

A műanyagok történetének áttekintése

1. rész. A kezdetek

A műanyagok szerves részei életünknek. Honnan indult a történetük? Miért és hogyan váltak nélkülözhetetlenné? Milyen új előnyök és hátrányok származtak az egyre nagyobb mértékű elterjedésükből? Sokféle műanyag ismert, teljes áttekintésük nagyon hosszadalmas lenne, ezért csak a főbb tendenciák bemutatásánál maradunk. A történetiség fonalán elindulunk a kezdetektől, hogy a műanyagok öt nemzedékén át, érdekes eseményeken keresztül, egy kis ismertetőt adjunk a műanyagokról, felvillantva csoportjaik néhány érdekességét. A cikk egyben főhajtás Macskásy Hugó és Balázs Lóránt előtt. Az első rész a legkorábbi fejleményekkel foglalkozik.

Tárgyszavak: műanyagok, monomer, polimer, makromolekula, polimerizáció, polikondenzáció, poliaddíció, történetiség, a műanyagok öt nemzedéke, Macskásy Hugó, Balázs Lóránt, Staudinger, Baekland, Carothers

1. Bevezetés

A műanyagok makromolekulákból (nagy-molekulákból) felépülő anyagok, amelyeket a természetben megtalálható makromolekulás anyagok átalakításával, vagy kismolekulák (monomerek) összekapcsolásával mesterségesen állítanak elő. Tulajdonságaikat a lánc alakú molekulák nagy mérete, hosszúsága, valamint a főláncban és az oldalláncban levő funkciós csoportok (alifás szénhidrogének, éterek, észterek, amidok, uretánok) határozzák meg. A műanyagok relatív móltömege általában 10 000 és 100 000 között van^[1]. A műanyagokat előállíthatjuk *polimerizációval*, *polikondenzációval* és *poliaddícióval*. A *polimerizáció* olyan kémiai reakció, amely során a kettős kötéssel rendelkező, azonos vagy különböző monomerek kapcsolódnak össze – általában katalizátor jelenlétében – hosszú makromolekulává. A folyamatnak nincs mellékterméke. Legfontosabb példák a poliolefinok, polisztriol, PVC. A *polikondenzáció* során azonos vagy különböző alapegységek – mindegyik legalább két aktív funkciós csoporttal – lépnek reakcióba, miközben kis molekulatömegű melléktermék: pl. alkohol, sósav, víz keletkezik. Így állítják elő a poliésztereket és a poliamidokat. *Poliaddíció* esetén azonos vagy különböző monomerek kémiai reakciója történik, amely során melléktermék nem keletkezik. Poliaddícióval készülnek például a poliuretánok és az epoxigyanták^[2].

2. Előzmények

Kémiatörténeti érdekesség, hogy Angliában már 1307-ben megjelent a legelső „műanyag”, a viaszosvászon, amely lenolajkencével átitatott textíliából készült. Azóta évszázadok peregtek le és sok minden történt a kezdetektől a mai, korszerű műanyagipar kialakulásáig. A fejlődésnek *sok összetevője és feltétele van. Fontos a kitartó munka, az új módszerek és technikák alkalmazása, a társadalmi igények és szükségletek szerepe, az elmélet és a gyakorlat egysége, a tudomány és a gyakorlat összekapcsolódása és egymást kölcsönösen gazdagító volta, s nem nélkülözhető, a képességek – az oktatás-nevelés során történő – kibontakoztatása*^[3].

A nagy szerves molekulákat tartalmazó anyagoknak más elődjei is voltak^[3]. A sumérok már aszfaltos utakat készítettek. Az egyiptomiak ismerték a „gumit”, amelyet már a mumifikálás során alkalmaztak, és ők „kemait”-nak, innen a görögök „kommi”-nak, a rómaiak pedig „gommá”-nak nevezték.

Hogyan léptek be életünkbe a műanyagok? Milyen új előnyök és hátrányok származtak létrejöttükből? Melyek voltak megszületésüknek a mozgatórugói?

3. A műanyagok első nemzedéke a természetes alapú műanyagok

A 19.század második felében a gyáriparnak egyre több nyersanyagra volt szüksége. Feltalálókat, kutató embereket ez arra ösztönzött, hogy egyes nehezen beszerezhető, drága anyagok helyettesítésére alkalmas, új anyagokat állítsanak elő olcsó nyersanyagok „nemesítésével”, átalakításával. Munkásságuk eredménye a *celluloid, az első műbőrök, a linóleum, a vulkánfíber, a műszaru, az első műselymek megalkotása és gyártásának megkezdése volt. A természetes alapú műanyagok alkotják a műanyagok első nemzedékét.*

A 1860-as években egy New-York-i billiárdgolyó-gyáros tízezer dolláros jutalmat tűzött ki olyan anyagra, amely billiárdgolyók készítésére alkalmas az elefántcsont helyett. A szép összeg reménye próbálkozásra készítette JOHN WESLEY HYATT (1837–1920) nyomdászt is. Sokféle anyaggal kísérletezett: foszlatott fát, rongyot, papírt kevert össze enyvvel, keményítővel, sellakkal, de a dákó ütésének egyik sem állt ellen. A sellakkal érdemes egy kicsit jobban megismerkedni. Noha nem műanyag, mégis nagyon fontos volt a műanyagipar kialakulásában és fejlődésében. A műanyagok egyik előfutárának tekinthető. A **sellak** a természetes gyanták egyik fajtája. Jólehet fák kérgén keletkezik, mégsem növényi, hanem állati eredetű. Indiában, Indonéziában honos egyes fák fiatal hajtásain él a lakk-pajzstetű; ennek megszilárdult váladéka a sellak. Európában pecsétviasz készítésére használták először. A 16. században portugál hajósok révén Spanyolországon át terjedt el a sellak Európában. Innen származik régebbi, manapság tréfásnak ható neve: spanyolviasz. A szobahőmérsékleten szilárd sellak melegítve meglágyul, alakíthatóvá, képlékennyé válik. Ha tovább növeljük a hőmérsékletet, folyékony lesz. A melegítéssel megömlesztett sellak lehűtésekor újra képlékeny állapotba kerül, majd megdermed. Ez a sajátossága teszi alkalmassá pecsétviasz készítésére. A sellak másik jellegzetessége, hogy etil-alkoholban, éterben, lúgokban oldódik. Oldatával hajdanában papírt, szövetet impregnáltak. A sellak révén vált tömegcikké a hanglemez, valamint a villamosság gyakorlati alkalmazásának kezdeti szakaszában a legfontosabb szigetelőanyagok egyike volt.

Cellulóz-nitrát + kámfor = celluloid. HYATT az elefántcsontot pótló anyag előállításának reményében végzett munkája során egyszer megvágta az ujját, és a vérzés csillapítására kollódiummal (éter és alkohol elegyében oldott cellulóz-nitráttal) akarta sebét bekenni. A kollódiumos üveget felborulva találta. Kifolyt belőle a kollódium, és az oldószer részleges elpárolgása következtében a cellulóz-nitrát rugalmas, gumyszerű anyaggá dermedt. Megfigyelte, hogy az anyag ujjai között a meleg hatására meglágyul, gyúrhatóvá válik, kihűlve pedig ismét megdermed. Sok-sok kísérlet után azt találta, hogy a cellulóz-nitrát és a kámfor elegyét melegben jól lehet alakítani, továbbá, ez az anyag szobahőmérsékleten alaktartó, igen szívós, ütésálló. HYATT 1869-ben jelentette be első szabadalmát az új anyagra, amelyet további 74 követett. Celluloid lett az új anyag neve. Ez az elnevezés állítólag HYATT testvérétől származik, aki segítségére volt a munkájában. A találmányt nem billiárdgolyók készítésére, hanem műfogsorok lemezeinek az előállítására használták.

Megalakult a THE CELLULOID MANUFACTURING COMPANY, és 1872-ben gyárat létesített New Jersey államban. Ez a gyártelep a jogutód, CELANESE PLASTICS Co. cég központja napjainkban is.

Az igaz, hogy a celluloid gyártásának a megvalósítása a HYATT fivérek nevéhez fűződik, mégsem ők voltak az elsők, akik felismerték a kámforrall lágylított cellulóz-nitrát értékes tulajdonságait.

Az angol ALEXANDER PARKES (1813–1895) úgy vélte, hogy a cellulóz-nitrát jól használható villamosszigetelő anyag lehetne olyan természetes anyagok helyett, mint a sellak, a szaru és a guttaperca. Az iparnak nemcsak azért volt szüksége új szigetelőanyagokra, mert pl. a sellakot és a guttapercsát csak a Távols-Keletről lehetett beszerezni, hanem azért is, mert tulajdonságaik nem feleltek meg a követelményeknek.

Érdeklősség, hogy a HYATT fivérek egyebek között sellakkal is megkísérelték az elefántcsont helyettesítését. PARKES pedig a sellak pótlására keresett új anyagot. Egy másik helyettesíteni kívánt anyag a guttaperca volt.

A **guttaperca** sem műanyag, mint ahogy a sellak sem az. Azoknak a természetes anyagoknak az egyike, amelyek előkészítették a műanyagipar kialakulását. A szó maláj eredetű, jelentése *getah perca* = *szumátrai tejnedv*, és angol – német közvetítéssel került hozzánk. Az általunk cs-vel jelölt hangot az angolok ch-val jelölik. Innen adódik, hogy a magyar nyelvű szakirodalomban is gyakran így írják: guttapercha. A Szumátrán honos gumifák (*Palaquim gutta*) tejszerű nedvét JOHN TRADESCANT már 1656-ban felfedezte. Kémiailag rokon a kaucsukkal, amelyből a közismert rugalmas gumitárgyak készülnek. A guttapercsának, (transz-poliizoprén) a kémiai szerkezete nem azonos a kaucsukéval, (cisz-poliizoprén) és ezért a tulajdonságai sem azonosak. Merevebb, jóval kevésbé nyújtható, mint a kaucsuk. Melegítés hatására hasonlóan viselkedik, mint a sellak. Jó alakíthatóságával, villamosszigetelő tulajdonságaival a guttaperca közel egy évszázadon át nagyon fontos villamosszigetelő anyag volt. Használatával vált lehetővé vízállóan szigetelt kábelek előállítását. 1843-ban került először Európába, és 1851-ben guttaperca-szigetelésű kábellel létesítettek tenger alatti táviró-összeköttetést a franciaországi Calais, és az angliai Dover között, majd többszöri sikertelen próbálkozás után 1866-ban Európa és Amerika között. A guttapercsát napjainkban a betegek fejének alátámasztására és a gerincük megtámasztására használják. Az ilyen szerkezetek egyedi darabok, hiszen idomulniuk kell viselőjükhöz.

Celluloid, Parkesine, Xylonite. PARKES 1862-ben a birminghami nemzetközi vásáron mutatta be a Parkesine elnevezésű új anyagot és az abból készült használati tárgyakat: fésűket, gombokat, sétatálca- és esernyő-fogantyúkat. PARKES nem sokat törődött ennek a találmányának a megvalósításával. Más találmányai is voltak, azok jobban lekötötték. Így adódott, hogy a HYATT fivérek megelőzték a megvalósításban. Angliában létrejött ugyan egy vállalat, amely kis mennyiségben néhány éven át gyártotta az anyagot Xylonite néven, de 1877-ben beolvadt az amerikai celluloidgyártó-vállalat által létrehozott BRITISH XYLONITE Co. cégbe. 1878-ban Franciaországban is elkezdtek a celluloid gyártását. 1880-ban Németországban, később több más országban is. A különféle márkanevek közül Európában – és Magyarországon is – a celluloid szó honosodott meg.

A cellulóz-nitrát. Lőgyapot, kollódiumgyapot, kollódium. SCHÖNBEIN (1799–1868) bázei kémianár 1846-ban felismerte, hogy ha cellulózt kénsav jelenlétében salétromsavval kezel, a pamut külsőleg alig változik ugyan, megtartja szálak szerkezetét, de kémiai tulajdonságai a salétromsavval végbement kémiai folyamat eredményeként megváltoznak. A pamut meggyújtva lassan ég, a salétromsavval kezelt anyag viszont hő hatására robbanásszerű heveséggel bomlik. Régebben nitro-cellulóznak nevezték a cellulóznak ezt a származékát, noha a szabatos elnevezése

cellulóz-nitrát. A cellulóz-nitrátot kollódiumgyapotnak is nevezik. Éter és alkohol elegyében oldódik. Ez az oldat a kollódium, sűrűn folyó folyadék. A kollódium, elfelejtett magyar elnevezéssel a gyapmáz, a fényképészek felszerelésének nélkülözhetetlen tartozéka volt még a 20. század elején is, hiszen kollódiummal bevont üveglemezt használtak fényképezésre.

Nitrolakk, nitrozománc, lakkgyapot. FORD gyárában 1915-ben elkészült a milliomodik gépkocsi, 1921-ben az ötmilliomodik, 1924-ben pedig a tízmilliomodik. Ilyen méretű tömegtermelés csakis új munkaszervezéssel, új eljárásokkal, új anyagokkal vált lehetségessé. A karosszéria fényezésére eleinte a lovashintó korából örökölt anyagokat és eljárásokat használták. Többnyire lenolaj és trópusi eredetű kopálgyanta volt a lakkok és a festékek kötőanyaga. A fényezés három hétig is eltartott. A FORD gyár a cellulóz-nitrát kötőanyagú lakk bevezetésével a karosszériafényezést húsz napról kettő napra, majd egy napra, később, néhány órára csökkentette. Ez úgy volt lehetséges, hogy a cellulóz-nitrát egyes fajtái, amelyeknek nagyjából 12% a nitrogéntartalmuk, gyorsan párolgó és viszonylag olcsó oldószereknek, pl. etil-acetátnak, butil-acetátnak, acetonnak az elegyében oldhatók. A nitrolakk és a nitrozománc új felhordási eljárást is lehetővé tett: ecsetelés helyett a sokkal gyorsabb szórást. A felhordott festékréteg száradását fűtött alagutakkal gyorsították. Lakkok, festékek kötőanyagaként korábban csak természetes eredetű anyagokat használtak. A cellulóz-nitrát volt az ilyen célra felhasznált első mesterséges anyag. Az új lakkra az amerikai DU PONT COMPANY a nevéből alkotott Duco elnevezést sok országban védjegyeztette. 1925-ben Magyarországon is. A Duco márkanevből származik a dukkózás kifejezés. A lakkok és festékek gyártására használt cellulóz-nitrátot lakkgyapotnak nevezik.

Sok mindent gyártottak az idők folyamán celluloidból: játékokat, dísz tárgyakat, irodai cikketeket. Aki a 20. század elején divatosan akart öltözködni, celluloid keménygallért és kézelőt viselt. A dámák fűzőjébe a halcsont helyett celluloid lemezeket varrtak. (A „halcsont” valójában a bálnák szájpapláslemeze, tehát nem is hal és nem is csont és ezért nem is halcsont). Azok a szerkezetek, amelyek feltalálói papírra, üveglemezre, fémlapra rajzolták a mozgás egymást követő mozzanatait, vagy játékszerek maradtak, vagy legfeljebb a pályaudvari várótermekig jutottak el, mint unaloműzők. A mozi előfutárai voltak. Az átlátszó és egyúttal hajlékony celluloid film révén vált lehetővé mozgófénykép készítése és vetítése. 1895. december 28-án Párizsban, a Kapucinus körút 14. szám alatti kávéházban a LUMIÈRE fivérek sikerrel mutatják be filmüket. 1901. április 30-án az Urániában bemutatják a Magyarországon készült első filmet. Címe: „A táncz”.

A könnyen meggyulladó és robbanásszerű hevességgel égő celluloidot az 1950-es években felváltotta a kevésbé gyúlékony cellulóz-acetát. Fél évszázadon át volt a celluloid a filmek anyaga. Érdekeség, hogy a kámfornál jobb lágyító ma sem ismeretes a cellulóz-nitrát számára, valamint az asztalitenisz-labdákat napjainkban is celluloidból gyártják, mert egyetlen újabb műanyaggal sem lehetett a celluloid labdák rugalmas visszapatannását elérni.

SZIGETI KILIÁNNak a győrvidéki orgonákról 1977-ben megjelent művében a következő részlet olvasható. „NAGY GÉZA orgonaépítő és fűzharmónium készítő Győrött.” 1897-ben költségvetést nyújtott be a csanaki templom orgonájának az építésére. Ebben egyebek között ez áll: „Klavetúra 54 hang CF... egészhang fehér czelelujt fél hang ébenfából készül.” Az orgonaépítő klavetúrát írt klaviatúra helyett, a vesszőket elfelejtette kitenni. A fűzharmónium helyett ma harmóniumot írunk. (Régi nevének előtagja ugyanabból a görög *fűszisz* = *természet* szóból ered, mint a fizika szó.) Ami fontos: íme a bizonyíték, hogy az egész hangok fehér billentyűit „czelelujt”, vagyis celluloid borítással látták el. Ma is használnak celluloidot hangszerbillentyűk borítására. A celluloid nem lett az elefántcsont versenytársa billiárdgolyók anyagaként, de azzá lett a hangszerkészítésben.

Az első műbőrök. A 19. század második felétől kezdtek meg olyan termékek gyártását, amelynek fogása, tapintása, megjelenése hasonló a bőréhez. Hordozórétegük pamut- vagy jutaszövet volt. Bevonatukat színező- és töltőanyagot tartalmazó lenolajkencéből alakították ki. Viaszosvászonnak nevezték ezeket a termékeket, habár nem viaszból készültek. „Bőr” karosszékek, díványok kárpitozására, lemosható asztalterítőként használják. A sok évtizede gyártott műbőrök másik fajtájának a hordozó rétege szintén szövet, a bevonata pedig cellulóz-nitrát. A könyvkötészetben ma is használják. Azokat a gyártmányokat nevezik műbőröknek, amelyek egyes fizikai tulajdonságaikban hasonlítanak a természetes bőrökhöz. (A természetes bőrök anyaga a fehérjék családjába tartozik, a műbőröké nem). A műbőrök hordozórétegből és bevonatból állnak. A hordozóréteg szőtt, kötött vagy nemkötött kelme; ez a réteg adja a műbőr mechanikai szilárdságát. A bevonat anyaga az 1950-es évek óta a legelterjedtebben lágy PVC és újabban növekvő hányadban poliuretán. A bevonat révén válik a hordozóréteg vízhatlanná és bőrszerűvé. A bevonatot angol eredetű szóval filmnek is nevezik, a bevonat anyagát pedig filmképzőnek. Magyarországon 1905-ben alakult meg Győrött a GRAAB M. ÉS FIAI RT., a mai GRABOPLAST GYŐRI PAMUTSZÖVŐ- ÉS MÜBÖRGYÁR elődje.

A linóleum (*linum oleum = lenolaj*, latin) a viaszosvászonnak padlóburkoló anyagként használt rokona. Hordozó rétege jutanevez vagy jutaszövet, bevonata (járórétege) pedig lenolajkencéből készül, őrölt parafa vagy faliszt töltőanyaggal, színezőanyaggal, esetleg gyantaadalékkal. Mind a hordozórétege, mind pedig a bevonata vastagabb és erősebb, mint a viaszosvászoné, hiszen más a felhasználási területe. Tartósságára tanulságos példa a budapesti Zeneakadémia épülete. Az előcsarnokában, a főbejárattal szemben elhelyezett emléktáblán ez olvasható. „Épült 1903–1907 KORB FLÓRIS és GIERGL KÁLMÁN építőművészek tervei szerint.” Folyosóin több helyütt most is az eredeti linóleum padlóburkolat van.

A vulkánfiber. Gyártását az 1870-es években kezdték meg Amerikában, majd néhány évtizeddel később Európában. Nyersanyaga enyvezetlen, nagy szívóképességű papír, tehát végtermékben cellulóz. Cink-klorid oldat hatására a cellulóz szálak megduzzadnak, összetapadnak. Mosás, szárítás, sajtolás után tömör, nagy mechanikai szilárdságú, ütésálló anyag keletkezik. Ez a változás emlékeztet a kaucsuk vulkanizálásakor észlelhető átalakulásra. A 19. században meg nem volt ismert, hogy a cellulóz vegyszeres duzzasztásakor fizikai és nem kémiai folyamat megy végbe, továbbá, hogy a kaucsuk vulkanizálásakor bekövetkező változások kémiai folyamat következményei. Így adódott, hogy a cellulóz vegyszeres duzzasztásával gyártott termék angol neve „vulcanized fibre”, azaz vulkanizált szál lett. Ez a kifejezés – német közvetítéssel – vulkánfiber néven honosodott meg Magyarországon. A vulkánfiberre a nagy mechanikai szilárdság, ütésállóság, viszonylag magas hőállóság jellemző. Hátránya, hogy csak forgácsoló eljárásokkal lehet megmunkálni: fűrészeléssel, esztergálással, marással, fűrással, továbbá ragasztással, hajlítással. Melegítés hatására nem válik képlékennyé, ezért a műanyagiparban elterjedt, nagy termelékenységű módszerekkel, mint a sajtolás, fröccsöntés, nem lehet alakítani. Ezért az újabb műanyagok megjelenésével háttérbe szorult, de nem vált nélkülözhetővé. Még mai is a fonodákban használt fonókannák legelterjedtebb anyaga. Vulkánfiber a hordozója a csiszolókorongoknak és a csiszolószalagoknak. A korund vagy szilícium-karbid csiszolószemcséket műgyantával rögzítik kb. 190 °C-on a hordozóra. A vulkánfiber nem károsodik ezen a nagy hőmérsékleten, és elviseli a csiszolás közben bekövetkező felmelegedést is. Jó minőségű, tartós bőröndöket, hegesztőpajzsokat, tömítéseket készítenek belőle.

A műszaru. 1897-ben WILHELM KRISCHE, egy üzleti könyveket gyártó hannoveri cég társulajdonosa kísérleteket kezdett, hogy az iskolákban akkortájt használt szürke palatáblák helyett,

fehér, lemosható új iskolatáblát dolgozzon ki. Papírlemez tejből előállított kazeinnel vont be, de a célját nem érte el. ADOLF SPITELER vegyészrel együttműködve arra a felismerésre jutottak, hogy a kazein formaldehid hatására a szaruhoz hasonló, kemény anyaggá válik. A találmányt a harburgi EGYESÜLT GUMIGYÁR kísérleti részlegében továbbfejlesztették, és sok munkával, jelentős költségárfordítással sikerült az anyagból számos gyakorlati célra hasznosítható rudakat és lemezeket előállítani. Galalith (tejkő) lett az új anyag neve (görögül *gala = tej, lithosz = kő*). 1904-ben megalakult a Nemzetközi Galalith Társaság, és 1908-ban létesült új gyárban megkezdtek a Galalith gyártását. Ez az üzem napjainkban a PHOENIX GUMMIWERKE AG. hamburgi cég egyik gyára. A jól forgácsolható, simára polírozható, tetszetős színű műszaru rudakból és lemezekből gombokat, csatokat, dísztárgyakat, sakkfigurákat készítenek. Magyarországon 1936 és 1968 között gyártottak műszarut.

A műselyem. ROBERT HOOKE (1635–1703) angol fizikus 1664-ben a következőt írta: „*Gyakran gondoltam arra, hogy talán lehetne találni valami módot olyan mesterséges, enyvszerű anyag előállítására, amely hasonlítana arra a váladékra, amelyből a selyemhernyó a gubóját készíti.*” A műselyemgyártás gondolatának első felmerülésétől, annak ipari megvalósulásáig több, mint két évszázad telt el. RÉAUMUR (1683–1757) francia fizikus 1734-ben kaucsukoldatból kísérelt meg szálát készíteni. Nem jutott túl a laboratóriumi próbálkozáson.

A cellulóz-nitrát révén valósult meg az első műselyem. Ez volt a *Chardonnet-selyem*, vagy más néven *nitroselyem*, *nitrátselyem*. Az ipari megvalósítás LOUIS MARIE HILARIE DE CHARDONNET (1839–1924) francia vegyész nevéhez fűződik. 1891-ben Besaconban vállalatot és gyárat alapított annak ipari megvalósítására. CHARDONNET eredeti eljárása szerint az éter és alkohol elegyében oldott cellulóz-nitrátot szálképző lap 0,1...0,5 mm átmérőjű furatain át 10...12 bar nyomással vízbe sajtolják. A vízben az alkohol oldódik, a cellulóz-nitrát pedig oldhatatlanná válik, és vékony, hosszú selyemszerű szállá dermed. Feltekerceslik és meleg levegővel szárítják. Ezt a módszert nevezik nedves szálképző eljárásnak. Hamarosan áttértek a száraz szálképző eljárásra. Az éter és alkohol elegyében oldott cellulóz-nitrátot a szálképző lap furatain át nem folyadékba, hanem meleg gázáramba sajtolják.

A MAGYAR CHARDONNET RT. 1904-ben alakult. Sárvári gyárában 1905-ben kezdték meg a nitroselyem termelését. A háborús években lögyapotot gyártottak, majd újra nitroselymet. Termelését gazdasági nehézségek miatt 1926-ban végleg megszüntették. A MAGYARÓVÁRI MŰSELYEMGYÁR volt az országban a második nitroselyem-gyár. 1926-tól a háború végéig működött.

Éghetetlen celluloid? A HYATT fivérek számára az elefántcsont volt a példakép, amikor létrehozták az első műanyagot. Néhány évtizeddel később sok vegyész számára a celluloid lett az utánpótlás méltó példakép. Ennek az volt az oka, hogy a celluloid sokféle célra használt, egyenesen nélkülözhetetlen anyaggá vált az iparban, de volt egy óriási hátránya: nagyfokú éghetősége. A 19–20. századforduló éveiben számos híradás jelent meg a sajtóban celluloid okozta tüzesetekről, balesetekről, sőt tömegszerencsétlenségekről celluloidgyárakban, feldolgozóüzemekben, mozikban. Napirendre került az „éghetetlen celluloid” kidolgozásának a feladata.

A cellulóz-nitrát rokona a cellulóz-acetát 1865 óta ismert anyag volt. Elsőként PAUL SCHÜTZENBERGER (1829–1897) állította elő laboratóriumban pamutból és ecetsavanhidridből. Törékeny, közönséges oldószerekben oldhatatlan anyag volt. Nem is keltett feltűnést.

Acetilcellulóz = Cellulóz-acetát = CA. Az éghetetlen celluloid problémája keltette fel a vegyészek érdeklődését a CA iránt. Szabadalom szabadalmat követett, mindegyik egy-egy lépéssel közelebb vitt a célhoz. 1901-ben ARTHUR EICHENGRÜN és munkatársai kutatási eredményei

alapján a BAYER cég szabadalmat jelent be nem törekeny cellulóz-acetát előállítására pamutlinterzből és ecetsavanhidridből kénsav jelenlétében. Ennek a cellulóz-triacetátnak (primer cellulóz-acetát) még mindig van egy nagy hátránya: csak drága, jobbra mérgező vagy maró hatású oldószerben oldódik, pl. hangyasavban, jégecetben, kloroformban. 1905-ben tett szabadalmi bejelentés szerint a primer cellulóz-acetátot híg savval való utólagos kezeléssel szekunder cellulóz-acetáttá alakítják át, ez pedig acetonban, vagyis egy viszonylag olcsó és az iparban sokféle célra használt oldószerben oldható. Cellit a márkaneve. 1906-ban A BAYER cég elberfeldi üzemében megkezdik a Cellit lakkok és fóliák gyártását. A következő évtől műselymet is gyártottak Németországban szekunder CA-ból, de a szál színezését nem sikerült megoldani. E nehézség miatt az acetátselyem gyártásának nagyiparrá fejlődése még másfél évtizedet váratott magára. 1909-ben EICHENGRÜN újabb szabadalmat jelent be olyan oldatok előállítására szekunder CA-ból, amelyek vékony rétegben valamilyen hordozóra vagy alapra felhordva, nagyon sima, buborékmentes, víznek, olajnak, benzinnek ellenálló filmmé száradnak. Cella az oldat márkaneve.

A Cellont az 1910-es évek eleje óta villamos forgógépek tekerceinek szigetelésére használták. Egyéb célokra a Cellonból az oldószer elpárolgása után visszamaradó CA-t lemezekké, rudakká, csövekké alakították, és azokból különböző tárgyakat készítettek. Sikerült olyan anyagot előállítani, amely sokban hasonlít a celluloidhoz, és ha nem is éghetetlen, mégis sokkal nehezebben gyullad meg, és távolról sem ég olyan hevesen.

A repülés, a léghajózás és a CA. A francia LOUIS BLÉRIOT elsőként repül át Calaisból Doverbe 1909. július 25-én. 23 perc alatt tesz meg kb. 40 km-t. Gépének lenvászon borítását lenolajjal impregnálták. A következő években erre a célra a Cellon-típusú CA használata válik általánossá. Gyártását 1912-ben Franciaországban is megkezdik, majd a háborús években Angliában (1916) és az Egyesült Államokban is. 1927. május 20–21-én az amerikai CHARLES LINDBERGH elsőként röptül át leszállás nélkül az Atlanti-óceánt. A New York és Párizs közötti kb. 6000 km-es utat 33 és fél óra alatt teszi meg. Gépének szárnya Cellon típusú CA-val volt bevonva. Cellonnal impregnálták az óriás méretű kormányozható léghajók, a Zeppelinek vászonburkát is.

A **magnetofon**, a mágneses hangrögzítés és hangvisszaadás a CA révén valósult meg. Sok előzmény után 1935-ben a berlini rádiókiállításon az AEG bemutatja a Ferroton nevű készüléket, a BASF pedig a Magnetophonband (magnetofonszalag) nevű mágnesezhető szalagot, cellulóz-acetát hordozóval. Később az AEG készüléke átveszi a Magnetophon nevet, amely azóta világszerte ismertté vált. A szó nálunk megrövidült, egyszerűen „magnót” mondunk^[4].

4. A műanyagok második nemzedéke: fenoplasztok, aminoplasztok, alkidgyanták

A 20. század tízes éveiben új távlatok nyíltak meg a műanyagipar számára a fenoplasztok gyártásának megkezdésével. Ismét a termelés szükségletei ösztönözték a kutatókat új anyagok keresésére. Elsősorban a virágzásnak indult villamosiparnak volt szüksége új szigetelőanyagokra. A megalkotott anyagok csakugyan újak voltak, nem a régóta ismert természetes anyagok utánzatai. **A fenoplasztok, az aminoplasztok és az alkidgyanták, a polikondenzációs műanyagok ma már klasszikusnak nevezhető képviselői alkotják a műanyagok második nemzedékét.** A két világháború között terjedtek el az iparban. Ma is fontos műanyagok.

A 19–20. század fordulóján sokan vizsgálták a fenol és a formaldehid reakcióit. Olyan anyagok előállítására törekedtek, amelyekkel a sellak helyettesíthető, vagy amelyekből sajtolással, esetleg öntéssel különféle tárgyakat lehet készíteni, amilyenek a keménygumi gyártmányok

voltak. Az eredmény – lúgok jelenlétében – mindig valamilyen oldhatatlan, melegítéssel nem megömleszthető, tudományos és gyakorlati szempontból egyaránt értéktelennek minősített gyanta volt. A savak jelenlétében készített gyanták szeszenben vagy acetonban oldhatók voltak. 1902-ben el is kezdték ilyen gyanta termelését sellak pótlására Laccain néven. A németországi Zwickauban gyártották fenolból és acetaldehidből, borkósav jelenlétében. Műszaki tulajdonságai kedvezőtlenek voltak, nem volt sikere az iparban.

LEO HENDRIK BAEKELAND (1863–1944) flamand ipari vegyész és feltaláló volt az, aki az elődök munkái nyomán felhalmozódott ismeretekből kiindulva, kitartó és rendszeres munkával felderítette a korábbi sikertelenségek okát. 1902-ben járunk. Elődeinek munkásságát tanulmányozva arra a megállapításra jut, hogy a balsikerek oka főképp abban keresendő, hogy nem eléggé gondosan szabályozták a reakció körülményeit: a reagáló anyagok arányát és hőmérsékletét. Megállapítja, 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; szobahőmérsékletre lehűtve szilárd. 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 sem. Elődei mind ilyen oldhatatlan és megömleszthetetlen gyantát állítottak elő lúgos közegben. Ezeket a megállapításait BAEKELAND 1907. február 18-án jelentette be szabadalomra. Néhány hónappal később újabb szabadalmi bejelentést tett. Ennek lényege C-állapotú, szilárd gyanta előállítására, hogy előbb A-állapotú gyantát állítanak elő. 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 abból a 119-ből, amelyet Baekeland a fenol-formaldehid-alapú műanyagokra bejelentett. Megalkotta az első szintetikus műanyagot, a Bakelitot, amelyet saját magáról nevezett el. Felismerésének lényege és alapvető újonsága a feldolgozható, megmunkálható műgyanta előállítása volt, hiszen így vált a termék használhatóvá. A fenol-formaldehid-gyantából adalékanyagok nélkül sajtolt tárgy azonban pórusos, rideg, törékeny. BAEKELAND azt is felismerte, hogy a faliszt töltőanyagot tartalmazó gyantából pórusmentes, sokkal kevésbé törékeny tárgyakat lehet sajtolni. A fenolgyanta kötőanyagú sajtolóanyagok legelterjedtebb töltőanyaga napjainkban is a faliszt.



LEO HENDRIK BAEKELAND ARCKÉPE

Nem volt könnyű dolga a feldolgozókkal és a felhasználókkal, akik számára új és ismeretlen volt az anyag és szokatlan feldolgozási technikája. BAEKELAND visszaemlékezéseiben megemlíti, hogy sok feldolgozó körülményesnek és feleslegesen bonyolultnak tartotta a sajtolási hőmérséklet, nyomás, időtartam pontos betartását. Ezért fáradhatatlanul munkálkodott a feldolgozók meggyőzésén, tanításán.

A történelmi hűséghez hozzátartozik, hogy nem BAEKELAND volt az egyetlen, aki akkoriban rájött, hogyan lehet fenolból és formaldehidből műszakilag értékes gyantákat előállítani. Angliában

SWINBURNE villamosmérnök új villamos ipari szigetelőanyagok kidolgozásával foglalkozott. Hasonló felismerésekre jutott, mint BAEKELAND. Szabadalmi bejelentésével egyetlen nappal lekészte Baekeland bejelentését. Vállalata egy ideig BAEKELAND szabadalmaitól függetlenül dolgozott, majd 1928-ban egyesült az angliai BAKELITE Ltd. céggel, amelynek SWINBURNE lett az elnöke.

BAEKELAND meggyőződése volt, hogy mind a tiszta (elméleti) kémia, mind az alkalmazott kémia (lényegében a vegyipar) óriási jelentőségű az emberiség számára. Amikor még újdonság volt a Bakelit, egy alkalommal huszonnégyféle alkalmazást ajánlott az általa feltalált anyagra. Merész képzeletével sem sejtette, mennyi területen fogják ezt az anyagot használni. Amiért ez így lett, abban nagy része volt az ő személyes munkájának, tevékenységében a tudomány és a gyakorlat kölcsönös előnyű összekapcsolódásának. Halálának évében 1944-ben a világon 175 000 tonna fenoplasztot gyártottak; ez az akkori kb. 500 000 tonnás teljes műanyagtermelésnek kb. a 35%-a volt.

Magyarországon az 1920-as évek végén, előbb a külföldről behozott sajtolóanyagok feldolgozását kezdték meg, majd a harmincas évek közepén a gyártásukat is. A Budapesten 1883-ban alapított PERCI ÉS SCHACHERER ELSŐ MAGYAR TÁVÍRDASODRONY- ÉS KÁBELGYÁR utódja, a MAGYAR KÁBELGYÁR Rt. a Fehérvári úti telepén 1928 óta dolgozott fel sajtolóanyagokat, és 1935-ben megkezdte azok gyártását is. Futurit volt a Kábelgyárban gyártott sajtolóanyagok, műgyanták, sajtolt tárgyak márkanéve. A Futurit gyártmányok jó minősége, a Futurit használati tárgyak praktikus és esztétikus volta nagyban hozzájárult a műanyagok elterjedéséhez és jó hírnevének a megalapozásához Magyarországon.

Az aminoplasztok. Az alkidgyanták. Az időrendben második, hőre keményedő műanyag sorsa több szempontból hasonló volt az elsőéhez, néhány évtizedes különbséggel. 1897 óta ismert volt, hogy karbamidból és formaldehidből alakatlan, gyantaszerű termék keletkezik. Senki sem figyelt fel erre az anyagra, hiszen oldhatatlan volt, nem lehetett megömleszteni. Ipari hasznosításra az amerikai H. JOHN jelentette be az első szabadalmat 1918-ban. A termékének nem volt sikere. A fejlődést az a felismerése készítette elő, hogy a karbamidból és a formaldehidből bizonyos körülmények között víztisztán átlátszó, üvegszerű gyanta keletkezik. Ez a tény már sokak érdeklődését felkeltette. Vizsgálták a karbamid és a formaldehid reakcióit, eljárásokat szabadalmaztattak abban a reményben, hogy sikerül a közönséges ablaküveget szintetikus szerves anyaggal helyettesíteni, amely kevésbé törékeny, és még az ibolyántúli sugarakat is átengedi. 1928-ban a gyártását is megkezdték Amerikában. Az új „üveg” nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket: könnyen karcolódott, nedvességre érzékeny volt, repedezett, és ennek következtében hamar elvesztette átlátszóságát. A karbamid-formaldehid-gyanták végül nem az üvegnek, hanem a fenolgyantáknak lettek a vetélytársai. Ugyanis a fenolgyanták hátránya, hogy színük nem szép és nem is állandó. Fehér vagy üde, világos színű tárgyakat nem lehet fenolgyantából gyártani.

Európában POLLAK 1924-ben, az Amerikai Egyesült Államokban pedig C. ELLIS felismerte, hogy olyan sajtolóanyagból, amelynek a kötőanyaga karbamidgyanta, töltőanyaga pedig cellulóz, tetszetős tárgyakat lehet sajtolni hasonló módszerrel, mint a fenolgyanta kötőanyagú, falisztet tartalmazó sajtolóanyagból. Ezek a tárgyak aszerint, hogy milyen színezőanyagot adagolnak a sajtolóanyagba fehérek vagy bármilyen más színűek, világos árnyalatúak is lehetnek. A teljes szagtalanságuk és íztelenségük is nagy előny a fenolgyanta kötőanyagú tárgyakhoz képest.

Pollak szabadalmi alapján 1931-ben Németországban a DYNAMIT NOBEL cég kezdte meg a Pollopas márkanévű, karbamidgyanta kötőanyagú sajtolóanyagok gyártását, Angliában pedig a BEETLE PRODUCTS COMPANY. Poharakat, tányérokat, dobozokat, tubuskupakokat, játékokat, villamos falikapcsolókat, dugaszolóaljzatokat sajtoltak az anyagból.

A karbamidgyantából készült tárgyaknak előnyös tulajdonságaik mellett hátrányuk, hogy vízre, nedvességre érzékenyek. Nedvességfelvételük nem nagy, de ahhoz elegendő, hogy emiatt méreteik is változzanak, ez pedig sok alkalmazásban hátrányos. Az ismételt vízfelvétel és vízleadás miatt, pl. a gyakori mosogatás hatására a tárgy idővel megrepedezhet. Ezeket a hátrányokat azzal csökkentették, hogy 1935-től nem karbamidból és formaldehidből, hanem tiokarbamidból és formaldehidből készített gyantát használtak a sajtolóanyagok gyártására. Azonban a tiokarbamidból készült gyanta és sajtolóanyag nemcsak drágább volt a karbamidgyantánál, hanem a sajtolószerszámot is jobban rongálta, korrodálta. Áthidaló megoldásként a gyantafőzéskor a karbamidnak csak egy részét helyettesítették tiokarbamiddal. A minden szempontból előnyös megoldást melaminból készült gyantával sikerült elérni.

Melamingyanta kötőanyagú, cellulóz vázanyagú sajtolóanyagból fehér vagy színes, nedvességnek, hideg vagy meleg víznek jól ellenálló tárgyakat lehet készíteni. Ilyen sajtolóanyagok gyártását Európában a DYNAMIT NOBEL cég kezdte meg 1938-ban. Magyarországon az aminoplaszt sajtolóanyagok gyártását 1940-ben kezdték meg az ACETIC VEGYIMŰVEK Kőbányai úti gyárában. A NITROKÉMIA A MŰANYAGIPARI KUTATÓ INTÉZETben kidolgozott eljárás alapján 1955-ben kezdte meg a folyékony karbamidgyanta (Amikol) és az aminoplaszt sajtolóanyagok (Nikeplast) gyártását.

Az alkidgyanták alkotják a klasszikus hőre keményedő műanyagok harmadik nagy csoportját. Az 1920-as évek második fele óta ipari termékek. A lakkiparban használják őket, mint filmképzők. Nevük az *alkohol* szó első három betűjéből és a latin *acidum* = *sav* „*id*” betűiből alakult ki. Az alkoholok és a szerves savak egyes fajtáiból gyártják az alkidgyantákat polikondenzációval. Az alkohol többnyire glicerín ($\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$, háromértékű alkohol), a sav pedig többnyire ftálsavanhidrid. A csupán glicerínből és ftálsavanhidridből készített, módosíthatatlan alkidgyanták vagy másnéven gliptálgyanták kagylós törésű, rideg anyagok, filmjük is rideg, és ezért nem jelentősek. A módosított alkidgyanták a fontosak. A száradó olajokkal, többnyire lenolajjal módosított alkidgyanták vékony rétegben felhordva, a levegő oxigénjének hatására térhálósodnak, megkötnék melegítés nélkül. A félig száradó olajokkal, pl. napraforgóolajjal módosított változatok egyes fajtái levegőn, melegítés nélkül is térhálósodnak, más fajtái melegítés hatására, 100...160 °C-on. A nem száradó olajokkal, pl. ricinusolajjal módosított alkidgyanták csak hő hatására térhálósodnak. Magyarországon a BUDALAKK FESTÉK- ÉS MŰGYANTAGYÁR, valamint a TISZAI VEGYI KOMBINÁT FESTÉK- ÉS MŰGYANTAGYÁRA gyártott alkidgyantákat és alkidgyanta kötőanyagú lakkokat, festékeket.

A kaucsuk, a latex, a gumi és a keménygumi.

A Nobel-díjas (1953) **HERMANN STAUDINGER** (1881–1965) nevéhez fűződik az az érdem, hogy bebizonyította, amit elődei és kortársai sejtettek vagy feltételeztek, de kortársai sem mind ismertek el egyik napról a másikra. Az eszme az volt, hogy a kaucsuk, a cellulóz, a fehérjék tulajdonságai abból fakadnak, hogy molekuláik valóságos óriások az atomok és a molekulák parányi birodalmában. Ám ehhez a korszakalkotó eredményhez sok-sok nemzedék gyakorlati tapasztalatainak és tudományos felismeréseinek a felhalmozódása volt szükséges. S megint csak a szükségletek kerültek górcső alá. A kaucsukból nagyon rugalmas gumitárgyakat lehet készíteni, olyanokat, amelyeneket



más anyagból nem. A másik fordulópontra a gépkocsi megjelenése volt a 19–20. század fordulóján. Sebességük növelésének nem motorjuk teljesítménye szabott határt, hanem az, hogy a rázkódásnak nem álltak ellent. Egyedül a kaucsukból készített légbronccsal lehet a korábban lehetetlennek vélt sebességeket elérni. A vegyészeket most már nemcsak a kíváncsiság vezérelte, hogy felderítsék a kaucsuk kémiai szerkezetét, hanem az a remény is, hogy feltárul a mesterséges előállításának a lehetősége^[4].

Egykori írások tanúsága szerint KOLUMBUS KRISTÓF, második amerikai útja alkalmával (1493–1496) őslakókat látott, akik valamilyen rugalmas anyagból készült labdával játszottak. Az őslakók ezt a labdát trópusi fák tejszerű nedvéből állították elő. Az Egyenlítő vidékén termő egyes növények törzséből fehér, tejszerű nedv szivárog ki, ha kérgüket megsértik. A folyadék beszárítása után sajátságos, rugalmas anyag marad vissza: a kaucsuk. Ez az elnevezés indián eredetű: ka-hu-csu azt jelenti könnyező fa. A tejszerű folyadékot latexnek nevezzük. (A latex szó latinul folyadékot jelent.) A latex nemcsak látszatra hasonlít a tejhez, hanem egyéb szempontból is. Amint a tejben apró zsírcseppecskék vannak vízben eloszlatva, hasonló módon a latexben parányi, csak jó nagyítású mikroszkóppal megkülönböztethető kaucsukszemcsék lebegnek finom eloszlásban a vízben.

Az indiánok régóta használták a latexet szövetek, ruhadarabok vízhatlanítására, cipők, edények készítésére. Az európai ember számára a kaucsuk évszázadokon át csak valami különleges furcsaság volt gyakorlati jelentőség nélkül.

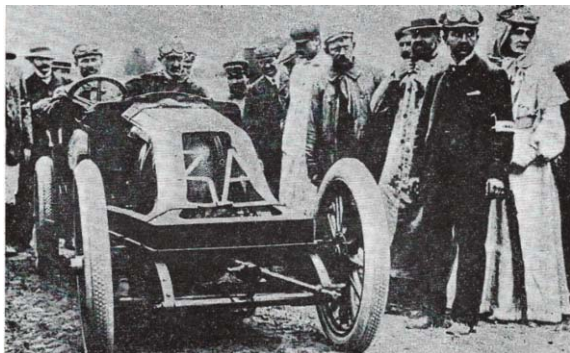
1770. Az első gyakorlati jelentőségű felfedezés JOSEPH PRIESTLEY (1733–1804) angol kémikustól származik, aki az oxigén felfedezésével írta be magát a kémia történetébe. Rájön, hogy a kaucsukdarabkával ki lehet törölni a ceruzavonásokat. 1772-ben Párizsban és Londonban megjelennek az e célra árusított kaucsukdarabkák, a radírgumik. Angolul ma is *rubber* a kaucsuk és a gumi neve (eredeti jelentése dörzsölő, vakaró). 1803. Párizsban nadrágtartókat és harisnyakötőket készítenek kaucsukból. 1823. CHARLES MACKINTOSH (1766–1843) skót vegyész vízhatlan szöveteket gyárt két szövetréteg között oldatból kialakított kaucsuk réteggel. Angolul ma is *mackintosh* az esőköpeny neve. Ezeknek a gyártmányoknak az volt a hátrányuk, hogy hidegben ridegek, törékenyek voltak, melegben pedig meglágyultak, ragacsossá váltak. 1839. Az amerikai CHARLES GOODYEAR (1800–1860) tíz évi kísérletezés után rájön, hogy ha a kaucsukot kb. 10% kénnel összegyúrák, és a keveréket huzamos időn át 130...140 °C-ra melegítik, tulajdonságai nagyon előnyösen megváltoznak. Rugalmasságát széles hőmérséklet határok között megtartja, hidegben nem válik rideggé, melegben nem lágyul meg. Terpentinben, benzolban nem oldódik, mint hőkezelés előtt. A kaucsuk és kén keverékének hőkezelése a *vulkanizálás* vagy vulkánózás (Vulcanus volt a római mitológiában a tűz istene). Vulkanizáláskor a kaucsuk és a kén között kémiai reakció megy végbe. GOODYEAR felismerésével egy új iparág, a gumiipar kialakulását alapozta meg. 1843. THOMAS HANCOCK (1786–1865) felismeri, hogy ha a kaucsukot megolvasztott kénbe márt, az szaruszerű, kemény, merev anyaggá alakul. *Keménygumi* ennek az anyagnak a neve. Az előzmény az, hogy GOODYEAR már 1840-ben felfedezte az ebonitot is. 1842-ben már különféle gumimintákat küldött Angliába MACKINTOSHNAK, aki javasolta, hogy Angliában is szabadalmaztassa módszerét, ami megkönnyítené ottani alkalmazását. E minták alapján HANCOCK is tapasztalta a vulkanizált gumi óriási előnyét, és maga is nekilátott a vulkanizálás módszerének javításához és erre alkalmas gépek kidolgozásához. 1843. november 21-én már szabadalmaztatta is eljárását, míg GOODYEAR angliai szabadalma 1844. január 30-án lépett életbe. 1851. NELSON GOODYEAR rájön, hogy akkor is keménygumi keletkezik, ha a kaucsukot nagyobb mennyiségű 30...50% kénnel keverik és a keveréket huzamosabb időn át 120...150 °C-on tartják. A keménygumi vagy másnéven ebonit,

esztergályozással, polírozással tetszetős, fényes felületű tárgyakká alakítható. Fésűket, használati tárgyakat, villamosipari szigetelő alkatrészeket, később töltőtollakat is készítettek keménygumiból. A keménygumi tárgyak elterjedtsége miatt nevezték később a köznyelvben kaucsuk tárgyakknak a celluloidból készületeket is. 1846-ban az angol ALEXANDER PARKES szabadalmat jelent be a *hidegvulkanizálásra*. Az eljárás szerint a kaucsukot dikén-diklorid és szén-diszulfid elegyében mártják. A dikén-diklorid melegítés nélkül is vulkanizáló hatást gyakorol a kaucsukra. A hidegen vulkanizált gumi tulajdonságai hasonlóak, mint a GOODYEAR eljárásával melegen vulkanizálté.

S most térjünk vissza a gépjárművek gumiabroncsaihoz. Elkészültek a gépjárművek, ám 30...35 km/h-nál nagyobb sebességét nem lehetett velük elérni, mert a gép nem bírta a rázkódást. A megoldás a légtömplős gumiabroncs, idegen szóval pneumatik, vagy röviden pneu. Hogyan is kezdődött?

1888. Két évszázados fejlődés után sportra, szórakozásra kedvelt eszközzé vált a „velocipéd”, a lábbal hajtott egy-, két-, három-, négykerekű jármű (latinul *velox = gyors; pes = láb*). A régebbi vasabroncsú kerekeket tömör gumiabroncsúak váltották fel. Ilyen triciklije volt Belfastban J. B. DUNLOP skót származású állatorvos Johnnie fiának is. Johnnie panaszkodott apjának, hogy mindig lemarad a versenyben, annyira rázós a kövezet. DUNLOP papának az ötlete támadt, hogy simábban fog futni a tricikli, ha levegővel felfújt gumitömplőt erősít a kerekre. Szelepnak a futball-labdákban használt kis gumicsövet építette be a tömlőbe és futball-pumpával fújta föl azt. 1888 februárjában Johnnie megelőzte társait a tricikliversenyen az apja által barkácsolt kerekkel. Találmányát DUNLOP több országban bejelentette, de csak Angliában kapott rá szabadalmi oltalmat. Ennek az volt az oka, hogy nem ő volt az első, aki feltalálta a pneut. ROBERT W. THOMPSON (1822–1873) 1846-ban Franciaországban, majd Amerikában is szabadalmat kapott a légabroncsra. A légtömplő, a köpeny, a szelep mind szerepelt THOMPSON szabadalmában is. Bejelentése feledésbe merült, hiszen a lovaskocsik korában nem volt szükség pneura, a kerék rázkódását a rugók kellően csillapították. A velocipéd elterjedésével megváltozott a helyzet.

1889-ben egy angol turista légtömplős kerékpáron járja a franciaországi Auvergne festői szelvényeit. Tömplője kilyukad. Kerékpárját a közeli Clermont-Ferrand-ba viszi javításra, a MICHELIN testvérek gumigyárába. Megtetszik a MICHELIN fivéreknek a légtömplős gumiabroncs, csak éppen sokallják az abroncscsere idejét. Új, gyorsan szerelhető megoldást dolgoznak ki. 1890-ben egy skót kerékpáros légtömplős kerékpárral nyer versenyt. Általánossá válik a pneumatik a kerékpárokban. 1891-ben a Párizs-Brest-Párizs útvonalon rendezett kerékpárversenyen 210 versenyző 54-féle gyártmányú pneuval vesz részt. 1899-ben a MICHELIN fivérek fáradhatatlanul tökéletesítik a pneut. 1899. május 5-én a belga CAMILLE JENATZY MICHELIN pneukkal a világon először átlépi a korábban fantasztikusnak tartott 100 km/h küszöböt. 106 km/h sebességnagyságot ér el. 1906-ban a Francia Autóklub megalapítja a Le Mans-i körpályára kiírt nagydíjat. A 103 km-



es pályán 12 kört kell megtenni. A harmadik körben a magyar SZISZ FERENC MICHELIN pneukkal felszerelt Renault kocsin az élre tör, és elsőként ér a célba. Több mint 101 km/h átlagsebességgel tette meg az 1238 km-es távolságot. Közben 26-szor kellett abroncsot cserélnie, és ez az új konstrukciójú kerékkal esetenként csak 2 percet vett igénybe. Vetélytársai 18...22 percet is vesztek egy-egy abroncscserével^[4].

Magyarországon már 1846-ban működött KÖLLE KÁROLY és JUNG „ELSŐ MAGYAR RUGANYMÉZGA GYÁRA”. 1882-ben hozott létre SCHOTTOLA ERNŐ egy jobbára kisipari módszerekkel dolgozó üzemet Budapesten. Ezt az üzemet vette át az 1890-ben alapított MAGYAR RUGGYANTAÁRUGYÁR Rt. Sikeres új termék volt a 20. század első évtizedében a gumisarok: nem kopogott járáskor, mint a bőrsarok, kopása is kisebb volt, és ha lekopott könnyen ki lehetett cserélni. Terjesztésére és értékesítésére a MAGYAR RUGGYANTAÁRUGYÁR 1909-ben megalapította a PALMA KAUCSUK Kft-t. Egyik másik kereskedelmi vállalatot is alapított RUGGYANTAÁRUGYÁR EMERGÉ néven. A szó az anyavállalat MRG betűnevéből alakult. 1939-ben a RUGGYANTAÁRUGYÁRban a fröccsöntést is megkezdték. A DYNAMIT NOBEL cég Trolitul márkanevű polisztiroljából fésűket és egyéb közszükségleti cikkeket gyártottak. A két világháború közti években több kisebb gumigyár létesült. A legjelentősebb a későbbi HUNGÁRIA MŰANYAGFELDOLGOZÓ VÁLLALAT elődje volt. Itt 1950-ben kezdték meg a PVC feldolgozását. A magyar gumiipari vállalatok és a GUMIIPARI KUTATÓ INTÉZET 1963-ban ORSZÁGOS GUMIIPARI VÁLLALATTÁ egyesültek. A vállalat neve 1973 után TAURUS GUMIIPARI VÁLLALAT.

A gyakorlat megelőzi a tudományt. A vulkanizálás feltalálását, majd a pneumatik újra feltalálását követően sok ezernyi tonna kaucsukot dolgoztak fel gumicikkékké anélkül, hogy ismert lett volna a kaucsuk kémiai szerkezete, összefüggés a szerkezete és a tulajdonságai között, a vulkanizáláskor végbemenő kémiai reakció mibenléte. A gumiipar fejlődésében a gyakorlat bizonyos mértékig megelőzte a tudományt. Ugyanakkor újabb kutatásokra sarkallta a tudósokat. Az újabb tudományos eredmények alapozták meg a gumiipar harmadik nagy sorsfordulóját: a szintetikus kaucsukok gyártásának kialakulását a 20. század harmincas és negyvenes éveiben.

MICHAEL FARADAY (1791–1867) angol természettudós 1826-ban megállapította, hogy a természetes kaucsuk fő alkotórésze szénhidrogén $C_{10}H_{16}$ összetétellel. Egy évszázaddal később HERMANN STAUDINGER német vegyész, a kémia tanára bebizonyítja, hogy a kaucsuk, a gutta-percsa, a cellulóz, a keményítő, továbbá a selyem, a gyapjú és a többi fehérje sajátos tulajdonságainak az oka: molekuláik óriási mérettel rendelkeznek az atomok, molekulák világában. 1922-ben megalkotja a makromolekula kifejezést. A makromolekula magyarul nagymolekulának vagy óriásmolekulának is nevezhető. Itt is voltak előzmények. HIMLEY (1835), BOUCHARDAT (1837), megállapítja, hogy a kaucsuk lepárlásakor keletkező, olajszerű folyadék egyik alkotórésze C_5H_8 összetételű szénhidrogén. WILLIAMS angol vegyész ezt az anyagot 1860-ban izoprénnek nevezi el. WILLIAMS, 1860; BOUCHARDAT, 1875; TILDEN, 1892; MOKIJEVSKIJ, 1898 megállapítják, hogy az izoprén magasabb hőmérsékleten vagy fény hatására szilárd anyaggá alakulhat, és ennek az anyagnak a tulajdonságai sokban hasonlítanak az eredeti kaucsuk tulajdonságaihoz. Kézenfekvő volt a gondolat, hogy összefüggés van a kaucsuk és az izoprén kémiai összetétele és szerkezete között. Az angol WILLIAMS 1860-ban, majd a francia BOUCHARDAT 1879-ben feltételezte, de bizonyítani még nem tudhatta, hogy a kaucsuk az izoprén polimerje. (A polimer elnevezés JÖNS JACOB BERZELIUS (1779–1848) nevéhez fűződik 1832-ben). Az egykori feltételezést csak megerősítette 1882-ben TILDEN angol vegyésznek az a megállapítása, hogy az izoprénből keletkezett kaucsukszerűen viselkedő anyag a természetes kaucsukhoz hasonlóan kénnel vulkanizálható. Elsőként vetette fel, hogy ezen az alapon vegyipari módszerekkel lehetne kaucsukot előállítani. A szerkezeti képlet felderítése orosz vegyészek érdeme. KONDAKOV (1857–1931), IPATYEV (1867–1952), VITTORELLI állapította meg, hogy az izoprén 2-metil-1,3-butadién, és molekulájában két kettős kötés van. HARRIES (1866–1923) német vegyész azt állapította meg 1904-ben, hogy a kaucsuk-szénhidrogén molekuláiban izoprén-csoportonként már nem két-két, hanem egy-egy kettős kötés van. Ez újabb bizonyíték volt arra, hogy a kaucsuk-szénhidrogén az izoprén polimerje, hiszen csak így lehetséges, hogy az izoprén-csoportok elsődleges kémiai

kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz, úgy, hogy minden egyes szénatom négy vegyértékű legyen. HARRIES még 1920 körül úgy vélte, hogy nyolc izoprén-csoport kötődik gyűrűszerűen egy-egy molekulává, elsődleges kémiai kötések révén, és hogy ezek a viszonylag nem nagy molekulák másodlagos kötőerők révén állnak össze nagyobb molekulahalmazokká, micellákká. SZERGEJ VASZILJEVICS LEBEGYEV (1874–1924) orosz vegyész már az 1910-es évek elején valószínűbbnek tartotta, hogy a kaucsuk molekuláiban az izoprén-csoportok nem zárt gyűrűt alkotva, hanem láncszerűen kapcsolódnak egymáshoz. Nagyon jelentős volt 1909-ben LEBEGYEV és vele egyidőben FRITZ HOFFMANN (1866–1956) német vegyész felismerése, hogy nemcsak az izoprén, hanem az ahhoz hasonló kémiai szerkezetű molekulájában két kettős kötést tartalmazó néhány más vegyület, pl. a butadién vagy a dimetil-butadién is kaucsukszerű anyaggá polimerizálódik bizonyos körülmények között.

Számos folyóirat-közlemény, majd szabadalom jelenik meg ezekben az években szintetikus kaucsuk előállítására polimerizálással. A legjelentősebbek HARRIES, FRITZ HOFFMANN, KONDAKOV, LEBEGYEV és OSZTROMÜSZLENSZKIJ munkái voltak^[4].

Összeállította: Kun Pál* és Dr. Kalácska Gábor**

- [1] Hans Breuer: SH atlasz Kémia (1995) Springer Hungarica Kiadó Kft., Budapest, p. 419
- [2] Dr. Kalácska Gábor: Műszaki polimerekről, gépészmérnököknek (2017) Quattroplast Kft., Gödöllő, p. 20–21.
- [3] Dr. Balázs Lóránt: A kémia története (1996) Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest p. 624, 657, 658, 660, 661, 790, 791.
- [4] Dr. Macskásy Hugó: A műanyagok világa (1983) Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Matematika és Természettudományi Alapok Intézet Kémia Tanszék

**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet