

# Egyenes csöves atomerőműi hőcserélők vizsgálata\*

Fodor Olivér<sup>1</sup> – Gillemot László<sup>2</sup> – Weisz István<sup>1</sup>

Az ALSTOM Power Hungária Rt. (APH) – a korábbi Láng Gépgyár – francia megrendelésre 6 db, a szekunder körbe beépítendő atomerőműi hőcserélőt gyártott le. Az egyes modulok csőfalaiba a 17 814 db csövet bepréseléssel rögzítették. Feladatunk a bepréselt csövek tömörségének az ellenőrzése volt. Esetünkben ezt nem a szokásos víznyomáspróbával kellett végrehajtani – amelyre egyébként az APH fel van készülve –, ezért a hőcserélők szivárgásvizsgálatát az ÁEF Laboratórium Kft. bevonásával végezte el az APH. Mivel a vizsgálat néhány tekintetben egyedülálló volt országunkban, ezért érdemesnek tartjuk ismertetését.

## A szivárgásvizsgálat különlegességei

### Vizsgálati terv készítése

A megrendelő megkövetelte, hogy részletes vizsgálati előírás készüljön, amit egyrésztől egy III. fokozatú képesítéssel rendelkező vizsgálo személy ellenőrizzen, és természetesen azt is, hogy MSZ EN ISO / IEC 17025:2001 minősítéssel rendelkező vizsgálo cég legalább 2. fokozatú képesítéssel bíró személyzete végezze a vizsgálatokat. A megrendelő végül is az előírás „B” változatát fogadta el, amely az MSZ EN 1593, MSZ EN 1779 C3 szabványokon és az Alstom két belső előírásán alapult. Az egyik előírás, amelyet csővégbehegesztésekre dolgoztak ki, szűkítette az alkalmazható lehetőségek körét, míg a másik a felhasználható anyagok tisztaságára vonatkozott.

A megrendelőt nem elégítette ki, hogy a megvizsgált felületeket a csőfalon jelöljük be, hanem ragaszkodott, hogy minden egyes lépést egy csőtérképen is jelöljünk.

Nem tartozott szorosan a szivárgásvizsgálathoz, de a préselési technológia ellenőrzésére kör alakú próbacsőfalakon préselési vizsgálatokat kellett végrehajtani a prészerszám optimális beállításához. A próbacsőfalon először tömörségvizsgálatot végeztünk 0,2 MPa túlnyomással és az ellenőrzéshez Proof Check folyadékot használtunk, majd következett a mechanikai vizsgálat, amely a csövek kiszakítását jelentette.

vagyis a vizsgálandó csövek száma ennek a duplája, és 6 modult gyártottak le egymás után, kis idő különbséggel. A rendkívül nagy csőszám gyors vizsgálati technológiát követelt meg. A 17 mm átmérőjű, több mint 10 m hosszú csövek üregének térfogata kb. 2.5 l. A gyártási idő rövidege miatt egy modul vizsgálatára 24–48 óra állt rendelkezésre.

Közbevetve: a kondenzátorban a csövek döntő többsége (kb. 90 %) rézcső, a maradék 10% két különböző falvastagságú titáncső. A szivárgásvizsgálatok szempontjából a csövek anyagának nem volt jelentősége, de természetesen a cső bepréselési paraméterei változtak.

**A csőfalból kiálló csőcsonkok.** A legtöbb hőcserélőnél a behengerelt csövek kiálló végeit a csőfal síkjába visszamarják. Ennél a konstrukciónál, mivel a csőfalat utólag bevonattal látják el, a csövek 1 – 1,5 mm-re kiálltak a csőfalból. Ez kétszeresen is problémát okozott:

- A Grimas által leszállított Weber-keret nem tudta letömíteni a csövek végei közötti területet ilyen csővég sűrűségénél, és

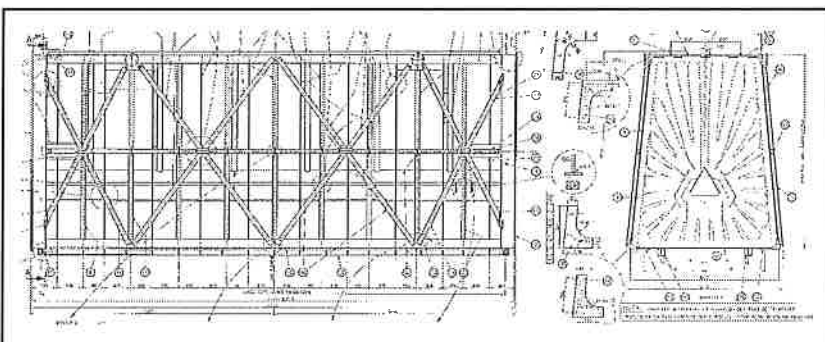
- a vákuumkerettel szembeni csőfalnál pedig nem lehetett alkalmazni a szokásos gumilemez lezárást, hanem minden egyes csövet gumidugóval kellett lezárni. Ehhez a borászati kellekek szakületéből beszerelt kúpos gumidugókat használtuk.

Az első problémát megfelelő tömítő-gumicső beszerzésével oldottuk meg, amelyet ragasztással erősítettünk a kerethez, illetve a végeiket egymáshoz. Több tömítő-gumicső kipróbálása után találtuk meg azt az egyet, amely mind méretében, mind tulajdonságában biztosította a megfelelő vákuumzárást. Ennek a megoldásnak az is előnye volt, hogy az elhasználdott (kb. 10 000 csővég vizsgálata után) tömítő-gumicső egyszerűen újra cserélhető volt.

**Egyedi vizsgálókeret.** A vizsgálókeretet az ÁEF terve alapján a Weber cég gyártotta le. Mérete 350x200 mm. Ez biztonságosan 72 csövet fog be, ami közel 200 l levegő kiszivattyúzását jelentette vizsgálókeret felhelyezéseként. Tekintettel arra, hogy a keret eltolását a biztonság kedvéért ennél kisebb lépésekben kellett végrehajtani, valamint a csőkép sem szabályos téglalap alapú, ezért átlagosan egy lépésben 50 cső vizsgálatával lehetett számolni. A 2. ábra mutatja a vizsgálókeret és a csövek egymáshoz viszonyított helyzetét, míg a 3. ábra a keret fényképfelvétele.

Az ábra is jól érzékelteti, hogy a tömítő felületnek jóval szélesebbnek kell lennie, mint a csövek átmérőjének, mert az a helyzet nem engedhető meg, hogy egy cső egyidejűleg a tömítő felületen belül is és kívül is legyen.

Az ábra is jól érzékelteti, hogy a tömítő felületnek jóval szélesebbnek kell lennie, mint a csövek átmérőjének, mert az a helyzet nem engedhető meg, hogy egy cső egyidejűleg a tömítő felületen belül is és kívül is legyen.



1. ábra. A vizsgálandó hőcserélő körvonalrajza

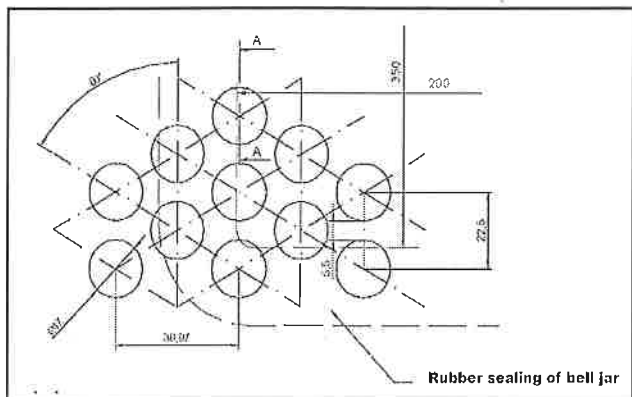
### A vizsgálandó szerkezet sajátosságai

A hőcserélő körvonalrajzát az 1. ábra szemlélteti. A szivárgásvizsgálat módszerét és feltételeit a szerkezet sajátosságai határozták meg, nevezetesen:

**Nincs zárt tér,** mivel ezeknek a hőcserélő moduloknak nincs zárt burkolatuk, és a csöveket sem veszi körül zárt tér, amelyben túlnyomást lehetne létrehozni. Ennek két következménye volt:

- csak vákuumos megoldás jöhetett szóba,
- nem volt mód arra, hogy egy-egy modul csőfalának az összes varratát egyidejűleg vizsgáljuk.

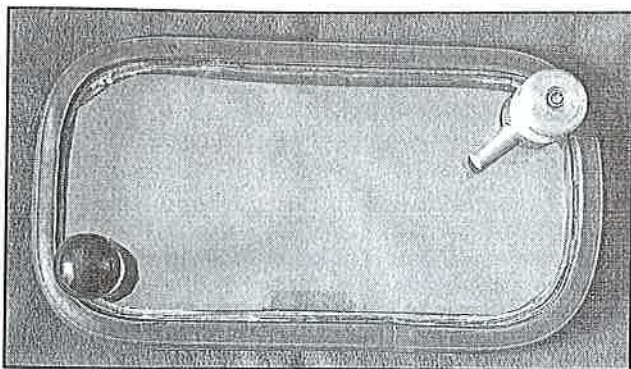
**Nagy a csőszám.** Egy-egy modulba 17 814 darab cső van beépítve,



2. ábra. A vizsgálókeret és a csövek találkozására

<sup>1</sup> Lásd a 71. oldalon.

<sup>1</sup> ÁEF Laboratórium; <sup>2</sup> ALSTOM Power Hungária Rt.



3. ábra. A vizsgálókeret fényképe

## A szivárgásvizsgálat tesztelése

### A vizsgálati módszer érzékenységének igazolása

Egy síklapba beépített Leybold CAT-FABR No. 155.65 típusú etalonnal Proof Check folyadékkal igazoltuk, hogy a vizsgálókerettel  $10^{-5}$  Pa.m<sup>3</sup>/s szivárgás a buborékképződéssel kimutatható. Ezt bizonylatolni kellett. Érdekességképpen megemlítendő, hogy ugyancsak bizonylattal kellett igazolni azt, hogy a buborék-indikátor nem tartalmaz 200 ppm-nél több kloridot vagy halogén elemet.

### Szivárgásvizsgálat modellen

A kondenzátor szivárgásvizsgálatát megelőzően a vizsgáló rendszert egy 30 (6x5 csövet) tartalmazó, 1000 mm hosszú, zárt doboz kialakítású rendszeren is kipróbáltuk. Ennek – az egyébként többféle szivárgásvizsgálathoz kialakított – mintatestnek („etalonnak”) azonban mindkét oldalán a csővégek egy szintben voltak a csőfállal. A szivárgás előidézése érdekében a titáncsőveket a névleges, 50 és 25 %-os nyomattal szajtottuk be.

Legnagyobb meglepetésünkre az első vákuumos szivárgásvizsgálat során egyetlen buborék sem jelent meg a 0.4 MPa nyomáskülönbség hatására.

A vizsgálódoboz lehetővé tette, hogy belső túlnyomás hozzunk létre és 1.2 MPa-nál, 0.2 MPa túlnyomásnál a Proof Check már buborék-képződést jelezett. Ezt követően végrehajtott vákuumos vizsgálatok során már egyértelműen jelentkezett a szivárgás, még pedig oly módon, hogy a 25 %-os értékkel bepréslés csővekből 9, míg a az 50 %-osakból 4 db szivárgása volt észlelhető. A technológiai előírásnak megfelelően elkészített csővégek közül egy sem szivárgott. Ez összhangban volt azzal, hogy a technológia megválasztásakor egyrészt ellenőrizni kellett a szivárgást (erre külön vizsgálódény készült), valamint mérni a kiszakító erő nagyságát.

### Szivárgásvizsgálat a csőfalakon

A vákuum szivattyú teljesítménye 400 l/perc volt, kb. 1/2–1 percre volt szükség az előírt vákuum érték eléréséhez. A vizsgálat során az

előírt nyomáskülönbség legalább 0.4 MPa volt, amit minden egyes esetben a vákuumkerethez csatlakozó manométeren ellenőrizni kellett, majd a 30 másodperces kivárást ekkor kezdődött. Az előírás szerint minden egyes lépéskor a vizsgált területet jelölni kellett a térképen, és természetesen magán a csőfalon is. A tévedési lehetőség csökkentése érdekében vízszintesen egy zsinórt feszítettünk ki, ami meghatározta vertikális irányban a vizsgálókeret pozícióját, míg a horizontális pozícióját minden egyes lépésnél a csőfalon megjelöltük, illetve felvezettük a térképre is. Minden egyes vizsgálati pozíció az azonosíthatóság érdekében egy betű-szám kombinációs jelet kapott, amelyet a térképre is felvezettünk.

A vizsgálatok során egy fő kezelte a keretet, egy fő felvezette az adatokat a térképre és három fő pedig a csőfal hátoldalának dugózását végezte. A vizsgálatokhoz kb. 2000 dugót kellett beszerezni és a vizsgáló oldallal a szinkronitás biztosításához 50 – 60 dugót kellett áthelyezni percenként. Mindezt a tevékenységet 0,5 – 4 m magassági szinten, természetesen mozgatható állványok igénybevételével.

Egy-egy modul vizsgálatát, mindkét oldalon, az ÁEF szakemberei – természetesen váltott személyekkel – kb. 20 óra alatt, de minden esetben 24 órán belül hajtották végre.

A vizsgálatok menetét néhány esetben olyan körülmény is hátráltatta, hogy maga a gumidugó nem biztosított megfelelő vákuumtömörséget, mert például repedt, porózus volt. Ezt a vizsgálókeretet kezelő személy úgy érezte, hogy buborék-képződés nem volt, de a célértéknek megfelelő vákuum értéket nem lehetett elérni. Ilyen esetekben meg kellett vizsgálni, hogy a vákuumkeret tömítése a rossz, vagy a keret pozíciója nem megfelelő, vagy meg kellett találni az 50 – 80 dugó közül, melyik a hibás.

### A vizsgálatok eredménye

Az ALSTOM Power Hungaria Kft. által alkalmazott technológia és minőségbiztosítási rendszer eredményeképpen – a 6 modul 2 – 2 csőfalának vizsgálatáról készült 12 vizsgálati jelentés szerint – a 215 000 darabot meghaladó csővégek közül egyetlen egy sem szivárgott. Ezt az eredményt az is alátámasztja, hogy a csővégek közül egy sem folyt a beépítés helyszínén végrehajtott nyomáspróba során.

## Összefoglalás

Közel 6 x 36 000 csővég vákuumos tömörségvizsgálatát kellett végrehajtani. Két alapvető problémát kellett megoldani:

1. a hőcserélő szekrénye nyitott volt, tehát nem lehetett túlnyomásos, csőveken kívüli teret létrehozni,
2. a csőfalból a csővégek 1–2 mm-re kiálltak, mivel a csőfalat később még bevonattal is ellájták.

Az adott feltételek mellett csak a vákuumos tömörségvizsgálat volt megfelelő. Kellő gondosságu előkészítést követően ezeket a vizsgálatokat az ÁEF Laboratórium a rendelkezésre álló rendkívül rövid idő alatt végrehajtotta és a végvevő által is elfogadott módon dokumentálta.

## SZABVÁNYOSÍTÁS

### Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 2005/5.–6. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

#### 03 Szolgáltatások. Vállalatszervezés, irányítás és minőség.

– MSZ EN ISO/IEC 17020:2005; Ellenőrzést végző különféle típusú testületek működésének általános kritériumai.

– MSZ EN ISO/IEC 17040:2005; Megfelelőség-értékelés. A megfelelőség-értékelő testületek és az akkreditáló testületek által végzett társértékelés általános követelményei.

#### 25 Gyártástechnika

– MSZ EN 13100-2-3:2005; Hőre lágyuló félkész termékek hegesztett kötéseinek roncsolásmentes vizsgálata. 2. rész: Röntgenvizsgálat. 3. rész: Ultrahangos vizsgálat.

#### 45 Vasúti járművek

– MSZ EN 12408:2005; Személyszállításra tervezett kötélpálya-berendezések biztonsági követelményei. Minőségbiztosítás.

– MSZ EN 12927-7-8:2005; Személyszállításra tervezett kötélpálya-berendezések biztonsági követelményei. Kötelek. 7. rész: Ellenőrzés, javítás és karbantartás. 8. rész: Mágneses kötélvizsgálat (MRT).

#### 77 Kohászat

– MSZ EN ISO 376:2005; Fémek. Egytengelyű vizsgálóberendezések ellenőrzéséhez alkalmazott eszközök kalibrálása.

#### 91 Építőanyagok és építés

– MSZ EN 1015-19:2005; Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 19. rész: A megszilárdult vakolóhabarcsok páraáteresztő képességének meghatározása.

– MSZ EN 14157:2005; Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. A kopásállóság meghatározása.

– MSZ EN 14579:2005; Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. A hangterjedés sebességének meghatározása.

– MSZ EN 14581:2005; Természetes építőkövek vizsgálati módszerei. A lineáris hőtágulási együttható meghatározása