

Csőtávvezetékek gépesített és félig-gépesített hegesztése különös tekintettel az irányított rövidzárlatos gyökhegesztésre

Scsaurszki Tamás

Hegesztő mérnök, EWE, IWE
KVV Zrt.
scstamas@hotmail.com

Absztrakt: A téma aktualitását adja, hogy az elkövetkezendő években jelentős csőtávvezeték építés várható Magyarországon, másrészt a hegesztés technikában történt fejlődés lehetővé teszi a klasszikus csőtávvezeték hegesztési technika kiváltását.

Az anyag rövid áttekintést ad a körvarratokkal kapcsolatos követelményekről. Ismerteti és elemzi a távvezetékek hegesztésére rendelkezésre álló új berendezéseket és módszereket. Összehasonlításokat tesz az elérhető teljesítmények között is.

1. Bevezetés

Az energia felhasználásról szóló előrejelzések az elkövetkező évtizedben a földgáz iránti igény további növekedését prognosztizálják az Európai Unióban, de különösen annak keleti régiójában. Tekintettel, hogy az energiaforrások távol vannak, a szükséges mennyiséget a felhasználás helyére kell szállítani. A szállítás tervezésénél, a régió zavartalan földgázellátása érdekében, az alábbi szempontok is figyelembe lettek véve:

- a) Szállítási kapacitás növelése
- b) Az egyoldalú gázfüggőség csökkentése
- c) A jelenlegi problémás szállítási útvonalak részbeni kiváltása (ukrán, fehérórosz)

Mivel a szállítás leggazdaságosabb módja a csővezetékes szállítás, ezért az elkövetkező években várhatóan több, sok ezer kilométer hosszú, nagy átmérőjű csőtávvezeték fog épülni.

A jelenleg tervezett vagy már épülő vezeték a következők:

- a) NORD STREAM (OPAL) gázvezeték: az építés már megkezdődött
- b) NABUCCO gázvezeték: közép-keleti gáz szállítása (1. ábra)
- c) SOUTH (BLUE) STREAM gázvezeték: orosz és FÁK országok béli gáz szállítására (1. ábra)

Scsaurszki Tamás: Csőtávvezetékek gépesített és félig-gépesített hegesztése különös tekintettel az irányított rövidzárlatos gyökhegesztésre



1. ábra NABUCCO és a SOUTH STREAM gázvezetékek tervezett nyomvonala

A felsorolt nagytérű vezeték mintegy 800-1000 km hosszú szakasza fog feltehetően Magyarországon keresztül haladni. Ez a tény indokolja, hogy egy rövid áttekintést adjunk a vezetéképítés egyik legfontosabb, jelentős élők munkát igénylő, a minőségét megbízhatóságát, üzembiztonságát alapvetően meghatározó építési folyamatáról, a vonalhegesztésről.

2. Csőtávvezetékek jellemzői és a hegesztéssel kapcsolatos elvárások

A napjainkban épülő távvezetékek lényeges jellemzői az alábbiak:

Csőátmérő: 24"- 56"-ig (Ø 600 – Ø 1450 mm-ig) Falvastagság: 10-25 mm

Anyagminőség: X60-X80, L485MB-L555MB Üzemnyomás: ~75-100 bar

Az alkalmazott hegesztési eljárás biztosítsa többek közt a varratfém:

alacsony H₂ tartalmát.

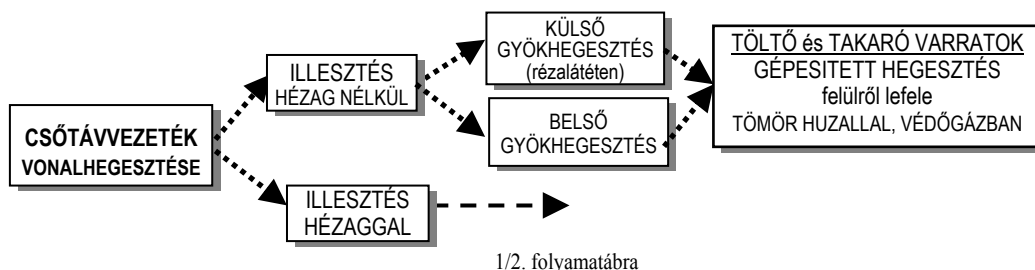
a felső folyáshatár elérését („over-matching”)

a varrat megfelelő szilárdságát és szívósságát

3. Csőtávvezetékek vonalhegesztése

A csőtávvezetékek körvarratainak 75-90%-át a talaj felszíne felett 40-60 cm magasságban hegesztik össze ún. vonalhegesztő (Line Welding) csoportok.

Az 1/2 sz. folyamatábrán összefoglalva láthatók a vonalhegesztő csoportoknál napjainkban leggyakrabban alkalmazott hegesztési eljárások.



1/2. folyamatábra

Körvarrat hegesztés illesztési hézag nélküli:

Erre a csoportra jellemző a nagy hegesztési sebesség, magas napi varratszám.

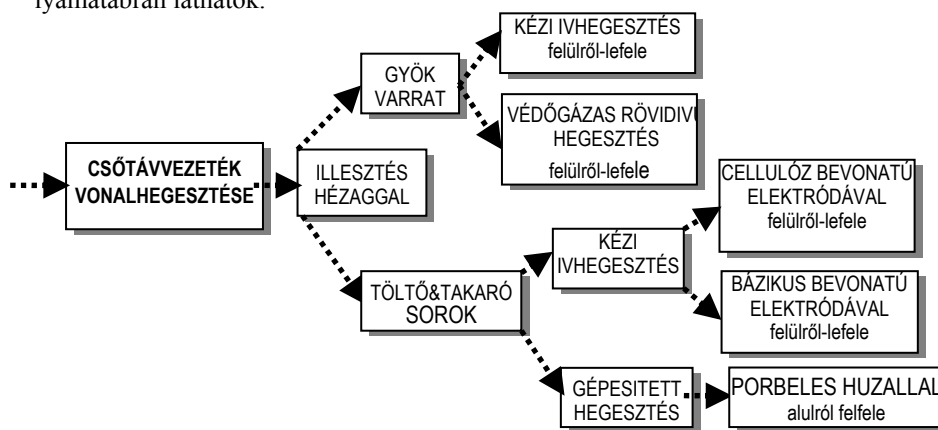
- ▶ A komplett varrat automata és/vagy gépesített hegesztési módszerekkel történik.
- ▶ Jellemző, hogy a hatékonyság érdekében a gyökvarrat hegesztésnél kettő vagy több fej is hegeszt egy időben.
- ▶ Valamennyi csővégre a helyszínen egy speciális él kiképzést esztergálnak. Ez vastagabb falnál akár 40-60%-al csökkentheti a hegyanyag mennyiségét.
- ▶ Speciális belső illesztőt alkalmaznak. A belső illesztő egyik esetben hegesztő fejekkel van ellátva (belső gyökvarrat), másik esetben rézalátéttel van felszerelve (külső gyökvarrat)
- ▶ A töltő és takaró varratsorokat hegesztő kocsik készítik.
- ▶ Valamennyi varratsort felülről lefele hegesztik, tömör huzallal, védőgáz atmoszférában

Ezek a csoportok magas fokon gépesítettek és magas napi varratszámot biztosítanak. A jelentős a fel és levonulási, valamint logisztikai költségek miatt azonban csak nagyobb átmérő, falvastagság és vezetékhozs esetén gazdaságosak.

A rézalátéten történő gyökvarrat hegesztés számos országban nem megengedett!

Körvarrat hegesztés illesztési hézaggal:

A távvezetékek jelentős része jelenleg is úgy készül, hogy a gyökvarratot illesztési hézagban hegesztik. A gyakorlatban előforduló kombinációk a 2 /2 sz. folyamatábrán láthatók.



2/2. folyamatábra

Scsaurszki Tamás: Csőtávvezetékek gépesített és félig-gépesített hegesztése különös tekintettel az irányított rövidzárlatos gyökhegesztésre

A vonalhegesztő csoport teljesítményét gyakorlatilag a gyökvarrat készítés ciklusideje határozza meg. A ciklusidő két részből áll, az illesztés (előkészítés) idejéből és a gyökvarrat hegesztési idejéből. Látható, hogy a hatékonyság lényeges eleme a hegesztés gyorsasága. Könnyű belátni, hogy a csőátmérő növekedésével, nő a varrathossz, így csökken a napi varratszám, a napi előrehaladás.

A hegesztési idő csökkentésének két módja van:

- Az egyidőben dolgozó hegesztők számának növelése: (ez korlátozott, NA 800 mm-ig 2 fő, e felett 4 fő hegesztő dolgozhat egy időben egy gyökvarraton)
- A gyökvarrat hegesztési sebességének növelése.

A különböző módszerekkel elérhető gyökvarrat hegesztési sebességek az alábbi táblázatban láthatók:

1. sz. táblázat

| KÜLÖNBÖZŐ GYÖKVARRATOK HEGESZTÉSI SEBESSÉGE | | HEGESZTÉS IRÁNYA | HEGESZTÉSI SEBESSÉG | MEGJEGYZÉS |
|--|--------------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------|
| # | M E G N E V E Z É S | | (cm/perc) | |
| 1.0 | KÉZI HEGESZTÉS | | | |
| 1.1 | Cellulóz elektróda | felülről-lefele | 18-22 | |
| | | alulról-felfele | 6-10 | |
| 1.2 | Bázikus elektróda | alulról-felfele | 5-8 | |
| 2.0 | FÉLIG GÉPESITETT HEGESZT. | | | |
| 2.1 | Irányított rövidzárlatos | felülről-lefele | 18-22 | |
| 3.0 | GÉPESITETT, AUTOMATA HEG. | (illesztési hézag nélkül) | | |
| 3.1 | Kívülről hegesztve (réz alátéten) | felülről-lefele | 40-45 | |
| 3.2 | Belülről hegesztve | felülről-lefele | 160 | 4 fej egyidőben |

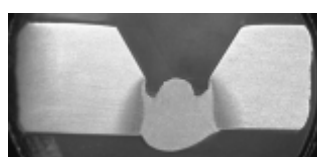
3.1. Gyökvarrat vonalhegesztése

A táblázatból látható, miért volt a távvezeték gyökvarrat hegesztés „kedvenc” elektródája a cellulóz bevonatú. Rendkívül nagy előnye a környezettel szembeni viszonylagos érzéketlenség és a nagy hegesztési sebesség. Kétségtelen előnyei mellett azonban a felhasználás során számos hátrányos tényezővel is számolni kell.

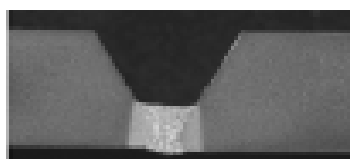
Ezek a teljesség igénye nélkül az alábbiak:

- A kedvezőtlen, kétoldali szélbeégés miatt (2. ábra) varratkoronát köszörsülni kell, és egy további, speciális varratsor felhegesztésével (Hot Pass) kell/lehet a maradék salakot is eltávolítani.

- ▶ A varratfém visszamaradó hidrogén tartalma magas. (25-35 ml/100 gr fém), ami repedés érzékenyvé teszi a varratot különösen nagyobb szilárdságú acéloknál.
- ▶ A szükséges előmelegítési és a sorközi hőmérséklet a kedvezőtlen hegyanyag miatt magas
- ▶ A gyökölésre alkalmas elektródák folyáshatára alacsonyabb („under-matched”) mint a nagyszilárdságú csőacéloké.
- ▶ A vonali gyökvarrat hegesztés kivételes képességű hegesztőt igényel, nagy, korábbi cellulóz gyakorlattal és speciális kiképzéssel. A betanulási időszak 6-8 hetet is meghaladhatja.



Cellulóz gyök



STT gyök [1.]

2.ábra. Gyökvarratok összehasonlítása

Láttuk továbbá a 2.0 pontban, hogy a nagyszilárdságú csőanyagok gyökvarratainál is követelmény, hogy a:

- ▶ a varratfém hidrogén tartalma alacsony legyen, (5 ml/100 g fém)
- ▶ a gyökvarrat folyáshatára haladja meg az alapanyag maximális folyáshatárát (over-matching)
- ▶ alacsony keménységet és megfelelő ütőmunkát garantáljon különösen savanyú közeg szállítása esetén.

A nagyszilárdságú csőanyagok gyökvarratának hegesztéséhez, mint az a fenti felsorolásból látható, a cellulóz bevonatú elektródák nem alkalmasak.

A hagyományos bázikus bevonatú elektróda varratminősége megfelel, de az alulról-felfele történő hegesztés lassúsága miatt alkalmatlan távvezetéki gyökvarratok készítésére.

Az elmúlt években komoly erőfeszítések történtek, hogy a rövidzárlatos védőgázos hegesztést alkalmasabbá tegyék gyökvarrat, kötéshiba mentes, biztonságos hegesztésére. A fejlesztések során lényegében „módosították” a rövidzárlatos hegesztés áramlefutásának jellegét.

Napjainkra több berendezés is rendelkezésre áll, többek közt a Miller cég RMD™, Lincoln cégtől az STT™, ESAB cégtől a QSet™ stb. A felsoroltak közül a Lincoln STT™ rendelkezik a legtöbb referenciával.

A kifejlesztett berendezések jellemzői és előnyei:

- ▶ könnyen irányítható fémátvitel, biztonságos beolvadás,
- ▶ a varratfém hidrogéntartalma alacsony, a folyáshatár és ütőmunka magas
- ▶ nyugodt iv, igen kevés fröcskölés és füst
- ▶ mind CO₂ mind keverék védőgázzal dolgozik, nincs szükség gyökoldali gázvédelemre.

Scsaurszki Tamás: Csótávvezetékek gépesített és félig-gépesített hegesztése különös tekintettel az irányított rövidzárlatos gyökhegesztésre

- ▶ igen jó résáthidaló képesség (2-6 mm), a megengedett éleltolódás (max. 3,5 mm) hegesztése nem okoz problémát.
 - ▶ A gyökvarrat alakja rendkívül szép és kedvező (2 sz. ábra.). Gyakorlatilag nem igényel köszörülést.
 - ▶ A gyökvarrat vastagsága meghaladja a 4 mm-t, így, a gyökvarratra közvetlenül lehet hegeszteni akár nagyteljesítményű eljárással is.
 - ▶ az 1. sz. táblázatból látható a hegesztés sebessége eléri a cellulóz elektróda gyökölési sebességét
 - ▶ Kimagasló előnye, hogy az eljárás rendkívül gyorsan megtanulható!
- Egy jó képességű hegesztő, különösebb MÍG/MAG gyakorlat nélkül, 2-3 nap alatt el tudja sajátítani, majd a sikeres vizsga után dolgozni kezdhet.
Kérem ezt összevetni a cellulózzal gyökölő hegesztők többhónapos képzésével!

3.2. Töltő és takaró varratsorok hegesztése

Az előző pont szerint elkészült gyökvarratok készre hegesztése vagy kézi ívhegesztéssel, vagy gépesített hegesztéssel történik.

Itt kell megjegyezni, hogy a varratok befejezésére (töltő, takaró sorok) alkalmazott hegesztési módszer hatékonysága nem befolyásolja a napi előrehaladást, csak a töltő-takaró varratokon dolgozó hegesztők számát.

A kézi ívhegesztés még napjainkban is a leggyakrabban alkalmazott módszer. A kézi ívhegesztés hagyományos, cellulóz elektródája mellett rendelkezésre állnak a nagyszilárdságú csőanyagok, hegesztésére kifejlesztett bázikus bevonatú elektródák is.

Ezekkel az elektródákkal felülről-lefele lehet hegeszteni és fajlagos kihozataluk magasabb a cellulóz bevonatú elektródával elérhető kihozatalnál. (3. ábra)

A felülről lefele hegesztő bázikus elektródák:

- ▶ biztosítják a varratfém alacsony hidrogén tartalmát, (5 ml/100 g fém).
 - ▶ a varratfém folyáshatára meghaladja az alapanyag maximális folyáshatárát (over-maching).
 - ▶ alacsony keménységet, megfelelő szívósságot és ütőmunkát garantálnak.
- Ezen felül:
- ▶ Az elektródák kezelése nem nehéz, egy gyakorlott kézi hegesztő, pár nap alatt megtanulhatja. A hegesztés technikája, sajátos keveréke a cellulóz és bázikus elektródák kezelésének.
 - ▶ Kevésbé érzékenyek a környezeti hatásokra, mint a klasszikus bázikus elektródák.
 - ▶ A sorközi hőmérséklet alacsonyabb, mint cellulóz elektródánál.

Gépesített hegesztés:

Az elmúlt 5-10 év fejlesztéseinek eredményeképpen több kiváló minőségű berendezés is rendelkezésre áll a varratok gépesített hegesztéséhez.

Ezeknek a berendezéseknek közös jellemzői a következők:

- ▶ a hegesztés szinte kizárólag alulról felfelé történik porbeles huzallal, védőgáz atmoszférában
- ▶ a „hegesztő kocsik” a varrat mellé felerősített szalagon/sínen mozognak
- ▶ a „hegesztő kocsik” bármely csóméretre jók, csak vezető gyűrűt kell cserélni más méretnél
- ▶ a hegesztés, tekintettel a védőgázos védelemre, hegesztősátrakban történik.

A gépesített hegesztésnél:

- ▶ A hegyanyag minősége kiváló. Mind a szilárdsági, mind a szívóssági elvárások teljesítéséhez rendelkezésre állnak a megfelelő minőségű porbeles huzalok.
- ▶ Fajlagos teljesítménye legalább 50%-al meghaladja a kézi ívhegesztését.
- ▶ betanulása sokkal rövidebb időt vesz igénybe,
- ▶ Rendkívül nagy előnye, hogy úgy fizikailag, mint szellemileg kevésbé veszi igénybe a hegesztőt/kezelőt.
A hegesztő kocsi felügyelete messze nem igényel olyan folyamatos figyelmet, mint az „égő” elektróda kezelése.
- ▶ A varratminőség kiváló, rendkívül tiszta, hibamentes varratokat lehet készíteni
- ▶ A berendezések beruházási költsége lényegesen kevesebb, mint az automata hegesztő berendezéseké.

3.3. Az elérhető teljesítmények összehasonlítása

A hegesztési módszer kiválasztása nagyon fontos, mivel egy kivitelező első kérdéseinek egyike:

„Hány varratot lehet vele készíteni naponta?”

Ez indokolja, hogy röviden összehasonlítsuk az ismertetett módszereket.

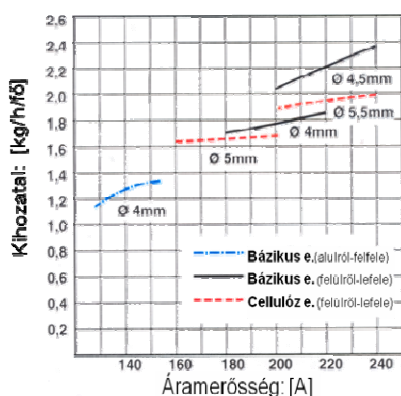
A 2. sz táblázaton egy 40"-os távvezeték kézi ívhegesztéssel, ill. féliggépesített hegesztéssel (STT™) készülő gyökvarrat-készítés ciklusideje látható.

Scsaurszki Tamás: Csőtávvezetékek gépesített és félig-gépesített hegesztése különös tekintettel az irányított rövidzárlatos gyökhegesztésre

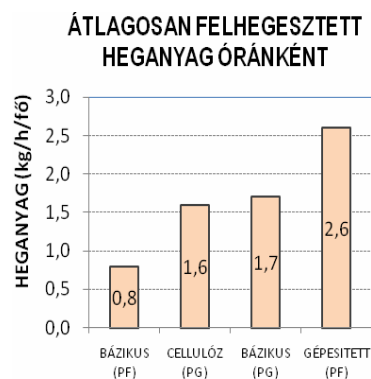
2. sz. táblázat

| 40"-os vezeték gyökvarrat készítésének ciklusideje | Hegesztők száma | Hegesztési sebesség | Gyökölési idő | Gyök kőszőrülési idő | Hot Pass hegesztés | Illesztési idő | CIKLUSIDŐ | Elérhető átlagos napi varratszám |
|--|-----------------|---------------------|---------------|----------------------|--------------------|----------------|-----------|----------------------------------|
| Megnevezés | (fő) | cm/mín) | (min.) | (min.) | (min.) | (min.) | (min.) | (db/10 óra) |
| Kézi ívhegesztés (cellulóz bevonat) | 2 | 20 | 10 | 4 | 8 | 6 | 28 | 22 |
| Félig gépesített hegesztés (pl. STT) | 2 | 16 | 12 | 2 | - | 6 | 20 | 30 |

A 3. ábrán a különböző bevonatú elektródákkal elérhető fajlagos hegyanyag kihozatal látható, a 4. ábrán a különböző eljárásokkal elérhető hegesztési teljesítmény olvasható le.



3. ábra Bevonatos elektródával elérhető kihozatalok



4. ábra Eljárások fajlagos hegesztési teljesítménye

Összefoglalás

Mint azt láthattuk, az elkövetkezendő években jelentős nagytérű csőtávvezeték építés várható Magyarországon. Ezen vezeték mérete és az alkalmazott nagyszilárdságú acélok, továbbá a megváltozott előírások, olyan elvárásokat támasztanak a vezeték hegesztésével szemben, amelyet a hagyományos cellulóz kézi ívhegesztés már nem tud teljesíteni.

Bemutattuk, hogy az elmúlt időszakban a hegesztés technikában, úgy a hegesztőgépek, mint a hozaganyagok továbbá a hegesztés technológia területén, jelentős előrehaladás történt. Ezek a fejlesztések megteremtették a lehetőséget arra, hogy a távvezetékek vonalhegesztésénél, terepi körülmények között is új módszereket alkalmazzunk.

A gyökvarrat hegesztésére, mint láttuk az irányított rövidívű hegesztés (pl STT) megfelelő alternatívát kínál a cellulóz elektródával szemben. Ez az eljárás nemcsak gyors és kiváló varratminőséget biztosít, de kedvező geometriai alakja és vastagsága ideális a további varratsorok készítéséhez akár gépesített hegesztéssel is.

A töltő és takaró varratok készítésére két módszer is rendelkezésre áll, a kézi ívhegesztés bázikus elektródával felülről-lefele vagy gépesített hegesztés alulról felfele porbeles huzallal védőgáz atmoszférában Mindkét módszer kielégíti a nagyszilárdságú acélokra vonatkozó előírásokat. A gépesített hegesztés fajlagos teljesítménye jelentősen nagyobb és kevésbé veszi igénybe a hegesztőt.

Irodalom

- [1] J. Lamond, K. Y. Lee: A Cost Effective Root Pass
- [2] Scaurszki Tamás: Nagynyomású csőtávvezeték hegesztésének nemzetközi és hazai gyakorlata napjainkban
- [3] Robert Bishop: Pipeline