

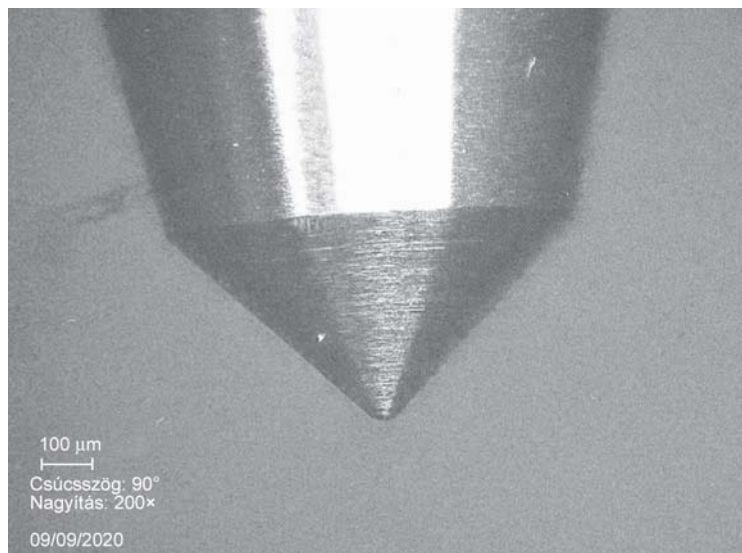
Műanyagfelületek karc- és kopásállósága: vizsgálati és megelőzési lehetőségek

A karc- és kopásállóság, valamint a műanyagok felületének esztétikája egyre nagyobb szerepet játszik a legtöbb látszó alkatrész, illetve termék esetében. Míg a kutatók egyre hatékonyabb tesztekkel kutatják a probléma kialakulásának körülményeit, az alapanyag- és adalékgyártók újabb fejlesztésekkel álltak elő többek között az üvegszálerősítéses műanyagok és a biopolimerek általános megjelenésének javítása, kopásállóságuk növelése és súrlódási tényezőjük csökkentése érdekében.

Tárgyszavak: kopás, karcállóság, karcteszt, súrlódási tényező, csúsztatók, adalékok

A különböző műanyagok felületi tulajdonságainak módosítása sok esetben új lehetőséget ad alkalmazási területeik kiterjesztésére. Esztétikai szempontokat tekintve a karcokkal és a kopással szembeni ellenállás rendkívül fontos tényezővé vált. Míg a karcok elsősorban apró vágásokat, illetve éles részek okozta mikroleválásokat jelentenek, addig a kopás inkább sík vagy lekerekített felületekkel történő érintkezés során kialakuló nanokarcolódást jelent, ami nem tapintható, csupán látható elváltozást okoz a felszínen.

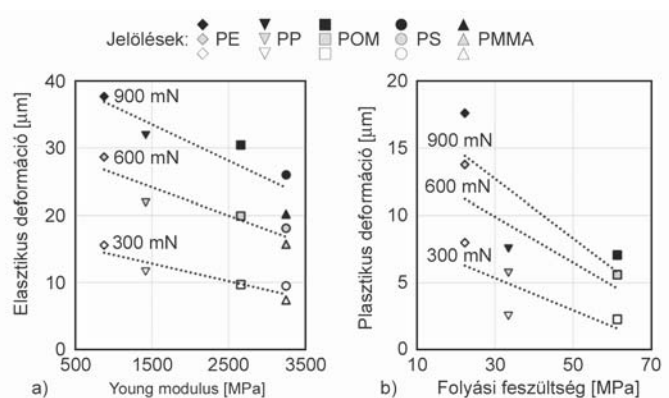
A **Darmstadti Műanyagmérnöki Intézet** (Darmstadt Institute of Plastic Engineering) munkatársai az extrudált polimer félkésztermékek karcolhatósága és a húzó mechanikai tulajdonságaik közötti összefüggéseket vizsgálták. Kísérleteik során háromféle szívós (PE, PP, POM) és kétféle rideg (PS, PMMA) hőre lágyuló polimer viselkedését vizsgálták *Universal Surface Tester 1000* (UST 1000) műszerrel. Ennek során egy acéltűt (1. ábra) húznak végig a műanyag felületén, adott erőterheléssel és sebességgel, s a kapott nyomból megállapították a maradó plasztikus és a rugalmas visszaalakuló deformációt.



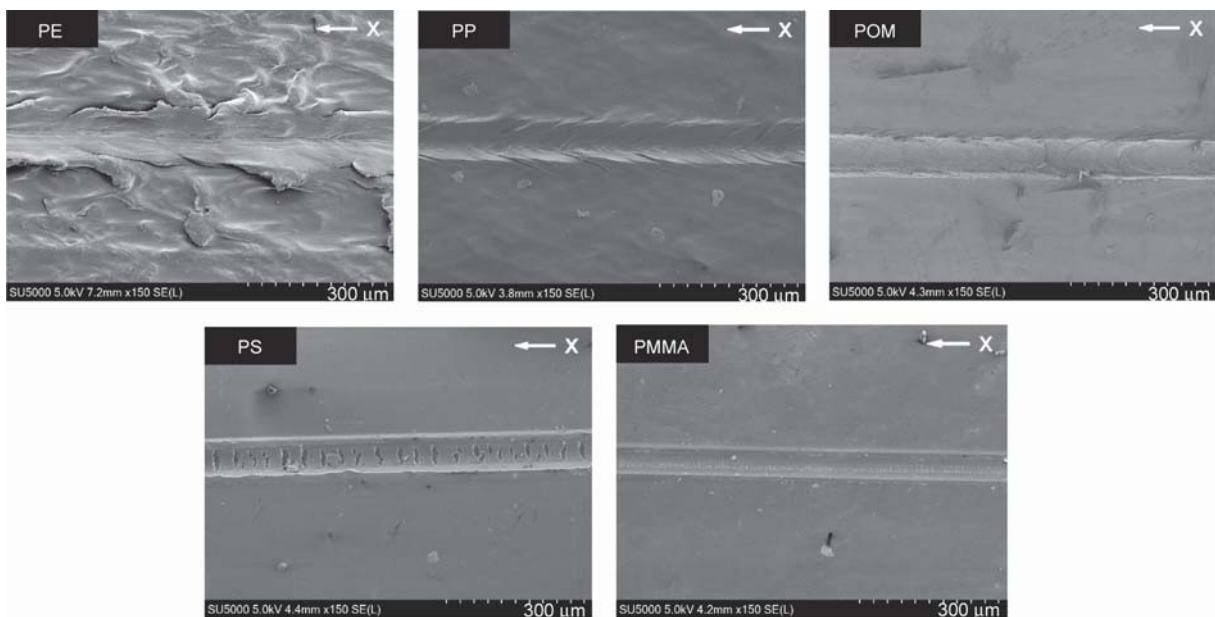
1. ábra 90° csúcscsögű és 40 µm lekerekítési sugarú acél karcolótű mikroszkópos felvétele.

A kapott eredményeket a szakítóvizsgálattal meghatározott Young modulus és a folyási feszültség függvényében ábrázolva (2. ábra) lineáris jellegű kapcsolatot találtak, negatív korrelációval. Ez alapján az extrudált min-ták mechanikai jellemzői mérés nélkül, a karcállóságvizsgálatból becsülhetők.

A karcolásnyomokat pásztázó elektronmikroszkóppal tanulmányozva özsahonlították a szívós és a rideg műanyagok viselkedését (3. ábra). Megállapították, hogy PE esetében az extrudált darab felszíne egyenetlen, és a karc éle szabálytalanul hullámzó, tehát felfedezhető ismétlődő mintázat. A PP esetében a darab felszíne lényegesen simább, és a karcolótű nyoma szabályosan hullámzó, s a hullámok széle túlnyúlik magán a karcra. A POM minta felszíne az előző kettőnél simább, a karc hullámai pedig sűrűbbek és egyenletesebbek. A rideg anyagok közül a PS esetében a kialakuló karc széle sima, a barázdában pedig a karcolás irányára merőleges repedések láthatók, míg a PMMA esetében a karc széle és az barázda is sima, hullámzás nem detektálható.



2. ábra Az elasztikus deformáció és a Young modulus (a), valamint a plasztikus deformáció és a folyási feszültség (b) lineáris regressziója.



3. ábra. A különböző műanyagokon kialakult karc pásztázó elektronmikroszkópos képe (karcsebesség: 0,5 mm/s, karcoló erő: 900 mN; az „X” a karcolás irányát jelöli).

A német **Evonik** vegyipari vállalat organo-modifikált sziloxánokat (OMS) ajánl a kopásállóság javításához, amelyek szilárd és folyékony formában egyaránt elérhetők: poliolefinekhez a *Tegomer AntiScratch L* vagy a *Tegomer AntiScratch 100* típusokat, műszaki műanyagokhoz (pl. PA, PC, PMMA, PBT) pedig a *Tegomer H-Si 6444 P* típust. Ezek tartósan csökkentik a polimer alkatrészek súrlódási tényezőjét és kopását anélkül, hogy a migráció miatt felületi problémákat okoznának.

A különleges kompaundok készítésére specializálódott **RTP Company** a karcolódásokból és kopásból származó selejteket csökkentésére új termékcsaládot, a Felületvédő keveréket (*Surface Protection Compounds – SPR*) bocsátott a piacra. Ezek elérhetők PP, PA, PET, ABS, PC és

PMMA kivételben is, segítve a fröccsöntött darabok szerszámból való eltávolítását és a szállításkor, szerelésnél valamint használat során kialakuló karcosodás elkerülését. Ezen SPR kompaundokon mérhető ceruzakeményesség a hagyományos típusokhoz képest akár 3–4 kategóriát is javulhat.

Az utóbbi időben a műanyag hulladékok problémaköre felkeltette az érdeklődést a biológiailag lebomló polimerek iránt. A biológiai lebomlást az életciklus végének tekintve, ezek az anyagok jelentős mértékben hozzájárulhatnak a műanyagok körkörös gazdaságához. Sajnos a biológiailag lebomló poliszterek lehetséges alkalmazási területei elég korlátozottak tekinthetők, mivel a tulajdonságaik általában nem érik el azt a szintet, amit a műanyag-feldolgozók és felhasználók a hagyományos hőre lágyuló műanyagoktól elvárnak. Ebben lényeges szerepet játszik, hogy gyakran a felületi tulajdonságaik sem olyan jók, mint az egy adott alkalmazáshoz elvárható lenne. A német **Wacker** vállalatnál két biopoliészterrel, politejsavval (PLA) és 15% kalcium-karbonattal töltött polibutilén-szukcináttal (PBS) kísérleteztek az anyagok karc- és kopásállóságának javítás érdekében. Ehhez *Vinnex 2525* típusú polivinil-acetát homopolimert és *Genioplast Pellet S* típusú szilikonbázisú adalékokat használtak különböző kombinációkban, s megállapították, hogy a biopolimerek felületi érdessége, illetve súrlódási tényezője a két adalék együttes alkalmazása esetén csökkenthető a leginkább. Erichsen karctesztel és DIN 53745 szabvány szerint végzett tömegmérésen alapuló abrazív vizsgálattal kiutatták, hogy az optimális összetétel 10% Vinnex és 2% Genioplast additív bekeverésével érhető el.

Az üvegszálerősítésű polimerek felületi minősége a látszódnó alkatrészek esetében sok esetben elmarad a kívánalmaktól. A durva felszín különösen sok problémát okoz a részben kristályos műanyagoknál, ahol a hűlés során keletkező beszívódások is fokozzák felületi egyenetlenségeket. Az alapanyaggyártó cégek ezért fejlesztéseik során törekednek az üvegszálak kompozitok megjelenését, illetve felületi minőségét javítani. Az **Avient** új hosszúszálerősítésű poliamid (PA) családját *Complēt* néven hozták forgalomba. Ezen nagyszilárdságú, fokozott nedvességállóságú anyagok elérhetők PA6 és PA66 mátrixszal, valamint üvegszál, szénszál vagy hibrid erősítéssel, s fontos jellemzőjük a megfelelően sima, esztétikus felület. Az **EMS-Grivory** szintén rendelkezik akár fém alkatrészek kiváltására is alkalmas üvegszálak poliamiddal, ez *Grivory G7V* típus, amelynek használatával – a csökkentett kristályosodási sebesség miatt – kivételesen sima, fényes felületű alkatrészek gyárthatók. A késletetett megszilárdulás miatt az anyag nagyon jól le tudja követni a szerszámfelületet, így akár egy mikrométer alatt az átlagos felületi egyenetlenség magasság (R_z) is elérhető, ez azonban nem jár ciklusidő növekedéssel.

Az Európai Unió közelgő szigorítása a perfluoroktánsav (PFOA) és hasonló vegyületek kapcsán komoly hatással lehet az adalékként használt csúsztatókra, illetve viaszokra is. Extrém esetben akár a politetrafluoretilén (PTFE) is betiltásra kerülhet. A **Witcom Engineering Plastics** ezért csúsztatók területén elsősorban a teflonmentes adalékok fejlesztésére fókuszál, amelynek felhasználási területei azon iparágak, ahol külső csúsztatóanyag nem használható, pl. persely és vezetőszalagok elektromos autókhoz, vízkezelő rendszerekhez és élelmiszeripari berendezésekhez.

A **Tribotec** is bővíti kínálatát a csúsztató adalékok területén, elsősorban szintetikus fém-szulfidokat fejlesztenek, amelyek kiválthatják a létező grafit és szilikonolaj alapú kenőanyagokat, s kedvezőbb kopási tulajdonságokat biztosítanak a polimer kompaundoknak.

Az olasz **Lati** új poliacetát (POM) alapú keveréket állított elő, amely kedvező tribológiai és mechanikai tulajdonságok mellett a kiváló napfény sugárzás-állósággal is rendelkezik. A belőle készülő alkatrészek nem igényelnek zsírzást vagy egyéb külső kenést, így nincs szükség

rendszeres karbantartásra, illetve tisztításra. Működési hőmérséklettartománya széles, -40 -tól 125 °C-ig használható, s az UV sugárzás mellett a páratartalomnak is ellenáll.

A **Sablc** anyagfejlesztése eredményeként szintén előállított belső csúsztatót tartalmazó szilikon- és teflonmentes amorf kompatibilizált olefin blendet, *LNP Lubriloy N2000* típusnéven. Ezt elsősorban gépjármű beltéri elemek gyártására ajánlja, akár PC/ABS alkatrészek kiváltására is, mivel nagy mértékben csökkenti a súrlódásból származó nyikorgó-csikorgó hangokat. Az anyag a VDA 230-206 előírásai szerint végzett akadozó-csúszás (stick-slip) teszten lényegesen jobban teljesített, mint a hagyományos PC/ABS anyagok.

Az **Imerys** által előállított talkumadalékok, pl. a *Jetfine*, növelhetik a műanyag termékek karcállóságát, így egyre gyakrabban használják őket autóiipari alkalmazásokhoz. A szabadalmaztatott őrlési technológia révén elért szuperfinom szemcseméretnek köszönhetően lényegesen javíthatók a termékek felületi s egyéb mechanikai tulajdonságai is.

A karc- és kopásállóság növelés nem csak a polimer anyagok adalékolásával, hanem a bevonatok fejlesztésével is elérhető. Az **Eckart** új adaléka, a *SynAdd* víz- és oldószeralapú tapadásgátló bevonatokhoz adható, karcállóvá téve azokat, miközben a színt és az átlátszóságot nem befolyásolja.

Az **Igus**, a csapágyak, görgők, csúszóalkatrészek és hasonló kopásálló anyagainak specialistája négy új *Iglide* típusú félkésztermék rudat mutatott be. Ezek a szabadalmaztatott önkenő anyagokat szálakkal, illetve szilárd kenőanyagokkal keverték:

- Az *AC500* típus nagy hőállóságú anyag élelmiszerekkel érintkező perselyekhez és csúszóelemekhez. Ez az FDA-kompatibilis anyag akár 250 °C-ig használható, így például sütősorok csúszóelemeihez illeszkedik. Kimagaslóan magas vegyszerállósággal rendelkezik, így ellenáll az élelmiszeriparban megszokott tisztítószereknek is.
- Az *A250* körrudak olyan alkalmazásokra szolgálnak, mint az élelmiszer- és csomagolóiparban használt szállítógörgők. Alacsony súrlódási jellemzői csökkentik a szállítószalagokhoz szükséges hajtóerőt, és nagy nyomószilárdsága lehetővé teszi a nagy szalagsebesség melletti használatát.
- A *H3* típust agresszív közegekkel való érintkezésre fejlesztették ki szivattyús alkalmazásokhoz, például üzemanyag-szivattyúkban. „Rendkívül strapabíró anyagként” írják le, alacsony nedvességfelvevő képességgel.
- Az *E* típust elsősorban siklócsapágyak gyártásához ajánlják, mivel kiváló kopási tulajdonságokat mutat lineáris forgó mozgások során textil-, csomagolás-, nyomda- és árusítógép-alkalmazásokban.

Összeállította: Dr. Ronkay Ferenc

Germann J., Bensing T., Moneke M.: Correlation between Scratch Behavior and Tensile Properties in Injection Molded and Extruded Polymers = *Polymers*, 2022, Vol. 14, 1016

Holmes M.: Modifying surfaces for performance = *Compounding World*, 2022, 15–30

https://www.eckart.net/kp/en/news/2022_art03

<https://www.imerys.com/markets/plastics/benefits/scratch-mar-resistance>

Naitove M.: New Wear Resistant Bar Stock for Specialty Machined Parts = *Plastics Technology*, 2022

<https://www.ptonline.com/products/new-wear-resistant-bar-stock-for-specialty-machined-parts>