

5. ábra

## Emberi csontok vizsgálata

A törést szenvedett emberi lábszárcsontok különböző gyógyulási fázisainak a tanulmányozására szerzők egy összetett igénybevétel (különleges nyomást és csavarást) eredményező próbapadot terveztek. Ezen a próbapadon tanulmányozták a különböző gyógyulási stádiumot (az összeforradságot) részleges bemetszéssel (80, 75%-ra stb.) modellezett lábszárcsontokat. Az 5. ábrán három, különböző stádiumról készült hologram látható. Ezeken jól érzékelhető mind a bemetszésnél ébredő feszültségtorlódásnak, mind a sávok térbeli elhelyezkedésének a módosulása. Ennek alapján a különböző, a törés után alkalmazott rögzítési módszerek előnyeire és hátrányaira lehetett következtetni, amelyek bizonyos mértékben befolyásolják a gyógyulás mechanizmusát.

## Irodalom

1. Száva J.: Doktori disszertáció, Brassói Egyetem, 1994.
2. Száva J. és társai: Devices for wood-joints analysis using holographical interferometry, Proc. of the First European Symposium on Non-Destructive Evaluation of Wood, University of Sopron, 1994. Vol. 1. pp. 26-33.
3. Száva J. és társai.: The holographic investigation of the intact and oblique fractured bones, Proc. of the 15th Symposium Danubia-Adria on experimental method in solid mechanics, 1998. Bertinoro, Italy, pp. 159-160.

## Etánmentesítő torony gyártási és vizsgálati problémái

Bogár József – Takács József\*

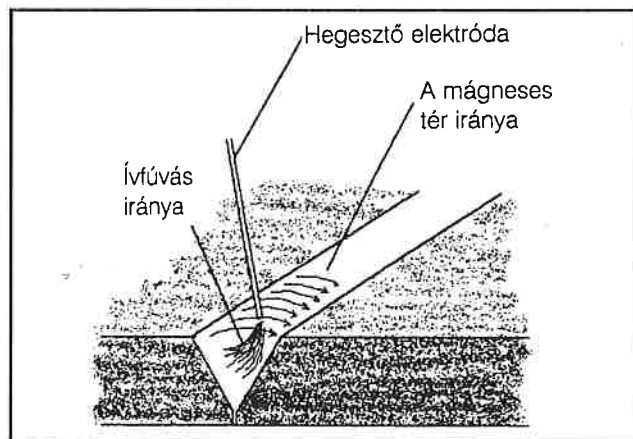
A csőszerű szerkezetek és csővezetékek gyártása általában a számos ívhegesztési eljárás valamelyikének alkalmazását igényli. Ez a mindennapok során ismétlődő, rutinjellegű, jól tervezhető feladatot jelent. Azonban néhány esetben olyan erős mágnesség jelentkezik a gyártás alatt levő darabban, amely a hegesztési munkák fennakadásával súlyos késedelmet okoz.

Ez a cikk a mágneses ívfűvés jelenségének okait vizsgálja, és azokat az intézkedéseket is bemutatja, amelyek lehetővé teszik a gyártók számára, hogy az ebből adódó késedelmeket minimálisra csökkentsék. Egy, a problémák kiküszöbölésére alkalmazott konkrét megoldás is bemutatásra kerül.

### A mágneses ívfűvés

A hegesztőívben az elektródáról a munkadarab felé áramló elektronok sugara felhevíti az előkészített varratéleket és megolvasztja a hegesztőanyagot, ezáltal egy varratfürdőt alkotva a varrat mentén végighaladva kialakul a hegesztett kötés. Néha azonban a hegesztendő alanyagban található erős mágneses tér a hegesztőív oldalra történő elhajlását okozza, amelynek eredményeképpen a varratfürdőt megkavarja. (Lásd az 1. ábrán.) Ezt az elhajlást nevezzük mágneses ívfűvésnek, ami a varrat hibák számának növekedéséhez vezethet, a munkához szükséges időt jelentősen megnöveli és egyben a hegesztők elbizonytalanodását is okozza. A hatás sokszor kevésbé jelentős és a hegesztők a szükséges kiegészítő intézkedésekkel képesek a munkát elvégezni. Néha azonban a hegesztőív instabillá válik, vagy esetleg tel-

jesen elfújja azt a mágneses tér, ezáltal hegesztési hibákat és jelentősen megnövekedett hegesztési időt eredményez.



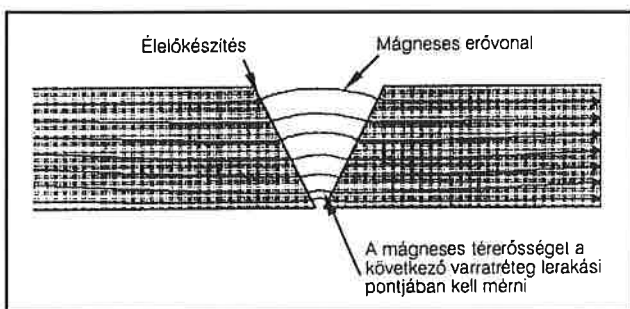
1. ábra. A mágneses ívfűvés jelensége a varrathoronyban

A problémára a varrat-előkészítés demagnetizálása jelent megoldást. Ehhez első lépésként a mágneses tér erősségének pontos mérése van szükség, egyrészt a probléma súlyosságának meghatározása érdekében, másrészt a demagnetizálás sikerességének ellenőrzésére. A varrat-előkészítésben a visszamaradó mágneses tér mérése azért is fontos, mivel csak így lehet meggyőződni a demagnetizáló eljárás helyes végrehajtásáról, arról, hogy az nem növelte, hanem csökkentette az anyagban levő mágneses teret. Mivel a mágnesség az anyagban

\* DKG-East Rt.

a hegesztés során, magától a hegesztőívől is kialakulhat, ezt a demagnetizáló eljárásnak is figyelembe kell venni.

Valamilyen szintű mágnesesség az anyagban általában jelen van (kivéve az ausztenites acélokat). Ennek eldöntése, hogy a mágneses tér okoz-e problémát, vagy sem egyszerűen a hegesztési pontban levő mágneses tér erősségétől függ. Ennek mérési módját mutatja be a 2. ábra. Alapszabály, hogy ahol a mágnesesség a varrathoronyban meghaladja a 2 mT (20 gauss) értéket, ott a hegesztőív várhatóan megszakad. Ha ez az érték 4 mT (40 gauss) felett van, akkor az ívfűvés miatti probléma lép fel. Demagnetizálási módszerek használatával ez az érték 1 mT (10 gauss) alá csökkenthető a varrathoronyban. Nem ismeretlen azonban a gyakorlatban az olyan – több száz mT – erősségű mágneses tér, ami már bármilyen hegesztési munkát lehetetlenné tesz. Ha egyszer a mágneses ívfűvés miatti probléma fellép, nagyon fontos azonnal, pontosan a problémára koncentrálni foglalkozni vele, ezáltal a gyártási ütem szükségtelen csúszását megelőzni. Nem érdemes olyan kísérletekre vesztegetni az időt, amelyek az erős mágnesességet nem tudják megszüntetni. A megfelelő demagnetizáló technika használatával a hegesztés a normál, eredetileg tervezett ütem szerint elvégezhető.



2. ábra. Mágneses erővonalak a hegesztési varratban

**Az ívfűvést befolyásoló tényezők** mindazok, amelyek felelősek az anyagban kialakuló mágnesesség jelenlétéért és a mágneses tér erősségeért. A legfontosabb tényezők: az anyagminőség, a Föld mágneses tere, a hegesztett szerkezet nagy mérete, a hegesztést előkészítő műveletek: élkialakítás, az alkatrészek összeállítása, a hosszvarratok jelenléte, mágneses tartók alkalmazása; a hegesztési eljárás: hegesztés egyenáram, vagy túlnyomás alatt; a mágneses repedésvizsgálat.

### A mágneses ívfűvés elleni intézkedések

A befolyásoló tényezők ismeretében számos módszerrel, például az élkialakítás módosításával, a szerkezet összeállításának ellenőrzésével, a hegesztési eljárás megválasztásával csökkenthetjük az ívfűvés okozta problémákat vagy teljesen meg is szüntethetjük.

**Hegesztés előtti demagnetizálással** jelentősen csökkenthetjük a hegesztendő darabok, például az acélcsövek mágnesességét. Ehhez a csövet egy váltakozó áramú tekercs belsején kell átbotcsátani. A tekercs hossza legalább a cső átmérőjével legyen egyenlő. Az alkalmazott áram csúcsértékének és a menetek számának a szorzata legalább 10 000 ampermenet/méter legyen a tekercs hosszára vonatkoztatva. Az alkalmazott váltakozó áram frekvenciája a falvastagságtól és a cső anyagminőségétől függ. Acélcsövek demagnetizálásához alkalmazott tipikus értékek: 0,3 Hz a 12,7 mm (0,5 inch) falvastagság és 0,1 Hz az 25,4 mm (1 inch) falvastagság esetén.

Bár ezt a demagnetizálási eljárást néha a gyakorlatban is végrehajtják, de ez a rendkívüli időigényessége mellett nagy eszköz és energia igényű is. Továbbá, a hegesztés előtti demagnetizálás esetleg nem is jelent megoldást az ívfűvés problémájára. Először is azért, mert a hosszvarratos csövek északi és déli polaritású visszamaradó mágnesességgel rendelkezhetnek, amelyet ezzel az eljárással nem lehet megszüntetni. Másodszor, az egyes csövek sikeres (elfogadható szintre történő) demagnetizálását követően a csővégeken, a hegesztéshez való összeállítása után a mágneses mező 10-szeresére növekszik. Harmadszor, az ívfűvést okozó mágnesesség származhat a hegesztőívől is, hasztalanná téve ezáltal minden korábbi demagnetizálást.

**A hegesztés során végzett demagnetizálás** a legmegbízhatóbb módszer, az egyetlen, amely a mágneses tér erősségének és irányának a változásait is figyelembe veszi a hegesztés során.

A **Zeromag** egy olyan berendezés, amely a demagnetizálási eljárást automatikusan hajtja végre. Egy érzékelő helyezkedik el az elektródához közel és ezáltal a berendezés biztosítani tudja, hogy a hegesztés során a varrathoronyban a mágneses tér erőssége 1 mT alatt maradjon, ezáltal a hegesztés normál feltételek mellett végezhető. A Zeromag berendezés által alkalmazott technológia másodpercek alatt eltávolítja a mágneses mezőt és annak értékét a hegesztés során nullához közeli értékre tartja. A mágneses tér polaritás- (irány-) váltását a hegesztés folyamán érzékeli és azonnal végrehajtja a demagnetizáló áram szükséges módosításait.

## Nikkel ötvöztetű acélcsövek demagnetizálása hegesztés során

### Hegesztett csőszerkezet gyártása Ni-ötvöztetű acélból

A DKG-East Rt. 1998 második felében egy etánmentesítő oszlophoz az alacsony üzemi hőmérséklet (-110 °C) miatt a 12Ni19 (Wnr. 1.5680, DIN 17280) anyagminőséget alkalmazta. Ez az anyag az 5% Ni-ötvöztetű szénacélok csoportjába tartozik.

A gyakorlati tapasztalatok szerint a nagyobb szén- és/vagy nikkeltartalmú acélok hajlamosak a felmágnesesződésre. Ezeket az acélokat mágnesesen kemény anyagoknak nevezik, és javasolt az alapanyaggyártónak küldött megrendelésben pontosan előírni a mágneses térerősség megengedett értékét.

### Az edény adatai

Az edény egy álló (függőleges tengelyű) nyomástartó edény, amely kúpos szoknyával van alátámasztva. Az edényt elliptikus edényfenekek zárják le. A köpeny belső átmérője 1500, ill. 2500 mm, falvastagsága az 1500 mm átmérőjű részen 16-20 mm, míg a 2500 mm átmérőjű részen 25 mm. A két rész közötti átmenetet biztosító kúp falvastagsága ugyancsak 25 mm. Az oszlop teljes magassága 35,4 méter. (Az oszlop főbb adatait lásd a 3. ábrán).

A fenti méretekből adódóan a tartályköpeny 16 övből áll. Az övek hosszvarrattal készülnek, (amelyeknek a hossza 1800-2200 mm), a teljes köpeny pedig a hosszvarratos övek összeállításával és a körvarratok meghegesztésével kerül legyártásra.

### Hegesztéstechnológia és hegesztési paraméterek

Az edény szinte valamennyi varrata vízszintes (vályú) helyzetben készül. (A körvarratok a hegesztés során folyamatosan vízszintes helyzetbe vannak forgatva, a csonkbehegesztések pedig álló sarokvarratok.)

Az edény varratainak élőkészítése és hegesztése az alábbiak szerinti:

– **hosszvarratok:** V élkialakítás, gyökköszörülés és a másik oldalról a gyök utánhegesztése. Két támasztósor hegesztése fogyóelektródás, védőgáz (135) eljárással, a többi sor hegesztése fedettívű (12) hegesztési eljárással.

– **körvarratok:** szimmetrikus X élkialakítás, kétoldali hegesztéssel. Két támasztósor hegesztése fogyóelektródás, védőgáz (135) eljárással, a többi sor hegesztése fedettívű (12) hegesztési eljárással.

– **csonkbehegesztések:** a köpeny kivágása fél V rézseléssel készül, a hegesztést gyökoldali köszörüléssel és a másik oldalról a gyök utánhegesztésével végzik. Hegesztés: bevontelektródás kézi ívhegesztés (111 eljárás).

– **a csonk körvarratai:** V élkialakítás, hegesztés egyoldalról. A gyökvarrat volframelektródás argon védőgáz hegesztéssel (141 eljárás), a töltő- és takarósorok bevontelektródás kézi ívhegesztéssel (111 eljárás) készülnek.

Valamennyi eljáráshoz a hegesztőanyag ausztenites-ferrites típusú,

erősen ötvözött anyag a nagy ütőmunka követelmények biztosítása érdekében.

### A mágnesség miatt felmerülő problémák

A nyomástartó edények gyártása a lemeztáblák méretre vágásával és rézselésével kezdődik. Ezt követi a köpenyövek hengerítése. Tapasztalataink azt mutatták, hogy a fenti gyártási lépések az anyagban meglévő mágneses mezőt felerősítik, azonban a hosszvarratok hegesztése során ez a jelenség még „kezelhető” szinten maradt (különbözőbb intézkedésre nem volt szükség).

A hosszvarrattal meghegesztett köpenyövek kalibráló hengerlését követően kerül sor a köpeny körvarratok összeállítására. Ezen művelet során a mágneses tér nagymértékű felerősödése volt mérhető a hegesztéshez előkészített varrathoronyban. A mérési eredmények azt mutatták, hogy az összeállított varrathelyen a mágneses tér erőssége körülbelül 10-szerese volt az egyes lerészelt darabokon mért értéknek. Az ívfűvő hatás olyan erős volt, hogy egyes darabokon még ívet gyújtani sem lehetett.

A probléma megoldására különböző kísérleteket végeztünk, pl. váltakozó áramú hegesztés alkalmazásával, vagy a darabok hegesztést megelőző demagnetizálásával. Ezek a kísérletek nem bizonyultak sikeresnek, csupán néhány varrat esetén volt a mágneses térerő olyan szinten, hogy a paraméterek változtatásával (nagyobb átmérőjű hegesztőanyag és így erősebb ív alkalmazásával) a hegesztés kivitelezhetővé vált. Megállapítottuk, hogy az ilyen nagy méretű és erősen felmágneseződött darabokból a hegesztést megelőző demagnetizálás a mágnesség eltávolítása gyakorlatilag nem lehetséges. Az összeállított darabok nagy mágneses térerősségének a hegesztés közbeni demagnetizálás túlt az egyetlen alkalmazható megoldásnak.

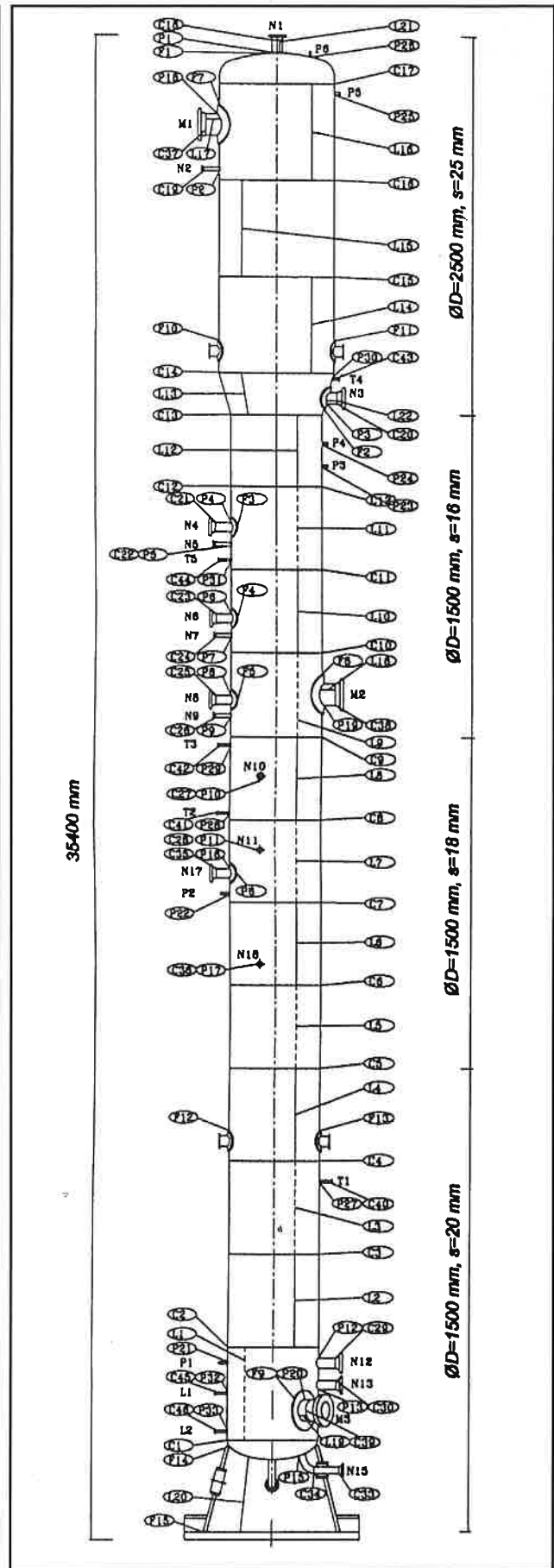
### Demagnetizálás a hegesztés során

A DKG-East Rt-nél a demagnetizáláshoz egy egyenáramú áramforrást használtunk, amely 10 A minimális értékig folyamatosan szabályozható egyenáramot biztosít. A kábelt a szükséges menetszámmal a hegesztéshez előkészített körvarrattal párhuzamosan a köpenyre tekerve biztosítható, hogy a kábel által gerjesztett mágneses tér az alapanyag mágneses tere ellen dolgozva, semlegesítse azt. Mivel a kábel csatlakoztatása az áramforráshoz kétféle polaritással történhet, ez a megoldás, kedvezőtlen kapcsolás esetén, a térerőt növelheti is. Ez esetben a csatlakozást meg kell fordítani. Az eljárás pontos elvégzéséhez a mágneses térerősségmérő műszer használata elengedhetetlen. A nagyméretű körvarratok mentén a mágneses tér erősségének változása jelentős mértékű, ezért annak folyamatos mérése és a demagnetizáló tekercs áramának folyamatos szabályozása szükséges. Külön figyelmet kell fordítani a mágneses tér irányának megváltozására a hosszvarratnál. A hegesztés befejezése és a demagnetizáló berendezés kikapcsolása után az alkatrészben a mágneses tér ismét mérhető, de ekkor már nem jelent hegesztési problémát. (A 4. ábrán egy körvarrat demagnetizálása és hegesztése látható.)

A bemutatott demagnetizáló eljárás alkalmazásával vált lehetségessé az oszlop gyártása a DKG-East Rt-ben.



4. ábra. A körvarrat hegesztése és demagnetizálása



3. ábra. Az oszlop főbb adatai