

Komplex hatású csúsztatók

Egyes műanyagtípusok feldolgozásában jelentős szerep jut a csúsztatószereknek. Az alábbiakban olyan adalékokat (fluorozott olajok, montánviasz) ismertetünk, amelyek a műanyag feldolgozásának segítségével túlmenően más tulajdonságokat, pl. a kopásállóságot is előnyösen befolyásolják.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; segédanyagok; csúsztatók; montánviasz; fluorozott olajok; diszpergálás.

Fluorozott olajok

Kémiai hasonlóságuk alapján gyakran folyékony teflonnak is nevezik a *Krytox* márkanevű perfluorpoliétert (PFPE), amely a DuPont *Fluoroguard* családjának egyik fő terméke. A PFPE-t a DuPont az ötvenes évek végén fejlesztette ki magas hőmérsékleten is használható kenőanyag céljára. Először a NASA Apolló programjában alkalmazták, ahol -70 °C és $+400\text{ °C}$ közötti hőmérséklet-tartományban kellett működnie. A PFPE bázisú *Fluoroguard* adalékanyagok kiváló stabilitást mutatnak, gyakorlatilag minden polimerrel, elasztomerrel és a fémekkel is kompatibilisak, nem égnek, kémiaiilag inerteek, víztiszta, szagtalanok. A szokásos oldószerekben nem oldódnak, csak a speciális fluorozott oldószerek oldják.

A *Fluoroguard* hatását egy sor polimer feldolgozhatóságára vizsgálták. Valamennyi esetben megállapították kedvező hatását, ugyanis kenőanyagként javítja a folyási tulajdonságokat, segíti a különböző adalékok diszpergálását, a termék felületére jutva segíti a formaleválasztást. Ezen kívül javítja a késztermék használati tulajdonságait is, elsősorban a felületi tulajdonságokat, így a karcállóságot, a kopásállóságot. A mechanikai tulajdonságokat vagy nem befolyásolja, vagy javítja, például a ciklikus hajlító igénybevétellel szembeni ellenállást (Biegewechselfestigkeit). A *Fluoroguard* család három típusának tulajdonságait az 1. táblázat foglalja össze.

A *Fluoroguard PRO* molekulatömege alacsony, főleg feldolgozást segítő adalékanyagként használják. A *PCA* és az *SG* elsősorban a termék használati tulajdonságaira hat kedvezően. Az *SG* típus tisztított csúsztató, amely az USA-ban kielégíti az orvosi műszerekben és más egészségügyi termékekben, valamint az élelmiszeriparban engedélyezett alkalmazás követelményeit.

A *Fluoroguard* adalékokat a szokásos kompaundálási technológiával viszik be a műanyagokba. A *PCA* és az *SG* típusok nagy hőstabilitásuknak és kis illékonyságuknak köszönhetően 360 °C hőmérsékletig stabilak, a kisebb molekulatömegű *PRO* csak 177 °C alatt alkalmazható. Extrudálásnál a *Fluoroguard* csökkenti a kompaund tapa-

dását a szerszám felületéhez és csökkenti az olvadék viszkozitását. Mindez lehetővé teszi a feldolgozási sebesség növelését.

1. táblázat

A *Fluoroguard* termékcsalád tulajdonságai

Tulajdonság	Mértékegység	PRO	PCA	SG
Átlagos molekulatömeg	g/mol	1375	4800	4950
Illékonyság, 22 h 121 °C-on	%	–	<1,0	<1,0
Kinematikus viszkozitás, 50 °C	mm ² /s	5	101	107
Sűrűség	g/cm ³	1,9	1,9	1,9
Felületi feszültség, 26 °C	mN/m	18	18	18
Törésmutató nD25		1,3	1,3	1,3
Dermedéspont	°C	<-70	<-36	<-36

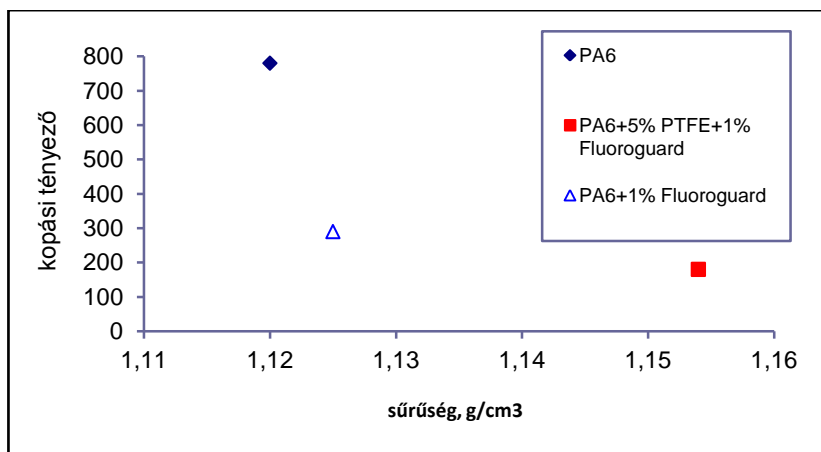
A belsőkenő funkció mellett jelentős a *Fluoroguard felületjavító hatása is*. Már kis koncentrációban (0,1–1,5%) csökken a súrlódás és a kopás, ugyanolyan hatás érhető el, mintha jóval nagyobb mennyiségű *Teflon* port vinnének fel a felületre. A *Teflon* por felvitele ráadásul növeli a kezelt műanyag alkatrész sűrűségét, tömegét. Az 1. ábrán a poliamid példáján látható, hogy 1% *Fluoroguard*-dal csaknem ugyanúgy csökkenthető a kopás, mint 5% *Teflon* porral. Az előnyös hatás a csúsztató alacsonyabb molekulatömegén alapul: a viszonylag rövid molekulaláncok az ömledékből akadálytalanul migrálnak a felületre, és lehülés után az alkalmazott mennyiségtől függően fedik a felületet. 0,1% adagolása esetén a fedettség 35%-os, 0,5%-nál 66%-os és 1,0%-nál már csaknem teljes, 88%. Ezeket az értékeket elektronmikroszkóppal mérték ki PVC lemezen.

TPU esetén folyadékok nedvesítési peremszögének, (kontaktszögének) változásával is igazolták a felület változását. A felületre migráló *Fluoroguard* hatására a felület hidrofób lesz, amint ezt a vízzel szembeni növekvő peremszögértékek mutatják a 2. táblázatban.

2. táblázat

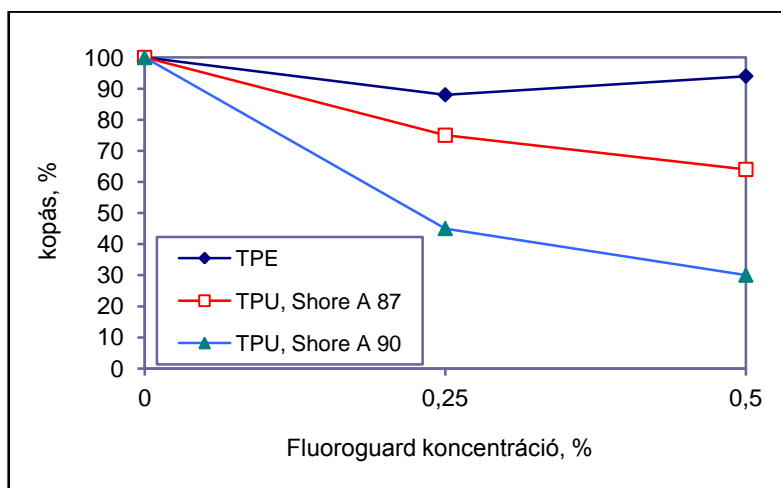
A felület jellegének változása

Anyag	Peremszög, fok	
	Ionmentes víz	Hexadekán
TPU	97	28,7
TPU + 0,25% Fluoroguard	102,7	31,8
TPU + 1,0% Fluoroguard	104,5	33,3

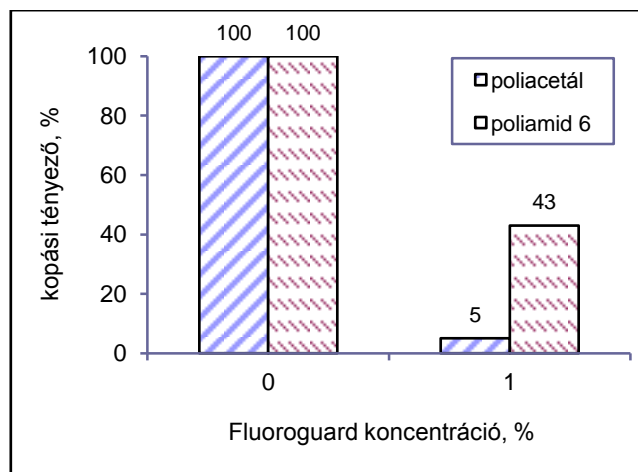


1. ábra Fluortartalmú segédanyagokat tartalmazó poliamid kompaundok kopása és sűrűsége közötti összefüggés

A *Fluoroguard* kopásállóságra gyakorolt hatását a 2. ábra mutatja különböző termoplasztikus elasztomereken. A Taber koptatóvizsgálat eredményei azt mutatják, hogy a fluortartalmú adalék 10–60%-kal képes a kopást csökkenteni. A 3. ábra szerint a *Fluoroguard* a mozgó alkatrészek gyártására használt műszaki műanyagok kopásállóságát is jelentősen növeli: poliacetál [poli(oxi-metilén)] acéllal szembeni kopása 90, poliamidé 60%-kal csökkent 1% fluorozott adalékanyag hatására. A kopásállósághoz hasonlóan javul a felületek karcállósága, sőt a migrációnak köszönhetően a bekövetkezett sérülések után is végbemegy a felületek bizonyos helyreállítása.



2. ábra A PFPE adalékanyagok koncentrációjának hatása különböző termoplasztikus elasztomerek kopására (mérési módszer: Taber kopásvizsgálat)



3. ábra A PFPE adalékanyag hatása műszaki műanyagok kopási tulajdonságára (ASTM 3702, koptatás acélon, 2,76 bar, 0,254 m/s)

A felületi tulajdonságokon túl a mechanikai tulajdonságok is változnak, bár legtöbbször kis mértékben. A TPE és TPU mechanikai tulajdonságait a 3. táblázat mutatja. A *Fluoroguard* hatása fóliáknál érthetően nagyobb: 0,1% *Fluoroguard* az SEBS (sztirol/etilén-butilén/sztirol kopolimer) rugalmas fólia húzószilárdságát 93%-kal, a PEBA (poliéteramid blokk-kopolimer) fóliáét 20%-kal növeli.

3. táblázat

TPU és TPE mechanikai tulajdonságai különböző koncentrációban adagolt *Fluoroguard* hatására

Műanyag	Fluoroguard %	Húzószilárdság MPa	Szakadási nyúlás %
TPU	0,00	52,8	737
	0,25	56,1	910
	0,5	53,2	490
TPE	0,00	22,3	808
	0,25	25,9	892
	0,5	25,7	880

A vizsgált műszaki műanyagoknál vagy jelentős javulás tapasztalható (pl. poliacetálnál), vagy mint a poliamidnál és más műanyagoknál is, a mechanikai tulajdonságok nagyjából változatlanok maradnak, amint ez a 4. táblázat adataiból látható.

Poliacetál és poliamid mechanikai tulajdonságai

Műanyag	Fluoroguard %	Szakítószilárdság MPa	Nyúlás %	Hajlítószilárdság GPa	Ütésállóság* J/m	Feldolgozási zsugorodás %
Poliacetál	0,0	63,7	9,9	2,6	24,6	2,38
	0,5	63,9	10	2,8	31,3	2,05
Poliamid	0,0	83,9	10	3,1	42,7	1,52
	0,5	79,0	8,3	3,0	38,5	1,37

* Izod módszerrel mérve.

A montánviasz, mint műanyagipari segédanyag

A csúsztatóként alkalmazható montánviasz alapanyaga a több millió éves növények gyantáiból, zsírjából, viaszából keletkezett, amely barnaszénnel együtt fordul elő; a bitumenben gazdag barnaszénből extrakcióval nyerik ki. *A montánviasz hosszú szénláncú zsírsavak hosszú szénláncú alkoholokkal alkotott észtereinek elegye.* A viaszok leggyakoribbja éppen a montánsav, amelynek összegképlete $C_{28}H_{56}O_2$. Közép-Németország barnaszéneinek viasztartalma különösen magas, és az ismert készletek várhatóan 2030-ig rendelkezésre állnak.

A nyers montánviaszból elszappanosítással, oxidációval először világos színű anyagot állítanak elő, amely főleg 22–34 közötti szénatomszámú zsírsavakból áll. Ebből állítják elő átészterezéssel és más műveletekkel a részben szintetikus montánviasz alapú csúsztatókat, amelyek megfelelő keménységűek, világos színűek.

A szokásos műanyagipari csúsztatóknál megkülönböztetik a belső és a külső csúsztató hatást. A külső csúsztatók a műanyagömlékben nem oldódnak, a feldolgozás során ezért a felületre migrálnak, és ott például leválasztószerként működnek. Ezzel ellentétben a belső csúsztatószer a polimerrészecskék közötti súrlódást csökkentik, ezzel javítják a folyási tulajdonságokat és az ömlék homogenitását. A belső csúsztató hatáshoz a polimer és az adalék polaritásának hasonlónak kell lennie, hogy a csúsztatószer legalább részben oldódjon a polimerben.

A montánviasz szerkezete alapján kettős polaritású, hiszen a nagyon hosszú szénlánc apoláros, a karboxilcsoportok, az észtercsoportok pedig erősen polárosak. Ennek alapján *a montánviasz-alapú segédanyag mind belső, mind külső csúsztató hatást is kifejt.* Poláros csoportjai révén a PVC-ben csökkenti a polimerrészecskék közötti súrlódást és ezáltal a nyírás miatti felmelegedést. Ez különösen a fröccsöntésnél, alacsony viszkozitást igénylő esetekben fontos. A montánviasz apoláros része a határfelületen dúsul fel, leválasztószerként funkcionál, és ugyanakkor a késztermék felületi tulajdonságait is javítja.

A montánviasz alapján előállítható segédanyagokat nemcsak csúsztatószerként használják. A *montánsav kalciumsója gócképzőként is hat*, ezért adagolják kristályos hőre lágyuló műanyagokhoz, például poliamidhoz, a kristályosodás és ezzel az egész folyamat gyorsításának érdekében. Színes mesterkeverékekben a montánviasz fő funkciója a diszpergálás, mivel nedvesíti a pigment részecskéket, és ezáltal segíti a diszpergálást, megakadályozza az agglomerátumok képződését. Mindez felhasználáskor a színes késztermékek erősebb és egyenletesebb színét eredményezi.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Bosler, S.: Wirken wie geschmiert. Fluorierte Öle = Kunststoffe, 104. k. 1. sz. 2014. p. 58–60.

Matthies, L., Preusser, F.: Mehr als nur ein Gleitmittel. Montanwachse = Kunststoffe, 103. k. 11. sz. 2013. p. 96–97.