

## Gyorsan keményedő reaktív rendszerek

Ha egy lépésben végzik a fröccsöntést és lakkozást, a megfelelő lakk kiválasztása igen fontos. Újabban a kétkomponensű polikarbamidlakk vizsgázott sikeresen ebben a technológiában. Eddig a hőre keményedő gyantákkal készített kompozitok alkalmazásának egyik korlátja a gyanták hosszú térhálósodási ideje volt, amelyet új gyantatípusokkal sikerült 2 perc alá szorítani. Ezzel akár több százszáz darabszámok is elérhetők gazdaságosan, ami lehetővé teszi az autóiipari felhasználást is.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; lakkozás; hibrid eljárások; polikarbamidlakk; epoxigyanta; poliésztergyanta; erősítőszálak; hőre keményedő kompozitok.*

### Fröccsöntés és lakkozás egy lépésben

A KraussMaffei Technologies GmbH (München) már 2010-ben bemutatta *ColorForm* eljárását, amellyel gazdaságosan, egy lépésben, utólagos lakkozás nélkül gyárthatók fröccsöntött darabok a legmagasabb optikai és tapintási (haptikai) igényeket kielégítő felülettel. A *Colorform* eljárásban lényegében a két-, ill. többkomponensű fröccsöntés technikáját használják, például *SpinForm* típusú fröccsgéppel. Az eljárás során az alapforma a folyamatban végig egy szerszámfélben marad, így elkerülhető a zsugorodás. A fröccsöntést a szerszámfelfogó lap elforgása után követi a lakk beöntése a fröccsöntött tárgy köré. A lakkozási lépéssel egyidejűleg egy másik szerszámüregben már a következő darabot fröccsönthetik.

A *ColorForm* technológiában kulcskérdés, hogy megtalálják a megfelelő lakkrendszert. Ennek keretében a Panadur cég kétkomponensű reaktív lakkrendszerének kipróbálása mellett döntöttek. A projektben részt vett még az autókarosszéria műanyag elemeinek gyártására szakosodott Dura Automotive Systems cég.

#### *A lakkrendszerrel szemben támasztott követelmények*

A *ColorForm* eljárásban alkalmazható lakknak a lakkokkal szembeni szokásos követelmények – fény, struktúra, karcállóság, színtartóság; vegyszerekkel, időjárással szembeni ellenállás – mellett a fröccsöntéssel összemérhető rövid reakcióidővel kell rendelkeznie, vagyis folyékony állapotú bevezetése után néhány másodperc múlva már elegendően szilárdnak kell lennie, hogy a berendezéshez kapcsolt robot sűrített levegővel működő karja megfoghassa a darabot a felület károsodása nélkül. Fontos ezenkívül, hogy a lakk minden segédanyag nélkül megfelelően tapadjon a lakkozendó mű-

anyaghoz. A Panadur *alifás polikarbamid lakkrendszere oldószermentes, Reach-konform és kielégíti a fenti követelményeket.* A polikarbamid poliamin és poliizocianát reakciójával képződik. A polikarbamidlakk a 70 °C-os feldolgozási hőmérsékleten olyan alacsony viszkozitású, hogy a keverőfejben végbemenő homogenizálás után az alkalmazott nagy nyomáson képes egyenletesen lefedni nagy felületeket, az éleket és a kis sugarú felszíneket is. A lakkréteg vastagsága akár 0,3 mm-re is csökkenthető anélkül, hogy a minőség romlana. A két folyékony komponenst közvetlenül a betáplálás előtt keverik össze. A keverőfejet speciálisan a *ColorForm* technológiához fejlesztette ki a KraussMaffei.

Mivel a lakkozás maga a zárt szerszámban megy végbe, a szerszámból már a kész lakkozott darabot veszik ki, ezért nincs szükség speciális zárt csomagolásra, amelyet a későbbi lakkozás követelne meg. A lakkréteg szétterülése sokkal tökéletesebb, mint a külön lakkozás esetén. Ezért kevésbé kell számolni a lakk megfolyásával, buborékok keletkezésével, ami miatt a selejtarány is lényegesen kisebb.

### *Polikarbamidlakkal ellátott felületek vizsgálata*

A polikarbamiddal lakkozott tárgyak felületi minőségét számos vizsgálattal bizonyították. Elsőként a felület karcállóságát vizsgálták. Az Amtec Kistler autómosási tesztjével a polikarbamiddal lakkozott mellett felületi kezelés nélküli PMMA és SAN felületeket, és egy szokásos akrilatlakk porral bevont felületet hasonlítottak össze. A hagyományosan porral lakkozott felülethez képest a kezeletlen felületek az igénybevétel hatására jelentősen koptak, míg a polikarbamid felület lényegesen jobban megőrizte fényét, vagyis sokkal kevésbé mutatta a kopás jeleit. Vizsgálták a karcállóságot még Oesterle módszerével és egy Crockméterrel is. Ez a két teszt is jó karcállóságot bizonyított. Különösen figyelemreméltó, hogy a polikarbamid felület jól polírozható, azaz pl. sérülés után a felület fénye egy jó polírpasztával helyreállítható.

A vegyszerállóság értékelésére a lakkozott darabokat két hétig különböző, részben agresszív folyadékokban – nátrium-hidroxid, salétromsav, ecetsav, sósav és hidrogén-peroxid 10%-os oldata, valamint etanol, metanol, xilol, izopropanol, aceton, butil-acetát, dízelolaj, benzin, motorolaj, gépolaj, fékfolyadék, háztartási tisztító és rovarölő szerek – tartották. Két hét után ezek a folyadékok semmiféle elváltozást nem okoztak a felületen.

Az autógyártók előírásai szerint az SGS Sercovam laboratóriumában 4800 óra hosszat vizsgálták a felület stabilitását nedves és meleg (65 °C-ig) környezetben, illetőleg mesterséges napsütésben. Ezekon kívül sor került időjárás-állósági tesztekre, mégpedig Florida és Arizona-specifikáció szerint. Az eredményeket összegezve, valamennyi vizsgálat bizonyította a lakkozott felület UV-állóságát és színtartóságát – a felület fénye megmaradt és nem sérült a felület szerkezete sem.

A köfelverődéssel szembeni ellenállás vizsgálatában a lakkozott felület az előírt minimális 2,5-ös osztályzatnál jobbat, „nagyon jó” minősítést kapott. A fentiekon kívül további vizsgálatokra is sor került: kondenzvíz-teszt konstans klíma mellett, öre-

gedés-vizsgálat, ellenállás nedves hideggel, hőmérséklet-ingadozással, gőzsugárral és forró vízzel szemben. Valamennyi vizsgálat pozitív eredménnyel zárult.

### *Polikarbamidlakkok választéka*

A Panadur polikarbamidlakkja szinte valamennyi színskála (RAL Classic, NCS, Renolit, Pantone) szerint rendelhető. Van a kínálatban magas fényű fekete (ún. pianofekete) és átlátszó lakk is, amely a metál színeknél kaphat szerepet. Más bevonatoktól eltérően a polikarbamidrendszer egyes paraméterei a felhasználás igényei szerint alakíthatóak kémiai módosítással és adalékokkal. Ezekkel az eszközökkel különböző funkcionális – antimikrobiális, fungicid, hővezető vagy éppen IR-sugárzást elnyelő – felületek állíthatók elő.

A *ColorForm* eljárás lehetőséget ad feliratok és más grafikai elemek integrált felvitelére is, mégpedig vagy matt grafika magas fényű háttérben, vagy fordítva. Kívánság szerint a minta ki is emelhető a síkból, vagy éppen süllyeszthető. Elég szűkek a lehetőségek azonban a színek kontrasztja tekintetében. Nem lehet például fehér logót felvinni a pianofekete felületre.

### *Polikarbamidlakkok előnyei*

A polikarbamidlakkot használó *ColorForm* eljárás számos gyártási és gazdasági előnyt nyújt az utólagos, főleg a nedves lakkozással összehasonlítva. A két művelet egyesítése több művelet elhagyását teszi lehetővé. Elmaradnak a lakkozást megelőző műveletek, a zsírtalanítás, a pormentes csomagolás és szállítás, valamint a lakkozás után a szárítás, vagy más utóműveletek. Mindezek jelentős költségcsökkentést eredményeznek. Az eljárásban – főleg a lakkrendszer reaktivitásának köszönhetően – olyan alacsony ciklusidő elérhető el, hogy a technológia jól beilleszthető a gazdaságos sorozatgyártásba.

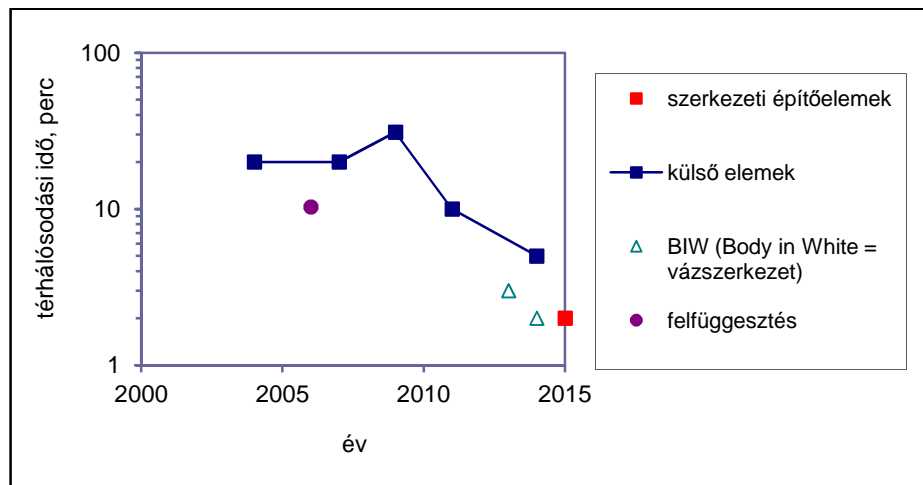
Előny az is, hogy nem szabadulnak fel káros gőzök és kellemetlen szagok, ezért nincs szükség költséges szellőző- és szűrőrendszer kiépítésére. Az eljárás a fenntarthatóság szempontjából is előnyös, hiszen a kis rétegvastagság eredményeképpen anyagot lehet megtakarítani, és a selejtes darabok számának gyakorlatilag nullára csökkentése is javítja az anyag hasznosítását. A polikarbamidlakk jó mechanikai tulajdonságainak köszönhetően csökken a szerelésnél bekövetkező sérülések kockázata is.

## **Gyorsan keményedő gyanták**

### *Poliészter- és epoxigyanta-rendszerek*

A reaktív transzferöntéssel (reaktív transfer molding – RTM) gyártott poliészter- és epoxigyanta-alapú kompozit építőelemeket több évtizede alkalmazzák különböző területeken. A hagyományos gyantákat használva ennél az eljárásnál a ciklusidők órák nagyságrendűek, ezért felhasználásuk nagy darabszámoknál nem jöhet szóba. Az új

epoxigyantáknak és a nagynyomású RTM technológiának köszönhetően azonban a kémiai úton szilárduló kompozitok meghódították az autóipart is: Az epoxigyanták aktivátorrendszerének térhálósodási ideje az utóbbi években jelentősen csökkent (1. ábra), ami lehetővé tette, hogy már akár évi százezres nagyságrendben gyártsanak RTM technológiával – főleg végtelen szénszállal erősített – karosszériaelemeket, oldalfalakat, padlólemezeket és lökésgátló elemeket. Ezekhez a kompozitokhoz az utóbbi időkben kifejlesztett gyorsan keményedő epoxirendszereket – *Baxxodur*, *Voraforce*, *Epikote* és *Araldite* – használják. Ezek viszkozitása kisebb, mint 200 mPas, aminek eredményeképpen a mátrix néhány percen belül képes nedvesíteni az erősítőszálat, és kevesebb, mint 2 perc alatt térhálósodnak. Üvegesedési hőmérsékletük általában 120 °C körül van.



1. ábra Autóipari elemek gyártásában használt epoxigyanta-rendszerek térhálósodási idejének csökkenése az utóbbi években

A gyorsan keményedő *termolátens*, azaz *hőre aktivizálódó gyantarendszerek* préseléssel is feldolgozhatók. Végtelen szállal erősített kompozitelemeket gyártanak úgy, hogy először a szálas szerkezetet impregnálják a gyantarendszerrel, majd az így kapott előformát (preform) a présben keményítik ki szintén igen rövid idő alatt. Az eljárás eredményessége érdekében az erősítőszál (főleg a szénszál) felületét speciális tapadást fokozó anyaggal kezelik.

### *Poliuretán gyantarendszerek*

Rendkívül gyors ütemben kerülnek be a kompozitok gépesített gyártásába a poliuretánalapú gyantarendszerek. Ezeknek a poliuretánoknak már magasabb az üvegesedési hőmérsékletük, ami által nemcsak magasabb alkalmazási hőmérsékletek érhetőek el, hanem a feldolgozás is gyorsul, mivel hamarabb lehet a kész darabot kivenni a formából. A kétkomponensű folyékony rendszereket katalizátorral szilárdítják meg. Így a folyékony állapot ideje széles tartományban állítható be, de a kikeményítés ideje kife-

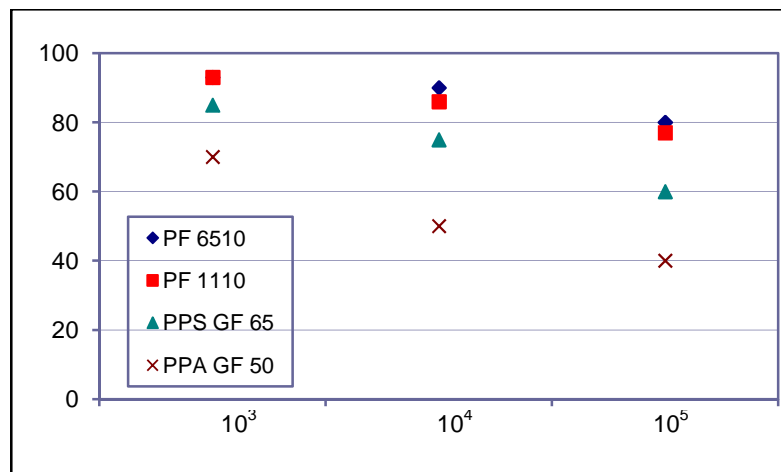
jezeten rövid. A gyanta kezdeti viszkozitása – 80-120 °C között 100-200 mPas – lényegesen alacsonyabb, mint a szokásos poliuretángyantáké. Jó folyóképességének köszönhetően az anyag nagy méretek esetén is képes a többrétegű szálszerkezetet hatásosan, a szálak elcsúszása nélkül impregnálni. Alacsony viszkozitása nem igényel magas nyomást a beadagolásnál, ami jobb felületi tulajdonságokat eredményez.

### *Poliamidkompozitok*

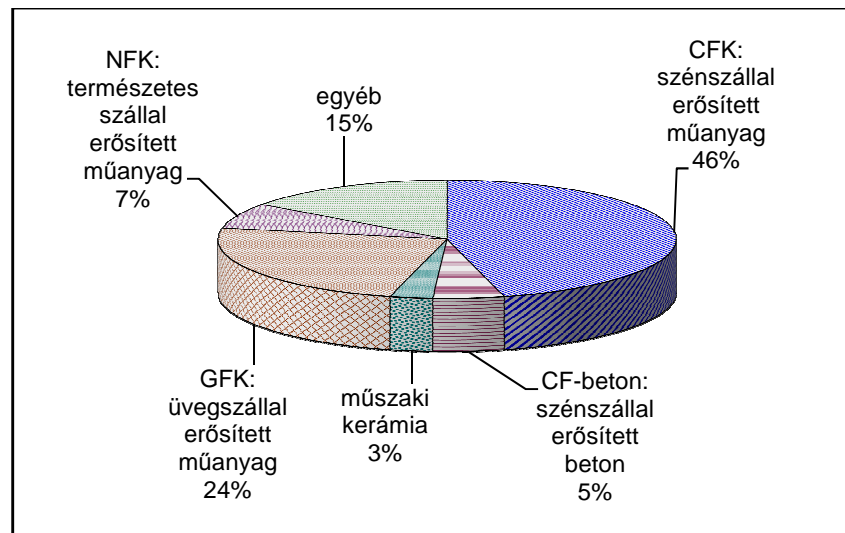
A poliamid ionos polimerizációját használva erősített poliamidkompozitot is lehet gyártani az előzőekben leírt technológiával. A kaprolaktámból és egy aktivátorból, illetve katalizátorból álló granulátumot (BASF) 70 °C-ra melegítik és a vízzel azonos viszkozitású elegyet a szálerősítést tartalmazó szerszámba adagolják. Ezután az anionos polimerizációval percek alatt végbemeleg a polikondenzáció. A reakcióban *PA6 kompozit nyerhető, amely a kiemelkedő merevség mellett nagyobb szívósságot ad, mint az epoxi- vagy a poliuretán alapú kompozitok.* Az erősítésre használt üvegszálakat speciális írező anyaggal kezelték, amely kovalens kötést hoz létre a kaprolaktám és az üvegszál között.

### *Fenolgyanta-kompozitok*

Az autóiparban alkalmazzák a hőstabil fenolgyantákat is, elsősorban az alumíniumból öntött alkatrészek kiváltására. Egy német cég, a Momentive Performance Materials GmbH (Leverkusen) vákuumszivattyú-alkatrészeket gyártott ásványi anyaggal és üvegszállal töltött fenolgyanta-kompozitból, amellyel az acélhoz közel álló hőtágulási együtthatót sikerült elérniük. Kiemelkedő a fáradási szilárdságuk is. A 2. ábrán látható, hogy  $10^6$  hajlítás után is csak 20%-kal csökkent a kompozitok szilárdsága.



2. ábra Fenolgyantás kompozitok fáradási szilárdsága nagy teljesítményű üvegszálás (GF jelűek) hőre lágyuló műanyag kompozitokkal összehasonlítva



3. ábra Kompozitok legfontosabb fajtáinak megoszlása Németországban 2014-ben

## Kompozitok piaca

Egy 2013-as felmérés szerint a német kompozitos cégek általában jónak ítélték mind a saját lehetőségeiket, mind az általános piaci helyzetet. A kompozitok különböző fajtáinak megoszlását a 3. ábra mutatja. Az üvegszállal erősített műanyagok piaca 800 000 tonna körül stabilizálódott, miközben változott az egyes technológiák és alkalmazások aránya. A fenti mennyiség harmadát a szállításban és az építőiparban alkalmazták, további fontos piacok még az elektromos és elektronikai ipar, valamint a sport és szabadidős termékek. A szénszálalás műanyagok iránti igény tekintetében éves szinten 13%-os növekedést, 2020-ra 208 000 tonnás felhasználást várnak. A szénszálalás kompozitok piacán a legnagyobb árbevételt hozó terület a repülőgépgyártás, de a legnagyobb mennyiséget, 23%-ot a szélenergia gyártásához használják. Európában már mintegy 60 millió háztartásba jut el a szélenergia, ami hatalmas piacot jelent az itt használatos epoxigyantáknak és erősítőszálaknak. Utóbbi időben az egyre nagyobb méretek miatt előtérbe kerülnek a szénszálalás. A szélenergia nagyméretű alagyűrűjét tekeréscseléses módszerrel gyártják epoxigyantába ágyazott szénszálalással. Ennél az eljárásnál fontos, hogy a gyanta elegendő hosszú ideig legyen képlékeny állapotban.

A fejlesztési célok nagy részében az éghetőség és az ökológia szempontjai a meghatározóak. A telítetlen poliésztergyantáknál például a hagyományos égésgátlók, az alumínium- és a magnézium-hidroxidok növelik a gyanta viszkozitását, és ezért lehetetlenné teszik az RTM vagy a vákuuminfúziós eljárások alkalmazását. A probléma megoldására vagy védőbevonatot visznek fel, vagy módosítják a gyantarendszert. Csökkenti az éghetőséget a multiaxiális erősítő szálalás alkalmazása is. Ökológiai szempontból jelentős fejlesztési eredmény a sztirolmentes gyanták egyre szélesebb elterjedése, sőt már kereskedelmileg is hozzáférhetőek a részben növényi bázison előállítható telítetlen poliészterek is. Hasonlóan fontos eredmény a kobaltmentes gyorsító megjelenése a piacon.

Az akrilátkémia jelentős innovációja, az Arkema cég új *Elium* termékcsaládja. Az *Elium* folyékony termoplasztikus akrilgyanta, amelyet RTM vagy vákuuminfúziós eljárással és peroxidos katalizátorral lehet feldolgozni. A kapott késztermék termoplasztikus tulajdonságokat mutat, hegeszthető, használat után újrahasznosítható. Ha a szerszámba egy előzetesen fröccsöntött tárgyat helyeznek be, amelyre a fenti módokon akrilátréteget visznek fel, akkor lakkozás nélkül is „A” osztályú felületet lehet előállítani.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Mitzler, J., Dykhuis, M., Moch, Th., Gerndorf, R.: Eine bezahlbare Alternative zu konventionell lackierten Teilen = Kunststoffe, 104. k. 10. sz. 2014. p. 124–128.

Bittmann, E.: Harze und Reaktivsysteme = Kunststoffe, 104. k. 10. sz. 2014. p. 118–122.

## Röviden...

### Új pol(oxi-metilén) (POM) típus

A POM-ot homopolimerként és kopolimerként gyártják. A homopolimereknek jobbak a mechanikai tulajdonságai és kopásállóbbak, ezeket pl. fogaskerekek gyártására alkalmazzák. A kopolimereknek viszont nagyobb a vegyszerállóságuk és forró víznek is ellenállnak. A japán Asahi Kasei az egyetlen cég, amely mindkét típust gyártja. Egy új polimerizációs és kompaundálási technológiával most sikerült a homo- és a kopolimer előnyös tulajdonságait egyetlen termékben egyesíteniük. Az új POM típusnak van nagy viszkozitású (Tenac-C HC 350) és közepes viszkozitású (Tenac-C HC 550) változata. Nagyon jó mechanikai tulajdonságok, vegyszer- és olajállóság, magas hőmérsékleten is kiváló kúszási ellenállás jellemzik ezeket az alapanyagokat. Az új típusokat az NRC forgalmazza Európában, többek között Magyarországon is.

O. S.

K-Zeitung, 18. sz. 2015. p. 12.