

Műanyagok alkalmazása az elektronikában és az energiatakarékosságban

A számítástechnikai eszközök terjedése megállíthatatlan, és ezekben már jelen lesznek a villamosan vezető polimerek. A szerves világító diódák hosszú távon bizonyára ki fogják szorítani az izzólámpákat a piacról, és segítségükkel jelentős mértékben csökkenthető a világítás energiaszükséglete. A fényelektromos polimerek a napelemek fejlesztésében nyithatnak új fejezetet.

Tárgyszavak: műanyag-alkalmazás; elektronika; szilíciumlapka; félvezetők; fényemittáló dióda (LED); szerves LED (OLED); energiatakarékosság; nanotechnológia; fényelektromos polimerek.

Vezető polimerek a mikroelektronikában

Manapság az élet minden területén ott vannak a számítógépek: a játékokban, a tv-készülékekben, a háztartási gépekben. Az utcán és a járműveken is laptopot, mobiltelefont vagy MP3 lejátszót használnak az emberek. Ez pedig valószínűleg csak a kezdet: hamarosan valószínűleg a ruházatban, a bevásárlókosarakban, a falakon, a vásárolt árukban is ott lesznek a számítógépek, amelyek információt gyűjtenek vagy továbbítanak. Ezek az újfajta számítástechnikai eszközök egyszerűek, olcsók és rugalmasak, az információk nyomtathatók lesznek – és *valószínűleg villamosan vezető polimereket is fognak tartalmazni.*

A digitális forradalom főszereplője a *szilíciumlapka* volt, amely ugyan nagyon nagy karriert futott be, de megvannak a maga korlátai. Ezek egyike az, hogy a szervetlen félvezetők ridegek, hajlításra törnek. Ez a rugalmatlanság csak akkor hátrányos, ha valami lágy anyagba, pl. szövetbe akarják beépíteni az áramkört. A szilíciumlapka lényegében fotolitográfias eljárással készül, ahol különböző fizikai és kémiai eszközökkel „rajzolják” be a szilíciumfelületbe az áramköröket. A fotolitográfia nagyon hatékonyan bizonyult elektronikai mikroáramkörök gyártásakor, de az eljárás meglehetősen bonyolult, idő- és pénzigényes. Ahhoz, hogy a mikroáramkörök még szélesebb körben elterjedjenek, *a szilíciumalapú elektronikát rugalmasabb, olcsóbb alternatívákkal kell felváltani.* Ez legegyszerűbben *vezető polimerekkel* érhető el, amelyek a kijelzők és a fényelektromos eszközök piacán is forradalmi változásokat okozhatnak.

A legtöbb polimer szigetelő, ezért inkább szigetelésekben, pl. kábelek szigetelésében és köpenyanyagában használják fel őket. A szigetelő tulajdonság oka, hogy a polimerek nagyrészt elektronegatív atomokból épülnek fel, amelyek erősen megkötik

az elektronokat és kovalens kötések képeznek. A fémek, amelyek tipikusan vezetnek, kisebb elektronegativitásúak, és inkább több atom osztozik a kötő elektronokon, ezért azok nem helyhez kötöttek, „delokalizáltak”. Pontosabb megfogalmazásban a sok atomból álló szilárd testekben az elektronok bizonyos energiasávokban fordulhatnak elő, és a legalacsonyabb sávok az atomokhoz kötöttek. Ahhoz, hogy az elektronok mozogni tudjanak az anyagon belül, magasabb energiasávba kell kerülniük. Az ehhez szükséges energiát szolgáltathatja többek között a villamos feszültség is. A szigetelőkben az alapállapotú és a gerjesztett állapotú sáv közti energiakülönbség akkora, hogy közönséges feszültség hatására az elektronok nem tudnak annyi energiához jutni, hogy átjussanak az egyikből a másikba. A fémekben az alapállapotú és a vezető sáv energiatarománya átfed, ezért már minimális energiatöbblet (pl. a hőmozgás) elég energiát ad az elektronoknak ahhoz, hogy feszültség jelenlétében áram induljon meg. A félvezetőkben véges, de a hőmozgással még áthidalható energiakülönbség van a vegyérték- és a vezető sáv között, ezért *a vezetőképesség a fémeknél kisebb és hőmérsékletfüggő lesz*. A szerves anyagokban vegyérték és vezető sáv helyett többnyire HOMO (legnagyobb energiájú betöltött) és LUMO (legalacsonyabb energiájú be nem töltött) pályákról beszélnek, amelyek között többnyire nagy energiakülönbség van, mint a szigetelőkben általában. Ha azonban az ún. *konjugált polimereket* nézzük (amelyekben az egyes és kettős kötések felváltva fordulnak elő), az elektronok egy része delokalizálttá válik, a sávok közti energiakülönbség csökken. Megfelelő szerkezetű polimerek esetében félvezetés vagy vezetés jön létre. Az áramot azonban nemcsak elektronok vezethetik – akár szilíciumalapú félvezetőkéről, akár szerves félvezetőkéről van szó. A gerjesztett elektron helyén maradó „lyuk”, amely pozitív kvázirészecskeként írható le és úgy is viselkedik, ugyancsak önálló vezetésre képes, sokszor a gerjesztett elektrontól eltérő tulajdonságokkal. A lyukak természetesen az elektronokkal ellentétes irányba mozognak a villamos térben. A tiszta félvezetőkben a vezető elektronok és lyukak koncentrációja nagyjából azonos, de ha „szennyezik” (*idegen szóval: dópolják*) a félvezetőt, egyik vagy másik töltéshordozó túlsúlyba kerülhet.

Szennyezett félvezetők

A szerves félvezetők dópolását többnyire úgy hajtják végre, hogy az alapfélvezetőnél több vagy kevesebb külső elektront tartalmazó atomokra cserélik ki a rácspontban levő atomokat. Ha pl. Si, Ge félvezetőnél több elektront tartalmazó atomokat visznek be (pl. P, As), akkor elektronfölség lesz, ilyenkor n-típusú szennyezésről van szó. Ha kisebb vegyértékű atomokat használnak (B, Al), a lyukak lesznek fölségben, ez a „p-típusú” vezetés. Hasonló hatást érhetnek el konjugált polimereknél, ha oxidálják vagy redukálják őket. Az oxidáció csökkenti az elektronok számát, tehát p-típusú vezetés alakul ki, a redukció viszont növeli az elektronok számát, tehát n-típusú vezetés jön létre. Speciális elektronakceptorok, így pl. *fullerének hozzáadásával* is változtatni lehet a konjugált polimerek vezetőképességét. A dópolás hatására jelentősen nő a polimer vezetőképessége, és a p- valamint n-dópolás megfelelő kombinációjával finoman lehet befolyásolni az elektronok áramlását – ez a tranzisztor

alapelve. A tranzisztor n- és p-szennyezett rétegeket tartalmaz három elektróddal összekötve (kollektor, emitter és kapu). A kapuáramkör feszültség alá helyezésével lehet szabályozni, hogy az elektronok, ill. a lyukak átjutnak-e az eszközön, így pl. egyenirányítás vagy kapcsoló hatás érhető el.

LED-ek és OLED-ek

Hasonló folyamatok zajlanak a *fényemittáló diódákban (LED)* is. Itt egy emittáló (fénykibocsátó) réteg helyezkedik el egy p- és egy n-típusú réteg között. Ha feszültség alá helyezik őket, a kétféle töltéshordozó az emissziós rétegben rekombinálódik és fényt bocsát ki.

A *fényelektromos cellákban* ennek az ellenkezője történik: itt a fény egy p-n átmeneti rétegre esik: a gerjesztés hatására elektron jut az n-rétegbe, és visszamarad egy lyuk a vegyértéksávban. *Az elektron-lyuk párt excitonként is ismerik.* Ha az excitonok egy p-n határfelületen képződnek, az exciton disszociál: az elektron az n-, a lyuk a p-rétegbe jut, vagyis áram keletkezik. A tranzisztorokhoz hasonlóan a LED-eket és a fényelektromos cellákat is eredetileg szilíciumalapon készítették, de *most már vannak vezető polimerekre építő megoldások is.*

Már jó 100 éve ismert, hogy bizonyos polimerek vezethetik az elektromosságot. Az első polimeralapú félvezető eszközt (egy tranzisztorszerű kapcsolót) mégis csak az 1970-es években hozták létre poliacetilénalapon. Azóta már *számos vezető polimert kidolgoztak, pl. a poli(3,4-etilén-dioxitiofén)-poli(sztírol-szulfonát)-ot (PEDOT:PSS), a poli(fenilén-vinilén)-t (PPV), a polianilint,* amelyekből ma már sorozatban gyártanak tranzisztorokat, fényelektromos cellákat és LED-eket.

Az OLED-ekre (szerves LED-ekre) épülő lapos képernyős televíziók jelentették az első jelentős áttörést a tömeggyártás felé. A **Sony** 2007-ben jelent meg az OLED alapú TV-kkel, de annak képcsöve csak 29 cm volt, és alig jelentett többet egy prototípusnál. Ez ma már a múlté. *Az OLED előnye az LCD (folyadék-kristályos) kijelzőkkel szemben, hogy közvetlenül bocsátják ki a fényt, nincs szükségük világító háttérre.* Ennek következtében az elkészíthető képernyők is vékonyabbak, az XEL-1 vastagsága mindössze 3 mm. Az OLED ernyők másik előnye a LED-del szemben, hogy szélesebb szögből látható a kép.

Rugalmaság

Az OLED-ek legnagyobb előnye azonban az, hogy *rugalmas alapra is nyomtathatók,* vagyis a képernyőt fel lehet göngyölni vagy akár be lehet varrni egy ruhába. Az oldatban történő feldolgozhatóság és a rétegenként való nyomtathatóság miatt gyártásuk egyszerűbb, mint a megszokott szerves félvezetőké. A technológiában tintasugaras nyomtatók használhatók, a szubsztrátum pedig áttekerceselhető az egyik hengerrel a másikra, mint a nyomdatechnikában. Az egyik első cég, amely ilyen technológiát alkalmazott, a **PolyIC**, a **Siemens** és egy nyomdatechnikai vállalat közös vállalkozása volt Németországban. Ezt a technológiát ma már széles körben alkalmazzák egyszerű

elektronika (pl. RFID, azaz rádióhullámos azonosító) gyártására, amelyet áruk vagy élőállatok jelölésére lehet használni. A PolyIC technológiájával 15 áramkört lehet párhuzamosan nyomtatni kb. 20 m/min sebességgel, ami áramkörönként néhány centes költséget jelent. A jövőben azt remélik, hogy ugyanezzel a technológiával interaktív jegyeket, címkéket és hitelkártyákat lehet készíteni.

A polimer félvezetők egyik hátránya a szilíciumalapúakkal szemben az, hogy kevésbé jól vezetik az elektromosságot, amelyet azonban az olyan egyszerű termékeknél, mint az RFID bőven kompenzál az olcsó gyárthatóság. Hasonló a helyzet a polimeralapú fényelektromos celláknál, ahol a hatékonyság csak mintegy 5%-os a szilíciumalapú rendszerek mára már 15%-os hatékonyságával szemben. Az előnyt itt is az olcsó gyárthatóság jelenti és az, hogy közvetlenül a felületre hordhatók fel, tehát a hatékonyságot ellensúlyozni lehet azzal, hogy több elemet használnak ugyanannak az áramnak az előállítására. Nagy előny, hogy a szerves fényelektromos cellákat közvetlenül integrálni lehet a termékbe – már a tervezés során. A tudósok azonban nem mondtak le a jelenleginél hatékonyabb vezető polimerek előállításáról, ezt azonban megnehezíti, hogy az elvárások nem teljesen azonosak a különböző alkalmazásokban.

A félvezető polimerekkel szemben általános elvárás az, hogy olyan oldószerben oldódjanak, amely megfelel a nyomtatáshoz. Az OLED-eknél a vegyérték és a vezető sáv közti tiltott sáv szélességét úgy kell megtervezni, hogy az megfeleljen a kibocsátandó fény hullámhosszának. Tranzisztoros alkalmazásokban lehetőleg nagy vezetőképességű polimerekre van szükség, tehát jól kristályosodó, rendezett, orientált polimereket kell fejleszteni. A fényelektromos alkalmazásokban minél nagyobb területen kell érintkezniük az n- és p-típusú polimereknek, ezt néha úgy oldják meg, hogy keverik őket. Mivel az excitonok rövid életűek, és disszociációjukra csak akkor kerül sor, ha élettartamuk alatt eléri a n-p határfelületet, az ilyen helyek koncentrációját növelni célszerű az anyagban. Ugyanakkor arról is gondoskodni kell, hogy mindkét fázisból folytonos vezető hálózat vezessen a megfelelő elektródokhoz. A Santa Barbara-i **Kaliforniai Egyetemen** egy csoport mikrohullámmal indukált polimerizációval állított elő ilyen anyagot, amellyel *négyszeresére növelték a megtermelt áramot*. Az elv birtokában további finomításokra kerülhet sor: remény van nemcsak a hatásfok, de az élettartam növelésére is, és érdemes lesz újra vizsgálni több olyan polimerszerkezetet, amelyek hatékonysága eredetileg nem bizonyult elég nagyoknak.

A rugalmas hordozóra felvitt polimer félvezetőknek azonban nem sok hasznuk van, ha a többi komponens (pl. az áramforrások, csatlakozások) hagyományos, merev anyagokból készülnek. Hajlékony csatlakozások készíthetők pl. ezüst-nanorészecskék és tintasugaras nyomtatók felhasználásával, amelyet az Urbana-Champaign-ban levő **Illinois-i Egyetem** kutatói fejlesztettek ki. Az **Uppsalai Egyetem** kutatói Svédországban pedig rugalmas, szerves alapú, újratölthető elemeket dolgoztak ki polipirrolalapon. A polipirrolt cellulózsálakra hordták fel, amivel megnövelték a felületet és a kapacitást. Ha ilyen szálakból készült rétegek közé akár egyszerű sószóval átítatott szűrőpapírt helyeznek, rendelkezésre áll egy rugalmas, hajlítható elem. Most, hogy a rugalmas elektronikai elemek széles választéka áll rendelkezésre, el lehet gondolkozni olyan újfajta alkalmazásokon, mint pl. a rugalmas, nyomásérzékeny „bőr” kifejlesztése.

Nanotechnológia és energiatakarékosság

A nanotechnológia sok területen járulhat hozzá az energiafelhasználás csökkentéséhez és a környezet védelméhez. Az egyik ilyen példa a *szerves elektronika*, amely az energiafelhasználás hatékonyságát javítja. *Ma a villamos energia kb. 20%-át használják fel különböző fényforrásokban.* Ide tartozik nemcsak az utcák vagy szobák világítása, hanem pl. a számos kijelző működtetése is a mobiltelefonoktól a lapos képernyőkön keresztül a számítógép megjelenítőig. *Az OLED-ek széles körű elterjedése ezt az energiaigényt 30%-kal csökkenthetné,* ami komoly hozzájárulás lenne a környezet védelméhez.

A szerves világító diódák hosszú távon bizonyára ki fogják szorítani az izzólámpákat a piacról. Az OLED-ek kb. 100 nm vastag szerves félvezető réteget tartalmaznak egy átlátszó anód és egy katód között. A **BASF** most olyan polimerek fejlesztésén dolgozik, amelyekkel az izzólámpákhoz képest 80%, az energiatakarékos izzókhöz képest 50% energiacsökkentés érhető el – mindez az eddigieknél jóval nagyobb élettartam mellett. Az OLED-ek másik előnye az lenne, hogy a szemnek a pontszerű fényforrásnál jóval kellemesebb egy világító felület. Elképzelhetők világító tapéták, rolók vagy csempék is. A fényerő egyszerűen szabályozható, és az szín is egyszerűen változtatható.

Az OLED-eket használó lapos képernyők is hozzájárulnak a kisebb energiafelhasználáshoz. Az LCD képernyők energiafelhasználása 0,25–0,5 Watt a képernyő minden egyes inchére vonatkoztatva, az OLED-ek esetében ez a szám mindössze 0,1 W. Mivel az OLED-ek semmilyen nehézfémeket nem tartalmaznak, a hulladékártalmatlanítás is egyszerűbb. Előrejelzések szerint 2015-re az OLED világítások piaca közel lesz az 5 milliárd USD-hez, az OLED kijelzők piaca pedig közel 8 milliárd USD lesz.

Fényelektromos polimerek alkalmazása

Egész Európában „divat” (és közösségi irányelvek szerint megszabott köteleesség) az *alternatív energiaforrások keresése és fejlesztése*. Egy tanulmány szerint 2020-ra a jelenlegi eszközökkel is az EU energiaigényének 4–6%-át lehetne megtermelni fényelektromos módszerrel – a jelenlegi érték kevesebb, mint 1%. Ha azonban a befektetési környezet kedvezőbb lenne, ez a helyettesítési ráta akár 12% is lehetne. Dél-Európában a fényelektromos áramtermelés már ma is versenyképes alternatíva lehetne, ha pedig megvalósulna a 12%-os helyettesítés, 2020-ra az EU árampiacának 75%-án versenyképessé válhatna úgy is, ha semmilyen további támogatásban nem részesülne. A 2020-as év azért kritikus, mert az EU tervei szerint addigra a villamos energiaigény 20%-át kellene megújuló energiaforrásokból fedezni.

Ebben sokat segíthetnek a *polimeralapú fényelektromos berendezések*, amelyeket viszonylag olcsón, nyomtatási vagy bevonási technológiával elő lehet állítani. Az Egyesült Államokban működő **Konarka Technologies** szabadalmaztatott *Power Plastic 20* nevű anyagára építve világításra és mobiltelefon működtetésére szolgáló

fényelektromos elemtöltő berendezések forgalmazásába kezdett, amely 1-7 W-os teljesítményűek és különböző méretűek. Jövő évben már különböző feszültség szinten működő berendezéseket fognak piacra vinni. Egy másik amerikai cég, a **Plextronics** ugyancsak nyomtatható, polimerszubsztrátumra felhordott fényelektromos modulokat fejlesztett ki, amelyeket az **US National Renewable Energy Laboratory** (USA Nemzeti Megújuló Energia Laboratórium) vizsgál. Az eredményeket összehasonlítják majd a cég saját mérési eredményeivel. A vevők ugyanis valós adatokat akarnak látni a kereskedelmi bevezetés előtt, ezért ragaszkodnak egy független laboratórium vizsgálati eredményeihez is. A Plextronics cég a **Carnegie Mellon Egyetem** vezető polimerekkel kapcsolatos know-howjára épült, és célja az, hogy 2015-re már 15 milliárd eszközben használják technológiáját.

Az **Evonik** cég *Creavis* technológiai és innovációs részlegénél rugalmas, nagy fényáteresztő képességű *PMMA fóliákat* fejlesztettek ki üveg helyettesítésére napelemekben. A fejlesztők véleménye szerint a PMMA fedőréteg jó időjárás-állóságot és vízgözzárást biztosít a napelemek paneljeiben. A gyártók abban reménykednek, hogy ezzel a fóliával folyamatos napelem gyártási technológiát lehet megvalósítani – szemben az eddig üveglemezt felhasználó szakaszos technológiákkal.

A ma rendelkezésre álló folyamatos technológiák *etilén/tetrafluoretilén (ETFE) kopolimer fóliákat* használnak. Az Evonik véleménye szerint azonban ezek a fóliák nem szolgáltatnak elegendő diffúziós ellenállást a vízgőzzel és az oxigénnel szemben, amire ennél az alkalmazásnál szükség lenne. A cég véleménye szerint az új fóliának jó lehetőségei vannak az olyan rugalmas, ionsugár-rétegezéssel előállított réz-indium-gallium-diszelenid (CIGS) napelemekben, mint amelyeket a lipcsei **Solarion** cég gyárt Németországban. Távlati célként azt remélik, hogy az új fólia egy teljesen szerves alapú napelemgyártás alapját képezheti. Az ilyen, egyik hengerről a másikra áttekerített fóliákat és nyomtatási technológiát alkalmazó módszerek gyorsabb gyártást tennének lehetővé és új alkalmazási területeket nyitnának meg az építőipar mellett. Új területként számításba jönne a gépkocsigyártás vagy a mobil elektronika. *A napelemgyártásnál a vízgőz és oxigénzáró képességgel szembeni követelmények háromszor olyan szigorúak, mint a közönséges csomagolótechnikai alkalmazásokban.* Éppen ezért a termék fejlesztésekor több funkcionális és ragasztó réteget kellett használni a külső PMMA réteg alatt. A fólia bevizsgálása az *IEC 61646* szabvány szerint jelenleg folyik az egyik Fraunhofer intézetnél, és megkezdődött a fóliák gyártása is 1 m szélességig.

Európában a **Heliatek** nevű német cég fejleszt kismolekulás, szénhidrogén-alapú festékekre épülő napelemeket. A drezdai cég vákuumtechnológiával vonja be rugalmas polimer szubsztrátumait és azt ígéri, hogy ezek az eszközök olcsók lesznek és használatuk gyorsan megtérül. Az egyik Fraunhofer intézet vizsgálatai szerint 6% körüli konverziós hatások érhetőek el ezekkel az eszközökkel. Ezt 2 cm²-s aktív felületű napelemmel érték el, a következő cél a nagyobb felületű elemek megvalósítása és a 10%-os hatások elérése.

A polimerek a hagyományos, szilíciumalapú napelemek fejlesztésében is fontos szerepet játszanak. A **Bekaert Specialty Films** cég *Solar Gard PV T* néven olyan fóli-

át fejlesztett ki, amely vízgőzzáró, UV-ellenálló és nagy villamos szilárdságot mutat. A háromrétegű (PVF/PET/PVF) fóliákat tekercs formában forgalmazzák kétféle vastagságban, számos különböző panelmérethez. Az **Arkema** cég *Apolhya Solar* fóliája ugyancsak napelemek bevonására készült – mind szerves, mind szervetlen alapúakhoz. A fólia készítéséhez olyan nanotechnológiát alkalmaznak, amely lehetővé teszi *nanométeres ko-kontinuus (IPN szerkezetű) műanyagkeverékek* elkészítését. A *Solar* fóliában ezzel a technológiával biztosíthatók a jó termomechanikai jellemzők és kúszási ellenállás 120 °C-ig – az átlátszóság megtartása mellett. Az *Apolhya Solar* sorozat ma öt különböző fóliát tartalmaz, amelyek olvadáspontja, ömledékvizszkozítása, átlátszósága és vízgőzzáró képessége eltérő. Mindegyik kapható használatra kész formában UV stabilizátorokkal és/vagy a megfelelő tapadásközvetítőkkal, amelyeket mesterkeverék formában adagolnak.

A **Kuraray Europe** poli(vinilbutirál) (PVB) alapú fóliákat kínál fénylemegek bevonására, amit eddig főként biztonsági üvegek közti rétegeként alkalmaztak. A *Trosifol PVB* márkanévű fólia az első olyan termék, amelyet ebből az anyagból erre a célra kínálnak. E fóliák korábbi verzióit már a 80-as évek óta folyamatosan vizsgálják Németországban különböző intézetek kitéti állomásain, de a mostani, másodgenerációs fóliák, amelyek minden hagyományos gyártástechnológiához használhatók, a régieknél is jobbak.

Műanyagokat használnak fel a *Sunplastics* nevű napelemsorozatban is, amelyben szilíciumalapú modulok helyezkednek el egy speciális gélben, átlátszó PMMA vagy polikarbonátlemezek között. Ezzel jelentős tömegcsökkenés érhető el az üveglapokat használó megoldáshoz képest, és görbült felületek is előállíthatók.

Más beszállítók is jelentkeznek a fokozatosan fejlődő napelempiacon. A **Bayer MaterialScience** például *Bayflex* poliuretánhabot szállít a **Solon SE** cégnek, amely azt tetőtéri napelemmodulok beágyazó és tartóelemeiben használja. Az átlapoló PUR keretek biztosítják, hogy az esővíz lefolyjon, és ne hatoljon be a tető belsejébe. Ez a konstrukció kevésbé feltűnő, mint a korábban használt alumínium szerelőkeretek, és inkább folyamatos felület benyomását kelti.

Nanotechnológia és energiafelhasználás a műanyag-feldolgozásban

A nanotechnológia nemcsak az elektronika és a világítás területén segíthet az energiamegtakarításban. A BASF cég *Ultradur High Speed* nevű, nanoadalékot tartalmazó PBT típusa pl. 260 °C helyett már 230 °C-on feldolgozható, és kb. 50%-kal könnyebben folyik a hagyományos típusnál. Ez megtakarítást jelent a feldolgozásban és javul a környezetbarát jelleg is. A kisebb nyomás és hőmérséklet azt jelenti, hogy a *feldolgozás során mintegy 20%-kal kevesebb energiát kell felhasználni*. Ha az összes, ma PBT-t feldolgozó gépet az *Ultradur High Speed*-re állítanák át, azzal annyi energiát lehetne megtakarítani, amelyet 75 000 autó használ fel egy év alatt. Az anyagváltással anyagot is meg lehet takarítani, mert a könnyebben folyó anyaggal könnyebb megölteni a szerszámokat, és csökken a selejt is. Az alacsonyabb feldolgozási hőmérséklet

azt is jelenti, hogy gyorsabban le lehet hűteni a terméket, vagyis csökken a ciklusidő. Az óránként előállított termék mennyisége kb. 30%-kal növelhető. Az új terméket jelenleg legalább 20 nagy sorozatú alkalmazásban használják a gépiparban és a gépko-csigyártásban.

Összeállította: Dr. Bánhegyi György
www.polygon-consulting.ini.hu

Evans, J.: Plastics and Electronics: The new flexibility = Plastics Engineering, 66. k. 6. sz. 2010. p. 12–17.

Powering up with plastics = European Plastics News, 36. k. 10. sz. 2009. p. 27–28.

Evonik sees flexible future for solar cell films = European Plastics News, 37. k. 7. sz. 2010. p. 12.

Iden, R.: Der Umwelt zuliebe = Kunststoffe, 100. k. 4. sz. 2010. p. 78–81.