

## Polietilén habok

**Polietilén habok tulajdonságainak, típusainak, gyártási módszereinek alkalmazási lehetőségeinek áttekintése. A fenntarthatóság elősegítése a műanyaghab feldolgozásban.**

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás, habosítás, polietilén habok, alkalmazás, fenntarthatóság*

### A polietilén habok tulajdonságai

A polietilén hab értékes zárt cellás, hőre lágyuló habanyag. A zárt cellás habok apró, sűrűn elhelyezkedő, de egymással nem kapcsolódó cellákból állnak, ezért ideálisak a folyadékok és gázok átáramlásának blokkolására, a levegő, a nedvesség és a vegyi anyagok nem hatolnak át rajtuk. Szerkezetük miatt szilárdabbak, sűrűbbek és merevebbek a nyílt cellás haboknál. A polietilén hab zárt cellás szerkezete ellenére könnyű és rugalmas anyag.

A polietilén habok ütésállóak és rendkívül rugalmasak, jól használhatók párnázóanyagként. Kis hővezető képességük miatt megfelelően szigetelnek. Lágyak, nem kopnak, ellenállnak a pornak és a szakadásnak, nem bomlanak le. Nagy méretstabilitásúak, antimikrobiális tulajdonságuk gátolja a baktériumok, penészgombák és más mikroorganizmusok növekedését. Kompaundálással számos vegyi anyaggal és adalékanyaggal keverhetők, így speciális tulajdonságok is elérhetők.

### A polietilén habok típusai

#### Térhálósított polietilén (XLPE) habok

Az XLPE habokban a polimerláncok molekuláris kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz, a térhálósodás során erős és merev szerkezet jön létre. Az XLPE habok tartósak és nem eresztik át a vegyi anyagokat, a gázokat és a nedvességet. Nagy hő- és méretstabilitással, jó szigetelő tulajdonságokkal, ütés- és rezgésállósággal rendelkeznek. A térhálós szerkezet miatt azonban hőre lágyuló műanyagként nem újrahasznosítható. Égésgátolt, elektrosztatikus és vezetőképes típusok is kaphatók a kereskedelemben.

A térhálósítás lehet kémiai vagy fizikai:

- A kémiai térhálósításnál térhálósító- és habosítószereket adnak hozzá a polietilénhez a fröccsöntés vagy extrudálás során. A feldolgozáskor a habot további hőkezelésnek vetik alá, hogy elősegítsék a térhálósodást és a habosodást. A kémiai térhálósítás finomszerkezetű és sűrű cellákat hoz létre, így a hab keményebb és tartósabb lesz. A kémiailag térhálósított polietilén habok felülete azonban durva és nem esztétikus.
- A fizikai térhálósítás elektronsugárral történik, amelyet kemencében való hőkezelés követ a térhálósodás és a habosodás indukálására. Finom cellaszerkezet jön létre, de a cellák nagyobbak, mint a kémiai térhálósításnál. Az előállított hab konzisztensebb, a keresztkötések viszont gyengébbek, így a hab rugalmasabb, felülete simább és esztétikusabb, mint a kémiailag térhálósított haboké.

Az XLPE habokat akkor használják, ha vastagabb habanyagra van szükség. Alkalmazhatók tömítőanyagként, pl. tágulási hézagoknál, párnázóanyagként, szigetelésként, ortopédiai merevítőként és érzékeny orvostechikai eszközök védőcsomagolásaként. Kis vízáteresztő és jó „úszóképességük” miatt úszást segítő eszközök anyagaként is alkalmazhatók.

### **Expandált polietilén (EPE) habok**

Az EPE habokat autoklávban állítják elő, hő és nyomás hatására a polietilénből, habosítószerekből és adalékanyagokból álló keverékből apró gyöngyök képződnek. A gyöngyök fröccsöntéssel feldolgozhatók. Az EPE habokat nagy szilárdság-tömeg arány és magas hőállóság jellemzi. Az XLPE-vel ellentétben az EPE habok újrahasznosíthatók.

### **Extrudált polietilén habok**

Az extrudált polietilén habok keresztmetszete állandó. A polietilén és adalékanyagok extrudálása során a szerszámból kijövő folytonos habot a lehűtés után feltekerceslik vagy meghatározott hosszúságúra vágják.

### **Kis sűrűségű és nagy sűrűségű polietilén habok**

A kereskedelmi polietilén habok változatos habsűrűségét az alkalmazott habosítási módszer biztosítja.

- A kis sűrűségű polietilén habok cellaszerkezetében több üreg van, ezért sűrűségük viszonylag kisebb. Ezek a habok lágyabbak és jobbak a hőszigetelő tulajdonságaik, mint a nagy sűrűségű haboknak. A vízen lebegnek és vízállóak. Hosszan tartó nyomóerő hatására összenyomódnak. A kis sűrűségű polietilén habokat általában csomagolóanyagként használják.
- A nagy sűrűségű polietilén habok kisebb és vastagabb cellafalakkal rendelkeznek. Nagy a nyomó- és szakítószilárdságuk, fáradási ellenállásuk és kicsi a hősugorodásuk. Előnyösebbek a kis sűrűségű haboknál a nagy igénybevételre tervezett alkalmazásoknál. Sportszőnyegként, valamint cipők és ágyak, bútorok párnázóanyagaként is használják.

### **Polietilén habok gyártása**

A zárt cellás habosítási folyamat szakaszai

- *Gázoldódás.* A gáz az olvadt polimerben telítettséig diszpergálódik, egyfázisú polimer-gáz oldatot képezve. Lényeges, hogy a gáz megfelelően oldható legyen a polimer mátrixban.
- *Cella gócképződés.* A polimer mátrixban a gázoldhatósági határ a hőmérséklet hirtelen növelésével vagy a nyomás csökkentésével módosítható. A keverék termodinamikai instabilitása az oldott gáz és az olvadt polimer fázisválasztásához vezet, ami cellagócokat képez a mátrixban.
- *Cella növekedés.* Ellenőrzött körülmények között a cellák mérete nő a gáz kombinált hő- és tömegátadása miatt. A gáz folyamatosan tágul a cellák belsejében, ezáltal növeli a mátrix térfogatát és habot képez. A cellák mérete addig növelhető, amíg el nem éri a kívánt térfogatot.
- *Cella stabilitás.* A cellák gócképző és növekedési szakaszában a hab termodinamikailag instabil. A cellák képződése növeli a polimer-gáz oldat szabadenergiáját, amely instabil a környezettel szemben. A habok stabilizálására számos módszer létezik. A felületaktív anyagok hozzáadása csökkenti a hab szabadenergiáját, ez növeli a viszkozitást a felületén, ezáltal stabilizálja a habot. A hűtés is kedvez a hab stabilizálásának. A folyamat végén a hab szilárd és tartós üreges cellaszerkezetű lesz.

### **A polietilén habok előállításának fő alapanyagai**

#### **Polietilén**

Leggyakrabban kis sűrűségű és nagy sűrűségű polietilént (LDPE és HDPE) használnak. Az LDPE habok könnyűek, rugalmasak, vízállóak és olcsók. Másrészt a HDPE habok erősebbek és szívósabbak az LDPE haboknál. A habosítás során a polietilént megömlesztik és olyan adalékanyagokat adnak hozzá, amelyek módosítják az eredeti tulajdonságait.

#### **Habosítószerek vagy habképző anyagok**

A habosítószer elsősorban a polietilén mátrix finom cellaszerkezetének növekedéséhez szükséges gázt szolgáltatja.

- A kémiai habosítók termikus bomlással vagy a reaktív habosító kémiai reakciójával szabadják fel a habosítási folyamathoz szükséges gázt. A gáz nem reagál a polietilén mátrixszal. A reaktív habosítók endoterm vagy exoterm reakcióban általában nitrogént vagy szén-dioxid gázt fejlesztenek. A szerves habosítószerekről ismert, hogy fokozzák a habzást, mivel folyamatosan diszpergálható gázt állítanak elő, a gázbuborékok egységes méretűek. Néhány példa a kémiai habosítószerekre: azodikarbonamid (exoterm), nátrium-hidrogén-karbonát (endoterm), cink-karbonát (endoterm) és acilhidrazid (termikus bomlás).
- A fizikai habosítók gáz halmazállapotúak, ezeket közvetlenül a polietilén ömledékbe vezetik be. A fizikai habosítók közé tartozik például a szén-dioxid, a nitrogén, az argon, a víz, a levegő és a klór-fluor szénhidrogének.
- Az expandálható gyöngyök hőre lágyuló akril polimerből állnak, melyek magjában üreges gömb alakú mikrorészecskék vannak. A gyöngyök melegítés és nyomás csökkenés hatására a polietilénnel együtt expandálnak kiváló habosító hatást elérve.

## **Polietilén hőre lágyuló habosítási technológiák**

### **Szakaszos habosítás**

A szakaszos habosítást viszonylag kis mennyiségű termékek gyártásához vagy új készítmények teszteléséhez használják. Általában autoklávban és termálfürdőkben végzik, így olcsóbb az előállítás és kevesebb időt vesz igénybe a folyamat beállítása. A szakaszos habosítás lehet nyomás vagy hőmérséklet által indukált folyamat.

A nyomás által indukált szakaszos habosítás során az olvadt polietilént nagy nyomású autoklávban telítik a habosítószerral. Ezután a nyomást lecsökkentik a légköri nyomás értékére a berendezés nyomáscsökkentő szelepeinek kinyitásával. A hirtelen nyomásesés indukálja a cellák göcképződését és az ezt követő növekedésüket. Egy bizonyos cellatérfogat elérése után a habot levegővel vagy oldószerral lehűtik a cellák stabilizálásához.

A hőmérséklet által indukált szakaszos habosításkor a gázoldási fázist nagynyomású autoklávban (2–5 MPa), de alacsonyabb hőmérsékleten (10–250 °C) végzik. Ezután a gázzal telített polietilént eltávolítják az autoklávból és forró olajba, vízbe vagy glicerinfürdőbe (80–1500 °C) merítik adott időtartamra. Ez beindítja a cellák göcképződését és növekedését. Adott cellatérfogat elérése után a habot hideg vízben vagy oldószeres fürdőben lehűtik a cellák stabilizálásához.

### **Hab extrudálás**

A hab extrudálás folyamatos eljárás, amellyel állandó keresztmetszetű habtermékek, például lemezek, rudak és csöveket állíthatók elő. A habosító extruderben a polietilén pelleteteket és adalékanyagokat a garatból a több fűtési zónából álló hengerbe táplálják. A habosítószert a polietilén ömledékbe vezetik be a garaton keresztül vagy a henger egy adott pontján. Az extruder szerszám elhagyása után a hirtelen nyomásesés a cellák göcképződését és növekedését indukálja az ömledékben. Amikor cellák elérik a kívánt méretet, a habot lehűtik, stabilizálják és továbbfeldolgozzák (pl. méretrevágás). A hab extrudálás alkalmas nagy gyártási mennyiségek előállítására.

A habextrudálás lehet fizikai vagy kémiai habosítási folyamat az alkalmazott habosítószertípustól függően.

- A fizikai habosítás során szuperkritikus folyadékot, általában szén-dioxidot vagy nitrogént fecskendeznek be és feloldják a polietilén ömledékben a henger egy adott pontján. A szuperkritikus folyadék folyadék és gáz tulajdonságokkal is rendelkezik, csökkenti az ömledék viszkozitását. Az ömledék nukleációját a henger belsejében lévő nagy nyomás akadályozza meg. A cellák göcképződése és növekedése azután következik be, hogy a hab elhagyja az extrudert.
- A kémiai habosításkor a habosítószert a polietilén pelletekkel és adalékokkal együtt vezetik be a hengerbe. A habosítószert termikusan bomlik a henger belsejében az ömledék magas hőmérséklete miatt. Ügyelni kell arra, a hőmérséklet elég magas legyen ahhoz, hogy a habosítószert teljesen

lebomoljon. Ellenkező esetben a nem lebomlott habosítószer agglomerátumokat képez, amelyek eltömíthetik az ömledékszűrőt vagy üregeket képezhetnek a habszerkezetben. A nem megfelelő lebomlás rossz cellamorfológiához és felületi minőséghez is vezethet. A hengernyomásnak elegendőnek kell lennie ahhoz, hogy a felszabadult gázok feloldódjanak az extruder szerszámból való ki lépés előtt.

### **Hab fröccsöntés**

A hab fröccsöntés szakaszos folyamat. A habosítószert a polietilén ömledékbe vezetik be a garatnál (kémiai habosítószer) vagy a henger egy adott pontján (fizikai habosítószer). A fúvóka elhagyása után és a szerszámüreg kitöltésekor a nagy nyomás hatására megkezdődik a cellák göcképződése és növekedése. A hab kitágul és felveszi a szerszámüreg alakját. Lehűtés után, eltávolítva a szerszámból, a termék körüli felesleges anyagokat levágják. A hab fröccsöntéssel komplex alakú habok állíthatók elő. A szerszámozás és az energiafelhasználás költsége azonban magas lehet.

### **Polietilén hab termékek**

#### **Habszigetelés**

A polietilén hab hatékony hőszigetelő anyag, amelyet nagy rugalmasság, tartósság, korrózióval, időjárással, nedvességgel és szakadással szembeni ellenállása jellemez. Általában alumínium fóliával laminálják, hogy növeljék a hővisszaverő képességüket és tartósságukat. Rezgés- és hangszigetelők. Rugalmasságuk és kis sűrűségük miatt könnyen telepíthetők tetőkre, mennyezetekre, falakra, padlóra és csövekre. Égésgátló típusok is kaphatók kereskedelmi forgalomban. A polietilén habszigetelés megtalálható hűtőszekrényekben és hűtődobozokban is.

#### **Antisztatikus habok**

Az antisztatikus polietilén habok megakadályozzák a statikus elektromosság felhalmozódását az elektronikai eszközökön, ezért védenek az elektrosztatikus kisüléstől. Párnázó anyagként csökkentik az ütés és rezgés hatásait szállításkor és raktározáskor. Védik a berendezéseket a nedvességtől, a hőtől és a véletlen folyadékkiömlésektől, ezért ideálisak elektronikus és félvezető eszközök csomagolására. Az antisztatikus polietilén habok jellemzően rózsaszín színűek és lemez formában kaphatók.

#### **Habszivacs szalagok**

A polietilén hab ragasztófólia hordozójaként is felhasználható egyoldalas vagy kétoldalas kivitelben. Az egyoldalas habszalagokat tömítéshez, párnázáshoz, csomagoláshoz és szigeteléshez, a kétoldalas habszalagokat szerelési és ragasztási célokra használják. A polietilén habszalagok vastagsága és lágyága változó, tartósabbak, mint a műanyag fóliából és papírhordozókból álló szalagok. Széles körben használják fűtő, szellőztető és légkondicionáló berendezésekben.

#### **Égésgátló hablemezek**

Az égésgátláshoz antimon-oxid-halogén vagy foszfor-halogén adalékanyagokat használnak. Ugyanakkor környezeti és egészségügyi aggályok merültek fel a halogének alkalmazásával kapcsolatban, mert nagy mennyiségű mérgező füstöt generálhatnak égéskor. Az égésgátló tulajdonságok biztosítására szerszámozási megoldásokat és halogénmentes adalékanyagokat fejlesztenek. A magnézium-hidroxid életképes helyettesítője lehet a halogéntartalmú égésgátló adalékanyagoknak. Etilén-vinil-acetát tartalmú, kis sűrűségű polietilén hab esetében optimális megoldás a magas hőmérsékletű olvadás, a kémiai térhálósítás és a szerszámozási technológia kombinációja.

#### **Laminált habok**

A laminálás javítja a polietilén habok mechanikai stabilitását, párnázóképességét, szigetelő tulajdonságait és tartósságát.

## Bútorok

A polietilén habok komfortossá és ergonómikussá teszik a bútorokat. Használhatók székek, kanapék, ágyak, autóülések, kar- és fejtámlák, valamint más bútorok párnázására.

## Úszási célú és vízi alkalmazás

A polietilén habok jól úsznak, lebegnek a vízen és kicsi a vízáteresztő képességük, ezért ideálisak mentőmellényekhez, úszást segítő és életmentő segédeszközökhöz. Hátizsákok hevedereiben is megtalálhatók.

## Fenntarthatóság a műanyaghab feldolgozásban

A **Nomaco** műanyaghab gyártó olyan innovatív megoldásokat, termékeket kínál a felhasználók számára, amelyek elősegítik az előírt fenntarthatósági és a környezetvédelmi célok elérését. A fenntarthatóság felé számos út vezet, köztük a habosítás is. A **Nomaco** küldetése olyan új generációs, forradalmi termékeket előállítása, amelyek újrahasznosíthatók, könnyűek és sokkal hosszabb az életciklusuk a jelenlegi termékeknél.

Az innovációk között említhetők, hogy kétcsigás extruderrel új koextrudációs eljárást fejlesztettek ki az első szintetikus PP borosüveg dugók gyártásához *Normacorc* néven. Újszerű habosított profilokat terveztek lakberendezési tárgyakhoz, habextrudált vízi játékokat, wellness termékeket és matracokat fejlesztettek. Az építőiparban a habtermékeik betonformákként vagy töltőanyagként használhatók a beton tágulási és zsugorodási illesztéseikhez kocsibeállóknál, járdáknál, hidakon és futópályákon. Ezek a tömítőhabok gátolják a nedvesség és levegő beszivárgását a moduláris falillesztéseknél és rönkházfalaknál. A töltő- és tömítőhabok extrudált PE és PP anyagokból készülnek nyílt-, zárt- és kétcellás kivitelben.

A habosítás az egyik olyan technológia, amely a fenntarthatóság irányába mutat, melynek filozófiája a 3R (Reduce-Reuse-Recycle), vagyis az anyagfelhasználás csökkentése, az újrafelhasználás és az újrahasznosítás elvén alapul. Ez magában foglalja olyan megoldások kifejlesztését, amelyek csökkentik az anyaghasználatot vagy a felesleges csomagolások alkalmazását; a gyártási hulladék 95%-ának újrahasznosítását; a feldolgozott hab újrafelhasználását más termékekben, akár 100%-ban is az alkalmazástól függően; és biológiailag lebomló PE habtermékek előállítását. Megfelelő adalékanyagokkal olyan termékek állíthatók elő, amelyek biológiailag aktív hulladéklerakóban mikrobák hatására lebomlanak és nem keletkeznek mikroműanyagok.

Összeállította: dr. Lehoczki László

Polyethylene Foam,

<https://www.iqsdirectory.com/articles/foam-fabricating/polyethylene-foam.html>

Callari, J.: Foam Processor Innovates on Path to Sustainability = Plastics Technology, 2023. szeptember 15.,

<https://www.ptonline.com/articles/foam-processor-innovates-on-path-to-sustainability>