

BIOLÓGIAILAG BONTHATÓ MŰANYAGOK

„ÚJ TÍPUSÚ MŰANYAGOK A KÖRNYEZETVÉDELEMBEN”

1. BEVEZETÉS

A műanyagok a XX. századi mérnöki tudomány termékei. Elterjedt használatuk elsősorban változatosságuknak és alacsony árúknak köszönhető. Az élet számos területén használjuk ezeket az anyagokat: csomagolóipar, gépjárműgyártás, mezőgazdaság, egészségügy, építőipar, háztartási cikkek és sportárak előállítása, stb. A műanyagipari termelés az elmúlt évtizedekben jelentősen megváltozott, ami elsősorban az előállított műanyagmennyiség növekedésében nyilvánult meg. Ma már a fejlett európai országokban a műanyagtermelés - térfogathoz képest - meghaladja a gyártott acél mennyiségét, az USA-ban pedig nagyobb, mint az acél és az alumínium ágazat együttes termelése. A világ műanyagtermelése: kb. 100 millió tonna/év mennyiségre tehető, melynek kb. 30 %-át csak a csomagolóipar használja fel [1].

Az elmúlt néhány évben jelentősen nőtt a hulladékok mennyisége, mely nem csak kellemetlen látványt kelt, hanem károsíthatja a talajt, a vizet, a levegőt, az ember környezetét. A hulladékoknak egy részét jelentik a műanyagipari termékek felhasználásából képződött hulladékok csoportja, melyeket kezelni kell, illetve hulladékgazdálkodási szempontból meg kell próbálni ezek mennyiségét csökkenteni.

2. A MŰANYAGOKRÓL ÁLTALÁBAN

A műanyagok egy vagy több, főleg mesterségesen előállított polimerből és különböző célú adalékanyagokból álló összetett rendszerek. Az adalékanyagok elsősorban a feldolgozhatóságot és a felhasználást befolyásolják. A legtöbb hagyományos műanyag petrokémiai alapon, azaz kőolaj és földgáz felhasználásával állítható elő polimerizációs, polikondenzációs vagy

poliaddíciós úton, majd ezt követően műanyagfeldolgozási eljárásokkal (fröccsöntés, sajtolás, stb.) [2].

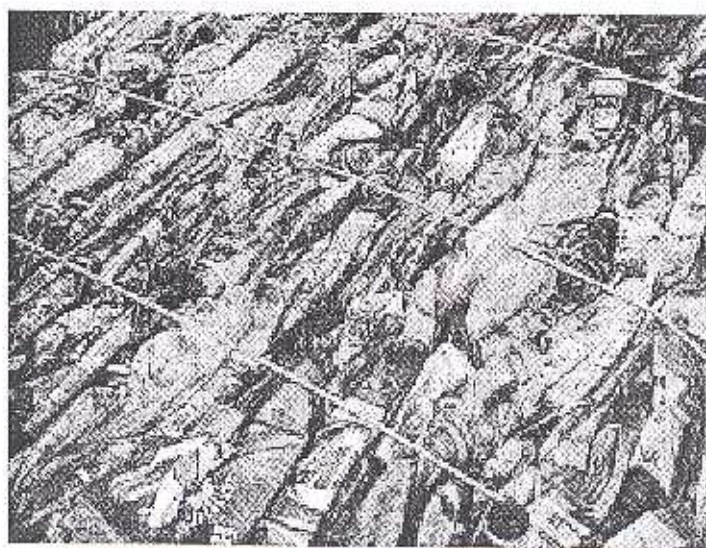
A műanyagok használatának számos előnye és hátránya is van. Az előnyökhöz tartozik változatosságuk, a különböző, mesterségesen előállított, speciális célokra kifejlesztett anyagok tulajdonságai sokkal jobbak a természetes anyagokénál. Kis sűrűségűek, áruk a többi szerkezeti anyagéhoz képest pedig jóval alacsonyabb.

Használatukkal kapcsolatban egyik hátrány az, hogy előállításuk petrokémiai alapon történik, így használatukkal a kőolajkészletek fogynak. Élettartamuk alapján a műanyagok három csoportba sorolhatók:

- Rövid élettartamúak (0-3 év): csomagolási és egészségügyi termékek.
- Közepes élettartamúak (3-15 év): autó- és bútor alkatrészek.
- Hosszú életűek (15-100 év): építőanyagok, víz- és gázvezetékek, elektromos cikkek és kábelek.

Használat után a termelt műanyagmennyiség előbb utóbb a hulladékba kerül. A hagyományos műanyagok csak napfény ill. UV-sugárzás hatására bomlanak le alkotó elemeikre. A földben ill. fénymentes környezetben ez a bomlási folyamat nem működik. A talajban és a vízben élő lebontó szervezetek számára tehát hozzáférhetetlenek, így gyakorlatilag korlátlan ideig terhelik a környezetet.

A környezet ilyen irányú terhelésének csökkentésére vonatkozóan megoldás lehet pl. a hulladékszegény technológiák bevezetése illetve az újrahasznosítás. Sajnos ma még a műanyagok alig 1 %-át hasznosítják újra. Ugyanis csak az azonosítható jelzéssel ellátott (piktogram) termékek esetén érhető el a megfelelő minőségű újrahasznosítás, illetve a műanyagok esetén a kommunális hulladékból ezen anyagok kiválogatása nehezebben oldható, meg, mint pl. a fémek esetén, így a szelektív hulladékgyűjtésnek (1. ábra) a műanyagok esetében is fontos szerepe van. A kevert műanyagok szétválogatása történhet sűrűségkülönbség alapján, szelektív oldással és egyéb módszerekkel (elektrosztatikus feltöltődés alapján, kriogén őrlés, eltérő termikus jellemzők alapján, stb.).



1. ábra Műanyagból készült palackok szelektív gyűjtése

Sokszor a műanyag hulladékokat csak kevert formában (poliolefinok, PET, PS, PVC, stb.) tudjuk begyűjteni, s így a másodnyersanyag tisztasága nem elégíti ki a kívánalmakat. A kevert műanyagok újrahasznosításával is széleskörűen foglalkoznak, ezen vizsgálatok célja az, hogy a többkomponensű műanyag hulladékból megfelelő eljárással (ömléken keresztüli újrafeldolgozás, pirolízis, stb.) jó minőségű, új terméket állítsanak elő [1].

Egy másik megoldást jelenthet a környezetterhelés csökkentése érdekében az ún. **biológiailag bontható műanyagok** bevezetése, melyek a természeti környezetben különböző úton lebomlanak, így a lebontható műanyagból készült termékek hulladékká válva nem terhelik a környezetet. Elsősorban egyszer használatos csomagolóanyagoknál (egyszer használatos reklámtáskák, kerti hulladékgyűjtő zsákok) lenne szükség ilyen műanyagok használatára, de egyéb területeken is, ahol pl. nincs lehetőség az elhasznált csomagolóanyag szelektív gyűjtésére és újrahasznosítására, így azok a kommunális hulladékba kerülnek.

A jövőben törvényi előírásokkal támogatva mindenképpen a környezet ilyen irányú kímélésére kell felhívni a figyelmet. A hazai törvényi szabályozás is ösztönzi a lebontható termékek elterjedését: termékdíj bevezetése a csomagolóanyagokra, hulladéklerakási díj emelése, újrahasznosítás szorgalmazása, stb. A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium egyre több pályázat keretében segíti a fenti anyagok bevezetését, mely termékeket „környezetbarát termék” emblémával lát el. 2005. áprilisától indult az új, környezetbarát kritériumrendszer bevezetése.

3. BIOLÓGIAILAG BONTHATÓ MŰANYAGOK

Biodegradábilis polimereknek nevezzük az olyan polimereket, amelyek természetes vagy mesterséges körülmények között biológiailag lebonthatók. A biológiailag bontható műanyagok biodegradábilis polimerből és adalékanyagokból felépülő, szintén összetett rendszerek, melyek esetén - ha csak lehet - az adalékanyag is lebomló tulajdonságú (faliszt, sztearátok, laurátok, epoxidált szójaolaj, stb.), így környezetvédelmi szempontból egy tökéletes rendszer jön létre.

A biodegradálható (biológiailag lebontható) polimerekkel kapcsolatos kutatások kb. 20-25 éve kezdnek beindulni. A műanyagipari kutatások egyik fő iránya a tömegműanyagokkal megegyező tulajdonságú és áru, a jelenleg használt gépeken feldolgozható, lebomló polimerek kifejlesztése.

Bizonyos alkalmazási területeken jobb tulajdonságaik is vannak: nagyobb lángállóság; jobb íz- és aromatartó tulajdonság; jó hőstabilitás; átlátszóbb filmek, fóliák; zsír- és olajállóság; jobb szakitószilárdság stb. [1].

Előállításuk elsősorban takarmánynövény (kukorica, búza, burgonya, stb.) alapon történik, tehát megújuló nyersanyagokat igényelnek, esetlegesen élelmiszeripari melléktermékeket (pl. tejsavót vagy paradicsombéjat) használnak fel. Nem használják tehát a világ kőolajkészletét, mely készletek becslések alapján még kb. 40-80 évre elegendők. A fenntartható fejlődés alapján több generációra vonatkozóan tartalékolni kell a fosszilis erőforrásokat és egyre inkább megújuló nyersanyag- és energiaforrásokat kell használni. A lebontható műanyagok gyártása során a szén-dioxid kibocsátás is bizonyítottan 30 %-kal kisebb, mint a hagyományos műanyagok előállításakor.

A bonthatóság mellett ezek az anyagok újrahasznosíthatók is, ha megfelelő szeletív gyűjtéssel a hulladékká vált termékeket összegyűjtjük. A jelenlegi eredmények alapján kb. háromszori visszadolgozás lehetséges a végleges megsemmisülést megelőzően. Fontos ennél a megoldásnál persze az is, hogy a lebomló műanyagok ne keveredjenek a hagyományos műanyagokkal.

Biológiailag bontható polimerek az alábbi 3 csoportba sorolhatók:

- **Természetes ill. bioszintetikus polimerek:** A számos bioszintetikus polimer közül műanyagipari jelentősége egyelőre még csak a poliszacharidoknak, ezen belül is a cellulózoknak és a keményítőnek van.
- **Mesterségesen előállított biopolimerek:** Hagyományos polimerkémiailag, illetve enzim útján szintetizált, nem kőolaj alapú, általában természetes nyersanyagforrásokra támaszkodó polimerek (politejsav).
- **Mesterségesen előállított, társított biodegradálható anyagok:**

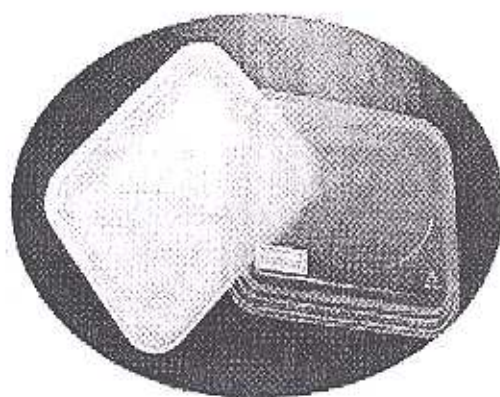
Kőolaj alapú, nagy mennyiségben gyártott polimerekből biológiailag lebomló polimerekkel való társítással, kopolimerizációval előállított, (esetleg csak részben) biodegradálódó anyagok (pl. polietilénből előállított kompozit). A hagyományos műanyagokhoz tehát olyan adalékanyagot adhatunk, amely lehetővé teszi, hogy a termék a földben vagy a komposztban elemekre essen szét. Az adalékok katalizátorként működnek, azaz a napsugárzás, oxigén és megfelelő hőmérséklet hatására apró elemekre bontják a műanyagot, akár már 1 hónap alatt.

A fenti második csoportból kiemelném a politejsavat és annak előállítását, mellyel kapcsolatban ugrásszerű változások következtek be az elmúlt néhány évben. A szintézis tekintve korszakalkotó találmányt jelentett az, hogy az addig drága petrokémiai alapokon nyugvó tejsav monomer szintézist felváltotta a fermentációs technikával takarmánynövényekből kiinduló tejsavgyártás, mely a polimer szintézisét is lényegesen olcsóbbá tette. Ennek megfelelően olcsó alapanyagokból kiindulva lehetővé lehetett lebontható műanyagot szintetizálni.

A politejsav ára éppen ennek köszönhetően az utóbbi néhány évben jelentősen csökkent, megközelítve a hagyományos polimerek árát [3-13].

Biológiailag bontható polimereket, illetve a lebontható műanyagokat - lebontható és biokompatibilis tulajdonságuk alapján - számos területen alkalmazzák:

1. Gyógyászati alkalmazás: fecskendő, vér tárolására alkalmas zsák, katéter, sebészeti varrócérna, felszívódó kapszulák, implantátum, égési sérüléseket szenvedett betegeknél bőrpótló szövet, valamint előnyösen használhatók a gyógyszerészetben, pl. gyógyszerhatóanyag kioldódásának szabályozására (retard hatású gyógyszerek).
2. Ökológiai alkalmazás: mezőgazdaság, erdészet, elektronikai alkatrészecskék és termékek, közszükségleti műanyagárak előállítása (csésze, palack, evőeszköz, stb.), csomagolóipar (táskák, csomagolóanyagok, fóliák, zsinórok, stb.), piperecikkek, higiéniai termékek, sportszerek (2., 3. ábra).



2. ábra Lebontható műanyagból készült ételtároló doboz (nanokompozit)



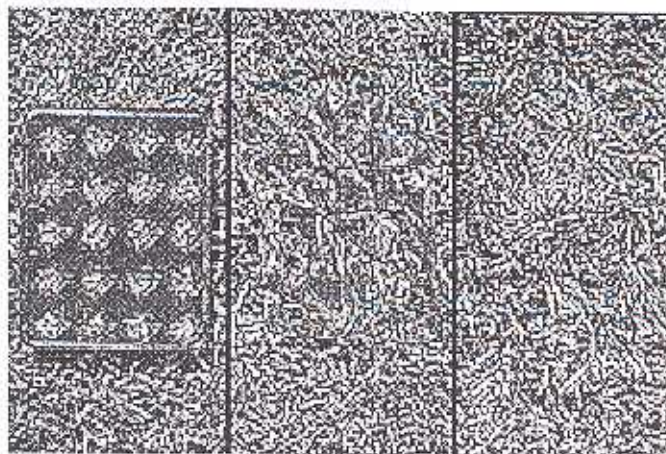
3. ábra Lebontható műanyagok elektronikai alkalmazása

4. A BIOLÓGIAI LEBOMLÁS JELLEMZÉSE

Biológiai lebomlás alatt a mikroorganizmusok (gombák, baktériumok) hatására végbemenő lebomlást értjük, amelynek során a mikroszervezetek feltárják és a növények számára ismét felvehető formába hozzák a szerves anyagok felépítésében, az energia raktározásában és transzportjában résztvevő biogén elemeket. Ennek a folyamatnak az eredményeképpen a műanyag visszatér a természetes körfolyamathoz. A lebomlás során mérgező anyagok nem

keletkeznek, csak szén-dioxid, víz, ásványi elemek, humusz. A felszabaduló anyagok pedig a természetben újrahasznosulnak. Adalékanyagok segítségével a bomlás sebessége is befolyásolható, illetve a felhasználási idő alatt néhány tulajdonság, pl. a fényállóság is szabályozható. A természetben a mikróbák mellett kémiai (hidrolízis, oxidáció) és fizikai (napfény, hőmérséklet, kimosódás, mechanikai igénybevétel) hatások is szerepet játszanak a folyamatban.

Ma már számos összehasonlító, azaz szabványos vizsgálat áll rendelkezésre, hogy a bonthatóságot a fenti anyagok esetén tanulmányozhassuk. A hajlam eldöntésére ma általában az ASTM ajánlást alkalmazzák, illetve több szabványos eljárás használja a talajba történő elásást, figyelembe véve a talajtipust, illetve a jelenlevő mikroorganizmusokat [1].



4. ábra Biológiai bomlás egy keményítő alapú lebomló műanyagból készült termék esetében [15]

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A lebomló műanyagok egy új lehetőséget biztosítanak a hulladékgazdálkodási problémák megoldásában. Ezen anyagok használatának számos előnye van, mely alkalmazásukat mindenképpen szorgalmazza és a XXI. század környezetvédelmében a lebontható műanyagok így igen nagy szerepet játszhatnak.

A fenti anyagok a hagyományos műanyagfeldolgozó gépeken feldolgozhatóak (színezhetők, nyomtathatók), így nem kell új berendezéseket, üzemeket kialakítani a termékek előállítására.

A természetben ártalmatlan anyagok keletkezése közben lebomlanak (néhány hét vagy hónap), tehát nem terhelik a környezetet.

A mezőgazdaság pl. világszerte támogatja a biológiailag lebomló polimerek alkalmazását. Nyugat-Európához képest hazánkban pl. olcsóbban termeszthetők takarmánynövények, melyek a lebontható polimerek nyersanyagaként szolgálnak. Ez a lehetőség új felvevőpiacot is jelent a megújuló nyersanyagoknak.

Alkalmazásukkal kapcsolatban azonban néhány hátrányt is meg lehet nevezni. Viszonylag magas az áruk, mégpedig kb. 10-70 %-kal drágábbak a hagyományos műanyagoknál [14]. A mennyiségük növekedésével, és a piaci lehetőségek bővülésével áruk várhatóan tovább csökken. A társított rendszerek esetén azonban az ár akár alacsonyabb is lehet a hagyományos műanyagokból készült termékekéhez képest (lebomló adalékkal előállított polietilén). További hátrányként nevezhető meg, hogy egyéb speciális tulajdonság kialakításához megfelelő technológia és adalékanyag szükséges.

Magyarországon már kaphatók ilyen anyagokból készült termékek (bevásárló táska, kerti hulladék gyűjtésére alkalmas zsák, stb.), továbbá néhány cég már konkrétan foglalkozik a bioműanyagok szélesebb körű alkalmazási lehetőségeivel.

A Debreceni Egyetem Környezet- és Vegyészmérnöki Tanszéke a lebomló műanyagokkal - elsősorban hulladékgazdálkodási szempontból - széleskörűen foglalkozik.

- Lebontható műanyagok szerepe a hulladékgazdálkodásban (TDK-dolgozatok és szakdolgozatok témavezetése).
- Biológiailag bontható polimerek, mint alapanyagok szintézise (politejsav előállítása különböző módszerekkel).
- Az előállított polimerek mechanikai tulajdonságainak vizsgálata (INSTRON 8874 típusú anyagvizsgálógép segítségével).
- A biológiai lebomlás vizsgálata és befolyásoló paramétereinek a tanulmányozása.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Belina Károly: Műanyagtermelés és a képződő hulladékok helyzete, Kecskeméti Főiskola, Kertészeti Főiskolai Kar, oktatási anyag.
- [2] Dr. Kelen Tibor – Dr. Zsuga Miklós: Bevezetés a makromolekuláris kémiába, Debrecen, 1993.
- [3] Bodnár Ildikó: Potenciálisan biodegradábilis, politejsav alapú polimerek szintézise és vizsgálata, doktori értekezés, DE-TTK., 2003.
- [4] Dr. Borda Jenő, Bodnár Ildikó, Dr. Sipos László, Dr. Zsuga Miklós: Politejsav-uretán kopolimerek szintézise, Műanyag és Gumi, 1999, 36. évfolyam 8. szám, 252-255.
- [5] Bodnár Ildikó, Dr. Borda Jenő, Dr. Kéki Sándor, Dr. Deák György, Dr. Zsuga Miklós: Politejsav szintézis: A tejsav termikus és mikrohullámú aktiválással történő direkt polikondenzációja és a két módszer összehasonlítása, Műanyag és Gumi, 2002, 39. évfolyam, 10. szám 341-348.
- [6] J. Borda, I. Bodnár, S. Kéki, L. Sipos, M. Zsuga: Optimum Conditions for the Synthesis of Linear Polylactic Acid-Based Urethanes, Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, 38, 2000, 2925-2933.
- [7] S. Kéki, I. Bodnár, J. Borda, Gy. Deák, M. Zsuga: Melt polycondensation of D,L-lactic acid: MALDI-TOF MS investigation of the ring-chain equilibrium, Journal of Physical Chemistry, Part B, 2001, 105, 2833-2836.
- [8] S. Kéki, I. Bodnár, J. Borda, Gy. Deák, Gy. Batta, M. Zsuga: Matrix-assisted Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometric study of the oligomers formed from lactic acid and diphenylmethane diisocyanate, Macromolecules, 2001, 34, 7288-7293.
- [9] S. Kéki, I. Bodnár, J. Borda, Gy. Deák, M. Zsuga: A fast microwave-mediated bulk polycondensation of D,L-lactic acid, Macromolecular Rapid Communication, 2001, 22, 1063 – 1065.
- [10] J. Borda, I. Bodnár, Istvánné Ráthy, M. Zsuga: Synthesis and investigation of the mechanical properties of poly(lactic acid)-(toluene diisocyanate) – (polyethylene glycol/polypropylene glycol) copolymers, Polymers for Advanced Technologies, 2003, 14, 813-819.
- [11] Borda Jenő, Bodnár Ildikó, Kéki Sándor, Deák György, Zsuga Miklós: Politejsav alapú biodegradábilis polimerek előállítása, Studia Universitatis "Vasile Goldis", Arad, Romania, 2001, 11, 15-23.
- [12] Ráthy Istvánné, Borda Jenő, Bodnár Ildikó, Zsuga Miklós: Moulded

- polyurethane based composites, 6th International Scientific-Technical Conference for V4 PhD Students, Herl'any, Slovakia, 2005, 235-240.
- [13] Szijártó K., Riczkó J., Kolozsvári B.: A környezetben lebomló műanyagok kutatásának jelenlegi állása Magyarországon, Stabinform, 1989, 41-46.
- [14] <http://www.pointernet.pds.hu>: Lebomló, biopolimer alapú csomagolóanyagok
- [15] <http://www.index.hu/tech/bioplast>: Egy óra alatt lebomlik a bioplasztik.

BIODEGRADABLE PLASTICS

Traditional petrochemical plastics are made from oil and do not degrade easily. Plastic in large quantities will be waste materials after using. These materials pollute our environment. This work points out the advantages and some of the problems with using biodegradable plastics. Biodegradable polymers made from renewable resources (agricultural commodities such as corn or potatoes) and other environmentally friendly additives, and could be degraded in natural environment. The term biodegradable means that a substance is able to broken down into simpler substances by the activities of living organisms. Usually they are thermoplastic and therefore processable by plastic processing methods. Biodegradable plastics are starch, cellulose and derivatives of these carbohydrates, polylactides, polyhydroxyalkanoates, aliphatic polyesters, etc. We can use these plastics on following areas: packaging, agriculture, medical areas (medical implants, drug delivery systems), personal hygiene, consumer products, food processing. Unfortunately biodegradable plastics are significantly more expensive than conventional plastics, it has failed to win widespread consumer acceptance.