

Intelligens alkalmazásokhoz intelligens anyagok

Az intelligens vagy okos polimerek kiterjesztik a polimerek általános teljesítményét, kapcsolatban állnak környezetükkel, reagálnak annak változásaira. Ezek az anyagok számos tényezőre lehetnek érzékenyek, pl. a hőmérsékletre, páratartalomra, pH-ra, fényre, az elektromos vagy mágneses mező hullámhosszára, intenzitására, a nyomásra, és ezekre az „ingerekre” többféle módon válaszolhatnak, többek között megváltoztathatják színüket vagy áttetszőségüket, elektromosan vezetővé vagy vízáteresztővé válhatnak, módosíthatják alakjukat, szerkezetüket, tapadásukat vagy a vízvisszatartó képességüket is.

Az intelligens polimerek piaca értékben várhatóan meghaladja a 2 milliárd dollárt 2022-re, ez 2017 és 2022 között 21,9% éves növekedési ütemet jelenthet. Az intelligens polimerek piacát a biógyógyászat és biotechnológia, a textil-, elektromos- és elektronikai-, gépjármű-, élelmiszer-csomagolás iparágakban, a lábbelik, fogyasztási cikkek területén, valamint a repülőgép- és védelmi iparban ezen anyagok iránt mutatkozó növekvő kereslet hajtja.

A fizikai ingerekre érzékeny polimerek álltak leginkább az érdeklődés középpontjában az intelligens polimerek globális piacán 2016-ban. Ezek a polimerek több, fent említett ingerre reagálnak. Bővülésük a végfelhasználó iparágak innovatív és hatékony technológiáinak növekvő igényéhez kapcsolódik.

Az iparágak tekintetében a biógyógyászat és a biotechnológiai képviselte 2016-ban az intelligens polimerek globális piacának jelentős részét. Ez összefüggésbe hozható a kereslet növekedésével olyan területeken, mint a diagnosztika, a gyógyszerleadás, a szövetkezelés, a sejtkultúra és a fázisszétválasztási folyamatok. Ezek az intelligens polimerek biológiailag lebontható, biokompatibilisek, könnyen színezhető, formázható és módosítható, ezért elfogadásuk ebben az iparágban folyamatosan növekszik.

Földrajzilag Észak-Amerika számít az intelligens polimerek vezető piacának, ezen belül az USA-ban várható az előrejelzési időszakban a leggyorsabb ütemű növekedés. Az okos polimerek vezető gyártói közé tartozik a BASF (Németország), a LUBRIZOL (USA), a DOW CHEMICAL (USA), az EVONIK (Németország), az ADVANCED POLYMER MATERIALS (Kanada), a SPINTECH (USA), a MERCK GROUP (Németország), az AKINA (USA), az SMP TECHNOLOGIES (Japán), a REACTIVE SURFACES (USA) és a NEI CORPORATION (USA).

INTELLIGENS CSOMAGOLÁSOK

Az aktív és intelligens csomagolások is a műanyag piac egyre növekvő részévé válnak. A csomagolt ételekben és gyógyszerekben az oxigén jelenléte már régóta probléma az eltarthatóság, tárolhatóság tekintetében. Jelenleg olyan adalékokat, mesterkeverékeket és kompaundokat fejlesztenek az aktív csomagolási megoldásokhoz, amelyek jelentősen meghosszabbítják a termék eltarthatóságát, és bizonyos esetekben a csomagolt anyag frissességéről is fontos információkat szolgáltatnak a fogyasztónak.

A német FRAUNHOFER INSTITUTE IVV számos aktív és intelligens csomagolási projektben vesz részt. A piac és az érdeklődés

növekszik, a technológiákat egyre inkább használják a gyógyszeriparban. Az élelmiszer ágazatban is hasonló a helyzet, bár az alkalmazásukat hátráltatja az átadható tapasztalatok hiánya. Mind az aktív, mind az intelligens csomagolások területén hiányoznak az egyedi megoldások, esettanulmányok és csomagolási kísérletek, amelyek elengedhetetlenek, hogy meggyőzőek az élelmiszergyártókat az ilyen anyagok felhasználásáról. Ennek ellenére folytatódnak a fejlesztések. Ezek magukban foglalják az áteresztő polimerek növekvő használatát az üveg és a fém helyett, és bizonyos érzékeny élelmiszer-összetevők, például a pálmaolaj helyett repcemagolaj, nagyobb mértékű alkalmazását. A tiszta címkézés, a magas élelmiszerminőség és a biztonságosabb élelmiszerek iránti szükséglet szintén kulcsfontosságú tényező az új csomagolási megoldások fejlesztésében.

További munkára van szükség a műszaki és szabályozási kérdések megértése érdekében is. Az előbbi magában foglalja a migráció szabályozását. Gyakran nem könnyű megmondani, hogyan kell a csomagolást úgy megtervezni, hogy azt a hatóságok, mint az EFSA és az FDA, elfogadják, ehhez modellezési technikákat kell fejleszteni. A relatív páratartalom és a szén-dioxid kibocsátás szabályozása szintén fontos fejlesztési területek.

A FRAUNHOFER egyik projektjében növényi eredetű antimikrobás (baktériumellenes) szerek csomagolásokban való



A Fraunhofer IVV kiegészítő védelemként többrétegű csomagolófoliákban vizsgálja a növényi eredetű galluszsav oxigén-megkötő használatát.

használatán dolgoznak. Az antimikrobás anyagokat az élelmiszerek felületére kibocsátó csomagolóanyagok vonzó lehetőséget kínálnak a szennyeződések okozta, nemkívánatos baktériumnövekedés csökkentésére és gátlására, valamint az élelmiszer-veszteség megelőzésére. A természetes antimikrobás vegyületeket gyakran előnyben részesítik szintetikusokkal szemben.

A FRAUNHOFER antimikrobás anyagai – pelargonium és olívabogyó kivonat – védőkapszulába zárva kerülnek feldolgozásra, polimerekbe diszpergálják, fóliákat vonnak be vele, extrudálják és természetesen intenzíven tesztelik. Az eddigi munka azt mutatja, hogy a természetes antimikrobás anyagok extrudálásra és bevonásra alkalmasak, képesek ellenállni az alkalmazott feldolgozási hőmérsékleteknek, és jelentős CFU (kolónia-kialakító egység) csökkenést mutatnak. Egy kérdésre még mindig választ kell találni az élelmiszer és a megfelelő antimikrobás anyag tekintetében, mégpedig az organoleptikus (érzékszervi) változások elkerülésére.

Egy további vizsgálatban egy növényi eredetű oxigén-megkötőt – galluszsav – használták az élelmiszer csomagolásban, hogy kiegészítő védelmet nyújtson az oxigénre érzékeny élelmiszerek számára. A galluszsav és a nátrium-karbonát keverékét bio-alapú, többrétegű csomagolófóliába helyezték, amelyet három-lépéses kompaundálással, síkfólia extrudálással és laminálással állítottak elő. A FRAUNHOFER vizsgálta a fólia felületi színét, valamint az oxigén-abszorpciót különböző relatív páratartalom és hőmérséklet mellett, összehasonlítva por, egy- és többrétegű fóliák oxigén-abszorpciójával.

A fóliák kezdetben barnás-piros színűek voltak, de nedves körülmények között zöldes-feketévé váltak az oxigén-felvétel során. A maximális abszorpciós kapacitás 447 mg O₂/g galluszsav volt 21 °C-on és 100% relatív páratartalom mellett. A hőmérséklet jelentős hatást gyakorol a többrétegű fóliák kezdeti abszorpciós sebességére, míg a magasabb relatív páratartalom szignifikánsan növeli az oxigén-felvétel sebességét. A lehetséges alkalmazások közé tartozik a nagy víztartalmú élelmiszerek csomagolása.

A FRAUNHOFER sók és cukrok használatával is szabályozta a nedvességet. A sók polimerbe integrálásával az anyagok úgy módosíthatók, hogy nagy mennyiségű párat absorbeáljanak és deszorbeáljanak. Egy vizsgálatban politejsav és polipropilén fóliákba kalcium-kloridot diszpergáltak 2 és 4 tömeg% mennyiségben, majd biaxiálisan nyújtották, hogy a fóliában üregek alakuljanak ki. Ezek az üregek a fólia legfeljebb 10 térfogat%-át tették ki, és képesek voltak a vízgőz abszorpcióval képződött kalcium-klorid oldat „tárolására”. A fóliák maximum 15 tömeg% vízgőzt vettek fel reverzibilisen 75% relatív nedvességtartalom mellett és 23 °C-on. Ez az abszorpciós viselkedés a hatékony diffúziós és szorpciós együtthatóknak köszönhető.

Az aktív csomagolási alkalmazások, mint a pára- vagy oxigén-megkötők, már évek óta léteznek és évi 5%-os ütemben bővülnek, míg az intelligens csomagolási piac sokkal fiatalabb és kisebb a mennyiség tekintetében, viszont nagyobb ütemben fejlődik. Utóbbira példaként említhetők az RFID címkék és a frissességet jelző indikátorok. Ami a fogyasztói csomagolásokat

illeti, az intelligens csomagolás piacának fő mozgatórugói a kényelem és a fenntarthatóság.

Az intelligens csomagolási megoldások összeköthetők a fenntarthatósággal is. Sok szempontból segítenek csökkenteni a termékvesztést, különösen az élelmiszerek esetében, vagy a csomagolás szén-dioxid lábnyomát. Az élelmiszerek és kozmetikumok hosszabb eltarthatósága, vagy ugyanolyan hosszú eltarthatósága tartósítószer nélkül, elérhető oxigén-megkötőkkel, így csökkenthető a termék hulladék, így kisebb lesz a szén-dioxid lábnyom. Az intelligens csomagolásban az RFID címkék ideálisak abból a szempontból is, hogy a fogyasztók felé közvetítik a termékkel kapcsolatos információkat, valamint csökkentik a keletkező hulladék és a romlott áruk mennyiségét. Sok alkalmazásban viszont még fém antennákat használnak ezekre a célokra, amelyek a csomagolással együtt nem hasznosíthatók újra. Ezért, a recikálhatóság érdekében fejlesztenek polimer alapú antennákat.

Az aktív csomagolásban sok esetben garantált az oxigén-abszorpció a csomagolásba helyezett oxigén-megkötő zacskók használatával, amelyek oxigént vesznek fel a termékből és a csomagolás légteréből. Ez a kiegészítő elem nem recikálható a csomagolás többi részével – fólia vagy tálca – együtt, ezért keresettek egyre inkább az integrált mesterkeverék megoldások, amelyek 100%-ban újrahasznosíthatók a csomagolószerszeggel együtt.

LÉGÁTERESZTÉS, FRISSESSÉG FENNTARTÁSA A CSOMAGOLÁSBAN
Az intelligens csomagolás sokféle formát ölthet és számos esetben reaktív a környezetével. Ilyen tekintetben a nagy záróképeségű csomagolás nem tekinthető okosnak. Azonban a lélegzőképeséggel rendelkező megoldások megváltoztathatják ezt a képet.

A LYONDELL BASELL által kifejlesztett új polipropilén kopolimer család az új generációs légáteresztő fóliák alapját képezhetik. A ftalátmentes *Catalloy* technológiával készült *Adflex* típusokat úgy tervezték, hogy alternatívát jelentsenek a mikroperforációval ellátott fóliáknak, amelyek mikrobiológiai szennyeződést engedhetnek be a csomagolásba. Az *Adflex* fenntartja a fólia fizikai integritását és nincs szükség drága lézer mikroperforációs berendezésre sem. Koncentrációja a fóliában lehetővé teszi melegíthető tasakok és „testreszabott” gázáteresztéssel rendelkező csomagolások előállítását. Az *Adflex*-et jellemzően „finomhangolóként” használják a gázáteresztéshez.

A csomagolás fontos pontja – legalábbis az élelmiszerek esetében – a frissesség fenntartása. A frissességet általában a legmegfelelőbb gázzárás kiválasztásával lehet fenntartani, attól függően, hogy az élelmiszer száraz, zsíros vagy oxigénérzékeny.

Az ITENE spanyol kutatóintézet egy olyan nyomtatott érzékelőt fejlesztett ki, amely jelezni képes, hogy a csomagolás tartalma biztonságosan fogyasztható. A *Freshcode* rendszer prototípusát sikeresen tesztelték. A címkét olyan festékekkel nyomtatják, amelyek reagálnak az élelmiszer (pl. bontott csirke) romlásakor keletkező vegyületekkel. Az ellátási láncban ez számos előnnyel járhat: a baromfi-feldolgozóknak azonnal mutatja



Az Itene által kidolgozott Freshcode nyomtatott érzékelőcímkét olyan festékkel nyomtatják, amely jelzi, ha a csirkehús romlani kezd.

a termék frissességét, a forgalmazók könnyebben ellenőrizhetik az élelmiszerbiztonságot, a fogyasztók csökkenthetik az élelmiszer hulladékot és biztonságos információt kapnak a fogyaszthatóság idejéről. A réz-karbonát hatóanyag nem káros, amíg a réz migrációja nem haladja meg az 5 mg/kg-os biztonságos szintet. A címkegyártó már ipari méretekben vizsgálta a technológiát, flexográfiai nyomtatást használva a címkék előállításához. A rendszer 20–50-szer olcsóbb, mint más jelzőcímkék, az áruk 0,01 euró alatt van címkéként.

OKOS OTTHONOK OKOS BERENDEZÉSEI

Az „okos otthonok” korában számos anyagot fejlesztenek olyan készülékek elektromos és elektronikus csatlakozóihoz, amelyek nem csak hosszabb ideig maradnak felügyelet nélkül, hanem mesterséges intelligenciájuk révén lehetővé teszik a távoli irányítást okostelefonokról. Az intelligens készülékek „maguk” döntenek el, az intelligens hálózatból származó információk alapján, mikor kell be- és kikapcsolniuk, így egyensúlyban tudják tartani az áramfogyasztást.

A műszaki műanyagok gyártóinak meg kell felelniük az egyre szigorúbb vevői- és szabályozói igényeknek, követelményeknek. A poliamid beszállítók piacvezető szerepet töltenek be ezen a területen, elsősorban az elektromos- és az elektronikai iparban, az autóiparban, de növekvő mértékben a vízgazdálkodásban is. A hőre lágyuló poliészterek felől is érkeznek hírek, nem csak a műszaki alkatrészekről, hanem az egyre terjedő kávékapszulákról is.

Az elmúlt év elején a DSM bejelentette az új Akulon PA6 típusokat olyan elektromos alkatrészekhez, amelyek világszerte

megfelelnek a hatósági és az OEM-ek (eredeti berendezés gyártók) biztonsági követelményeinek. Ez azt jelenti, hogy az OEM-eknek nem kell különböző típust használni ugyanahhoz az alkatrészhez, függetlenül attól, hogy hol értékesítik ezeket. A speciálisan fejlesztett Akulon SafeConnect PA66 típusokkal a DSM lehetővé teszi az OEM-ek számára, hogy megfeleljenek a háztartási készülékek biztonságára vonatkozó EN 60335-1 nemzetközi szabványnak, valamint saját belső követelményeiknek.

A SafeConnect termékcsalád anyagai 0,4 mm vastagsággal V-0 UL94 éghetőségi besorolással rendelkeznek, és az IEC 60695-2 izzóhuzalos vizsgálatnak (GWT) is megfeleltek, 850 °C-on sem gyulladtak meg. Ugyanakkor max. 450 V-os összehasonlító kúszóáram indexszel (CTI) (IEC 60112) rendelkeznek. A CTI a hosszú távú teljesítmény mérésére szolgál. A magasabb CTI értékkel rendelkező anyagnak nagyobb a kúszóárammal szembeni ellenállása nedvesség és szennyező részecskék jelenlétében, ezért nincs szükség védőburkolatra, illetve lehetővé teszi kisebb helyen több funkció elhelyezését.

Az ASCEND PERFORMANCE MATERIALS Vydyné FR350J nagy teljesítményű, erősítés nélküli PA66 polimere extra biztonságossá teszi a felügyelet nélküli háztartási gépekben használt elektromos kapcsolókat. Nagyon jó elektromos és éghetőségi tulajdonságokkal rendelkeznek, jó az alakíthatósága és nagy a nyúlása (15%), így nagyobb szabadságot biztosít az alkatrészek elrendezéséhez. A folyása „kiváló”, széles feldolgozási alakkal rendelkeznek és színstabil színes alkalmazásokban.

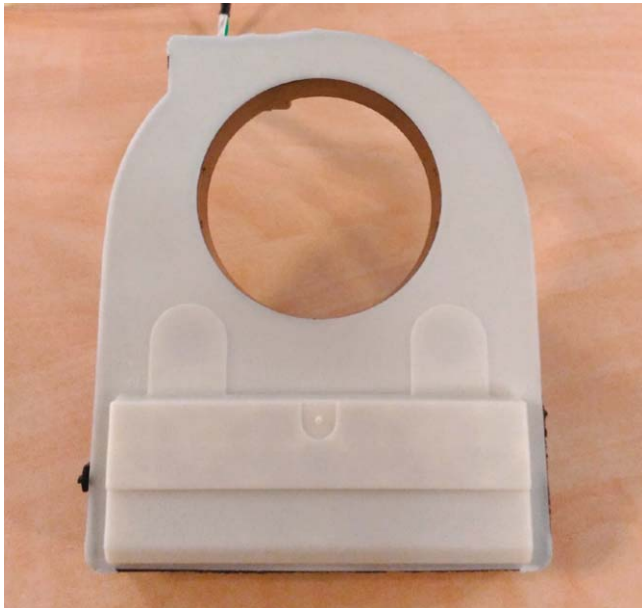
A Vydyné FR350J elektromos RTI értéke 130 °C (az RTI a relatív hőmérsékleti index, azt jelzi, hogyan változnak a kritikus elektromos szigetelési tulajdonságok a hőmérséklet függvényében), az UL94 éghetőségi besorolása 0,4 mm vastagságban V-0. Az égésgátolt adalékok korróziója kismértékű a jobb érintkezési teljesítmény érdekében. A Vydyné FR350J 960 °C-os



A távolról is irányítható, felügyelet nélküli és egyre okosabb háztartási készülékek egyre jobb teljesítményű, a követelményeknek megfelelő elektromos/elektronikus műanyag alkatrészeket igényelnek.

izzóhuzalos gyulladási hőmérséklete (GWIT) a legjobb a csoportjában minden vastagságnál (3,0 mm-ig).

A DOWDUPONT bejelentette, hogy a SCHNEIDER ELECTRIC, az energiagazdálkodás és az automatizálás területén vezető szerepet játszó vállalat, a Zytel poliamidot választotta új *Masterpact MTZ* megszakítójában a nagy pontosságú áramérzők burkolatához, mivel ebben az esetben nagy átütési szilárdságú anyagra volt szükség. Az új *Zytel FR95G25V0NH* halogénmentes, UL-tanúsítvánnyal rendelkező és önkiloztó, 25% üvegszál-erősítésű PA66/6T poliamid „kiemelkedő” teljesítményt mutat hosszú távon ebben az alkalmazásban.



A Schneider új áramköri megszakítója a DuPont Zytel poliamid önkiloztó típusából készült és hosszú távon is kiemelkedő teljesítményt mutat.

Az új *Durethan AKV30FN04LT* a LANXESS által gyártott, halogénmentes, égésgátló poliamid 66. Lézerhegesztéshez optimalizálták, amely az elektromos és elektronikus szerelvények csatlakoztatásánál egyre inkább alkalmazott eljárás, mivel korlátozott hőterhelésű és pormentes. A fekete színű anyag fényáteresztése a lézeres hegesztés során, standard hullámhossz-tartományában, 1,5 mm falvastagságnál több mint 50%.

Az égésgátló poliamid 66 típusok összetevői alig mutatnak hajlamot a kivirágzásra (migráció a felületre), ami azt jelenti,



Izzóhuzalos éghetőségi termékvizsgálat a Lanxess laboratóriumában.

hogy a fröccsöntés során gyakorlatilag nincs lerakódás a szerzőszám felületén. A keverék (LANXESS XTS3 hőstabilizálót tartalmaz, amely lehetővé teszi magasabb üzemelési hőmérsékleteken a folyamatos alkalmazását) 0,4 mm-es vastagságban V-0 UL94 éghetőségi besorolással rendelkezik, és az IEC 60112 szerint végzett vizsgálatokban 600 voltos nagy kúszóáramszilárdságot mutatott. Lehetséges alkalmazási területei közé tartoznak a biztonsági kapcsolók. Az XTS3 réz- és halogénmentes, 200 °C-ig alkalmazható. Különösen alkalmas olyan műanyag alkatrészekhez, amelyek közvetlenül érintkeznek a fémkomponensekkel, mivel segít megelőzni a kontaktkorróziót.

AUTÓIPARI MEGOLDÁSOK

A SOLVAY SPECIALTY POLYMERS a hőterheléssel kapcsolatos anyagait bővítette a 30 és 50% üvegszál-erősítésű, PPA-n alapuló új *Amodel A-89XX* polimer családdal. Jobb méretstabilitást, kisebb nedvességfelvételt és fokozott vegyszerállóságot kínálnak olyan alkalmazásokhoz, mint a termosztátházak, a több-hűtőközegek szelepek, a víz be- és kivezetések és kereszt-kötések, valamint motortéri alkatrészek.

Az *Ixef 1524 RD 001* egy halogénmentes égésgátló (HFFR) tartalmazó, 50%-ban üvegszállal erősített poliarilamid keverék nagyteljesítményű elektromos járművek (EV) töltőcsatlakozóihoz. Nagy folyóképességű, ami lehetővé teszi a bonyolult alakzatok kialakítását akár 0,5 mm falvastagságban is.

A SOLVAY PERFORMANCE POLYAMIDES legújabb fejlesztései közé tartozik az autóiipari motorokhoz és erőátviteli rendszerekhez használható *Technyl Red S* és a *Technyl Blue*. A *Technyl Red S* nagy hőállóságú PA6,66 keverék turbó-feltöltésű motorok légbeszívó csöveihez és töltőlevegő hűtőkhöz ott, ahol 200 °C-os (vagy 215 °C-ig akár 1000 óra) hőállóság szükséges. Az új anyag a meglévő *Technyl HP* PA66 javított változata hőállóság, folyás és hegeszthetőség tekintetében. A teljesítménylétrán a *Technyl Red X* módosított PA66 alatt helyezkedik el. A *Technyl Blue* termékcsaládot hűtőrendszerekhez ajánlják. Az anyagok kombinálják a nagy hidrolízisállóságot és a termikus öregedéssel szembeni ellenállást agresszív hűtőfolyadékok jelenlétében. A *Technyl 34NG* család hidrolízisállósága 15–60%-kal jobb a standard PA66-nál.

A PA66 és 610 keverékeken alapuló új *D/CR* típusok nagyon nagy ellenálló képességűek a hidrolízissel és a téli körülmények



A *Technyl Red* poliamid család autóiipari alkalmazásai a motortérben.

között használt közúti sókkal szemben. Főbb alkalmazási területek: hűtőfolyadék végtartályok, olajsűrű házak/modulok, amelyeket általában alumíniumból öntenek, kipufogógáz-vízszavezető (EGR) hőcserélők, aktív hűtőszелеpek és e-vízszivattyúk. A *Technyl Blue* termékcsaládban szintén megtalálhatók a nagyon merev és erős G2 PA66 típusok, amelyek 30 vagy 50% üvegszál-erősítést tartalmaznak. Ezek hidrolízisállósága nagyjából 30%-kal jobb, mint a standard PA66 típusoké.

FÉMEK HELYETTESÍTÉSE

A TEKNOR APEX magasabb szintre emelte új, üvegszállal erősített poliamid kompaundjainak feldolgozhatóságát és fizikai tulajdonságait, lehetővé téve a fröccsöntők számára az igényesebb fémhelyettesítést, illetve az alternatív hőre lágyuló műanyagok cseréjét a sokoldalúbb alkalmazhatóság érdekében. Az új vegyületek nagyobb szakítószilárdságot és jobb áramlási tulajdonságokat mutatnak a standard üveg-töltésű poliamidokkal szemben, jobb a méretstabilitásuk, kisebb a vízabszorpciójuk, jobb a vegyszerállóságuk és esztétikusabbak. A keverékek kémiaiailag különböznek a standard poliamidoktól. Eredetileg Németországban a PTS fejlesztette ki ezeket az anyagokat, amely céget a TEKNOR APEX 2016-ban megvásárolta. Európában autóiipari szellőzőcsatornákhöz, spoilerekhez, ventilátorlapátokhoz, rugós adapterekhez használják.

A standard, 43% üvegszállal töltött poliamidhoz képest a 40% üvegszál-töltésű *Creamid* kompaund 68%-os javulást

mutat a spirális folyási vizsgálatokban, 41%-kal alacsonyabb a maximális fröccsnyomása, és 43%-kal kisebb szerszámzáró erőt igényel. A rugalmassági modulusza 21 GPa, a szakítószilárdsága max. 260 MPa – ezt a tulajdonságot általában az öntött alumíniumtól vagy cinktől várják el.

Az EVONIK nagyteljesítményű műanyagot fejlesztett ki igényes professzionális sport alkalmazásokhoz. A *Vestamid CW1401* egy ütészálló PA12, amely jó rugalmasságot és stabilitást biztosít -40°C -os hidegben is. Az új kompaund ütőszilárdsága kiváló alacsony hőmérsékleten (101 kJ/m^2), kétszer olyan erős, mint más anyagok. Ez azt jelenti, hogy ott is használható, ahol extrém nyomóerőt alkalmaznak, és ahol alacsony hőmérsékleteken stabil tulajdonságokat várnak el az anyagtól. Ilyenek pl. a sí- és snowboard csizmák. A lesikló pályákon és különösen a snowboard versenyeken a cipőre ható nyomás többszörösen nagyobb, mint amilyen egy átlagos amatőr síelő vagy deszkás esetében. Az anyagnak képesnek kell lenni a rendkívüli terhelések tartós elviselésére.

FORRÁSOK

MarketsandMarket, www.marketsandmarkets.com
 Compounding World, www.compoundingworld.com
 Film and Sheet Extrusion, www.filmandsheet.com
 Injection World, www.injectionworld.com

Dr. Lehoczki László