

## Polietiléncsövek hegesztése

*Tárgyszavak: vízvezeték; gázvezeték; nagy átmérőjű csövek; fűtőspirálos karmantyús hegesztés; fűtőelemes tompahegesztés; kivitelezés; gazdaságosság; hegesztők képzése.*

Polietiléncsöveket 50 év óta használnak víz- és gázvezetékek kiépítéséhez. A jelenlegi, *harmadik generációs polietiléncsövekből készített vezetékek élettartama várhatóan eléri a 100 évet.* A vezetéket azonban egységes rendszernek kell tekinteni, amelynek élettartama nem csak a csövek tulajdonságaitól függ, hanem a kötőelemektől (fittingektől) és az összeépítés módjától és gondosságától is.

Kezdetben csak az épületek bekötéséhez használtak PE-csövet, a gerincvezeték fémből vagy kerámiából készült. A csatlakozást ragasztással, csavarozással rögzítették, amely nem bizonyult mindig elég tömörnek. Ma már a *földbe fektetett csövek is legtöbbször polietilénből készülnek, és átmérőjük elérheti a 225 mm-t. A PE 100-as csőanyag megjelenése lehetővé tette az átmérő további növekedését, és Németországban várhatóan bevezetik a vízellátásba az 500 mm, a gázellátásba a 315 mm névleges átmérőjű csöveket, de esetenként a 630 mm-es vagy akár a 710 mm-es csövek alkalmazása is felmerülhet. Csatornavezetékként kísérleti céllal már 1200 mm-es PE-csövet is fektettek a földre, és szakvásáron 1600 mm átmérőjű PE-csövet is kiállítottak.* A polietilén csőszakaszokat ma szinte kizárólag hegesztéssel kötik össze, ami által a vezeték egységes anyagból álló, folyamatos rendszerre válik. Ez különösen fontos az olyan országokban (pl. az arab országokban és Dél-Európában), ahol a víz minden cseppje „aranyat ér”, és nem engedhető meg az elszivárgás a vízforrás és a felhasználó között.

A hegesztés egyik korai módja a fűtőelemes karmantyús hegesztés, amikor a csővég külső és a karmantyú belső felületét megfelelő alakú fűtősablonnal melegítik fel úgy, hogy a felületi réteg megolvadjon. A csövet ezután tengelyirányban betolják a karmantyúba, és az olvadék megdermedéséig elmozdítás nélkül ott tartják. Ezt az eljárást ma már ritkán alkalmazzák. Helyette a beépített fűtőspirált tartalmazó kötőelemek terjedtek el. A másik alkalmazott eljárás a fűtőtükrös tompahegesztés.

## A polietiléncsövek vezetéképítéskor figyelembe veendő tulajdonságai

A kis átmérőjű polietiléncsövek könnyűek, rugalmasak, és akár 100 m-es hosszban dobra tekerceselhetők, ezért kézi erővel is könnyen árokba fektethetők, és kevés csőkötést igényelnek. A nagy átmérőjű csövek ezzel szemben vastag falúak, nehezek, 6 m-es darabokban állnak rendelkezésre, és gyakran csak gépi berendezéssel mozgathatók, de merevségük ellenére rugalmasak és jól tűrik a terhelést.

Jellemző rájuk, hogy *nem tökéletesen kör keresztmetszetűek. Az európai szabványok (prEN 1555, prEN 12201) a szálakban szállított csöveknél gyártás után 1,5%-os ovalitást engednek meg. Ez 20 mm-es átmérőnél még csak 0,3, 400 mm-es átmérőnél azonban már 6 mm-es méreteltérést jelent. A tárolás során a csövek falának nagy tömege miatt azonban az összelapulás tovább nőhet.*

A szabványokban a csövek legkisebb külső átmérőjét használják jellemző méretként, amit névleges átmérőnek neveznek. *A túrés a 20 mm-es csöveknél 0,3 mm lehet, a 400 mm-eseknél akár 2,4 mm.*

Jellemző a polietiléncsövekre a csővégek beszűkülése. A megengedett átmérőcsökkenés 0,1 d, ami 20 mm-es csöveken 2 mm, 400 mm-eseken 40 mm.

További méretváltozást okozhat vágáskor a merőlegestől eltérő vágási szög. *Mindössze 2°-os eltérés a 20 mm-es cső kerületét 0,7 mm-re, a 400 mm-esekét viszont már 14 mm-rel növeli meg.*

Mivel jó minőségű, megbízható hegesztés csak jól összeillesztett felületeken, kis rések mellett végezhető, a cső méretre vágását nagy gondossággal kell elvégezni. Használható bármilyen kézi vagy villamos meghajtású fűrész, de a merőleges vágás érdekében vágóablont kell használni. Nagy átmérőjű cső vágásakor a cső teljes kerületén körülfutó ragasztószalag vagy más jel is kijelölheti a vágás irányát.

## Csőkötés fűtőspirálos kötőelemekkel

63 mm-nél nem nagyobb átmérőjű csövekkel végzett épületbekötésekhez és elágazó elemek hegesztéséhez szinte kizárólag fűtőspirálos kötőelemeket használnak, de *400 mm-es átmérőig a legtöbb fittinggyártó kínál ilyen elemeket.* Ezeket fröccsöntik (ilyenkor nagyobb a gyűrűmerevség) vagy extrudált csövekből készítik (itt szavatolt az üregmentesség). A karmantyúk külső palástját középen huzallal vagy csőből kivágott és felmelegített gyűrűvel erősítik meg a hegesztési nyomással szembeni ellenállás megnövelésére. (A polietilényűrű hűlés közben zsugorodik, és nagy erővel „páncélozza” a kötőelemet.) A fűtőspirált esztergával „szántják be” a kötőelem belső felületébe, majd ráépítik a villamos csatlakozót.

A fűtőspirált teljesen vagy csak félig ágyazzák be a polimerbe. Az előző esetben vékony polimerréteg fedi a huzalt, és hegesztéskor annak meg kell olvadnia, mielőtt a hozzáhegesztendő csőfelület olvadni kezdene. Ha a huzal felület szabad, a cső és a fitting olvadása egyidőben indul meg. Mindkét spirálkivitellel évek során sok millió megbízható kötést létesítettek. Az egyik fittinggyártó azt állítja, hogy *a szabad spirált tartalmazó elemekben (amelyene- ket maga is forgalmaz) a hőduzzadás révén szűkülő részben az ömledékfront hullám alakú mozgásra kényszerül, emiatt megnő a tapadási felület és erősebb lesz a hegesztés.*

A hegesztés minőségét meghatározza az is, hogy milyen mélyen tolják be a csövet a kötőelembe. A cső és az elem közötti rész egy része ugyanis maga a hegesztőzóna, ahol kialakul a két polietilénforma között a homogén kötés. Másik része az ún. hidegzóna, amelyben megdermed az ömledék egy része, ezáltal lezárja a rést és lehetővé teszi a hegesztési nyomás kialakulását, és amely felveszi a fektetéskor fellépő kisebb szögváltozásokat, kiegyenlíti az ovalitást, a méreteltéréseket, a derékszögtől való eltéréseket. *Minél hosszabb a hegesztőzóna, annél erősebb a hegesztés, és minél hosszabb a hidegzóna, annél kevésbé hat a hajlítófeszültség a hegesztési zónára.* A **Friatec AG** (Mannheim) ezért a szokásosnál jóval hosszabb kötőelemeket kínál, amelyekben a hegesztési zóna a szabványok által meghatározott minimális hosszúság kb. kétszerese lehet (1. táblázat).

1. táblázat

A Frialen kötőelemek hegesztőzónájának hossza az európai szabványok szerint kötelező legkisebb hegesztőzónához viszonyítva

| Csőátmérő, mm | Legkisebb kötelező hegesztőzóna, mm | Frialen elemek hegesztőzónája, mm | Hegesztőzónák hosszának aránya |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 32            | 10                                  | 21                                | 2,1                            |
| 63            | 11                                  | 29                                | 2,6                            |
| 125           | 16                                  | 42                                | 2,6                            |
| 225           | 26                                  | 72                                | 2,7                            |
| 400           | 47                                  | 83                                | 1,9                            |
| 630           | 67                                  | 110                               | 1,6                            |

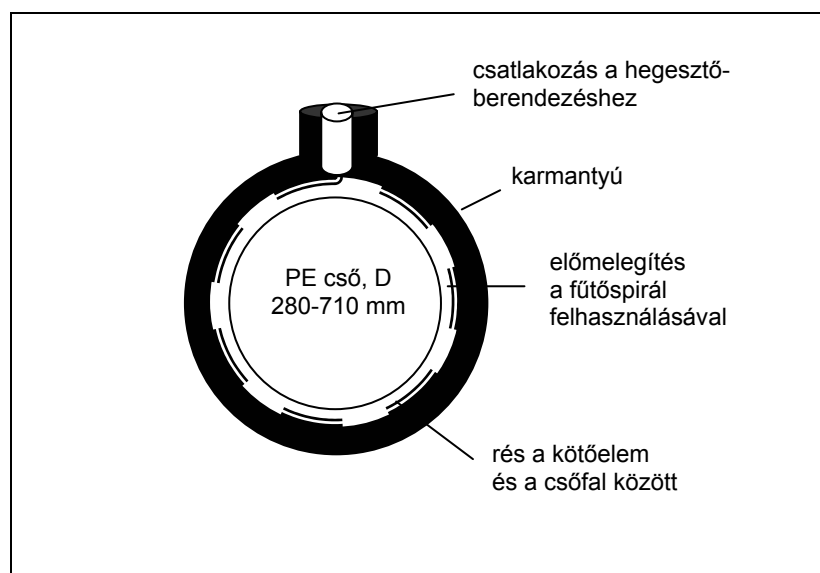
A kötőelemeken fel kell tüntetni a gyártó adatait, a névleges átmérőt, a nyomásfokozatot, a gyártási tétel számát. Egy másik címkén (pl. vonalkódon) meg lehet adni a hegesztési paramétereket és a szükséges hűtési időt. Ezeket egy arra alkalmas automatikus hegesztőberendezés le tudja olvasni és parancsként végre tudja hajtani.

A nagy átmérőjű csövek fűtőspirálos karmantyúval való hegesztése ugyanazokból a lépésekből áll, mint a vékony csöveké, azaz

- a cső méretre vágása,
- a cső előkészítése,
- a karmantyú pozícionálása,
- a hegesztés elvégzése.

A cső előkészítése az egyik legfontosabb feladat. Először letörlik a csővégről a durva szennyeződést, ezzel csökkenthető a hántolóberendezés kopása. Ha szükséges, nyomással igyekeznek a cső keresztmetszetét kör alakúra formázni. A csövön megjelölik azt a hosszúságot + 2 cm-t, ameddig a karmantyút fel fogják tolni. Ezen a hosszön forgó hántológéppel lemunkálják a cső felületét olyan mélységben, hogy a karmantyú kézzel könnyen ráhúzható legyen. Ha egyes helyeken szorul, itt kézi eszközzel lehet a méretet finomítani. A karmantyú végleges felhúzása előtt megtisztítják a csövet és bejelölik a betolási hosszt. Ha a kötőelem a helyén van, tartószerkezetben rögzítik a kötést, és az így marad a lehűlésig. A karmantyú csatlakozóját összekötik a hegesztőberendezéssel, és elvégzik a hegesztést.

A 280–710 mm átmérőjű csövek hegesztőspirálos karmantyús kötéséhez fejlesztették ki az előmelegítés utáni hegesztést. Ilyen nagy csöveknél nagy a valószínűsége annak, hogy a tárolás alatt tömegük révén deformálódnak, keresztmetszetük eltér a kör alaktól és az összehegesztendő felületek között a kívánatosnál nagyobb rés marad. Ilyenkor a fűtőspirált két lépésben hevítik fel; az első lépésben csak annyira, hogy a polimer felmelegedjen, de ne olvadjon meg. A hőtágulás hatására a két felület közötti távolság csökken, és a második lépésben megolvadó polimer ömledéke könnyen kitölti azt (1. ábra). A hegesztőberendezést ebben az esetben két különböző vonalkód vezérli.



1. ábra Nagy átmérőjű csövek hegesztése két lépcsőben  
(1. lépés: előmelegítés, 2. lépés: megömlesztés)

## Tompahegesztés

A tompahegesztést is 40 éve alkalmazzák polietiléncsövek összekötésére. Ennek lényege, hogy a merőlegesen levágott csöveket fűtött függőleges sík fűtőelemhez (fűtőtükörhöz) nyomják, majd a megolvadt csővégeket összenyomják és az ömledék megdermedéséig ilyen helyzetben tartják. Ez az eljárás kis átmérőjű csövek esetében meglehetősen egyszerű, *nagy átmérőjű csövek hegesztése azonban robusztus gépi berendezést igényel, amelynek a munkaterületen helyet kell biztosítani.* A gép a következő részekből áll:

- hidraulikusan mozgatott szán,
- egyengető gyalu,
- fűtőelem,
- hidraulikavezérlés. (A hidraulikavezérlés rendszerint el van látva adat-rögzítő egységgel).

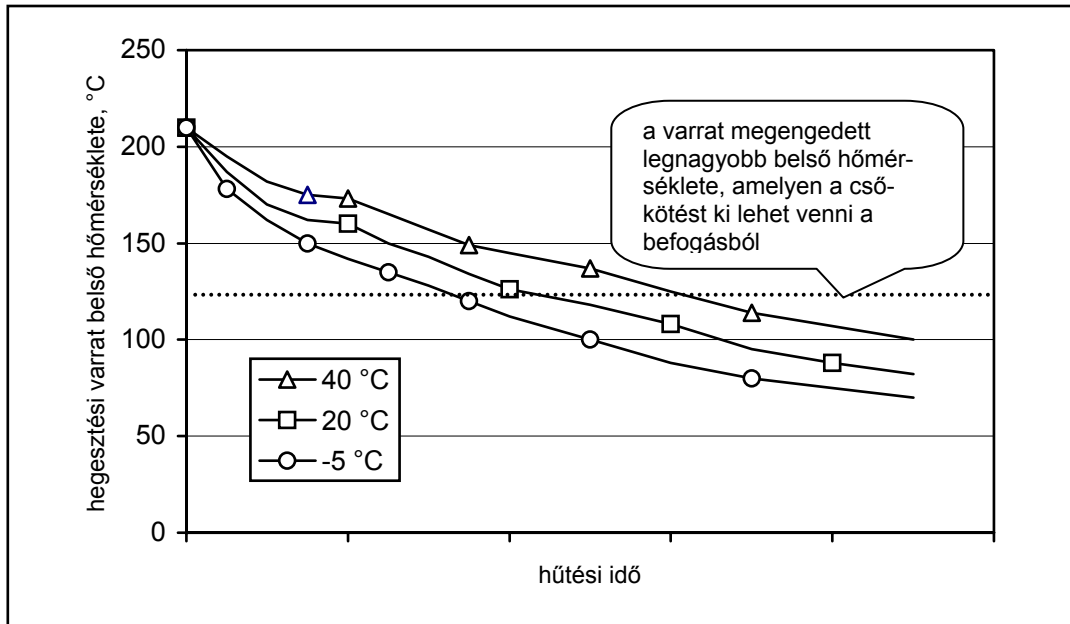
*Tompahegesztő berendezéseket egészen 1800 mm-es átmérőig kínálnak a gyártók. CNC vezérléssel nagyon pontosan szabályozható a hőmérséklet és a hegesztéskor alkalmazott nyomás. A hegesztés folyamata a beállított paraméterekkel teljesen automatikus, a hegesztés minősége ezért nem függ a hegesztést végző személytől. A hegesztési varrat szilárdsága eléri a csőanyag szilárdságát.*

*250 mm-nél nagyobb átmérőjű csövek összeépítésekor a tompahegesztés gazdaságosabb, mint a fűtőspirálos kötőelemek alkalmazása. Az átmérő (és a csőfal vastagságának) növekedésével azonban jelentősen megnő a hűtési idő. Ez lerövidíthető az ún. CTC eljárással (CTC: cooling time control, a hűtési idő ellenőrzése). Ennek lényege, hogy egy érzékelő és egy szoftveralgoritmus segítségével kiszámítják azt a hűtési időt, amely alatt az aktuális környezeti hőmérsékleten a hegesztési varrat teljes vastagságában lehül arra a hőmérsékletre, amelyen a cső a friss kötés sérülése vagy deformációja nélkül kivethető a rögzítőszerkezetből. A számítás különböző polietilén csőanyagokkal (PE 63, PE 80, PE 100) elvégzett laboratóriumi kísérleteken alapszik (2. ábra). Eszerint a DVS 2207 irányelvekben 40 °C-os melegben kötelező hűtési idő után kapott állapot 20 °C-os környezetben 33%-kal, 5 °C-os környezetben 54%-kal rövidebb idő alatt érhető el, azaz ennyivel rövidíthető meg a hűtés időtartama.*

## A fűtőspirálos kötőelemekkel és a tompahegesztéssel készített csőkötések összehasonlítása

A költségtakarékosság igénye egyre nagyobb súllyal nehezedik rá a csővezetékek építőire, az üzemeltetőkre és az egész csőgyártó iparra, emellett egyre növekednek a biztonságra vonatkozó elvárások is (követelmény, hogy a vezetékrendszer minden egyes elemét később is azonosítani lehessen és

nyomon lehessen követni, továbbá dokumentálni kell a hegesztés minden egyes lépését), ezért egységes nézőpontot kell kialakítani a vezetékfektetés területén. Mindig a legalkalmasabb eljárást, és annak korszerű, az adott célra optimális változatát kell alkalmazni.



2. ábra A hegesztési varrat belső hőmérsékletének változása a hűtési idő alatt 40, 20 és  $-5$  °C-os környezetben

*Mindkét hegesztési eljárás sok éves gyakorlatban bizonyította alkalmazását, de mindkettőnek vannak az adott esetben előnyei és hátrányai. A 2. táblázat az előnyöket hasonlítja össze.*

*Előfordul, hogy egyazon vezetékrendszerben mindkét eljárást felhasználják. A palermói vízvezetékrendszert pl. úgy építették ki, hogy két tompahegesztés után egy karmantyús hegesztést létesítettek. Ennek oka egyrészt az építéskor rendelkezésre álló szűk hely, másrészt az a felismerés volt, hogy a vezetékben esetleg keletkező gyors repedésterjedést a karmantyúk megállítják.*

## A csővezetéket építők képzése

Németországban a Német Hegesztéstechnikai Egyesület (DVS, Deutscher Verband für Schweißtechnik) irányelvei határozzák meg a csővezeték építésekor követendő eljárást, és ezek alapján végzik a kivitelezők képzését is (DVGW Arbeitsblatt 330 és 331). A tanfolyam hallgatói elméleti és gyakorlati képzést kapnak, a tanfolyam végén pedig írásbeli és gyakorlati vizsgát

tesznek. Sikeres vizsga után egy évig érvényes hegesztő jogosítványt kapnak. Ennek a szigorú rendszernek eredményeképpen a jelenlegi csővezetékek kiemelkedő minőségben készülnek el.

2. táblázat

A fűtőelemes tompahegesztés és a fűtőspirálos karmantyús hegesztés előnyeinek összehasonlítása

| Fűtőelemes tompahegesztés  | Fűtőspirálos karmantyús hegesztés  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ jó reprodukálhatóság, különösen CNC vezérléssel</li> <li>➤ a varratnál kitűremkedő ömledék révén öntisztító hatású</li> <li>➤ az erőteljes befogás kiegyenlíti a tengelyirányú deformációt és kör alaktól való eltérést</li> <li>➤ a stabil szán és a befogás megvédi a kötés helyét a fellépő hajlító és fektetési feszültségektől,</li> <li>➤ az elektromos gyalu eltávolítja a cső homlokfelületéről az oxidréteget,</li> <li>➤ 250 mm felett hatásosabb és gazdaságosabb, de CTC eljárással a mérethatár kisebb,</li> <li>➤ a hegesztési varrat egyszerűen, rátekintéssel ellenőrizhető,</li> <li>➤ 710 mm feletti átmérőjű csövekhez is alkalmazható.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ épületbekötésnél a leggazdaságosabb eljárás</li> <li>➤ szűk helyen, pl. útkereszteződésben ideális eljárás,</li> <li>➤ elágazó kötőelemekkel különböző formájú rendszerek alakíthatók ki,</li> <li>➤ a cső belsejébe nem juthat ömledék, a cső keresztmetszete nem szűkül le, az áramlás zavartalan marad,</li> <li>➤ a fűtőspirálos karmantyúk könnyűek, egyszerűen szállíthatók és kezelhetők,</li> <li>➤ különböző generációjú anyagból készített és eltérő falvastagságú elemek is hegeszthetők egymással,</li> <li>➤ a szükséges eszközök és szerszámok egyszeri beruházást igényelnek,</li> <li>➤ speciális kötőelemek sem növelik a szerelés költségeit,</li> <li>➤ könnyen kivitelezhető, gazdaságos eljárás utólagos bekötés vagy javítás esetén.</li> </ul> |

**Pál Károlyné**

Eckert, R.: Verbindungstechnik für PE-Rohre. = 3R International, 42. k. 3–4. sz. 2003. p. 232–237.

Steiert, Th.; Schuster, B.: Verbinden von PE-Großrohren.= 3R International, 42. k. 3–4. sz. 2003. p. 226–230.