

Gőzfejlesztő hőátadó csövei örvényáramos vizsgálatának eredményei Pakson

Dóczi Miklós – Buglyó Imre – Takács Gyula

Bevezetés

A gőzfejlesztő berendezések megbízhatósága és rendelkezésre állása kiemelkedő jelentőséggel bír az egész atomerőmű biztonságos üzemelése szempontjából. Pakson négy blokk üzemel, összesen huszonnégy gőzfejlesztővel, melyek mindegyike 5536 db, titánnal stabilizált ausztenites acélból (08CH18N10T) készült hőátadó csövet tartalmaz.

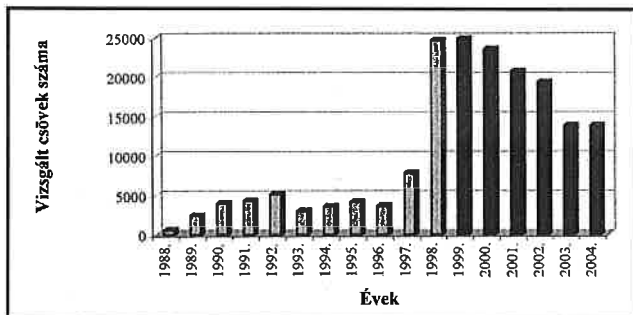
A hőátadó csövek integritása rendkívül fontos, hiszen ezeknek a csöveknek a fala képezi a határvonalat az erőmű primer és szekunder köre között.

A csövek károsodásának kémiai és mechanikai okai lehetnek. A vizsgálat célja a degradáció időben történő felismerése, detektálása a nemkívánatos szivárgások, esetleges csőtörések elkerülése érdekében. A vizsgálat feltárt indikációkat tartalmazó hőátadó csövek az alkalmazott dugózási kritériummal összhangban ledugózásra kerülnek, tehát a továbbiakban nem vesznek részt a hőátadás folyamatában.

Gőzfejlesztők üzem közbeni vizsgálata Pakson

Más roncsolásmentes vizsgálati módszerekkel összehasonlítva a csőfalat ért károsodás korai detektálására az örvényáramos technika mutatkozik a leginkább megfelelőnek az elérhető nagy vizsgálati sebességet, a megbízhatóságot és a vizsgálat érzékenységet is figyelembe véve.

Pakson az Anyagvizsgáló osztály 1988 óta végez örvényáramos vizsgálatot a gőzfejlesztő berendezések hőátadó csövein. A vizsgálati terjedeleme alakulását mutatja az 1. ábra.



1. ábra

Mint az az 1. ábrából is kiténik, a vizsgálati terjedeleme az 1998. évtől szignifikáns növekedést mutat. Ennek oka, hogy 1997-ben a 2. blokk főjavítás alatt elvégzett örvényáramos vizsgálatok eredményeinek értékelése azt mutatta, hogy az előző években tapasztaltakkal összehasonlítva jelentősen megnőtt a meghibásodott csövek száma.

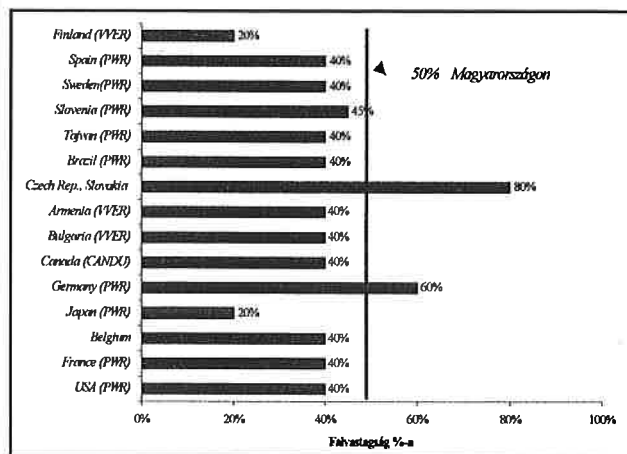
Az örvényáramos vizsgálat eredményeinek ellenőrzéseként elvégeztük egy, a csőköteg felső sorában elhelyezkedő – az elvégzett örvényáramos vizsgálat értékelése alapján a cső külső felületéről kiinduló repedésre utaló indikációt tartalmazó – hőátadó cső kivágását és annak metallográfiai elemző vizsgálatát. Az elvégzett roncsolásos vizsgálat igazolta az örvényáramos vizsgálat megállapításait. Az örvényáramos vizsgálat a falvastagság 77%-ának megfelelő mélységű repedésre utaló indikációt mutatott, míg az elvégzett roncsolásos vizsgálat 1,1 mm-es valós repedésmélységet mértünk (a cső falvastagsága 1,4 mm).

Követelmények, dugózási kritérium

A jelenleg érvényes – az OAH NBF által jóváhagyott – kritériumrendszer szerint a regisztrálási határ a 20%-os hibaszint, azaz a 20%-os mélységű, külső átmérőn lévő körhoronnyról kapott örvényáramos indikáció. Hibahatár a falvastagság 50%-át meghaladó indikáció, mely egyben dugózási kritérium is. Amennyiben sor kerül a vizsgálati keretprogramban (K-05) meghatározott vizsgálati mennyiség (min. 10%) növelésére,

illetve sor kerül a vizsgálati ciklusidő hosszának (4 év) csökkentésére, lehetőség van a hibahatárt meghaladó indikációk – a hatósággal egyeztetett módon történő – egyedi értékelésére.

A nemzetközi gyakorlatban alkalmazott hibahatár, illetve dugózási kritériumok bizonyos mértékben eltérnek a paksitól, de eltérnek egymástól is. A 2. ábra az egyes országokban alkalmazott dugózási kritériumokat mutatja:



2. ábra

Vizsgálatok 1998-ban

A hőátadó csövek integritásának előzőekben említett fontossága miatt a részvénytársaság vezetése úgy döntött, hogy 2004-ig valamennyi gőzfejlesztőn el kell végezni a hőátadó csövek 100%-os terjedelmű vizsgálatát. 1988-tól 1997-ig a hőátadó csöveknek mintegy 10%-át vizsgáltuk 4 évenként és gőzfejlesztőnként. A vizsgálati terjedeleme megnövelésével egyidejűleg kidolgozásra került egy csőkivételi program is, amely a hőátadó csövek állapotának folyamatos ellenőrzését, a csövek külső – szekunder oldali – felületén lévő lerakódások tanulmányozását célozza.

A megemelt vizsgálati terjedelemeiről szóló döntéssel összhangban 1998-ban az alábbi vizsgálatokat végeztük el:

- 1. blokk 5. gőzfejlesztő 23%-os terjedeleme (1266 db vizsgált cső)
- 2. blokk 3. gőzfejlesztő 16 db 1997-ben vizsgált cső visszaellenőrzése
- 2. blokk 4. gőzfejlesztő 50%-os terjedeleme (2812 db vizsgált cső)
- 2. blokk 5. gőzfejlesztő 100%-os terjedeleme (5529 db vizsgált cső)
- 2. blokk 6. gőzfejlesztő 50%-os terjedeleme (2811 db vizsgált cső)
- 3. blokk 2. gőzfejlesztő 100%-os terjedeleme (5534 db vizsgált cső)
- 3. blokk 3. gőzfejlesztő 100%-os terjedeleme (5533 db vizsgált cső)
- 4. blokk 4. gőzfejlesztő 23%-os terjedeleme (1266 db vizsgált cső)

Eredmények

Az 1998-ban elvégzett vizsgálatok eredményeit az 1. táblázatban foglaljuk össze:

1. táblázat

blokk/ GF	Vizsgált cső		Észlelt indikációk					Indikációk előfordulási gyak. (%)		Nem átjárható	Dugózási	
	db	%	≥20% érintett csövek db	≥50% érintett csövek db	Távlati alatt érintett csövek db	%	≥20%	≥50%				
1/5	1266	22,87	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0		
2/4	2812	50,79	87	81	68	64	86	98,85	3,09	2,42	0	64
2/5	5529	99,87	79	75	60	56	72	91,14	1,43	1,09	2	58
2/6	2811	50,78	53	46	40	36	48	90,57	1,89	1,42	0	36
3/2	5534	99,96	67	50	49	39	38	56,72	1,21	0,89	0	39
3/3	5533	99,95	63	60	40	38	57	90,48	1,14	0,72	3	41
4/4	1266	22,87	6	6	6	6	5	83,33	0,47	0,47	0	7
Össz.:	24751	63,87	355	318	263	239	306	86,20	1,43	1,06	5	245

Az 1. blokki 5. gőzfejlesztő vizsgálatán indikációt nem észleltünk.

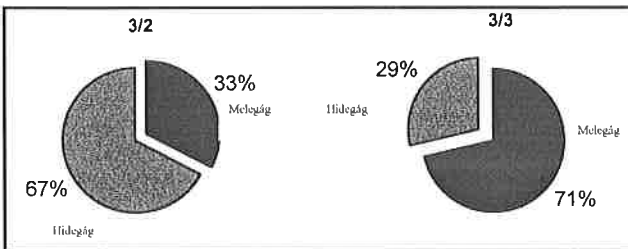
A 2. blokki 3. gőzfejlesztő 1997. évi vizsgálatán detektált 16 db 50%-nál kisebb mélységű indikáció ellenőrzése azt mutatta, hogy az indikációk mélysége nem változott az 1 éves üzemelés alatt.

Jelentős számban tárt fel indikációkat az örvényáramos vizsgálat a 2. blokki és a 3. blokki gőzfejlesztők esetében.

A 4. blokki 4. gőzfejlesztő vizsgálatán a vizsgálat 6 db indikációt tárt fel, viszont a táblázatban 7 db ledugózott cső szerepel. A különbség oka abban keresendő, hogy a csőköteg felső sorából egy ép (indikációt nem tartalmazó) cső vegyszeti és metallográfiai elemzés céljából történt kivételére került sor, és ennek a csőnek a két végét is le kellett dugózni.

Az indikációk eloszlása

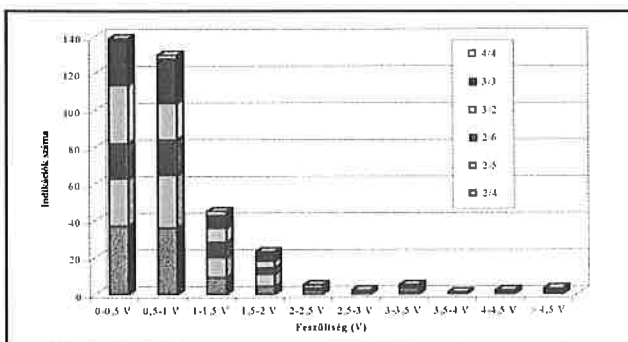
Az indikációk eloszlása és száma eltérést mutat azonos blokkhoz tartozó gőzfejlesztők esetében is. Az említett eloszlás vonatkozik a csőköteg menti eloszlásra, az indikációk eloszlására a csőfalon és a hidegág-melegág közti eloszlásra egyaránt. A vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy minden egyes vizsgált gőzfejlesztő saját egyéni indikáció-eloszlással rendelkezik. A 3. ábra azonos blokkhoz tartozó két gőzfejlesztő (3. blokki 2. és 3. gőzfejlesztő) esetében mutatja az indikációk hidegág és melegág közötti teljesen eltérő eloszlását.



3. ábra

Az indikációk előfordulási gyakoriságát elemezve elmondható, hogy a 100%-os terjedelemben vizsgált gőzfejlesztők esetében értéke az átlag körül mozog (1,43% a regisztrálási határt, 1,06% a hibahatárt elérő vagy meghaladó indikációk esetében). Jelentős – pozitív vagy negatív irányú – eltérés azoknál a gőzfejlesztőknél (1/5, 2/4, 4/4) tapasztalható, amelyek kisebb terjedelemben voltak vizsgálva. Mivel úgy találtuk, hogy az indikációk előfordulása nem egyenletes, hanem véletlenszerű, nem kizárt, hogy egy 100%-os terjedelmű vizsgálat esetében a kérdéses mutató az átlag felé közelítsen.

Az indikációk feszültség-érték szerinti eloszlását mutatja a 4. ábra. Látható, hogy az indikációk több, mint 80%-a 1 V alatti, tehát viszonylagosan kis térfogatú (a jel amplitúdója, tehát a feszültség értéke az indikáció térfogati tulajdonságaival van összefüggésben).

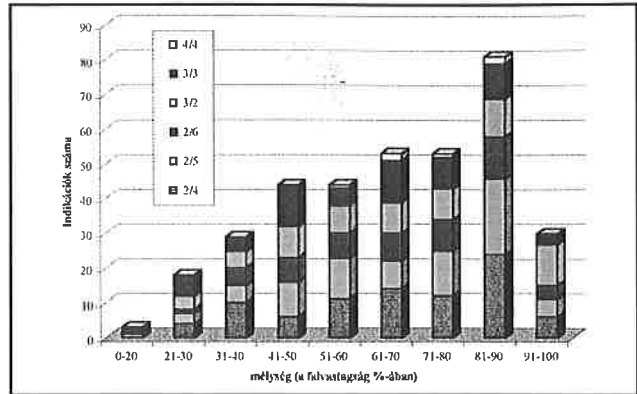


4. ábra

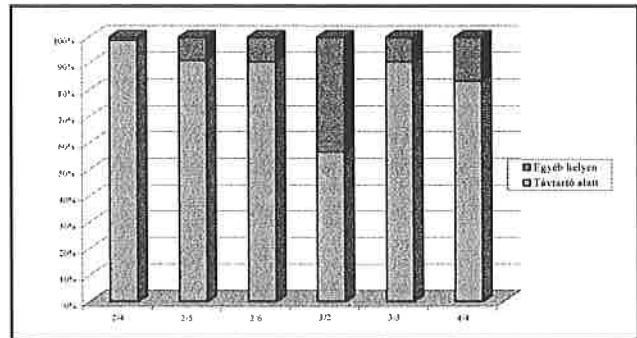
Az 5. ábra az indikációk mélység szerinti eloszlását mutatja be. Az 5. ábrán látható, hogy a leggyakoribb indikáció mélység 81% és 90% közötti és az indikációk majdnem fele (46%-a) mélyebb, mint a falvastagság 70%-a.

Mint az a 6. ábrán is látszik, az indikációk döntő többsége (az összes indikációnak több, mint 80%-a) a távtartók alatt helyezkedik el. Egyetlen kivétel a 3. blokki 2. gőzfejlesztő, ahol az indikációknak „mindössze” 57%-át találtuk a távtartók alatt.

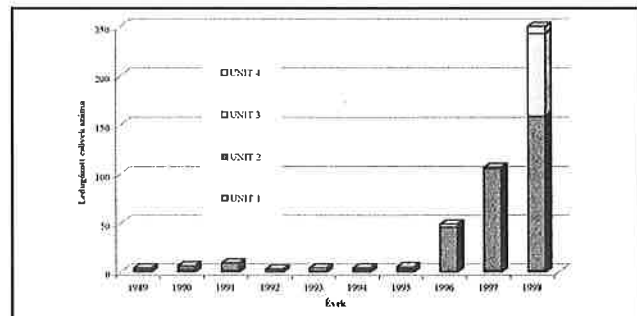
A dugózások számának alakulását mutatja a 7. ábra. A dugózások számának jelentős emelkedése 1996-ban kezdődött. Az 1996. évben a dugózások a hőátadó csövekben talált és onnan nem eltávolítható ide-



5. ábra



6. ábra



7. ábra

gen testek miatt történtek. 1997-től az örvényáramos vizsgálat segítségével talált indikációk miatt emelkedett jelentősen a ledugózott csövek száma.

Természetesen a dugózások száma jelentős növekedésének csak az egyik oka a hőátadó csöveken tapasztalható anyagkárosodási folyamat, a másik ok a vizsgált csőmennyiség jelentős növekedése az utóbbi években (lásd 1. ábra). A vizsgálati terjedelemben a természetesen a feltárt indikációk számának növekedését vonja maga után.

A meghibásodások jellege

Az 1997-ben megkezdett csökvételi program eredményeképpen már rendelkezünk információkkal a csőmeghibásodások okait illetően. A károsodás egy kombinált feszültségkorróziós és réskorróziós folyamat „eredménye”, amely alapvetően a távtartók alatti csőszakaszokon jelentkezik. A távtartók alatti csőfelületen minden esetben kimutathatók a korróziót elősegítő elemek, a klorid, a réz és a kén. A szabad csőfelületeken ezen elemek dominanciája kevésbé tapasztalható.

A közeljövő feladatai

A gőzfejlesztők vizsgálatával kapcsolatos jövőbeli feladataink az alábbiak:

- végrehajtani az összes hőátadó cső vizsgálatát az előzetes terveknek megfelelően,
- létrehozni az összes cső vizsgálati adatait tartalmazó adatbázist,
- folytatni a csökvételi program végrehajtását (roncsolásos és kémiai vizsgálatok),
- fejlettebb vizsgálati technika (pl. forgószonda) alkalmazása az indikációk jellegének pontosabb meghatározása céljából,
- új dugózási kritérium kidolgozása (pl. feszültségi kritérium alkalmazása a hibamélység mellett).