

Átlátszó műanyagok és alkalmazásaik

Tárgyszavak: polikarbonát; fluorpolimer; cikloolefin kopolimer; poliszulfon; sztírol/butadién kopolimer; sztírol/akrilnitril kopolimer; építészet; napkollektor; optika; csomagolóstechnika; gyógyászat; eszközgyártás; autógyártás.

Polikarbonátlemezek

Az építészetben akkor alkalmaznak szívesen átlátszó vagy áttetsző polikarbonátlemezeket, ha nagy felületű, igényes kupolákat vagy tetőszerkezeteket kell létrehozni. A felhasználók világszerte mintegy 60%-ban ilyenkor tömör lemezeket és 30%-ban üreges lemezeket, 10%-ban pedig hullámos lemezeket választanak. 2003-ban a világ polikarbonát (PC) igénye mintegy 300 E t volt, ami 2008-ra becslések szerint 400 E t-ra emelkedik. A szilikátüveggel szemben a polikarbonát mellett több minden szól: a kb. fele akkora területtömeg, a nagy ütésállóság, a nagyobb törési biztonság és a sokkal jobb alakíthatóság. A kisebb tömeg miatt a PC könnyebben kezelhető és könnyebb hordozószerkezetet igényel – ez pedig nagyobb tervezési szabadságot ad az építésznek. Más átlátszó polimerekkel szemben [pl. poli(metil-metakrilát), PMMA] a PC előnye a nagyobb ütés- és hőállóság (135 °C).

Újdonságot jelent a több átlátszó rétegből felépülő „ablakok” alkalmazása, ahol a rétegeket műanyag távtartók választják el egymástól. Ennek eredményeként javul a hőszigetelő tulajdonság anélkül, hogy romlana a fényáteresztő képesség. Minél több a levegővel töltött kamra a rétegek között, annál jobb a hőszigetelő képesség. A művészet abban áll, hogy minél kisebb területtömeg mellett szavatolják a megfelelő mechanikai stabilitást és az átlátszóságot. Ma már olyan hatrétegű termékek is kaphatók, amelyek összvastagsága mindössze 16–20 mm. Egy 16 mm vastag többrétegű lemez hőátbocsátó képessége $1,82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, ami évente és négyzetméterenként 5 l fűtőolaj vagy $5,5 \text{ m}^3$ (cseppfolyós) földgáz megtakarítását teszi lehetővé. A hidegen is jó hajlíthatóság (2400 mm-s görbületi sugár mentén) a PC-t alkalmassá teszi beépítésre kupolákba is.

Lemezek különleges tulajdonságokkal

Vannak olyan polikarbonátlemezek is, amelyek további különleges jellemzőket mutatnak. Ilyen lehet pl. a felületi karcállóságot javító kemény bevo-

nat vagy az ún. antigraffiti bevonat. Ez utóbbit koextrúzióval, laminálással vagy lakkozással lehet felvinni a felületre, amely akrilát-, fluor vagy sziloxán-tartalma miatt megnehezíti a graffiti vagy más festékek felhordását, ill. megkönnyíti azok utólagos eltávolítását. A sziloxánbevonatok javítják a felület vegyszerállóságát is agresszív behatásokkal (gőzökkel, olajokkal) szemben. Ilyen bevonatokra gyakran van igény a fémfeldolgozó ipari körzetekben, ahol a vágáskor használt olajok nagyobb mennyiségben kerülhetnek a levegőbe. Készülnek gombaölő felületi bevonatokkal kezelt lemezek is, amelyekben nemesfém-, kén- vagy nitrogéntartalmú hatóanyagok találhatóak.

Újdonságot jelentenek a piacon azok az áttetsző rétegelt lemezek, amelyek az időjárástól függően vagy hővisszaverő vagy szigetelő hatásúak. Napfényes időben visszaverik az IR sugárzás nagy részét, ezáltal megakadályozzák a túlzott felmelegedést (akár 50%-kal is csökkenhet a belső térbe bejutó hő mennyisége). Az ilyen alapanyagba visszaverő tulajdonságú, lemezes szerkezetű töltőanyagot visznek be. A látható fény átbocsátása nem csökken jelentősen, sőt, az erős belső szóródás miatt kellemesen egyenletes fényhatás alakul ki. Hidegebb időben viszont a réteges lemez hőszigetelő képessége érvényesül.

Az újfajta lemezek elsősorban télikertek, verandák, átjárók fedésére, de pl. ipari csarnokok homlokzatának kialakítására is alkalmasak. Fő szállítójuk a **Bayer** és a **GE Advanced Materials** cég. Az építészetben a napfényt szívesen használják természetes megvilágításra (és a villamos energia megtakarítására), ezt azonban korlátozza a belső felmelegedés, ami megnöveli a légkondicionálási költségeket. A korábbi technológiák (pl. szitanyomással felvitt védőrétegek, koextrúzió stb.) inkább áttetsző, mint átlátszó termékeket eredményeznek, tehát választani kellett az átlátszóság és az IR védelem között. Az üreges PC lemezekkel a versenytárs megoldásokkal szemben sikerült 40%-kal csökkenteni a belső melegedést, ugyanakkor 60%-kal jobb fényáteresztő képességet elérni. Ez a műszaki újítás erős versenytársa lesz a hagyományos sugárzásvédő üvegeknek. Az általában enyhén zöldre színezett üreges PC lemezek esztétikusak, nincs rajtuk szállítás vagy felszerelés során sérülékeny bevonat, és hatékony védelmet jelentenek az UV sugárzással szemben is.

Napkollektorok műanyagból

Az alternatív energiahasznosítás egyik lehetősége a napenergia összegyűjtése. Ha a tetőre üreges műanyag profilokat helyeznek el, és gondoskodnak a bennük levő levegő keringetéséről, az elnyelt energiát pl. fűtésre hasznosítják. Ilyenkor az egyik felületet fekete festékkel fényelnyelővé teszik (rendszerint egy üvegszállal erősített alsó réteget), a felszálló meleg levegőt a tető csúcsán gyűjtik össze, és azt vízmelegítésre vagy hőpumpa működtetésére használják. A meleg levegő helyére magától hideg levegő áramlik. Németországban, ahol támogatják a napenergia hasznosítását, egy ilyen tetőfűtési

rendszer költségei hasonló nagyságrendűek, mint egy hagyományos tető és az olajfűtés bevezetése.

Az elv a gyakorlatban is használhatónak bizonyult. Egy 255 m² területű, 1350 m³ térfogatú kétcsaládos lakóházat 77 m² felületű napkollektorral láttak el, amely meleg vizet szolgáltat használatra és a padlófűtésre. Nyáron a felesleges fűtőkapacitást az úszómedence vizének temperálására használták. Arra is lehetőség van, hogy a felesleges hőt föld alatti hőtárolóban gyűjtsék össze, és azt később használják fel. A számítások szerint egy ilyen rendszer megtérülése még gyorsabb is, mint a hagyományos olajfűtésé. Csak a rendkívül hideg napokra és az esetleges tartósan felhős napokra kell némi kiegészítő fűtésről gondoskodni. A meleg levegőt közvetlenül is fel lehet használni istállók, csűrök, raktárak fűtésére, ipari vagy mezőgazdasági szárításra. A napkollektorokban használt üreges profilokat egyszerűen, koextrúzióval lehet előállítani, majd a kívánt hosszúságúra darabolni. Ez egyszerűbb és olcsóbb, mint a hagyományos, fémből készült napkollektorok használata.

Öntisztító fóliatető

Berlinben nemrég avattak fel egy épületegyüttest, amelyet 3900 m² speciális fluorpolimer fóliával fedtek be (*Nowoflon ET 6235*, gyártó: **Kunststoffprodukte GmbH**). A *pneumatikusan alátámasztott fóliapárnákból felépülő „tetőszerkezet”* súlya mindössze negyede az eredeti üvegének. A csökkentett tömeg kisebb építési költséggel jár, az öntisztító felület pedig kisebb karbantartási költséget igényel. A **Foiltec GmbH** által kivitelezett tető 40 m hosszú és 4 m széles „fóliapárnákból” áll össze. A fólia-alapanyagot a **Dyneon**, a **3M** cég egyik alvállalata szolgáltatta. Az extrudált fóliáknak az alapanyag apoláris szerkezete miatt kicsi a felületi feszültsége, a szennyeződés nem tapad meg rajta erősen. A 100–250 µm vastag fóliapárnákat alumíniumprofilok hordozzák, és levegőtúlnomással tartják őket formában. A légpárnák segítségével jó hőszigetelő tulajdonságot is sikerült elérni (1,4 W/m² · K). A felső és egy középső fólia megfelelő, egymást kiegészítő nyomtatásával azt is elérték, hogy ha erős a besugárzás, a középső fólia rányomódik a felsőre, és a visszaverő felület nagysága megnő, elszigeteli a befedett területet a túlzott besugárzástól. Az alkalmazott ETFE fluorpolimer fóliát már több mint 20 éve használják tetőszerkezetek kialakításához, és bebizonyosodott róla, hogy rendkívül stabil az UV sugárzás és az időjárás hatásaival szemben.

Átlátszó cikloolefin polimerek a csomagolásban és gyógyászatban

A hagyományos poliolefin homopolimerekhez képest a *a cikloolefin kopolimerekben (COC) kétféle monomert használnak: etilént és norbornént. A norbornén komonomer mennyiségét változtatva a felhasználó számára széles*

sávban változó jellemzők kínálhatók. A COC Topas márkanévű típusai (gyártójuk a **Ticona GmbH**) pl. 60 és 170 °C közötti terhelés alatti behajlási hőmérsékletet mutatnak.

A COC kopolimereket 4 éve vezették be a piacra, és népszerűvé tette őket a termékek átlátszósága, kis vízgőzáteresztő képessége, bio-kompatibilitása, kis kettős törése, nagy szilárdsága.

Egyik legfontosabb alkalmazási területük a *műanyag optika*. Műanyag lencsét, prizmákat állítanak elő belőlük optikai szenzorokba és más eszközökbe (CD, DVD, gépjármű-elektronika stb.). A COC polimereket használják ún. fényvezető lemezek és lapos képernyők gyártásához is, ahol a nagy folyóképességet és a jó mérettartóságot használják ki.

A *gyógyszer-csomagolásokban* is fontos szerep jut az átlátszó polimereknek. A csomagolásnak védelmeznie kell a gyógyszert, és meg kell felelnie a gyógyszer-csomagolásokkal szembeni komplex összeférhetőségi követelményrendszernek. A COC polimerek gyártásához használt metallocén katalizátoros technológia lehetővé teszi a rendkívüli tisztaságot és a stabil jó minőséget. A COC-polimerből készült egyszer használatos injekciós fecskendők kis tömegűek, átlátszóak és mechanikailag is szilárdak. Ezért nincs szükség minőségellenőrzésre, mosásra, sterilizálásra stb. a sterilen csomagolt *ToPac* injekciók kiszerezésekor. A felszívott hatóanyag akár éveken át is tárolható a sterilen csomagolt injekciós tüben.

Az ún. *buborékcsomagolásoknak* is komplex követelményrendszert kell kielégíteniük; elvárják tőlük a vízgőzzáró képességet, a rugalmasságot, az átlátszóságot, a mélyhúzhatóságot, a gyógyszerhatóanyagok védelmét a külső hatásokkal szemben. A buborékcsomagoláshoz a Ticona cég olyan keveréket fejlesztett ki, amely a COC polimerek mellett egy másik poliolefint is tartalmaz. Az így kialakított csomagolások hőformázás után gőzzel sterilizálhatók (120 °C, 20 perc) anélkül, hogy akár a csomagolás, akár annak tartalma bármilyen mértékben károsodna. Az így készült csomagolás elég merev, áttetsző és egyenletes falvastagsággal készíthető. Egyik előnye az, hogy nincsenek éles sarkok, amelyek letörhetnek vagy sérülést okozhatnak.

A COC polimereknek számos más alkalmazása is elképzelhető, és meg is valósult a vegyi és egészségügyi laboratóriumokban (pl. mikrotiterlemezek, küvették, kémcsövek, mikrofluidikai eszközök stb.). Ezek közül külön figyelmet kell szentelni a mikrofluidikának, amely igen kis folyadékmennyiségek manipulációját teszi lehetővé, ezzel forradalmasítja a gyógyászati analitikát és talán a szintézist is.

Átlátszó élelmiszer-csomagolások

Bizonyos élelmiszerek (húsok, kolbászfélék, felvágottak, gyümölcsök, zöldségek) csomagolása különleges követelményeket támaszt: nem csak jól láthatónak kell lennie a becsomagolt árunak, de frissen is kell maradnia viszonylag hosszú ideig. Az oxidációra érzékeny élelmiszerek védelmére a

COC-fóliát oxigénzáró réteggel is el kell látni (pl. E/VAI – etilén-vinilalkohol – kopolimerrel kell koextrudálni). Ez nagy tervezési szabadságot ad a tervezőknek, ugyanakkor sokáig védelmet nyújt a becsomagolt árunak. A kombinált fóliát vékony rétegben kartonnal kombinált csomagolásokban is használni lehet, ahol jó zárási tulajdonságokat és költséghatékony újrafeldolgozhatóságot kínál. Az átlátszó és fényes fóliákat szívesen használják bonboncsomagoláshoz is, ahol a fóliák csavaró hatásnak is ki vannak téve.

Átlátszó szulfonpolimerek

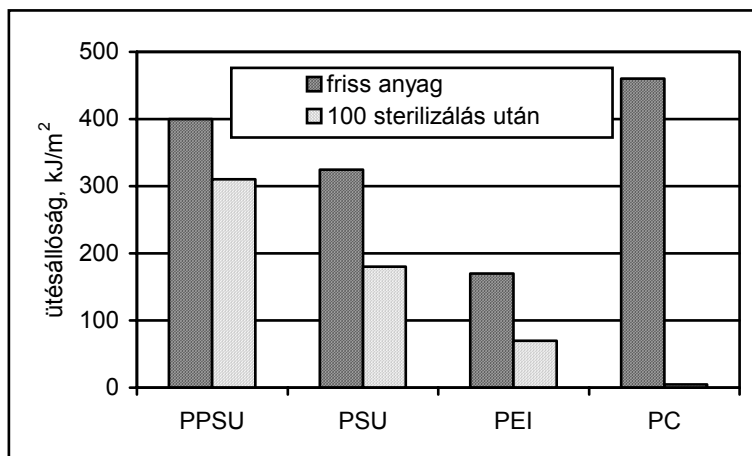
Számos ipari területen (gépkocsigyártás, elektrotechnika, elektronika, orvostechika, légi közlekedés stb.). *elterjedt bizonyos fémeszközök és alkatrészek kiváltása hőálló műszaki műanyagokkal, többek között az amorf szulfonpolimerek családjába tartozó anyagokkal [poliszulfon (PSU); poli(éter-szulfon), (PES); poli(fenil-szulfon), (PPSU)] és ezek ötvözeteivel.* Különösen nagy növekedés várható az orvostechika területén. Azok az előnyök, amelyek ezt a váltást alátámasztják, más területeken (háztartás, élelmiszergyártás, higiéniai ipar) is alkalmazhatók. A vonzó tulajdonságok között szerepel az átlátszóság, a hő- és vegyszerállóság, ezen belül a hidrolízissel szembeni ellenállás. Az átlátszóság szorosan összefügg az amorf szerkezettel, hiszen a részben kristályos rendszerek zöme átlátszatlan vagy csak éppen áttetsző.

A **Solvay Advanced Polymers** cég mindhárom poliszulfoncsaládban kínál termékeket különböző márkanéven (*PSU Udel*, *PES Radel A* és *PPSU Radel R* márkanéven). Az Udel PSU terhelés alatti behajlási hőmérséklete (HDT-értéke) 174 °C, a Radel A PES-é 204 °C, a Radel R PPSU-é 207 °C. Az anyagcsoporton belül a PPSU kínálja a legnagyobb hőállóságot, amihez társul a kiváló szívósság, szakadási nyúlás és hornyolt próbatesten mért ütésállóság. Az átlátszó szulfonpolimerek azonban nem teljesen víztiszta, inkább halvány borostyán-színűek. A legtisztábbak az Udel poliszulfonok, ezeknek átlátszósága eléri a 85%-ot. Az *Udel P-1700 HC* típus különösen tiszta, gyakorlatilag színtelennek tekinthető, a polikarbonáthoz hasonló. *Hőállósága és vegyszerállósága azonban olyan mértékű, amelyet eddig átlátszó műanyagokban nemigen sikerült elérni.* Az *Udel poliszulfonból készült edényzet 170 °C-ig használható, és akár 100 gőzsterilizálási ciklust is kibír 134 °C-on.* A *Radel R 5800 TR* típusból hőálló, átlátszó, de színezett termékek is készíthetők, amelyek a gőzös és vegyszeres sterilizálást is elviseli (1000 ciklus). Itt is elsősorban az élelmiszeripar és az orvostechika jön számításba, mint alkalmazási terület.

A K'2004-en mutatott be a **Solvay** egy rendkívül érdekes új polimert *Supradel HTS* márkanéven. Ez is átlátszó, üvegesedési hőmérséklete 265 °C, HDT-értéke pedig ennél 10 °C-kal alacsonyabb. Az amorf hőre lágyuló anyagok között ez az eddigi legmagasabb üvegesedési hőmérséklet. A poliimidekkel szembeni előnye az új anyagnak a jó lúgállóság, a feldolgozás közbeni jó ömledékstabilitás és a mérettartóság. Ezek a tulajdonságok a kevéssé ve-

temedő és kúszó, szépen átlátszó anyagot alkalmassá teszik olyan fröccsöntött tárgyak gyártására is, amelyeket eddig csak szálerősített vagy részben kristályos anyagokból lehetett előállítani. Az amorf hőálló polimer egyik nagy előnye, hogy a bonyolult alakú termékektől is nagy méretstabilitás várható, és szűk méretűréssel gyárthatók belőle formadarabok. *A fémeket helyettesítő, átlátszó műanyag sok tervező fantáziáját mozgathatja meg az autóiparban, az űrhajózásban vagy a villamos- és elektronikai iparban.*

Az orvostechnikai alkalmazások többsége az *Udel PSU* és a *Radel R PPSU* típusokhoz kötődik. Ezek a polimerek megkapták az FDA (az amerikai gyógyszer- és élelmiszerbiztonsági hivatal) engedélyét, és bekerültek a VI. Amerikai Gyógyszerkönyvbe (USP VI), vagyis teljesítik a sterilizálhatóság követelményét, biokompatibilisek és nem toxikusak. Kitűnő ütésállóságuk akkor is megmarad, ha sterilizálószerrel érintkeznek. A legtöbbször a poli(fenil-szulfon) sterilizálható gőzzel. Néhány polimer 100 gőzsterilizációs ciklus utáni ütésállóság-csökkenését az 1. ábra hasonlítja össze. Ezért a poliszulfonokból különböző sterilizálható tartályok, műszerfogantyúk, altatási és fogászati segédeszközök, laboereszközök, állatketrecek stb. készíthetők.



1. ábra
A poli(fenilén-szulfon) (PPSU), a poliszulfon (PSU), a poliéter-imid (PEI) és a polikarbonát (PC) ütésállósága friss állapotban és 100 gőzsterilizációs ciklus után (134 °C).

A szanitereszközök közül különböző csatlakozásokat, forralóalkatrészeket stb. lehet ezekből a műanyagokból készíteni. Talán meglepő, de az ebből készült alkatrészek élettartama hosszabb, mint a fém alkatrészeké. Itt a hőállóság, a hidrolízisállóság, a vegyszerállóság (pl. klórral szembeni ellenálló képesség) és a mérettartóság a döntő tényezők. A hosszú élettartam alatt is kismértékű a vízkőlerakódás, és a műanyag alkatrészek előállítási költsége is kisebb, mint a fémeké.

Az FDA engedély lehetővé teszi, hogy a poliszulfonokat az élelmiszeriparban is felhasználják. A korábban felsorolt előnyös tulajdonságokon túl itt meg kell említeni azt is, hogy a poliszulfonból készített termékek jól tűrik a mosogatógépben végzett ismételt tisztítást. Ezért szívesen alkalmaznak ilyen anyagokat kórházakban, de börtönökben is. A poliszulfonokból többek között kitűnő mikrohullámú edényzet is gyártható.

Előnyös optikai és tapintási tulajdonságok kombinációja

A háztartási és egyéb alkalmazásokban, ahol átlátszó műanyagokat használnak fel, rendszerint sokkal többről van szó, mint egyszerű átláthatóságról. Az élelmiszer-kereskedelemben is nagyon fontos következményei vannak a csomagolás által keltett érzelmi hatásoknak a telített piacon (esztétika, formatervezés).

A **BASF** cég által kidolgozott, *merev és lágy elemeket alkalmazó sztírol/butadién kopolimerekre épülő Styroflex* rendszer új, átlátszó alkalmazásokat tesz lehetővé. Eddig ilyen polimereket főként tapadásközvetítőként használták, amikor PS, ABS, PET egymáshoz tapadását kellett elősegíteni. A fejlesztők mostani célja a Styroflex termékcsoporttal az, hogy fröccsöntésben (több komponensű fröccsöntésben) alkalmazható legyen lágy komponensként. Itt előnyt jelent, hogy a lágy komponens „lágysága” igény szerint beállítható, és az is fontos, hogy jól tapadjon más, poláris műanyagokhoz, amelyek merev komponensként szerepelnek. A Styroflex igen jól tapad pl. polisztirolhoz, SBS kopolimerekhez, polikarbonáthoz, PMMA-hoz, polietilénhez, PET-hez, PTG-hez. Néhány lefejtési szilárdság adatot az *1. táblázat* tartalmaz.

1. táblázat

Styroflex 2G66 sztírol-butadién kopolimerből és néhány más polimerből készült fröccsöntött próbatesteken mérhető lefejtési szilárdság értékek

Másik polimer	Styroflex keménység, ShA	Lefejtési szilárdság, N/mm
Polisztirol (GPPS)	84	nem a határfelületen szakad
Sytrolux (SBS)	84	nem a határfelületen szakad
Terlux (MABS)	84	17,7
PC	84	17,4
PMMA	84	16,4
Polisztirol (GPPS)	30	nem a határfelületen szakad
Syrolux (SBS)	30	nem a határfelületen szakad

Az első alkalmazások különböző fogók (pl. tusolóabinhoz, fogkeféhez, keféhez stb.), amelyeknél átlátszó, de kellemesen lágy tapintású felület alakítható ki. Hasonló megoldások képzelhetők el szerszámnyeleken, ahol a jó fogás esztétikus külsővel párosul, de készíthetők fűvott palackok is, amelyek átlátszóak, de nem csúsznak a kézben.

A Styroflex család tagjai rugalmasak, szívósak, gáz- és gőzzáróak, könnyen feldolgozhatók, akár akár 10 µm-s fóliát is lehet belőlük buborékmentesen gyártani. A Sytrolfex fóliák (szemben a hagyományos polietilénnel) hidegen nyújtható feszítő(stretch)fóliákhoz is használhatók. Egy hagyományos po-

lietilénből készült feszítőfólia 500% nyújtás után legfeljebb 100%-ban áll vissza, a Styroflex fólia pedig 400%-ban, még hozzá úgy, hogy a fólia átszakadási és továbbszakadási jellemzői nem romlanak lényegesen.

Az a tény, hogy a Styroflex jól elegyedik a standard polisztirolokkal, azt jelenti, hogy ötvözeteikben a tulajdonságok viszonylag széles tartományban változtathatók. Ezért a műszaki és gazdaságossági megfontolások alapján több vagy kevesebb drága Styroflex és olcsóbb polisztirol keverésével lehet előállítani az optimális keveréket.

Egyéb átlátszó polimerek

A **BASF** cégnek a Styroflex polimereken kívül számos más olyan műanyag szerepel a kínálatában, amelyből átlátszó termékeket lehet készíteni. Az egyik ilyen a *polisztirol*. Az Európában évente felhasznált kb. 2,5 millió tonna polisztirolból kb. 1 millió tonna átlátszó. Mivel olcsó és könnyen elérhető polimerről van szó, gyakran alkalmazzák nagy darabszámban készülő termékekhez, pl. csomagolóeszközökhöz, CD-tartó dobozokhoz, hűtőszekrénydobozokhoz stb.

A *SAN* (sztriol-akrilnitril) kopolimereket, amelyekre Európában mintegy évi 100 E t igény mutatkozik, akkor használják fel, ha a normál polisztirolok tulajdonságai már nem kielégítőek. A *Luran* márkanévű *SAN* kopolimerek ugyancsak átlátszóak, de vegyszerállóbbak, mosogatógépben is tisztíthatók; szilárdságuk, merevségük, hőállóságuk jobb az egyszerű polisztirolokénál. Először a háztartási eszközökben, kozmetikában, szaniter- és elektronikai termékekben kerülnek felhasználásra. Kiváló felületminőséget lehet velük elérni, színezhetők és könnyen nyomtathatók.

Gyorsan nő a *Terlux* márkanévű *MABS* (metakrilát-akrilnitril-sztirol-butadién) kopolimerek iránti igény is, amelyeket először az orvostechikában (40%), másodsorban a kozmetikai és háztartási eszközök gyártásában (25%) használnak fel. Ez a rendkívül tartós polimer könnyen dolgozható fel, és az átlátszóságot rendkívül jó szívósság/merevség aránnyal kombinálja. A jó vegyi ellenálló képesség magába foglalja a sterilizálhatóságot is, és könnyebben ragasztható, mint sok más rokon anyag.

Dr. Bánhegyi György

Benz, V.; Uttsch, R. stb.: = Trends bei Polycarbonat-Platten. = Kunststoffe, 95. k. 1. sz. 2005. p. 19–21.

Selbst reinigendes Foliendach. = Kunststoffe, 95. k. 1. sz. 2005. p. 23.

Scheiben mit Sonnenschutz. = Kunststoffe, 95. k. 1. sz. 2005. p. 24.

Sparenberg, B.: Die Optik Zählt. = Kunststoffe, 95. k. 1. sz. 2005. p. 25–27.

Sanner, W.; Eversmann, F.: Klarer Durchblick. = Kunststoffe, 95. k. 1. sz. 2005. p. 28–31.

Huber, R.: = Haptik und Design verbinden. = Kunststoffe, 95. k. 1. sz. 2005. p. 34–36.