

## Hőre keményedő műanyagok. I. rész

**Dr. Füzes László** okl. vegyészmérnök

A hőre keményedő műanyagok (duroplasztok) legfontosabb sajátossága térhálós szerkezetük. A „hőre keményedő” kifejezés még azokból az időkből származik, amikor csak magas hőmérsékleten (hő hatására) játszódott le a térhálósodás, vagyis a gyanta kikeményedése. Ma már számos duroplaszttípus szobahőmérsékleten is térhálósítható, ezért a továbbiakban ezt az elnevezést használjuk.

E csoport legrégebbi képviselőit, a fenol- és aminoplasztokat, továbbá az alkid- és furángyanták nagy részét nem a műanyagiparban használják fel, a lakk- és festékipar pedig mindegyik duroplasztcsalád fő alkalmazási területei közé tartozik. Mindez jelentős hatást gyakorol a duroplasztok felhasználását elemző statisztikák adataira, az egyes források a nem műanyagipari alkalmazásokat sokszor teljesen eltérően veszik figyelembe. Ez viszont erősen befolyásolja a duroplasztok és termoplasztok felhasználását bemutató trendeket, előrejelzéseket és ezáltal a duroplasztok jövőjére vonatkozó elképzeléseket is. A műanyagipari alkalmazásoknál esetenként jóval nagyobb egyéb piacok jelentősen befolyásolják a termékárakat is.

További sajátosság, hogy a poliuretán kivételével a duroplasztok túlnyomó részét nem önmagukban, hanem társító anyagokkal, pl. töltő-, erősítőadalékokkal vagy oldó- és diszpergálószerekkel együtt használják, illetve viszonylag kis mennyiségű gyantával kötnek össze más anyagokat, mint pl. forgácslapokat, nem szőtt textíliákat vagy éppen öntödei homokformákat. Az alábbiakban igyekszünk kitérni a nem kifejezetten műanyagipari alkalmazásokra is, egyrészt azért, hogy érzékeltesük az arányokat, másrészt azért is, mert nagyon nehéz megvonni a határokat a műanyagiparhoz számító és a többi felhasználási terület között.

A duroplasztok között a poliuretánok felhasználása a legnagyobb. Ráadásul a poliuretánok túlnyomó részét kimondottan műanyagipari célokra alkalmazzák. Az aminoplasztok következnek a második helyen, ezeknél azonban a műanyagipari felhasználás elenyésző, itt elsősorban a faipari kötőanyagok és ragasztók dominálnak. Az „egyéb” kategóriában szereplő anyagok közül az alkid- és a furángyanták érdemelnek külön említést, az előbbieket főként a lakk- és festékiparban alkalmazzák (de sajtolóanyagokat is készítenek belőlük), a furángyantákat pedig nagyrészt az öntödeipar használja.

A duroplasztokra az a jellemző, hogy a polimerizáció első szakasza az alapanyaggyártónál, a második (befejező) szakasz, vagyis a térhálósodás, a feldolgozóüzemben játszódik le. Gyakran itt történik az adalékanyagok bekeverése is, sőt a poliur-

retánok esetében a feldolgozók legtöbbször monomerekből (vagy részben oligomerekből) indulnak ki.

Kémiai szerkezetük rendkívül változatos, még azonos kémiai csoporton belül is szinte végtelen sok variációt használnak. A monomerek arányának megváltoztatása, a monomerek módosítása (pl. fenol helyett krezol) sokszor lényegesen eltérő tulajdonságú terméket eredményez. Különösen nagy a variációk száma a poliuretánoknál, ahol egy-egy receptúra a főkomponensnek számító izocianát és poliól mellett még általában 2–7 segédanyagot (katalizátort, habosítót, láncátadót, térhálósítót stb.) is tartalmaz, és ezek mindegyikét több tucat vagy több száz különböző vegyület közül lehet kiválasztani. Ha a kémiai összetétel mellé még a reakció körülményeit (pl. savas vagy lúgos közeg, hőmérséklet stb.) és a társítóanyagok óriási választékát is figyelembe vesszük, belátható, hogy nagyon sokszínű, változatos tulajdonságprofillal rendelkező anyagcsaládokról van szó. Ebből következik, hogy a duroplasztok tulajdonságait bemutató ábrák és táblázatok adatai csak a legelterjedtebb típusokra érvényesek.

A különböző iparágak és ezeken belül is az egyes végfelhasználók igényeit duroplasztokkal általában „testre szabottan” lehet kielégíteni, mivel ez nem igényel számottevő beruházást, „csak” megfelelő szakmai hozzáértést, tapasztalatot. A variációk sokasága azonban megnehezíti az ilyen anyagok tulajdonságainak áttekintését és szinte teljesen az empiria szintjére korlátozza a termékek szilárdságtani és más jellegű méretezését. Ez alól kivételt képeznek a sajtolóanyagok és néhány jól definiált összetételű kompozit, amelyeknél az anyagtulajdonságok ismertek.

A duroplasztok általában nem hajlamosak kúszásra, bomlásponyjukig hőállóak, egyes típusok, mint a fenol- és furángyanták magas hőmérsékleten elszenesednek és az átalakulás után nagy hőállóságú mesterséges széntermékeként használhatók (pl. az öntődeiparban).

A duroplaszttermékek és a feldolgozási hulladék újrafeldolgozása jelentős környezetvédelmi probléma, melynek megoldásán sok helyen, kisebb-nagyobb sikerrel dolgoznak.

A tanulmányban az alábbi duroplasztokkal foglalkozunk:

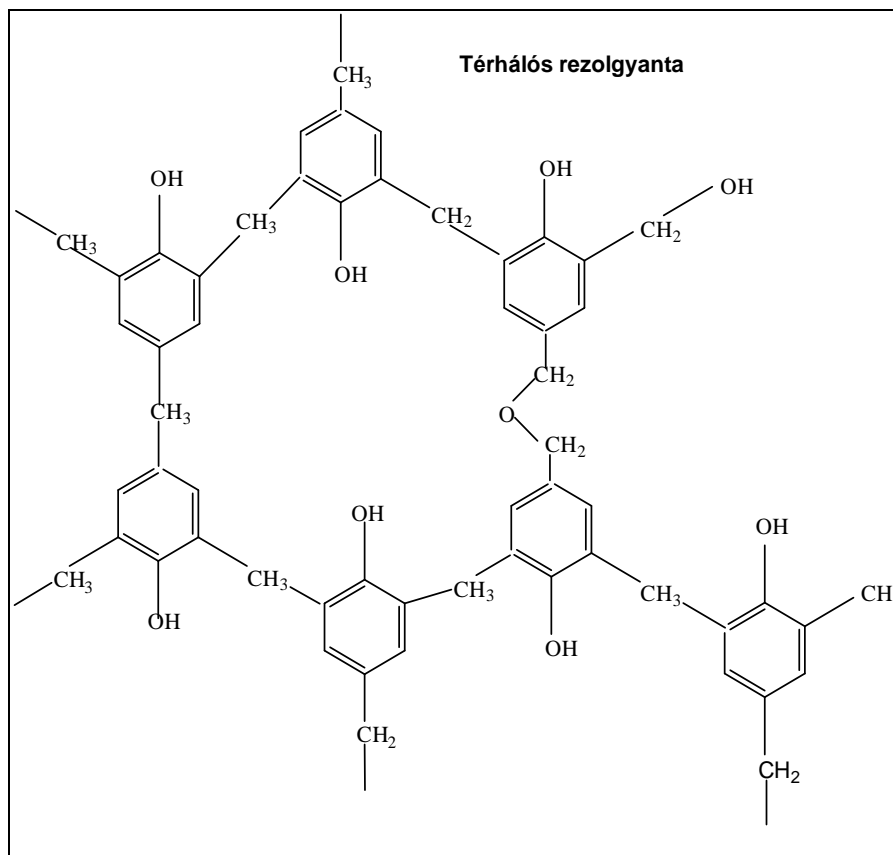
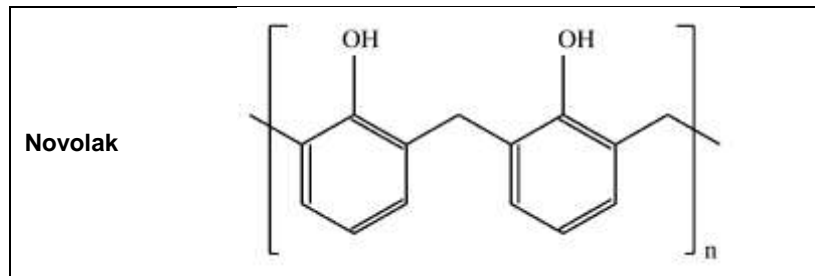
1. Fenoplasztok
2. Aminoplasztok
3. Epoxigyanták
4. Poliésztergyanták és származékaik
5. Poliuretánok
6. Egyéb duroplasztok

## **1. Fenoplasztok**

A fenoplasztok családjába a fenol és származékai aldehidekkel (elsősorban formaldehiddel) történő polikondenzációs reakciójával előállított gyanták tartoznak. A legegyszerűbb összetétel alapján gyakran fenol-formaldehid gyantáknak nevezik őket, rövidítésük ennek megfelelően: PF. A továbbiakban a fogalmazás egyszerűsége ked-

véért csak ezzel az alapesettel foglalkozunk, de mindenütt hozzá kell érteni a módosított gyantákra érvényes eltéréseket is.

A fenoplasztgyantákat a polimerlánc szerkezete alapján két nagy csoportba sorolják (ld. 1.1. ábrát). A *novolak* típusok lineáris láncszerzetűek. Előállításuknál a formaldehid molaránya a sztöchiometrikus 1:1 aránynál némileg kisebb. Térhálósításuk olyan adalékokkal lehetséges, amelyek hő hatására formaldehidet szabadítanak fel. Ez a gyakorlatban szinte mindig hexametilén-tetramin.



1.1. ábra Fenoplasztok tipikus állapotainak képlete

A *rezolgyanták* részben térhálós szerzetűek. Előállításuknál a formaldehid kb. 10–20% feleslegben van. A reakciót a térhálósodás egy nagyon korai szakaszában leál-

lítják. A teljes térhálósítás a feldolgozás során, hő hatására következik be. Mindkét változatot folyékony-, oldatba vitt- és szilárd (ált. por) állapotban is forgalmazzák.

A fenoplasztok a legrégebbi szintetikus műanyagok, faliszttal módosított típusaik közismert neve bakelit. A fenoplasztgyantákat önmagukban szinte sohasem használják, még a ragasztók és festékek is tartalmaznak legalább oldószereket vagy diszpergálószereket, de gyakran módosító anyagokat is. Túlnyomó részüket nem kimondottan műanyagipari célokra használják fel. Az egyes főbb megjelenési formáknál alkalmazott társítóanyagokat az 1.1. táblázatban foglaltuk össze. Az utóbbi években (a fékbetét típusok mellett) megjelentek az üveg- és szénzál-erősítésű, szerkezeti anyagként alkalmazott fenoplaszt kompozitok és ezen belül az SMC (sheet molding compound – lemezzé préselhető kompaund, hosszú erősítő szálakkal) anyagok is. Ezeket a típusokat a járműiparban és a vegyiparban alkalmazzák. Mennyiségük egyelőre kicsi.

### *A fenoplasztok általános jellemzői*

- Mechanikai szilárdságuk és különösen nyomószilárdságuk jó (főként a szál-erősítésű típusoknál), de ütésállóságuk kicsi,
- hállóságuk jó, magas hőmérsékleten is megőrzik szilárdságukat és merevségüket; bomlásponjtjuk felett elszenesednek, egyes alkalmazásoknál (pl. öntődeipar, tűzálló termékek) az így keletkező „müszén” rendszert hasznosítják,
- időjárás-állóságuk jó,
- villamos szigetelőképességük viszonylag kicsi, de a legtöbb alkalmazáshoz elegendő; kúszóáram-szilárdságuk kicsi, dielektromos állandójuk és veszteségi tényezőjük nagy,
- éghetőségi jellemzőik kitűnőek, lángba tartva nem csepegnek, elszenesedve is megőrzik szilárdságuk egy részét; füstszűrőségük és az égés során keletkező toxikus gázok aránya kicsi,
- vízbe merítve és néhány szerves oldószer hatására megduzzadnak; olajoknak, kenő- és üzemanyagoknak kitűnően ellenállnak, vegyszerállóságuk jó,
- súrlódási együtthatójuk nagy, a súrlódási együttható adalékokkal (pl. grafit, teflon) csökkenthető; vízzel kenve nagy terheléseknek kitett siklócsapágyakat is gyártanak textilbakelitből,
- fenoplasztokból csak sötét színű termékek gyárthatók,
- a műanyagiparban a fenoplasztokat elsősorban sajtolással, fröccsajtolással, és fröccsöntéssel dolgozzák fel; zsugorodásuk viszonylag nagy, utózsugorodásra hajlamosak; az ömledék folyóképesége típustól és a társítóanyagtól is erősen függ; fémbetétek a sajtolás során könnyen beágyazhatók, „besüthetők”; sorjaképződésre mindig számítanunk kell,
- olcsók,
- a fejlesztések elsősorban az ütésállóság növelésére és a formaldehid-kibocsátás visszaszorítására irányulnak; a hőszigeteléseknél és a faiparban sikerült olyan alacsony formaldehid-emissziójú típusokat (pl. karbamid-

gyantával módosítva) kifejleszteni, amelyek kielégítik az egészségügyi előírásokat.

1.1 táblázat

Fenoplasztok átlagos összetétele alkalmazási cél szerint

Termékcsalád	Gyanta		Társítóanyag
	aránya, %	típusa	
Forgács- és pozdorjalap, egyéb faipari termékek	10	vizes rezol vagy rezorcin	faforgács, fűrészpor, pozdorja
Sajtolóanyagok és fröccsanyagok	45	szilárd novolak (esetenként rezol)	faliszt, cellulóz, ásványi őrlemény, üvegszál, szén-szál, textilszálak, csillám, stb.
Hő- és hangszigetelő táblák, csőhéjak	2–3	vizes rezol, por vagy folyékony rezol	üveg- vagy kőzetgyapot, textilszálak
Lakkok, festékek	50	oldott rezol és novolak, alkilfenol és észterezett rezol	szerves oldószerek és diszperziók
Papír/textil bakelit félkész termékek	50	vizes rezol, módosított fenol és alkilfenol oldatok	papír- és textiltekercek
Öntődei homokformák*	2–5	szilárd vagy oldott novolak, vizes rezol	homok
Tűzálló masszák	2–5	szilárd vagy oldott novolak, vizes rezol	homok, csillám, dolomit, magnezit, korund, szilícium-karbid, stb.
Csiszolóvászon és -papír, köszőrű- és csiszolókorongok	15	por és vizes rezol	korund, szilícium-karbid (vászon vagy papír hordozón)
Fékbetétek	10	por és oldatok, módosított gyanták is	bazalt-, textil-, szén-, kerámia-, kevlar-, fémszálak

\* Sokszor furángyantákat használnak.

### *A fenoplasztok leggyakoribb alkalmazásai*

#### *a) Villamosipar:*

- magas hőmérsékleten működő háztartási gépek, pl.
- tűzhelyek,
- kenyérpíritók,
- vasalók alkatrészei,
- közepes teljesítményű kapcsolók,
- áramvezetőket tartó betétek,

- szigetelőpanelek, csatlakozók,
- csévetestek, kommutátorok.

b) *Járműipar:*

- fékbetétek,
- motortérben működő alkatrészek, mint pl.
  - motorok légbeszívó toroka,
  - fékdugattyúk,
  - vízpumpák,
- üzemanyaggal érintkező alkatrészek (pl. benzinkutak mérőóráinak járóke-reke),
- tömegközlekedési eszközök belső burkoló paneljei.

c) *Egyéb alkalmazások:*

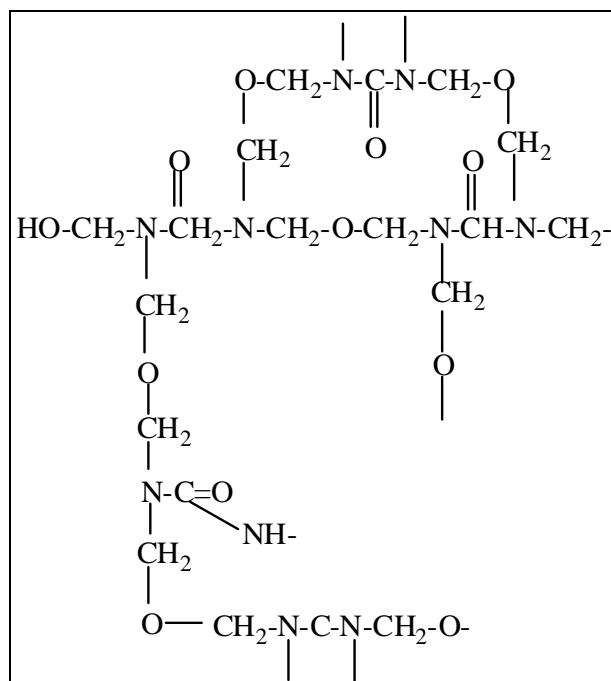
- kozmetikumok, kenőcsök tégelyeinek kupakjai,
- főzőedények, kávéfőzők fogantyúi,
- a textil- és papírbakelit félkész termékekből gyakran forgácsolással készítenek egyedi darabokat, prototípusokat és kis szériában gyártott gépipari termékeket,
- nagy terhelésű siklócsapágyak (ált. vizes kenéssel),
- a fenoplaszthabok rendkívül hő- és tűzállóak, ez főleg az építőiparban és a közlekedésben hasznosítható,
- vegyipari- és gépészeti tömítőgyűrűk,
- szanitercikk, fogantyúk.

## 2. Aminoplasztok

Az aminoplasztok két legfontosabb képviselője a karbamid és a melamin formaldehiddel alkotott polikondenzátuma, vagyis a karbamid-formaldehid (UF) (2.1. ábra) és a melamin-formaldehid (MF) (2.2. ábra) gyanták. Természetesen használnak önmagukban és az előzőekben említett két alaptípus valamelyikével kombinálva más amintartalmú vegyületeket is gyantaképzésre, de ezek műanyagipari jelentősége sokkal kisebb.

Mindkét anyagot folyékony és szilárd állapotban is használják, ez utóbbiak egy része társítóanyagokkal keverve, sajtoló- és fröccsanyagként kisserelve kerül forgalomba. Az aminoplasztok túlnyomó részét a fa-, a papír- és a textilipar használja fel, kötő- és ragasztóanyagok formájában. A festék- és lakkiparban az aminoplasztgyantákat főként metil- és butil-alkohollal módosítva használják.

Az aminoplasztokat a műanyagiparban nagyrészt sajtolással dolgozzák fel, de – főként a karbamidgyantákból – fröccsönthető típusokat is készítenek. Az aminoplaszt sajtolóanyagok mindig tartalmaznak töltő/erősítő adalékanyagokat. A legtöbb esetben erre a célra módosított alfa-cellulózt használnak, de jelentős mennyiségben gyártanak falisztet, közetőrleményeket, vágott üveg- és textilszálakat tartalmazó típusokat is. Sajtolóanyagként a karbamidgyanták jelentősége jóval nagyobb, mivel térhálósodási reakciójuk gyorsabb, noha a melaminalapúak bizonyos tulajdonságai jobbak.



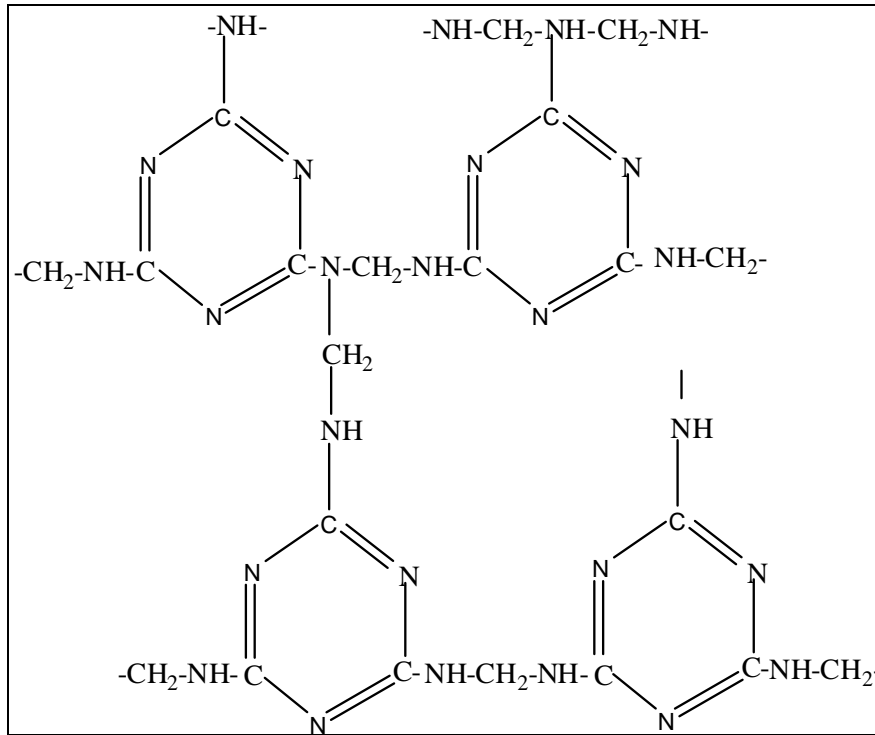
2.1. ábra Karbamid-formaldehid gyanták általános képlete

### *A melamin- és karbamidgyanták tulajdonságai*

A két anyagcsoport tulajdonságai sok tekintetben nagyon hasonlóak, ezért ezeket együtt tárgyaljuk.

- Mechanikai szilárdságuk jó, nyomószilárdságuk kiemelkedő, de ütésállóságuk gyenge; rugalmassági modulusuk nagy,
- minden színárnyalatban gyárthatók (fehérben is), ez jelenti egyik előnyüket a fenoplasztokhoz képest; felületük szép, fényes, karcálló,
- időjárás-állóságuk jó,
- hőállóságuk közepes, de viszonylag magas hőmérsékleteken is megtartják eredeti szilárdságukat; a melamingyanták hőállósága nagyobb,
- éghetőségi jellemzőik kitűnőek; a melamingyantákat néha még égésgátló adalékként is használják más műanyagokban,
- villamos szigetelőképességük viszonylag kicsi, de a legtöbb villamosipari alkalmazásnál megfelelő; kúszóáram-szilárdságuk kitűnő; dielektromos állandójuk és veszteségi tényezőjük nagy,
- olcsók,
- a megfelelő típusú melamingyantákból készített termékek élelmiszerekkel is érintkezhetnek, a karbamidgyanta-típusok viszont általában nem,
- feldolgozásuk többnyire sajtolással, ritkábban fröccsöntéssel és fröccsajtolással történik; zsugorodásuk viszonylag nagy, különösen a karbamidgyantáké;

- utózsugorodásra hajlamosak, főleg a magas hőmérsékleten használt termékek-nél lehet erre számítani; sorjaképződés szinte mindig fellép,
- vegyszerállóságuk jó, vízfelvételük kisebb, mint a fenoplasztoké, a melamin-gyantáké még vízbe merítve is 1% alatt marad; tisztítószereknek, detergen-seknek jól ellenállnak.



2.2. ábra Melamin-formaldehid gyanták általános képlete

### *Legfontosabb alkalmazási területeik*

- Papír-, textil- és faalapú laminátok (pl. dekoritlemezek) elsősorban a bútor-  
iparban és tömegközlekedési járművek belső burkolataként, főként melamin  
gyantákból.
- Fa-, papír- és textilipari ragasztók.
- Vegyszerálló, dekoratív bevonatok. Az aminoplasztgyanták általában csak  
adalékanyagként (főként térhálósítószer gyanánt) szolgálnak más bevonatkép-  
ző polimerekhez (pl. alkid-, epoxi-, poliésztergyantákhoz).
- Sajtolóanyagként:
  - villamosiparban:*
    - kismegszakítók,
    - kapcsolók,
    - csatlakozók,
    - nyomógombok alkatrészei,



a háztartási és szanitercikk a területén főként:

- poharak,
- tányérok és tálak (csak melamingyantából),
- fogantyúk,
- fogkrémtubusok adagolócsöve,
- zuhanyozórózsák,
- WC-ülőkék,
- hamutartók,
- evőeszköznyelek készülnek aminoplasztból.

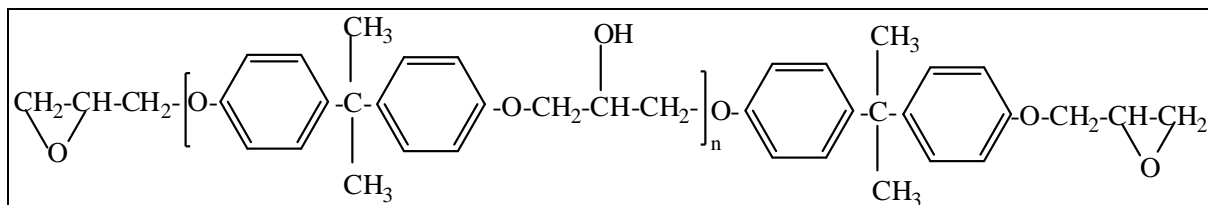
e) Az „egyéb” alkalmazások közé tartoznak a

- karbamidgyanta virágtűző habok,
- az építőiparban használatos hőszigetelő, hézagkitöltő habok,
- az ortopédia területén használatos bandázsok.

### 3. Epoxigyanták

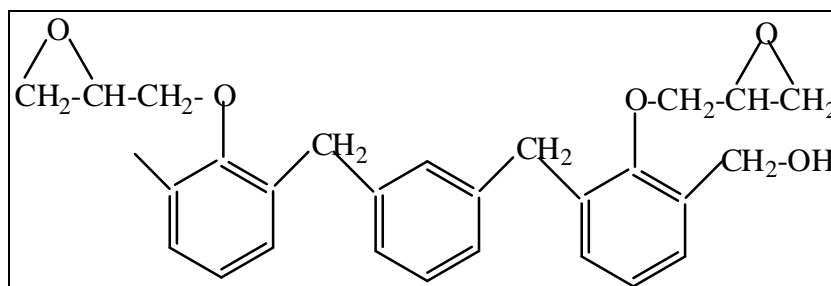
Az epoxigyanta (EP) elnevezés azoknak a térhálósítható vegyületeknek gyűjtőneve, amelyek két szén- és egy oxigénatom alkotta háromatomos, nagy reaktivitású gyűrűket tartalmaznak

A legnagyobb mennyiségben a difenil-propánt (bisfenol-A vagy dián néven is ismert) és az epiklórhidrint használják gyantakészítésre (kb. 85 %-ban), de számos más vegyületet is alkalmaznak (pl. epoxidált novolak, cikloalifás epoxigyanták). Az epoxigyanták általános képlete a 3.1 ábrán, egy epoxidált novolak képlete a 3.2 ábrán látható.



3.1. ábra Az epoxigyanták általános képlete

A viszonylag kis polimerizációs fokú (kis molekulatömegű) epoxigyantákat általában többfunkciós amincsoportokat tartalmazó alifás (néha aromás) szénhidrogénekkel vagy dikarbonsav-anhidridekkel térhálósítják. Nagyobb molekulatömegű epoxigyantáknál az epoxicsoport mellett a (nagy számú, de kevésbé reaktív) hidroxilcsoportok is reakcióba lépnek a térhálósítószerrel. A térhálósodás poliaddícióval történik, ezért nem keletkeznek kis molekulatömegű kondenzációs termékek. Használják aminoplasztokkal (és néha poliészterrel, fenoplasztokkal) kombinált epoxigyanta sajtólóanyagokat és bevonatokat is.



3.2. ábra Epoxidált novolak gyanta általános képlete

A térhálósítási reakció történhet szobahőmérsékleten is, ilyenkor folyékony (kis molekulatömegű) epoxigyantát a helyszínen kevernek össze térhálósítóval.

A magas hőmérsékleten (80–180 °C-on) térhálósítható rendszereknél a komponenseket gyakran már előre összekeverik, a reakció hő hatására következik be (pl. a sajtolóanyagoknál). Az ilyen típusok általában, de nem mindig, szilárd halmazállapotúak, tárolhatóságuk még hűtőszekrényben is véges, általában 3–6 hónap. Vannak folyékony, magas hőmérsékleten kötő, a feldolgozás helyszínén összekeverhető rendszerek is. A melegen kötő típusok hőállósága (és néhány más tulajdonsága) jobb. A szobahőmérsékleten megkötött epoxigyanta termékek tulajdonságait kb. 80 °C-os hőkezeléssel tovább javíthatjuk.

Az epoxigyanták kb. 60%-át bevonatként, azaz a lakk- és festékiparban, a gépkecsik korrózióvédelemére és porbevonatok készítésére használják. A műanyagipari felhasználások közül a sajtoló- és fröccsanyagok, a villamosipari öntőgyanták, illetve a kompozitok érdemelnek külön említést.

#### *Epoxigyanták általános tulajdonságai*

- Az epoxigyanta alapú kompozitok mechanikai szilárdsága rendkívül nagy, különösen a szénzál-erősítésű rendszereké, amelyek meghaladják a legjobb acélok szakítószilárdságát is,
- az EP sajtolóanyagok szilárdsága és merevsége is kitűnő, ütésállóságuk azonban gyenge; az öntőgyanták mechanikai szilárdsága jóval kisebb, de ez itt általában nem is lényeges szempont,
- az epoxirendszerek hőállósága közepes, még a melegen kötő (térhálósodó) rendszerek sem használhatók 120–150 °C felett, kivéve a speciális, nagy hőállóságú típusokat (pl. epoxidált novolakgyanták), ahol a tartós hőállóság elérheti a 170–180 °C-ot is,
- éghetőségi tulajdonságaik gyengék, csak égésgátló adalékokkal elégítik ki az ilyen jellegű követelményeket; halogénezett monomerekből kiindulva azonban előállíthatnak jó éghetőségi jellemzőkkel rendelkező speciális epoxigyantákat is,
- időjárás-állóságuk gyenge, kivéve a speciális, cikloalifás típusokét,

- villamos szigetelőképességük kitűnő, dielektromos állandójuk és veszteségi tényezőjük közepes; kúszóáram-szilárdságuk és ívállóságuk kitűnő,
- vegyszerállóságuk viszonylag jó: nem túl erős lúgoknak, benzinnel és kenőanyagoknak, glicerinnek, fenolnak, gyenge savaknak, terpentinnel, sóoldatoknak, alkoholoknak jól ellenállnak; azonban erős savak, észterek, ketonok, klórozott szénhidrogének, toluol, krezol, nitro-benzol megtámadják,
- az epoxigyantákat a kompozitkészítés valamennyi módszerével, továbbá öntéssel, sajtolással és fröccsöntéssel dolgozzák fel, vannak porbevonatok készítésére alkalmas típusai is; az epoxigyanták viszkozitása általában kicsi, jó folyóképességű rendszereket alkotnak; az öntőgyanták zsugorodása 2–5%, a sajtoló- és fröccsanyagoké 0,5–1%,
- az epoxigyanták nagyon jó ragasztók, ezért erősen tapadnak a feldolgozószerszám (öntőforma) falára. A fröccsöntő- és sajtolószerszámok felületét ezért általában krómozni kell és formaleválasztó alkalmazása esetén is szükség lehet a szerszámüreg és a gép időnkénti tisztítására.

### *Az epoxigyanták legfontosabb alkalmazási területei*

#### a) Bevonatok

Az epoxigyantákat önmagukban is (kétkomponensű rendszerek), továbbá poliészter-, aminoplaszt- és fenoplasztalapú gyantákkal kombinálva (egy- és kétkomponensű rendszerek) elterjedten alkalmazzák a legkülönbözőbb felhasználási területeken korrózióvédő és dekoratív bevonatokként. Az epoxit kátránnyal keverve olcsó korrózióvédő bevonatok állíthatók elő.

A vizes epoxigyanta rendszerek csak nagyon kevés (néhány %) szerves oldószert tartalmaznak, ami elsősorban környezetvédelmi, de tűzvédelmi és munkaegészségügyi szempontokból is előnyös.

A szintén oldószertmentes, ultraibolya fény hatására térhálósodó rendszereket csak speciális területeken (pl. nyomtatott áramkörök maszkolása) alkalmazzák. Porbevonatként is sok területen alkalmazzák epoxigyantákat.

#### b) Ragasztóanyagok

Szinte minden anyag ragasztható epoxigyantaalapú ragasztókkal, ezek kötési ideje néhány perctől egy napig terjed. Vannak szobahőmérsékleten és melegen kötő rendszerek is. Az epoxiragasztókat nagy kötésszilárdságuk és megbízhatóságuk miatt elterjedten alkalmazzák a gépkocsik, repülőgépek és más szerkezetek legkritikusabb alkatrészeinek ragasztásához is.

#### c) Villamosipari öntőgyanták

Az epoxi öntőgyantákat, gyakran kvarcliszttel vagy más nagy tisztaságú ásványi őrleménnyel töltve, régóta sikeresen alkalmazzák aktív és passzív villamos alkatrészek tokozására, kiöntésére, főleg azért, hogy megvédjék az ilyen alkatrészeket a környezet károsító hatásaitól (pl. a nedvességtől). Időjárásálló cikloalifás epoxi-

gyantákból készítenek nagyméretű villamos szigetelőtesteket is közép- és nagyfeszültségű erősáramú vezetékekhez (pl. villanyvonatok vezetékai, távvezetékek hosszúrúd-szigetelő tányérjai korrozív környezetben). Ezek általában nyomás alatti öntéssel (RIM technológiával) készülnek. Ezen a területen (főleg a nagyfeszültségű alkalmazásoknál) az üvegszál-erősítésű epoxirudakra RIM technológiával ráöntött szilikongumi burkolattal ellátott ún. kompozitszigetelők jobb tulajdonságaik miatt kezdik kiszorítani az epoxiszigetelőket. Gyakran használják az epoxigyantákat villamos tekercesek impregnálására is.

Az integrált áramkörök és diszkrét félvezető elemek tokozását legtöbbször fröccsajtolással, nagy folyóképességű, nagyon nagy töltőanyagtartalmú típusokkal végzik. E téren főként a drágább, de jobb hőállóságú szilikongyanta-alapú rendszerek az epoxigyanták versenytársai, de használnak speciális poli(fenilén-szulfid) tokozóanyagokat is.

#### d) Kompozitok

Az epoxigyanták alkotják legtöbbször a nagy igénybevételeknek kitett duroplaszt kompozitok mátrixanyagát. Üveg-, szén-, aramid- és más szálakkal erősítve repülőgépek, műholdak, versenyhajók és -autók teherviselő alkatrészei, továbbá nagy nyomású tartályok, tengeralattjárók, sporteszközök (pl. teniszütők, sílécek, magasugró rudak) és még számos más termék készül epoxigyanta kompozitokból. Magasabb árúk miatt ezeket csak ott alkalmazzák, ahol a poliésztergyanták már nem megfelelőek.

Üvegszál-erősítésű epoxigyantából készül a nyomtatott áramkör (NYÁK) panelek túlnyomó része is. E téren az üvegszál-erősítésű teflon- és a nagy hőállóságú műszaki műanyagokból fröccsöntött (háromdimenziós) kártyák az epoxigyanta-alapú termékek versenytársai.

#### e) Fröccs- és sajtolóanyagok

A fröccsöntött és sajtolt epoxigyanta termékeket főleg a villamosiparban alkalmazzák. Az ilyen anyagok jelentős mennyiségű ásványi töltőanyagot és/vagy vágott üvegszálat tartalmaznak. Elsősorban sokpólusú csatlakozókat, mikrokapcsolókat, csévetesteket készítenek belőlük.

#### f) Egyéb alkalmazások

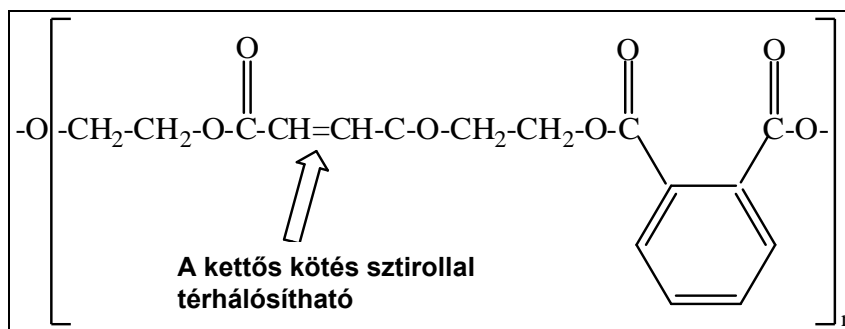
Epoxigyantából gyakran öntenek fröccsöntéshez prototípus szerszámokat, továbbá termelő vákuumformázó-, RIM és gyantaöntő szerszámokat. A jobb hővezetés érdekében ezeket a típusokat sokszor alumíniumporral töltik.

Erősen töltött epoxirendszerekből kopás- és korrózióálló, ún. önterülő, hézagmentes ipari padlókat készítenek.

## 4. Poliésztergyanták és származékaik

A telítetlen poliésztergyanták (a hőre lágyuló poliészterekkel itt nem foglalkozunk) egy telítetlen dikarbonsav (ált. maleinsavanhidrid) és egy glikol polikonden-

zációjával jönnek létre. Általános képletük a 4.1 ábrán látható. A túl sűrű térháló azonban nagyon rideg, nehezen kezelhető anyagot eredményez, ezért a polimerláncba telített dikarbonsav-molekulákat is beépítenek. A glikol legtöbbször propilén-glikol, etilén-glikol, dietilén-glikol, dipropilén-glikol, neopentén-glikol (vagy kombinációik), a telített dikarbonsav pedig legtöbbször tereftálsavanhidrid, de lehet adipinsav vagy izoftálsav is. Az ily módon előállított gyantát egy telítetlen, térhálósító monomerben feloldva hozzák forgalomba, a hozzáadagolt inhibitor (pl. hidrokinnon) akadályozza meg a gyökös mechanizmusú térhálósodási reakció beindulását. Ez a monomer általában sztírol, de néha használnak vinil-toluolt, metil-metakrilátot, vagy alfa-metil-sztírolt is.



4.1. ábra A poliészter gyanták általános képlete

Az *alkidgyanták* (AMC) is többértékű alkoholokból és karbonsavakból készülnek (lakkipari típusaikat zsírsavakkal módosítják). Főleg abban különböznek a közönséges poliésztergyantáktól, hogy sztírol helyett nem illékony térhálósító szert tartalmaznak. Sok esetben poliésztergyantaként szerepelnek a szakirodalomban. Az alkidgyantákat főleg bevonatok, festékek formájában alkalmazzák, a műanyagiparban sajtoló- és fröccsanyagként van némi jelentőségük. A telítetlen poliészteralapú sajtolóanyagokhoz képest villamos tulajdonságaik jobbak, térhálósodási reakciójuk gyorsabb, vízfelvételük némileg kisebb. Feldolgozásuk során nem bocsátanak ki illékony anyagokat (sztírolt), zsugorodásuk kisebb.

A *poli(diallil-ftalát)* gyanták (PDAP) előállításához ftálsavat vagy izoftálsavat reagáltatnak allil-alkohollal. Az ilyen gyantákból készített sajtoló- és fröccsanyagok hőállósága kitűnő (220 °C-ig hőállóak), időjárás-állóságuk jó, mechanikai szilárdságuk, mérettartásuk kitűnő. Felhasználásukat viszonylag magas árak korlátozza.

A *vinilésztergyanták* (VE) tulajdonképpen nem poliésztergyanták, csak feldolgozási módjuk azonos. Összetételük többféle lehet. Általában difenil-propán (biszfenol-A) alapú epoxioligomereket, de néha más vegyületeket, mint pl. epoxidált novolak oligomereket metakrilsavval és izoftálsavval reagáltatnak. Az így kapott gyantát sztírolban vagy más, gyökös térhálósító reakciót eredményező telítetlen monomerben, a poliészterekhez hasonlóan feloldják. Bizonyos vegyszerekkel (pl. savakkal, lúgokkal,

szénhidrogénekkal, oxidálószerekkel) szemben jobban ellenállnak, mint a poliésztergyanták. Aruk a poliészter- és epoxigyantáké között van.

A poliésztergyantákat a bevonatok, a ragasztók és az öntőgyanták egy részének kivételével szinte mindig jelentős arányban bekevert, szervesen társítóanyagokkal együtt alkalmazzák. Ezért tulajdonságaik a gyanta összetétele mellett erősen függenek az alkalmazott társítóanyag típusától és koncentrációjától. Legnagyobb ipari jelentősége az üvegszállal erősített poliészter kompozitoknak van.

Az üvegszál lehet hosszú (pázmák, paplanok, szövetek stb. formájában), de lehet viszonylag rövid (20–30 mm) vágott szál is, elsősorban az SMC és BMC (DMC) sajtolóanyagok (ezeket gyakran prepregeknek és premixeknek is nevezik, ld. 2.4. alfejezetet) esetében, amelyek üvegszálak mellett szervesen töltőanyagot is tartalmaznak. Az SMC/BMC anyagok felhasználása a többi kompozitot feldolgozó eljáráshoz képest jóval termelékenyebb gyártástechnológiájuk következtében rohamosan terjed, már jelenleg is eléri a teljes poliészterfelhasználás mintegy 40%-át.

A hagyományos, rövid (2–10 mm) üvegszálakat és/vagy ásványi töltőanyagokat tartalmazó telítetlen poliészter fröccs- és sajtolóanyagokat elsősorban a villamosiparban alkalmazzák.

A polimerbetonok, „önterülő” ipari padlók nagy mennyiségű gyöngykavicsot és/vagy ásványi töltőanyagot tartalmaznak.

Szénszálás poliészter kompozitokat nagyon ritkán készítenek, helyettük inkább epoxigyantát használnak az igényes és a szénszálak miatt mindenképpen drága megoldásokhoz.

### *Poliésztergyanták tulajdonságai*

Tulajdonságaik erősen típusfüggők, az alábbiakban általános jellemzőiket foglaljuk össze:

- mechanikai tulajdonságaik az erősítőanyagok típusától és koncentrációjától függenek, de általában kitűnőek; a poliészter kompozitok szilárdsága a fémekével vetekszik, de rugalmassági modulusuk kisebb, ütésállóságuk is jó; a hagyományos sajtolóanyagok mechanikai jellemzői kevésbé jók, de a hőre lágyuló polimerek túlnyomó többségénél kedvezőbbek, ütésállóságuk viszonylag gyenge; az öntőgyanták mechanikai tulajdonságai jóval gyengébbek,
- villamos jellemzőik valamivel rosszabbak, mint az epoxigyantáké, de jobbak, mint az aminoplaszt és fenoplaszt típusoké; kúszóáram-szilárdságuk jó, de a sztirollal térhálósított átlagos típusok ívállósága kicsi,
- hőállóságuk közepes, tartós felhasználhatóságuk hőmérséklete még a hőálló gyantatípusok esetében sem haladja meg 130–160 °C-ot; az alkidgyanta és főleg a poli(diállil-ftalát) típusok hőállósága jobb,
- hidrolízisre hajlamosak, a vízzel tartósan érintkező poliésztertermékek felületét vízálló felületi gyantaréteggel (gel-coattal) kell megvédeni, ugyanis az üvegszálak kapilláris hatásuk révén mintegy „beszippantják” a nedvességet a

termék belsejébe, amelyet (bevonatok alkalmazásán kívül) a szálak megfelelő felületkezelésével lehet többé-kevésbé megakadályozni;

- vegyszerállóságuk közepes, vannak speciális, jobban ellenálló típusok is; savaknak kimondottan jól ellenállnak, lúgoknak azonban nem; az aromás szénhidrogéneknek és a ketonoknak, észtereknek nem, vagy csak mérsékelten állnak ellen; agresszív vegyszerekkel érintkező termékeket ezért általában vinilésztergyantákból készíteneik,
- éghetőségi tulajdonságaik gyengék, csak égésgátló adalékokkal vagy pedig a speciális, hexaklór-endometilén-tetrahidroftálsavval (HET sav) módosított típusok elégítik ki az ilyen jellegű követelményeket,
- időjárás-állóságuk csak megfelelő gel-coat alkalmazása esetén jó,
- feldolgozásuk elsősorban a kompozitokra jellemző módszerekkel, továbbá sajtolással, öntéssel történik. A sajtolóanyagok kivételével a legtöbb poliésztergyanta szobahőmérsékleten is térhálósodik, a melegen (30–80 °C-on) kötőgyanták alkalmazása jóval ritkább. A sajtolóanyagokat, beleértve az SMC és BMC rendszereket is, a szokásos 150–180 °C közötti tartományban dolgozzák fel. Az SMC/BMC rendszerek zsugorodása közepes vagy nagyon kicsi, vannak gyakorlatilag zsugorodásmentes típusok is. A hagyományos sajtolóanyagoké 0,5–1%, míg az öntőgyantáké akár a 10%-ot is meghaladhatja.

#### *Poliésztergyanták legfontosabb alkalmazási területei*

- a) A poliészter- és alkidgyantákat a festék- és lakkgyártásban önmagukban és más gyantákkal kombinálva elterjedten alkalmazzák. Jelentős a porbevonatként való alkalmazásuk is.
- b) Hosszú üvegszálakkal erősített típusaiból tekerccseléssel
  - nagy átmérőjű csöveket és kisebb tartályokat,
  - pultrúzióval és más módszerekkel profilokat, hullámlemezeket gyártanak,
  - kézi rétegeléssel és szórással nagyméretű termékek, mint pl.
    - silók, tartályok,
    - hajótestek, medencék,
    - telefonfülkék, lakókocsik, csúszdák stb. készülnek.
- c) A poliészter SMC és BMC anyagok túlnyomó többségét a villamosiparban és az autógyártásban használják fel, de szaniter- és más építőipari termékeket is gyártanak belőlük. Elsősorban nagy hőállóságú, szilárd, közepes és nagyméretű alkatrészeket készítenek ilyen anyagokból, mint pl.
  - autoreflektorok, lökhárítók,
  - kenyérpíritók, vasalók,
  - karosszériaelemek, gépkocsiajtók,
  - villamos elosztószekrények, áramvezető-tartó sínek,
  - lámpatestek és –armatúrák,
  - mosogatók, gépburkolatok, aknafedelekek.

Karosszériaelemek és más, esztétikai igényeket is támaztó alkalmazásoknál a poliészter kompozitok felületét festeni, lakkozni kell.

- d) A hagyományos poliészter sajtoló- és fröccsanyagokat főleg a villamosiparban használják,
  - kisebb csévetesteket,
  - csatlakozókat,
  - kapcsolókat gyártanak belőlük.
- e) A polimerbetonokat és habarcsokat, padlókat elsősorban ipari környezetben, illetve közúti műtárgyak létesítése és javítása során használják.
- f) Víztisza poliészter öntőgyantákat biológiai preparátumok, reklámhordozók, stb. beágyazására is használnak. A bútorigarban sok poliészteralapú dekoratív laminátot alkalmaznak.

## 1. rész vége

---

---

## Röviden...

### **Eszmecsere a műanyagok szerepéről**

A Plastics Europe (az európai műanyag-feldolgozóipar érdekvédelmi szövetsége) 2014. évi szakmai sajtótájékoztatóján az alábbi témákat tárgyalták:

- klímavédelem,
- tengerszennyezés,
- bioműanyagok hulladékkezelésben betöltött szerepe,
- a műanyagok hírneve a nyilvánosság előtt.

Az épületek hőszigeteléséhez, a könnyebb, kis fogyasztású autók alkatrészeihez, avagy az élelmiszerek és árucikkek csomagolásához alkalmazott műanyagok szigorú környezetvédelmi előírásoknak felelnek meg, ezeket a szakma továbbra is teljesíteni kívánja. A szakemberek felvetették, hogy az EEG (Erneubare Energien Gesetz – a megújuló energiára vonatkozó törvény) és az ETS Emissions Trading System – emissziókereskedelmi rendszer) energia- és klímaeszközök alkalmazásával Németországban megtakarított szén-dioxid nem csökkenti a többi országban kibocsátott mennyiséget. Fő célként továbbra is az energiafelhasználás csökkentésére kell törekedni.

Sajnálatos módon az óceánok és a tengerek a világ legnagyobb műanyag hulladék-lerakóivá váltak. A gondatlan kezelés miatt a tengerbe kerülő műanyag hulladék a tengerparti és tengeri környezetben, a vízi élővilágban egyaránt tetemes kárt tesz. A Plastics Europe szervezésében a műanyag hulladék azonosítására és szortírozására szakosodott, két évente tartott „Identiplast” konferencián (a következő Milánóban kerül megrendezésre) a hulladékkezelés legjelentősebb nemzetközi szereplői, véleményezői találkoznak.



A műanyagipari szakemberek egységesek abban, hogy a biológiailag lebomló műanyagok nem oldják meg a hulladékproblémát. A bioműanyag csomagolóeszközök csak magasabb hőmérsékleten és hosszabb ideig tartó komposztálással ártalmatlaníthatók.

Egy reprezentatív közvélemény-kutatás eredménye szerint a megkérdezettek kétharmada pozitíven nyilatkozott a műanyagokról és a műanyagiparról. Viszont a különböző felhasználási területeken felerősödtek a kritikus hangok, a csomagolótechnikában a többség ártalmasnak tartja a műanyagokat.

A szakma válasza a kritikákra csakis az innováció lehet: pl. az ásványvíz és üdítőitalok műanyag csomagolása hamar elfogadottá vált, népszerűek a műanyag sport- és szabadidőcikkék is. A modern építészetben a műanyagok vitathatatlanul fontos szerepet töltenek be. A brazil futball-világbajnokságon például a stadion tetőszerkezetét átlátszó etilén/trifluor-etilén kopolimer (ETFE) fóliával borították, amely a célszerű megoldáson kívül lélegzetelállítóan szép látványt is nyújtott.

P. M.

Polymere im Spagat= K-Zeitung, 8. sz. 2014. p. 12.

## **Bővült a Victrex PEEK termékcsalád**

Magas hőmérsékleten is kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkező termékkel bővült a nagy teljesítményű műszaki műanyagok választéka. A Victrex PEEK poli(éter-éter-ke-ton) nagy teljesítményű műanyag család új tagja a *Victrex PEEK 450G* hatékonyan alkalmazható az autóiparban belső égésű motorok alkatrészeihez.

A *Victrex PEEK 450G*-vel fém alkatrészeket, pl. fogaskerekeket lehet kiváltani, az alábbi kedvező tulajdonságokkal:

- lényegesen kisebb tömeg (az acélhoz képest 70%-kal, a titánhoz képest 55%-kal, az alumíniumhoz képest 40 %-kal könnyebbek),
- csekély tehetetlenségi nyomaték,
- jelentős mértékben kisebb súrlódási veszteség,
- üzemmódban akár 50%-kal kisebb zaj,
- fröccsöntési eljárással egyetlen lépcsőben lényegesen olcsóbban gyárthatók.

A Victrex PEEK műanyagokat előnyös sajátágaik révén különösen igényes alkalmazási területekre ajánlják. A járműiparban a motor, illetve a meghajtás hosszú élettartamot megkövetelő alkatrészeinél sokrétű követelménynek kell megfelelniük:

- kenőanyagokkal szembeni, hosszantartó ellenálló képesség,
- nedvesség hatására sem csökkenő szilárdság,
- kiváló kopásállóság és siklási tulajdonság,
- csekély zaj- és vibrációkeltés,
- kitűnő korrózióval szembeni ellenálló képesség.

Az amerikai Melling Engine Parts például a különösen nagy igénybevételnek kitett vízpumpákhoz a csúszócsapágyakat *Victrex WG PEEK* típusból állítja elő. A nagy teljesítményű polimer a kiváló tartós hőállóságán kívül további előnye, hogy magas

hőmérsékleten is csekély a súrlódási vesztesége és emiatt mérsékelt az alkatrész energiafelhasználása és kopása. A felsorolt előnyös tulajdonságok kivételes garanciális feltételek megadását és hosszabb élettartamú pumpa előállítását tették lehetővé.

A *Victrex WG101* márkajelű műanyag a többi PEEK termékhez hasonlóan viselkedik extrém igénybevételű körülmények között is. Mérési adatok igazolták, hogy agresszív üzemanyagok hatására 250 °C-on 5000 üzemórán át megtartja kiváló nyomószilárdságát és siklási tulajdonságát.

P. M.

Von allem etwas weniger= K-Zeitung, 24. sz. 2013. p.11.

---

---

## Sajtóközlemény

### **Unió támogatás segítségével fejleszti és bővíti kapacitását a Pro-Form Kft. az ecseri telephelyén**

**A Pro-Form Kft. 106,45 millió forint uniós támogatást nyert a KMOP-2013-1.2.1 Komplex vállalati technológiafejlesztés mikro-, kis- és középvállalkozások számára című pályázati kiíráson az Új Széchenyi Terv keretében.**

A Pro-Form Kft. fő tevékenységi köre az egyszer használatos hőre lágyuló műanyag csomagolóeszközök gyártása, vastag lemezek vákuumformázása és kikészítése, valamint az ezeket a tevékenységeket kiszolgáló lemez- és fóliagyártás extrudálással.

A cég magas minőségű termékeivel és szolgáltatásaival különösen az édesipari csomagolások területén széles nemzetközi ismertséget szerzett. Ennek eredményeképpen dinamikusan nő a vevői és termékei száma, ami szükségessé teszi a kapacitásainak bővítését.

A támogatással megvalósuló projekt keretében két új extruder sort, présleg és vákuumformázó gépeket, öttengelyes kikészítőgépet állítanak munkába, a szerszámfejlesztésekhez új tervező programot alkalmaznak, és a szakmai színvonal emelése érdekében szervezetépítési, és fejlesztési tanácsadást vesznek igénybe.

A cégről és a fejlesztésekről bővebb információt a [www.pro-form.hu](http://www.pro-form.hu) oldalon olvashatnak.

#### Kapcsolat:

Név/cím: Pro-Form Kft. 1139 Budapest, Teve u. 60. Helmajer László

Telefon/fax: 06 1 339 68 41, 06 1 330 53 01

E-mail: [info@pro-form.hu](mailto:info@pro-form.hu)

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)