



MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Szénhidrogén-szállító csővezeték automatizált hegesztése

Pósalaky Dóra
II. éves gépészmérnök (Msc) hallgató

Konzulens:
Dr. Török Imre
egyetemi docens
Mechanikai Technológiai Tanszék

Miskolc, 2011

Tartalom

1 Bevezetés	2
2 A szénhidrogén-szállító vezetékek hegesztéséről általában	3
2.1 Illesztési hézaggal végzett hegesztés	5
2.2 Illesztési hézag nélküli hegesztés	7
3 Gyökhegesztés fejlesztési kísérlet	9
3.1 A KVV - Kőolajvezetéképítő Zrt.	10
3.2 A kísérlet során alkalmazott eljárások bemutatása	11
3.2.1 STT – Surface Tension Transfer hegesztés	11
3.2.2 Rapid Arc hegesztés	15
3.3 Az alkalmazott gépek	17
3.4 Alkalmazott anyagok	19
3.5 Vizsgálati eredmények	22
3.6 Mért és számított adatok	23
3.7 Mért és számított adatok szemléltetése	24
3.8 Az elvégzett anyagvizsgálatok	27
3.8.1 Szemrevételezéses vizsgálat (1. jegyzőkönyv)	28
3.8.2 Ultrahangos vizsgálat (2. jegyzőkönyv)	28
3.8.3 Radiográfiai vizsgálat (3. jegyzőkönyv)	28
4 Összefoglalás	29
5 Mellékletek	33
6 Köszönet nyilvánítás	36
7 Irodalomjegyzék	37

1 BEVEZETÉS

A szénhidrogén-szállító vezetékek építésének leglényegesebb szakasza a hegesztés, melyet vonalhegesztő csoportok végeznek. A vonalhegesztő csoportok feladata a nyomvonal mellett előkészített vezeték szakaszok gyökvarratainak, töltő-, és takaró varratainak készre hegesztése. Adott körvarraton egyszerre több ember dolgozik a megfelelő pozíciókban, egymás akadályozása nélkül.

Mivel a vonalhegesztő csoport teljesítményét elsősorban az elkészített gyökök száma határozza meg, és mivel a gyökhegesztés a legkényesebb művelete a cső-távvezetékek létesítésének, ezért célszerű a technológiának erre a mozzanatára összpontosítani a fejlesztés szempontjából. [1]

A mai felgyorsult világ, a fejlődő technológiák és az egyre bővülő anyagválaszték megalapozzák és meg is követelik a cső-távvezeték építés fejlesztését. Nagyon fontos, hogy egy adott vezeték szakasz lefektetése a lehető legrövidebb idő alatt megvalósuljon, a lehető legpontosabban tervezhető legyen. Elkészültét nem csak az alkalmazott technológia, a szakképzett munkaerő, hanem a környezeti tényezők is komolyan befolyásolják, amiket sajnos nem lehet mindig előre tervezni. Szükséges hát, hogy az alkalmazott eljárás és a szakemberek maximálisan megbízhatóak legyenek.

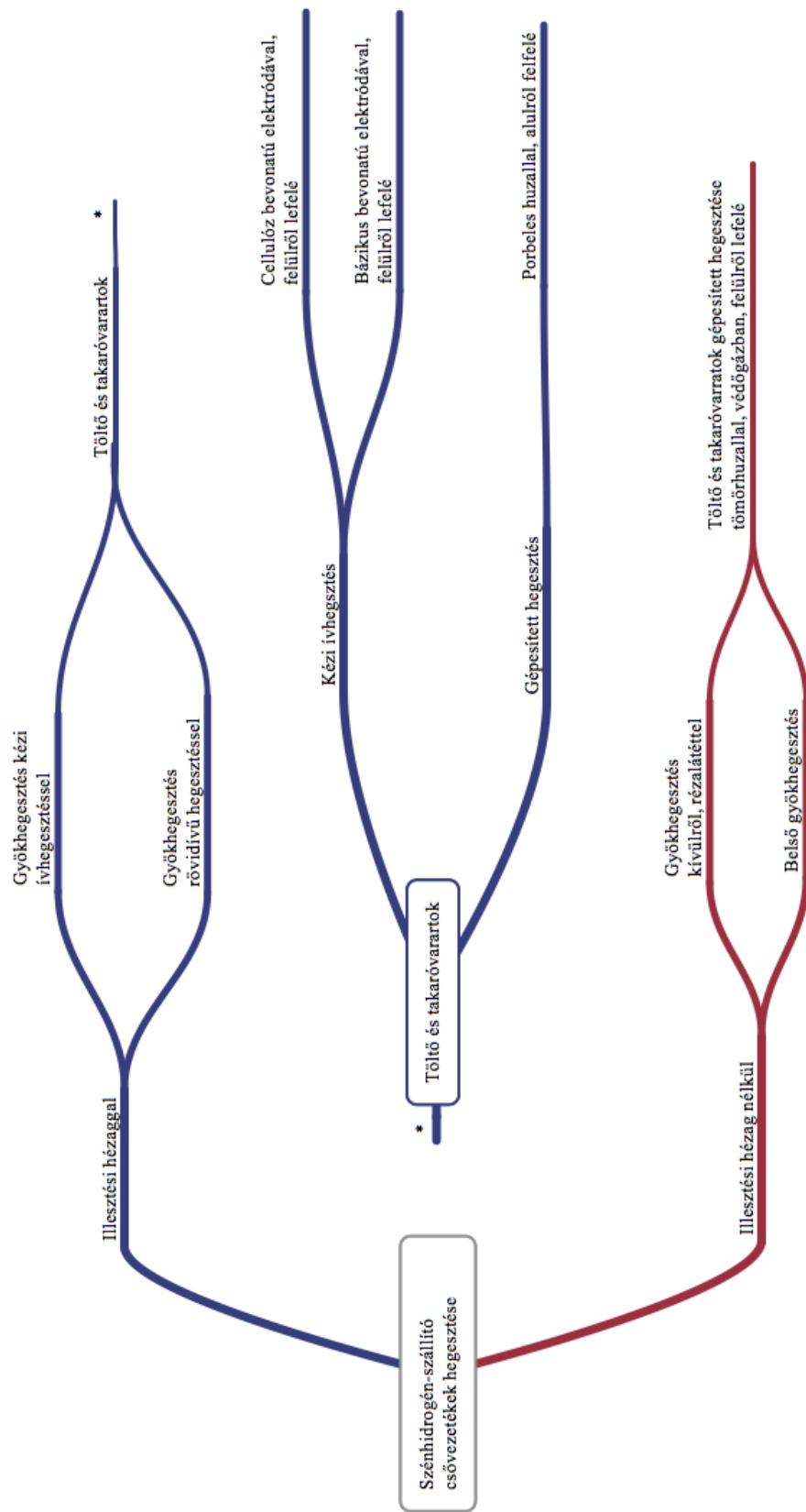
Dolgozatom témája egy kísérleti gyökhegesztés. A kísérlet célja adatok és tapasztalatok gyűjtése illesztési hézag nélküli automatizált gyökhegesztés területén. A kísérletet az L 485 MB anyagminőségű alapcsövön végeztük el, kétféle leélezést készítettünk két különböző átmérőjű csövön, minden esetben hézagmentes illesztéssel kialakítva a varratárkot. A kísérlet során vezérelt rövidívű eljárást alkalmaztunk a gyökök elkészítéséhez és impulzusívű eljárást a töltő-, és takaró varratokhoz. Az elkészült próbadarabokat különféle anyagvizsgálatoknak vetettük alá a szemrevételezéses vizsgálat mellett, hogy pontos információkat kapjunk a varratok minőségéről.

2 A SZÉNHIDROGÉN-SZÁLLÍTÓ VEZETÉKEK HEGESZTÉSÉRŐL ÁLTALÁBAN

A szénhidrogén-szállító vezetékek építésének meghatározó része a hegesztés. Egy távvezeték hegesztett varratainak 80-90%-át vonalhegesztő csoportok készítik, 75-90%-ban talajszint felett. Munkájuk determinálja az egész vezeték építés teljesítményét és gazdaságosságát, valamint a megépült vezeték minőségét.

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. A gyökvarrat készítésére az egész világon érvényes igen szigorú előírások vannak. Az alkalmazott hegesztési eljárás és technológia, jelentősen befolyásolja a vonalhegesztőcsoport teljesítményét, az eljárás paraméterei határozzák meg egy projekt megvalósulásának idejét. [1] [2]

Az elmúlt évek műszaki fejlődése előirányozta egy új technológia kidolgozását. Elsősorban a gyökvarrat készítésének megfelelő automatizálása lenne a cél, mivel a létező eljárások az alkalmazható gépek magas költségei miatt viszonylag gazdaságtalanok. Tekintsük át csőhegesztés technológiáját, melyet az 1. ábra szemléltet.



1. ábra

Szénhidrogén- szállító csővezetékek hegesztésének folyamatábrája

2.1 Illesztési hézaggal végzett hegesztés

Ebben az esetben az alkalmazott technológia jellemzően kézi ívhegesztés mind a gyök mind pedig a töltő és takaróvarratok esetében.

A **gyökhegesztés bevontelektródás kézi ívhegesztéssel** és védőgázas fagyóelektródás ívhegesztéssel valósítható meg, ez utóbbit ritkán alkalmazzák, mind két esetben PG pozícióban. A bevontelektródás kézi ívhegesztés hőforrása villamos ív, mely a munkadarab felülete az elektróda között képződik. A hegfürdő védelmét védőgáz és a bevonatból képződő salak látja el, a maghuzal pedig ötvözheti a varratot. Csőhegesztéshez használunk ötvözetlen, gyangéne, vagy erősen ötvözött elektródákat. A technológia szempontjából mégis inkább a bevonat szerinti megkülönböztetés a fontos.

Csőhegesztés **rutilos elektródával**: a titán-, és szilícium-dioxid tartalmú salak erősen savas jellegű, ezért a foszfor és kén eltávolítása nehézkes, a varrat hidrogén tartalma pedig 15-25 ml/100g fém, ami a szokásos elektróda kiszáritással sem mérsékelhető. A rutilos elektróda pozitív tulajdonságai a könnyű ívgyújtás, ívtartás, a nyugodt ív és a finomcseppes leolvadás, de a legnagyobb előnye a kiváló résáthidaló képesség, ami különösen előnyös gyökhegesztés során! Nem olvasztja le a hegesztendő éleket a finomcseppes átmenet miatt, ezért ívelést kell végezni az éleken az elektróda enyhe lengetésével, ügyelni kell arra, hogy az ömledék áthidalja a rést, de ne roskadjon át! Másik nagy előnye a rutilos elektródának, hogy PG pozícióban is alkalmazható.

A **bázikus bevonatú elektróda** alkalmazásával kiváló mechanikai és átlagos hegesztési tulajdonságokat lehet elérni. Az elektróda szárításával a hegomledék hidrogén tartalma 5 mg/100g fém érték alá is csökkenthető. Rövid ív alkalmazásával az alacsony hidrogén, kén és foszfor tartalom mellett még a nitrogén tartalom is csökkenthető. Nagycseppes leolvadás jellemzi és a rossz résáthidaló képessége miatt pontos illesztést igényel, valamint itt is szükséges az elektróda lengetés. A nyugtalan ív miatt bázikus elektródával lényegesen nehezebb a gyökhegesztés, mint rutilossal, nagyobb gyakorlatot kíván és a fűzővarratokat teljesen ki kell köszörülni. Speciális

bázikus esővarrat-elektrodával PG pozícióban is lehet hegeszteni. [2] [3] [4]

Cellulóz bevonatú elektróda alkalmazásával a varrat kevésbé sima felületű mint a rutilos elektródával készítetté. Valamennyi hegesztési helyzetben jól alkalmazható, de elsősorban PG pozícióban hegesztenek vele. PG pozícióban nagyobb hegesztési sebesség érhető el köszönhetően a cellulóz bevonatú elektróda kis tömegű, gyorsan dermedő, könnyen leválló salakjának. A gyors dermedés javítja a résáthidaló képességet, de pont a gyors dermedés miatt szükséges a precíz illesztés. PG pozícióban a nagyobb mennyiségű védőgáz alkalmazása növelt fűvóhatást hegesztési sebességet és beolvadási mélységet eredményez, így akár 10-50%-kal is gyorsabban készülhet el egy-egy körvarrat, mint bázikus vagy rutilos elektróda alkalmazása esetén. [5]

Az **STT** (Surface Tension Transfer) **gyökhegesztő eljárás** lényege a felületi feszültségen alapuló anyagátmenet, a Magyarországon is használatos STT elnevezést angol nevének rövidítéséből kapta. Az STT hegesztésre jellemző a nyitott gyök kialakítás, azaz van illesztési hézag, valamint a felülről-lefele – PG pozícióban történő hegesztés. A csőhegesztés STT eljárással lényegesen egyszerűbb, mert az előzőekkel ellentétben, lehetőség nyílik a hegfürdő hűlésének szabályozására a hőbevitelen keresztül, függetlenül a huzalelőtolási sebességtől. A kísérleti hegesztés során gépesített STT eljárással hegesztettük a gyököt illesztési hézag nélkül! Az eljárást részletesebben ismertetem a 3. fejezetben. [6]

A **töltő és takaró varratok**, ha kézi ívhegesztéssel készülnek, akkor alkalmazhatunk cellulóz elektródás esővarrat módszert, vagy bázikus elektródát PG pozícióban.

A **Rapid Arc** eljárással töltő és takaró varratokat készítenek. Ez az eljárás a hagyományos impulzusívű hegesztés körszerűbb változata, a jobb teljesítmény elérése a kisebb hőbevitelen, a nagy hegesztési sebességen és az ívhosszúság szabályozásán keresztül valósul meg. A Rapid Arc technológiát szintén bővebben kifejtem a 3. fejezetben az alkalmazott eljárások bemutatásánál. [7]

2.2 Illesztési hézag nélküli hegesztés

A körvarratok illesztési hézag nélküli hegesztése jellemzően termelékeny eljárás, azaz magas a napi varratszám a nagy hegesztési sebességnek köszönhetően.

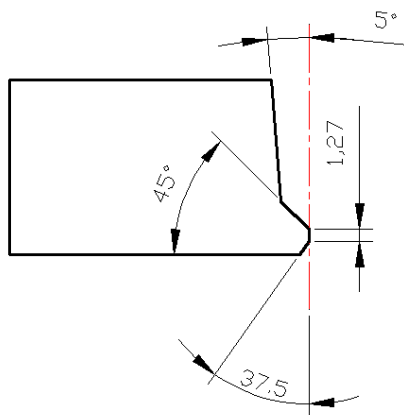
A gyökhegesztést ilyenkor automatával végzik, ennek köszönhető a magas termelékenység, hiszen a napi varratszámot elsősorban a gyökök száma határozza meg. Az eljárás hátránya a magas gépköltség, valamint, hogy a gépek nem rugalmasak, egy gép csak egy csőmérethez alkalmazható! Az automatizált gyökhegesztésnek két módja van: kívülről és belülről való hegesztés.

Belső gyökhegesztés esetében a hegesztést egy úgynevezett belső illesztő végzi, amin több hegesztő fej hegeszt egy időben. Nyolc fej esetében egyszerre négy fej dolgozik és először az egyik irányban végzett 45^o-os elfordulás révén elkészül a cső egyik felén a gyök, majd a gép visszaáll a kiindulási pozícióba és a másik irányba elfordulva 45^o-ot a másik négy hegesztő fej elkészíti a gyököt a cső másik felén.

Külső gyökhegesztés rézalátéttel történik, ennek az eljárásnak az a hátránya, hogy sok országban -köztük Magyarországon is- tilos a rézalátét alkalmazását.

Mind két esetben a hegesztési pozíció PG (felülről lefelé).

A töltő és takaró varratok hegesztése is automatikusan történik ilyenkor. Ezt a műveletet az úgynevezett hegesztő kocsik végzik szintén PG pozícióban, a kocsik feladata a hegesztési főmozgás megvalósítása, a huzal hozzávezetés és lengetés. A hegesztőkocsik a csőre rögzített sínen mozognak. A hegesztés tömörhuzallal védőgáz atmoszférában történik. [1] [8]



2. ábra
CRC rézselés

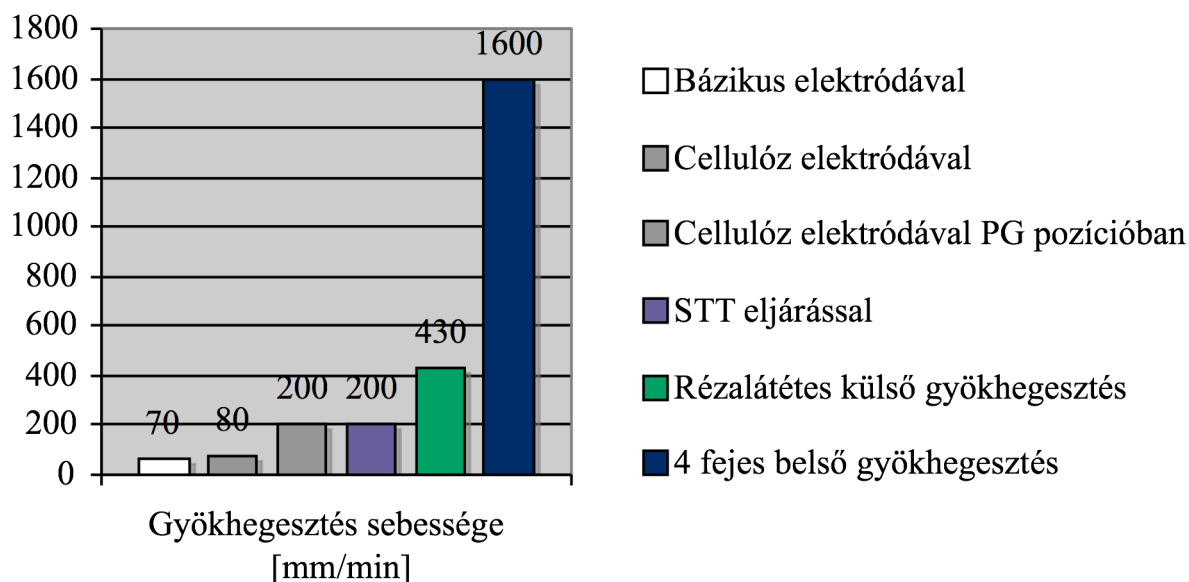
A csővégeket a helyszínen esztergálják, speciális élkiképzést hoznak létre és ennek köszönhető a kisebb hegesztőanyag szükséglet. A 2. ábrán a hagyományos CRC¹ élkiképzés látható.

¹ CRC: CRC-Evans Pipeline International, amerikai csővezeték építő vállalat.

3 GYÖKHEGESZTÉS FEJLESZTÉSI KÍSÉRLET

Mint azt korábban említettem, a mai felgyorsult világ, a fejlődő technológiák és az egyre bővülő anyagpaletta megalapozzák és meg is követelik a cső-távvezeték építés fejlesztését is. Nagyon fontos, hogy egy adott vezeték szakasz lefektetése a lehető legrövidebb idő alatt megvalósuljon, pontosan tervezhető legyen. Elkészültét nem csak az alkalmazott technológia, a szakképzett munkaerő, hanem a környezeti tényezők is komolyan befolyásolják, amiket sajnos nem lehet mindig előre tervezni. Szükséges hát, hogy az alkalmazott eljárás és a szakemberek maximálisan megbízhatóak legyenek.

Mivel a vonalhegesztőcsoport teljesítményét elsősorban az elkészített gyökök száma határozza meg, és mivel a gyökhegesztés a legkényesebb művelete a cső-távvezeték létesítésének, ezért célszerű a technológiának erre a mozzanatára összpontosítani a fejlesztés szempontjából. A következő diagram a hegesztési sebességet szemlélteti különböző eljárásokkal készített gyökök esetében:



1. diagram

Gyökhegesztő eljárások hegesztési sebessége [1]

A gyökhegesztés temeléknyebbé tételének érdekében végzett kísérletben nyílt lehetőségem részt venni a KVV Zrt-nél. Az itt végzett kísérlet célja kidolgozni egy módszert a gyökkészítés automatizálásra, hézag mentes illesztés esetén.

Először bemutatnám röviden a céget, majd kitérnék a kísérlet ismertetésére.

3.1 A KVV - Kőolajvezetéképítő Zrt.

A KVV Zrt., mint Magyarország legnagyobb csővezeték-építő vállalata több mint 8000 km szénhidrogén vezetékét épített meg és 1000 km optikai kábelt fektetett le közel 70 éves fennállása során. A cég fő profilja a csőtávvezetékek vonali hegesztése, melynek szakaszait a következő ábra szemlélteti:



3. ábra

Vonalhegesztés szakaszai:

1-csődarabok elrndezése, 2-csődarabok összehegesztése, 3-vezeték lefektetése

A KVV fő tevékenységi köre a csővezeték építés, országos távvezetékek, mezőbeni vezetékek, gyűjtővezetékek, gázelosztó rendszerek kulcsrakész építése 1"-56" átmérő tartományban, valamint városi gázhálózatok kivitelezése 1" átmérőtől

acél-, és műanyagcsövekből, a tervezési munkafázistól a kivitelezésen keresztül az üzembe helyezésig.

A csővezeték építési tevékenység magába foglalja a vezetékek hírközlési, telemechanikai rendszerének, katódos korrózióvédelmi rendszerének és a csővezeteki állomásoknak a tervezését és kivitelezését.

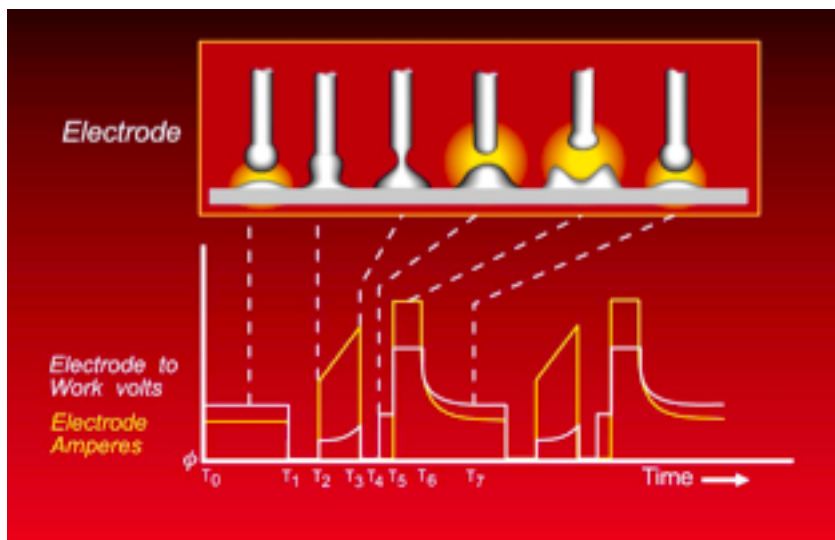
Emellett a cég Magyarországon egyedülálló acél csőkészítmény (ívcsövek, T-idomok, kollektorcsövek, csőgörcények, stb.) gyártó és hőkezelő kapacitással rendelkezik. A cég a hazai piac mellett külföldi piacokon is jelen van.

A KVV termékeinek folyamatos magas színvonalának garanciája az ipartelepen működő anyagvizsgáló laboratóriuma. A beszállított idegenárú ellenőrzését és termék azonosító vizsgálatait színeképelemzéssel, spektroszkópos vizsgálattal végzik. A saját termékeket geometriai méretellenőrzéssel, ultrahangos falvastagság méréssel gyártás közben felügyelik, késztermékek végellenőrzése ultrahangos hibakereső vizsgálattal történik. Alkalmazott vizsgálati technológiák: roncsolásos és roncsolás mentes (radiográfia, ultrahang, mágneses repedés vizsgálat) vizsgálatok, anyagszerkezeti vizsgálatok, vegyvizsgálatok, technológiai vizsgálatok.

3.2 A kísérlet során alkalmazott eljárások bemutatása

3.2.1 STT – Surface Tension Transfer hegesztés

Az STT hegesztési eljárás lényege a felületi feszültségen alapuló anyagátmenet. Az eljárás angol megnevezésének Surface Tension Transfer rövidítéséből kapta a Magyarországon is használatos STT megnevezést, lefordítva ez annyit tesz, mint vezérelt rövidívű eljárás. Az eljárás a hagyományos rövidzárlatos MAG hegesztéssel összehasonlítva jellemezhető, az STT-nél a hegesztési áramerősség ellenőrzött paraméter és független a huzalelőtolási sebességtől. A 4. ábra az eljárás paramétereit szemlélteti, valamint a csepp levállást a hegesztés során:



4. ábra
Áram és feszültség változása

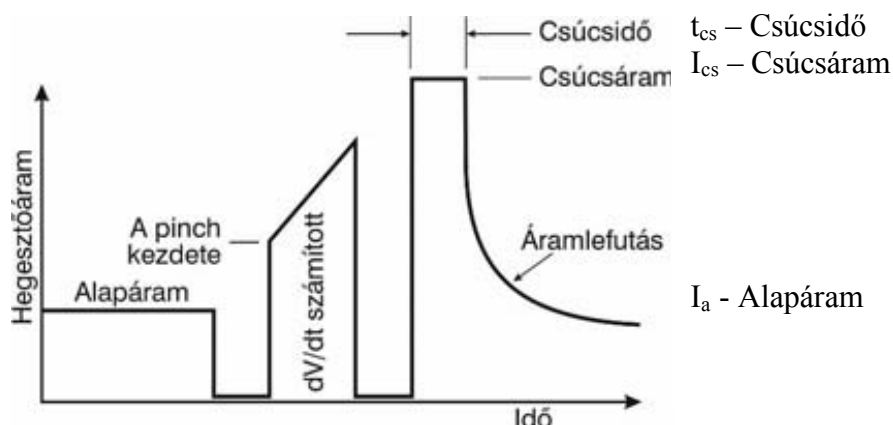
Sárga vonal jelöli az áram, fehér pedig a feszültség változását az idő függvényében:

- $T_0 - T_1$: alapáram (I_a), ív fenntartás és hevítés,
- $T_1 - T_2$: árammegszakítás, fröcskölés,
- $T_2 - T_3 - T_4$: csepp leválás,
- $T_4 - T_5$: az ív újra gyújtása,
- $T_5 - T_6$: csúcsáram (I_{cs}), megfelelő ívhossz és beolvadás biztosítása,
- $T_6 - T_7$: áramlefutás, nyugodt hegfürdő, jó varratfelület biztsítása.

A hagyományos rövid ívű hegesztés ún. „hideg” eljárás, melynél a hőbevitel általában kicsi. Ez sekély beolvadást és kötéshibákat egyaránt eredményezhet. A hegesztési áramerősség és a huzalelőtolási sebesség szorosan összefügg, tehát növelt huzalelőtolási sebességgel nő a hegesztőáram és általában nő a hőbevitel és a beolvadás is. Az eljárás elégséges hőmennyiséget eredményez az összeolvadáshoz, de általában nem olyan sokat, hogy a hegfürdő “átroskadjon”. A hegesztő számára nehéz egyensúlyozni a túl kicsi és a túl nagy beolvadás között. Amennyiben az ív talppontja

az ömledéktől túl távol van, úgy ebből eredő összeolvadási hiba is előfordulhat.

A csúcsáram növelése által növekszik az ívhosszúság, mely jó hatással van a beolvadásra. Az alapáram szabályozza a hőbevitelt a hegesztés során. Amennyiben ennek szintje túl magas, nagyméretű cseppek képződnek, amely fröcskölést eredményez. Az alapáram túl alacsony szintje esetében a nedvesítő hatás gyenge. Hasonló az eredmény, mintha az állandó feszültségű áramforrásnál túl alacsony feszültséget állítanánk be. Az áramlefutás a csúcs- (I_{cs}) és az alapáram (I_a) között gondoskodik a többlet hőről anélkül, hogy a megolvadt csepp túl nagyra nőne. Amennyiben a lefutást növeljük, az alapáram szintje általában csökkenthető.



5. ábra

A hegesztő áram változása

A 12-2 óra helyzetben 45°-os a pisztolytartás és a két oldal között lengetés szükséges. 2-6 óra között megfordítjuk a huzalelektrodát és a pisztoly dőlésszögét 10-20°közöttire módosítjuk. Lengetés többnyire nem szükséges lengetés 2-4 óra közötti helyzetben, bár ez függ a gyökhézag nagyságától, de 4-6 óra közötti hegesztési helyzetben már szükséges a két fal közötti lengetés.

A hagyományos STT eljárásnál nyitott gyök kialakítás szükséges, nagyobb illesztési hézag, így megvalósítható a hagyományos eljárásokkal nehézkes PG pozícióban történő hegesztés, mivel a hőbevitel tudja szabályozni a fürdő hűlését függetlenül a huzalelőtolási sebességtől.

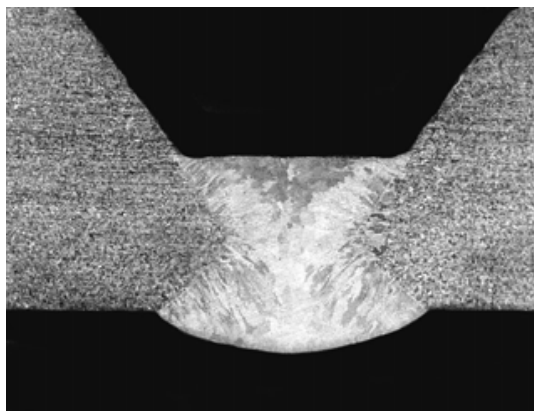
A hegesztéshez 1,0-1,2 mm átmérőjű huzalelektróda és igen rövid 8-10 mm-es huzalkinyúlás szükséges.

Ötvözetlen és növelt folyáshatárú acélok hegesztése esetén:

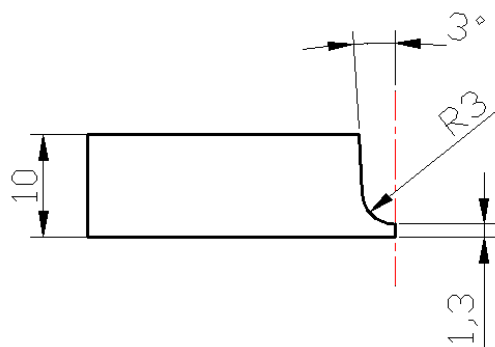
- a varratfém hidrogéntartalma kisebb,
- 100% CO₂ tartalmú védőgáz alkalmazása esetén is igen csekély fröcskölés,
- a hegesztési sebesség nagyobb, mint az argon védőgázos eljárás (TIG – tungsten inert gas) esetében,
- egyszerűbb megtanulni és használni, mint a hagyományos rövidzárlatos technikát.

Az STT eljárás alkalmazása erősen ötvöztött acélok, valamint egyéb fémek és ötvözeteik hegesztése esetén is célszerű. [6]

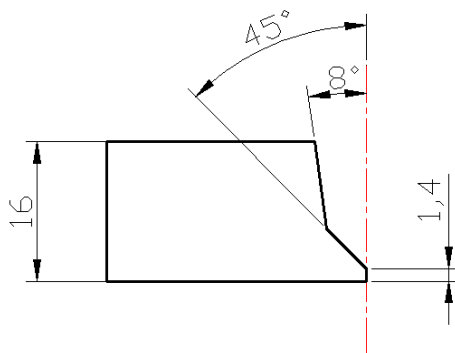
A hagyományos STT eljárás kézi hegesztés. A kísérlet során a gyökhegesztés automatizált STT eljárással valósult meg. A hagyományos eljárás esetében van illesztési hézag (6. ábra), a teszt során kétféle leélezést készítettünk és mind két esetben hézag mentes illesztéssel alakítottuk ki a varratárkot (7.-8. ábra).



6. ábra: STT eljárással készített gyökvarrat makro képe



7. ábra
Az olasz, „Saipem“, rádiuszos rézselés



8. ábra
Illesztéshézag nélküli „tulipán“ varrat előkészítés

3.2.2 Rapid Arc hegesztés

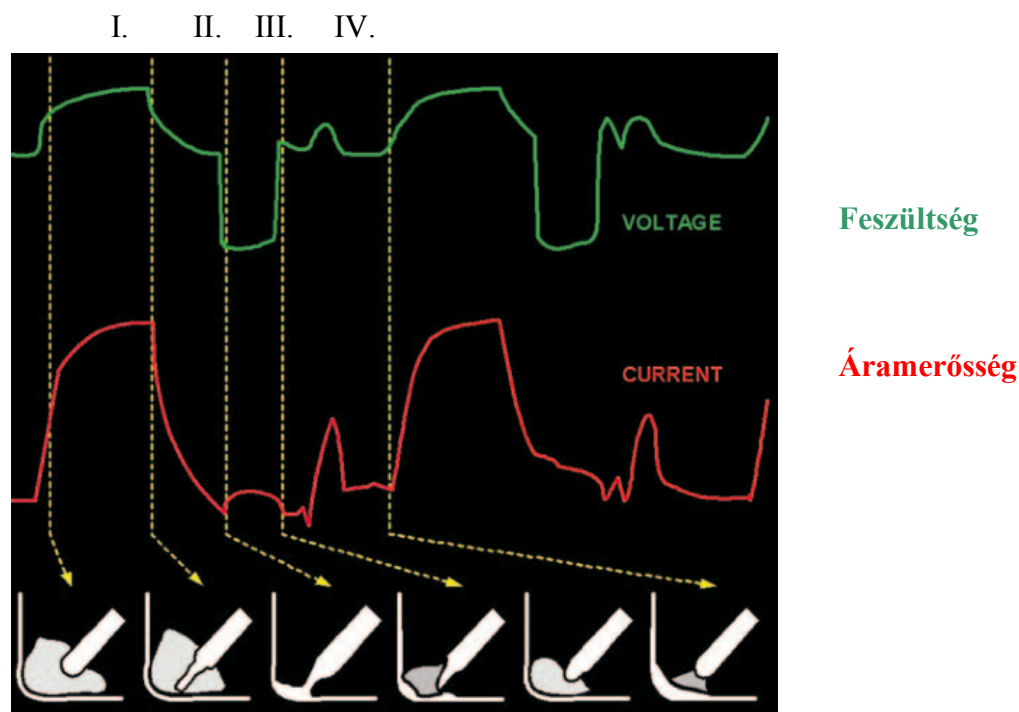
A töltő és takaró varratokat Rapid Arc eljárással hegesztettük.

A Rapid Arc egy nagysebességű védőgázos, fogyóelektródás ívhegesztés, mely eljárást a Lincoln Electric fejlesztett ki azzal a céllal, hogy a hagyományos impulzusívű hegesztés teljesítményét növeljék, ugyanakkor a hőbevitelt csökkentsék.

A Rapid Arc eljárás egy finomított impulzus ívű hegesztés, amely nagyobb hegesztési sebességre képes, mint a hagyományos impulzusívű hegesztés. A Rapid Arc

eljárás tökéletesíti a kis ívfeszültségű hegesztést nagyobb hegesztési sebesség mellett, mert a rövidebb ívhossz stabilizálja az eljárást. A hagyományos hullámforma esetén az ívhossz nagyobb, miáltal több fröcskölés keletkezik, korlátozva a hegesztési sebességet. A Rapid Arc jellemzője a rövid ívhosszúság és a nagy hegesztési sebesség.

A Rapid Arc működése az ívfeszültség és az áramerősség oszcillogramja segítségével, az ún. „hullámforma” szabályozással jellemezhető. Az oszcillogramját négy mezőre tudjuk felosztani (9. ábra):



9. ábra

Az áramerősség oszcillogramja

I. Impulzus szakasz – a meredeken emelkedő áram növeli az ív energiáját és egy megolvadt cseppet képez az elektróda talppontján.

II. Ömledékcsepp növekedési szakasz – a hegesztőáram meredeken esik.

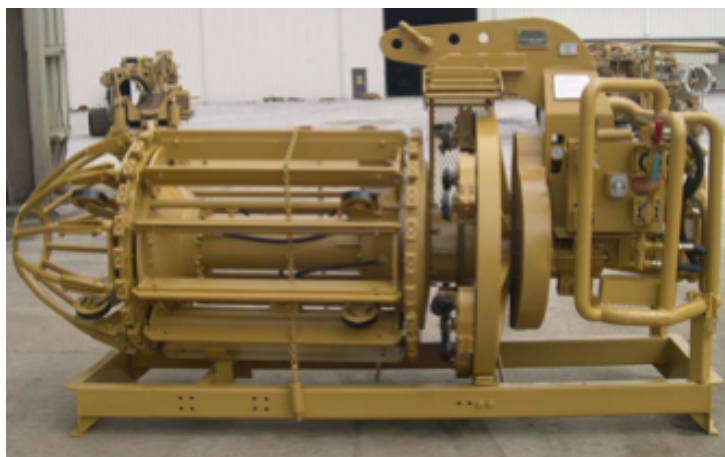
III. Rövidzárlati szakasz – az ív megszakad és a huzal végén kialakult csepp kapcsolatba lép a hegfürdővel.

IV. Ömledék taszítási szakasz – azonnal egy rövid ívszakadás következik be, a nyugodt plazma az ömledékbe nyomja a cseppet. Ez biztosítja a megbízható

szétválasztást az elektróda csúcsa és a hegfürdő között és a ciklusok stabil ismétlődését. [7]

3.3 Az alkalmazott gépek

CRC PFM28-32 csővégrézselő (10. ábra).



10. ábra
Csővégrézselő gép

A képen látható csővégesztergával készítették elő a csöveket a próba hegesztésekhez. Az eszterga alkalmas mindkét, a kísérlet során kialakítani kívánt leélezés elkészítéséhez. Maga az élkialakítás úgy történik, hogy a gépre ráhelyezik a csövet, oly módon, hogy a cső belső felületén pofasorok rögzítik azt közben a csövet kör alakúra feszítve, ezzel biztosítva a csőtengelyéhez viszonyított merőlegességet, ezt a műveletet a gép úgynevezett feszítő egysége végzi. A gép másik főrésze a megmunkáló egység, ami a forgácsolást végzi a homloklapon.

Lincoln hegesztési rendszert alkalmaztunk a kísérlethez, amely egy Power Wave 355M (11. ábra) áramforrásból és egy Power Feed 10M huzalelőtoló egységből áll.



11. ábra
Hegesztő áramforrás

A Power Wave 355M jellegzetessége a nagy hatékonyságú, inverteres áramforrás, amely alkalmas nagyteljesítményű részben gépesített és kézi hegesztéshez egyaránt, így nem volt szükség külön áramforrások alkalmazására a gyök illetve a takaróvarratok elkészítéséhez. A „Lincoln Hullámforma Szabályozás Technológiája” (Wave Form Control Technology) a lényege a Power Wave 355M áramforrás adottságainak, mely alkalmassá teszi több különböző hegesztési eljárás kiszolgálásához.

A hegesztési paraméterek finom szabályozása lehetőséget teremt az alkalmazások széles választékára.

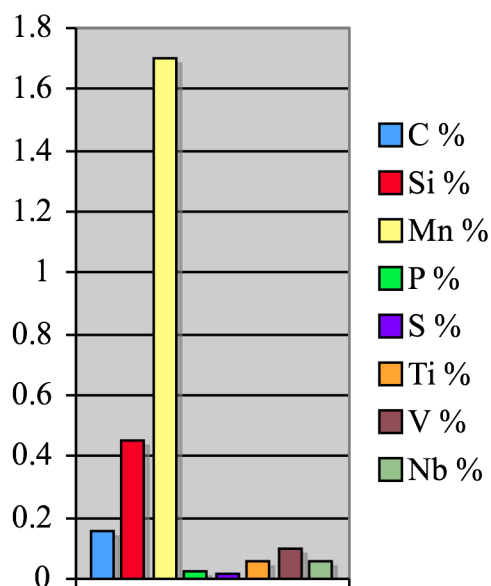
3.4 Alkalmazott anyagok

A kísérlet során L485MB anyagminőségű alapcsövön végeztük el a gyökhegesztést, az alapcső mechanikai tulajdonságait, összetételét az 1. táblázat és a 2.-3 diagramok szemléltetik.

1. táblázat

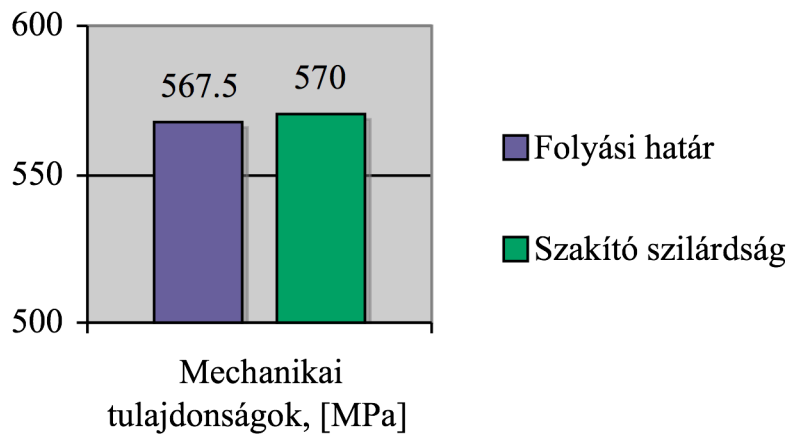
Az alapcső mechanikai tulajdonságai és összetétele

Cső alapanyag							
Specifikációs elnevezés: L485MB				Anyag jelölés: 1.8977			
Összetétel, % (V/V)							
C	Si	Mn	P	S	Ti	V	Nb
0,16	0,45	1,70	0,025	0,02	0,06	0,10	0,06
Mechanikai tulajdonságok							
R _{p0,5} [MPa] Folyási határ			R _m [MPa] Szakító szilárdság			A [%] Fajlagos nyúlás	
485-650			570			18	



2. diagram

A cső anyagának összetétele



3. diagram

Az alapcső anyagának mechanikai tulajdonságai

Több próba darabot készítettünk kétféle falvastagságból és kétféle leélezéssel. Az egyes alapcső 10 mm-es falvastagságú volt, U varratkiképzéssel, a kettes cső pedig 16 mm-es falvastagságú V leélezéssel, a csövek átmérője mind két esetben 812 mm.

A kísérletet közösen végeztük el a Lincoln Electric lengyel szakembereivel és skót specialistájával. Mint azt már korábban említettem gépesített STT eljárással készültek a gyökök és Rapid Arc technológiával a töltő és takaró varratok.

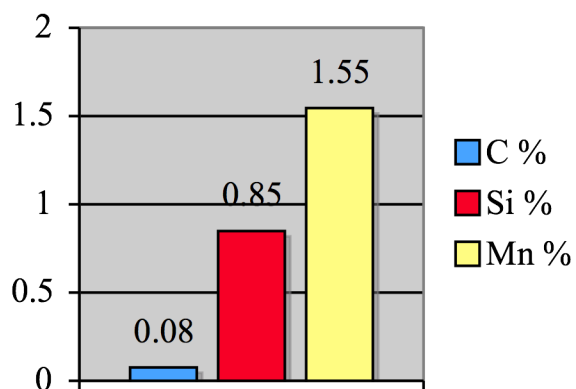
A gépesített STT eljárással készíthető gyökvarrat vastagsága eléri a 4mm-t és a varrat felülete sima ennél fogva az első úgynevezett hot-pass varrat egy egyszerű töltővarrat lesz, cellulóz elektróda alkalmazása során lehet elérni hasonló eredményeket, mint az STT eljárással, ám a cellulózos gyökhegesztés során úgynevezett vagon-nyom alakul ki a gyökvarrat két oldalán, ezért az első töltő varratot úgy kell hegeszteni, hogy kiégse a gyök két oldalán kialakult salakcsíkokat, az ilyen töltő varratot hívják hot-passnak.

Az alkalmazott elektróda a Lincoln cég által forgalmazott Supra MIG 1,2 tömör huzal volt, a védőgáz pedig C1 gáz a gyökhegesztés esetében, M21 pedig a töltősorok felrakása során.

2. táblázat

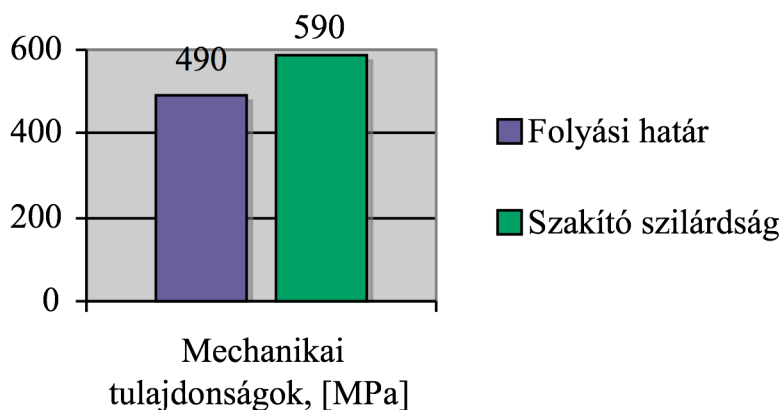
A hegesztéshez alkalmazott huzal összetétele és mechanikai tulajdonságai

Huzal							
Specifikációs elnevezés	MSZ EN 440-94	Összetétel, % (V/V)			Mechanikai tulajdonságok		
		C	Si	Mn	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A [%]
Supra MIG 1,2	G 42 4 M G3Si1/ G 38 3 C G3Si1	0,08	0,85	1,55	490	590	27



4. diagram

Az alkalmazott huzalelektroda összetétele



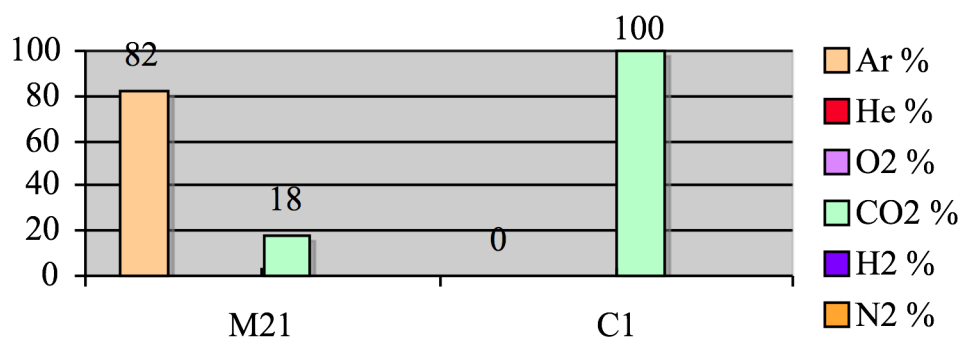
5. diagram

Huzal anyagának mechanikai tulajdonságai

3. táblázat

A hegesztés során alkalmazott védőgázok összetétele

Specifikációs elnevezés	Védőgáz							
	MSZ EN 439	MSZ EN ISO 14735	Összetétel, % (V/V)					
			Ar	He	O ₂	CO ₂	H ₂	N ₂
Ferroline C18	M21	M21	82	-	-	18	-	-
Széndioxid 3.5; 4.5	C1	C1	-	-	-	100	-	-



6. diagram

A hegesztés során alkalmazott védőgázok összetétele

3.5 Vizsgálati eredmények

Mindent összefoglalva a kísérlet eredményei biztatóak és figyelemre méltóak, amit a következő táblázat szemléltet. Nem hagyhatjuk számításon kívül, hogy a gyökhegesztés legkényesebb pontja az illesztés, műhelykörülmények között zajlott, ami így megfelel az előírásoknak, de vonalon előfordulhatnak szélsőséges esetek.

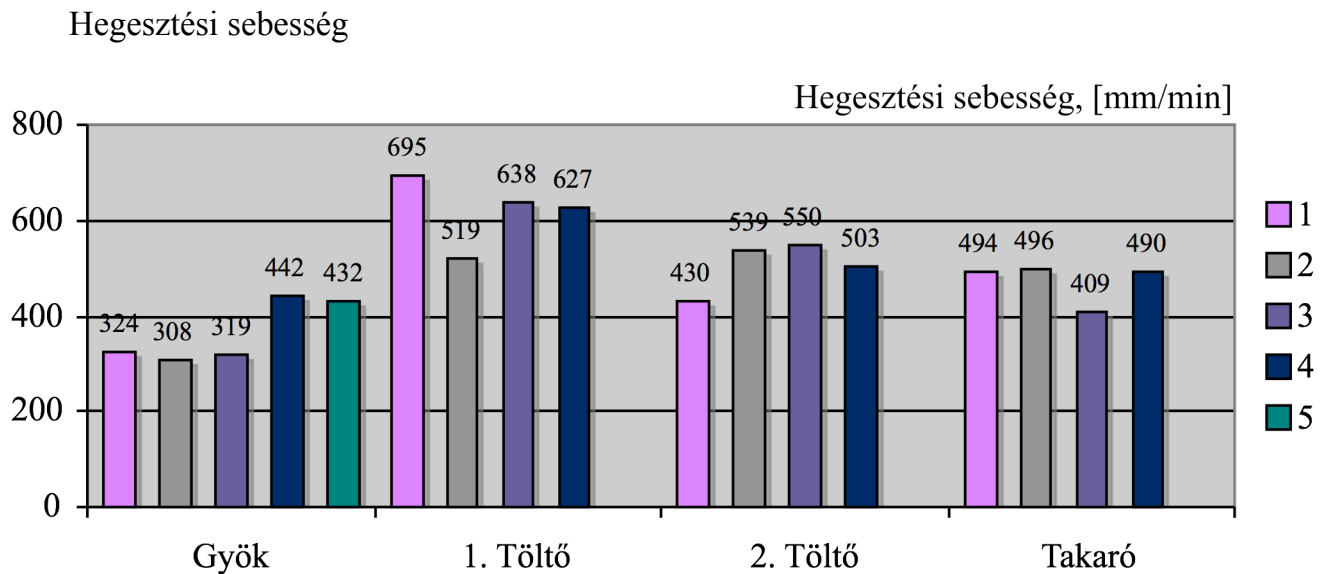
Elmondhatjuk, hogy a gyökök elfogadhatóan megfeleltek. A számadatok tükrözik a kísérlet kimenetelét, biztosabb következtetések levonása érdekében a varratokról izotópos és ultrahangos vizsgálat készült, ami egyértelműen mutatja, hogy az értékelt varratszakaszokon a gyökök teljesítik a velük szemben támasztott követelményeket, vagy az észlelt eltérések javíthatóak.

		Élezés	Csőfal vastagság	Varrat típus	Hegesztett szakasz	Hegesztési idő	Hegesztési sebesség	Hegesztési pozíció	Hegesztési irány	Technológia	Élethotolás	Mélység	Védőgáz	Védőgáz mennyiség	Huzal típus	Huzal előtolás	Szabad huzalhossz	Alapáram	Csőcsáram	Átlagáram	Áramlefutás	Max. Feszültség	Megjegyzés
1	V	16 mm	gyök		1275.0 mm	236 s	324.2 mm/min	PG	12h-»6h ccw	STT	0,2-2,1 mm	10,6 mm	C1	18-20 l/min	Supra MIG		10 mm	100 A	400 A	170 A	5		
2	V	16 mm	gyök		1275.0 mm	248 s	308.5 mm/min	PG	12h-»6h cw	STT	0,7-2,1 mm	11.1 mm	C1	18-20 l/min	Supra MIG		10 mm	77 A	406 A	200 A	5		
3	U	10 mm	gyök		1275.0 mm	240 s	318.8 mm/min	PG	12h-»6h ccw	STT	0,8-1,5 mm	6.2 mm	C1	18-20 l/min	Supra MIG	4.3 m/min	10 mm	65 A	403 A		5		
4	V	16 mm	1. töltő		637.5 mm	55 s	695.5 mm/min	PG	12h-»9h ccw	RapidArc	0,2-0,9 mm	9.1 mm	M21	15 l/min	Supra MIG		10 mm			200 A		25.0 V	Áramátadó csőhöz ért.
5	V	16 mm	1. töltő		320.0 mm	37 s	518.9 mm/min	PG	9h-»7h ccw	RapidArc	0,5-1 mm		M21	15 l/min	Supra MIG		10 mm			200 A		25.0 V	
6	V	16 mm	próba		1150.0 mm	115 s	600.0 mm/min	PG	11h-»6h ccw	RapidArc	0,2-1 mm	(felületen)	M21	15 l/min	Supra MIG		10 mm						Próba csőfelületen.
7	U	10 mm	gyök		1275.0 mm	173 s	442.2 mm/min	PG	12h-»6h cw	STT	0,6-1,1 mm	9,6; 5,2 mm	C1	18 l/min	Supra MIG	4.5 m/min	10 mm	68 A	404 A				12-3h: jó gyök. 3-6h: gyökátfolyás
8	U	10 mm	1. töltő		1275.0 mm	120 s	637.5 mm/min	PG	12h-»6h cw	RapidArc	0,2-1 mm	5,8; 6,9 mm	M21	15 l/min	Supra MIG	7.5 m/min	10 mm						
9	U	10 mm	gyök		1260.0 mm	175 s	432.0 mm/min	PG	12h-»6h ccw	STT	0,5-1,6 mm	6.2 mm	C1	18 l/min	Supra MIG	4.5 m/min	10 mm	69 A	406 A				Kezdésnél gyökátfolyás.
10	U	10 mm	1. töltő		930.0 mm	89 s	627.0 mm/min	PG	10h-»6h ccw	RapidArc	1-1,9 mm	3.1 mm	M21	16 l/min	Supra MIG	8.0 m/min	10 mm					24.5 V	
11	V	16 mm	2. töltő		275.0 mm	41 s	402.4 mm/min	PG	8h-»6h ccw	RapidArc	1-1,9 mm	1.3 mm	M21	18 l/min	Supra MIG	7.3 m/min	10 mm		220-230 A		24.5 V	2. Töltősor szakaszokban hegesztve 8-6h, a kritikus hegesztési pozíció vizsgálata	
12					275.0 mm	35 s	471.4 mm/min									5.0 m/min							
13					275.0 mm	40 s	412.5 mm/min									7.3 m/min							
14					275.0 mm	38 s	434.2 mm/min									5.0 m/min							
15	V	16 mm	takaró		1275.0 mm	155 s	493.5 mm/min	PG	10h-»5h ccw	RapidArc	1-1,9 mm	-	M21	18 l/min	Supra MIG	8.0 m/min	10 mm						
16	V	16 mm	2. töltő		1275.0 mm	142 s	538.7 mm/min	PG	12h-»6h cw	RapidArc	0,5-1,6 mm	1.9 mm	M21	18 l/min	Supra MIG	8.0 m/min	10 mm		189 A			24.2 V	
17	V	16 mm	takaró		1000.0 mm	121 s	495.9 mm/min	PG	12h-»7h cw	RapidArc	0,5-1,6 mm	-	M21	15 l/min	Supra MIG	8.0 m/min	10 mm		220 A			24.7 V	
18	U	10 mm	2. töltő		1275.0 mm	139 s	550.4 mm/min	PG	12h-»6h ccw	RapidArc	0,8-1,3 mm	-	M21	15 l/min	Supra MIG	7.5 m/min	10 mm			230 A		24.3 V	
19	U	10 mm	takaró		1275.0 mm	187 s	409.1 mm/min	PG	12h-»6h cw	RapidArc	0,5-1,6 mm	6.5 mm	M21	15 l/min	Supra MIG	8.0 m/min	10 mm			200 A		24.6 V	
20	U	10 mm	2. töltő		1275.0 mm	152 s	503.3 mm/min	PG	12h-»6h cw	RapidArc	0,8-1,3 mm	2.9 mm	M21	15 l/min	Supra MIG	8.0 m/min	10 mm			223 A		24.6 V	
21	U	10 mm	takaró		1275.0 mm	156 s	490.4 mm/min	PG	12h-»6h cw	RapidArc	0,8-1,3 mm	-	M21	15 l/min	Supra MIG	7.4 m/min	10 mm			200 A		24.2 V	

számított érték,
a lehegesztett
szakasz hossza
és a mért idő
alapján

cw: óra
járásával
egyező irány,
ccw: óra
járásával
ellentétes
irány

3.7 Mért és számított adatok szemléltetése

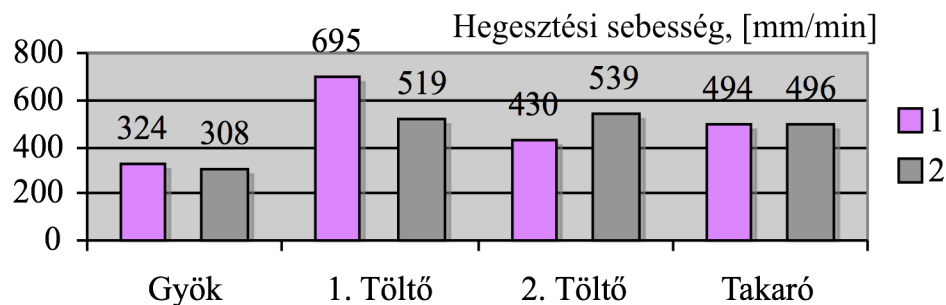


7. diagram

A kísérlet során tapasztalt hegesztési sebességek

A töltő és takaró varratok Rapid Arc eljárással készültek, ami egy kézi impulzusívű hegesztő eljárás. Megfigyelhető az első töltő sor elkészítése volt a legidőigényesebb folyamat, függetlenül attól, hogy már nem tölti be a hot-pass szerepét, hiszen erre nincs is szükség. Ez a lassabb sebesség inkább azzal magyarázható, hogy az első sornál történt a paraméterek meghatározása.

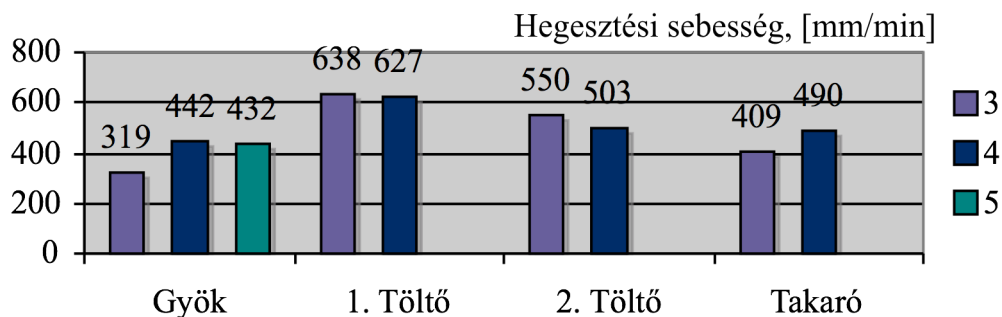
V élkiképzésű csövön végzett hegesztések az egyes és kettes számú sorok voltak.



8. diagram

V élkialakítású csövön végzett hegesztés

U élkiképzésű csövön a hármás, négyes és ötös hegesztéseket készítettük sorrendben.

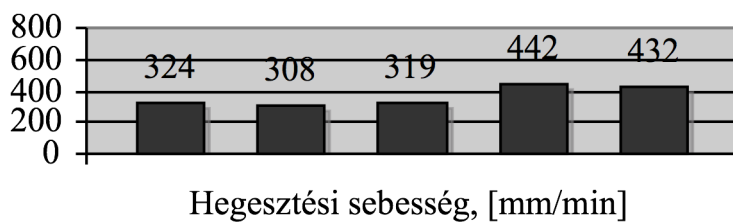


9. diagram

U élkialakítású csövön végzett hegesztések

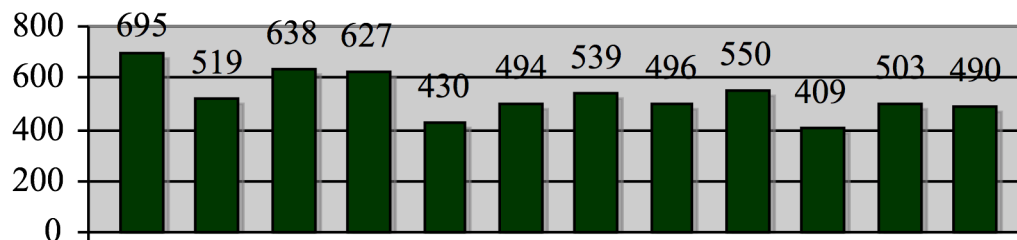
Megállapíthatjuk, hogy a gépesített STT eljárással készített gyökök hegesztési sebessége minden esetben gyorsabb volt, mint a kézi Rapid Arc technológiával készített töltő-takaró varratoké, ami már önmagában véve is jó eredménynek számít!

STT, valamint Rapid Arc eljárással készített varratok hegeztési sebessége:



10. diagram

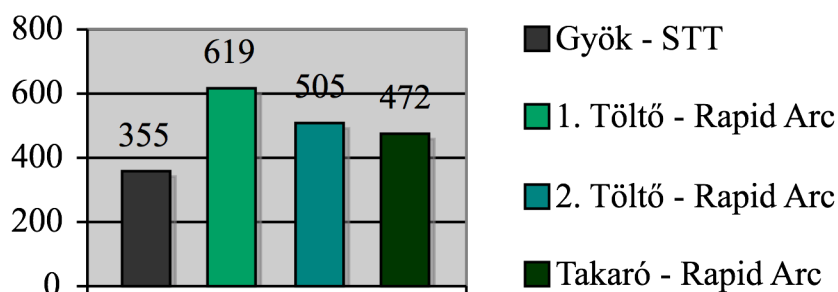
STT eljárás alkalmazása mellett mért sebességek



11. diagram

Rapid Arc eljárással készített varratok hegsztési sebessége [mm/min]

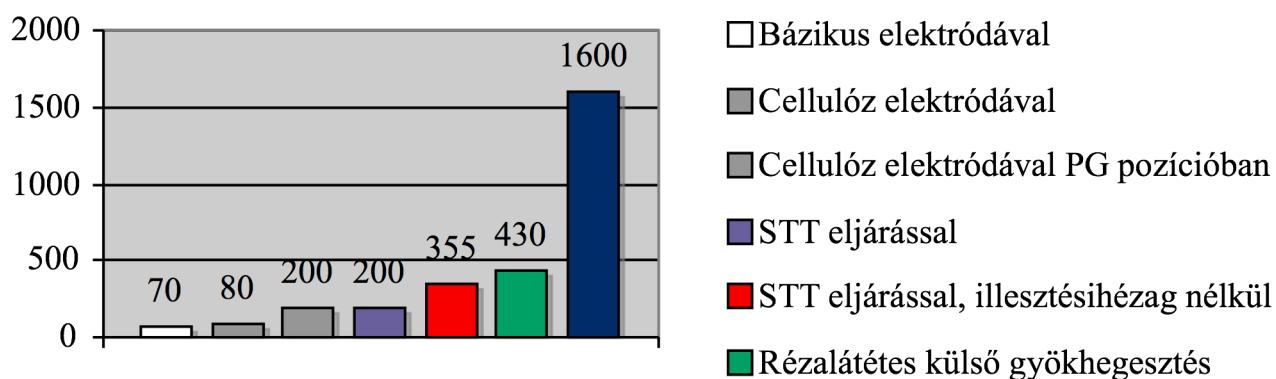
Átlagos hegsztési sebesség:



12. diagram

Átlagos hegsztési sebesség [mm/min] különböző varrat típusokra vonatkoztatva

A dolgozat elején a különböző eljárás változatok sebességének szemléltetésére használt diagram kibővítve a kísérlet eredményével:



13. diagram

Gyökhegesztő eljárások átlagos hegsztési sebessége [mm/min]

Látható, hogy a kísérlet eredménye pozitív. Mind a bázikus és cellulóz

elektrodával készített gyökök hegszetési sebességét mind a hagyományos illesztési hézaggal végzett STT eljárás sebességét meghadják a kísérlet során tapasztalt értékek. Ugyan a gépesített külső és belső gyökhegsztés sebességét nem múlja felül, de figyelembe véve azok igen magas gépköltségét, mindenképpen előrelépést jelenthet egy ilyen irányú fejlesztés megvalósítása, hiszen az így létrehozható eljáráshoz szükséges képek nem csak 1-1 szűk átmérőtartomány hegsztéséhez lesznek megfelelőek!

3.8 Az elvégzett anyagvizsgálatok

A hegsztési varratokban, anyagfolytonossági hibák elkerülhetetlenül keletkeznek és ez egy új technológia kidolgozása során különösen valószínű, nagyobb arányban lehet rá számítani, mint egy bevált és gyakran alkalmazott eljárás esetében. A kísérlet sikerességének ellenőrzése céljából roncsolásmentes vizsgálatokat végeztünk a lehegsztett csővezeték szakaszokon.

A hegsztési varratok ellenőrzésének és erre épülve ezek minősítésének klasszikus módszerei a radiológiai módszerek (röntgen- és izotópos vizsgálatok) és az ultrahang vizsgálat.

A KVV Zrt.-nek minősített anyagvizsgáló laborja van, így a szükséges felszerelés, szaktudás és szakember gárda is rendelkezésre állt a helyszínen a vizsgálatok elvégzéséhez. A kísérlet során szükségesnek ítélt anyagvizsgáló eljárások a következők voltak: ultrahangos vizsgálat, izotópos vizsgálat, szemrevételezéses vizsgálat. A tesztek szabványoknak megfelelően végezték el és a kiértékelésük is ezeknek megfelelően történt.

A hegsztési varratok hibatípusait és ezek jelölési rendszerét az MSZ EN 266520 szabvány rögzíti. A hibák lehetnek repedések, gáz- és tömör-zárványok, összeolvadási és egyéb felületi hibák. Ezen hibák egy része természetesen a felületen is látható, más részük azonban a varratokon belül helyezkedik el. A hibák az alakjukat illetően lehetnek térfogati jellegűek és felület-szerűek. [10] [11]

3.8.1 Szemrevételezéses vizsgálat (1. jegyzőkönyv)

Szemrevételezéses vizsgálat során a felületi, vizuálisan is érzékelhető hibák regisztrálása a cél. A vizsgálatot elvégzőnek a következőkre kell figyelnie: tisztítás és varrat megmunkálás, varratalak és méretek, varratgyök és korona kialakítás.

A szemrevételezéses vizsgálat során a következő típusú hibák kerültek feltáráásra:

- 2017 – felületi pórus; varrat belsejében gömb alakú, vagy elnyújtott tölcsérszerű üregek, a dermedéskor felszabaduló gázok a felelősek a kialakulásukért, ha a hűlés során nem tudnak a felszínre jutni.
- 511 – vastagsághiány; varrat előkészítéssel, a hegesztő gyakorlatlanságával és a hegesztési-technológia paramétereinek be nem tartásával hozhatók kapcsolatba.

3.8.2 Ultrahangos vizsgálat (2. jegyzőkönyv)

Cél: a szemrevételezéses vizsgálatnál nem felfedezhető hibák feltárása. A hiba típusa a visszeverrt sugárzásból képzett hibajel alakjából, illetve a hiba helyéből állapítható meg, a gömbzárvány például túszerű, a salakzárvány pedig fenyőfa alakú hibajelet produkál.

3.8.3 Radiográfiai vizsgálat (3. jegyzőkönyv)

A szerkezetek belső anyagfolytonossági hibáinak másik roncsolásmentes vizsgálati módszere a radiográfiai vizsgálat. A kísérlet értékelésre a radiográfiai vizsgálatok közül izotópos vizsgálatot végeztünk.

Az izotópos vizsgálat során feltárt hibatípusok:

- 2011 – gömb alakú gázzárvány;
- 515 – gyökoldali behúzóadás.

A tesztet elkészítő minősített anyagvizsgálók a feltárt eltéréseket minden esetben javítható hibaként értékelték.

4 ÖSSZEFOGLALÁS

Az Európai Unióban az energia felhasználás alakulása szükségszerűvé tette a közeljövőben újabb nagyszabású csőtávvezeték építési projektek beindítását. Így a már NORD STREAM gázvezeték megkezdett építése mellett tervezik a SOUTH STREAM és a NABUCCO vezetékek építését is. Az egyre növekvő energia felhasználás a szállítókapacitás növelése mellett megköveteli a projektek minnél hamarabbi magvalósítását és pontos tervezhetőségét.

A szállítókapacitás növelése a csővezetékek névleges falvastagságának növelésével valamint az üzemi nyomás emelésével érhető el, ám a falvastagság növelése költség növekedést eredményez. Az előbbi két paraméter változtatásához javítani kell a csőalapanyag mechanikai tulajdonságait, hisz a falvastagságot se lehet akármeddig növelni a költségek rovására, hiába nő ezzel a szállító kapacitás. Erre a problémára megoldást nyújtanak a modern termomechanikusan kezelt acélok megnövelt folyás határúkkal és szakító szilárdságukkal.

A projektek tervezhetősége és határidőzése összetett feladat és nehezen biztosítható, hiszen nem csak az alkalmazott szakember gárdától, technológiától, hanem a környezeti viszonyoktól is függenek, és időjárási, valamint előre nem látható geológiai problémák rendszerint szoktak jelentkezni.

A szénhidrogén-szállító vezetékek építésének legfontosabb művelete a hegesztés, melyet vonalhegesztő csoportok végeznek 75-90%-ban a helyszínen, azaz a vezeték fektetés nyomvonalán, talajszint felett. Az ő munkájuk határozza meg az adott projekt megvalósulásának idejét, legkényesebb feladatuk a gyökhegesztés. Végsősoron maga a gyökhegesztés sebessége jellemzi egy vonalhegesztő csoport teljesítményét.

Léteznek automatizált gyökhegesztő eljárások, de túlnyomó részben még mindig kézzel gyökölnek. Ennek az az oka, hogy a kettő automatizált gyökhegesztő eljárás közül a belső gyökhegesztés gépei nagyon költségesek és csak egy adott átmérő tartományhoz alkalmazhatóak, a külső gyökhegesztés pedig illesztési hézaggal, rézalátéten történik, aminek az alkalmazása sok európai országban, köztük

Magyarországon is tilos.

Ezért lenne szükséges egy új eljárás kidolgozása, ami lehetővé tenné a rézalátét alkalmazásának kiküszöbölését és kiváltaná a drága gyökhegesztő automatákat. Kézen fekvőnek tűnik egy illesztésihézag nélküli külső gyökhegesztés kifejlesztése. Az hézagmentes illesztés lehetővé tenné a rézalátét elhagyását, a kívülről való hegesztés pedig megvalósítható lenne különböző átmérőkhöz való vezetéksínre szerelhető hegesztőfejjel, így bővíthető volna a szűk átmérő tartomány.

A Kőolajvezetéképítő Zrt.-néllehetőségem nyílt részt venni egy kísérletben, aminek a célja a fent említett eljárás kidolgozásának elindítása volt. A KVV Zrt.-nek a Lincoln Electric skót és lengyel szakembereivel összedolgozva rendelkezésére állt mind a szakmai, mind a tárgyi feltételrendszere egy ígéretes próbahegesztés elvégzéséhez.

A kísérlet számára az L 485 MB anyagminőségű alapcsőből eltérő falvastagsággal, azonos átmérőben kétféle próbadarabot készítettünk elő. Az egyik próbatest, a vaknyabb, 10mm-es falvastagságú, olasz, „Saipem“, rádiuszos leélezéssel készült, míg a másik próbatestet, a 16mm-es falvastagságút, szögletes rézseléssel készítették elő. Az illesztés mindkét esetben hézagmentes és fix volt. Az előkészített csővégeket a cső belsejében acél lapok behegesztésével rögzítették (1. kép).



1. kép: Illesztés

A gyökhegesztést kívülről automatizált STT eljárással valósították meg (2-3. kép). Az STT eljárás lényege a felületi feszültségen alapuló anyagátmenet.



2. kép: Gyökhegesztés



3. kép: Gyökhegesztés

A töltő és takaró varratok Rapid Arc technológiával készültek, mely eljárás a hagyományos impulzusívű hegesztés továbbfejlesztése, de a kísérlet szempontjából ez nem jelent újdonságot.

A próbahegesztés értékelésére végzett anyagvizsgálatok, -űgymint szemrevételezéses vizsgálat, ultrahangos vizsgálat és radiográfiai, izotópos vizsgálat által feltárt eltérések mind javítható kategóriába estek, így nem csak az eljárás sebessége, de a vele végzett gyökhegesztés minősége is bizakodásra ad okot, a 4. képen az elkészült gyök látható.



4. kép: A gyök

A kísérlet eredményei igazolták a próbahegesztéssel szemben támasztott elvárásokat, hiszen az illesztési hézag nélkül megvalósított automatizált STT eljárással készített gyökhegesztés sebessége meghaladta a kézi gyökhegesztések, valamint a hagyományos STT eljárás hegesztési sebességét. Bár a jóval drágább négy fejes belső gyökhegesztés sebességét nem közelíti meg, úgy tűnik némi fejlesztés után képes lenne kiváltani a rézalátétén történő gyökhegesztő eljárást.

Ám le kell szögeznem, hogy a kísérlet biztató eredményei laboratóriumi körülmények között születtek!

5 MELLÉKLETEK

Kw Kőolajvezetéképítő Zrt. NYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM NAT által NAT-1-1256/2011 számon akkreditált SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV VISUAL INSPECTION REPORT Jkv. száma: 1490/2011 Report N°: Lap szám: Sheet N°: 1/1																			
Megrendelő: Customer:		KVV Zrt.		Munkaszám: Project N°:		-													
Létesítmény: Project:		Lincoln Electric kísérleti hegesztés		Szerkezeti elem: Component:		-													
Vonatkozó szabvány: Code or spec.:		MSZ EN 970:1999		Követelményszint: Quality level:		MSZ EN 12732:2002 E és G függelék													
Anyag: Material:		L415MB		Rajz szám: Drawing N°:		-													
Sorszám: Serial N°:	Varrat szám: Weld N°:	Varrat típus: Weld type:	Méret / Dimension		Regisztrált hiba / Discontinuity type ISO 6520 -1/ EN ISO 6520-1										Értékelés / Evaluation				
			Átmérő / Dia-meter	Falvastagság / Wall thickness	100	2017	2024	5011; 2	5014; 5	502; 503	505	506	507; 508	511	601	602	603	604; 605; 606	Megt. / Acc.
1	1/2	Tompá „V”	812,9	16,0									X					JAV.	20-26, 36-70, 80-110
2	4/2	„U” varrat	„	10,0														MF	
3	LE1U	„	„	„		X												JAV.	47
4	„												X					JAV.	127-129, 131-138
5	-																		
6	-																		
7	-																		
8	-																		
9	-																		
10	-																		
11	-																		
12	-																		
13	-																		
14	-																		
15	-																		
100	Repedés					506	Hideg ráfolyás												
2017	Felületi pórus					507; 508	Életteliódás												
2024	Kráter					511	Koronaoldali anyaghiány												
501; 502	Szegélykiolvadás					601	Ívnyom												
5014;	Szélikiolv. és bemetzés nélkül					602	Fröcskölés Kőszőré nyom												
502; 503	Magas varrat					603	Alapanyag kiszakadás												
505	Koronaátm szögh.					604; 605; 606	Bemaródás												
Hely: Siófok Dátum: 2011-07-20																			
Megrendelő / Customer Értékelő (fokozat) / Evaluated by Laboratóriumvez. / Head of Laboratory																			

Ultrahangos vizsgálati jegyzőkönyvMegrendelő:
Vizsg.tárgya: Lincoln Electric kísérleti hegesztés

Munkaszám: -

Vizsg.ag.mérete: Ø813mm
Vizsg.ag.vastagsága: 10,0 ill. 16,0 mm
Anyagminőség: L415MB
Varrat alak: tompa "V" / "U" varrat

VIZSGÁLATI ADATOK:

Vizsg.módja: MSZ EN 1714:2004
Vizsg.berendezés: KRAUTKRÄMER
Tip. és száma: USM 35
Vizsg. és fej típusa: MWB 70 N4
Hitelesítő etalon: ET-2Alkalm. AVG skála
típusa és száma: beépített
Csatoló közeg: Tip US-A

MÉRÉSTARTOMÁNY: 0-100 mm

Erősítés: 42 dB ;
Csatolási veszteség: ± 4 dB
Vizsgálati követelm.: MSZ EN 12732
G. Függ. G.3. Táblázat
ø1mm KTR
Megeng.hibanagyság:
Vizsgálat ideje: 2011.07.20
Vizsgálatot végezte: Szántó Norbert UT2

VIZSGÁLATI EREDMÉNY:

A jegyzőkönyv csak teljes egészében másolható!

Sorszám	Varratszám	Értékelés
1	1/2	Megfelelt
2	4/2	Megfelelt
3	LE1U	Megfelelt
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

Anyagvizsgáló (fokozat)

Anyagvizsgáló labor. vezető

KvV Kőolajvezetéképítő Zrt. ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM NAT által NAT-I-1265/2011 számon akkreditálva				RADIOGRÁFIAI VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV RADIOGRAPHIC TEST REPORT				Jkv. száma: Report N°: 1491/2011 Lap szám: Sheet N°: 1/1			
Létesítmény: Project: Lincoln Electric kísérleti hegesztés		Munkaszám: Project N°: -									
Követelményszint: Quality level: MSZ EN 12732:2002 G függelék G.1 Táblázat		Vonatkozó szabv.: Code or spec.: MSZ EN 1435:2004									
Vizsgálatot végezte: Tested by: Fehér Gyula, Szántó Norbert		Fokozat: RT1, RT2		Értékelte: Evaluated by: Szántó Norbert RT2							
Csővezeték száma: Pipe-line N°: -		Anyag: Material: L415MB									
Rajz szám: Drawing N°: -		Hőkezelés: Heat treatment: -									
Hegesztési eljárás: Welding process: 135 ill. 136		Varrat alak: Shape of weld: tompa "V" / "U" varrat									
Röntgen berendezés típusa: Radiographic equipment (type): -		Névleges fesz.: Rated voltage: - kV									
Csőfeszültség: Tube voltage: - kV		Cső árama: Tube current: - mA		Exp. idő: Time: - min							
Sugárforrás: Radiation source: Se75		Sugárforrás mérete: Source size: 2,5x2,5 mm									
Aktivitás: Activity: 777 Gbq		21 Curie (Ci)		Exp. idő: Time: 5'30" min							
Fókusz távolság: Source/film distance (focus distance): 40 cm		Felvételi elrendezés: Viewing to: MSZ EN 1435:2004 6.1.4.									
Film típusa: Film brand: AGFA D5 Roll		Film mérete: Film size: 7x130		Erősítőernyő (fólia): Intensifying screen: Pb							
Képmínőségjelző: Image Quality Indicator: 10 FE EN		Vizsgálat terjedelme: Extent of inspection: 100%		Filmfeldolgozás: Film Processing: gépi							
Film jelölése: Film designation:		Méret: Dimension:		Értékelés: Evaluation:							
Sorozat/ Serial N°:	Varrat sz.: Weld N°:	Értékelt hossz:	Képmínőség/ Image Quality:	Átmérő/ Diameter Hossz/ Length:	Falvast./ Wall Thickness:	Aa 2011 Ad 2013 Ac 2014 Ab 2015; 16 Ba 301 C 401 Da 515 Db 402 E100 F 5011; 2 5013	Értékelés: Evaluation:	Feketedés: Density	Javítandó tól - ig/ To Repair From - To		
1	1/2	0-110	W14	812,9	16,0	X			JAV	2,3	64
2	4/2	"	"	"	10,0				MF	2,5	102-120
3	LE1U	0-0	"	"	"	X			JAV	"	47
4	-										
5	-										
6	-										
7	-										
8	-										
9	-										
10	-										
11	-										
12	-										
13	-										
14	-										
15	-										
16	-										
17	-										

Megjegyzés: Az 1/2 ill. az LE1U jelű varratok nem feleltek meg a Szemrevételezéses vizsgálat során.

Comment:

Hely: Place:	Dátum: Date:	Hely: Place: Siófok	Dátum: Date: 2011-07-20	Hely: Place: Siófok	Dátum: Date: 2011-07-20
-----------------	-----------------	------------------------	----------------------------	------------------------	----------------------------

Megrendelő / Customer

Értékelő (fokozat) / Evaluated by

Laborvezető / Head of Laboratory

A jegyzőkönyv csak teljes egészében másolható!

3. jegyzőkönyv

6 KÖSZÖNET NYILVÁNÍTÁS

A dolgozatban ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

7 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Scsaurszki Tamás: Csőtávvezetékek gépesített és félig-gépesített hegesztése különös tekintettel az irányított rövidzárlatos gyökhegesztésre
25. Jubileumi Hegesztési Konferencia, Budapest (2010), 307-315. oldal
- [2] Dr. Tihanyi László: Szénhidrogén-szállítás I.
Tantárgy jegyzet, 1. fejezet, 11-19. oldal
- [3] Keszthelyi Ferenc: Csőtávvezetékek hegesztése
Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1982, 118-143. oldal
- [4] Dr. Balogh András: Hegesztő eljárások I.
Tantárgy jegyzet, 9. fejezet, 1-21. oldal, 11. fejezet, 1-31. oldal
- [5] Dr. Balogh András: A cellulózbevonatú elektródák jelene és jövője
Gépgyártás, XLI. évfolyam (2001), 11. szám, 37-40. oldal
- [6] Lincoln Electric Magyarország: STT II, gyökhegesztőgép
Műszaki ismertető, 1-27. oldal
- [7] Virág Balázs: A Rapid Arc, nagysebességű védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés
Hegesztés Technika, XVI. évfolyam (2005), 3. szám, 21-22. oldal
- [8] Dr. Béres Lajos, Dr. Czitán Gábor, Dr. Gáti József, Dr. Gremesberger Géza, Dr. Kovács Mihály: Hegesztési Zsebkönyv
Cokom Méenökiroda Kft., Miskolc, 2003.
- [9] Artinger István, Romvári Pál, Szunyogh László: Hegesztés és rokon technológiák
Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 2007.
- [10] Dr. Komócsin Mihály: Nagyszilárdságú acélok és hegeszthetőségük
Hegesztéstechnika, XIII. évfolyam (2002), 1. szám, 5-9.
- [11] Roncsolásmentes anyagvizsgálatok ultrahanggal és radioaktív izotópokkal
Témadokumentációs kiadványok, Budapest (1965), 64., 87-93., 162-169. oldal.