

## Az első szintetikus műanyag

A századforduló tájékán sokan vizsgálták a fenol és a formaldehid reakcióit. Olyan anyagok előállítására törekedtek, amelyekkel a sellak helyettesíthető, vagy amelyekből sajtolással, esetleg öntéssel különféle olyan tárgyakat lehet előállítani, amilyenek a keménygumi gyártmányok voltak. Lúgok jelenlétében az eredmény mindig valamilyen oldhatatlan, melegítéssel nem megömleszthető, tudományos és gyakorlati szempontból egyaránt értéktelennek minősített gyanta volt.

Baekeland volt az, aki az elődök munkái nyomán felhalmozódott ismeretekből kiindulva, kitartó és rendszeres munkával felderítette a korábbi sikertelenségek okát. Megalkotta az első szintetikus műanyagot, a bakelitot. 1902-ben terelődött a figyelme a fenol és a formaldehid reakciójában keletkező gyantákra. Elődeinek munkásságát áttanulmányozva arra a megállapításra jutott, hogy a balsikerek oka főképp abban keresendő, hogy nem eléggé gondosan szabályozták a reakció körülményeit, a reagáló anyagok arányát és a hőmérsékletet. Megállapította, hogy mind a savak, mind a lúgok katalitikusan hatnak a reakcióban, de más-más módon. A legfontosabb felismerése az volt, hogy pontosan szabályozott körülmények között meg tudta szakítani a gyantaképződési reakciót. A reakció kezdeti szakaszában lehűtéssel megállítva a folyamatot, A-állapotú gyanta keletkezik. Ez egyes oldószerekben oldódik, melegítve megömleszthető. Melegben B-állapotú gyantává alakul. Az ilyen gyanta melegben kocsonyaszerű; szobahőmérsékletűre lehűtve szilárd halmazállapotú, alkoholban vagy acetonban duzzad, oldószert vesz fel, de nem oldódik. További melegítés hatására C-állapotú gyanta keletkezik. Ezt már nem lehet melegítve megömleszteni, és nem lehet feloldani. Elődei mind ilyen oldhatatlan és megömleszthetetlen gyantát állítottak elő lúgos közegben. Ezeket a megállapításait Baekeland 1907. február 18-án jelentette be. Néhány hónappal később újabb szabadalmi bejelentést tett. Ennek lényege, hogy úgy állít elő C-állapotú szilárd gyantát, hogy előbb A-állapotú gyantát készít. Ezt melegben megömlesztik, formába öntik, és melegítéssel, nyomás alatt C-állapotúvá keményítik, „bakelizálják” anélkül, hogy közben elkülönítenék a B-állapotú terméket. Ez volt az első két szabadalom, amelyet Baekeland a fenolformaldehid-alapú műanyagokra bejelentett.

Bonyolult kémiai reakciók sorozata játszódik le a fenol és a formaldehid között. A körülményektől függ, hogy milyen termék keletkezik, elsősorban attól, hogy a reakcióközeg lúgos-e vagy savanyú. Az első reakció az addíció, mely során egy fenolmolekula és egy formaldehidmolekula addicionálódik, miközben orto- vagy para-helyzetű hidroximetilcsoport ( $-\text{CH}_2-\text{OH}$ ) keletkezik. A következő reakció a kondenzáció, amikor a hidroximetilfenol molekulája egy újabb fenolmolekulával, vízkilépés közben egyesül. A termékben két fenolmolekula kapcsolódik össze orto-, vagy para-helyzetű metilén-csoporton ( $-\text{CH}_2-$ ) keresztül. Folytatódik a kondenzációs reakciók sorozata, és ennek eredményeként a kisebb molekulákból egyre nagyobb molekulák jönnek létre. A polikondenzáció eredményeként lúgos közegben rezol keletkezik, mely melegítéssel megömleszthető, és egyes oldószerek oldják. A rezol hő hatására megkeményedik. Ekkor a rezolgyantában folytatódik a polikondenzációs folyamat, mely eredményeként az anyag térhálósodik. E folyamat kezdeti szakaszában még ritka a térhálós szerkezet. Rezitolnak nevezik ezt a szerkezetet, ami már nem oldható, de egyes oldószerekben még duzzad. Hő hatására folytatódik a polikondenzációs reakció. A ritka térhálós szerkezetű rezitol sűrű térhálós szerkezetű rezitté alakul. A rezit sűrű, kemény, rideg, oldhatatlan és megömleszthetetlen, vörösesbarnás anyag.

(Dr. Macskásy Hugó *A műanyagok világa című könyve alapján. Műanyagipari Kutató Intézet, Budapest, 1983.*)

- a) Sorolja fel a bakelit térhálósodási folyamatában keletkező anyagokat!
- b) Párosítsa az A-, B-, illetve C-állapotú gyantákat a polikondenzációs térhálósodáskor keletkező anyagok nevével!
- c) Sorolja fel a szöveg alapján, hogy a bakelit előállítása során Baekeland milyen reakciókörülményeket szabályozott a siker elérése érdekében!
- d) Írja fel a fenol és a formaldehid között végbemenő egyik addíciós reakció egyenletét!
- e) Írja fel a hidroximetil-fenol és a fenol molekulái között lejátszódó kondenzációs reakció egyenletét!

(2015. október)

**Megoldás:** (10 pont)

- a) rezol, rezitol, rezit **2 pont**
- b) A-állapotú gyanta – rezol  
B-állapotú gyanta – rezitol  
C-állapotú gyanta – rezit **2 pont**
- (Egy jó párosítás esetén 1 pont.)
- c) reakció közegének kémhatása, nyomás (C-állapotú gyanta előállítása),  
hőmérséklet, reagáló anyagok aránya **2 pont**
- (Mind a négy körülmény felsorolása 2 pont, három vagy két körülmény felsorolása 1 pont)
- d)  $C_6H_5-OH + CH_2=O \rightarrow HO-C_6H_4-CH_2-OH$  **2 pont**
- (A fenol és a formaldehid helyes képlete 1 pont, helyes egyenlet 1 pont.  
Az egyenlet csak akkor fogadható el, ha a hidroximetil-csoport orto- vagy para-helyzetű)
- e)  $HO-C_6H_4-CH_2-OH + C_6H_5-OH \rightarrow HO-C_6H_4-CH_2-C_6H_4-OH + H_2O$  **2 pont**
- (Az egyenlet csak akkor fogadható el, ha a metilencsoport orto- vagy para-helyzetű.  
A termék helyes képlete 1 pont, a helyes egyenlet 1 pont.)