

Földbe fektetett polietiléncsővek és polietilénnel bevont acélcsővek várható élettartama

A korszerű csőanyagokból gyártott csövek élettartamának becslésére kidolgozott FNCT (full notch creep test) vizsgálati módszer az eddig alkalmazott DIN 8075 szabvány szerinti vizsgálatok időtartamának 0,3–5%-a alatt eredményre vezet, a két módszerrel kapott eredmények 100%-os korrelációja mellett. A polietilénnel bevont acélcsővek vizsgálatát az teszi érdekessé, hogy az idők folyamán változott a bevonat rétegeinek száma és felépítése, és a „régí” csövek még mindig működnek.

Tárgyszavak: polietiléncső; acélcső; polietilénbevonat; tartósság; tartós nyomásállóság; tartós húzóvizsgálat; FNCT vizsgálat; öregedés; feszültségrepedés; élettartam.

Víz- és gázvezetéseket több évtizede készítenek polietiléncsővekből vagy polietilénbevonattal védett acélcsővekből. Ezekről a vezetésektől legalább 50 éves élettartamot várnak el. *A csövek élettartamának becslésére eddig jól bevált a magasabb hőmérsékleten mért tartós nyomásállóság alapján végzett extrapoláció, de az alapanyagok fejlesztése révén ennek időigénye ma már a gyakorlat számára elfogadhatatlan. Ezért keresik az új vizsgálati lehetőségeket, és egyre jobban megismerik a polietilének tulajdonságainak változását a hosszú élettartam alatt.*

Polietiléncsővek élettartamának becslése

A hőálló acélok tartós terhelés alatti vizsgálatának elvét alkalmazzák a polietilénre is. A két anyag típus tartós terhelés alatti viselkedése (erősen eltérő hőmérséklet-tartományban) hasonlóságokat mutat (1. ábra). A polietiléncsővek *tartós hidrosztatikai nyomás alatti viselkedésének* vizsgálata a *DIN 8075 szabvány* (és az ezzel azonos *MSZ EN ISO 9080-2003 szabvány*) szerint a csövek várható élettartamának becslésére szolgál.

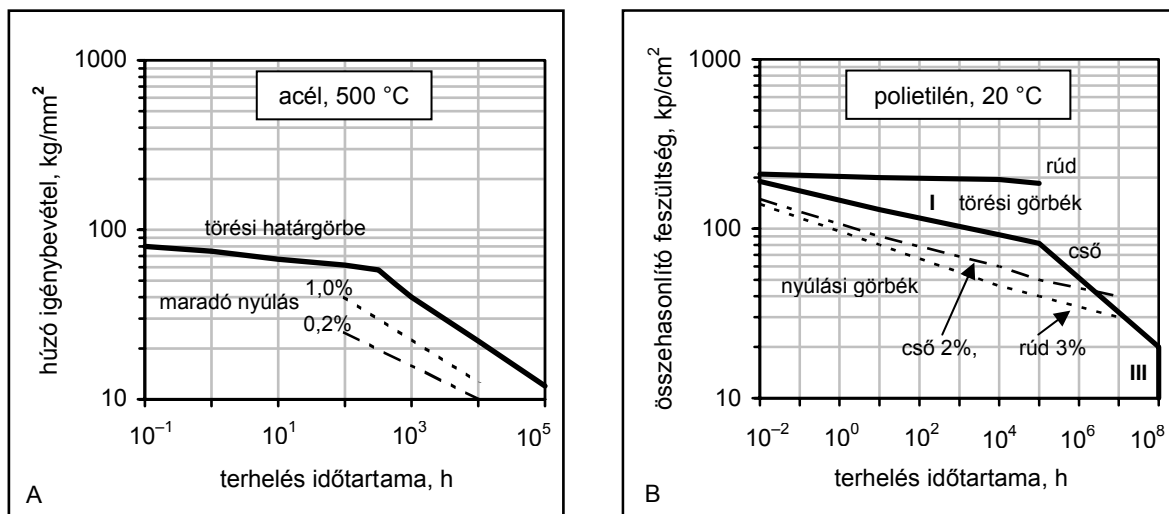
A polietiléncsőveket az 1960-as években kezdték földbe fektetni nyomás alatti víz- és gázvezetékek céljára. Azóta mind az alapanyagok, mind pedig a vizsgálati szabvány és a benne rögzített követelmények sokat változtak (1. táblázat).

A DIN 8075 szabvány szerint kapott időtartamgörbéket víz- és gázvezetékek tervezéséhez korlátozás nélkül fel lehet használni. Ha a csövekben az élettartamot megrövidítő folyadékokat vezetnek, csökkentő tényezőkkel kell a számításokat elvégezni.

A polietiléncsövek alapanyagának és a tartós hidrosztatikai nyomás vizsgálati feltételeinek változása 1960-1999 között

A DIN 8075 szabvány változatainak kiadási éve	Polietilén csőalapanyag	A tartós hidrosztatikai nyomás* min. időtartama, h	Rugalmassági modulus, N/mm ²	Megjegyzés
1960	PE-LD	54	1200	lineáris láncok
1987	PE-HD	170	800-1000	elágazó láncok (kopolimer)
1999	PE 80	100	650-900	mono- és bimodális polimer
1999	PE 100	3000	1200	bi- és multimodális polimer

* 80 °C-os víz, 4 N/mm² kerületi feszültség.



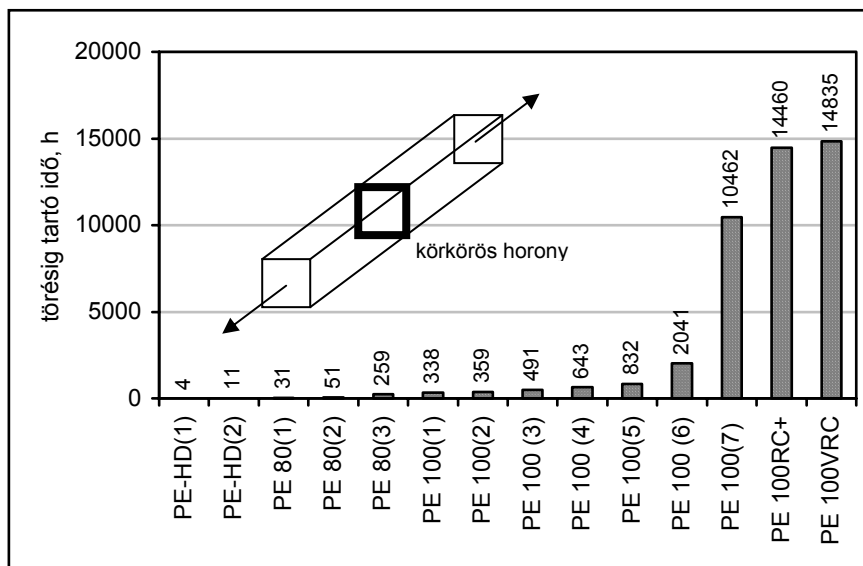
1. ábra Acél (A kép, 500 °C) és polietilén (B kép, 20 °C) tartós terhelési görbéi

A csőanyagok fejlesztése következtében egyre hosszabbá vált az az idő, amely alatt a 80 °C-os tartós hidrosztatikai nyomás hatására a csövek eltörték; a PE 80-as és a PE 100-as csövek ilyen körülmények között 1 évnél is tovább bírták. *Az ilyen anyagok élettartamának becslése a tartós hidrosztatikai nyomással végzett mérésekkel a gya-*

korlat számára elviselhetetlenül hosszú lett. Ezért egy újabb vizsgálati módszer került a figyelem középpontjába, az ún. *FNCT* (*full notch creep test*). Ebben egy négyzet keresztmetszű pálcat közepén körkörös hornyolnak, majd 2% Arkopal N 100 felületaktív (feszültségrepedezést kiváltó) anyagot tartalmazó 80 °C-os vízben, tartósan 4 N/mm² húzófeszültségnek tesznek ki.

A vizsgálat elve a tartós hidrosztatikai nyomással kapott törési görbe (lásd az *I/B ábrát*) mélyebb értelmezésén alapul. A görbe kisebb meredekségű **I** szakaszán a rugalmas törés alakváltozás után következik be. Ez a görbeszakasz jelöli ki a csövek minimális élettartamát. A meredekebb **II** szakaszra a feszültségrepedezésből kiinduló törés a jellemző; a törés egyre valószínűbb. A **III** szakasz (függőleges egyenes) a hőrepedés okozta ridegedés nyomás bekövetkező ridegtörés tartománya. Fellépte a cső maximális élettartamát jelzi.

A csővezeték élettartama szempontjából a **II. szakasz fellépte a kritikus, ezért a gyakorlatban az eddig terjedő időtartamot kell megbecsülni.** A lassú repedésterjedés vizsgálatára tartós hidrosztatikai nyomással külső felületükön hornyolt és felületaktív vízben tartott csöveket alkalmaznak. Az ilyen csövekkel és FNCT próbatestekkel végzett vizsgálatok között gyakorlatilag 100%-os korrelációt találtak. Az *FNCT vizsgálatok* viszont a *DIN 8075 szabvány szerinti vizsgálatok időtartamának 0,3–5%-a alatt eredményre vezetnek.* A különböző generációs PE csőanyagok FNCT eljárásban mért törési időit a 2. ábra mutatja.



2. ábra
Különböző generációs PE csőanyagokból készített FNCT próbatest töréséig eltelt idő tartós húzóvizsgálatban. (80 °C, 4 N/mm² húzófeszültség, vizes közegben 2% Arkopal N 100).

Extrapolálás az Arrhenius egyenlet segítségével

A csövek tartós terheléses vizsgálatát a vizsgálati idő megrövidítése céljából a majdani üzemi hőmérsékletnél jóval magasabb hőmérsékleten végzik, és az üzemi hőmérsékleten várható élettartamot az Arrhenius egyenlet segítségével, extrapolálással becsülik meg. Ez a számítás csak akkor ad megbízható eredményt, ha az abszolút hő-

mérséklet reciproka és a tartós terhelés hatására bekövetkező törésig eltelt idő között lineáris az összefüggés; azaz a számításban szereplő hőmérséklet-tartományon belül az aktiválási energia konstans (a kétféle hőmérsékleten azonos mechanizmus szerint, pl. csekély deformációval következik be a törés). Az aktiválási energia a következő képlettel számítható ki:

$$E_A = (1,9152 \cdot 10^{-2}) \frac{\log t_{B1} - \log t_{B2}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}, \frac{\text{kJ}}{\text{mol}},$$

ahol E_A = aktiválási energia, kJ/mol, t_{B1} = törésig eltelt idő T_1 hőmérsékleten, t_{B2} = törésig eltelt idő T_2 hőmérsékleten, T_1, T_2 = abszolút hőmérsékletek.

Ha a cső vizsgálatát pl. 80 °C-on végzik, és 20 °C-ra akarják a várható élettartamot kiszámítani, különböző aktiválási energiákra számíthatják ki az időtényezőt. Ha az aktiválási energia pl. 66,1 kJ/mol, az időtényező 100. Ezt azt jelenti, hogy ha a vizsgált cső 80 °C-on 1 év alatt ment tönkre, 20 °C-on 100 éves élettartamra lehet számítani.

A hőöregedés szakasza

Régóta felismert tény, hogy az Arrhenius egyenlettel jól leírható a polietilén öregedésének folyamata, a mechanikai tulajdonságok (pl. a szakadási nyúlás) változása vagy az 1/B ábrán bemutatott III szakasz fellépése. Ha a cső élettartamának ebbe a szakaszába jutott, ez lehetséges élettartamának legvégét jelenti. Ilyenkor ugyanis a polietilén rideggé, törékennyé válik, és semmiféle húzó igénybevételt nem képes elviselni. *A hőöregedés szakaszának kezdete függ a polietilén stabilizátorrendszerétől, a hőmérséklettől, az környezet oxigéntartalmától, a csőben áramló folyadék sebességétől.* A németországi DVS 2205 irányelvek 19. lapja szerint a polietilén hőöregedése 80 °C-on 1 éven belül, 60 °C-on 20 éven belül, 40 °C-on 50 év körül, 20 °C-on 500 éven belül valószínűsíthető. A folyamat aktiválási energiája 93 kJ/mol. Ipari alkalmazásban az öregedést gyorsíthatja a csőben áramló és duzzadást okozó közeg. Újabb felismerés, hogy a csövekben fellépő helyi nyújtófeszültségek, amelyek ugyancsak felgyorsítják az öregedés folyamatát, helyi hőöregedést válthatnak ki. A jelenséget tanulmányozzák.

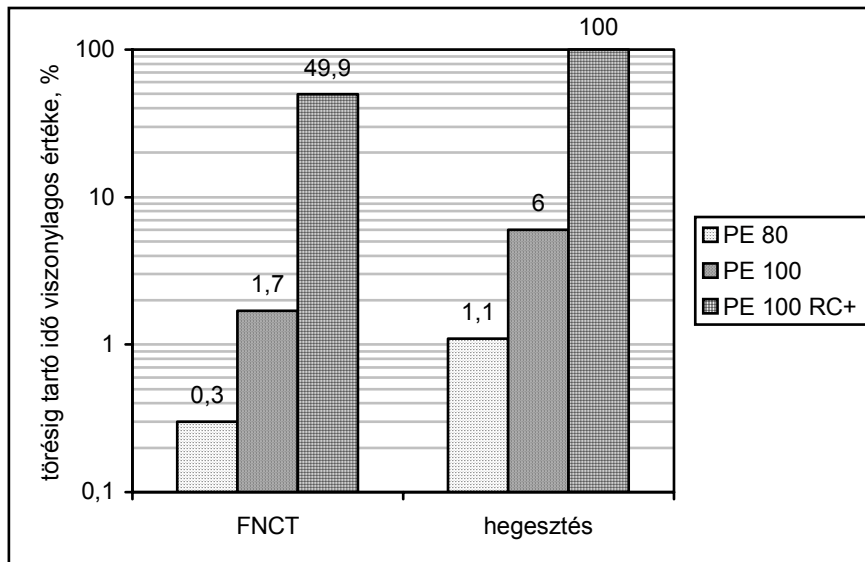
A **Hoechst** cég ipari parkjában 41 év óta folyamatos víznyomás alatt vannak a vízvezetékrendszer *Hostalen GM5010* típusú polietilénből gyártott csövei. Az ezekből vett mintákon megállapították, hogy hőöregedésük csak 17 év múlva várható.

A hegesztett kötések tartóssága

A nyomás alatti csövekben a cső kerületére kétszer akkora feszültség hat, mint tengelyirányban, a tompahegesztéssel összeépített csöveket ezért húzóvizsgálatban a kerületi feszültség 50%-ával terhelik. A *DVS 2205-1 irányelveknek* megfelelően a tar-

tós húzóvizsgálatnál 0,8-as szorzófaktorot alkalmaznak, hogy ellensúlyozzák a hegesztési varratban lévő hornyokból, a meghajlásból vagy a gátolt hőtágulásból eredő feszültségnövekedés hatását. A hegesztések tartós húzóvizsgálatát a *DVS 2203-4 irányelvek* szerint, emelt hőmérsékleten, nedvesítőszert tartalmazó vizes közegben végzik. A *DVS 2207-1 irányelvek* szerint *tompahegesztéssel összeépített csöveken a törés sohasem a hegesztés síkjában következett be, hanem a hegesztési sorjában lévő hornyokból kiindulva a cső alapanyaga tört el.*

Mivel a hegesztési sorját sohasem lehet tökéletesen lemunkálni, a tompahegesztés tartósságát a cső alapanyagának feszültségrepedezéssel szembeni ellenállása határozza meg. A különböző polietiléntípusok FNCT vizsgálattal meghatározott feszültségrepedezés-állósága és ugyanezen csövek hegesztési kötéseinek tartós húzóvizsgálatban mért törési ideje közötti összefüggést jól mutatja a *3. ábra*. (Az ábra viszonylagos értékeket ábrázol, ahol a PE 100 RC+ csőanyagból készített hegesztett cső leghosszabb törési ideje = 100%.)



3. ábra
Különböző generációs PE csőanyagok (FNCT) és hegesztett csövek (húzóvizsgálat) tartós terhelés hatására bekövetkező töréséig eltelt viszonylagos időtartam

*A polietiléncsövek kötésében a tompahegesztés mellett jól beváltak a beépített fűtőspirált tartalmazó kötőelemekkel végzett kötések is. Ilyen kötőelemek 710 mm-es külső átmérőig állnak a vezetéképítők rendelkezésére. A fűtőspirálos kötőelemekkel végzett csőkötések tartósságát tartós nyomás- vagy tartós húzóvizsgálattal ellenőrzik. Az előbbire még kevés a példa, a *DVS 2203-4 1. lapja* szerint *kivitelezett utóbbi vizsgálatban a törés nem a két cső határfelületén, hanem a spirál beépítésénél következett be.* A kötés tartósságát megfelelőnek találták. A jó kötés feltétele, hogy a hegesztendő csőfelületeket hegesztés előtt kb. 0,2 mm vastagságban gondosan lehántolják.*

Korszerű csőanyagok – tartósabb csövek

A polietilén csőanyagok folyamatos fejlesztése, mindenekelőtt feszültségrepedezéssel szembeni ellenállásuk növelése révén a PE-csövek tartóssága az elmúlt

50 évben 200–1000-szeresére nőtt. A felhasználó számára ez azt jelenti, hogy feszültségrepedezést kiváltó vegyszerek számára az eddigieknél vékonyabb falú csöveket és tartályokat is lehet alkalmazni. A kisebb átmérőjű és kisebb falvastagságú csövek hegesztési varratai is vékonyabbak, következésképpen kevesebb a befagyott feszültség, a gazdasági előnyök mellett javul a minőség.

A feszültségrepedésre kevésbé érzékeny csövek földre fektetése is olcsóbb, mert homokágy nélkül is szavatolható 50 éves minimális élettartamuk. A korábbiakban vázolt elvek szerint végzett vizsgálatokkal megállapították, hogy *minden olyan PE cső-anyagból gyártott cső, amely FNCT vizsgálat során (80 °C-on, 4 N/mm² tartós terhelés alatt, 2% Arkopal nedvesítőanyagot tartalmazó vízben) >3300 óra alatt törik el, biztonságosan földre fektethető homokágy nélkül.* A minőségbiztosítás érdekében azonban ismételten és rendszeresen meg kell győződni arról, hogy

- fennáll-e a vizsgálati és a felhasználási hőmérséklet által meghatározott tartományban az Arrhenius-egyenlet szerinti összefüggés,
- nem változik-e a PE gyártási tételei között a feszültségrepedéssel szembeni ellenállás,
- nem változnak-e az anyagi tulajdonságok a feldolgozás hatására (feszültségrepedés, izotrópia a cső kerülete mentén),
- fennáll-e a minimális élettartam hornyolással gyengített cső tartós nyomásállósági vizsgálata szerint (feszültségrepedés vagy öregedés okozta törés),
- az eredmények statisztikus értékelése kielégítő eredményt ad-e.

Polietilénnel bevont acélcsővek

Németországban az 1950-es évek óta alkalmaznak földre fektetett csővezetéképítéséhez korábban bitumennel bevont csövek helyett polietilénnel bevont acélcsőveket, amelyeken a polietilén a korrózióvédelmet szolgálja. A polietilén saját védőhatásán kívül ennek a polimernek a jó villamos szigetelőképesége lehetővé teszi, hogy a fémcsöveknél alkalmazott katódos korrózióvédelmet akár 100 km-es hosszúságban egyetlen berendezés tudja ellenőrizni.

A fémcsövekre a PE réteget eleinte szinterezéssel vitték fel. A fémcső felületét szemcseszórással megtisztították, majd a csövet 300 °C-ra felmelegítve és forgatva PE porba mártották. A PE por egyenletes rétegben ráolvadt az acélfelületre. Ez a PE réteg viszonylag rideg volt, kicsi volt a szakadási nyúlása és gyengén tapadt a felületre.

Az 1960-as évek óta extrudálással viszik fel az acélcsőre a polimert, tömlő formájában (<600 mm átmérőjű csövekre) vagy tekercseléssel (>600 mm átmérőjű csövekre). Kb. 20 évig közbülső ragasztóréteggel (korábban bitumennel, később polimer-ragasztóval) javították a polietilén tapadását az acélon, azaz a bevonat kétrétegű volt. Az 1980-as évek közepén vezették be a háromrétegű bevonatrendszer, amelynek legalsó rétege az acélfelülethez rendkívül jól tapadó epoxigyantás alapozó. Polietilénként kis, közepes és nagy sűrűségű polietilént (PE-LD, PE-MD és PE-HD) egyaránt használnak; polipropilént sokkal ritkábban (az utóbbit néha árokmentes fektetéshez).

Tömlőextrudáláskor por formájában szórják rá a meleg acélcsőre az epoxigyantát majd a ragasztóanyagot, és erre extrudálják rá a PE tömlőt. Tekercseléses eljárásban az epoxigyantás alapozót szórják fel porként a 200 °C-os fémcsőre, a ragasztót és a polimert oldalextruderekből viszik fel rá. A rétegeket egy görgősor nyomása sajtolja össze egymással.

A polietilénnel bevont acélcsővekre vonatkozó követelményeket a *DIN 30670 szabvány* tartalmazza, amely az elmúlt évtizedekben a technológiai fejlesztéssel párhuzamosan folyamatosan változott. Első változata 1974-ben jelent meg, ebben a lefejtési ellenállás minimális értékét 15 N/cm-ben határozták meg, de az 1980-as változatban már 35 N/cm szerepelt. Az 1991 óta hatályos szabvány 50 °C-ra, különleges esetekben 70 °C-ra is tartalmaz követelményeket.

Folyamatosan nőttek a polietilén öregedésével szembeni követelmények is. Az 1974-es szabvány 800 órás xenonlámpos besugárzás után a folyási szám legfeljebb 25%-os változását engedte meg. A szabvány 1980-as változata szerint külön kellett a hőöregedést vizsgálni 100 °C-on 2400 óra hosszat és a fénystabilitást 45 °C-on; a folyási szám legfeljebb 35%-kal változhatott. 1991 óta a fénystabilitást 7 GJ energiaközlés mellett esőztetéssel vizsgálják, és a hőstabilitást 2400 óra mellett 4800 órás igénybevétellel is mérik.

Az európai szabványrendszerben mind a Németországban 20 éve már nem alkalmazott kétrétegű, mind pedig a háromrétegű bevonatrendszer is szerepel.

A víz- és gázvezetékekbe beépített acélcsővek polietilénbevonatának meghibásodását eddig szinte kizárólag az 1985 előtt lefektetett kétrétegű rendszereken figyelték meg. A feszültségrepedezés háromféle formája fordult elő:

- repedésképződés mechanikai hatás következtében,
- repedésképződés az alapanyag ridegedése következtében,
- másodlagos repedésképződés a katódos védelem elektrokémiai hatása következtében.

Repedésképződés mechanikai hatás következtében

A földbe fektetett vezetékek gyakran sérülnek a későbbi földmunkák során. Egy ásógép fogazata pl. ilyen tevékenység közben mart bele egy korábban lefektetett acélcső PE burkolatába. A burkolatban a fog nyomából kiindulva mindkét irányban 1 m hosszú repedés képződött; az acélcső nem sérült meg. A rendszer egy korai, bitumenréteggel ragasztott, kis lefejtési ellenállású bevonat volt. Ugyanilyen hatásra egy korszerűbb rendszer valószínűleg kisebb sérülést szenvedne.

Repedésképződés az alapanyag ridegedése miatt

A csöveknél részletesen leírtuk, hogy a fény- és hőöregedés, az oxidáció és a stabilizátor elfogyása a polietilént rideggé teszi, és ekkor az a legkisebb mechanikai hatásra is törik. Az ilyenkor bekövetkező törésvonal nem egyenes vonalú, hanem zicz-zagos, elágazó. Egy 1978-ban lefektetett vezetéken észleltek ilyen törést. A hibahelyen a PE szakadási nyúlása az eredeti 500% helyett mindössze 25% volt.

A törést az anyagra megengedhető feszültség helyi túllépése váltja ki. *A szakadási nyúlás csökkenése jellegzetes tünete a PE öregedésének (korróziójának), bár a még meglévő nyúlás mindig sokkal nagyobb annál, mint amekkorának a vezeték hibátlan fektetésekor ki van téve. A helyi feszültségek külső hatás vagy gondatlan fektetés miatt léphetnek fel. Az ilyenkor fellépő feszültségkoncentráció repedést indíthat el.*

Egy érdekes ellentmondást figyeltek meg a polietilén öregedés okozta ridegedése, azaz szakadási nyúlásának csökkenése és a 20–30 évig a földben fekvő csövek vártnál nagyobb tartós nyomásállósága között. Az ellentmondásra az a kísérlet ad magyarázatot, amelyben a meghibásodott, eredeti 500%-os szakadási nyúlása helyett 25%-ra csökkent nyúlású bevonatot 24 h hosszat 60 °C-on hőkezelték, és utána 400%-os szakadási nyúlást mértek rajta! A hosszú használat után ismételen elvégzett tartós nyomásállósági vizsgálat magas (általában 80 °C-os) hőmérséklete egyúttal hőkezelést jelent a cső számára! Az ellentmondó tapasztalatok oka minden bizonnyal a törésmechanizmus eltérő volta. Ez viszont felveti a kérdést, hogy milyen vizsgálati módszerrel is kellene mérni a polietilén öregedését, hogy az a gyakorlat számára megbízható eredményt adjon. A kérdésre a kutatók keresik a választ.

Repedésképződés az elektrokémiai folyamatok révén

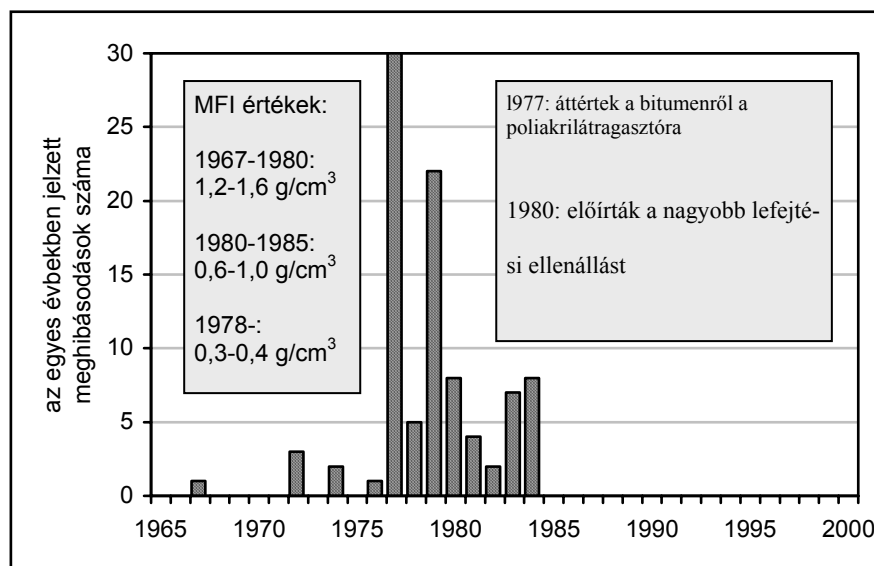
A meghibásodott bevonatok között voltak olyanok, amelyek repedése nem volt visszavezethető sem mechanikai sérülésre, sem az anyag ridegedésére. A repedéseket a következők jellemezték:

- kizárólag kétrétegű rendszerben léptek fel,
- egészen a fémfelületig hatoltak,
- mindenkor egy késvágásszerű horonyból indultak ki,
- a csővezetéket katódos védelemmel látták el.

A jelenség vizsgálatára PE bevonatos csövek felületét éles késsel 40 mm hosszan tengelyirányban bemetszték, majd a megsértett felület fölé függőleges PVC csőcsontot erősítettek, amelybe feszültségkorróziót kiváltó oldatot öntöttek. Az oldat 5%-os Igepal (ASTM 1693 szerinti nedvesítőszer), 3% NaCl vizes oldata vagy ún. szintetikus talajoldat volt. (Az utóbbi összetétele: 17 mg/l $MgSO_4 \cdot 2H_2O$, 733 mg/l $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, 430 mg/l $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, 210 mg/l Na_2HCO_3). A fémfelületet a kísérletek egy részében kalomelelektróddal $-1,5$ V-ra polarizálták.

Az 1980 elején gyártott csövek kétrétegű bevonatán (bitumenragasztó, a PE-bevonat MFI értéke 1,2–1,6 g/10 min) a horonyból Igepal hatására katódos védelem nélkül 2 nap; NaCl hatására kb. 4 nap múlva kezdett a repedés terjedni; az 1985 utáni kétrétegű bevonaton (bitumenragasztó, MFI 0,6–1,0 g/10 min) ugyanilyen sorrendben 10, ill. 28 nap után. Az ugyancsak kétrétegű, de 0,3–0,4 g/10 min folyási számú polietilénnel készített bevonaton Igepal hatására 64 nap után észleltek repedésterjedést, NaCl hatására 100 napon belül nem indult meg a repedés. Háomrétegű rendszereken a 0,6–1,0 g/cm³ folyási számú PE Igepal hatására 35 nap, a 0,3–0,4 g/10 min MFI-értékű PE 65 nap múlva kezdett repedni, NaCl hatására >700 nap alatt nem észleltek repedésterjedést. A szintetikus talajoldat >500 nap alatt nem váltott ki repedésterjedést.

A 4. ábra a polietilénnel védett csővezetéseken jelzett hibák számát mutatja az egyes években alkalmazott polietilének folyási számával és a bevezetett technológiai módosítások feltüntetésével. 1977 előtt a kétrétegű bevonatokban bitumenragasztót használtak, és ebben az időszakban csak ritkán észleltek meghibásodást. 1977 után a megkövetelt nagyobb lefejtési ellenállás érdekében a bitumen helyett poliakrilátalapú ragasztót vezettek be, ennek nyomán sokszorosára ugrott a meghibásodások száma. 1981-ben az addig alkalmazott PE helyett egy feszültségkorrózióknak jobban ellenálló típust kezdtek használni; ettől kezdve ritkábban észleltek repedést. Az 1980-as évek közepe óta alkalmazott háromrétegű rendszer teljesen megszüntette ezt a jelenséget.

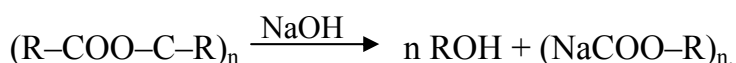
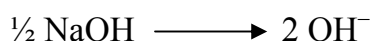


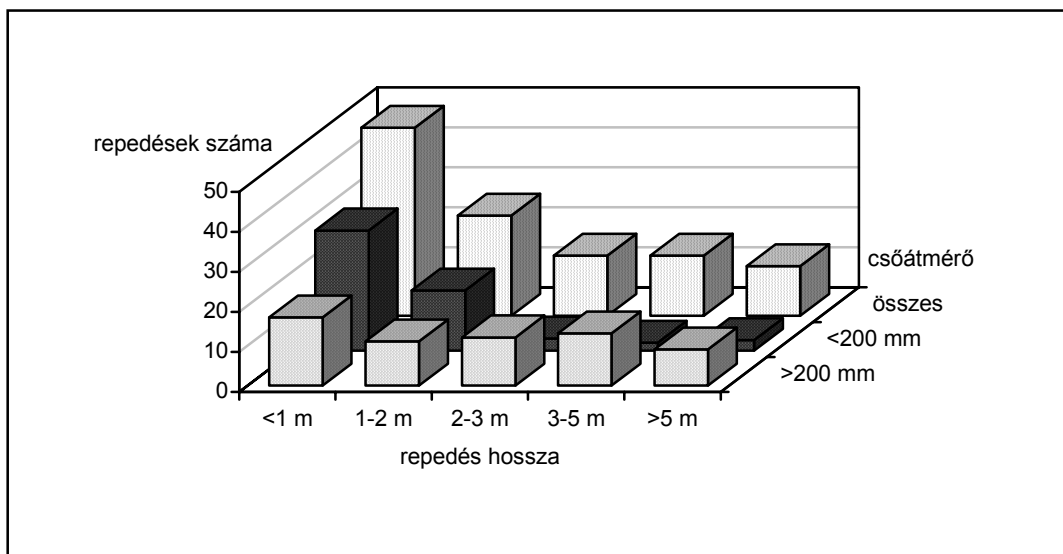
4. ábra
Az acélcsővekre felvitt polietilén védőrendszer jelzett meghibásodásainak száma az egyes években a rendszerhez alkalmazott PE folyási számának és felépítésének függvényében

Az észlelt jelenségek közül a folyási szám hatását a repedésterjedésre annak tulajdonítják, hogy a kisebb MFI érték nagyobb molekulatömeget, azaz hosszabb láncmolekulákat jelent. A hosszabb láncok az egymástól elkülönülő kristályokba beépülve azok között hidat képeznek, és ilyen módon gátolják a repedésterjedést. Ha az összekötő láncokat egy sérülés (horony) átvágja, ez a gátló hatás gyengül.

A NaCl oldat katódos védelem nélkül 3 nap, katódos védelemmel 5 nap múlva indította meg a repedést. Ugyanezen a rendszeren talajoldattal nem észleltek repedésterjedést. Ezt azzal magyarázzák, hogy a NaCl-ből a hibahelyen NaOH képződik, és a lúgos pH hozzájárul a PE repedéséhez. A szintetikus talajoldat magas Na₂HCO₃-tartalma viszont pufferként hat, és meggátolja a hibahely környezetének ellúgosodását.

A bitumen helyett bevezetett poliakrilát ragasztó drámai hatását a csővekre ugyancsak elektrokémiai folyamattal lehet magyarázni. Az elektronok lúgosító hatásának eredményeképpen a poliakrilát ragasztó elszappanosodik, azaz nedvesítőszer képződik a következő egyenletek szerint:





5. ábra A repedés hossza és a csőátmérő közötti összefüggés

Az 5. ábra a fellepett repedések gyakoriságát és hosszát mutatja. A repedések zöme nem volt hosszabb 2 m-nél. Hosszabb repedések a nagyobb átmérőjű csöveken léptek fel. Ennek oka lehet a gyártás során befagyott nagyobb feszültség, továbbá az acél és a műanyag közötti hőtágulás eltérése.

Összeállította: Pál Károlyné

Hessel, J.: 50 Jahre Rohre aus Polyethylen. Eine ingenieurtechnische Betrachtung. = 3R International, 45. k. 3-4. sz. 2006. p. 128–133.

Kocks, H.-J.: Die Spannungsrisssbildung von Polyethylen. An Praxisbeispielen von Stahlrohrumhüllungen. = 3R International, 45. k. 3–4. sz. 2006. p. 135–142.

Röviden...

Piacképesek a növényi olaj alapú poliolkok

Az amerikai **Dow Polyurethanes** bejelentette, hogy 2007-ben már üzemi gyártósorán fogja előállítani a szójaolaj-, napraforgóolaj- és repceolaj-alapon készülő poliolktermékeit. 2006-ban kis mennyiségben már gyártott ilyen poliolkokat, és kiválasztott vevőinél sikerrel kipróbálta azokat. Az eredmények azt mutatják, hogy megfelelően megválasztott olajalapú és szénhidrogén-alapú poliolkkeverékek tulajdonságai meghaladják a hagyományos, eddig használt propilén-oxid poliolkokét. Az új poliolkokat a **Dow** elsősorban lágy habokhoz, öntött habokhoz és egyes bevonatokhoz, ragasztókhöz és elasztomerekhez ajánlja.

Plastics technology, 52. k. 11. sz. 2006. p. 23.

O. S.