

Üveg- és szénszálváz szerkezeti elemek automatizálható és gazdaságos gyártása hőre lágyuló mátrixszal

A szálváz hőre keményedő műanyagokból készített szerkezeti elemek jól ismert termékek. Hőre lágyuló műanyagokkal nagy ömledéviszkozitásuk miatt a szálváz nehezen impregnálható. Hamarosan ezt a nehézséget lehet legyőzni az új VARTM vagy IMI technológiával, amely lehetővé teszi az üvegszálás vagy szénszálás szerkezeti elemek gazdaságos, automatikus gyártását.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; szálváz műanyagok; üvegszál; szénszál; impregnálás; hőre lágyuló mátrix; epoxigyanta; VARTM technológia; IMI technológia.

A végtelen szállal erősített hőre keményedő műanyagokkal szemben a hőre lágyuló mátrixszal készített félkész áruk bármennyig tárolhatók, könnyen formázhatók, hegeszthetők, megmunkálás közben nem emittálnak kellemetlen gőzöket, ismételten feldolgozhatók és jobb az ütésállóságuk is. Mátrixuk legtöbbször polipropilén (PP), poliamid (PA) vagy poli(éter-éter-ke-ton) (PEEK), de jó mechanikai tulajdonságaik miatt poli(etilén-tereftalát)-ot (PET) és poli(butilén-tereftalát)-ot (PBT) is alkalmaznak erre a célra. A hőre lágyuló műanyagok ömledékének nagy viszkozitása miatt a végtelen szálak átítatása a polimerrel meglehetősen nehézkes, ami különösen nagy felületű, bonyolult formák előállításakor okoz gondot. Az előformázott szálváz hőre keményedő gyantákkal végzett átítatásához jól bevált a reaktív gyantaöntés (RTM, resin/reactive resin moulding); a gyantainjektálás vagy gyantainfúzió hőre lágyuló ömledékkel azonban csak akkor valósítható meg, ha az ömledék viszkozitását az impregnálás fázisában jelentősen le tudják csökkenteni.

Erre két lehetőség van:

- gyantainjektálással, amikor a hőre lágyuló mátrix reaktív „in-situ” polimerizálása mellett következik be a szálváz impregnálása a szerszámban és a darab formázása,
- fröccsöntéssel, amikor a szálvázat a szerszámban beállított megfelelő viszkozitású hőre lágyuló ömledékkel itatják át a formaadással egyidejűleg.

A következőkben mindkét típusú eljárásra mutatunk be példát.

Végtelen üvegszállal erősített hőre lágyuló szerkezeti elemek gazdaságos gyártása

Végtelen üvegszálakkal erősített nagy felületű szerkezeti elemek (haszonjárművek, gépkocsik, repülőgépek) gazdaságos gyártástechnológiájának kidolgozására vál-

lalkozott egy kutatócsoport egy európai közös kutatási projekt, a *Cleanmould* keretében. A gyártástechnológiában a hőre keményedő anyagok feldolgozásban jól bevált gyantainjektálást (RTM eljárást) akarták hőre lágyuló anyagokra adaptálni.

Ennek lehetőségét a **Cyclics Europe GmbH** (Schwarzweide, Németország) teremtette meg a hőre lágyuló *CBT gyantarendszer* kifejlesztésével. Ez alapvetően egy ciklikus oligomer, amely katalizátor hozzáadásával nagy molekulatömegű PBT-vé polimerizálódik. A gyanta szobahőmérsékleten granulátum formájú, és 100–170 °C között olvad meg. Olvadékának viszkozitása 190 °C-on mindössze 26 mPas. A hozzáadott katalizátorral tetszés szerint szabályozható a polimerizációs sebesség. A gyanta kis viszkozitása révén nagy száltartalmú termékek is gazdaságosan gyárthatók vele.

A program keretében nagy felületű üvegszálalás formadarabokat állítottak elő, amelyekhez az üvegszálból készített előformát a finnországi **Ahlstrom** cég (Helsinki) szállította. A projekt további részvevői: a haszonjárműveket gyártó portugáliai **Basmiler** (Viseu), egy nagy-britanniai hajógyár, a **BAE Systems** (Portsmouth), az ugyancsak nagy-britanniai **EPL Composite Solution** (Loughborough) és a németországi Műanyag-feldolgozó Intézet, az **IKV (Institut für Kunststoffverarbeitung, Aachen)**.

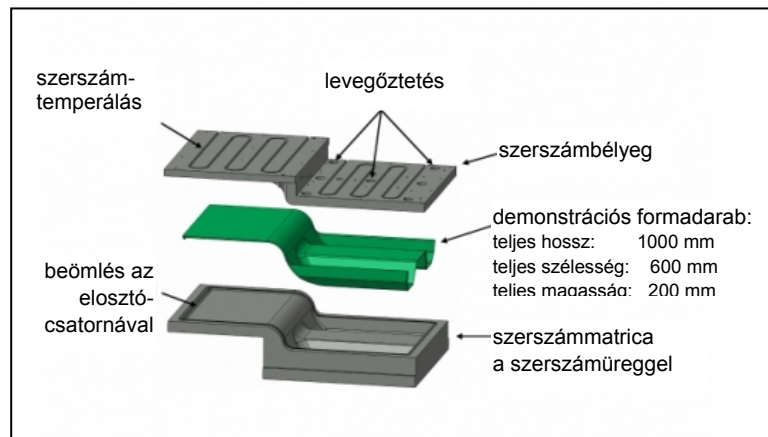
A projekten belül az IKV feladata volt a gyanta megfelelő feldolgozási technikájának kifejlesztése a szerkezeti elemek gyártásához. Két technológiát próbáltak ki: *a vákuummal segített gyantainjektálást (VARTM, Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding)* és egy *elosztóközeggel végzett vákuuminfúziós eljárást*.

A VARTM eljárással megnyílt a lehetőség arra, hogy nagyméretű, bonyolult formájú, mindkét oldalukon szép felületű darabokat hőre lágyuló mátrixszal átítatott üvegszálalás vázzal automatikusan állítsanak elő. A vákuuminfúziós eljárással is nagyon rugalmasan lehet nagy felületű terméket előállítani.

Első lépésként kidolgozták azt a technikát, amellyel nagy felületű laminátokat tudnak készíteni. A megfelelő gyártási paramétereket a kész laminátok mechanikai tulajdonságainak mérése alapján határozták meg. Átvitelüket bonyolultabb darabra demonstrációs formadarabon tanulmányozták. A gyártószerszámot és a formadarabot az *1. ábra* mutatja. A fő méretek az ábrán láthatók, a laminátum vastagsága egyenletesen 7 mm volt. A darabon különböző sugarú görbületek és átmenetek voltak, hogy a kritikus pontokat kiszűrhessek. A bélyegbe a hét levegőztető nyíláson kívül szerszámot fűtő temperálócsatornákat építettek be, de voltak ilyenek a matricában is. A különböző próbák során kiderült, hogy mind a hét levegőztető nyílásra szükség van a tökéletes impregnáláshoz. A legnagyobb kihívást a szerszámfészek egyenletes temperálása jelentette. Ezt hőérzékelők segítségével és a szerszám teljes hőszigetelésével oldották meg.

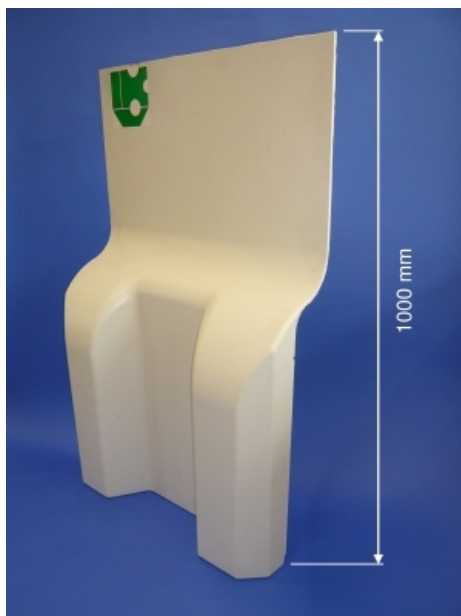
A VARTM eljárás négy lépésből áll. Első lépésként behelyezik a kétrészes szerszámba a száraz erősítőszálakból kialakított előformát. A második lépésben zárják a szerszámot és felfűtik a munkahőmérsékletre; a levegőztető nyílásokra rákapcsolják a vákuumot, egyidejűleg az ún. transzferedényben megolvasztják a gyantát. Amikor az elérte az injektálás hőfokát, hozzákeverik a katalizátort, a keveréket pedig befröccsen-tik a szerszámüregbe, hogy átítassa az előformát. Amikor az előforma teljesen átítató-

dott (a gyanta megjelenik a lélegzőnyílásoknál), valamennyi gyantát még utánnyomnak, hogy csökkentsék a laminátum pórustartalmát. A harmadik lépésben lezárják a levegőztető nyílásokat és utónyomást alkalmaznak, hogy ellensúlyozzák a gyanta polimerizációja alatt bekövetkező zsugorodást. A negyedik lépésben nyitják a szerszámot és kiemelik belőle a kész darabot.



1. ábra A demonstrációs szerszám és a formadarab vázlatja

A hőre keményedő gyanták RTM eljárásához használt szerszámokban a VARTM technológia alkalmazásához ki kell cserélni a tömítéseket és a tömlőket, mert az előbbieket 70–100 °C-os feldolgozási hőmérséklete helyett az utóbbiban 200 °C-t kell elviselniük, és ennek megfelelő leválasztószerre is szükség van. A szerszámot nemcsak az egyenletes fészekhőmérséklet elérése, hanem munkavédelmi célból is teljes egészében hőszigetelni kell.



2. ábra A kész formadarab

A gyanta szerszámba injektálásához fűthető transzferevény és fűthető összekötő tömlő szükséges. A transzferevény fémből készül, mert ennek jó a hővezető képessége, az edény alatt fűthető fémlap, oldalán fűthető mandzsetta van. Az összekötő tömlő mellett a levegőztető nyílásokat is fűteni kell, nehogy bárhol bedermedjen a gyanta.

A 2. ábrán látható kész darab 58% üvegszálat tartalmaz. Az üvegszál előforma 4,5 perc alatt injektálással teljesen telítődött. Hasonló demonstrációs formadarabot 60% üvegszállal és (jóval nagyobb viszkozitású) epoxigyanta mátrixszal 25 perces injektálással állították elő. Az egyirányú szálakkal erősített de-

monstrációs darabon mért merevség >37 GPa, a szilárdság >950 MPa volt. A kísérletek során azt is bizonyították, hogy a laboratóriumi kísérletek alatt meghatározott feldolgozási paraméterek a bonyolultabb formájú demonstrációs darab előállításakor is alkalmazhatóak voltak.

Szénszálás betét impregnálása poliamiddal a fröccsszerszámban formázás közben

A fröccsöntő szerszámba helyezett szálváz impregnálását hőre lágyuló műanyaggal (*IMI, in-mould impregnation*) a **Friedrich Alexander Egyetem Műanyagtechnikai Tanszéke** (Erlangen-Nürnberg) és a **Neue Materialien Fürth GmbH** (Fürth) fejlesztette ki. Az eljárás egyik előnye az energiatakarékosság, mert itt a szobahőmérsékletű száraz szénszálás betétet helyezik a formázó szerszámba, amelynek formázását a bezáródó szerszám vagy egy robot végezheti, emellett ha a szénszálás betétet áramforrással kapcsolják össze, a szénszálak villamos vezetőképessége, ill. villamos ellenállása révén felmelegszik, és megkönnyíti a hőre lágyuló ömledék behatolását a szálak közé. Ha szénszálás félkész termékből, ún. *szerves bádogból* készítenek formadarabot, az egész lemezt fel kell melegíteni, formázásával pedig ugyancsak sietni kell, mert a szénszálak jó vezetőképessége miatt a lemez gyorsan lehül.

Az *IMI eljárás négy lépésből áll. Az első lépésben* a két szerszámfél közé helyezik a szénszálás betétet. *A második lépésben* a betétet áramforrással kötik össze. A szénszálak villamos ellenállása következtében azok néhány másodperc alatt a kívánt hőmérsékletre melegsznek fel; a kissé nyitott szerszámba egyidejűleg kis sebességgel ömledéket fröccsentenek be. A nyílást ún. prégeelőkeret veszi körül és zárja el a külvilágtól. *A harmadik lépésben* a szerszámot óvatosan zárják, eközben az ömledék szétterül a szénszövet felületén, majd behatol a száraz szálszerkezetbe. Amikor a levegő kinyomódik a szénszálak közül, és kialakul az egyensúly (konszolidálódik a rendszer), megszüntetik a szénszálak villamos csatlakozását. A szénszálak jó hővezető képessége következtében az ömledék néhány másodperc alatt megszilárdul. *A negyedik lépésben* kinyílik a szerszám, kiveszik a kész darabot.

A kész darab mechanikai tulajdonságai döntő mértékben az impregnálás minőségétől függenek. Az impregnálás foka (D_{imp}) a következő egyenlettel számítható ki:

$$D_{imp} = \frac{1 - \phi_L}{1}, \text{ ahol } \phi_L = \text{pórustérfogat}, \quad 1. \text{ egyenlet}$$

Magas mechanikai követelményeket kielégítő darabok pórustérfogata nem haladhatja meg az 1%-ot. A pórustérfogat kiszámítható a következő egyenletből:

$$\phi_L = 1 - \frac{\rho_g}{\rho_t}, \quad 2. \text{ egyenlet}$$

ahol ρ_g piknométeres sűrűség, ρ_t termogravimetriásan meghatározott száltartalomból számított elméleti sűrűség.

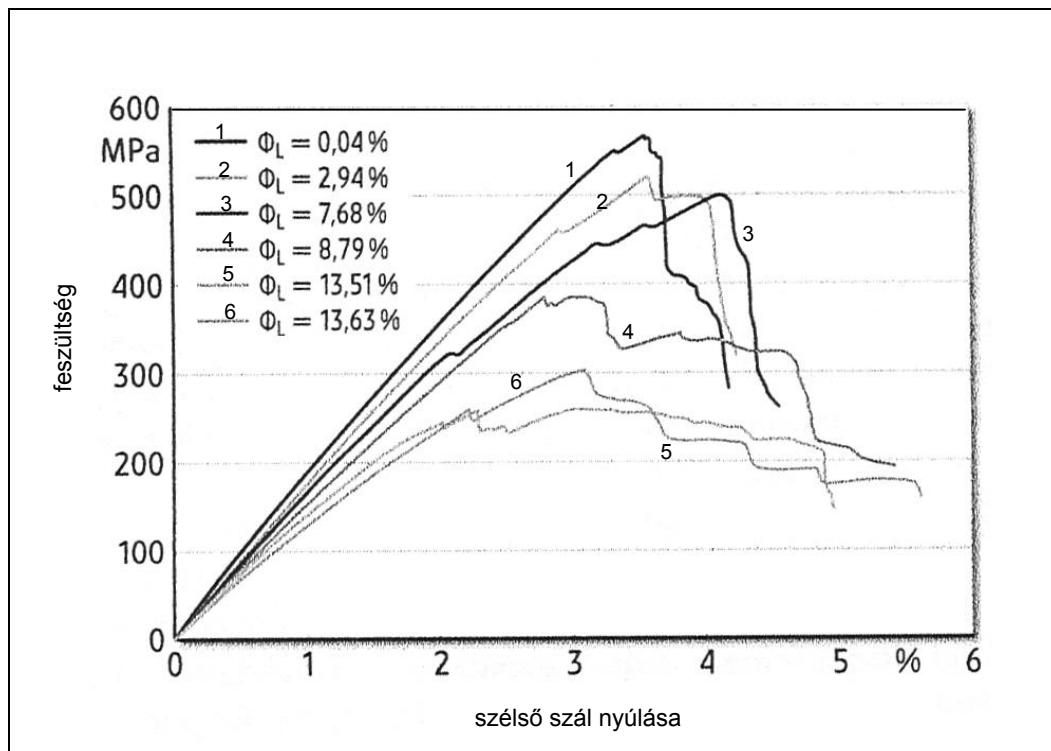
A teljes átítatódáshoz szükséges idő (t) egyirányú (x, szövetre merőleges) gyan-
tamozgást feltételezve kiszámítható a 3. egyenletből:

$$t = \frac{\eta \cdot \Delta x^2}{K_x \cdot \Delta p}, \quad \text{3. egyenlet}$$

ahol η = viszkozitás, Δx = folyási út, K_x = a száraz szálrendszer áteresztőképessége, folyásirányban, Δp = nyomáskülönbség.

Az egyenletből kiderül, hogy az impregnálás ideje rövid, ha a folyási út rövid és a viszkozitás kicsi, a nyomáskülönbség és az áteresztőképesség pedig nagy. A rövid impregnálási idő rövid ciklusidőt eredményez. Az áteresztőképesség a szálszerkezet anyagi jellemzőin kívül a szál és a mátrix közötti felületi feszültségtől, a szálak görbületi sugaraitól és a betét porozitásától függ. A felfűtés és a lehűlés időtartama mellett az impregnálás időtartama a legfontosabb paraméter, amely megszabja a gyártás gazdaságosságát.

A kutatócsoport a kísérleti munkához mátrixként a **Lanxess Deutschland GmbH** egyik kis viszkozitású poliamid 6 polimerjét választotta. A **Panex 23** típusú szénszálakból (gyártja **Zoltek Corporation**) a **Liba Maschienenfabrik** készítette a szövetbetéteket, amelyek hat rétegből – egyenként 150 g/m^2 felületi sűrűségű szénszál-rétegből – álltak, a szálirány az impregnálás irányához viszonyítva $+45^\circ$, 90° , -45° , $+45^\circ$, 90° , -45° volt. Különös figyelmet fordítottak a szálrendszer villamos ellenállására és felmelegedésére, amely eltért a fémszálak hasonló tulajdonságaitól.



3. ábra A különböző hőmérsékleten dekonszolidált (különböző pórustérfogatú) üveg-
szálas poliamidlemezek 3-pontos hajlítóvizsgálatakor kapott feszültség-nyúlás görbék

A pórusterfogat mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásának tanulmányozására különböző hőmérsékletű kemencében utóhőkezelt (dekonszolidált) szerves bádógból származó próbatesteken 3-pontos hajlítóvizsgálatot végeztek *DIN EN ISO 14125* szabvány szerint. A **Bond-Laminates GmbH**-nál gyártott, 45 % (V/V) üvegszálat tartalmazó, poliamidalapú, négyrétegű lemez feszültség-nyúlás görbéit a pórustartalom függvényében a 3. ábra mutatja. A legfelső görbét adó, 0,04% pórust tartalmazó mintát termikusan nem dekonszolidálták. A pórustartalom növekedésével folyamatosan csökkent a hajlítoszilárdság és a hajlítómodulus. Ez bizonyítja, hogy *mennyire fontos a szálvázás műanyagok gyártásakor a jó impregnálás*. Meg kell jegyezni, hogy a vizsgált szerves bádoglemezekben a termikus dekonszolidálás alatt képződött pórusok a későbbi nyomás és hőmérséklet alatti formázás közben ismét eltűntek, és a belőlük készített darabok tulajdonságai optimálisak voltak.

A szénzálak hővezető képességét speciális berendezésen vizsgálták. A rákapcsolt feszültség révén kialakult felületi hőmérsékletet hőkamerával mérték és megfelelő szoftverrel értékelték. Termoelemes összehasonlító mérés alapján számították ki emissziós együtthatójukat.

A **Fürth GmbH** készítette el szokványos fröccsgépen IMI eljárással a 100x200 mm-es, szénzálal betétet tartalmazó poliamid próbatesteket. A próbatestek belső ellenállásának csökkenésével a felületi hőmérséklet folyamatosan növekedett, 92 ohm ellenállás mellett 30 °C, 82 ohm mellett 150 °C volt, ami negatív hőmérsékleti együtthatóra utal. Ennek általános képlete:

$$R_i(T) = R_i(T_0) e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}, \text{ ahol } B \text{ anyagi jellemző. Az adott esetben } B = 121 \text{ K.}$$

Már az első feldolgozási kísérleteknél kiderült a mikroszkópos felvételekből, hogy a poliamid tökéletesen impregnálta a szénzálal betétet, ami bizonyította, hogy az eljárás megvalósítható. A folyamat optimalizálásával mérsékelni kell a szélső rétegek nagyobb mátrixtartalmát és tovább kell növelni a száltartalmat. Egy törésfelület elektronmikroszkópos felvétele azt is mutatta, hogy a mátrix és a szálak között jó tapadás alakult ki.

A bemutatott első kísérletek alapján állítható, hogy *az IMI eljárás a fröccsöntésnek egy új különleges változata, amellyel hőre lágyuló mátrixszal állíthatók elő szénzálalvázás formadarabok*. A további fejlesztés során mélyebben kell elemezni a szénzálal villamos és termikus tulajdonságai közötti összefüggést és ennek alapján el kell készíteni az ezt szimuláló szoftvert.

Összeállította: Pál Károlyné

Winkelmann, L.: Großflächige Bauteile in Sicht = Plastverarbeiter, 61. k. 10. sz. 2010. p. 136–138.

Müller, Th.; Drummer, D. stb.: Ein energieeffizientes Verfahren für den Leichtbau = Kunststoffe, 102. k. 6. sz. 2012. p. 70–73.

Mezőgazdasági vegyszerek csomagolása

A korszerű műanyag alapanyagok ma már lehetővé teszik, hogy mérgező anyagok, pl. növényvédő szerek csomagolóeszközeit, flakonjait műanyagból készítsék. A környezet védelme érdekében fokozottan figyelnek az elhasznált flakonok újrahasznosítására.

Tárgyszavak: műanyag-csomagolás; növényvédő szer; polietilén; poliamid; polipropilén; reciklálás.

A műanyag-csomagolások egyre inkább többet jelentenek egy egyszerű termék-nél. Ennek főleg a mezőgazdasági vegyszereknél (növényvédő szerek, műtrágyák) van jelentősége, amelyek veszélyesek lehetnek a felhasználókra és a környezetre, ha nem megfelelően tárolják és alkalmazzák őket. Így a potenciálisan mérgező vegyszereket tartalmazó műanyag csomagolásoknak biztonságosnak kell lenni és nem károsodhatnak. Ez nem mindig könnyű, hiszen a vegyi anyagok reakcióba léphetnek a tárolás során, és károsíthatják a csomagolóanyagot.

Ugyanakkor elvárás, hogy a vegyszerek biztonságosan és kényelmesen kiönthetők legyenek a kiserelésből. A folyadékot gyorsan és cseppmentesen kell kiönteni, a flakon könnyen kiüríthető és kiöblíthető legyen. Ez szükséges ahhoz, hogy a maradék vegyszereket utólag ne kelljen összegyűjteni.

További fontos kérdés az, hogy mi történik a csomagolással használata után. Számos tanulmány számol be arról, hogy bizonyos országokban a gazdák az üres növényvédőszeres flakonokat elégetik vagy eldobják. 2007-ben Görögországban a gazdák 30%-a egyszerűen kidobta az üres flakonokat a saját földjén, 18%-uk elégette, míg 33%-uk bedobta azokat a folyóvízbe, csatornába. A műanyag flakonok elégetése során szennyezőanyagok kerülnek a levegőbe, míg az eldobottakból a maradék vegyszer kifolyhat, szennyezve a közeli vízforrásokat. A gazdák tudatában vannak annak is, hogy ha az üres vegyszeres flakonokat más anyagok, pl. élelmiszer vagy víz tárolására használják fel újra, akkor az potenciális veszélyt jelent.

A mezőgazdasági szektorban rengeteg csomagolási hulladék keletkezik. A **CropLife International** (a mezőgazdasági technológiák fejlesztésével foglalkozó nemzetközi szövetség) szerint *a világ növényvédőszer-piaca évente 190 ezer tonna csomagolást használ fel.* Az agrokémiai vállalatok folyamatosan azon dolgoznak, hogy ezeket a csomagolásokat biztonságosabbá, „zöldebbé” és kényelmesebben használhatóvá tegyék.

A megfelelő anyagok kiválasztása

Az első lépés a megfelelő csomagolóanyag kiválasztása az adott célra. Szerencsére a PE-HD, a polipropilén és a poliamid ideális anyag a növényvédő szerek kisé-

relésére, mivel megfelelően szilárdak és kémiaiilag inertek, vagyis nem lépnek reakcióba a bennük elhelyezett termékkel. A PE-HD-ből készült flakonokat vízbázisú növényvédő szerekhez, a PE-HD-t más műanyagokkal, pl. poliamiddal keverve az oldószeralapúakhoz használják; ezek degradálódás nélkül alkalmasak a növényvédő szerek hosszú idejű tárolására, így teljesen biztonságosak.

A fenti három polimer további előnyös tulajdonsága, hogy könnyen visszaforgathatók. A CropLife International szerint jelenleg nagyjából 50 országban működik olyan program, amely az üres növényvédőszeres flakonok kezelésével foglalkozik, ezek főleg Európában, Észak- és Dél-Amerikában futnak. A programok keretében a gazdák a használt flakonokat meghatározott gyűjtőhelyekre szállítják, gyakran azokba az üzletbe, ahol a szereket eredetileg vásárolták. Észak- és Dél-Amerikában a flakonokat számos termék – pl. polimerbeton, csövek, kerítésoszlopok és elektromos kábelvezetékek – alapanyagaként hasznosítják újra. Európában a használt flakonokat nagyrészt erőművekben és cementégetőkben égetik el energianyerés céljából.

A műanyag növényvédőszeres csomagolások reciklálási aránya széles határok között változik, pl. 70% Kanadában, 55% Németországban, 12,5% Costa Rica-ban. A CropLife becslése szerint, a világ növényvédőszeres csomagolóanyagainak nagyjából 20%-át hasznosítják jelenleg. Annak oka, hogy az arányok számos országban nem nőnek az, hogy *ezek a flakonok veszélyes hulladéknak minősülnek*, begyűjtésük és újrahasznosításuk költsége pedig folyamatosan nő. A gondot az jelenti, hogy a használt flakonok potenciálisan veszélyes vegyszerekkel szennyezettek. A CropLife megállapítja, *hogy a háromszoros öblítéses eljárásban, amelyben a flakonokat vízzel háromszor átmosják, a növényvédő szer maradéka 99,99%-ban eltávolítható*. A műtrágyaipar is hasonló módon próbálja támogatni a csomagolóanyagok újrahasznosítását, noha a műtrágyát inkább zsákokba csomagolják, mint flakonokba.

A környezetvédelmi aggodalmak más szempontokból is hatással vannak a modern agrokémiai csomagolásokra. Például a flakonok alakját át kellett tervezni, amikor előírták a hasznosítás előtti háromszoros mosást, hogy lehetővé tegyék a könnyebb öblítést.

Új formák

2009-ben a BASF új öko barát növényvédőszeres csomagolást vezetett be, amely azóta egész Európában elterjedt. Az új műanyag flakonnak tejespalackszerű formája van, amellyel csökkentették a folyadék kiloccsanásának veszélyét (*1. ábra*). A legszembetűnőbb változás a központi kiöntő használata az oldalsó helyett. A záróelem áttervezése lehetővé tette az indukciós zárófólia elhagyását, amellyel idáig a hermetikus zárást biztosították a flakon első kinyitásáig. Az új flakon kialakítása révén könnyebb a nyitás, a kiöntés és az öblítés, az ezekre fordított idő 25%-kal kevesebb, és csökkent a szennyeződés veszélye is.

Ezek az új flakonok PE-HD-ből vagy PE-HD/poliamid keverékből készülnek attól függően, hogy vizes- vagy oldószerbázisú növényvédő szert tartalmaznak. Előállításukhoz 25%-kal kevesebb műanyagot használnak fel az előző generációkhoz képest,

amivel nemcsak kímélik az erőforrásokat, hanem a csomagolás is könnyebb, így szállításuk is kevesebb energiát igényel. A BASF becslése szerint, ezzel a megoldással az üvegház-hatású gázok kibocsátását 2000 tonnával lehet csökkenteni évente.



1. ábra 1 l-es korszerű flakon
növényvédő szerek csomagolásához

A **Syngenta** újszerű csomagolási rendszert fejlesztett ki folyékony növényvédő szerekhez *S-Pac* néven. A BASF flakonhoz hasonlóan, ez is indukciós zárófoliát tartalmaz, a kiöntés gyors és kiloccsanásmentes, a sima oldalfalak a könnyű öblítést teszik lehetővé. Az *S-Pac* 250 ml-től 20 l-ig széles mérettartományban kapható. A fejlődő országok gazdálkodói jellemzően a kisméretű kisereléseket részesítik előnyben, amelyek éppen megfelelő mennyiségben tartalmazzák a növényvédelemhez szükséges vegyszereket, míg a technológiaorientált nagy farmgazdaságokban, az USA-ban, Ukrajnában és Brazíliában a nagyméretű csomagolásokat kedvelik a kiterjedt földterületek miatt.

A **Bayer CropScience** a fejlődő országok kis parcellákat művelő gazdálkodóit célozta meg egyadagos csomagolási megoldásával, amely egy szimpla, kézben tartható, szórófejes műanyag kanna.

A kihívás: kevesebb anyaggal mégis szilárd csomagolás

A növényvédőszeres és műtrágyás csomagolások előállításához szükséges anyagmennyiség csökkentésének fő kihívása, hogy a kiserelés még eléggé robusztus, szilárd legyen ahhoz, hogy ellenálljon a sérüléseknek. Ez utóbbiakat külső (leejtés) és belső tényezők okozzák.

A belsők közül meg kell említeni, hogy a műtrágyákban kémiai reakciók játszódhatnak le, amelyek gázokat termelnek, növelve a csomagoláson belül a nyomást, számos növényvédő szer pedig reagál az oxigénnel, ami viszont csökkenti a nyomást. A hőmérséklet vagy a tengerszint feletti magasság változása szintén hatással lehet a flakon belső és külső része közötti nyomáskülönbségre. Ha a csomagolás falai nem eléggé vastagok, a nyomáskülönbség deformációt és repedést okozhat. Ez egyértelműen előfordul a csomagolás tömegcsökkentésekor, ha csak nincs más megoldás a nyomáskülönbség ellen. Egyik járható út szellőzők beépítése a csomagolásba.

Alapvetően ezek a szellőzők megengedik a műanyag flakonnál a gáz ki- és beáramlását, ezzel biztosítva kívül és belül az azonos nyomást. Ez azt jelenti, hogy a falaknak nem kell ellenállniuk a nagy nyomáskülönbségeknek, és ezért vékonyabb falvastagsággal készülhetnek.

A fluoropolimereket gyártó amerikai **Gore** cég, amelynek legismertebb terméke a *Gore-Tex* szövet, egyik fő szállítója a növényvédőszeres és műtrágyás csomagolások szellőzőinek. Ezek mindegyikének anyaga fluorpolimer. A szellőzők mikropórusos habosított poli(tetrafluor-etilén) (ePTFE) membránokat tartalmaznak, amelyek átteresztik a gázokat, a folyadékokat viszont nem. Ezeket a membránokat a flakonok kupakjaiba építik be. A gázok kétféle módon távozhatnak: a legegyszerűsebb út, hogy a gázok egy lyukon keresztül áramolnak a kupakban, és a nem-átteresztő membrán megakadályozza a folyadék kifolyását. A másik módon, amely ötletesebb megoldás, a gázok az ePTFE membránon keresztül haladnak, majd a flakonnyak menetein keresztül távoznak, szükségtelenné téve a szellőzőlyukakat.

A Gore különböző pórusméretű és felületi tulajdonságú ePTFE membránokat gyárt, amelyek számos agrokémiai termékhez használhatók. A folyadékok, főleg a viszkózusak eltömíthetik a mikropórusos membránok pórusait és meggátolhatják a gázok áramlását. A probléma megoldására a Gore az ePTFE membránokat hidrofóbbá és oleofóbbá tette, így a víz vagy olaj a membránnal érintkezve „továbbcsúszik” anélkül, hogy eltömítené a pórusokat. Ezeket a membránokat még csak a növényvédő szerek csomagolásainak 5–10%-ban használják. Szellőzők beépítése nem az egyetlen lehetőség, a BASF például nitrogénnel hajtja ki az oxigént a flakonból, mielőtt lezárja, megakadályozva ezzel az oxidációs reakciókat és a nyomáscsökkenést.

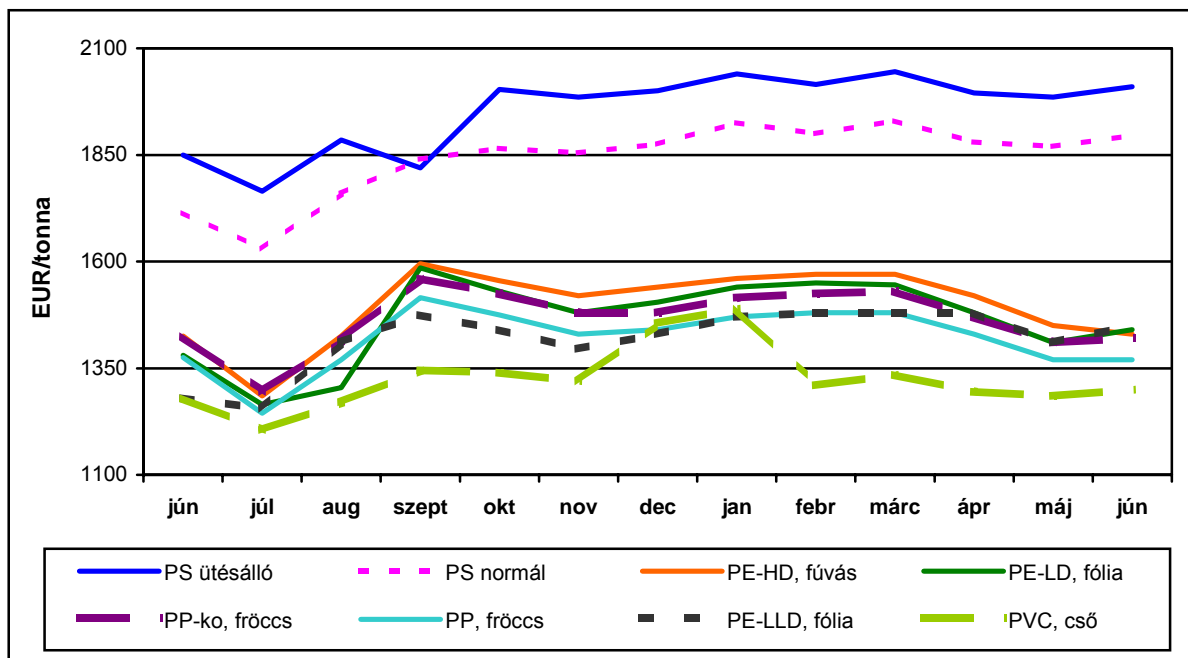
A végeredmény ugyanaz: új generációs növényvédőszeres flakonok kisebb falvastagsággal. Ezek nemcsak könnyebbek és kevesebb erőforrást igényelnek, hanem elősegítik a reciklálást azzal, hogy kisebb tömegük révén kevésbé költséges az újrahasznosításuk. Toxikusságuk ellenére, a növényvédő szerek és műtrágyák biztonságosabbá és környezetbarátabbá váltak az elmúlt 50 évben. Jó látni, hogy csomagolásaik is követik ezeket az igényeket.

Összeállította: dr. Lehoczki László

Evans, J.: On the farm: agrochemical packaging = *Plastics Engineering*, 68. k. 5. sz. 2012. p. 8–11.

Műanyag alapanyagok ára Európában

A poliolefinek ára 2012 májusa és júliusa között mintegy 20%-kal, a polisztirolké és a PVC-é ennél kisebb mértékben csökkent. Július és szeptember között közel azonos mértékű, de ellenkező irányú változás következett be; az árak év eleji szintre emelkedtek; októberben mintegy 5%-kal csökkentek; majd a következő öt hónapban szűk sávban állandósultak; áprilisban és májusban is kissé mérséklődtek (1. táblázat, 1. ábra).



1. ábra Műanyag alapanyagok ára 2012 júniusa és 2013 júniusa között

Európa gazdasága az elmúlt három negyedévben stagnált. Jelenleg az olaj és a földgáz ára szűk sávban ingadozik. A monomerek és a műanyagok kínálata jó. A műanyag feldolgozó vállalatok a mérsékeltén bővülő keresletnek megfelelően szervezik tevékenységüket. Jelentős piacvesztés a műanyagipart nem fenyegeti. Májusban és júniusban sem a monomerek, sem a polimerek piaca nem változott számottevően.

Habár júliusra egyesek néhány százalékos csökkenést tartottak valószínűnek, az újabb információk inkább ennek ellenkezőjét vetítik előre. Ennek fő oka az olajár

emelkedése, ami erősíti az alapanyag-gyártók áremelési törekvéseit. Ugyanakkor a feldolgozók részéről lanyha a kereslet. Jelentősebb árváltozásra inkább a nyár elmúltával lehet számítani.

1. táblázat

Műanyag alapanyagok árának változása 2012 június
és 2013 június között, EUR/t

Hónap	jún	júl	aug	szept	okt	nov	dec	jan	febr	márc	ápr	máj	jún
PS, ütészálló	1850	1765	1885	1820	2003	1985	2000	2040	2015	2045	1995	1985	2010
PS, normál	1715	1630	1760	1840	1865	1855	1875	1925	1900	1930	1880	1870	1895
PE-HD, fűvás	1425	1285	1425	1595	1555	1520	1540	1560	1570	1570	1520	1450	1430
PE-LD, fólia	1380	1265	1305	1585	1530	1480	1505	1540	1550	1545	1480	1410	1440
PP-KO, fröccs	1425	1295	1415	1560	1525	1480	1480	1515	1525	1530	1470	1410	1420
PP, fröccs	1375	1245	1370	1515	1475	1430	1440	1470	1480	1480	1430	1370	1370
PE-LLD, fólia	1280	1255	1410	1475	1440	1395	1430	1470	1480	1480	1480	1410	1450
PVC, cső	1280	1205	1270	1345	1340	1320	1455	1490	1310	1335	1295	1285	1300

Összeállította: Dr. Pál Károlyné

www.kiweb.de
www.plastiker.de
www.europeanplasticsnews.com