

Műanyag csövek, hegesztések minősége, hibák okainak feltárása

Habár a műanyag csövek alkalmazása hosszú múltra tekint vissza, továbbra is vannak olyan meghibásodások, törések, amelyek okát különleges vizsgálatokkal kell feltárni. A műanyag csövek sikeres alkalmazása nagymértékben függ a hegesztések minőségétől, amelynek vizsgálatára új módszereket fejlesztettek ki. Vizsgálják az IR és a vibrációs hegeszthetőség alkalmazhatóságát is.

Tárgyszavak: műanyag-alkalmazás; műanyag csövek; meghibásodás; CPVC; PE; PP; polibutadién; hegesztés; karmantyú; vizsgálat; repedés-terjedés.

A műanyag csövek alkalmazási területe rendkívül széles, különböző csőrendszerek alkotó elemeként nagy jelentőségük van a belőlük szerelt rendszerek zavarmentes működésében, élettartamában. Egy csőnek az élettartamát általában a csövön végzett vizsgálatokkal jelzik előre, de ezek nem minden esetben elegendőek, hiszen a minősítések alapján meghatározott élettartam előtt is gyakran tapasztalnak meghibásodást.

A műanyag csövekből álló rendszerek élettartamát természetesen nemcsak a csövek minősége, hibamentessége határozza meg. A vezetékrendszerek élettartama a csövek összeépítésének módjától és a kötőelemektől, azok illesztésétől is függ. Ezen a területen is vannak innovációk, új vizsgálatok, amelyekkel csökkenthetők a csövek összekötéséből adódó kockázatok.

Csővek meghibásodása, okok feltárása

Klórozott PVC (CPVC) csöveket vizsgált az amerikai Plastic Failure Labs laboratórium, amelyek alapján több esettanulmányban mutatta be, hogy miképp lehet a vizsgálatokkal beazonosítani a törések okait. Első lépésként a törési felületet analizálták mikroszkópiával, majd több más – az igazságügyi szakértésben is használt – módszerrel is használták a meghibásodások értékeléséhez (boroszkópia, ultrahang, statisztikai adatelemzés). A boroszkóp egy precíziós optikával ellátott műszer, amely kiváló képminőséget ad. Az endoszkóphoz hasonló elven működik, attól az különbözteti meg, hogy nem hajlékony, hanem merev csövű.

Az egyik esetben egy új CPVC csövekből álló vizes hűtő-fűtő rendszerben több meghibásodást tapasztaltak. A részletes vizsgálat szerint a repedéseket környezeti hatásra visszavezethető feszültség okozta. A legtöbb törés a ragasztásnál indult, és onnan

terjedt a CPVC illesztés vagy a cső felé. A további vizsgálat a kompresszor kenőolajából származó poliál-észter (POE) szennyezést mutatott ki a rendszer több helyén is, ami a hőcserélőből származott. A ragasztás meghibásodását ez a szennyezés okozta.

Egy másik esetben röviddel a létesítés után szivárgást tapasztaltak egy többemeletes szálloda tűzvédelmi rendszerében. A lyukakat főleg a csatlakozásoknál találták, ezért először a csatlakozásokat vizsgálták ultrahanggal. A vizsgálattal nagyon sok hibás kötést találtak. Vizsgálták a csövek deformálhatóságát, és megvizsgálták az illesztéseket is. Azt találták, hogy a csövek elegendően hajlékonyak voltak, de a legtöbb illesztésnél találtak hibát: ragasztóbecsöpögést, rossz csővégeket vagy túl rövid átlapolást. Végül boroszkóppal kimutatták, hogy az illesztések 25%-nál túl sok ragasztót használtak. Ennél a rendszernél a javaslat szerint vagy a teljes rendszert kell cserélni, vagy fokozott monitorozással folyamatosan cserélni kell a hibás illesztéseket. A vizsgáló intézet statisztikai modellezése szerint 2018-ig a hibás illesztések 95%-a jelentkezni fog.

Nagy szerepet játszhat a csővezetékek kifáradásában, törésében a *korrozív környezet*. A svéd kutató intézet, a Swerea emelte ezt ki egy konferencián. A csővezetékek öregedését már az ivóvízben csak nyomokban található vegyi anyagok is gyorsíthatják, a kifejezetten agresszív anyagok – klórgáz vagy erős savak – természetesen komolyabb károsodást is okoznak. Nyolcévi használat után, például egy klór szállítására használt CPVC cső külső rétege kifejezetten rideg volt, és alatta pedig barna elszíneződés mutatkozott. Az elszíneződött réteg vizsgálata azt mutatta, hogy ezeknek a rétegeknek alacsonyabb az üvegesedési hőmérséklete, ami a csővezeték anyagának kémiai változására utal. Hasonlóan megvizsgálták a koncentrált kénsav hatását polivinilidén-fluorid (PVDF) csőre. A csövet egy svéd acélműben használták. 30 év után is jó állapotban volt, mindössze bizonyos elszíneződést tapasztaltak. A Swerea kutatói speciális vizsgálatokkal azt is kimutatták, hogy a savkoncentráció 96-ról 98%-ra történő emelése repedésekhez vezet.

A csővezetékek élettartamának becslése szempontjából nagy fontosságú a *gyors repedésterjedéssel szembeni ellenállás vizsgálata* (RCP test – rapid crack propagation, MSz EN ISO 13477: 2008). Ennek a vizsgálatnak két változatát is használják. Az egyik az *S4* kis léptékű, ún. állandósult állapotú, a másik az *FS* teljes (full-scale) mérés. Az amerikai Chevron Phillips szakértői különböző átmérőjű csöveken vizsgálatokat folytattak mindkét eljárással. Az *FS* mérési eljárás megbízhatóbb eredményt ad, de nagyon körülményes és drága. A *vizsgálatsorozat célja a két eredmény közötti összefüggés meghatározása volt*. Vizsgálataik szerint a két eredmény közötti konverzióra eddig általánosan használt 3,6-os szorzót korrigálni kell. Több éven át végzett vizsgálatok után azt állapították meg, hogy a helyes konverziós tényező 4,5–5,0 között van. Szerintük így a könnyebben kivitelezhető *S4* módszerrel több és megbízhatóbb információhoz lehet jutni a repedésterjedés tekintetében. Vizsgálataikból az is kiderült, hogy *összefüggés van az extrúziós sebesség és a repedéssel szembeni ellenállás között*. A nagyobb sebességgel gyártott csövek jobb eredményt adtak az RCP tesztben. Feltevé-sük szerint a nagyobb hőfejlődés hatott kedvezően, csökkentette a csőben maradó feszültséget.

Több alkalmazás szempontjából is alapvető fontosságú a csövek *forró vízzel szembeni ellenállása*. A japán Kyoto Institute of Technology kutatói polibutadién (PB) és térhálósított polietilén (PEX) csöveken végeztek forró vizes vizsgálatokat klór jelenlétében és anélkül. A kísérleti csöveket 5 és 10 ppm koncentrációban klórt tartalmazó forró, 80, 90 és 98 °C hőmérsékletű vízben 30 óráig tartották, majd mérték a szakítószilárdságot és a hőstabilitást. Ez utóbbit az oxidációs indukciós idő (OIT – *ISO 11357-6: 2008*) mérésével jellemezték. Megállapították, hogy nagyobb klór koncentrációnál a cső belső felületén az OIT, vagyis a hőstabilitás csökkent.

Végeztek kísérleteket az egyre nagyobb mennyiségben használt magasabb hőállóságú polietilénnél (PE-RT) is. A csöveket forró vízbe (60–110 °C) merítették különböző ideig. A leghosszabb vizsgálat idő 12 000 óra volt. A forró vizes kezelés után a mintákon mechanikai méréseket és DSC vizsgálatot végeztek. A szakítószilárdság valamennyi hőmérsékleten 3000 óráig növekedett, majd állandósult. A szakadási nyúlás 60 és 90 °C-on végzett öregítés után nem változott érdemben, de 110 °C-on 12 000 óra után jelentős csökkenést mértek.

A minták szerkezeti változásának követésére a Raman-analízist használták. A spektroszkópos vizsgálatokból megállapították, hogy a 110 °C-os kezelés után tapasztalt szakadási nyúlás csökkenés oka a hő hatására bekövetkező inhomogén kristályosodás lehet, ami deformációs hibákat eredményezett a PE mikroszerkezetében.

Új innovatív technikák a hegesztés minőségének javítására

A csőrendszerek *roncsolásmentes monitorozására* javasolja a brit TWI az amerikai Team Qualspec-kel együttműködve a *PolyTest* vizsgálatát, amellyel a csövek hegesztésekor fellépő mindenfajta hiba kimutatható. Az ultrahanggal dolgozó rendszer hordozható, és így jól használható a csőrendszerek megbízhatóságának ellenőrzésére. A *PolyTest* megfelel a vonatkozó *ASTM E3044* és az *EN 13100-3* szabvány előírásainak.

Felesleges kiadások kerülhetők el, ha a csövek összekötését már a rendszer felállítása előtt vizsgálják. Egy ilyen esetben komoly összeget takarított meg egy megbízó, aki a végleges kivitelezés előtt a brit Impact Solutions vizsgáló laboratóriumot kérte fel a hegesztések minősítésére. A brit cég profilja a PE csövek hegesztésének vizsgálata, amelyet saját szabványuk, a *WIS 4-32-08*, illetve az *ISO 13953* nemzetközi szabvány szerint végeznek. A fentiesetben, például több esetben is kimutatták, hogy a vizsgált hegesztés deformálásakor rideg törés lép fel. Ennek okára is fény derült: kétféle szilárdságú PE csövet, a PE 100-t és a PE 80-t hegesztettek össze, és emiatt a kiválasztott hegesztési hőmérséklet nem volt optimális mind a két cső számára.

Az olasz Sica cég megújította a *csővégek formázását, a karmantyúk kialakítását* végző gépeit. A szokásos hidraulikus és pneumatikus formázást elektromos hőformázással váltották ki több gépüknél is: az *Unibell 400-nál* (PVC csövekhez 400 mm-ig), az *Everbell* típusoknál (PP csövekhez 200 mm-ig), valamint a *Multibell 110 Rieber* gépeknél (110 mm alatti kemény PVC csövekhez). Az új megoldás szerint a csöveket IR sugárzással fűtik fel a kívánt hőmérsékletre. Az új technológia egyik fő

előnye az alacsonyabb energiaigény, mivel a fűtőelemek csak a szükséges ideig működnek. Nem lép fel továbbá a hidraulikus működésnél gyakori olajszenyezés, a kialakított formák pontosabbak, és a gépek alacsonyabb zajszinttel dolgoznak. A sugárzással történő fűtés gyorsabb is, így a ciklusidő rövidül.

Az elektromos hegesztéshez használt kötőelemek gyártását újíttotta meg az MSA Engineering Systems brit cég, amely új technológiát fejlesztett ki a *fűtőspirálok beágyazására* nyereg profilú, azaz görbült felületű kötőelemekbe. Az új eljárással és géppel a kötőelemek gyártói korábban nem gyártható formákat is előállíthatnak, a fűtőspirálok elhelyezése pontosabb, és a költségek is csökkennek. Az új berendezés nemcsak nagy piaci siker lett, hanem a cég ezzel az innovációval *elnyerte a „Queens Award for Innovation”* díjat is.

Az amerikai McElroy all-in-one berendezést fejlesztett ki PP csövekhez *elágazások hegesztéssel történő kialakításához*. Az új *Hornet* nevű berendezéssel 20–63 mm átmérőjű elágazásokat lehet kialakítani egészen 630 mm átmérőjű csöveken. Ezt a műveletet eddig kézzel végezték. A most kifejlesztett kis tömegű (5,5 kg) berendezés hordozható, rugalmasan használható, pontosabb és hatékonyabb szerelési munkát tesz lehetővé. A cég másik újdonsága az *Acrobat 180* hegesztő berendezés. A hidraulikával dolgozó tompahegesztést végző berendezést úgy tervezték, hogy alkalmas legyen az építkezéseken, szűk helyeken vagy éppen a kiásott árkokban való hegesztésre is. A berendezés 63-180 mm átmérőjű PE-HD csövek és kötőelemek hegesztésére alkalmas. Könnyű tömegének köszönhetően a berendezés a cső mentén hordozható, de ugyanakkor elegendően stabil. Az *Acrobat 180-nal* történő hegesztés lényegesen olcsóbb a fűtőspirálos kötőelemeket igénylő elektromos hegesztésnél.

A német Chemnitz University of Technology kutatói az *IR és a vibrációs hegesztés* alkalmazhatóságát vizsgálják a műanyag csövek összekötésére. Jelenleg a projekt keretében kísérleteket végeznek a hegesztések értékelésére. Közepes nyomású felhasználásra (öntözés, ivóvíz) szánt *PE 63* típusú PE-HD csöveket vizsgáltak. A hegesztett próbadarabokat, nedvesítőszert is tartalmazó vizes oldatban különböző hőmérsékleteken szakadásig terheltek a *DVS 2203-4* előírásai szerint. A szakadás bekövetkezteként kiértékeléséből kiszámították az ún. hosszú távú hegesztési tényezőt (Fs), amely a vizsgált infravörös és a vibrációs hegesztésnél is legalább 0,8-nak adódott, ami megfelel a tompahegesztéssel elérhető eredménynek. A projekt következő szakaszában a vizsgált hegesztési eljárásokkal kapott adatok további gyűjtésére és validálására fognak koncentrálni. Ezen kívül a kísérleteket további anyagokra – PE 100-ra, random PP-kopolimerre (PP-R) és PVC-re – is kiterjesztik.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Reade L.: Finding fault: identifying the reasons behind pipe failure = Pipe & Profile Extrusion www.pipeandprofile.com 2017. április, p. 39–44.

Reade L.: Getting hitched: latest in joining technology = Pipe & Profile Extrusion www.pipeandprofile.com 2017. június, p. 31–36.