

Műanyagok felületkezelése és kikészítése

A műanyagok ugyan anyagukban színezhetők és felületi minőségük is gyakran kielégíti a követelményeket, formaadás után számos esetben idegen anyagból álló felületi réteget – festéket, lakkot, ragasztót, árnyékoló vagy karcállóságot növelő bevonatot – kell felvinni rájuk. Ezek a rétegek sokszor gyengén tapadnak a polimereken, ezért felhordásuk előtt a műanyagok felületét elő kell készíteni.

Tárgyszavak: felületkezelés; koronakisülés; lakkozás; autóipar; árnyékolás; karcállóság növelése; fóliabevonat.

Új felületkezelési eljárás: lineáris plazma alkalmazása tetszőleges vastagságú darabokon

A PP, a PE, a PET, a PVC, a PC és a PUR felületén rosszul tapadnak a nyomdafestékek, a lakkok, a ragasztók. Jó tapadás csak akkor várható, ha a felvitt folyékony anyag jól nedvesíti a felületet, azaz elterül rajta. Hidrofil felületen a víz pl. vékony filmet alkot, hidrofób felületen ezzel szemben cseppekben gyűlik össze. A nedvesíthetőséget a cseppek felülete és a műanyag felülete közötti hajlásszöggel jellemzik. Ez függ a kétféle anyag kémiai összetételétől, de a nedvesítendő szilárd anyag felületi struktúrájától is. A jelenséget alapvetően a két anyag felületi feszültségének viszonya határozza meg. Néhány műanyag felületi feszültségét az 1. táblázat tartalmazza. A nyomdafestékek oldószerei közül az etanolnak 22 mN/m, az etil-acetátnak 24 mN/m, a környezetkímélő és ezért az utóbbi időben előnyben részesített vizes festékeknek 72 mN/m a felületi feszültsége. *A jó nedvesítés feltétele, hogy a nedvesítendő felület feszültsége nagyobb legyen, mint a felhordott folyadéké.*

1. táblázat

Néhány polimer felületi feszültsége

Polimer	Felületi feszültség, mN/m
Polietilén (PE)	31–33
Polipropilén (PP)	29–30
Poli(etilén-tereftalát) (PET)	41–42
Poli(vinil-klorid) (PVC)	33–35
Polikarbonát (PC)	34–37

A műanyag fóliák – részben papírok és fémfóliák – felületi feszültségének növelésére, azaz a felhordott festékek, lakkok, ragasztók tapadásának javítására kb. 60 év óta a koronakisülést alkalmazzák. Ennek lényege, hogy egy hengeren átfuttatott fólia feletti nagy elektromos feszültségű elektróda és a henger mint ellenelektroda között elektromos kisülés – ennek hatására plazma – jön létre. Az elektróda és az ellenelektroda felületére felvitt dielektromos bevonat révén a mikrokisülések a kezelendő felületen egyenletesen oszlanak el, és nem képződnek felmelegedést okozó szikrák.

A koronakisülés fizikai és kémiai hatásai nagyon összetettek. A képződő plazma kémiai reakciókat vált ki mind az elektródák közötti levegőrétegben, mind pedig a műanyag felületén. A végeredmény poláris funkciós csoportok (hidroxil, keton, éter, karbonsav, észter stb.) megjelenése a felületen, amelyek megnövelik a felületi feszültséget. A plazma egyúttal degradálja a műanyag felületére vándorolt adalékok (stabilizátorok, csúsztatók, antisztatikumok, pigmentek) molekuláit is, azaz tisztító hatása van, és ezáltal is hozzájárul a tapadás növeléséhez.

A klasszikus koronakisülés hátránya, hogy csak kétdimenziós anyagokhoz – néhány mm vastag lemezekhez, fóliákhoz – alkalmazható. Vastagabb anyagok felületkezelésére használják egy idő óta a *plazmafűvőkás eljárást*, amelyben a gerjesztett plazmát gáz- vagy levegőáram segítségével fújják rá a kezelendő felületre. Ezzel viszont egyrészt szélesebb anyagokon nem tudnak megfelelően egyenletes hatást elérni, másrészt a kb. 1 kW/cm² energiaigény túlságosan drágává teszi az eljárást.

A **Softal GmbH** (Hamburg) cég *lineáris plazmás eljárása (Linear-Plasma-Verfahren)* egyesíti a klasszikus és a plazmafűvőkás koronakisülés előnyeit. Ezzel tetszőlegesen vastag és max. 3 méter széles félkész termékeket is lehet kezelni. Az eljárás nem csak műszakilag kivitelezhető, hanem gazdaságos is. Különlegessége, hogy habok felületén is alkalmazható. A nyitott pórusú habok celláit nem deformálja, a zárt pórusúakét nem perforálja. Az eljárásnak – a plazmaforrás nagy hatékonysága miatt – nagyon kicsi a energiaigénye, ezért hőérzékeny anyagokhoz is alkalmazható.

A szükséges berendezés tömör felépítése révén könnyen felszerelhető már meglévő extrudáló vagy felületkikészítő gépsorokra. Fő alkotórésze az atmoszférikus nyomású plazmaelektroda és a közepes frekvenciájú generátor a hozzá tartozó transzformátorral, amely a szükséges villamos feszültséget szolgáltatja. Hengereken futtatott termék kezeléséhez kétféle megoldás közül lehet választani. Az egyik változatban a termék alsó felületére hat a két henger között felszerelt elektróda; a másik változatban az elektródát a hengerek felett helyezik el. Az elektródában lehet speciális gázt is alkalmazni, amivel befolyásolni lehet a műanyag felületén kialakuló funkciós csoportokat. Ezek lehetnek amido-, imido- vagy aminocsoportok, amelyek általában 0,3–0,4 nm vastagságú monorétegben helyezkednek el, és kovalens kémiai kötéssel kapcsolódnak a polimerhez. Közvetítésükkel sokkal erősebb tapadás alakul ki a felhordott lakkal vagy ragasztóval, mint amilyet egyszerű koronakisüléssel el lehet érni.

Autóalkatrészek lakkozása

Az autóipar különösen érzékeny a kifogástalan küllemre: az egyre nagyobb számban beépített műanyag alkatrészek megjelenése nem térhet el a fém alkatrészekétől. Ezért a lakkozásnak ebben az iparágban fokozott jelentősége van.

Az **Eisenmann** cég (Holzgerlingen) teljesen automatizált lakkozóberendezéseket kínál az autóipar számára. Ezek részét képezi az előzetes tisztítás és az előkezelés. Az egy vagy két zsírtalanító zónát két vagy négy öblítőzóna követi. Csak az utolsó zónában használnak tiszta vizet, a szennyezett vizet újra felhasználják a korábbi zónákban. Ezzel csökkentik a vízfelhasználást és a tisztítandó szennyvíz mennyiségét.

A felületen megtapadt vizet ún. kondenzációs szárítóban távolítják el. Ezzel duplán takarítanak meg energiát, mert egyrészt az ilyen szárítók kevesebb energiával működnek, másrészt a mérsékelten felmelegedett alkatrész visszahűtéséhez kevesebb energiára van szükség. Az ezt követő lépésben, a felület aktivizálásához alkalmazott lángkezeléskor felszabaduló hőt hőcserélőben a szárító levegő előmelegítéséhez használják fel.

A két- vagy háromrétegű lakk felhordását teljesen azonos gépi egységek végzik. Az oldószeres vagy vizes lakkot klimatizált fröccskamrában robotok által vezérelt eszközök szórják a felületre. A fröccskamra után az elpárologtató zónában a lakkréteg leadja oldószertartalmának nagyobb részét, a szárítózónában pedig bekövetkezik a lakk térhálósodása. A darabot ezután ismét 30 °C alá kell hűteni, mielőtt tovább megy a következő fröccskamrába. Mindehhez sok levegőre van szükség.

Az Eisenmann cég azzal is próbál energiát megtakarítani, hogy az egyes zónákban a levegő egy részét cirkuláltatja. Csak az oldószer hígításához szükséges mennyiségnek megfelelő szennyezett levegőt vezeti be közvetlenül a légtisztítóba. Ennek következtében az ide engedett szennyezett levegő annyi oldószert tartalmaz, hogy elégetéséhez nincs szükség külső energiaforrásra.

A lakkozók régi gondja a festékszórásakor a környezetet szennyező és veszendőbe menő anyag. Az Eisenmann cég ezért a szokásos szórópisztolyok helyett nagy sebességgel forgó porlasztófejeket épített a berendezésbe, amelyek robotvezérléssel különböző felületeket képesek betárolni. Ezek a pisztolyoknál jobb hatásfokkal dolgoznak, és bonyolult formájú alkatrészek mélyebb részeibe is be tudják juttatni a lakkot.

Az gyors és takarékos festékcseréje érdekében a gyártó a standard színekre kiterjedő *Vario Doppio-Molch* rendszert szállít a berendezéssel. (Molchsystem, angolul pig trap; turbinás tisztítófejjel végzett csőtisztítás). Néha vagy ritkán alkalmazott színekhez ugyancsak a molchtechnikára alapozott ellátórendszert fejlesztett ki a cég, amelyvel több mint 400 színárnyalatot lehet gyorsan, kis munkaráfordítással beállítani.

Az Eisenmann cég néhány évvel ezelőtt két testvércégnek egyidejűleg szállított egy-egy lakkozóberendezést autóalkatrészek, többek között ütközőrendszerek festéséhez. Két év múlva a nagyobbik cég növelte a berendezés kapacitását, amely jelenleg óránként 430 PP lökhárítót képes óránként háromrétegű bevonattal ellátni.

Elektromágneses védelem árnyékoló lakkokkal

A digitális technikával dolgozó berendezéseket árnyékolni kell, hogy azok ne tudjanak elektromágneses hullámokat kibocsátani, és ilyenek ne tudjanak a belsejükbe behatolni, különben a berendezések egymás működését zavarják, de káros hatással lehetnek az emberi egészségre is. A fémházak kitűnően árnyékolnak, és bár az árnyékoló lakkal bevont műanyag házakon sem jutnak át a hullámok, ezek alkalmazását általában gazdaságtalannak tartották. Az ilyen lakkok továbbfejlesztése, továbbá a piaci verseny eredményeképpen egyre bonyolultabb formát öltő berendezések megjelenése kérdéssé teszi ezt a véleményt.

A **Ninkplast** cég (Salzufen) audio-vizuális berendezésekhez gyárt műanyagból fröccsöntött alkatrészeket, és ezeket saját maga látja el árnyékoló lakkal. A kifogástalan lakkozáshoz pormentes környezetet teremtett. A bevonandó felületek semlegesítéséhez forgó fűvőkákkal dinamikus ionizációt alkalmaz. A lakkozókamra mellett és annak padlóján vízzel töltött tálcák fogják fel a környezetbe jutó porlasztott lakkot. A lakkozóterben tökéletesen egyenletesek a klimatikus jellemzők. A lakkozóberendezés a legkorszerűbb vezérléssel felszerelt robottal dolgozik. A lakkban lévő szilárd részecskék kiülepedését állandó keveréssel előzik meg; a keverés következtében fellépő viszkozitáscsökkenést óránként ellenőrzik, és ha szükséges, annak megfelelően módosítják a lakkozás paramétereit. Minden egyes lakkozott termék felületének elektromos ellenállását mérik; az adatokat tárolják. A lakk magas részarányban tartalmaz szilárd fémes részecskéket, ezért erősen koptató hatása van. Emiatt nagyon gondosan kell kiválasztani a szállítórendszer elemeit, különösen a szivattyút.

Környezetvédelmi szempontok miatt előnyben részesítik a *vizes lakkokat*. Ezekben a vezető részecskék legtöbbször ezüstbevonatú rézpelyhek. A lakkok ezüsttartalma típusfüggő, és ez határozza meg a lakk árát is. Széles körű vizsgálat igazolja, hogy már csekély ezüsttartalmú lakkal is nagyon hatásos árnyékolást lehet elérni. A lakkok fejlesztése az árakat is mérsékelte, és *ma már akár 15%-kal olcsóbb lehet egy lakkal árnyékolni műanyag házat, mint egy fémházat*. Ezért a gyártók – mindenekelőtt az orvosi technika, az autógyártás, a villamosipar, a szórakoztató elektronika beszállítói – egyre gyakrabban választják a lakkozott házat termékeik befoglalásához.

Karcálló lakkok

A lakkozott felületektől elvárják, hogy hosszú ideig megőrizze szépségüket és megvédjék az alattuk levő felületet. A lakkozott felületek fénye vegyi vagy környezeti hatásokra is tompulhat, de különösen megcsúnyulnak, ha gyenge a karcállóságuk.

A karcállóság növelhető nagyobb térhálósűrűséggel, de ez rontja a lakkfilm rugalmasságát. Keményebb szegmensek beépítése nagyobb ellenállást ad a karcolás ellen, de gyengíti az UV-állóságot. Mikroméretű töltőanyagok fátyolosá teszik a bevonatot. *Jó eredményeket lehet azonban elérni nanoméretű töltőanyagokkal, amelyek átlátszó lakkrétegben is alkalmazhatók.*

A nanotechnológia azt a felfedezést használja ki, hogy ha az anyagokat nanoméretűre aprítják, egészen váratlan tulajdonságokat mutatnak fel, és már nagyon kis mennyiségben bekeverve szokatlan jellemzőket adnak a műanyagoknak is. A néhány száz nanométer méretű és nagy törésmutatójú titán-dioxid részecskéknek pl. nagyon jó a fedőképessége, és erős fényvisszaverésük révén ragyogó fehér színű termékek készíthetők velük. Ha viszont a részecskenagyság <50 nm, a TiO_2 az átlátszó filmekben észrevehetetlen lesz, nem növeli a film homályosságát. Fokozottan igaz ez a nanoméretű és kis törésmutatójú kvasavra és alumínium-oxidra, amelyek viszont javítják a karcállóságot.

A bekeverés csak akkor eredményes, ha a részecskéket tökéletesen diszpergálják, és azok később sem agglomerálódnak. Ezért az nanorészecskéket 25–50% szilárd anyagot tartalmazó mesterkeverékek formájában hozzák forgalomba, amelyeket nagyon könnyű elosztatni a lakkban.

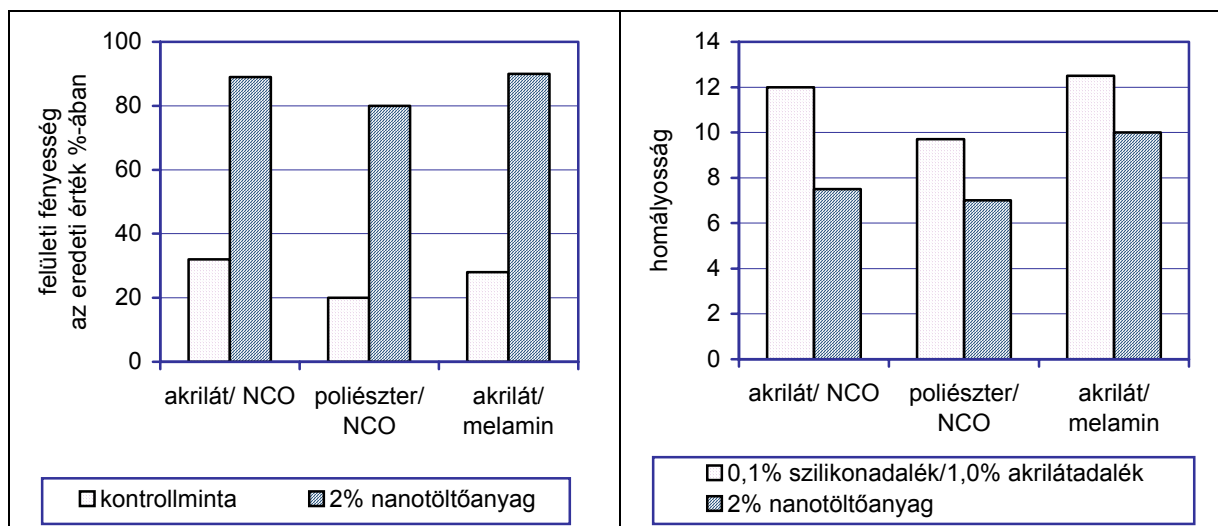
A lakkok lehetnek UV-fényre térhálósodó vagy oldószeres készítmények.

Az *UV-lakkokra* jellemző a nagy térhálósűrűség, ami önmagában is jó karcállóságot ad, de Al_2O_3 vagy különösen SiO_2 nanotöltőanyaggal ez tovább fokozható. A karcállóságot nehéz objektíven megítélni, mert csak kevés szabványos vizsgálat van a mérésére. Ezt a tulajdonságot közvetlenül nem is lehet mérni; legtöbbször áttételesen a felület keménységével (Clement-keménység, ingás keménység, ceruzakeménység) vagy a kopásállósággal (pl. Taber-féle kopásvizsgálat) jellemzik. A nanotöltőanyaggal megnövelt karcállóság ezekkel a mérési módszerekkel nincs jó korrelációban.

Egy UV-fénnyel térhálósított poliészter-akrilát típusú átlátszó lakk karcállóságát a felületi fényesség változásával jellemezték. A töltőanyagot nem tartalmazó és a 0,25% <20 nm-es Al_2O_3 részecskéket tartalmazó lakkfelületen 1000-szer húztak végig egy poliamidszálal kefét. A tiszta lakkréteg fényessége a kezelés után 90%-ra csökkent, a töltött lakk eredeti fénye (100%) megmaradt.

Ilyen lakkokat nem csak a nagyon drága műanyagtermékeken érdemes alkalmazni, hanem olyan helyeken is, ahol a nanotechnológia alkalmazása egyébként nem jön szóba. Figyelembe kell venni ugyanis, hogy a nanotöltőanyagot tartalmazó lakkok tartósan megőrzik karcállóságukat és ennek következtében szépségüket.

Az átlátszó *oldószeres lakkok* karcállósága kisebb térhálósűrűségük következtében gyengébb, ezért ezekhez különösen érdemes nanotöltőanyagot keverni. Ilyen lakkokat gyakran használnak az autóalkatrészek kikészítéséhez, és SiO_2 nanotöltőanyaggal ezek felülete hosszan megőrzi szépségét. Az *1. ábrán* látható, hogy a töltőanyag nélküli lakkok eredeti fényességük 20–30%-át őrizték meg, a 2% nanotöltőanyagot tartalmazók kb. 90%-át. A koptatóvizsgálatot egy amerikai szabványban rögzített ún. crockméterrel végezték (10 menet, 9 N terhelés, koptatóanyag 9 μm -es korundszemcséket tartalmazó textil). Az ábra azt is mutatja, hogy a töltött minták homályossága sokkal kisebb volt, mint a töltetleneké. A nanotöltőanyagok pozitív hatását erőteljesen vizsgálják a kétkomponensű PUR-lakkokban és a hőre keményedő melaminyantákban.



1. ábra Különböző átlátszó oldószeres lakkok karcállósága (a felületi fényesség változásával jellemezve) és homályossága töltőanyag nélkül (kontrollminta) és 2% SiO₂ nanotöltőanyaggal

Lakkozás helyett laminálás hőre lágyuló fóliával

A lakkozás széles körben elterjedt felületnemesítési módszer, de kétségtelenül drága, munkaigényes és nagy beruházással jár, a lakkozott felületek ezenkívül rosszul viselik az időjárási hatásokat, a lakkozást időnként fel kell újítani. A **BASF** cég ezért egy új felületnemesítési eljárást fejlesztett ki, amelyben 250 µm vastag, időjárásálló fóliát laminálnak elsősorban az építőiparnak szánt fa- vagy műanyagtermékekre, mindenekelőtt ablakkeretekre és ajtókra. A laminálási eljárás neve *PermaSkin*. A felületre felvitt fólia alapanyaga a *Luran S* márkanévű akrilnitril/sztirol/akrilészter (A/S/A) továbbfejlesztett változata, és a fóliát *LuraSkin HP* néven forgalmazzák. Vegyszerállósága, időjárás-állósága rendkívül jó, szakadási nyúlása igen nagy. Tökéletesen rásimul az alapra, amely lehet fa, fém, műanyag vagy akár polisztirol, ill. kemény poliuretánhab. Hűséggel követi az alapforma kis sugarú görbületeit is. A fóliát 1,2 m-es szélességben gyártják, de igény esetén eltérő méret is lehetséges. Tökéletes tapadását szórópisztollyal felvihető vizes ragasztórendszer biztosítja.

A laminálási technológiához a cég maximális műszaki segítséget ad. Ennek része a „testre szabott” laminálóberendezés a kívánságnak megfelelő automatizálási fokozattal. Egy ajtó méretű termékből óránként kb. 60 darabot lehet mindkét oldalán időjárásálló fóliával laminálni.

Összeállította: Pál Károlyné

Palm, P.: Koronabehandlung bei beliebiger Materialstärke. = Kunststoffe, 97. k. 1. sz. 2007. p. 66–68.

Schmid, U.: Oberflächlich betrachtet. = Plastverarbeiter, 57. k. 11. sz. 2006. p. 78–81.

Langhorst, U.: Kunststoff contra Blech. EMV-Abschirmlackierung von Kunststoff-Gehäuseteilen. = *Plastverarbeiter*, 56. k. 10. sz. 2005. p. 108–109.
Sawitowski, Th.: Kratzfeste Kunststoffoberflächen. = *Kunststoffe*, 96. k. 11. sz. 2006. p. 133–135.
Koppelann, L.: Die Haut mit System. Kosteneffiziente Oberflächenveredelung mit Thermoplastfolien. = *Plastverarbeiter*, 56. k. 10. sz. 2005. p. 128–130.

Röviden...

Rakodólap előállítás rotációs öntéssel

A **Pvaxx** anyagtudományi és technológiai intézet (Bermuda) kidolgozott egy *Silumina* névre keresztelt habosítható polimerkompozitot, amely nagy koncentrációban szilikáthomokot tartalmaz, a mátrix pedig polietilén. A rakodólapok belső magja a *Siluminából* készül, míg a külső héjréteg habosítatlan PE. Az üzemszerű gyártást 2007-ben indítják Dubaiban (Egyesült Arab Emírátság) a tervezett kapacitás *1,5 millió raklap évente*. A további tervekben szerepel, hogy a világ más régióiban is indítanak termelőegységeket.

A gyártás szakít a rotációs öntés szakaszos technológiájával, a lehetőségekhez képest folyamatossá teszi azt, így körülbelül percenként készíthető egy raklap a berendezésen, ami ilyen vastag falú termék esetében igen jó eredmény. Hagyományos rotációs öntéssel 40 perc/darab lehetne a ciklusidő.

A gyártóberendezés főbb adatai: 12x8x5 méteres a helyigény, 16 darab számmal van felszerelve (8–8 az alsó és a felső raklaprészt gyártásához), a számmok automatizált szellőztetőkkel, kidobókkal, adagolókkal és hőmérséklet-érzékelőkkel vannak ellátva.

A Pvaax adatai szerint az 1200x1000x1600 mm méretű rakodólapjuk terhelhetősége teljes felületen felfektetve 4500 kg, villástargoncával emelve 1500 kg és rakatolva pedig 1000 kg.