

A PET és egyéb poliészterek (előállításuk reakcióegyenlettel, tulajdonságaik, feldolgozásuk, alkalmazásaik) és a palackfuvás technológiája

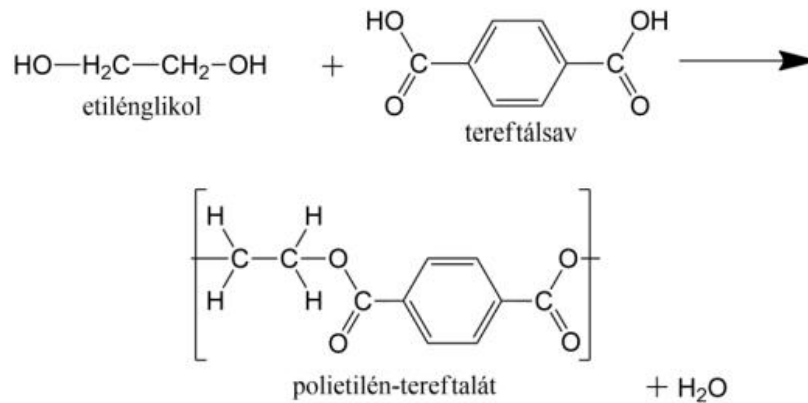
A polietilén-tereftalát, rövidítve PET, az egyik legnagyobb mennyiségben előállított, polimer szerkezeti anyagok egyike közé tartozik. A világon az évente előállított műanyagok nagyjából 80%-áért 6 műanyagcsalád felelős. Ezek közé tartozik a polisztirol (PS), poliuretánok (PUR), polietilén (PE), polipropilén (PP), polivinil-klorid (PVC) és nem utolsósorban a polietilén-tereftalát (PET).

A PET előállítása: A polietilén-tereftalát egy lineáris, részben kristályos (szemikristályos), hőre lágyuló polimer. A fogalmak tisztázása végett szeretném bevezetni az úgynevezett, **hőre lágyuló polimerek** definícióját. *„A lineáris szerkezetű polimerek viselkedésük szerint ún. hőre lágyuló polimerek. Szobahőmérsékleten szilárdak, feldolgozáskor jellemzően megömleszthetők, folyékony halmazállapotba hozhatók, hűtéssel pedig ismét megszilárdulnak. Ez a folyamat többször megismételhető, azaz reverzibilis. A feldolgozásukat az jellemzi, hogy először hő hatására alakítható állapotba hozzák őket (viszkózusan folyós, vagy lágy, termoelasztikus állapot), kialakítják a termék/ alkatrész formáját, majd pedig az alakot hűtéssel rögzítik.¹”*

Tehát a fentiekben említett reverzibilitás miatt egyszerűen újrahasznosíthatóak, ám ez a folyamat is korlátos, hiszen degradáció lép fel a hőmérsékleti kezelés hatására.

A PET az utóbbi 2-2,5 évtizedben vált elterjedt csomagolóanyaggá, ám feltalálásának története mintegy 100 évre vezethető vissza. 1941-ben fedezték fel, majd a DuPont cég 1952-ben kezdte meg a forgalmazását Mylar márkanéven.

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar Polimertechnológia Tanszék; Anyagismereti alapok; írta: Dr. Molnár Kolos



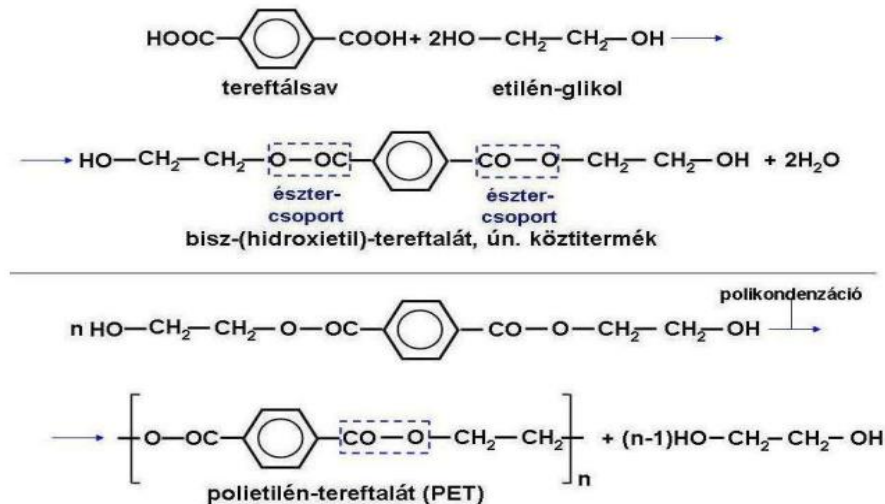
1. egyenlet: A PET ismétlődő egységének előállítása

Az előállítás polikondenzációval történik egy diolból (etilén-glikolból) és egy dikarboxil-savból (tereftálsavból).

Az előbbieken láthattuk az úgynevezett „formai” előállítást. Ám mindenki jól tudja, hogyha egy lombikban összekeverek egy kis etilén-glikolt meg tereftálsavat nem nagyon kapok belőle PET-et. Akkor, hogy is van ez valójában?

Tehát mint korábban említettem a polietilén-tereftalátot tereftálsavból (pontosabban annak dimetil-észteréből) és etilén glikolból állítják elő polikondenzációval. A kiindulási anyagok előállítása kőolajipari termékekből valósul meg. Az etilén-glikolt kőolajból (vagy egyes esetekben földgázból) krakkolással nyerik, etilén-klórhidriden vagy etilén-oxidon keresztül. A kőolajpárlatból származó p-xilol oxidálásával és észteresítésével pedig tereftálsavat állítanak elő.

Kétlépéses polikondenzációval alakul ki a polimer az alapvegyületekből. Az első lépésben etilén-glikolos diésztert képeznek, melynek során a tereftálsav dimetil észterét etilén-glikollal melegítik katalizátor jelenlétében. Szűrés és tisztítás után a polimerképző polikondenzációs reakció 280 °C, vákuumban megy végbe Sb_2O_3 -mal (antimon-oxid) katalizálva. A létrejött ömledéket hűtés után granulálják. Az úgynevezett szilárdfázisú polimerizáció eredménye ebből az ömledékből előállított nagyobb molekulatömegű PET.



2. egyenlet: A PET típusú új poliészter előállítása alapvegyületekből

A tiszta polietilén-tereftalát egy amorf polimer, ám hőkezelés, illetve göcképzők hatására kristályosodni képes. 72 °C-ra melegítve szemipoláros, kristályos fázisú polimerré tud alakulni, ridegből nagyrugalmasságú fázist képezve. Amikor az anyag ilyen állapotában van, a láncmolekulák megnyújthatóak, illetve egy- vagy két irányban egymás mellé rendezhetőek. A textil iparban felhasznált szálak anyag egyirányú orientációval készül, a két irányba orientált polimerből pedig pl.: filmet vagy PET palackot gyártanak. A szálgyártás során 260 °C-ra melegítik fel a polimert (ezzel megolvasztják) majd a szálak képzéséhez olvasztótárcsás berendezést használnak. A szálfolyamot (amely végtelen, de még vastagabb ágakból áll) szépen lassan megnyújtják, 100-150%-ra.



1. ábra: Az új előállítású poliészter készítésének vázlatos szemléltetése

A PET tulajdonságai: Ha valakinek azt mondjuk PET, egyből a jól ismert műanyag palack jut eszébe, ami, ha nem adunk hozzá színezéket, átlátszónak, színtelennek mondanánk. Viszont, ha kicsit mélyebbre ásunk, szembeötlő, hogy a

polimer színe nagyban függ kristályos szerkezetétől, a kristályosodást viszont jelentősen befolyásolja a hűtés sebessége. Gyors hűtést, valamint gócképző adalékokat alkalmazva megvalósítható, hogy viszonylag kis részarányban alakuljon ki kristály, valamint a krisztallitok igen kisméretűek legyenek. Ilyenkor az anyag megjelenése víztiszta lesz. Ha viszont lassú hűtést alkalmazunk (elegendő időt hagyva ahhoz, hogy a kristályszemcsék kialakuljanak) nagyobb lesz a kristályos részarány, opálos lesz az elkészült termék.

A PET jól bírja a hideget, korlátozottan ütés, időjárás- és ellenálló, az UV stabilitása jó. Víz és gázzáró képessége meglepően ideális, főleg akkor, ha a szerkezetén utólagos nyújtást alkalmaznak, például a mechanikus nyújtás palackfúvásnál vagy fóliák gyártásánál. A polipropilénhez képest 30x jobban ellenáll a CO₂ diffúziójának, viszont hajlamos némi nedvesség felvételére (minimális duzzadás) és ha nincsen megfelelően ki- illetve megszáritva akkor hidrolízis során degradációra képes.

Elektromosan szigetelő, de elektrosztatikus feltöltődésre hajlamos, amelyet viszonylag sokáig képes megtartani (gondoljunk bele, például, ha műszálas pulcsit húzunk fel miután frissen mostunk haját). Sűrűsége 1,35 g/cm³, 100 °C körüli a hőállósága, amely üvegszálas erősítéssel akár 140 °C-ra is növelhető.

Szobahőmérsékleten szerves oldószereknek (olajok, zsírok, alkoholok, gyenge savak) viszonylag jól ellenáll (bár már a hideg pálinkát sem ajánlatos PET- palackban tárolni) de az ellenállóképesség a hőmérséklet növekedésével fordítottan arányos. Meggyújtani igen nehézkes, ám ha sikerül, sárgás, kormozó lánggal ég és az égés alatt nem túl erős, de jellegzetes aromás szag érezhető.

Az előzőekben felsorolt kedvező tulajdonságok alapján a PET kiválóan alkalmazható műszaki polimer, amelyet az elmúlt évtizedekben termelt mennyisége alapján soroltak a tömegműanyagok közé.

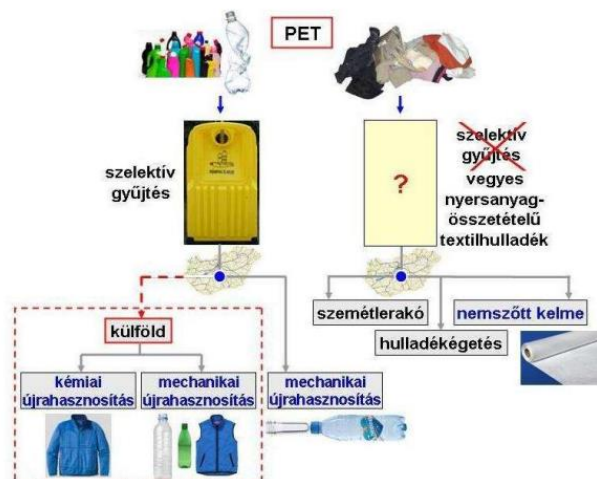
A PET feldolgozása és a palackfúvás technológiája: Évente nagyjából 104 millió kb. 160 literes hordó kőolajat használnak fel poliészterek gyártására, és ennek mintegy 30%-ából lesz PET palack. A világ száltermelésének 40%-a poliészter szálak. Az anyag elsődleges feldolgozása fröccsfúvással, valamint melegalakításokkal és fóliagyártási eljárásokkal valósul meg. A fröccsfúvás (injection blow molding) folyamán egy kémcső szerű előzetes formát állítanak elő fröccsöntéssel. Ennek felhasználása a

palackozóüzemben történik meg, ahol felmelegítik a megfelelő hőmérsékletre (egy alagútkemencében), ahol még nem ömlik meg de már kellően alakíthatóvá válik (nagygumirugalmasságú állapot). Ezt követően az alakadó szerszámba (2 fém részből álló, nyitható zárható objektum) helyezik. A szerszámfeleket összezárlják és egy fúvókát hozzacsatlakoztatnak, amely levegő segítségével a szerszám hűtött falára fújja fel az előformát, ami az érintkezés hatására lehűl majd megszilárdul, felvéve ezzel a formáját. Ezután a szerszámot szétnyitják a termék pedig eltávozik. Ennél az eljárásnál sorja (kilógó, éles szél) nem keletkezik, a palack alja kellően ellenálló lesz ahhoz, hogy például szénsavas üdítőitalokat tároljunk benne (nincs összehegedés a palack alján, az úgymond homogén, diffúz lesz).



2.ábra: A palackfúvás technológiája

Mivel a PET tömegműanyag, így évente a legnagyobb mennyiségben felhasznált polimerek közé tartozik, ezért az újrahasznosításukra különösen nagy figyelmet kell fordítani, hiszen enélkül a környezetben való felhalmozódásuk a nagy mennyiség következtében még ártalmasabbá válna. Az újra hasznosításra többféle lehetőség áll rendelkezésünkre. Megtörténhet mechanikai, kémiai, valamint textil ipari újrahasznosítás útján.



3.egyenlet: A PET újra hasznosításának egy lehetséges folyamata

A PET főbb alkalmazási területei: Polietilén-tereftalátból ásványvizes és üdítőitalos palackokat (a teljesség igénye nélkül pl.: Natur Aqua, Szentkirályi ásványvíz, Jana, Coca-Cola-s palackok), műszálakat (ipari és textíliai felhasználásra), fóliákat (színezett és víztiszta), dobozokat, tojástartókat és sok különböző csomagolóipari termékeket gyártanak. Ezen felül üvegszál erősítéssel, valamint különböző adalékanyagok hozzáadásával elektronikai szigetelőanyagok és autóipari alkatrészek készülnek belőle.

Mint láthattuk, a PET széleskörben elterjedt és használt polimer, amely nélkül el sem tudnánk képzelni a minapjainkat. Így fontos, hogy tisztában legyünk azzal miként és hogyan működik, hol mikor és hogyan tudjuk fel- és újra használni, valamint tisztában legyünk az anyag kiaknázási és újrahasznosítási lehetőségeivel!

Hivatkozások:

[1] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar Polimertechnológia Tanszék; Anyagismereti alapok; írta: Dr. Molnár Kolos

[2] Kutasi Csaba (2020). „Recycling of PET bottles and other polyester waste”

Journal of History of Culture, Science and Medicine

DOI: 10.17107/KH.2021.22.294-304

[3] https://mersz.hu/dokumentum/m313pamm__27/

hozzáférés dátuma: 2024.04.22.