

## Többrétegű koextrudált üzemanyag- és ipari vezetékek

A felhasználók igényeit nem mindig lehet kielégíteni egyszerű, egyetlen anyagból készített csövekkel. Többrétegű csövek koextrudálásával azonban számos esetben elő lehet állítani a célnak legjobban megfelelő termékeket. Ilyenek pl. az üzemanyagot minimálisan áteresztő, négy- vagy ötrétegű etilén/vinil-alkohol záróréteget tartalmazó poliamid-csövek és a háromrétegű, középen habosított anyagot tartalmazó polipropilén vízelvezető csövek.

*Tárgyszavak: műanyag cső; többrétegű; koextrudálás; autógyártás; üzemanyag-vezeték; áteresztőképesség; ipari vezeték; PA 12; EVOH; PP; bárium-szulfát; feldolgozó gép.*

### Többrétegű üzemanyagcsövek

Egyre több gépkocsiba építenek be műanyag üzemanyag-vezetéseket, mert ezek olcsóbbak, könnyebbek, hajlékonyabbak, egyszerűbben szerelhetők és nem korrodeálódnak. A csövek alapanyagaként jól bevált a poliamid 12 (PA 12). A szigorodó emissziós határértékek (egy ún. PZEF gépkocsi – partial zero emission vehicle, részlegesen zéró kibocsátású jármű – üzemanyagrendszeréből naponta legfeljebb 54 mg szénhidrogén kerülhet a levegőbe) miatt azonban csökkenteni kell a csövek szénhidrogén-áteresztő képességét, amit többrétegű szerkezettel lehet megvalósítani. Koextrudált záróréteggént etilén/vinil-alkohol kopolimert (EVOH), poli(butilén-tereftalát)-ot (PBT), poli(vinilidén-fluorid)-ot vagy etilén/tetrafluor-etilén kopolimert (ETFE) használnak. Ezeknek a polimereknek a tulajdonságai és árai eltérőek. *A fluoropolimerek pl. tízszer drágábbak az EVOH-nál.* Áteresztőképességük függ az üzemanyag összetételétől. A fluorműanyagok pl. kevésbé engedik át a metanolt, mint az EVOH, az utóbbi viszont előnyösebb az etanoltartalmú üzemanyagok használatakor.

*A jövőben az etanoltartalmú üzemanyagok részarányának növekedése várható.* Ennek megfelelően az SAE J2260 szabvány szerint etanoltartalmú (CE10) üzemanyaggal kell majd a csövek áteresztőképességét vizsgálni a jelenleg használt metanoltartalmúak (CM15) helyett. A teljes üzemanyagrendszeren keringés közben az SAE J1737 és sztatikus körülmények között az SAE J30 szabvány szerint mérik majd az áteresztőképességet.

A többrétegű vezetékekben nem csak a használt üzemanyag áteresztését, hanem a rétegek elválását is meg kell akadályozni. A köztük lévő minimális tapadási erőt – ez az SAE J2260 szabvány szerint 1 N/mm – meg kell őrizniük hőöregítés, keringés közben végzett áteresztőképességi vizsgálat, gyorscsatlakozással végzett szerelés után is.

További követelmény, hogy a vezetékek mechanikai tulajdonságai (elsősorban az alacsony hőmérsékleten mért ütésállóság) ne romoljanak az üzemanyag hatására. Az USA-ban a vezetékek belső felületének ellenállása nem lehet nagyobb, mint  $10^6$  ohm, és ez nem nőhet üzemanyaggal való érintkezés után sem.

Az újonnan kifejlesztett vezetékek csak akkor piacképesek, ha a felsorolt követelmények teljesítésén túlmenően az eddigieknél jobb műszaki jellemzőik vannak, ezenkívül olcsóbbak is. A **Degussa** cég **High Performance Polymers** (nagyteljesítményű polimerek) részlege ennek tudatában kezdte forgalmazni *EVOH záróréteget tartalmazó többrétegű üzemanyag-vezetéseket*, amelyek külső rétege PA 12, belső rétege PA 6 vagy PA 12, a záróréteg jó tapadását pedig poliamidalapú kapcsolóanyaggal érték el. Jelenleg egy olcsóbb négyrétegű és két ötrétegű csőtípust gyártanak, amelyek felépítését úgy állították össze, hogy a különböző piaci igényeket ki tudják elégíteni (*1. táblázat*). A külső réteget valamennyi típusnál lágy, ütésálló PA 12 képezi. A csövek jó mechanikai tulajdonságainak – a hajlításnak, az ütésnek az elviselése – "titka" a merev EVOH rendkívül erős tapadása a poliamidhoz, és a záróréteg pontos, centrális elhelyezkedése, ami különösen az *MSR 4300* és *4500* típusra jellemző. Az *MSR 4540* típusnál a fő cél a nagy ütésállóság mellett a minél vékonyabb belső rétegek kialakítása volt.

1. táblázat

A Degussa cég EVOH záróréteget tartalmazó üzemanyag-vezetékeinek felépítése.  
(A rétegvastagságok 8 mm átmérőjű, 1 mm vastag falú vezetésekre vonatkoznak.)

Réteg anyaga	Márkanév	Csőtípus neve és az egyes rétegek vastagsága, mm		
		MSR 4300	MSR 4500	MSR 4540
PA 12 (külső réteg)	Vestamid X7297*	0,30	0,325	0,45
PA kapcsolóanyag	Vestamid SX8002	0,10	0,10	0,10
EVOH	EVAL FP 101 B	0,15	0,15	0,15
PA kapcsolóanyag	Vestamid SX8002	–	0,10	0,10
PA 6 (belső réteg)	Vestamid SX 8001	0,45	–	–
PA 12 (belső réteg)	Vestamid X7297*	–	0,325	—
PA 12** (belső réteg)	Vestamid LX9110	–	–	0,2

\* helyettesíthető Vestamid LX9002-vel; \*\* villamosan vezető típus.

A csöveket a **Bellaform Extrusionstechnik GmbH** koextrúziós berendezésén, az **Eta Kunststofftechnologie GmbH** 5-rétegű koextrúziós szerszámával készítették. A csavarvonalas ömledékelosztással dolgozó szerszámban egyenletesen és reprodukálhatóan lehetett az esetenként eltérő folyási tulajdonságú ömledékeket a kívánt vastagságú rétegekbe rendezni. A gyártási sebesség 20 m/min volt, de ennél nagyobb sebességgel is sikerült jó csöveket előállítani. A sima falú csöveken végzett vizsgálatok szerint a legkritikusabbnak tartott tulajdonság, az alacsony hőmérsékleten mért ütésáll-

lóság is kifogástalannak bizonyult: a CM 15A típusú üzemanyag 10 000 órás keringése után 10 cső közül egy sem tört el az ütőpróba során.

Egy EVOH és egy PVDF záróréteget tartalmazó cső, ill. egy egyrétegű, záróréteg nélküli cső különböző üzemanyagokkal vizsgált áteresztőképességét mutatja a 2. táblázat. Látható, hogy a PVDF záróréteget tartalmazó cső az etanoltartalmú üzemanyagból többet enged át, mint az EVOH záróréteget tartalmazó, de a metanoltartalmúval szemben az előbbinek jobb a záróképessége. Az EVOH tartalmú MSR 4500 jelű cső áteresztőképessége is nő, ha növekszik az üzemanyag etanoltartalma.

2. táblázat

EVOH és PVDF záróréteget tartalmazó többrétegű csövek üzemanyag-áteresztése (g/m<sup>2</sup>.d) 60 °C-on SAE J30 szabvány szerint vizsgálva.  
(Sztatikus vizsgálat 8 mm átmérőjű, 1 mm falvastagságú sima falú csöveken.)

Üzemanyag		Csőtípus és üzemanyag-áteresztés, g/m <sup>2</sup> .d		
jele	összetétele	MSR 4500.1	MSR 2030.1*	PA 12 monocső**
C	50% izooktán + 50% toluol	<0,60	3	34
CE 10	90% C + 10% etanol	1,3	10	267
CE 85	15% C + 85% etanol	21	-	-
CM 15	85% C + 15% metanol	85	48	>600

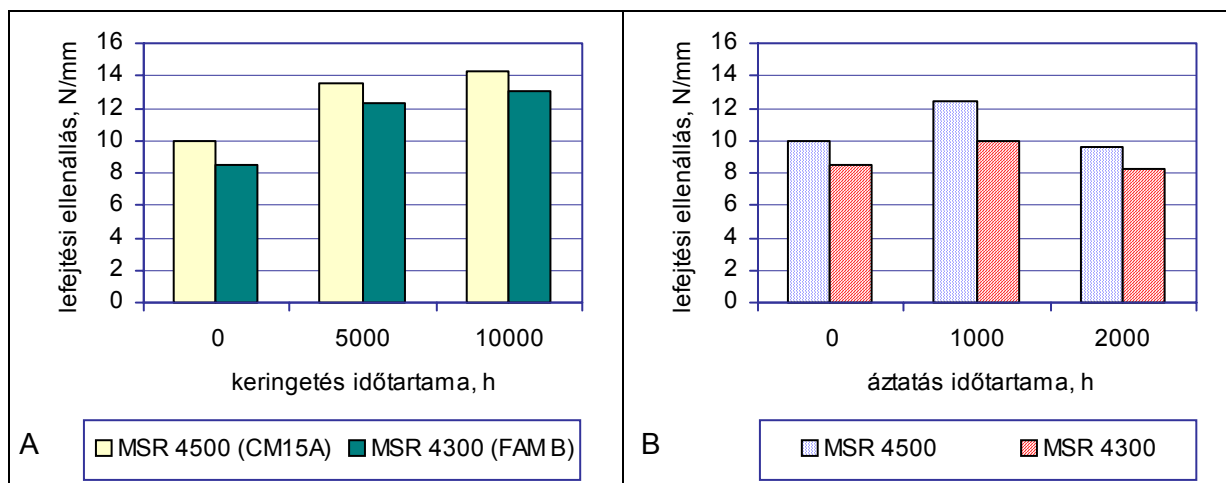
\* 3-rétegű cső; külső és belső rétege 0,4 mm vastag módosított PA12, középső rétege 0,2 mm vastag módosított PVDF; \*\* egyrétegű cső lágyított PA12-ből.

A **Degussa** szabadalommal védett poliamid kapcsolóanyaga erős tapadást létesít az EVOH és a PA 12 réteg között, amely még több ezer órás meleg üzemanyag hatására sem csökken számottevően az eredeti érték alá, és a megkívánt minimális értékhez képest többszörös „tartalékkal” rendelkezik (1. ábra).

A csöveknek a Degussa cégnél mért jó tulajdonságait időközben számos felhasználó saját vizsgálataival igazolta, és több helyen bevezették ezek alkalmazását.

## Többrétegű ipari vízelvezető csövek PP-ből

A **Bandera** cég (Busto Arsizio, Olaszország) teljes extrúziós gyártósort mutatott be, amelyet PP-ből készített háromrétegű csövek gyártásához fejlesztett ki. A csövek ipari vizek elvezetésére szolgálhatnak. Az újszerű követőberendezéseket a vele együttműködő **Sica** cég (Alfonsine, Olaszország) gyártotta. A gyártósor alapvető berendezése egy egyirányba forgó kétcsigás extruder, amely közvetlen extrúzióval szállítja a csövek középső rétegét alkotó erősen töltött vagy habosított PP homo- vagy kopolimert. A csövek külső és belső rétegének anyagát – ezek különböző műanyagok lehetnek – két egycsigás extruder szolgáltatja.



*A kép:* 60 °C-os CM 15A, ill. FAM B üzemanyag keringetése a csövekben; *B kép:* áztatás 80 °C-os CE 85 üzemanyagban. (A FAM B üzemanyag összetétele: 42,25% toluol, 25,35% izooktán, 12,68% diizobutilén, 4,23% etanol, 15% metanol, 0,2% víz. A CM 15 és a CE 85 üzemanyag összetételét lásd a 2. táblázatban.

1. ábra Az EVOH záróréteg és a PA 12 között mért tapadási erő (lefejtési ellenállás) a csövek különböző időtartamú meleg üzemanyaggal való érintkezése után.

A csöveket nagy szilárdság és alacsony hőmérsékleten is nagy rugalmasság jellemzi. A középső rétegbe kevert bárium-szulfát töltőanyag hangtompító hatása következtében erősen csökkenti a csövekben áramló folyadék okozta zajt. A csövek ellenállnak a bennük áramoltatott folyadékok vegyi hatásának. Anyaguk teljes mértékben ismételtelen feldolgozható.

A kétszigás extruderben nagy mennyiségű töltőanyag (bárium-szulfát, kréta, talkum) keverhető a polimerhez. A granulálás elhagyható, a csöveket direkt extrúzióval, egylépcsős eljárással állítják elő, ami a Bandera cég szerint a szokásos eljárásához képest 25%-os költségmegtakarítással jár. Az extruder nagy forgatónyomatéka kis csiga-fordulatszám mellett is nagy anyagkihozattal biztosít. A speciális csigafelépítés szabályozza az egyenletes anyagbevitelt, a kíméletes plasztikálást és a homogén ömledéket. Az akár 9-féle különböző komponens pontos adagolását gravimetriás adagolórendszer végzi, amelyet egy erre a célra kifejlesztett szoftver irányít.

A Sica cég a lehúzáshoz hajlékony lánccvezetést alkalmazott, amellyel a szokásos láncokhoz képest 80%-kal csökkent a húzóerő. Ezáltal megnőtt a mechanikai elemek élettartama. A csöveket a kívánt méretre fűrészelik, majd lemunkálják a vágási élt. A következő munkaművelet a karmantyú felvitele. Az erre szolgáló berendezés egyszerre három csőszakaszt tud ellátni karmantyúval. Az automatikus rakodóberendezés a csöveket szoros és stabil egységekbe csomagolja össze. A berendezés egyidőben különböző méretű csöveket is képes megmunkálni.

A gyártósor vezérléséhez a Bandera cég szoftvert fejlesztett ki, amely az extruder, az ömledékszivattyú, az adagoló, a követő berendezések munkáját irányítja

és hangolja össze. Rajta keresztül a gépkezelő bármikor bármelyik paramétert meg tudja változtatni. A szoftver segíti a gyártósor felállítását és beindítását. Az egyes elemek központi vezérlése és összehangolása megkönnyíti a kezelőszemélyzet munkáját és kiküszöböli az emberi hibákat.

Összeállította: Pál Károlyné

Kuhman, K.: Mehrschichtrohre für Kraftstoffleitungen. = Kunststoffe, 96. k. 11. sz. 2006. p. 118–121.

Kompletanlage für Mehrschichtrohre. = Kunststoffe, 97. k. 2. sz. 2007. p. 38–39.