

Fenntarthatóság és forráshatékonyság

Ha utódainkra egy élhető világot akarunk hagyni, meg kell teremteni a fenntartható fejlődést, amely csak akkor valósítható meg, ha a rendelkezésre álló forrásokat már most a lehető leghatékonyabban hasznosítjuk. Ez nemcsak az energia- és anyagforrásokra igaz, hanem az emberi munkaerőre, a technikára és az egész termelési folyamatra is.

Tárgyszavak: gazdaság; fenntarthatóság; források; műanyagipar; termelékenység; jövőkép; hulladékhasznosítás.

A fenntarthatóság korunk kulcsszava, amely például a műanyagiparban kifejezi az energiahatékonyság növelésére, a környezetre ártalmatlan adalékanyagok alkalmazásának elterjesztésére, az újrahasznosítás mértékének növelésére irányuló törekvés fontosságát, továbbá a költségek csökkentésére irányuló tevékenységet.

A fenntarthatóság csak akkor teremthető meg, ha a forrásokat nemcsak kíméljük, hanem azokat a lehető leghatékonyabb módon használjuk fel. Ez a természeti forrásokon, az energián és az anyagokon kívül az emberi munkaerőre, a technológiára és maga az egész termelési folyamatra is érvényes.

A feladat nem könnyű, de ha nem valósul meg, utódainkra egy kirabolt, szegény világot hagyunk örökségül. A világ számos helyén nagy erővel kutatják azokat a lehetőségeket, módszereket, technológiákat, amelyekkel ez elkerülhető lesz.

A fenntarthatóság

Az írországi Műanyag-feldolgozási Kutatóközpont (Polymer Processing Research Centre; PPRC) igazgatója szerint a piacgazdaság gyorsan változó körülményei közepette a vállalatokat elsősorban a túlélés lehetőségei foglalkoztatják. Azok a vállalatok, amelyek hosszabb távra kitekintve a fenntarthatóság érdekében a termelés bővítését célzó beruházásokba fektetnek be, a válságot követően biztonsággal sikeres jövőre számíthatnak. Ezzel ellentétben azok a vállalatok, amelyek a gazdasági nehézségek időszakában összehúzzák magukat, csak a megtakarítások lehetőségeire koncentrálnak, a fellendülés időszakában hanyatlásnak indulnak.

A műanyag-feldolgozás fenntarthatósága elsősorban az energiafelhasználás hatékonyságától, a gyártás termelékenységétől, az alkalmazott anyagok környezetre és egészségre ártalmatlan voltától és a hulladék mennyiségének csökkentésétől függ. A fenntarthatóságot tehát elsősorban azok az intézkedések szavatolják, amelyek a felsoroltak megvalósítását célozzák.

Az energifelhasználás és a termelés hatékonyságának növelése

A műanyag-feldolgozás gazdaságosságát döntő mértékben a termelési költségek és ezen belül elsősorban az energiaköltségek határozzák meg. Különösen jelentős a villamos energia felhasználásának hatékonysága. Számos vállalat nem ismeri fel ennek fontosságát, és viszonylag jelentéktelen intézkedéssel kíván megtakarítást elérni (pl. arra ösztönzi munkatársait, hogy oltsák le a villanyt, ha kimennek a szobából). Ezen a téren a Brit Műanyagipari Szövetség (British Plastics Federation; BPF) tanulmánya adhat tanácsokat. Ajánlja a termelés mélyreható átvilágítását és számos költségmegtakarító megoldást javasol. Például olyan egyszerűen kivitelezhető is, hogy kapcsolják le a használaton kívüli motorokat, az üzemben ugyanis azok veszik fel a legtöbb energiát.

Viszonylag olcsón és hatásosan lehet energiát megtakarítani hőszigeteléssel is, akár a hűtőrendszer felmelegedését, akár a fűtött rendszerek lehűlését gátolják ezzel. A műanyag-feldolgozó üzemekben a sűrített levegő előállítása az energiaköltségek mintegy 10%-át teszi ki, de ennek 20–40%-át a vezetékrendszer tömítetlensége okozza.

A legjelentősebb eredmények beruházásokkal, új gépek beszerzésével érhetők el. A gépgyártók napjainkban napról–napra új berendezéseket hoznak forgalomba, amelyek 20–50%-kal kevesebb energiát fogyasztanak, mint a tíz évvel korábban gyártottak. A régebbi gépek, illetve egyes elemeik felújítása ugyan kevesebbe kerül, mint az új gépek, az utóbbiak teljesítményhatékonyságából adódó különbség azonban rövid időn belül igazolja a befektetés gazdaságosságát. *Egy teljesen elektromos fröccsgép 60%-kal kevesebb energiát igényel, mint a hagyományos hidraulikus gépek.*

A fröccstermékeket gyártó Harbec cég (Ontario, USA) ennek a logikának az alapján energiatakarékos őrlőgépeket, motorokat és változatható sebességgel működtethető kompresszorokat állított üzembe, meglévő villamos fröccsgépeibe pedig jobb energiahatékonysággal dolgozó csigákat épített be.

A Harbec cég azt a célt tűzte ki, hogy 2013-ra „karbonneutrális”, 2015-re „vízneutrális” legyen. A vállalat energiaigényének csökkentése érdekében 2002-ben a telephelyen 300 ezer kWh/év kapacitású szélerőművet építettek, amely a telep energiafogyasztásának 25%-át szolgáltatja. Egy további 2 MWh/év kapacitású szélerőmű felállítása folyamatban van. A beruházás 8 év alatt megtérül. A két turbina várhatóan az áramellátás 70%-át biztosítja. Emellett egy kombinált hő- és energiarendszert is létesítettek, amelyben 25 gázzal fűtött mikrogenerátor termel áramot. Ezzel kiegészítve valószínűleg nem szorulnak vállalaton kívüli áramforrásra. A kipufogó meleg gázokkal vizet hevítenek, amellyel az épületeket télen melegítik, nyáron pedig abszorpció hűtőberendezésekkel hűtik. Épületeik tetejéről és a parkolók felületéről összegyűjtik a csapadékvizet (évente kb. 5,5 ezer m³-t), amelyet gépeik hűtésére használnak.

A cég erőfeszítései az energiahatékonyság javítására nem voltak hiábavalók. 2005–2007 között a cég termelése folyamatosan nőtt, energiaigénye viszont folyamatosan csökkent, a három év alatt összesen 35%-kal. Ez kWh-ra, majd pénzre átszámítva 180 ezer USD megtakarítását jelenti.

A németországi Arburg cég fröccsgépeket gyárt, villamos és hidraulikus hajtásúakat egyaránt. Folyamatosan dolgozik azon, hogy modulokból felépített gépei minél

jobb hatásfokkal használják fel az energiát. A modulrendszerű felépítés lehetővé teszi, hogy egy gépet mindig a megrendelő igényeinek megfelelően, az energiafelvétellel optimalizálva állítsanak össze. A cég néhány új hidraulikus fröccsöntő gépében ún. „hatékonyságcsomagot” alkalmazott, ennek során változtatható sebességű szivattyúkat és vízhűtéses motorokat állítottak üzembe. Az ilyen gépek kevesebb szén-dioxidot bocsátanak ki, 20% kisebb az energiafelhasználásuk és 5%-kal rövidebb a termékgyártás ciklusideje.

Az Arburg cég fejlesztéseiben az energiafelhasználás hatékonysága helyett átfogóbb célként már a termelés hatékonyságának növelését tűzte ki. Ez alatt azt érti, hogy optimális minőséget az egy gyártmányra eső lehető legkisebb költséggel kell előállítani. Ennek érdekében vevőikkel együttműködve vizsgálták felül a gyártmányok teljes értékteremtő folyamatát: a tervezést, a formaadást a szerszámban, a gépeket és azok perifériáit; a folyamatintegrálást, a folyamat-ellenőrzést és a folyamattervezést. Az egyes gyártmányokhoz a legmegfelelőbb fröccsgépet számítógépes programmal választják ki. Legfontosabb partnerük a Lego, a két cég együttműködésének eredményeképpen az energiaköltségeket 45%-kal csökkentették.

Az EU Kormány, az Európai Bizottság és a PPRC is jelentős fejlesztőmunkát végez a műanyag-feldolgozó ágazat energiahatékonyságának javítása érdekében. A PPRC például vállalatokkal, ipari szövetségekkel, kutatóintézményekkel együttműködve a rotációs öntési eljárás hatékonyságának javítására dolgozott ki programot. A *Micromelt Project* keretében számos új irányban folytatnak kutatásokat. Megállapították, hogy a hagyományosan alkalmazott gáz helyett mikrohullámú fűtés és belső víz-hűtés bevezetésével a ciklusidő 40%-kal, az energiafelhasználás 24%-kal csökkenthető.

A témához kapcsolódva a PPRC további két hűtési eljárás fejlesztésével foglalkozik. Az egyik az elterjedten használt, szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú, környezetkímélő ionos sókkal folytatott kísérlet. A másik a nanorészecskékkel folytatott kutatás. A cél a rotációs formázás ciklusidejének 10–15 min-os csökkentése, ami jelentős energiamegtakarítást eredményezhet.

Hulladékcsökkentés, környezeti hatás

A közvélemény többnyire ellenszenvvel viseltetik a természetet elcsúfító műanyagokkal szemben, különösen a műanyag hulladék kezelésének nem optimális kezelése miatt. Az általános kép javítását szolgálja, hogy a műanyag hulladékok egyre nagyobb hányadát visszaforgatják a termelésbe. Ezzel csökkentik a primer energiahordozók iránti igényeket és a környezet terhelését a műanyagok „szén-dioxid lábnyomával”.

A Harbec cég a hulladék hasznosítása terén is jelentős eredményeket ért el. Egy részét saját termelésébe forgatja vissza, a saját vállalatában újra nem hasznosítható gyártási hulladékot pedig hulladék-feldolgozó vállalatnak adja el, pl. az Ultimate Recycled Plastics cégnek, amely abból többek között műanyag deszkát, padlót gyárt.

A fenntarthatóság azonban csak akkor teljesülhet, ha a visszaforgatott hulladékból készített termékek eladhatók. Szerencsére a vásárlók környezettudatossága folya-

matosan növekszik, és a műanyag termékeket nagy mennyiségben felhasználó iparágak, pl. az autógyártás szinte kiköveteli, hogy azokban hulladékból visszanyert, fenntarthatóságot növelő, forrásfelhasználást és üvegházhatású gázemissziót csökkentő műanyaghányad legyen. A fenntarthatóság terén elért sikerek ugyanis a vállalat termelésének minőségét juttatja kifejezésre.

A műanyag-feldolgozó Intek Plastics vállalat (USA) anyagfelhasználásának 15–20%-a visszaforgatott műanyag hulladék. A vállalatnál 2010-ben 450 tonna saját hulladékot dolgoztak vissza, de másik 450 tonna hulladékból kinyert műanyagot vásároltak más cégektől.

A hulladék újrafeldolgozása terén jelentős eredményeket ért el az európai vállalatok és kutatóintézetek szövetsége, benne a PPRC. Kifejlesztették ugyanis az *Ultravisc* eljárást, amellyel a különböző és eltérő tulajdonságú és viszkozitású vegyes hulladékokat hőkezeléssel egyneműsítik (homogenizálják). Ultrahangos érzékelővel határozzák meg a hulladékáram viszkozitását, és ennek megfelelően állítják be a feldolgozási paramétereket.

További feladat az esetlegesen természetet károsító vagy egészségre ártalmas adalékanyagok alkalmazásának korlátozása vagy tiltása. Ilyenek a klór/fluortartalmú szénhidrogének, amelyeket korábban habosító anyagként használtak műanyaghabok gyártásakor, és amelyeket az ózonréteget károsító hatásuk miatt ma már tilos alkalmazni.

Az elmúlt években sokat vitatkoztak a PVC-hez használt ftaláttípusú lágyítókról. Ezek egy részét potenciális rákkeltő vagy endokrin hatással gyanúsítják. Az EU vegyipari törvénye, a REACH keretében a közelmúltban kiadtak egy listát, amely több jól ismert kis molekulatömegű ftalát felhasználását korlátozza vagy tiltja, helyettesítésükre a nagy molekulatömegű (polimerláncú) ftalátokat ajánlja. Időközben a vegyipar számos más, nem ftaláttípusú lágyítót is kifejlesztett. A gyermekjátékokban is tiltják a ftalátok alkalmazását, helyettük kevésbé vitatott biológiai termékeket lehet használni. Ilyenek például az epoxidált szójaolajok, (gyártójuk pl. Galata Chemicals, USA) és a cukortartalmú növényekből kivont levulin-ketálok (gyártójuk pl. Segetis, USA). E két vállalat megállapodott a Georgia Gulf vegyipari vállalattal olyan PVC gyártmányok kifejlesztésére, amelyek az említett lágyítókat tartalmazzák. További biológiai lágyítók a növényi alapanyagokból származó zsírsavak és a gyümölcsből gyártott citrát-észterek.

A műanyagipar szereplői, intézmények és vállalatok, és ezen túlmenően a műanyag gyártmányokat vásárló és hasznosító társadalom egymásra utalt és érdekelt az ágazat környezettudatosságának elismertetésében, ezért a kölcsönhatás előnyeinek érvényesítése és tudatosítása minden érintett feladata és érdeke.

A forrásfelhasználás hatékonysága

A források felhasználásának hatékonysága (rövidebben: forráshatékonyság) sokkal többet jelent, mint a természetes források kíméletes felhasználása, és magában foglalja a feldolgozás módjának, azaz a gyártásnak a hatékonyságát is.

Az élet minőségét az természeti források felhasználásának hatékonysága határozza meg. Ezek a források lehetnek elsődlegesek, pl. primer energiahordozók, víz, szén stb., illetve ezek hasznosításával elérhető közvetítő termékek: áram, hő stb. A társadalom egymást követő generációinak célja az élet minőségének folyamatos, hosszú távú (a világ megszűntéig tartó) javítása. A primer források hasznosítását, illetve azok hatékonyságát, gazdaságosságát az ember folyamatosan mérlegeli, és legfőbb céljainak egyike ezek javítása. A gazdasági életben a hatékonyságot többek között az ipari tevékenység mutatói (legfőbb mutatói a gépek, a munka és anyagok kihasználásának mértéke), továbbá a forrásráfordítás fajlagos mutatói határozzák meg.

Az *ipari tevékenység hatékonyságát* a termelt mennyiség (kihozatal) következő fajlagos mutatói jellemzik:

a gép termelékenysége	= kihozatal/ráfordított gépóra
az emberi munka termelékenysége	= kihozatal/ráfordított munkaóra
az anyag termelékenysége	= kihozatal/ráfordított anyagmennyiség

A szűk értelemben vett *forráshatékonyság* mutatói:

energiahatékonyság	= kihozatal/ráfordított energiamennyiség
egyéb források hatékonysága	= kihozatal/ráfordított vízmennyiség
	= kihozatal/ráfordított talajfelület nagysága
	= kihozatal/ráfordított levegőmennyiség

A világ erőforrásai közül a legszűkösebbek az energiaforrások. A primer energiaforrások között a földhő, a nap és a szél energiahasznosításának terén egyre nagyobb távlatok nyílnak meg. A gyors fejlődés azonban minden esetben problémákat is felvet, pl. a földhő esetében a geológiai anomáliák, a nap és a szél esetében a hatalmas területigény módosíthatja a túl kedvezőnek vélt lehetőségeket.

Vízből rengeteg van, a Föld felszínének kétharmadát víz borítja. A baj az, hogy a sós vízből csak sok energia felhasználásával lehet ivóvizet kinyerni és a vízben szegény területekre elszállítani. Földfelületben sincs hiány, mert öntözéssel korábban lakatlan száraz területeket is élhetővé lehet tenni. Élelmiszerből is elegendő mennyiséget lehet termelni, de az egyenetlenül oszlik el a bolygón, és az élelmiszertermelésre alkalmatlan területre szállításhoz és ottani tároláshoz ismét csak energia kell.

Az energiaforrások bősége, illetve szűkössége eltérő mértékben befolyásolja a gazdálkodás eredményességét. Az erőforrások optimális hatékonysága a műszaki K+F tevékenység révén jelentős mértékben alakítható.

Az erőforrások árának változása és a megtakarítási hajlandóság

Ha csökken a források ára, mérséklődik a megtakarítási hajlandóság, illetve felhasználásukkor a gazdaságosság mérlegelése háttérbe szorul, a piaci környezet a megtakarításukra irányuló fejlesztéseket kevésbé ösztönzi. Az erőforrások megtakarítására irányuló fejlesztések ösztönzése érdekében a felhasználást árszabályozással lehet befo-

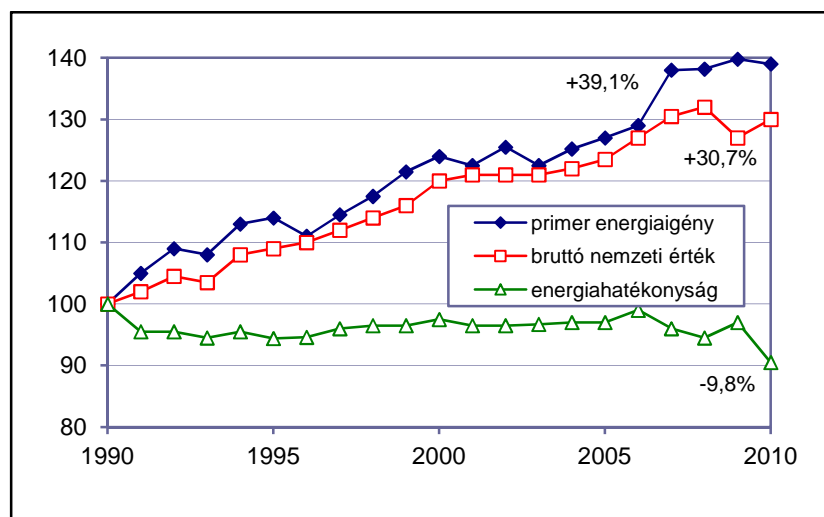
lyásolni, illetve ilyen módon szabályozhatók a folyamatos fejlesztéshez szükséges anyagi források. Így kialakulhat a fejlesztések költségei és a háztartások kiadásai közötti egyensúly.

Műszaki fejlesztéssel javítható a források hatékony felhasználása és áruk mérsékelt emelésével biztosíthatók a szükséges pénzügyi feltételek. Japánban például 1975 és 1990 között a magas energiaárak jelentősen hozzájárultak az ország gazdaságának rendkívül gyors növekedéséhez.

Amennyiben a piac önszabályozó mechanizmusa az erőforrások hatékonyságának optimális feltételeit nem biztosítja, ezt politikai eszközökkel lehet megteremteni. Európában e cél elérésére 2005-ben irányelvet fogalmaztak meg. Németországban ezt szem előtt tartva dolgozták ki a *ProgRess programot*, amelynek elemei:

- az energiaellátás szűk keresztmetszeteinek megszüntetése Németországban és Európában,
- a versenyelőnyök növelése hatékony műszaki fejlesztéssel,
- a kedvezőtlen környezeti hatások elhárítása, a határértékek betartatása,
- az erőforrások megőrzése a következő generáció számára.

Németországban – részben ezen célok tudatában – 1990 és 2010 között az energiahatékonyság mintegy 40%-kal javult (*1. ábra*), az energiateljesítmény csökkent, a gazdaság jelentősen növekedett. Nemzeti, illetve európai érvényességű kötelező hatékonysági szabványokat határoztak meg, és erre alapozva a világ leghatékonyabb iparát fejlesztették ki. A műszaki csúcstvonalat meghatározó, megbízható normák hatékonyan segítik az ipar fejlesztését. A járművek, az erőművek és a háztartási cikkek gyártása terén Németország megelőzi az USA-t, mivel ott hasonló hatékonysági normákat nem határoztak meg.



1. ábra

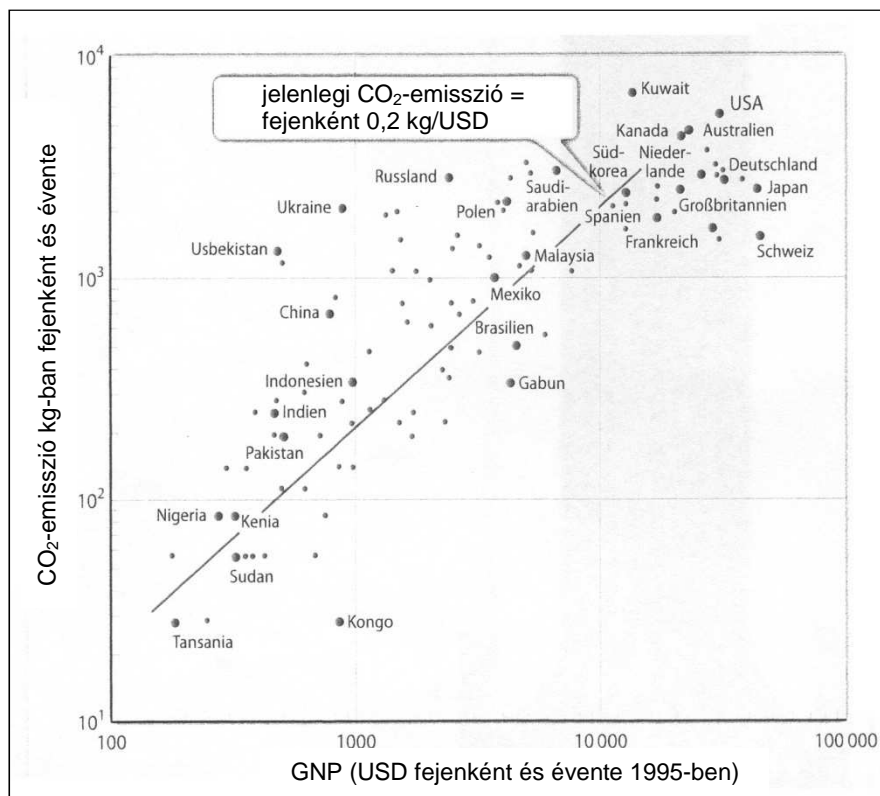
A primer energiaigény, a bruttó nemzeti termék (GNP) és a fajlagos energiateljesítmény (energiaterjesztés) százalékos változása Németországban 1990-2010 között. (1990 = 100%)

Megállapítható, hogy az országok bruttó nemzeti terméke, (angolul Gross National Product, GNP) és a CO₂ kibocsátás egy lakosra számított értéke a legtöbb országban szoros összefüggést mutat. Ilyen például az USA is. A fejlett európai országokban

és Japánban viszont megfigyelhető a fajlagos emisszió csökkenése (2. ábra). Németországban is mérsékelt a CO₂ kibocsátás a gazdaság fejlettségéhez képest, mert

- magas az energiahasznosítás mértéke,
- jó az épületek hőszigetelése,
- a közlekedésben egyre több az energiatakarékos, könnyűszerkezetes jármű,
- az iparban energiahatékony gépeket és más eszközöket, alkalmaznak.

Megújuló energia termelése főképp műanyagok alkalmazásával érhető el. A szél-erőművek lapátjait csak szállal erősített műanyagokból lehet gazdaságosan gyártani. A napenergiát hasznosító (fotovoltaikus) rendszereket csaknem kizárólag műanyagokból építik ki. A fűtő-, illetve üzemanyagcellákat műanyag membránok alkalmazásával fejlesztették ki.



2. ábra Összefüggés a CO₂-kibocsátás és a bruttó nemzeti termék(GNP) között.

Az egyes pontok a világ különböző országainak GNP értékét jelzik USD-ben (egy főre eső 1995-ös érték USD-ben), továbbá az országban fejenként és évente kibocsátott CO₂-t kg-ban (az országok neve németül van feltüntetve)

Energiatakarékos épületek

A földrajzi viszonyoktól függően az épületek állandóan vagy időszakonként fűtést, illetve szigetelést igényelnek. Erre a célra különösen alkalmas a grafitallal kombinált (szürke) polisztirolhab, ezt követi a fehér polisztirolhab, majd a kőgyapot és a pa-

rafa. Új szigetelőanyagok kifejlesztését célzó kutatásokat számos intézetben folytatnak.

A háztartási gépek hőszigeteléséhez alkalmazott PUR hab elemek gyártása több energia felhasználását követeli, mint a kőzetgyapotból gyártottaké, de a hosszú használat alatt az előbbiekkal mégis több energia takarítható meg. A korszerű műanyag érzékelőkkel és szivattyúkkal szerelt mosogatógépek, illetve mosógépek hatékony működése, a tisztítás könnyebbsége energia- és vízmegtakarítást eredményez.

A korszerű energiahatékony világítóberendezések, LED lámpák számos alkatrészét, pl. foglalatát műanyagból gyártják. E téren fontos követelmény a jó hővezető képesség. A kutatóhelyeken, többek között német Műanyag-technikai Kutatóintézetben (Institut für Kunststofftechnik; IKT) költséghatékony új hővezető műanyag típusok előállításával is foglalkoznak.

Könnyű, energiatakarékos járművek

A személygépkocsik gyártásában a műanyag alkatrészek térhódításának eredményeképpen a könnyű szerkezetek további térhódítása várható. A polgári repülőgépekben is terjed a műanyagok alkalmazása. Különösen a szénszállal erősített karosszériaelemek egyre jelentősebb mértékű bevezetése révén csökkenthető a járművek tömege, ami számottevő üzemanyag-megtakarítást eredményezhet.

Szénszállal erősített (CFK) könnyű alkatrészeket építenek az Airbus A380 és legújabb A350 típusú repülőgépeibe. Számos kutatóhelyen foglalkoznak azzal, hogy a szállal erősített alkatrészek gyártásának ciklusidejét a „közönséges” hőre lágyuló műanyagok feldolgozásakor megszokott idejűre csökkentsék. A szénszállal erősített műanyagoknak nemcsak a feldolgozási technikáját kell megtanulni, hanem az ilyen termékek újrahasznosítását is meg kell oldani.

Szállal, esetenként poliamidszállal erősített extrudált vagy szálítatásos profilhúzással (pultrúzióval) előállított poliamidlemezeket (ún. szerves bádóg, Organoblech) fémlemezek helyettesítésére kínálnak.

Az energiahatékonyság javítása a műanyagiparban

A fröccsöntő gépeket gyártó vállalatok nagy többsége kínál teljesen elektromos típusokat is, amelyek energiafelhasználása 50%-kal kisebb, mint a hidraulikus hajtásúaké. A fröccsöntő gépek üzemeltetéskor az energiaköltség 90%-át a szerszám mozgatása, illetve a csiga hajtása, további 10%-át a fűtés, a karbantartás és az üzembe helyezés emészti fel. *A hagyományos hajtómotorok helyett egyre gyakrabban alkalmazott szervomotorokkal 5–10% hatékonyságjavulás érhető el.*

Az IKT vizsgálta az extruderekben fellépő hőforrásokat és hőelnyelő helyeket. Az elemzés alapján meghatározták a hőáramok mozgását és azokat a pontokat, ahol ezekhez hozzá lehet férni. Azt vizsgálják, hogy ezeken a pontokon fel lehetne-e melegíteni pl. a szárítóba vezetett levegőt, amellyel a teljes folyamat energiaigényének akár 10–20%-át tudnák megtakarítani.

A kutatóintézetben új gyors, intenzív mégis energiatakarékos szárítási eljárással próbálkoznak. Ebben túlhevített gőzt és egyidejűleg mikrohullámokat is alkalmaznának. Az utóbbiak belülről melegítenék a granulátumszemcséket, a forró gőz kívülről hatna rájuk, ami a mozgó granulátumáramot nagyon rövid idő alatt kiszárítaná.

Hatékonyságjavítás folyamatintegrációval

Az elmúlt években a termelés fejlesztésének erőforrásai, az eszközök és a munkaerő folyamatosan drágult, racionalizálással és beruházások nyomán azonban a gyártók költségei még csökkenhettek is. Ennek következtében a német iparban nőtt a termelékenység; a német műanyag-feldolgozó iparban a személyi költségek a teljes gyártási költség mindössze 20%-át teszi ki. A gazdaságos gyártás „titka” az alacsony anyagárak mellett az alacsony gyártási költségek. A gyártáshoz szükséges gépidők és munkaórák csökkentése érdekében a gyártók igyekeztek a munkaműveleteket kombinálni és pl. a fröccsöntés folyamatában elvégezni.

A személygépkocsik üléseinek korábban alkalmazott szilárd és súlyos fém kartámaszát ma már általában hosszú szálakkal erősített hőre lágyuló műanyagból, közvetlen fröccsöntéssel gyártják.

A 2010-es düsseldorfi műanyag-kiállításon mutattak be egy integrált eljárást, amelyben könnyű és erősen terhelhető, végtelen hosszú szénszálakkal erősített műanyag kompozitelemeket, (szerves bádoggal lemezeket) infravörös sugarakkal melegítve és meglágyítva a fröccsszerszámba helyezték, majd hátoldalukra rövid üvegszállal erősített poliamidömléket fröccsöntöttek. Szerszámzáráskor a lágy lemez felvette a szerszám alakját, a ráfröccsöntött ömlék pedig erősítőkordákat képezett rajta. A terméktől függően a szálak hosszúsága és aránya változtatható.

A bemutatott eljárást azóta továbbfejlesztették. Már nincs szükség infravörös kemencére. Amikor a robot a tárolóból kiemeli a kivágott szénszálal előformát, egyúttal áramforrással érintkezteti a szénszálakat. Az azokon átfolyó áram felmelegíti a lemezt, amelyet a robot ezután a fröccsszerszámba helyez, ahol az előző módon bekövetkezik a formázás és a fröccsöntés. Az eljárás megbízhatóságát és hatékonyságát számos kísérlettel igazolták.

Az anyagok ára és a hatékonyság

Németországban a termelési költségek 50%-át a felhasznált anyagok ára teszi ki. A fröccsöntő üzemekben ezért igyekeznek a falvastagságot (és a ciklusidőt) csökkenteni.

Az építőiparban habszerkezetű elemekkel lehet anyagot megtakarítani. A gazdasági mutatók visszaforgatott, másodnyersanyagokkal és olcsó monomerek helyben végzett (in-situ) polimerizálásával is javíthatók.

Az extrudálásra kifejlesztett nagy viszkozitású poliamid drága anyag, ezért az IKT fröccsöntésre alkalmas költséghatékonyabb típust extrudálásra alkalmas terméké alakított. Még gazdaságosabb változat közvetlenül monomerből is gyártható. Egy

ütésállóságot növelő adalékkal módosított PA6 blokkpolimert viszonylag olcsó kaprolaktámból aktivátorral és katalizátorral kétcsigás extruderben szintetizáltak. Az ömledéket célirányosan gázmentesítették, ezért a polimer monomertartalma minimálisra csökkent. A reaktív extrúzió alatt a PA6 blokkpolimer ütésállósága a kitűzött szintre emelkedett.

Az IKT új in-situ pulrúziós berendezésében első alkalommal gyártottak egy irányban rendezett (párhuzamos) végtelen szálakkal erősített PA6 profilokat. A termékek szál tartalma nagy falvastagság mellett is elérte a 70%-ot, mivel a rendkívül könnyen folyó monomer tökéletesen átítatta a szálkötegeket. A könnyű és nagy szilárdságú profilok poliamidból fröccsöntött bonyolult termékekben helyi erősítő elemként alkalmazhatók.

Anyagmegtakarítás visszaforgatással

A gyártási folyamatok után visszamaradó anyagok sorsa lehet visszaforgatás, elégetés vagy környezetszennyező hulladék. *Németországban és Svájcban a műanyag-hulladékok 99%-át hasznosítják.* Ausztriában 43%-át anyagában forgatják vissza, további hányadát energetikai úton hasznosítják.

A műanyagok hulladéka értékes, ezért ismételt hasznosítása gazdaságos. Ez nem minden esetben megoldható feladat: a többrétegű és záróréteget is tartalmazó fóliákat, a lakkozott vagy más fedőréteget hordozó vagy erősen szennyezett formadarabokat érdemesebb elégetni és égéshőjüket hasznosítani, mert ilyen módon is meg lehet takarítani primer energiahordozót.

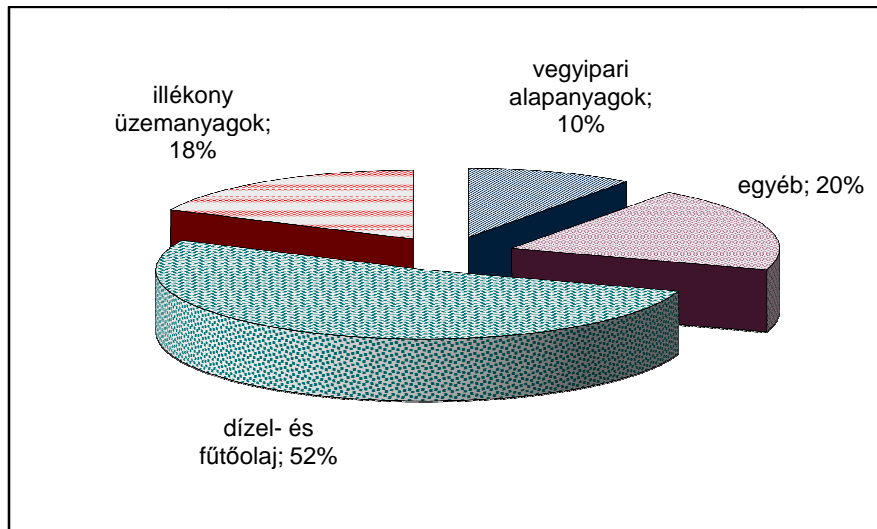
A PET hulladék újrahasznosítása érdekében Németországban széles körben sikeresen üzemeltetnek palackgyűjtő automatákat, amelyekben nagy tömegű, viszonylag tiszta, jól szelektálható hulladék halmozódik fel. Ezt megömlesztés és az ömledék megtisztítása után egyre nagyobb arányban keverik hozzá az új palackok anyagához. A korszerű eljárások révén a hulladékot is tartalmazó palackok minősége nem különbözik a primer anyagból készültétől, műszaki paramétereik élelmiszerek betöltésére alkalmasak, amit hatóságilag is engedélyeztek.

Bioműanyagok

A megújuló forrásból, növényi alapanyagokból készített műanyagok iránti kereslet a távolabbi időkben bizonyára megnövekszik majd, *az előrejelzések szerint azonban részarányuk a világ műanyagok iránti keresletében egyelőre a 2% körüli szinten marad.* Felhasználásuk akkor kezd majd növekedni, ha ismét fenyegetővé válik a fosszilis energiaforrások szűkülése.

Németországban a felhasznált kőolaj mindössze 6%-ából gyártanak polimereket, amelyek teljes tömege 20,7 millió tonna, ennek 48,7%-a ragasztó, gyanta és lakk, 42,7%-a (8,8 millió tonna) hőre lágyuló műanyag és poliuretán. A teljes kőolajfelhasználásnak csupán 2,6%-ából gyártanak műanyagokat (3. ábra). A megújuló erőforrások műanyaggyártásra terelésével csak jelentéktelen mértékben lehetne a kőolajpiacon esetlegesen jelentkező feszültségeket csökkenteni. Más kérdés, hogy milyen

mértében lehet a műanyagipar függését a kőolajtól a megújuló nyersanyagok felhasználásának fokozásával mérsékelni.



3. ábra A kőolaj-felhasználás százalékos megoszlása Németországban. A vegyipar 10%-os részarányából mindössze 6%-ot használnak fel polimerek gyártásához és csak 2,6%-ból lesz műanyag

A közvélemény néha berzenkedik a műanyagok széles körű elterjedése ellen, mivel a használat után megjelenő anyagok, hulladékok gyűjtése és újrahasznosítása terén környezetet rontó, károsító jelenséggel találkozunk. Ez azonban főképp a lakosság magatartásának következménye, mert az összegyűjtés hiányossága miatt a másodnyersanyagként hasznosítás feltételei nem kielégítőek. Nem kellőképpen tudatosul, hogy a műanyagokkal hatalmas mennyiségű energia takarítható meg és jelentősen csökkenthető a CO₂ emisszió.

A műanyagipar versenyképességének érdekében kifejtett K+F munka, amely az erőforrások hatékony felhasználását szolgálja, jelentős mértékben segíti a társadalom jólétének alakulását.

Összeállította: Pál Károlyné

Evans, J.: Making sustainability pay = Plastics Engineering, 68. k. 8. sz. 2012. p. 20–24.

Bonten, Ch.; Weizsäcker, E. U.: Ressourceneffizienz mit Kunststofftechnik = Kunststoffe, 104. k. 6. sz. 2014. p. 16–23.