

Műanyagok felületének aktiválása

Számos műanyag felületére apoláris jellege miatt rosszul tapadnak a lakkok, festékek, ragasztók, ezért a felületet különböző eljárásokkal aktiválják. Az aktiválásnak nemcsak hatékonynak, de energiatakarékosnak is kell lennie, ezért a fejlesztés folyamatos. Egy cég többféle műanyagot többféle eljárással aktivált, és vizsgálta a kezelés hatását a felületi energiára és a lakkok tapadására.

Tárgyszavak: műanyag; felületi energia; nedvesíthetőség; aktiválás; plazmatechnológia; láng hatás; koronakisülés; lakkozás; ragasztás; tapadás.

A műanyagokat gyakran kell lakkozni, nyomtatni, ragasztani, de ez néha nem könnyű feladat. A lakkok, a festékek, a ragasztók legtöbbször folyékony anyagok, amelyek csak akkor használhatók, ha szétterülnek a felületen, azaz jól nedvesítik azt. *Ma előnyben részesítik a környezetbarát vizes közegű lakkokat, festékeket, ezért a műanyagok felületének jól nedvesedőnek (hidrofílnak) kell lenniük, de azok gyakran víztaszítóak (hidrofóbok vagy szuperfóbok).* A nedvesíthetőséget a felületre ejtett folyadéksepp alakja mutatja. Hidrofil felületen a csepp lencseszerűen szétterül, hidrofób felületen félgömb, szuperfób felületen gömbszerű alakot vesz fel. A nedvesíthetőség mérőszáma a szilárd és folyékony fázis érintkezési pontjához húzott érintő és a felület által bezárt szög, amely 5° és közelítőleg 180° között változhat. A rosszul nedvesedő felületeket különféle eljárásokkal (kisnyomású plazmás eljárásokkal, nyílt lángos kezeléssel, koronakisüléssel, fluorozással) aktiválják festés vagy ragasztás előtt.

A szilárd és folyékony anyagokban kohéziós erők tartják össze a molekulákat, és a felületük közelében befelé irányuló erőket le kell győzni, hogy molekuláik egy másik anyaggal lépjenek kölcsönhatásba. Az ún. felületi energia a kohézió eredménye; a felület megnöveléséhez munkát kell kifejtteni. A felületi feszültség (vagy felületi energia, ill. energiasűrűség) (s) a felületnövekedés (dW) és az ehhez szükséges munka (dA) hányadosa:

$$s = dW/dA, \text{ dimenziója mN/m.}$$

A felületi feszültség az ún. poláris és diszperz komponensből tevődik össze. Az előbbi a felületek molekuláit alkotó atomok eltérő elektronegatív jellege miatt létrejövő dipólusokból ered, az utóbbi az időlegesen kialakuló aszimmetrikus töltéseloszlás eredménye, és valamennyi molekula részt vesz a kialakulásában.

A felületaktiválás újabb fejlesztései

Korszerű égő a lángkezeléshez

A felületaktiválás legrégebbi módja a felület nyílt lánggal való érintkeztetése, amelynek hatására nanoméretű vastagságban aktív csoportok képződnek a műanyag felületén. Ennek a módszernek az alkalmazásakor kényesen kell ügyelni arra, hogy a termikus hatás ne károsítsa a felületet, és egyre fontosabb szempont az is, hogy az eljárás kellőképpen energiatakarékos legyen, és a lehető legkevesebb szén-dioxid kerüljön a levegőbe.

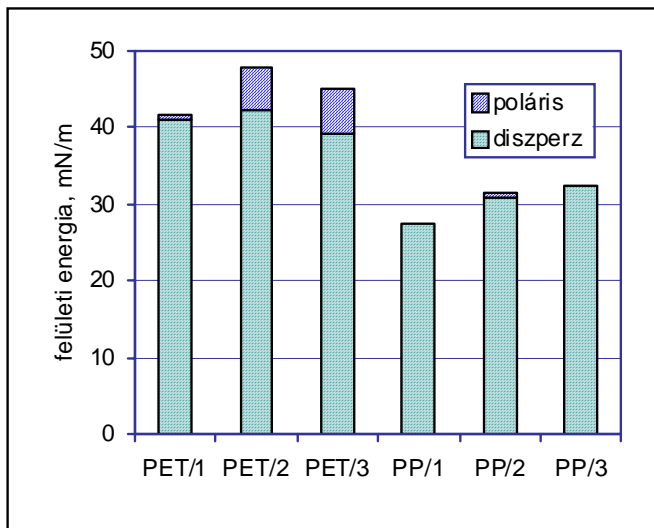
Sík felületű formadarabok aktiválására a legáltalánosabb forma az ún. *szalagégő* (Bandbrenner), amelyen számos furatból (fúvókából) áramlik ki a gáz/levegő elegy, és a felület a kezelés alatt sorokba rendezett számos lángnyelvvel érintkezik. Alkalmaznak kerek furatokkal ellátott ún. *csőégőket* és *fólia- vagy réségőket* is, de számtalan más forma is létezik, amelyekben igyekeznek az egyedi lángokat a forma mentén a lehető legegyszerűsebben elosztani. Ennek ellenére a legtöbb esetben meglehetősen inhomogén a lánghatás. Ennek elsősorban a néhány nm-től 100 nm-ig terjedő vastagságú bevonatok felvitelekor van jelentősége, mert kifogástalan optikai hatású bevonatot nagyon nehéz készíteni inhomogén lánghatással kezelt felületen.

A forgalomban lévő égők legtöbbje nagy teljesítménnyel dolgozik, sok energiát fogyaszt. Érzékeny műanyagok vagy korszerű technológia (pl. *CCVD – combustion chemical vapor deposition – amelyben fém- vagy szilícium-oxidokat lángpirolízissel visznek fel a felületre*) esetében ezek nem alkalmazhatók, mert megégetik a polimert, vagy a CCVD eljárásban egyenetlen, csíkos bevonatot adnak. A hagyományos égők nagyon sok gázt fogyasztanak. Az egyenetlesebb bevonat érdekében az égő távolsága 10–40 mm, emiatt jelentős az energiaveszteség.

A jénai **Innovent e.V.**-nél kifejlesztettek egy ún. *homogenizátort*, amelynek segítségével a hagyományos égők energiafelhasználásának töredékével tudnak egyenetles rétegeket kialakítani. A homogenizátor lényegében az égőre helyezett két lemez, amely nagyon finoman osztja el sok kis lángocskára a felületen a lángot.

Az igazi újdonság azonban az ún. *lamellás égő*. Ennek lényege egy viszonylag nagy méretű gáztartály, amelyet fémfóliából kialakított lamellarendszerrel töltenek ki. Az égő egyedi lángsor helyett vonalszerű réslángot ad. Egymás mellett több ilyen vonalszerű láng is kialakítható. Az égő modulrendszerű, és a lamellaforma változtatásával (a töltet cseréjével) az égő a feladatnak megfelelően optimalizálható. Az első kísérletek tapasztalatai szerint egy 30 cm széles gáz/levegő égő a szalagégők 13–15 kW-os teljesítményével szemben 1–2 kW teljesítménnyel üzemeltethető.

A kutatók mérték kezeletlen, szalagégővel, ill. homogenizátort tartalmazó gáz-égővel kezelt PET és PP próbatestek felületi energiájának diszperz és poláris részét. Az *1. ábrán* látható, hogy a szalagégővel és a homogenizátort tartalmazó égővel összehasonlítható változásokat értek el, de míg az égő teljesítményéből, az érintkezési időből és a felület nagyságából kiszámított energiafelhasználás a szalagégő alkalmazásakor kb. 1 J/mm² volt, a homogenizátort tartalmazó égőnél csak 0,6 J/mm², azaz az utóbbi 40%-kal kevesebb energiával aktiválta a felületet.



1. ábra
 PET és PP felületi energiája kezeletlen állapotban (1), szalagégős kezelés után (2) és homogenizátoros égővel végzett kezelés után (3)

A fluoros felületkezelés előnyei

Úgy tűnik, hogy növekszik az érdeklődés a *fluorgázás felületkezelés* iránt. Ebben a szakaszos eljárásban a kezelendő tárgyat reakciókamrába helyezik, a kamra nyomását kb. 100 Pa-ra csökkentik, majd a teret fluor/nitrogén gázeleggyel töltik ki, amelyet a kezelés teljes időtartama alatt cirkuláltatnak. A kezelést követően a kamrát egymás után többször leszívják és levegővel töltik fel úgy, hogy az utolsó leszívott levegőben már ne legyen kimutatható a fluor. A leszívott gázelegyet abszorberen engedik át, amelyben a fluor és reakciótermékei kalcium-fluorid formájában maradnak vissza.

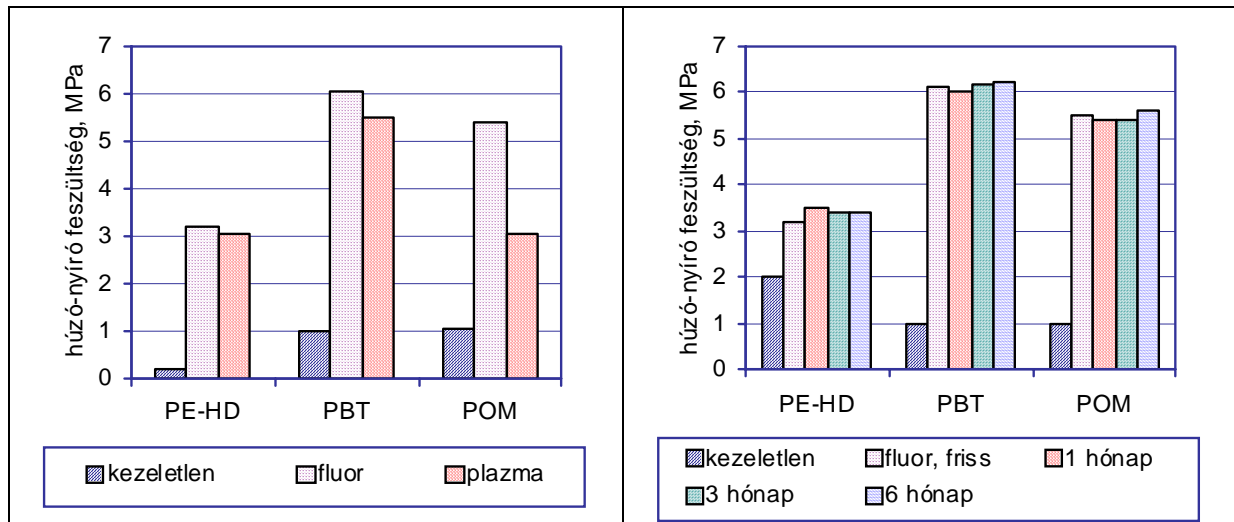
A kezelés hatására a polimer felületének polimerláncáiban a hidrogénatomok egy része fluor- vagy oxigénatommal cserélődik le, ami növeli a felület poláris jellegét, ezáltal pedig a nedvesíthetőségét. *Fluorozás hatására a legtöbb műanyag felületi feszültsége 60–70 mN/m-re növekszik, amely lényegesen magasabb a lakkok többnyire 45 mN/m körüli felületi feszültségénél.*

A gázfázisú fluorozás előnye, hogy független a darab geometriájától, egyenletesen hat a darab teljes felületére, és kis darabok halmozva is kezelhetők.

A **PP Maincor** cég és a **Erlang-Nürnbergi Egyetem** kutatói kezeletlen, kisnyomású plazmás eljárással és fluorozással aktivált PE-HD, PBT és POM próbatesteket ragasztottak össze átlapolással kétkomponensű epoxigyantával, majd térhálósítás után mérték a töréshez szükséges húzó-nyíró feszültséget. A fluorozással aktivált próbatestek egy részét 1–3–6 hónapos tárolás után ragasztották össze. A vizsgálati eredmények a *2. ábrán* láthatók. Mindhárom polimer fluorozással adta a legnagyobb ragasztási szilárdságot (a polietilén 10-szer, a többi műanyag 5-ször nagyobbat, mint kezeletlen állapotban).

A többi felületkezeléssel ellentétben a fluoros kezelés hatása tartós: a 6 hónapig tárolt próbatestek ragasztási szilárdsága kicsit nagyobb vagy azonos volt a kezelés után azonnal összeragasztott próbatestekénél. Ennek oka az, hogy a szokásos felületkezelé-

sek a felület mindössze 10–20 nm-es mélységéig hoznak létre kémiai változást, a fluorozás 2–5 µm-es mélységig hatol be. Gázfázisú fluorozással számos esetben megtakarítható a lakkozás előtti alapozás, aminek különösen a gépkocsigyártásban (utastér poliolefinelemeinek lakkozása, pelyhesítése; záróréteg felvitele a lágyítópárolgás csökkentésére; TPE, EPDM tömítések bevonása funkcióslakkal; bőrbevonat ragasztása műanyagra) veszik hasznát.



2. ábra Átlapolással ragasztott műanyag próbatestek húzó-nyíró feszültsége töréskor különböző módon végzett felületkezelések (bal oldali kép; ragasztás a felületkezelés után), ill.a fluorozást követő különböző időtartamú tárolás után (jobb oldali kép, ragasztás a tárolás végén)

Különböző műanyagok felületi feszültsége különböző felületkezelések után

A felületi feszültség (felületi energia) két komponensének viszonyát, és hatásukat a felületre felvitt lakkok tapadására különböző műanyagokon [polietilén (PE), polipropilén (PP), poli(etilén-tereftalát) (PET), poli(oxi-metilén) (POM), poliamid (PA), poli(tetrafluor-etilén) (PTFE)] különféle felületkezelések után a jénai **Innovent e.V.**-nél vizsgálták. A próbatesteket felületkezelés (aktiválás) előtt mechanikai tisztítás nélkül, köztes szárítással izopropil-alkohollal kétszer leöblítették. A felületkezelést alapvetően négyféle módszerrel végezték: kisnyomású mikrohullámú (MW) plazmával (I), radiofrekvenciás (rf) plazmával (II), közvetlen lánghatással vagy koronakisüléssel (III) és fluorozással (IV). Ezen belül a kezelés körülményeinek változtatásával megsokszorozták a felületkezelések módját.

A kisnyomású MW és rf plazmával végzett kezeléseknél 1,5 mbar nyomással dolgoztak, az rf-plazmás kezeléskor 13,56 MHz frekvenciát és 300 W teljesítményt al-

kalmaztak. A kezeléseket levegőben (a), nedves levegőben (70 °C-on) (b), argon (c), oxigén (d) és nitrogén (f) atmoszférában végezték 10 s-ig.

Atmoszferikus nyomáson hajtották végre a közvetlen *lángolást* (g) és ennek ún. *Pyrosil* változatát (h). Az utóbbi eljárásban szilikonvegyületet adagolnak a lángba, ennek hatására a műanyag felületén térhálós amorf SiO_x réteg alakul ki. Az előbbiben propángáz (8 l/min) és levegő (200 l/min) keverékét gyújtották meg, az utóbbiban ehhez 0,4 l/min SiO_x monomert tartalmazó vivőgázt adagoltak. Az égő és a műanyagfelület távolsága 20 mm, a láng mozgásának sebessége a műanyagtól függően 150–350 mm/s volt.

Ugyancsak atmoszferikus nyomással végzik a plazmatechnikai eljárások közé tartozó, ún. *barrier-töltésmentesítést* (*Barrierentladung*)(i). A nagy energiájú elektronok gázmolekulákkal ütközve oxidatív és redukív gyököket hoznak létre. Az eljárást jelenleg a kipufogógázok káros anyagainak semlegesítésére reklámozzák. A felületkezelést 275 mm/s sebesség mellett 4 kW teljesítménnyel, 3 mm-es távolsággal végezték. Atmoszferikus plazmás felületkezelés a *Tepla módszer* (k), amelyet a **PVA TePla** cég (Feldkirchen) *PlasmaPen* nevű készülékével lehet kivitelezni. Ehhez levegőt, 5 mm-es távolságot, 100 mm/s-os sebességet választottak.

A koronakisüléssel végzett aktiváláshoz a kutatók az **arcotec GmbH Arcojet** nevű berendezését (l) használták 0,2 bar túlnyomással, felülettől 10 mm-es távolságban. A kezelendő felületet 160 mm/s sebességgel kétszer húzták el a berendezés alatt.

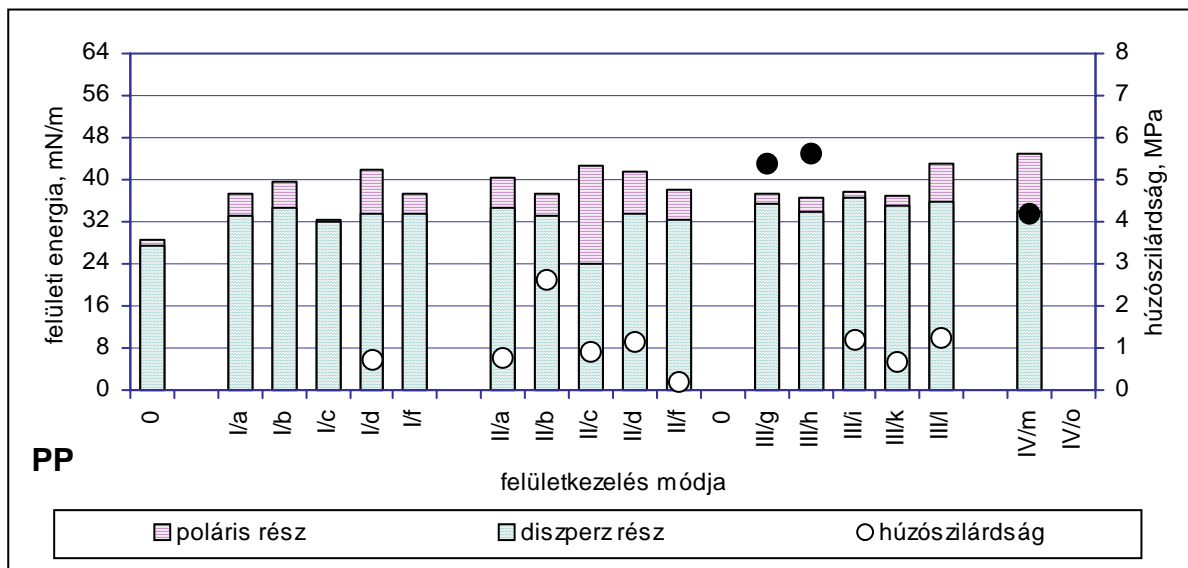
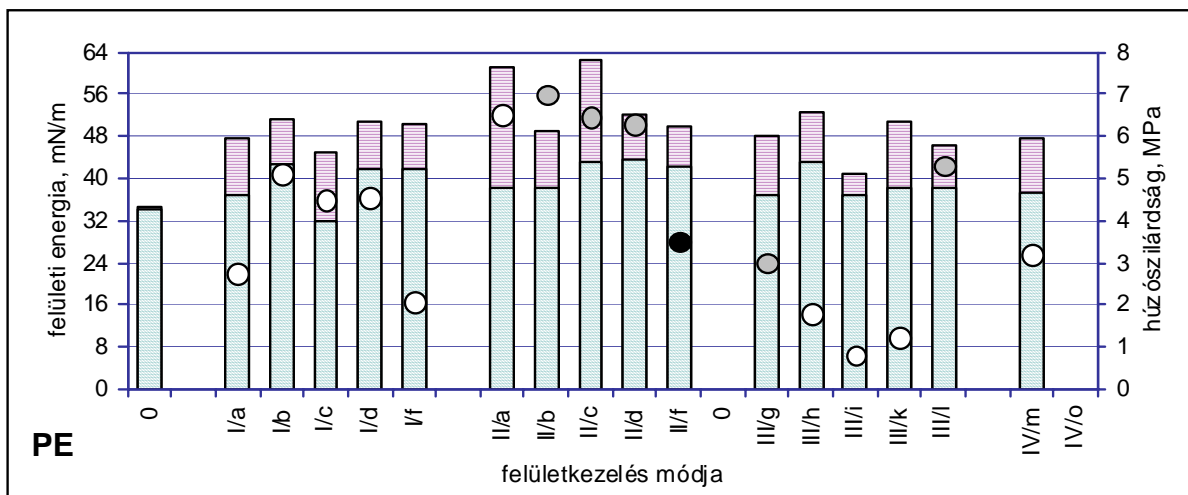
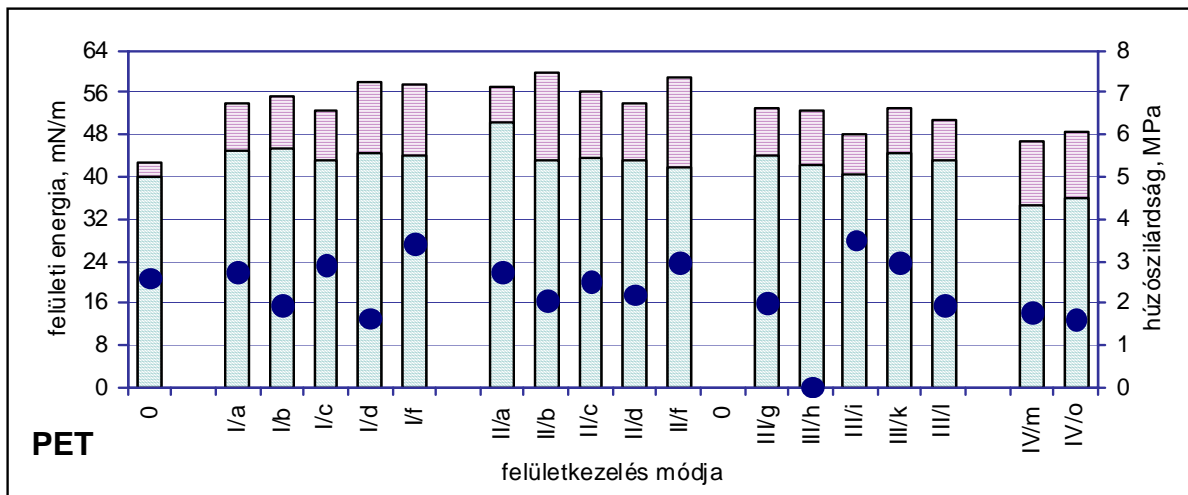
A *fluorozást* (m, o) a **Fluor Technik System GmbH** (Lauterbach) reaktoraiban, vákuumozás után, fluor/nitrogén keverékében néhány perces kezeléssel hajtották végre.

A nedvesíthetőséget a felület aktiválása után 10 perccel, a fluorozott felületeken kb. egy hét után mérték különböző folyadékokkal (víz, etilén-glikol, tiodiglikol, diizodmetán); a felületre cseppentett folyadékok nedvesítési szögét (10 csepp átlagként) a **DataPhysics Instrument GmbH** (Filderstadt) *OCA 15* jelű berendezésével mérték és a felületi energiát ugyanennek a cégnek a szoftverjével számították ki. A kapott értékeket átlagolták.

A PET, a PE és a PP felületi energiáját a 3. *ábra* mutatja. Látható, hogy a *PET* összes felületi energiája jelentősen nőtt az aktiválás hatására. Különösen jó hatásfokot értek el rf-plazmával, ahol a felületi energia a kezeletlen mintához képest majdnem 60 mN/m-rel (kb. 40%-kal) nőtt, de atmoszferikus nyomású plazmával is megközelítették az 50%-os növekedést. A növekedést a felületi energia poláris és diszperz részében is meg lehetett figyelni. .

A *PE*-t ugyancsak könnyen lehetett aktiválni, mindkét energiakomponens jelentős mértékben növekedett, rf-plazmakezelés hatására levegőben és argonban közelítőleg megduplázódott. A legkisebb hatásfokot a barrier-töltésmentesítés adta.

A *PP* is viszonylag jól aktiválható, itt elérhető a felületi energia 40%-os növekedése. Kiemelkedő az rf-plazmás kezelés és a fluoros kezelés poláris részt növelő hatása. Hasonló az ábrák között nem szereplő POM viselkedése; ennél az rf-plazmás kezelés adott kiemelkedő értéket, a fluoros kezelés ezzel szemben kevésbé volt hatásos.

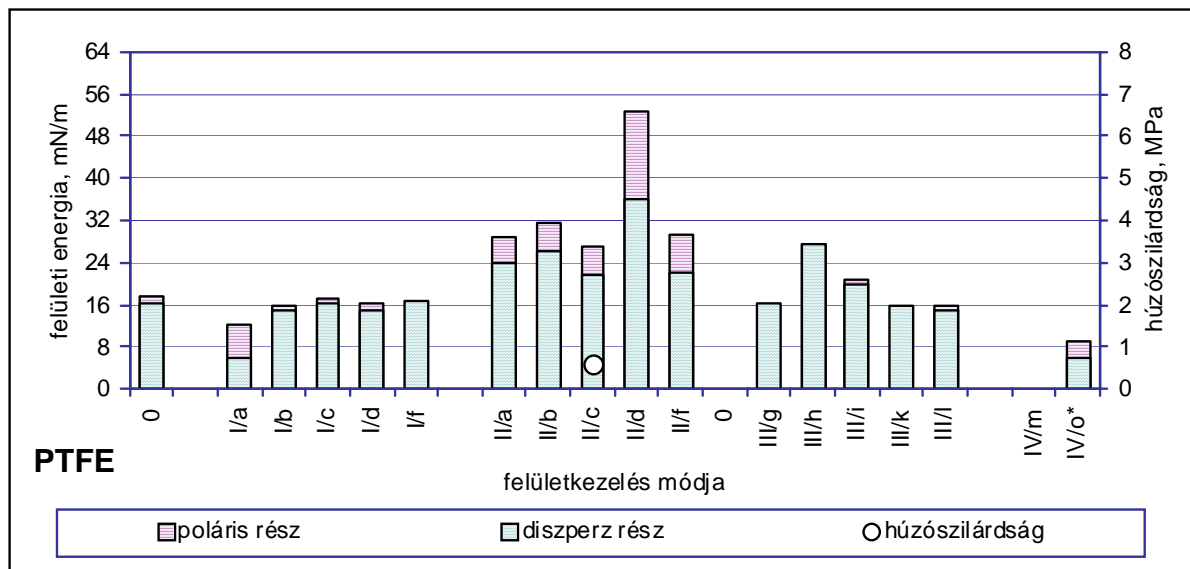


3. ábra A felületkezelés nélküli és a különböző módon felületkezelt PET, PE és PP felületi energiájának poláris és diszperz része, továbbá a felületre felvitt lakkrétegre ragasztott fémrúd leszakításához szükséges húzófeszültség

A 3. ábrához tartozó jelölések: 0 – felületkezelés nélkül, I – MW-plazma, II – rf-plazma (a-levegő, b–levegő+vízgőz elegye 70 °C-on, c-argon, d-oxigén, f-nitrogén). III – kezelés atmoszférikus nyomás alatt (g-lánggal, h-Pyrosil-adalékos lánggal, i-barrier-töltésmentesítéssel, k-Tepla eljárással, l-Arcojet eljárással), IV – fluorozás (m-3% F₂, 180 s, o-5% F₂, 300 s). Törésforma: adhéziós - fehér kör, kohéziós - fekete kör, vegyes - szürke kör.

A poláris *PA* felületi energiája kezelés nélkül is 45 mN/m körül van, és aktiválás hatására csak keveset nő. A legjobb hatásfokot (58 mN/m-t) itt MW-plazmával érték el oxigénatmoszférában és rf-plazmával. Ezen a műanyagon a felületi energia diszperz része keveset változott, az energianövekedést szinte kizárólag a poláris rész növekedése okozta. Ezt különösen fluorozáskor figyelték meg.

A 4. ábrából látható, hogy a PTFE aktiválása kemény dió. Egyedül rf-plazmás kezeléssel, oxigénben lehetett nagyobb felületi energiát mérni. A felületi energia növekedése ennél a műanyagnál elsősorban a diszperz rész növekedésének köszönhető. A fluorozás nem növeli, hanem csökkenti a felületi energiát.



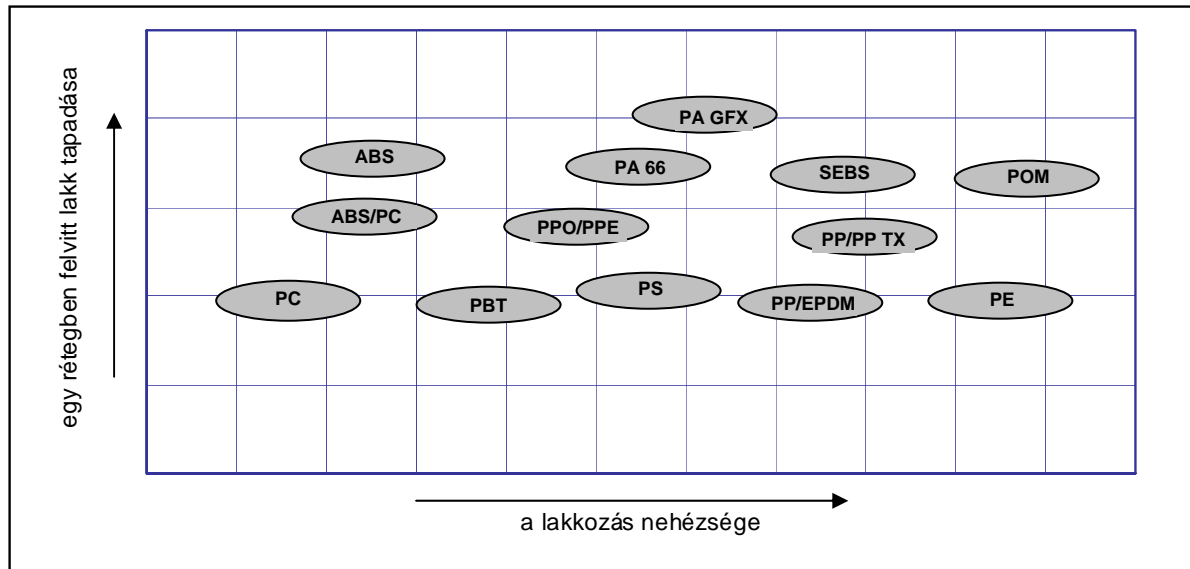
4. ábra A felületkezelés nélküli és a különböző módon felületkezelt PTFE felületi energiájának poláris és diszpergált részaránya, továbbá a felületre felvitt lakkrétegre ragasztott fémrúd leszakításához szükséges húzófeszültség (csak II/c kezelést kapott mintákon mérhető).

Jelölések azonosak a 3. ábráéval. *IV/o: 600 s-ig tartó kezelés

A felületi energia és a felhordott lakk tapadása közötti összefüggés vizsgálata

A műanyagok felületét különböző céllal lakkozhatják. A lakkréteg része lehet a megjelenésnek (fémes vagy bőrszerű küllem, kellemes fogás, szokatlan színhatás),

növelheti a felület minőségét (fényállóság, vegyszerállóság, mechanikai védelem), de lehet különleges funkciója is (lézerbevonat, alacsony hőmérsékleten is rugalmas viselkedés, elektromágneses védelem, csúszásmentesség stb.). A különböző műanyagok felületére könnyebben vagy nehezebben (pl. csak megfelelő felületkezelés, alapozás, aktiválás után) vihető fel a lakkréteg, és annak tapadása is nagy eltéréseket mutathat. Az 5. ábra többféle műanyag lakkozhatóságáról ad hozzávetőleges képet.



5. ábra Különböző polimerekre felvitt egyrétegű lakkréteg egymáshoz viszonyított tapadása és a lakkozás nehézsége

Az **Innovent e.V.** kutatói az előbbieken részletezett módon felületkezelt 50x50 mm²-es műanyag próbatestek felületére vízzel hígítható poliuretánalapú lakkréteget (*Alexit Decorlack 341-34*, a **Mankiewicz Gebr. & Co.** gyártmánya) vittek fel szórópisztollyal, majd arra szárítás, vizes öblítés, dörzspapírral végzett csiszolás és propánlánggal végzett aktiválás után merőlegesen 20 mm átmérőjű rozsdamentes acélhengert ragasztottak kétkomponensű ragasztóval (*Scotch-Weld DP460*, gyártja **3M**). Az így előkészített mintákat a fémhenger tengelyének irányában húzóterhelésnek vetették alá, amelyet törésig folytattak. A törési felület jellege szerint megkülönböztettek ún. *adhéziós törést (A)*, amikor a szétválás a polimer és a lakkréteg határfelületén következett be; ilyen típusú törés a gyengén tapadó lakkokra jellemző, és a töréskor mért húzófeszültség legtöbbször nem haladta meg a 2 MPa-t. A *kohéziós törés (K)* a lakkrétegen belül okozott szétválást. A 3–4. ábra kör formájában mutatja az egyes próbatesteken mért húzószilárdságot, a kör színe jelzi a törés jellegét.

A kutatók a felületkezelés módjának a lakk tapadására gyakorolt hatása mellett azt is vizsgálták, hogy mennyire igazolható az a szakirodalomban leírt megfigyelés, amely szerint a felületi energia poláris része és a lakk tapadása között összefüggés volna.

A *PET-en* csak részlegesen észleltek ilyen korrelációt. Az MW-plazmás és rf-plazmás kezelés nitrogénközegben magas poláris energiahányadot eredményezett, és itt a próbatesten a PET többi értékéhez képest viszonylag magas, 3 MPa körüli törési feszültséget mértek. Mérsékletesebb poláris hányad mellett viszont kiemelkedő törési szilárdságot adtak a barrier-töltésmentesítéssel és jót a Tepla-eljárással aktivált próbatestek. A törések túlnyomó része kohéziós törés volt; a PET-en tulajdonképpen felületkezelés nélkül is erősen megtapadt a lakk. Egyedül a fluorozással kezelt felületen észleltek vegyes (adhéziós és kohéziós) töréseket.

A *PE-re* felültkezelés nélkül egyáltalán nem lehetett lakkot felvinni. A felületi energia poláris összetevője és a törési feszültség között itt is bizonytalan az összefüggés. Egyrészt a legnagyobb poláris hányad (kb. 20 mN/m rf-plazmával levegőben és argonban) mellett mérték a legnagyobb, 6 MPa feletti törési feszültségeket, másrészt a nedves levegőben vagy oxigénben végzett kezeléseket után a poláris hányad 10 mN/m körüli értéke ellenére is nagy volt a tapadási szilárdság. Az atmoszferikus nyomáson és a fluorgázzal végzett felületkezelésekkel jóval gyengébb eredményeket kaptak.

A *PP-nél* még kevésbé igazolódott a feltételezett összefüggés. Az rf-plazmás kezelés argonban jelentősen növelte ugyan a felületi energia poláris részét, a törési feszültség ennek ellenére csekélynek bizonyult. Ennek a polimernek a legjobb hatású felületkezelése a kétféle lángthatás volt, ahol alig növekedett a poláris felületi energia, de 5 MPa körüli kohéziós törési feszültségeket mértek. Ebben az esetben a fluorozás is jó eredményt adott.

Igen jelentős poláris energianövekedést mértek a *POM* mintákon, de a legnagyobb törési szilárdság (MW-plazmás kezeléssel nedves levegőben vagy oxigénben, továbbá rf-plazmás kezeléssel argonban) 1,5 MPa körül volt. Korreláció a *PA-nál* sem volt felfedezhető. Ez a polimer ugyancsak felületkezelés nélkül is lakkozható, de a tapadási szilárdság kisebb, mint 1 MPa. MW-plazmás eljárásokkal kapták a legjobb eredményeket, de itt sem mértek 2 MPa-nál magasabb értékeket. A törések vegyesen adhéziós és kohéziós jellegűek voltak.

A 4. ábrán látható, hogy a PTFE poláris felületi energiája ugyan növekszik egyes felületkezelések hatására, de ez nem növeli a lakk tapadását. Fluortartalmú polimerek felületére csak plazmapolimerizációval lehet jól tapadó védőréteget felvinni. A kutatók egy korábbi kísérletsorozatukban argon/oxigénplazmás előkezelést követő szénhidrogén-tartalmú plazmával felvitt ragasztóréteg tapadását mérték. PTFE-en 17 MPa, FEP-en 25 MPa törési szilárdságot értek el.

Összeállította: Pál Károlyné

Stuppert, Th.; Heft, A.: Kunststoff im Feuer. = Kunststoffe, 99. k. 1. sz. 2009. p. 14–16.

Zeiler, Th.: Haftpflicht. = Plastverarbeiter, 58. k. 9. sz. 2007. p. 120–122.

Pfuch, A.; Heft, A. stb.: Effizienz der Vorbehandlung. = Kunststoffe, 96. k. 3. sz. 2006. p. 147–150.

Wahre Schönheit kommt nicht von innen. = Kunststoffe, 97. k. 4. sz. 2007. p. 43–44.

Pfuch, A.; Schiemann, S. stb.: Zerreißprobe für den Lack. = Kunststoffe, 97. k. 4. sz. 2007. p. 30–34.

Röviden...

Színes műanyag lemezek a Röchling cégtől – már Magyarországon is kaphatók

A **Quattroplast Kft.** bővítette kínálatát a **Röchling Engineering Plastics KG** kreatív *Polystone® Play-Tec* színes lemezeivel. A lemezek alkalmasak játszóeszközök, pl. kültéri hinták, csúszdák, játszóházak építésére, de számos más célra is használhatók: táblák és kijelzők, óvodai felszerelések, díszítőelemek, wellness- és uszoda-létesítmények felszerelése készíthetők belőlük.

A *Polystone® Play-Tec* lemezeket különösen olyan felhasználásra ajánlják, ahol eddig rétegelt fa vagy MDF lemezeket használtak, amelyeket lakkozni kellett a megmunkálás után. Ezek a lemezek a lakkozás ellenére a használat során karcolódtak, a lakkozás lekopott, és a beszivárgó víz az anyag duzzadásához, tönkremeneteléhez vezetett.

A *Polystone® Play-Tec* lemezeket folyamatos üzemű extrúziós technológiával állítják elő. A gyártási folyamatban a lemezek mindkét felületét speciális érdesítéssel látják el.

A *Polystone® Play-Tec* lemezek egyszínű vagy kétszínű koextrudált, háromrétegű változatban kaphatók. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a mintegy 2 mm vastag külső rétegek alatt más színű lemezmag van. Ez kreatív lehetőségeket kínál: 3 mm mély marás esetén előtűnik a lemezmag – így a felületeken könnyen alakíthatók ki kontúrok. A kialakításhoz más elemek nyomtatása, felragasztása vagy felcsavarozása felesleges.

Raktárról a lemezek 12-féle színben kaphatók, de a megrendelő kívánságára egyedi színek gyártására is van lehetőség. A színárnyalatoknak nincs határa, az élénk színesektől a visszafogott pasztell árnyalatokig terjednek. A lemezek standard mérete: 2440x1220x19 mm.

A *Polystone® Play-Tec* lemezek előnyös tulajdonságai:

- nincs szükség lakkozásra, a homogén színezés miatt nincsenek lekopások,
- nincs vízfelvétel, a lemezek mérettartóak és felületük nem pattogzik le,
- nincs szálla okozta sérülésveszély,
- fiziológiailag semlegesek,
- baktériumok, mohák vagy gombák nem károsítják (nincs táptalajuk),
- vegyszereknek ellenállnak,
- jó a mechanikai szilárdságuk,
- fantáziadús kétszínű felületek alakíthatók ki marással,
- egyszerű a megmunkálásuk a fafeldolgozáshoz használt szerszámokkal.

A *Polystone® Play-Tec* lemezeket a **TÜV NORD CERT GmbH** minősítette a játékok biztonságos használatára vonatkozó DIN EN 71-3, -9, -10 és -11 szerint. A lemezek minden tekintetben megfeleltek a szabvány követelményeinek.

A Quattroplast Kft. szakemberei további felvilágosítással állnak megrendelőik rendelkezésére.