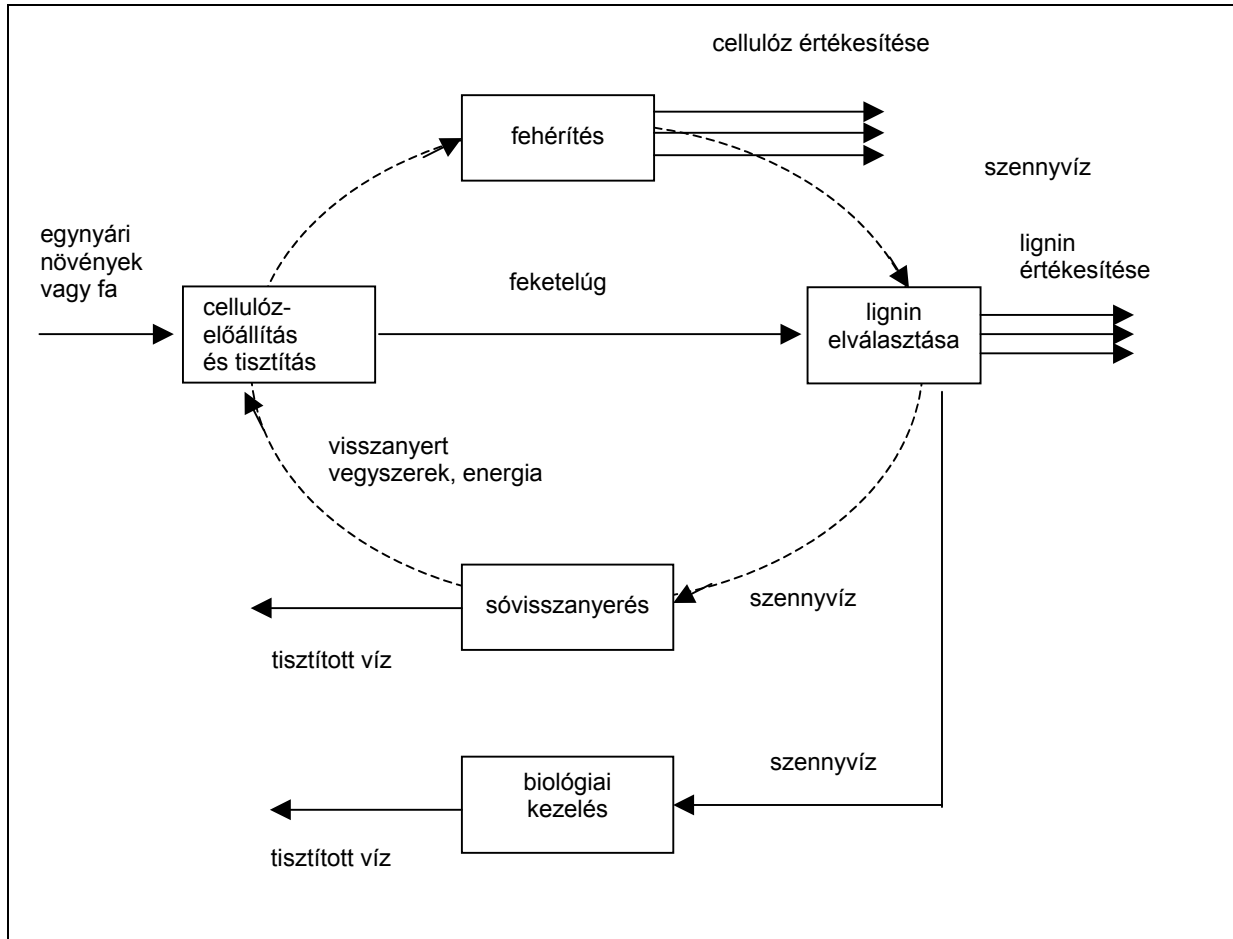
Új lignintípusok megjelenése a piacon

A lignint már legalább 150 éve ismerik a cellulózgyártás mellékterméke-
ként, és évente mintegy 55 M t képződik belőle. Jelenleg a lignin egyetlen
hasznosítási módja az, hogy elégetik, és ezzel hozzájárulnak a papírgyárak
energiaellátásához. Mostanában olyan új cellulózgyártási módszer jelentek
meg (a francia Granit SA cég eljárása), amelyben ún. egynyári növényekből
nyerik ki a rostokat, és lehetőség nyílik műanyagkeverékekben hasznosítható,
megadott tulajdonságú ligninek előállítására. Ennek a ligninnek nagy előnye a
szokásos, fából nyert ligninnel szemben, hogy könnyebben megolvad, jobban
oldódik, valamint az, hogy vegyi funkcionalitását szabályozottan, az adott célra
lehet beállítani. Ezeknek a lignineknek egyik alkalmazási lehetősége a hőre
lágyuló műanyagokban való felhasználás.

A lignin kinyerése

A Granit SA az ún. feketelúg nedves oxidációját javasolja az erre specia-
lizálódott cellulózüzemekben. Itt lehetőség nyílik a kénmentes lignin elkülöní-
tésére a feketelúgból, ami hatékonyabbá teszi a nedves oxidációt. A kisebb
cellulózgyártó üzemek rugalmasabban tudják megválasztani nyersanyagukat,

mint a nagyobb cégek, ahol beálltak a lignin elégetésére, ezért itt nagyobb a lehetőség a magasabb értékű, kénmentes, speciális tulajdonságokkal rendelkező ligninek előállítására. A Granit módszer környezetvédelmi és gazdasági szempontból is új cellulózkiyerési elv (1. ábra).



1. ábra A cellulóz új, zárt láncú kinyerésének elvi vázlata

A specializált cellulózgyártók a feltáráshoz általában szódát és antrakinont használnak, és olyan egynyári növényekkel dolgoznak, mint a szizál, a kender, a szalma, a len, a rami (kínafű, trópusi textilmnövény) vagy az abaka (manilakender). Ez a módszer az említett növényekre alkalmazva a nagyipari szulfitos módszerrel szemben nagy értékű lignint szolgáltat, amelyet többféle kémiai módszerrel is át lehet alakítani. A Granit módszerrel igény szerint olvasható, szerves oldószerekben oldható, nagy vagy kisebb molekula-tömegű, hemicellulóz- vagy cukormentes lignint lehet előállítani. A termék viszonylag állandó minőségű. Mivel sok kis cég gyárt különleges papírt, sokféle egyedi lignintípus képződik. A kisebb cellulózfeldolgozók számára a vegyszerek visszanyerése nem olyan gazdaságos, mint a nagyobbak számára. Az

egyre szigorodó környezetvédelmi szabályozás megnehezíti a melléktermékektől való szabadulást, ezért az újfajta ligninek előállítása gazdaságilag és környezetvédelmi szempontból is hasznos lehet a cégek számára. A rendszer átállításának költségeit fedezni lehet a lignin eladásából, ezért a kisebb cégek versenyképessége a nagyobb feldolgozókkal szemben javul, mert csökken a szennyvízmennyiségük. A kisebb termelési volumen azt is lehetővé teszi, hogy a gyártott lignintípust az igényeknek megfelelően rugalmasan változtassák. A környezet is csak nyer az új eljáráson, mert a lignint, mint megújuló nyersanyagot olyan módon dolgozzák fel, hogy nem keletkezik újabb szén-dioxid, ami fokozná az üvegházhatást. A lignin hasznosításával jelentősen csökkennek azok a gondok, amelyeket a cellulózgyártáskor keletkező szennyvíz okoz. Ezenkívül bizonyos mezőgazdasági termékek felhasználása is nőhet, és nem csak az élelmiszer-ellátásban, hiszen nem lesz szükség pl. arra, hogy a szalmát a földeken elégezzék.

Az új lignintípusok tulajdonságai hasonlítanak a már ismert Alcell vagy Organocell technológiával készült ligninekére. Ezeket már nem forgalmazzák, mert az 1000 t fölötti kapacitással dolgozó cellulózüzemek olyan kapacitásfelesleget hoztak létre, hogy zömüket piaci igény hiányában be kellett zárni. A nedves oxidáció és a ligninvisszanyerés kombinációja a specializált, kisebb kapacitású papírgyárakban lehetővé teszi speciális termékek előállítását anélkül, hogy a gyártás léptékének minden határon túli növelésére kényszerülnének. A Granit eljárás alkalmazásának alsó határa jelenleg a 300 t lignin/év. Egyenyári növényekből készült néhány lignin tulajdonságait az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat

A Granit eljárással egyenyári növényből kinyert néhány lignin főbb jellemzői

Granit lignin jele	Növényi alapanyag	Molekulatömeg g/mol	Olvadáspont °C	Viszkozitás Pa.s
PF3124	szizál	1030	180	1810 (190 °C)
PF3111	abaka	780	150	580 (160 °C)
PF3010	flax	600	–	–

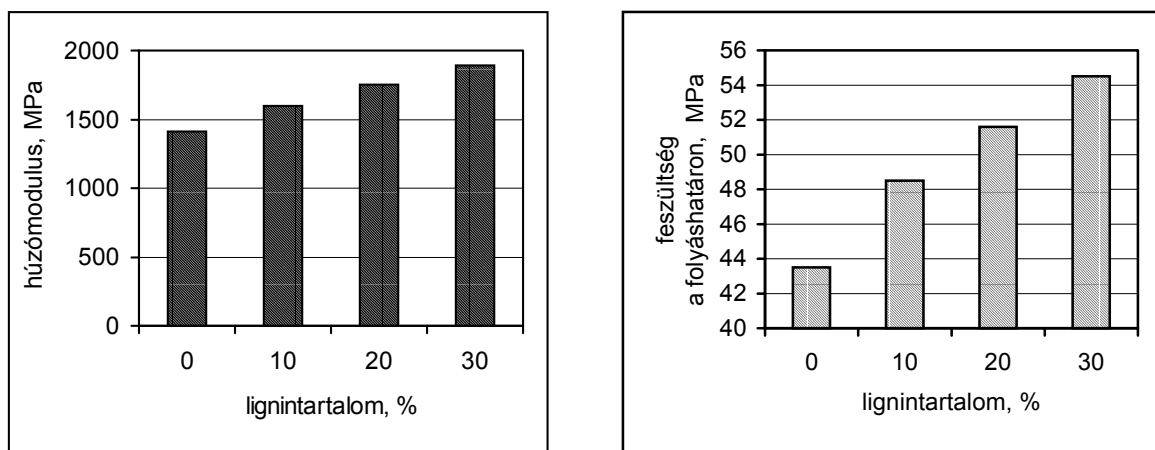
Alkalmazás hőre lágyuló műanyagokban

A kereskedelemben kapható egy lignintartalmú fröccsönthető műanyaggranulátum, amelyből fára emlékeztető termékek gyárthatók. Ez a „fröccsönthető fa” szabadalmi védettséget élvez. Az eljárást a Pfinztal-i Fraunhofer Intézetben fejlesztették ki. Az Arboform nevű anyagok akár 50% (m/m) természetes szálát is tartalmazhatnak, és egy hőre lágyuló ligninmátrixra épülnek. A Granit SA eljárásával előállított ligninek barna por formájában, műanyagkomponens nélkül is megvásárolhatók. A ligninek olvadáspontja (150-180 °C) függ a használt nyersanyagtól, és ettől függ az előállított keverékek viszkozitása is.

Minél nagyobb a lignintartalom (általában ≤ 30 (%m/m)), annál kisebb az ömledék viszkozitása. Mivel a ligninnek elég nagy az oxigéntartalma, és erősen poláris, nem minden műanyaggal kombinálható. Az apoláris polimerek pl. szóba sem jönnek, mert nem alakul ki a megfelelő adhézió a műanyag és a lignin között. A lehetséges kombinációkat tovább korlátozza az a tény, hogy a lignin hőérzékenysége miatt a feldolgozási hőmérséklet nem haladhatja meg a $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot.

A lignintartalmú keverékek lebomlása

Egy konkrét megvalósításban poliamid 11-ből (Rilsan B MF20 az Atofina cégtől) és abakaligninből (abakából gyártott Granit lignin, lásd az 1. táblázatot) állítottak elő keveréket egy Werner-Pfleiderer ZSK25 típusú laboratóriumi extruderben, amelynek L/D aránya 42. A feldolgozási hőmérséklet $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, a tartózkodási idő 200 fordulat/min és 5 kg/h teljesítmény mellett mintegy 60 s volt. A 2. ábrán a $T_m = 185\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on olvadó poliamid mechanikai tulajdonságai láthatók a hozzáadott lignin mennyiségének függvényében. (Az alkalmazott lignintípus olvadáspontja $150\text{ }^{\circ}\text{C}$). Mind a merevség, mind a folyáshatár jelentősen megnő a lignin hatására, ami arról tanúskodik, hogy ezzel a mátrixszal a lignin jól összefér. A ligninalapú keverékek sötétbarna vagy fekete színűek, felszínük sima és fényes. Problémát jelent viszont a lignin saját szaga, ami különösen a feldolgozás során kellemetlen. Ez a szag akadályozza pl. az ilyen anyagok alkalmazását gépkocsik belső terében. 50%-os (m/m) töltöttségi fok fölött a kompozitok gyorsan rideggé válnak. Ha egyidejűleg falisztet is használnak töltőanyagként (≤ 30 (%m/m) mennyiségig), a keménység és a merevség tovább javítható. Ha a lignin és a faliszt mennyiségét tovább növelve a polimerkomponens aránya 10% alá csökken, olyan rideg anyag képződik, amelyből csak igen vastag falú termékek készíthetők.



2. ábra Az abakalignint tartalmazó poliamid 11 keverékek húzómodulusa és feszültsége a folyáshatáron a lignintartalom függvényében

Ha lignint adtak biológiailag lebontható polimerekhez, megfigyelték, hogy a lebomlás sebessége jelentősen csökken. Egy polikaprolaktonfólia három hetes elföldelés után már bomlani kezd (repedések és lyukak képződnek rajta), de ha 30% lignint adnak hozzá, három hónapos elföldelés után sincs a bomlásnak semmi nyoma. Ezzel lehetővé válik a bomlás megindulásáig tartó idő beállítása a lignintartalom változtatásával. A kénmentes lignin más műanyagokban is felhasználható nem mérgező biostabilizátorként, amely meggátolja a műanyagok rothadását és a mikroorganizmusok elszaporodását.

Konkrét példa a biostabilizátorként való alkalmazásra tetőfedő fóliák, mezőgazdasági fóliák, kábelszigetelések stb. stabilizálása ligninnel. Az hozzákevert lignin mennyisége 0,3–5%, amellyel nehézfém-tartalmú stabilizátorokat lehet helyettesíteni. A speciális tulajdonságokkal rendelkező lignineket a papírgyárakkal együttműködve úgy akarják továbbfejleszteni, hogy a molekula-tömeg növelése ne rontsa a termék folyóképességét. A Granit SA cégnél jelenleg folyik ezeknek a nagyobb viszkozitású típusoknak a bevizsgálása.

Természetes szálak mint erősítőanyagok

A természetes szálak erősítőanyagként való felhasználásának ötlete nem új. Már a 20. század elején szívesen alkalmazták a papír vagy más növényi rostokkal erősített fenol-formaldehid vagy melamin-formaldehid gyantákat villamosipari célokra jó szigetelőképességük miatt. Az autóiparban 60 éve használnak kókuszrostokat az ülések gyártásához. Később mégis a ma már szinte egyáltalán nem alkalmazott ásványi szálak (pl. azbesztszálak) helyett a nagy értékű szintetikus szálakat (elsősorban üvegszálak) részesítették előnyben. Újabb száltípusok (szénszálak, aramid-szálak, természetes üvegszálak) kifejlesztése oda vezetett, hogy a természetes szálak szinte teljesen eltűntek az erősítőszálak piacáról. Csak a legutóbbi évtizedben kezdtek ismét érdeklődni a természetes szálak esetleges felhasználása iránt, mindenekelőtt az autóiparban. A Mercedes W modellben például 32 olyan alkatrész van mintegy 25 kg össztömeggel, amely természetes szálakot tartalmaz. Az Audi és a Daimler Chrysler cég csak ajtóbélésekre és a csomagtartóbélésekre évente több mint 1100 t természetes szálakot használ len- és szizálrost-erősítésű PUR formájában. Az alkalmazás okai között vannak műszakiak (pl. tömegcsökkentés) és gazdaságiak (olcsóbb ár) is.

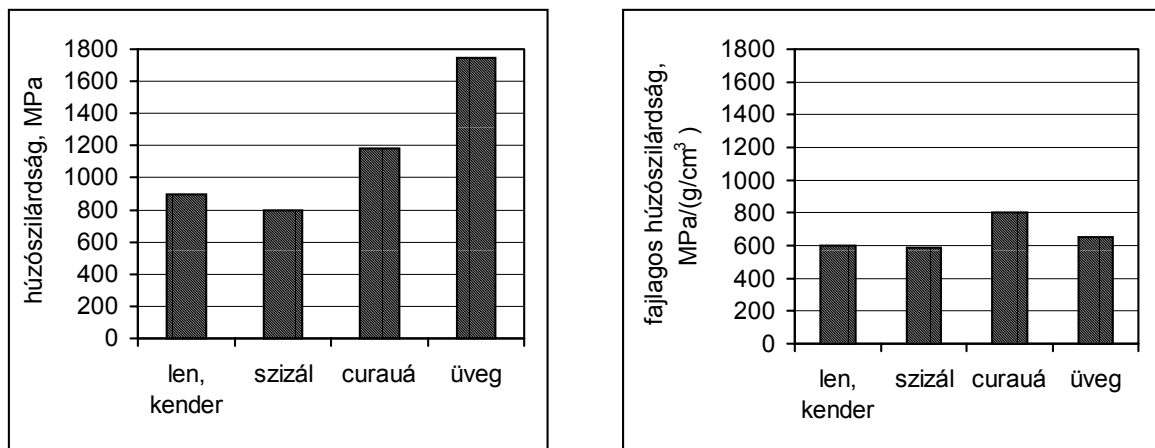
A természetes szálak alkalmazásának egyik oka az, hogy megújuló, a termék életciklusának végén újra felhasználható nyersanyagról van szó, a tömegcsökkentés pedig energiamegtakarítást jelent. A természetes szálaknak a német autóiparban folyamatosan növekvő elfogadottságát jelzi az a tény, hogy ma már évi 45 E t-ra van igény.

A szálak szilárdsága

A sokféle természetes (növényi, állati és ásványi eredetű) szál közül a növényi hancs és a merevítőszálak jönnek leginkább számításba műanyagok

erősítésére. Közép-európai viszonyok között a két legfontosabb növényi rost a len és a kender. Állami forrásból különösen az utóbbi beépítését támogatják. Ezenkívül vannak még különösen Afrikában és Dél-Amerikában termesztett rostonövények is, pl. a szizál, a curauá, a rami, a kókusz, a kenaf.

A rostok kiválasztásakor a modulus mellett igen fontos szempont a szálak szilárdsága. A hazai és trópusi növényi rostok szilárdságát az üvegszáléval összehasonlítva látható, hogy az mindössze fele az üvegszálénak, mivel azonban a rostok sűrűsége is jóval kisebb az üvegénél, a fajlagos szilárdsági értékek összehasonlíthatóak (3. ábra). Erősítőanyagként való felhasználáshoz a természetes szálakat általában fátylakká vagy filcekké (ezeket szokás paplannak is nevezni) alakítják. Ehhez a rostokat feloldják, majd finom szálal fátyl formájában kicsapják. Az alkalmazáshoz szükséges vastagságot úgy alakítják ki, hogy több ilyen fátylat egymásra helyeznek és tűnemezelnek. Természetes szálakból 1 kg filcet 10 MJ, üvegszálakból 1 kg paplant 55 MJ energiával lehet előállítani.



3. ábra Szálkötegen mért húzószilárdságok

A jó műszaki tulajdonságok mellett lényeges követelmény a természetes szálak könnyű beszerezhetősége és a viszonylag állandó minőség. A kinyerés és a feldolgozás módszereinek fejlődésével az állandó minőség is egyre inkább biztosítható. A szálak viszonylagos mennyiségének, minőségének és kezelésének megválasztásával bizonyos mértékig hozzá is lehet igazítani a filc tulajdonságait a megrendelő kívánságaihoz, és ki lehet egyenlíteni a természetes anyagok időszakos változásait. A szálak finomsága mellett ügyelni kell a felületre és a szálak tisztaságára. A jelenlegi technológiákkal pl. lenszálakból olcsóbban lehet filcet előállítani, mint üvegszálból.

A természetes szálakat ma leginkább különféle hőre keményedő mátrixokkal (epoxi-, poliészter-, poliuretángyantával) kombinálják, de előfordulnak

hőre lágyuló mátrixok is (pl. polipropilén). Az egyik legfontosabb alkalmazási terület az autók belső burkolása, díszítése. Az Audi cég az A3 modellben már 1996-ban alkalmazott 75% lenzállal erősített epoxigyantát belső ajtóbélés-ként. Vannak azonban külső alkalmazások is, a Daimler Chrysler cég pl. a Mercedes Travego típusú autóbuszba és más haszongépjárművekbe természetes szállal erősített poliészter motorháztetőket épít be. Itt a lenzál a korábban használt üvegszálat váltotta fel. A polimerek közül az utóbbi időben egyre jobban felismerik a poliuretánok által nyújtott előnyöket, amelyek már eddig is a beépített műanyagok 15-20%-át tették ki az autóiparban.

Természetes szállal erősített poliuretánelemek gyártása

A természetes szállal erősített poliuretán alkatrészeket ma leginkább sajtolással állítják elő. A Hennecke cég NafpurTec néven kínál sorozatgyártásra alkalmas technológiát ilyen célra. A kiindulási anyag len- és szizálszál keverékéből készült filc, amelynek elkészítéséhez egyre több kendert is használnak. A területre vonatkoztatott tipikus tömeg 600 és 1200 g/m² között változik. A felcsévélt filcet először a terméknek megfelelő nagyságúra vágják (konfekcionálás) és kemencében szárítják. Ezután a filcdarabot egy robot a szórókamrába helyezi, ahol nagy nyomással két oldalról hordják fel rá a kétkomponensű poliuretánkeveréket. Az így előkészített darabot az általában acélból készült nyitott szerszámba helyezik, ezután kb. 130 °C-on, 30 bar nyomáson sajtolják és térhálósítják. A sorját legtöbbször még a szerszámban távolítják el, majd kiveszik a kész terméket. Ha lehet, a kivágást és az erősítő elemek behelyezését a sajtolási munkaműveletbe integrálják.

A Johnson Controls cég Fibropur néven egy másik, hasonló eljárást fejlesztett ki. A sajtolási idők 45–60 s-ot tesznek ki, amit 30 s-ra szeretnének csökkenteni.

Sorozatgyártáshoz jelenleg a Bayer AG Baypreg-F nevű poliuretánrendszerét használják. Ennek a rendszernek a reaktivitását úgy állították be, hogy észrevehető mértékben csak a szerszámban, magas hőmérsékleten kezd térhálósodni. A rendszer megkülönböztető jellegzetessége, hogy külön formaleválasztó nélkül is könnyen kivehető a szerszámból, ugyanis belső formaleválasztót tartalmaz. Ezzel elkerülhető a szerszámok ismételt kezelése és a szerszámtisztítás, vagyis csökken a szükséges műveletek száma és a ciklusidő.

A Fidlay Industries Deutschland GmbH, a Daimler Chrysler és a BMW régi partnere, az Elastogran GmbH-val együttműködve az Elastoflex E poliuretángyanta felhasználásával egy Flexiform PUR nevű poliuretánrendszert alakított ki. Ennek előnyei között említhető a kis károsanyag-emisszió, a rövid sajtolási idő, a jó impregnálási képesség és a belső formaleválasztó alkalmazása. Az Elastoflex E poliuretán a korábbiakban leírtakhoz hasonlóan dolgozható fel. A Findlay Industries évente mintegy 1000 t természetes szálat dolgoz fel tűnemezelt filccé, amit impregnálnak, és késztermékké préselnek. A filcek

mellett a természetes szálakból készült szálkötegek (rovingok) is átíthatók és feldolgozhatók. Erre épül a Krauss-Maffei cég NFI eljárása (natural fiber injection = természetes szál fröccsöntése), amely a korábbi LFI eljárásának (long fiber injection = hosszú szál fröccsöntése) továbbfejlesztése és természetes szálakra való alkalmazása. A keverőfejbe bevezetett poliuretánkomponenseket és a természetes szálköteget egy lépésben, szimultán módon juttatják a nyitott szerszámba.

Új alkalmazási területek

Először 1997-ben vezették be a Mercedes S-osztályú kocsikba a természetes szállal erősített ajtóbélést. Ezt követően újabb és újabb alkalmazások születtek (2. táblázat). Az alkatrészek száltartalma 55 és 65% között változik. A falvastagság általában 1,5 és 2 mm, a területre vonatkoztatott tömeg 1250 és 1500 g/m² között változik. További csökkentés is elképzelhető, ha vékonyabb filceket használnak. A 2 mm vastag falú fröccsöntött termékek 2000 g/m² körüli területi tömegét figyelembe véve, már a jelenlegi megoldásokkal is kb. 40%-os tömegcsökkentés érhető el. Még a Mercedes C-osztálynál korábban alkalmazott hosszú üvegszálás poliuretánokhoz képest is (ahol a területi tömeg 1800 g/cm²) a természetes szálakkal készített panelek tömegcsökkentést jelentenek. A kisebb tömeg ellenére a mechanikai tulajdonságok elég kedvezőek (4. ábra).

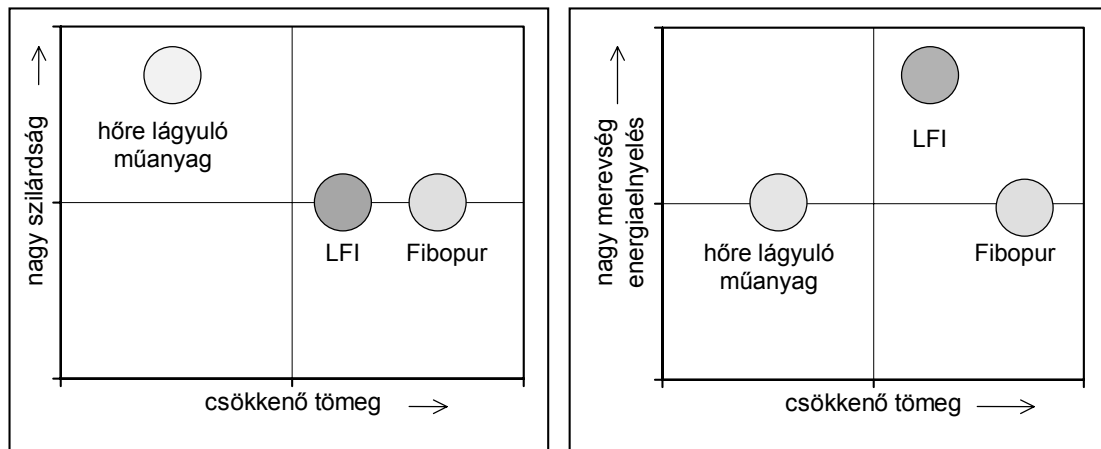
2. táblázat

A jelenleg természetes szállal erősített poliuretánból gyártott ajtóbélések autótípus és gyártó szerint

Gépkocsigyártó	Gépkocsitípus	Alkatrészgyártó
Daimler Chrysler	Mercedes S-osztály	Johnson Controls
Daimler Chrysler	Mercedes S-osztály kupé, Mercedes E-osztály	Dräxlmaier Findlay Industries
Audi	A2	Dräxlmaier
BMW	7-es BMW, Z8	Dräxlmaier

A szebb felület érdekében a paneleket utólag, külön lépésben lehet kasírozni, pl. hőre lágyuló műanyag fóliával és vákuumos kasírozással. Jelenleg egy lépéses kasírozásra a szerszámban nincs mód, mert a hőre lágyuló fólia a PUR térhálósodásának hőmérsékletén károsodna, de a PUR receptúra fejlesztésével hamarosan ez a gond is megoldódik. Az újrafeldolgozás szempontjából még kedvezőbb, ha az egész elemet egyféle alapanyagból (PUR-ból) állítják elő oly módon, hogy a természetes szállal erősített poliuretánpanelra a felületi tulajdonságok, a tapintás és az energiaelnyelés szempontjából

kedvező poliuretán habréteget visznek fel. A jelenleg megvalósított megoldások mellett számos további elképzelés fejlesztése folyik.



4. ábra Az anyagi tulajdonságok sematikus összehasonlítása

Az autóiipari újrafeldolgozásra vonatkozó törvények hatása

Az Európai Unió régi autókra vonatkozó törvényi szabályozása szerint 2006-ra az autók tömegének 80%-át, 2015-re 85%-át kell hasznosítani. A termikus hasznosítást (elégetést) is beleértve a célszámok 2006-ra 85%, 2015-re 95%. A természetes szállakkal erősített poliuretán termikus hasznosítása gazdaságos és műszakilag értelmes megoldást jelent. Ezzel a légkör szén-dioxid-tartalma nem nő, hiszen csak az a mennyiség kerül vissza a légkörbe, amelyet a növény eredetileg megkötött, és az üvegszálás termékektől eltérően szilárd hulladék sem keletkezik. Van azonban a törvénynek olyan rendelkezése is, amely szerint a termikus hasznosítás nem haladhatja meg a 15%-ot, és ezt a gumik, a tömitések, az összekötő csövek stb. már önmagukban kimerítik. Ezért mindenképpen gondolkodni kell a természetes szállal erősített poliuretán alkatrészek más jellegű újrafeldolgozásán, amit pl. glikolízissel (poliol-visszanyeréssel) vagy metanolos elgázosítással meg lehet oldani.

A fenti példák is arra utalnak, hogy a környezetvédelmi tudatosság és az ezt ösztönző törvényhozás hatására az Európai Unióban egyre intenzívebben és sikeresebben kísérleteznek a természetes anyagok bevonásával a műanyagipari termékek területére.

(Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes)

Nitz, H., Semke, H. stb.: Lignin – massgeschneidert. = Kunststoffe, 91 k. 11. sz. 2001. p. 98–101.

Kleba, I., Zabold, I.: Eine Fahrt ins Blaue. Naturfaserverstärkte Polyurethane im Automobilbau. = Kunststoffe, 92. k. 3. sz. 2002. p. 112–118.

HÍR

Miért válik le néha a fröccsöntött műanyag termék külső rétege?

A külső réteg szétválásának (delaminálódásának) oka a rétegek közötti gyenge kötőerő. Ennek oka a külső és belső réteg különböző áramlási sebessége és eltérő hűlési sebessége fröccsöntés közben. A jelenség szoros kapcsolatban áll a műanyag-feldolgozással és/vagy a műanyaghoz nem jól megválasztott adalékok alkalmazásával.

A nagy nyíróerő is okozhat delaminálódást, ami a szűk nyíláson keresztül végzett túlságosan gyors anyagbetöltésből adódik. Hasonló hibát okozhat a műanyag hődegradációja, ami túl magas ömledék-hőmérsékleten megömlesztett vagy nem kellőképpen homogenizált anyag.

Delaminálódásra lehet számítani, ha bármelyik komponenst megváltoztatják: pl. színváltáskor, mesterkeverék váltásakor, más segédanyag alkalmazásakor, de akkor is előfordul, ha a polimerömledék nedvességet tartalmaz.

(European Plastics News, 31. k. 2. sz. 2002. p. 25.)

Miért tapad össze a fúvott PE-fólia és hogyan szüntethető meg ez a jelenség

A fólia összetapadása jelentkezhethet közvetlenül a gyártáskor, de előfordulhat később a tárolás során is. Első lépés az okok felderítése.

A kis molekulatömegű polimerláncok vándorlása a felületre tapadást idézhet elő. A fólia felülete különböző adalékokkal, pl. talkummal vagy kvarcliszttel érdessé tehető. A kis sűrűségű gyantákhoz rendszerint több antiblokkoló adalék szükséges.

Amennyiben a tapadás már a fóliagyártáskor jelentkezik, először ellenőrizni kell a csévéelőhenger nyomását vagy a tekercselési nyomást. Ha itt minden rendben van, akkor a hűtési sebességet kell ellenőrizni. Lehet próbálkozni az ömledék-hőmérséklet csökkentésével, a hűtési sebesség növelésével, az antiblokkoló adalék mennyiségének növelésével, ill. nagyobb sűrűségű gyantával. Mesterkeverék esetén meg kell nézni, hogy tartalmazza-e a csúsztatóból és antiblokkolóból szükséges mennyiséget, ugyanis túlságosan sok csúsztató is tapadást idézhet elő.

A tárolás alatt jelentkező tapadás oka lehet a túlságosan magas tárolási hőmérséklet, de a rosszul megválasztott csúsztató, ill. antiblokkoló adalék, és a fóliavastagság is okozhat tapadást. Az antiblokkoló mennyisége rendszerint nem változik a fóliavastagsággal, mégis a vastagabb fóliákhoz kevesebb csúsztató is elegendő, mivel ezek kivándorolnak a felületre, és így fennáll a tapadás veszélye.

(European Plastics News, 31. k. 2. sz. 2002. p. 25.)