

## Különleges műanyag-alkalmazások

Hallott már Ön műanyag talpazatról, amelyre a vasúti síneket fektetik? Vagy, hogy a sínpályát és a talpazat közötti közüzalékot PUR elasztomerrel erősítik, amellyel még zajcsökkentést is el lehet érni? Németországi példákat mutatunk be a műanyagok új alkalmazásaira a vasúti pályák építésében. A sportfelszerelések terén is mindig van új műanyag-alkalmazás. A sportcipők és a sílécek újdonságait ismertetjük.

*Tárgyszavak: műanyag-alkalmazás; vasúti pálya; sportfelszerelés; elasztomer; poliuretán; polimetakrilimid; műanyaghabok.*

A különböző típusú műanyaghabok építőipari, bútorigipari alkalmazása a járműgyártásban, illetve csomagolóanyagként történő felhasználása közismert. Egyes habfélések kitűnő mechanikai tulajdonságaik és időjárás-állóságuk folytán meglepően új területeket hódítanak meg.

### Sínpályatalpazat műanyagból

Az európai vasúthálózat üzemeltetői a vasúti felépítményekhez számos hátrányos tulajdonságuk ellenére elsősorban talpfákat vagy betontalpazatokat használnak. A talpfákat az időjárás viszontagságaival (nagy hőmérséklet-ingadozások, UV-sugárzás, nedvesség) szemben olajos impregnálással védik, ami komoly ökológiai terhelést okoz. Ezen túlmenően gyakori karbantartásuk jelentős munkaerő- és anyagi ráfordítást igényel. A betontalpazatok pedig sokkal nehezebbek a fánál, az összekötések – például váltók – kialakítása, valamint a különböző hosszúságú talpazatok elkészítése munkaigényes és növeli a költségeket, hiszen az eltérő méretű idomok előállításához egyedi öntőformákat kell készíteni.

Mintegy 20 évvel ezelőtt először Japánban próbálták zárt cellaszerkezetű poliuretán (PUR) habból talpazatot gyártani. Az alkalmazás sikerét jellemzi, hogy évente mintegy 90 000 darabot építenek be a vasúti sínek alá, többek között a nagy sebességű *Shinkansen* vonatok nyomvonalára. Az FFU (Fiber Reinforced Foamed Urethane) talpazatot a **Sekisui Chemical Co. Ltd.** gyártja hosszú üvegszállal erősítve a **Bayer MaterialScience AG** hosszú üvegszállal erősített integrálhab rendszeréből (*Baydur-60*). A pultrúziós eljárásban a szilárdságot biztosító üvegszálakat poliuretánnal itatják át, a szerszámot a térhálósodáshoz szükséges hőmérsékleten tartják, majd a kikeményedett talpfaprofilat kiszedik. Ily módon az elvárásoknak megfelelő, azonos minőségű talpazatokat tudnak gazdaságosan előállítani.

A fatalpfák műanyagra cserélésének elsődleges feltétele volt, hogy a fával meg-  
egyező legyen a megmunkálhatósága: fűrészselhetőnek, marással alakíthatónak, csava-  
rozhatónak, ragaszthatónak kellett lennie. A PUR habból készült talpazat a hab zárt  
cellaszerkezetéből adódóan nagy csapadékmennyiség esetén is csak igen csekély mér-  
tékben vesz fel vizet, amely a villamos szigetelő tulajdonságát nem rontja. Hidrolízis-  
sel, zsírral, olajjal, szórósóval szembeni ellenálló képessége megfelelő.

Az FFU talpazat előnyei a hagyományos fatalpfákhoz képest:

- élettartamát 50 évre becsülik, amely a hagyományosan alkalmazott talpfákhoz képest háromszor hosszabb,
- nagyméretű váltóknál különösen előnyös, hogy üzemi körülmények között előre elkészíthető, ami egyszerű, gyors beszerelhetőséget tesz lehetővé,
- az FFU talpazat karbantartása egyszerű és olcsó, mivel részletekben, rövid idő alatt beépíthető, és kicserélhető a meghibásodott elem,
- a téli időjárás viszontagságait is kitűnően viseli, nem igényel külön felmelegítést,
- hajlítószilárdsága 15 évi alkalmazást követően is lényegesen magasabb, mint a fáié, amit ciklikusan végzett hajlító- és tartós terheléssel igazoltak: 40 MPa terhelés hatására 50 000 ciklust követően a fából készült talpfák többnyire eltörtek, ezzel szemben a poliuretánidomok 94 MPa terhelést 1 000 000 ciklusban is kibírtak károsodás nélkül,
- a vasúti forgalomból kivont poliuretánelemek újrahasznosíthatók, az egyszer használt talpfák pedig ismét felhasználhatók.

Németországban elsőként az alapanyaggyártó **Bayer** cég saját munkaterületén, a Leverkusen Chemparkban épített meg pontosan 74 m hosszú vágánycsatlakozást a német vasúthálózatához, amelyhez 136 darab Sekisui Chemical típusú poliuretántalpazatot használtak fel.

Mivel a kötött pályás vasúti forgalomban a fokozott szállítási és fuvarozási teljesítményt jól viselő poliuretántalpazatok növelték a sínek nyomvonalának stabilitását és élettartamát, várható további elterjedésük Európában is.

## **A PUR hab akusztikai szerepe a vasúti pályákon**

A vasúthálózat üzemeltetőjének érdekében áll az egyre szigorúbb környezetvédelmi szabályok miatt a sínen futó forgalomból eredő, a vasút közelében élő lakosságot érő jelentős mértékű zajterhelés csökkentése is. *Eddig csak költséges zajvédő falakkal tudták a zajterhelést mérsékelni.* A városokon keresztül robogó vonatok közvetlen környezetében azonban helyhiány és esztétikai okok miatt sem lehet zajvédő falakat építeni. A vasúti társaságok fejlesztőmérnökei ezért egészen más irányból közelítették meg a problémát. A vasúti pálya szerkezetén módosítottak kihasználva a PUR hab kedvező akusztikai tulajdonságait.

A **Frenzel-Bau GmbH & Co. KG.**, a **Bayer MaterialScience AG.** és a **Hennecke GmbH**, együttműködve fejlesztették ki a *Durflex* technológiát, amely szerint a vasúti sínpálya alapozását és rögzítését szolgáló közetágy hézagait a Bayer cég *rugalmas habosított PUR elasztomerével (Bayflex)* töltik ki. A folyékony elasztomert

sínen mozgatható és keverőfejjel ellátott tartályból juttatják közvetlenül a kavicsok között lévő üregekbe. A PUR rendszer gyorsan térhálósodik, ami után a javított pályát ismét üzembe helyezhetik.

A sín és a talpazat szerkezete kölcsönhatásba lép a kavicsagyazattal, ezért nagyon lényeges a kavicsagy rugalmas szerkezete, tartós teherbíró képessége.

A kavicsagy PUR habbal való kitöltésének kedvező hatásai:

- a kavicsokra ható dinamikus erőviszonyok átrendeződnek; a PUR habbal megoldották a testhangszigetelést, mert a habbal rögzített kavicsok egymáshoz való súrlódása megszűnik,
- a kavicsok „összeragasztása” révén a kavicsagy kevésbé sérülékeny, hosszabb élettartamú, a karbantartásához kisebb idő- és anyagi ráfordítás szükséges,
- a szórt folyami kavicsok közti rés PUR habbal való kitöltése mind az új építésű, mind a már üzemben lévő pályaszakaszokon egyaránt kivitelezhető.

2007 nyarán a nagy sebességű Hamburg–Hannover vonalon egy 300 m hosszúságú szakaszon alkalmazták először a vasúti forgalomban a *Durflex* technológiát. A kísérleti pályán vizsgálták a vasúti felépítmények szempontjából fontos jellemzőket (sínek fekvése, talajterhelés, hangemisszió stb.). A mérési eredmények szerint a sínek rázkódása és ezzel együtt a testhangkibocsátás 40%-kal mérséklődött. A vonat típusától (IC vagy helyközi gyorsvonat) függően a léghang emissziója 1,5-3 dB(A) értékkel csökkent. A PUR habbal kiöntött sínkeresztmetszet lényegesen stabilabb és tartósabb volt a kezeletlen szakaszéhoz viszonyítva.

A sikeres, nagy terhelésű vasúti forgalomban való tesztelés után Berlinben, rövidtávú forgalomban is kipróbálták az új technológiát. Lakott terület közelében olyan pályaszakaszt választottak, amely a gyakori indítás és fékezés folytán különösen nagy terhelésnek volt kitéve, ami miatt a karbantartási költségek igen magasak voltak.

A rövid távú forgalomban a **Polyplan GmbH** még a *Durflex* technológiával hangszigetelt pályákhoz képest is jobb akusztikai eredményt ért el a **Systemhaus Bay-Systems Büfa** PUR habrendszerével, amellyel nemcsak a hangkibocsátást mérsékeltek, hanem a szivárgó- és kúszóáramokkal szembeni szigetelést is megoldották. Ennél az eljárásnál a sínek közötti pályarészt habosítják ki a sínek lefektetése után. A *Polyplan* habrendszert Münchenben, Frankfurtban és Zürichben is eredményesen alkalmazták.

## Csúcsteljesítmény a sportban

Egyes sportágakban a kimagasló teljesítmény fokozásában, új rekordok elérésében egyre nagyobb szerepet tölt be a sportolók felszerelésének, ruházatának, illetve a sporteszközöknek az anyaga. A műanyagok ma már nélkülözhetetlenek például a sportcipők, szőrflapok, sílécek, versenyautók és még számos sporteszköz gyártásában.

### *Futó- és futballcipők*

A futó- és futballcipőknek az izmok, a csontok és a szalagok komplex összehangolását kell biztosítaniuk. A cipőknek a lábat stabilan kell tartaniuk, az ütközéseket, ütésekkel fékezniük és segíteniük kell a lábat érő nagy terheléseket elviselhetővé tenni.

A térdek, az Achilles-inak állapotának megóvását a cipő formája mellett mindenképp előtérbe kell tenni a *cipőtalp anyaga* befolyásolja. Egy 10 km-es futás folyamán a sportoló testtömegének két-, háromszorosa, sőt olykor a hatszorosa 4300 alkalommal terheli a lábukat. A cipőtalp anyagának garantálnia kell, hogy a rugalmasságot, illetve a csillapítást biztosító részecskék az igénybevétel során ne tömörüljenek, hatékonyak maradjanak, valamint a cipő nagy hőmérsékletcsökkenés hatására is megőrizze a formáját. A megfelelőnek bizonyult minőséget a gyártónak valamennyi modellre szavatolnia kell.

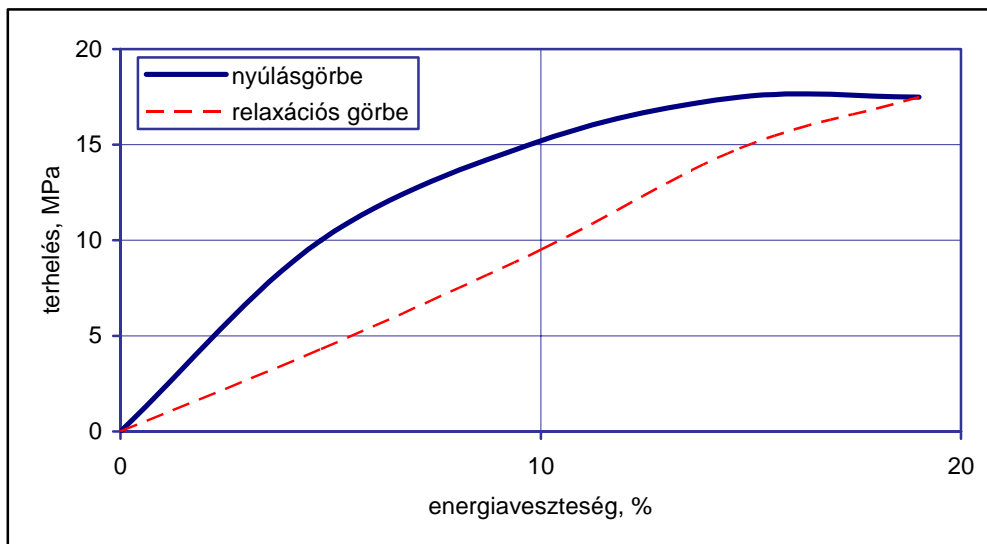
A sportcipők gyártásához az egyes sportfajták által támasztott speciális követelmények összehangolásával, a műanyag-feldozók, a sportcikkgyártók és a sportolók együttműködése révén választották ki a *poliamid 12-elasztomert* [poliéter-(blokkamid)](PEBA). A kemény poliamid 12 és a hajlékony poliéterszegmensek egyidejűleg biztosítják a blokk-kopolimer megfelelő stabilitását és a rugalmasságát. A poliamid 12 csoportok a cipőtalpnak jó mérettartást, hidegen is kiváló ütésállóságot, valamint jó vegyszerállóságot kölcsönöznek. A poliéter szegmensek jó visszarugózó képességet garantálnak, aminek köszönhetően a cipőtalpak abszorbeálják az ütések, és ezáltal kímélik az ízületeket. Ez a magyarázata annak, hogy miért tartják egyaránt becsben a futballisták, a kosárlabdázók, a baseball- és a rögbijátékosok, a golfozók, a rövidtávú futó versenyzők, a kerékpározók és a téli sportok üzöi a PEBA talpú cipőket.

A PEBA talppal gyártott cipők a futballisták 90 perces játékideje alatt a játékosra nehezedő terhelést – a másféle talppal ellátott cipőkhöz képest – mintegy 100 kg-mal csökkentik, s így a játékos számára erőtartalékolást és hosszabb kivitartást biztosítanak. A kitűnő tulajdonságokkal rendelkező poliamid 12-elasztomer mechanikai jellemzőit a hőmérséklet alig befolyásolja, ezért az ausztráliai hőségben maratoni távot futó és a téli sportban jeleskedő sportoló számára egyaránt alkalmas.

Az 1. ábrán a poliamid 12-elasztomer (*Vestamid E*, gyártó: **Evonik Degussa GmbH**) hiszterézisgörbéje látható. A sportcipő talpának anyaga a deformálódáskor energiát vesz fel, amelyet részben lead a futás közben. A poliamid 12-elasztomernél, más anyagokhoz viszonyítva, a felvett és a leadott energia között nagyon kicsi a különbség.

A PEBA poliamidot kitűnő tulajdonságai miatt a futballcipők hátsó, speciális stoplijainak újfajta rögzítőrendszeréhez is alkalmazták. A futballcipő talpának sarokrészében a poliamid 12-elasztomerből olyan speciális patentos tartószerkezetet képezték ki, amelybe az alumíniumból készült rögzítőelem függőleges rugózású rugalmas horogretesz kapcsolattal biztonságosan bepattintható, illetve szükség esetén könnyedén cserélhető. A rögzített tartóelem és a rugalmas cipőtalp megfelelő merevségű kapcsolódásához a poliamid 12-elasztomerhez még 23% üvegszálat adagoltak.

A sportolók jól ismerik a világhírű sportcikkeket gyártó **Adidas** cég *Predator* stoplis futballcipő modelljét, amely több mint 50 éves technológiai fejlesztés eredménye. Az új *Predator* modell a PEBA stoplin túlmenően még egy érdekességgel rendelkezik: a *PowerPulse* technológiával a cipő viselője nagyobb lendületet kap a korábban gyártott modellekhez képest. A technológia elvét a tenisz- és golfütőknel már alkalmazták. A cipőtalp üregébe ugyanis fekete wolframport töltöttek, amely a lendületes mozgás hatására előre csúszik és ez a játékost segíti az előrehaladó mozgásban.



1.ábra A poliamid 12-elasztomer hiszterézisgörbéje

A hatékony sportteljesítmény eléréséhez alkalmas cipő gyártását sokrétű kutatómunka előzi meg. Az Adidas cég a beszállítóival, a műanyag-feldolgozókkal, az alapanyaggyártókkal és az élsportolókkal folyamatosan tartja a kapcsolatot. A Magdeburgi Egyetem Sporttudományi Intézete (**Institut für Sportwissenschaft der Universität Magdeburg**) más intézetekkel közösen az Adidas részére biomechanikai módszerekkel elemzi a sportolók komplex mozgását. Az adatokat számítógépes feldolgozást követően elemzik, és az eredmény alapján alakítják ki a cipőtálpak végleges formáját.

A komplex mozgás biomechanikai elemzéséhez, az Uni Magdeburg sportmérnökei a *Motion-Capturing-System-et* alkalmazták, amellyel sikerült az emberi mozgást valódi 3D-modellre átvinni az animációs filmek és a PC-játékok készítésével megegyező módszerrel. A mozgáselemzésnél a tesztelt személyt fekete ruhába öltöztetik és 16 darab gyorsulásmérő érzékelővel szerelik fel, amelyek a comb, a lábszár és a lábfej mozgásait külön-külön rögzítik. A mozgást különböző irányokból infravörös kamerával követik, a kapott adatokat a speciális modellező szoftverrel 3D modellre számolják át.

A *Motion-Capture* rendszerrel a kutatók a mozgáselemzés mellett képesek az atléták teljesítményét is diagnosztizálni és a test igénybevétele során például azt a térdízületekben méretezni. A nyert információk nagy segítséget jelentenek az edzésterv és a sportszerek fejlesztésének további optimalizálásánál.

### *Szendvicsszerkezetek polimetakrilimid habmaggal*

A népszerű technikai sportágakban a nagy erő kifejtéssel járó mozgás és a dinamikus gyorsulás nagy kihívást jelent az alapanyagokat fejlesztő szakemberek számára is. A Forma 1 autóversenyben például a jármű valamennyi alkatrészét extrém terhelés

éri a nagy sebesség és a gyorsulás hatására. Az egyes elemeknek rendkívül stabilnak, szilárdnak kell lenniük, ugyanakkor nagyon kis tömeggel kell rendelkezniük. A magas szintű, sokrétű követelménynek az **Evonik Röhm GmbH**, Darmstadt által *Rohacell* márkanéven forgalmazott polimetakrilimid (PMI) hab szendvicsszerkezete felelt meg. A szendvicsszerkezetet úgy állítják elő, hogy a PMI habot két szénszál-, vagy üvegszálréteg közé helyezik, majd a rétegeket a habmaggal magas hőmérsékleten és nagy nyomáson összeragasztják. Az ilyen szerkezetből készült versenyautó-alkatrészek, mint például a karosszériaelemek, hátsó szárnyak, légterelők, extrém terhelés elviselését teszik lehetővé. Csekély tömegük következtében nagy gyorsulásra képesek, ugyanakkor a szilárdságuk és stabilitásuk segíti az éles kanyarok gyors bevetését.

A norvég **Madshus** cég már évek óta alkalmazza a nagy teljesítményű sílécék gyártásánál a *Rohacell* keményhabot. A PMI hablemezt kivágják, és üvegszállal erősített műanyaggal vonják be. A kedvező siklás eléréséhez szükséges hajlításokat, íveket gépi úton képezik ki. A PMI hab jól feldolgozható és könnyen alakítható, magas hőalaktartósága és kis kúszási hajlama rövid gyártási ciklusidőt tesz lehetővé.

A PMI hab kedvező műszaki tulajdonságai (szilárdsága, merevsége, stabilitása, kis tömege és a ránehezedő nyomás egyenletes eloszlása) miatt különösen alkalmas az erős dinamikai hatásokkal járó, nagy stabilitást, emellett megfelelő rugalmasságot igénylő hosszú távú sífutólécék gyártására.

Összeállította: Dr. Pásztor Mária

Eschmeier, T.: Polyurethan-Systeme im spurgeführten Verkehr. = Kunststoffe, 99. k. 1. sz. 2009. p. 59–61.

Hülsmann, K.; Knebel M.: Höchstleistung im Sport. = Kunststoffe, 99. k. 1. sz. 2009. p. 54–58.

## Röviden...

### **Gucci cipők „folyékony fából” fröccsöntött sarokkal**

A Gucci modellek eleganciáját megtartva az új magas sarkú női cipő sarka a Fraunhofer Intézet szakemberi által fejlesztett természetes alapanyagokból készül.

Az ARBOFORM nevű anyag tulajdonságai alapján kapta a „folyékony fa” besorolást. A papírgyártásban melléktermékként keletkező lignint fa-, kender- és lenrostokkal, valamint viasszal, keverték össze, amelyet granuláltak. Az így kapott granulátum megömleszthető és fröccsönthető.

Az ARBOFORM-ból autóalkatrészeket, hangszóró-burkolatokat és más termékeket is lehet előállítani. A cipősaroknak komoly igénybevételt kell elszenvednie, ezért ennek receptúrája egészen más, mint pl. egy hamvakat tartalmazó urnáénak.

O. S.

[www.kunststoffforum.de](http://www.kunststoffforum.de) 06.08.2009.

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)