

## Vas- és acélcsövek felújítása vagy védelme műanyagokkal

Az 50 évnél vagy annál öregebb szivárgó öntöttvas víz- és gázvezetékeket műanyag béléssel próbálják felújítani és még egy ideig használatban tartani. Erre többféle technológiát fejlesztettek ki. A ma gyártott acélcsövek élettartamát külső műanyag bevonattal igyekeznek megnövelni.

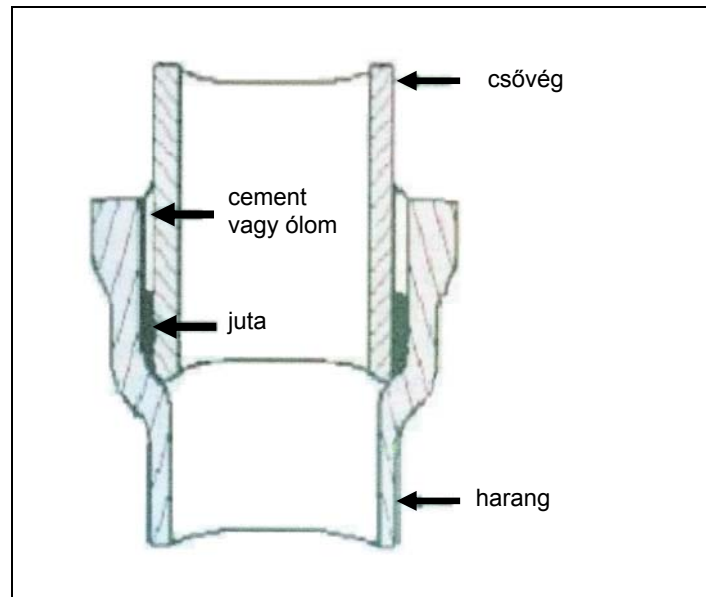
*Tárgyszavak: csővezetékek; vízvezeték; gázvezeték; öntöttvas csövek; felújítás; műanyag bélésű; polietilén; epoxigyanta; műanyag köpeny.*

Kanadában az 1800-as évek végén fektették a földre az első öntöttvas csöveket a vízelosztó hálózat fő vezetékeiként, és ilyen csöveket alkalmaztak 1970-ig, amikor áttértek a rugalmasabb acélcsövek alkalmazására. Az öreg csövek azonban egyre több gondot okoznak, a korrózió és a mechanikai hatások következtében egyre gyakrabban lyukadnak ki, törnek el. A törés vagy repedés bekövetkezhet a palást hossza mentén, körkörös irányban vagy spirálvonal mentén. A javítások 90%-ában ilyenkor kiássák a hiba helyén a csövet és kicserélik a sérült csőszakaszt. Ez az eljárás nagyon munka- és időigényes, drága, feltartja a forgalmat és irritálja a városi lakosságot.

Az USA-ban öntöttvas csövekből az 1950-es évekig építettek kisnyomású gázvezetékeket. Ezek is elég rossz állapotban vannak, és ezekből nem víz, hanem földgáz szivárog, amelynek fő alkotója a metán, ez a szén-dioxidnál 20-szor károsabb üveghatású gáz. A lyukas csövekből 2007-ben a levegőbe került metán normál térfogatát  $255 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ -re becsülik. Ennek értéke 155 millió USD, amely veszendőbe ment a főgóban lévő fosszilis energiából. Az USA környezetvédelmi hivatala, az **U.S EPA** (Environmental Protection Agency) a gázipari kutatóintézettel (**GRI, Gas Research Institute**) együtt különböző gázelosztó vállalatok hálózatában 21 helyen mutatott ki nagyobb (2–3 ppm) metánkoncentrációt a levegőben a csövek nyomvonalán végigvezetett lángionizációs detektor segítségével. Ezekben a helyeken a szivárgás helyétől mindkét irányban 3 m távolsáig kiásták a csövet, megkeresték a hibát és mérték a gáz kiáramlásának sebességét.

Braziliában a **Comgas** a legnagyobb földgázelosztó vállalat, amely 700 000 fogyasztót szolgál ki. Öntöttvas csőhálózata 50 éves vagy annál öregebb. Eredetileg városi gáz vezetésére tervezték, de 1993-ban áttértek a földgáz használatára. A városi gáz mindig tartalmaz vízgőzt, a földgáz sokkal szárazabb. Emiatt kiszáradtak a csőszakaszok összeépítésénél alkalmazott, jutából és ólomömlédekből készített tömítések (*1. ábra*), és nemcsak a korrózió vagy mechanikai sérülések okozta lyukakból, hanem a meglazult tömítésekben is szivárgott a gáz. A Comgas összesen 912 hibahelyet vizs-

gált meg, és az ezeknél észlelt szivárgási sebességből kiszámította az egységnyi hosszra és egységnyi idő alatti gázveszteségeket.



1. ábra Az öntöttvas csövek csőkötéseinek felépítése

Az EPA/GRI és a Comgas mérései alapján kiszámított értékeket az 1. táblázat tartalmazza. Látható, hogy Brazíliában (feltehetően a kötések rossz tömítettsége miatt) a gázveszteség majdnem kétszerese az USA-ban mért értékeknek.

1. táblázat

Az öntöttvas gázvezetésekből elillanó gáz átlagos mennyisége az USA-ban és Brazíliában

Vizsgálatot végző cég	Helyszín	Időszak	Mintaszám	Eredeti mértékegység scf/mile.year	Európai mértékegység m <sup>3</sup> /km.év
EPA/GRI	USA	1992	21	428 123	~7460
Comgas	Brazília	2005-2009	912	803 548	~14 000

### Módszerek a régi csövek felújítására

A Comgas 2005 óta 250 km régi öntöttvas csövet újított fel 82 millió USD ráfordítással úgy, hogy az elöregedett fémcsőbe polietiléncsövet húzott be. Ezzel kb. 3,5 millió m<sup>3</sup>-rel csökkentette a hálózat gázveszteségét. Egy-egy csőszakasz felújítása 3 napig tart. Az első napon kiássák az árkokat a polietiléncső bevezetéséhez és kivezetéséhez. A második napon leállítják a gázszolgáltatást, átvezetik a polietiléncsövet a kijelölt szakaszon, összekötik egymással a műanyag csöveket, majd összehegesztik a

megbontott öntöttvas csöveket. A harmadik napon ismét megindítják a gáz áramlását, majd betemetik az árkokat.

A Comgas többféle eljárást fontolóra vett a brazíliai csőhálózat felújítása előtt, a polietiléncsövek behúzása mellett a következő érvek miatt döntött:

- megszűnnek a szivárgások,
- kevés kockázatot jelentenek az üzemeltetés alatt,
- minimális árokásásra van szükség,
- csekély költséggel javul a teljesítmény,
- a hálózat egyszerűen újítható fel,
- a régi vascsövek megvédik a polietiléncsöveket a környezeti hatásoktól,
- a polietiléncsövek üzemi nyomása a csúcsfogyasztás ideje alatt növelhető.

A Comgas résztvevője az EPA *STAR* földgázprogramjának, amelynek célkitűzése a metánemisszió csökkentése. A partnerek beszámolnak az EPA-nak elért sikereikről, és átadják egymásnak új technológiáikat. Például azokat, amelyekben nem polietiléncsövet, csak egy vékony falú tömlőt húznak be a vascsőbe. A földbe fektetett öntöttvas csövek hosszú szakaszain lehet ilyen tömlőket áthúzni és a szakaszok végén egymással összekötni. Ennek az elvnek kétféle változatát alkalmazzák: a *Rolldown* és a *Subline* eljárást.

A *Rolldown* eljárásban a helyszínen hegesztik össze a polietiléntömlőt a szükséges hosszúságra, majd görgős szerszámok segítségével húzzák végig a kijelölt szakaszon úgy, hogy közben átmérője kb. 10%-kal csökken, a szakasz hossza pedig meghaladhatja az 1500 m-t. A bevezetéshez elég hosszú árokra van szükség. Ez az eljárás 100–500 mm átmérőjű csövekben alkalmazható, maximálisan 11,25°-os ívekig. Behúzás után a tömlő végeit lehegesztik, majd a tömlő falát nyomás alatti hideg vízzel a vascső falához nyomják. Az egyes szakaszok összekötéséhez a szakasz végeit ki kell ásni.

A *Subline* eljárást nagy átmérőjű csövek felújítására alkalmazzák. A polietiléntömlőt úgy hajtják össze, hogy keresztmetszete szív alakú legyen. Behúzásához ugyancsak elég hosszú árok szükséges; a behúzást ráhegesztett műanyag kötél segítségével végzik. A szakaszok végét is ki kell ásni, hogy a szomszédos szakasszal a kötések elvégezhetőek legyenek. Egyszerre több mint 1 km-es szakaszba húzható be a tömlő, és max. 22,5°-os ívben hajlítható meg. 75–1625 mm átmérőjű csövekben alkalmazható. A behúzott csövet itt is nyomás alatti hideg vízzel szorítják rá a vascső belső falára.

Vékony falú tömlővel csak akkor lehet a szivárgó öntöttvas csöveket felújítani, ha a csövek szerkezetileg még épek, és mechanikai stabilitásukat akkor is megtartják, ha további helyeken perforálódnak. Ha az öreg csövek olyan rossz állapotban vannak, hogy már nem tudnak ellenállni a belső nyomásnak, a fóliás bélelés nem alkalmazható.

A belső bélelést néha szórópisztollyal felvitt záróréteggel oldják meg. Ehhez használhatnak cementhabarcsot vagy epoxigyantát, amely megkeményedés után eltömi a szivárgó helyeket és bizonyos mértékben meg is szilárdítja a vezetékét.

A felhordott epoxigyanta és a béléscső kombinált alkalmazása a *Starline* eljárás. Ennek lényege egy kettős falú, poliészterszövetből készített tömlő, amelynek a vascső

belseje felé eső textilrétegét belül poliuretánelasztomerrel vonják be. A tömlő két fala közé a helyszínen epoxiragasztót nyomnak be, és a végén lezárt tömlőt az előzőleg szemcseszórással megtisztított belső felületű vascsőbe húzzák, végül nyomás alatti meleg levegővel vagy 55 °C-os vízzel a vascső belső falához nyomják. Az epoxiragasztó átítatja a textilt, térhálósodik és hozzáköt a vascső belső falához. Ezért szokás ezt az eljárást „*helyszínen térhálósított polimercsőnek*”, („*cured-in-place polymer pipe*”, *CIPP*) is nevezni. A térhálósodás befejeződése után egy robot nyitja fel a bélés cső végét, hogy lehetővé váljék a következő szakasz bélelése. A **Sanexen Environmental Services Inc.** által kifejlesztett eljárással 1991 óta 400 km 100–600 mm átmérőjű öntöttvas csövet rehabilitáltak. Az eljárással óránként kb. 300 m-t lehet felújítani.

Az öntöttvas csövek tömítetlenné vált kötéseit lehet újra tömíteni egy robotberendezés segítségével. Az ugyancsak az **EPA STAR** programjának partnerei közé tartozó **Consolidated Edison Company (Con Edison)** és az **ULC Robotics** fejlesztette ki a **CISBOT** (cast iron joint sealing robot) elnevezésű berendezést, amely 125–300 mm átmérőjű csövekben alkalmazható, és a kiásott csőnyílástól jobbra és balra 50–50 m hosszban tudja kijavítani a kötések tömítését. A roboton videokamera, világítótest, támasztókar, fúrófej és ragasztó injektálására alkalmas eszköz van. A gépkezelő egy szelepen keresztül behelyezi a robotot a csőbe (közben a gázellátás nem szünetel!), az elkocog a javítandó kötés helyére, ott kitámasztja magát, körkörösén több lyukat fúr a kötés jutával kitöltött részébe, majd ragasztót injektál a furatokba. Az anaerob ragasztó átítatja a jutát, majd megköt és újra gázzárává teszi a kötést. A Con Edison cég saját kisnyomású öntöttvas hálózatában 2000 óta több mint 5000 kötést tömített újra ezzel az eljárással. A robot minimálisra csökkenti az árokásást, nem zavarja meg a gázellátást és a közlekedést, a javítási költségek pedig 30–40%-kal kisebbek, mint a korábbi módszerek alkalmazásakor.

## **A CIPP eljárásban alkalmazott bélés és összetevőinek vizsgálata**

Kanadában a kingstoni egyetemen (**Queens' University**, Kingston, Ontario) vizsgálták a CIPP eljárásban felhasznált összetett bélés, ill. annak alkotórészei mechanikai tulajdonságait. A vizsgálatokat az indokolta, hogy ilyen bélés csöveket Kanadában korábban csak nyomásmentes gravitációs csatornavezetékben alkalmazták, és azt kellett megállapítani, hogy nyomás alatti vízvezetékben milyen viselkedésükre lehet számítani.

A vizsgálatokhoz részben a helyszínen bélelt, korábban földbe fektetett csőszakaszokból fejtették ki a bélést, részben a laboratóriumban készítettek epoxigyantával feltöltött és térhálósított tömlőket, és ezekből vágta ki a próbatesteket. A laboratóriumban készített bélés csövek külső és belső poliészterszövetét, ill. az epoxiragasztóból készített próbatestek mechanikai tulajdonságait is vizsgálták.

A csövekből származó bélés átmérője 155 mm, a bélés teljes vastagsága 4,51–4,81, átlagosan 4,7 mm volt. Ebből tengelyirányban 225x25 mm-es próbatesteket vágta ki, a próbatestek két végére epoxigyantával átítatott üvegszál szövetből 50 mm hosszú „fület” ragasztottak, hogy könnyebben be tudják fogni a próbatesteket a szakí-

tógépbe. Hasonló próbateteket készítettek a laboratóriumban előállított teljes tömlőből és a külső és belső poliészterszövetből; de ezekből keresztirányban kivágott próbatetek is készültek, amelyeket a csövekből származó mintákból a cső görbülete miatt nem lehetett kivágni. A teljes bélések néhány mechanikai tulajdonságait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

A csövekből visszanyert és a laboratóriumban előállított CIPP bélések néhány mechanikai tulajdonsága

A próbatest eredete/mechanikai tulajdonságai	Próbatetek száma	Átlagos érték	Standard deviáció
<b>Kiásott csőből származó bélés</b>			
Modulus, MPa			
0–1% nyúlásnál	4	2019	8,6
4–8% nyúlásnál	4	115	14,8
9–13% nyúlásnál	4	180	8,5
Feszültség a nyúláshatárnál, %		1,0	
Szakadási nyúlás, %		23,5	
Szakítószilárdság, MPa	4	61	0,6
<b>Laboratóriumi bélés, hosszirányú próbatetek</b>			
Modulus, MPa			
0–1% nyúlásnál	5	2017	243
4–8% nyúlásnál	5	135	15
9–13% nyúlásnál	5	190	8
Feszültség a nyúláshatárnál, %		0,9	
Szakadási nyúlás, %		24	
Szakítószilárdság, MPa	5	61,3	2,8
<b>Laboratóriumi bélés, keresztirányú próbatetek</b>			
Modulus, MPa			
0–0,5% nyúlásnál	5	3040	120
2–5% nyúlásnál	5	480	30
6–8% nyúlásnál	5	720	75
Feszültség a nyúláshatárnál, %		0,9	
Szakadási nyúlás, %		24	
Szakítószilárdság, MPa		88,4	4,7

A vizsgálati eredményekből kitűnt, hogy a teljes bélés feszültség-nyúlás görbéje bilineáris, az első lineáris szakaszt egy átmeneti zóna után keményedési szakasz követi. A keresztirányban kivágott próbatetek kezdeti modulusa és szakítószilárdsága kb.

45%-kal magasabb a hosszirányban kivágott próbatestekénél. Mivel a földre fektetett csőből származó bélés és a laboratóriumban készített bélés hosszirányban kivágott próbatestjeinek feszültség-nyúlás görbéi gyakorlatilag fedik egymást, joggal tételezhető fel, hogy a laboratóriumi bélelésből kivágott keresztirányú minta adatai is hasonlóak a gyakorlati viszonyok között elkészített béleléséhez.

A ragasztóból készített próbatestek különböző hőmérsékleten végzett térhálósításából kitűnt, hogy 55 °C az optimális hőmérséklet; alatta nem tökéletes a térhálósodás; felette buborékos lett a próbatest, emiatt a ragasztó szilárdsága nem érte el az optimális értéket.

## Acélcsővek külső műanyag bevonattal

A **Salzgitter Mannesmann Line Pipe** (MLP) cég (Hamm) 18 méter hosszúságig gyárt acélcsőveket gáz- és olajvezetékek, ivóvíz- és csatornahálózatok, olajkitermelő berendezések, távhőszolgáltatás céljára. Egy-egy cső tömege hosszúságától és falvastagságától függően akár 5,4 tonna is lehet. Ezeket a csöveket acéllemezekből hajlítják, majd a találkozó éleket nagyfrekvenciás-indukciós, rövidebben HFI sajtoló ellenálláshegesztéssel hegesztik össze, végül *háromrétegű műanyag köpenyt extrudálnak a külső felületre*, és igény szerint szállal erősített cementhabarccsal vonják be a belső felületet. Mind a belső, mind a külső bevonat a rendkívüli igénybevételnek kitett acélcsővek korrózióvédelmét szolgálja. A külső műanyag bevonatot több mint egy éve a **Battenfeld Extrusionstechnik** (Bad Oeynhausen) kifejezetten erre a célra kifejlesztett berendezése viszi fel a fémcsővekre. A polimert a berendezés két, egyenként 1500 kg/h teljesítményű BEX 1-150-30B típusú egycsigás extruder szállítja az extruderfejbe, amelynek beállításával az MLP 600 mm-es átmérőig tudta bővíteni műanyag bevonattal ellátott acélcsőveinek választékát.

A gépgyártónak nemcsak a jelenleg a *világon legnagyobb köpenyező extruderfejet* kellett felépítenie, hanem figyelembe kellett vennie a gyártóberendezés számára rendelkezésre álló szűkös helyet és a daru maximálisan 7,5 tonnás kapacitását is. Ezért a szerszám a nagy teljesítmény ellenére sem lehetett túl nehéz, emellett kis nyomással és a rétegek vastagságának nagyon szigorú tűrésével kell dolgoznia.

A jobb helykihasználás érdekében a két extrudert V-alakban helyezték el, a hajtórendszert pedig oldalra, a motor és a behúzózóna mellé telepítették. Az extruderek kompressziós csigáinak plasztikáló és homogenizáló teljesítménye kifogástalan. Mindkét extruderből áramlásszimulációval ellátott vezetéken keresztül jut az ömledék az U 700-2 VSI 4/8 FS típusú köpenyezőfejbe, amelyen belül mérsékelt, 250 bar nyomás alakul ki. A rendszert többkomponensű gravimetriás adagoló, kapcsolószekrény, jól átlátható kijelző egészíti ki. A gyors méretváltoztatást osztott fűvókarendszer és számos szerelést könnyítő segédeszköz teszi lehetővé.

A gyártósoron készített egyik csőfajta a *MAPEC-3-Lagen* rendszer. Ennek gyártásakor a szórással megtisztított csőfelületre először egy 50–400 µm vastagságú epoxigyanta korrózióvédő alapozót, majd egy 140–300 µm vastag tapadásnövelő réteget visznek fel elektrosztatikus eljárással. Ezután vezetik be a csövet a köpenyezőfejbe, és

viszik fel rá az 1,8–10 mm vastag polietilén- vagy polipropilén-bevonatot. A műanyagréteg optimális illeszkedését vákuummal segítik.

A jövőben a csőgyártó a tapadóréteget is a köpenyezőfejen keresztül szeretné a cső felületére juttatni, mert a szerszám hőmérséklete optimális erre a célra. Ennek megvan a lehetősége, mert a szerszámba két ömledékcsatornát építettek be egy esetleges koextrúzió céljából. A ragasztóréteg felvitele ilyen módon megnövelné a jobb tapadás céljából alkalmazható anyagok választékát is.

Összeállította: Pál Károlyné

Bylin, C.; Cassab, L. stb.: New measurement data has implications for quantifying natural gas losses from cast iron distribution mains = Pipeline & Gas Journal, 236. k. 9. sz. 2009; www.pipelineandgasjournal.com., p. 1–7.

Brown, M.; Fam, A.; Moore, I.D.: Material characterization of components and assembled behavior of a composite liner for rehabilitation of cast iron pressure pipes = Polymer Engineering and Science, 48. k. 7. sz. 2008. p. 1231–1238.

Stieglitz, H.: Leichte Technik für schwere Rohre = Plastverarbeiter, 61. k. 2. sz. 2010. p. 12–13.

---

---

## Nanorészecskéket tartalmazó bevonat

A német **Panadur GmbH** (Halberstadt) kifejlesztett és szabadalmaztatott egy felületnemesítő eljárást. Nanorészecskéket és nanoszéncsöveket tartalmazó bevonattal funkcionalizálják a felületet, aminek következtében dekoratív és karcálló felület jön létre. A kétkomponensű PUR bevonat receptúráinak módosításával pl. antibakteriális, hangtompító, UV-álló, égésgátolt bevonatokat is elő tudnak állítani.

A **KraussMaffei** céggel együtt kifejlesztett nagynyomású szórási technológia a korábbiakhoz képest jóval takarékosabb anyagfelhasználást tesz lehetővé. További előny, hogy a bevonat néhány másodperc alatt szobahőmérsékleten térhálósodik.

Az eddigi kísérletek alapján az eljárást 0,25 m<sup>2</sup>-nél nagyobb felületek bevonására ajánlják, mindenekelőtt az autó- és hajóépítésben, repülőgép- és mezőgazdasági gépgyártásban, szélérőművek és az orvostechikai berendezések nagyméretű elemei felületeinek módosítására. A bevonást fröccsöntött, sajtolt, habosított termékeknel egyaránt lehet alkalmazni.

O. S.

Kunststoffe, 100. k. 7. sz. 2010. p. 10.