

Csőhulladékok begyűjtése és hasznosítása

A használat után keletkező csőhulladékok begyűjtésére és hasznosítására végeztek kísérleteket Ausztráliában. A döntő részben PVC és PE csövek hulladékából értékesíthető termékeket gyártottak. A hulladékból visszanyert anyagot is tartalmazó hullámos falú csövek lassú repedezésállóságának vizsgálatára új módszert dolgoztak ki.

Tárgyszavak: csőhulladék; hulladékbegyűjtés; vizsgálat; hullámos falú cső; újrafeldolgozás; koextrudálás; repedezésállóság.

Városi rekonstrukciók és építkezések csőhulladékainak begyűjtése és hasznosítása

A hőre lágyuló anyagokból készült csövek hulladékait és a használatuk (épületek, városrészek rekonstrukciója) után keletkezett, sérült csővezeték elemeket hasznosítani lehet, ha olyan többrétegű csöveket gyártanak ezekből, amelyek középső rétegét a hulladékanyag alkotja, a két borítóréteg pedig friss alapanyagból készül. Ezeket a szendvicsszerkezetű csöveket alkalmazzák például vízvezető (drén) hálózat, szennyvízvezető és szellőztető rendszerek elemeiként és esetenként kábelvédő csövek gyártására is.

A beépített csővezetékek használat utáni hasznosításában nem az újrafeldolgozás jelenti az igazi problémát, hanem a begyűjtés, a szétválogatás, az azonosítás és a tisztítás.

A begyűjtés szempontjából jó kiindulási pont, hogy mivel a jelenlegi ismeretek szerint a lefektetett műanyag csővezetékek élettartama a száz évet is meghaladhatja, elsősorban akkor lehet nagyobb mennyiségű használt csőanyaghoz jutni, ha épületek, városrészek rekonstrukcióját valósítják meg valamilyen sűrűn lakott területen.

Egy hulladékhasznosítási programban Ausztrália keleti partjainak sűrűn lakott területeit, Sydney, Melbourne, Brisbane környékét vizsgálták. Sydneyben található két olyan hulladékhasznosító telep, amelyek kizárólag *építkezési és bontási hulladékok hasznosításával foglalkoznak*. Mindkét telep *hetente kb. 2000 tonna hulladékot dolgoz fel, ennek 85%-át eladható terméké.*

Az ausztráliai csőgyártók szövetsége megállapodott az egyik hulladékhasznosító céggel, hogy a 200 mm-nél hosszabb csőhulladékokat külön gyűjtsék 20 m³-es konténerekbe. A megtelt konténereket az **Iplex Pipelines** PVC csőgyártó céghez szállították Sydneybe, ahol manuálisan válogatták szét a csöveket. A hulladék döntő többsége PVC vagy PE cső volt, viszonylag kevés fém kötőelemmel összeépített csődarabot

kellett eltávolítani, ugyanígy elenyésző volt az egyéb alapanyagból készült csövek mennyisége is. 2005. június, július és augusztus hónapokban összesen 3,6 tonna csövet (2,5 tonna PVC csövet és 1,1 tonna PE csövet) gyűjtöttek össze.

Megállapították, hogy a PVC csövek felületén lévő szennyeződéseket könnyen el lehet távolítani. A következő lépésben a hulladékot porrá őrölték, illetve granulálták. Ezt hozzákeverték megfelelő stabilizátorokkal ellátott friss PVC-hez, és koextrudálás-sal szendvicsszerkezetű csövek középső rétegeként hasznosították. A PE csőhulladékot jól eladható granulátummá lehetett feldolgozni, amelynek döntő részéből másfajta termékeket gyártottak.

A fenti begyűjtési és reciklálási kísérletekből levonható következtetések:

- megfelelően nagy méretű konténerek elhelyezésével a hulladékkezelő telepeken megoldható az építkezéseknél keletkezett PE és PVC csőhulladékok begyűjtése,
- az összes építkezési hulladék csekély hányada (0,014%) a csőhulladék,
- a begyűjtött csőhulladék fő tömege PVC és PE, ezek nagy része újrafeldolgozásra alkalmas,
- a hulladékáramban megjelenő csövek döntő része az építkezéseknél ideiglenes szolgáltatásokat nyújtó (viszonylag új) cső, tehát nem a rekonstrukciókból származik,
- a PVC csőhulladék a szendvicsszerkezetű lefolyócsövek gyártásában hasznosítható újra,
- a PE csőhulladék vagy csőgyártástól eltérő területen, vagy hullámos falú drén-csövek előállítására használható,
- a PVC és PE csőhulladékok felhasználásával gyártott csövek megfelelnek azoknak az előírásoknak, amelyek a friss anyagból készült csövekre (nem nyomócsövekre) vonatkoznak.

Újrafeldolgozott anyag hatásának vizsgálata hullámos falú PE-HD csövek tulajdonságaira

A hullámos falú, PE-HD alapanyagból gyártott csöveket már jó néhány éve sikeresen alkalmazzák számos felhasználási területen. Ezeket a csöveket legtöbbször egy kívül-belül sima fallal rendelkező, friss alapanyagból készült belső cső és egy erre koextrudált hullámos falú (szilárdságot, terhelhetőséget, speciális igénybevételt biztosító), reciklált anyagból készült külső cső kombinációjával gyártják.

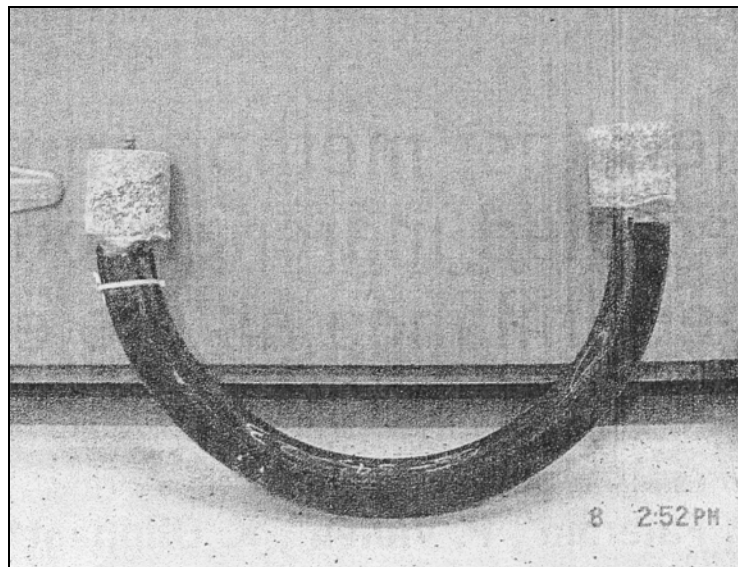
A PE-HD csövek vizsgálatára a **Plastics Pipe Institute (PPI)** (USA, Washington D.C.) kidolgozott egy módszert, amely a bemetszett mintára adott állandó terhelésen alapszik (notch constant tensile load, NCTL). Ezzel a tartamvizsgálattal mérhető a lassú repedésterjedéssel szembeni ellenállás (SCG). Hulladékot tartalmazó PE keverékek vizsgálatainál azt tapasztalták, hogy az SCG érték pozitív és negatív irányban is változhat.

Habár a PPI az NCTL vizsgálat alapján kidolgozta az *ASTM F 2136-os* szabványt (jellemző: NCTL érték, óra), a későbbiekben az **Amerikai Autópálya és Szállí-**

tási Szövetség (AASHTO) kezdeményezte a felhasználás utáni hulladékot is tartalmazó hullámos falú csövek repedésállósági vizsgálatának korszerűsítését.

Ezekre a problémákra reagált egy amerikai és kanadai szakemberekből álló kutatócsoport, akik *új módszert dolgoztak ki a hullámos falú csövek lassú repedésállóságának vizsgálatára*. A módszer elnevezése: *csőgyűrűs vizsgálat (pipe ring test)*.

A vizsgálatához a hullámos falú csőből levágnak egy hullámnyi csőgyűrűt, majd ennek egy ledugózott szegmensét (pl. félkörívét) rögzítik egy nyomásvizsgáló berendezésben. Ebben a nyomás úgy hat a külső és belső csőfal közötti összehegedési zónában, mintha bemetszett próbatestet vizsgálnának állandó feszültség alatt. A vizsgálati minta az *1. ábrán* látható.



1. ábra Csőgyűrűs vizsgálat mintája

A csőgyűrűs vizsgálat szoros korrelációba hozható a végeelem-analízissel (FEA), ahol a hullámos falú PE-HD cső kritikus feszültségi pontja a belső és külső csőfal összehegedési zónája. Az FEA módszert alkalmazva a belső nyomást korrelációba hozták a csőgyűrű fenti kritikus pontjában mért feszültséggel. Ismerve ezt a feszültséget alkalmazták a közismert RPM (becsléses adatfeldolgozás) módszert, amely matematikai modellt kínál különböző hőmérséklet-nyomás adatpárok mérése alapján.

A csőgyűrűs vizsgálat előnyei:

- a minták a végtermékből származnak,
- a cső körformájú szakaszát vizsgálják, ami sokkal inkább jellemző az egész csőre, mint egy kisméretű minta vizsgálata,
- a módszer bármilyen csőátmérőhöz alkalmazható,
- a tönkremenetel (meghibásodás) módja hasonló, mint a nem hullámos falú csöveknél: megnyúlással járó tönkremenetel nagy nyomáson és repedés alacsony nyomáson,

- a nyomócsöveknél kiterjedten alkalmazott modellezési technika a termék élet-tartamának meghatározására alkalmazhatónak tűnik a hullámos falú csöveknél is,
- a vizsgálat kimutatja a hulladék-alapanyag csőminőségre gyakorolt hatását,
- a mérési módszer valószínűleg alkalmas a gyártás utáni minőség-ellenőrzés céljára is,
- a módszer használható a másodlagos terhelések, pl. meghajlítás és egyéb deformációk vizsgálatára is.

A csőgyűrűs vizsgálat eredményei

A nyomásvizsgálatot az *ASTM D 1598* szerint végezték több nyomás- és hőmérsékletértéket sorra véve.

A csőgyűrűs vizsgálatokat vizuális, optikai és pásztázó elektronmikroszkópos elemzések követték, és összehasonlító méréseket végeztek a talajból kivett hullámos falú csövekkel is. A csőátmérő 460 mm (18") volt. A vizsgálatok feltételei és eredményei az *1. táblázatban* találhatóak. Korábban megállapították, hogy *ezeknek a csöveknek az NCLS értéke 50 óra*.

1. táblázat

Hullámos falú, 460 mm átmérőjű PE-HD csöveken végzett csőgyűrűs vizsgálatok eredményei

Hőmérséklet, °C	Nyomás, kPa	Feszültség*, MPa	Tönkremenetel ideje, h	Tönkremenetel módja
80	28	3,3	109	repedés
			85	repedés
			61	repedés
	41	5,0	36	repedés
			36	repedés
			26	repedés
	55	6,6	36	repedés
			13	repedés
			12	repedés
70	69	8,3	6	repedés
			41	5,0
	55	6,6	125	repedés
			84	repedés
	41	5,0	122	repedés
			85	repedés
60	41	5,0	84	repedés
			204	repedés
			>200	vizsgálat alatt

* Becsült feszültség a külső és belső cső érintkezésénél FEA-val számolva.

A fentiekkel azonos átmérőjű, de 40% reciklált anyagot tartalmazó anyagkeverékből készült csövek vizsgálati eredményei a 2. táblázatban láthatók. A keverékből gyártott csövek NCLS értéke: 100 óra.

2. táblázat

Hullámos falú, 460 mm átmérőjű, 40% reciklátumot tartalmazó PE-HD csöveken végzett csőgyűrűs vizsgálatok eredményei

Hőmérséklet, °C	Nyomás, kPa	Feszültség*, MPa	Tönkremenetel ideje, h	Tönkremenetel módja	
80	28	3,3	482	repedés	
			216	repedés	
			203	repedés	
	41	5,0	216	repedés	
			84	repedés	
			61	repedés	
	55	6,6	84	repedés	
			76	repedés	
			37	repedés	
70	41	5,0	755	repedés	
			252	repedés	
			84	repedés	
	55	6,6	932	repedés	
			828	repedés	
			289	repedés	
	60	41	5,0	85	repedés
				>300	vizsgálat alatt
				>300	vizsgálat alatt

* A becsült feszültség a külső és belső cső érintkezésénél FEA-val számolva.

Az eredmények szerint a koextrudált csőfelületek összehegedésénél jelentkezik a legmagasabb feszültségérték a belső nyomás hatására. Ez a feszültség 100–120-szorosa is lehet az alkalmazott nyomásnak. Minden 7 kPa belső nyomás megfelel 0,83 MPa feszültségnek az összehegedés csúcspontján.

A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok kimutatták, hogy ugyanolyan tönkremeneteli folyamatok játszódtak le egy gyártás utáni minta laboratóriumi vizsgálatakor, mint egy használat után, a talajból kiemelt csőszakaszon.

Az eredmények azt mutatják, hogy a tönkremenetelnél az Arrhenius-elv érvényesül (lineáris összefüggés az idő logaritmusával és a hőmérséklet reciproka között).

Az 1. táblázatban szereplő kontrollcsövek tönkremeneteli adatait és az idő-hőmérséklet-nyomás értékeket tartalmazó RPM modellt összevetve, az NCLS érték kiszámításához az alábbi összefüggés adódott:

$$\log \text{ idő} = 22546 + 10858/T - 82912(\log P)/T$$

A 17 darab kontrollcső adatait figyelembe véve a korrelációs koefficiens 0,93, amely a mért adatok és az RPM matematikai modell közötti jó egyezésre utal.

A 2. táblázatban lévő, 40%-ban reciklált anyagot tartalmazó csövek vizsgálati és modellezési eredményeiből a következő egyenletet állították fel:

$$\log \text{ idő} = -17074 + 8353 1/T - 55915(\log P)/T$$

A 16 adat alapján, amelyeket a reciklált csöveken mértek, a korrelációs koefficiens csak 0,62, amely jelzi, hogy lényegesen nagyobb az értékek szórása, mint a friss alapanyagból készült csöveknél.

Következtetések

A csőgyűrűs vizsgálati módszer úgy tűnik járható út a hullámos falú PE-HD csövek élettartamának előrejelzésére, a visszadolgozott hulladék hatásainak vizsgálatára.

A laboratóriumi csőgyűrűs vizsgálatoknál ugyanaz az SCG mechanizmus érvényesült, mint amelyet a talajból kivett mintákon lehetett megfigyelni.

Az FEA számítások kimutatták, hogy a magasabb feszültségi állapotban lévő terület a két koextrudált csőfal összehegedési zónája, és ezen a területen megy végbe a csőgyűrű-próbatest tönkremenetele.

Az RPM matematikai modell jó korrelációt mutat a csőgyűrűs vizsgálatok eredményeivel.

Összeállította: Csutorka László

Whittle, A. J.: Collection and recycling of plastics pipes in demolition and construction waste stream. = *Plastics, Rubber and Composites*, 36. k. 5. sz. 2007. p. 190–193.

Palermo, G.; Vibien, P.; Oliphant, K.; Kosari, T.: New test method to determine effect of recycled materials on corrugated HDPE pipe performance as projected by rate process method. = *Plastics, Rubber and Composites*, 36. k. 5. sz. 2007. p. 213–218.

Röviden...

Egyre több bioműanyag

A bioműanyagok előállításával és alkalmazásával foglalkozó vállalatok európai szövetsége (**European Bioplastics**) szerint 2007-ben a világon 262 kt (ezer t) bioműanyag-gyártó kapacitás volt, amely 2009-re 766 kt-ra nő. Ebből 505 kt természetes eredetű és biológiailag lebontható, 225 kt természetes eredetű, de biológiailag nem lebontható és 36 kt szintetikus, biológiailag lebontható. 2011-re 1502 kt kapacitás áll majd rendelkezésre. Ezen belül a természetes nyersanyagokból kiinduló, nem lebomló termékek aránya 38% lesz, amely 8%-kal nagyobb, mint 2009-ben.

O. S.

K-Zeitung, 40. k. 5. sz. 2009. p.4.

www.quattroplast.hu