

Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components, 2001 edition, New York.

- [2] ASME Boiler and Pressure Vessel Code. *Sect. V: Nondestructive Examinations*, 2001 edition, New York.
- [3] 10 CFR 50: *Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities*. U.S. NRC, 1996, Washington, DC.
- [4] ASME Boiler and Pressure Vessel Code. *Sect. III: Nuclear Power Plant Components*, 2001 edition, New York.
- [5] PNAE G-7-002-86: *Strength Calculations for Components and Pipelines of Nuclear Power Installations*. 1990, Energoatomizdat, Moscow.
- [6] L. M. Davies: A comparison of Western and Eastern nuclear reactor pressure vessel steels. *Pressure Vessel and Piping* 76, 1999, p. 163-208.
- [7] V. N. Shah and P. E. Macdonald (eds.): *Ageing and life extension of major light water reactor components*. 1993, Elsevier.

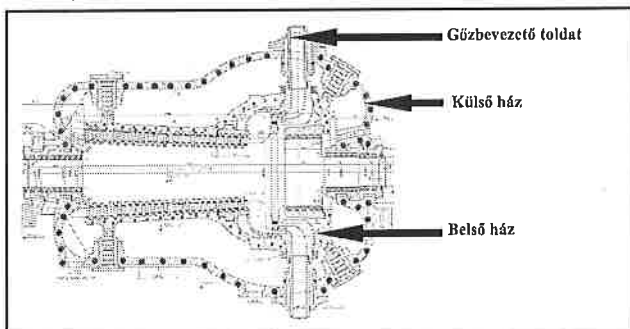
- [8] *Metals Handbook, Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys*. Vol. 1. 1990, ASM International, Metals Park, Ohio.
- [9] TECDOC-1361: *Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety, Primary Piping in PWRs*. 2003, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- [10] W. Marshall: *An Assessment of the Integrity of PWR Pressure Vessels*. Second Report by a Study Group, 1982, UKAEA, Harwell, Oxfordshire, UK.
- [11] *Atomerőművi szerkezetek hegesztésének ellenőrzési szabályzata*. ABSz 6. kötet, ÁEEF, 1979, Budapest.
- [12] *Kritériumgyűjtemény roncsolásmentes anyagvizsgálatokhoz*, PA Rt. AVO, 2003.
- [13] *Summary of the Three Phases of the PISC Programme*. 1992, PISC-Report No. 17.

Gőzturbina vezetékének törése – Nem mindig az anyag a hibás*

Gólya András**

Az alaphelyzet ismertetése

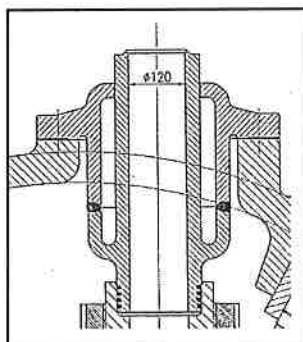
Egy hazai erőmű egyik blokkja nagyjavításának (retrofit) munkálatai során szétszerelték a gőzturbinát is. A szétszereléskor kiderült, hogy a nagynyomású és a középnyomású külső és belső turbinaházakba is illeszkedő gőzvezető toldat (1. ábra) végén található tömítőgyűrűknél (2. ábra) a toldat eltört. Elsősorban az anyaghiba vetődött fel, mint lehetséges ok.



1. ábra. Nagynyomású turbinaház

A töretfelület vizsgálata azonban nem utalt anyaghibára, tipikus fáradásos törés jeleit mutatta, így más irányban kerestük a megoldást. Mivel a külső és a belső ház egymáshoz képesti elmozdulása önmagában nem képes ekkora erőt kifejteni, arra kezdtünk gyanakodni, hogy a gőzvezető toldat befeszülhetett és ez vezetett a fáradásos töréshez. A befeszülés geometriai problémák következménye, így felvetődött, hogy érdemes lenne a házak geometriáját és elhelyezkedésüket megvizsgálni. A turbinaházak ugyanis jelentős (kb. 600 °C) hőhatásnak vannak kitéve működésük során. Ez a ház „szétnyílásához” vezethet.

Ha a ház „szétnyílik”, ez azt jelenti, hogy a ház egésze, minimális mértékben ugyan, de deformálódik (3. ábra). A nagyjavítás során a tur-



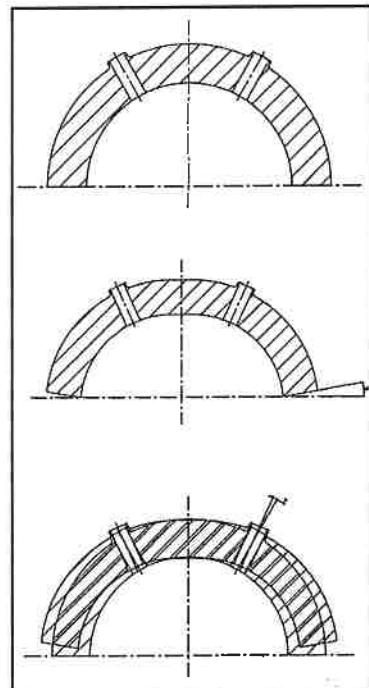
2. ábra. A gőzvezető toldat

binaház osztóiskáját átmunkálják, tehát az itt keletkezett szöghibát kiküszöbölik, de a ház egyéb részeinél, például ahol a gőzvezető toldat illeszkedik, ez a deformáció megmarad. Több nagyjavítási ciklus után ez a deformáció már olyan méreteket ölthet, hogy az említett gőzvezető toldat, amely a külső és a belső házhoz is kapcsolódik, illesztése gondot okoz.

Az elmélet igazolásához azonban a hagyományos mérőeszközök segítségével nem lett volna érdemes nekiállni, hiszen csak túlságosan közvetett, bonyolult módszerekkel tudtuk volna megmérni. Így azonban már olyan mértékű hibát vittünk volna a mérésbe, hogy gyakorlatilag értékelhetetlen eredményt kaptunk volna. A hordozható koordináta mérőgép segítségével viszont ez egy rendkívül egyszerű feladattá vált.

A hordozható koordinátamérő-gépről

A hordozható koordinátamérőgép legfontosabb különbsége a telepíthető képest az, hogy a mérőfej nem x, y, és z irányú egyenes vonalú pályán mozog, hanem egy csuklókkal ellátott mérőkarral (4. ábra). Ebből következik, hogy nem elmozdulást mér alapvetően, hanem szögeket. Optikai úton meg



3. ábra. A turbinaház szétnyílása

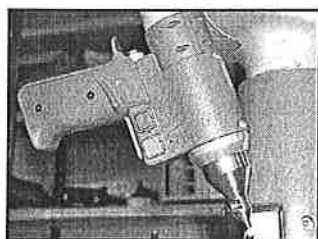


4. ábra. Hordozható koordinátamérő-gép

* Lásd a 71. oldalon!

** ALSTROM Power Hungária Rt.

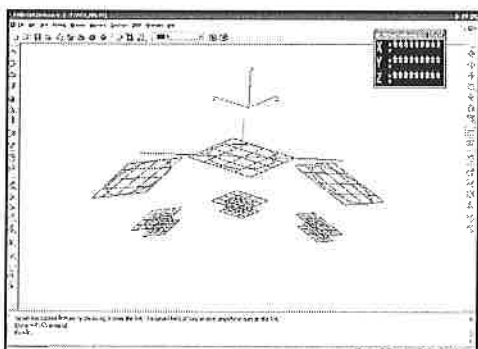
tudja állapítani, hogy az egyes csuklók hogy állnak, és ezek alapján pedig, hogy hol van a mérőfej. A felületet – a telepített mérőgépekhez hasonlóan – gömb alakú mérőfej tapogatja le (5. ábra). A mérés megkezdése előtt meg kell adni, hogy milyen geometriai idomot fogunk mérni (síkot, kört, hengert stb.) majd a pontok felvétele után a szoftver megkeresi a pontokra legjobban illeszkedő adott geometriai formát. Az említettekben jól látható, hogy a hordozhatóság oltárán áldozott pontosság csökkenésért cserébe egy szabadabb mozgásteret is kapunk.



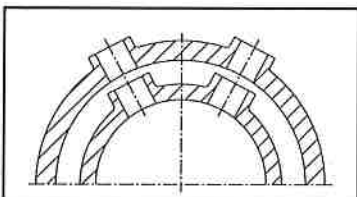
5. ábra. A mérőfej

A vizsgálat végrehajtása

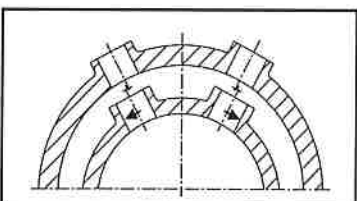
Az előkészületek egyetlen időigényes része, hogy a külső és belső turbinaházat össze kellett szerelni. Ezután a gőzbevezető toldat illeszkedési helyein a külső és a belső turbinaházon is síkok, illetve furatközéppontok felvételével egy olyan háromdimenziós CAD rajzot kaptunk (6. ábra), amelyen már könnyűszerrel ellenőrizhető az egyes beömlési helyeknél szögeltérésének a mértéke, illetve a középpontok esetleges eltérései a külső és a belső ház között. Az ábrán feljebb lát-



6. ábra. A mérési eredmény 3D CAD modellje



7. ábra. A külső és a belső ház furatainak egytengelyűsége



8. ábra. Az osztósík eltérő mértékű lemmunkálásának „eredménye”

ható négyzet-hálós síkok a gőzbevezető toldat külső házon való illeszkedésének síkjai. Az ezeken a síkokon látható kisebb körök mutatják azoknak a furatoknak a helyeit, ahol a toldatot a külső házhoz rögzítik. Ezeknek a köröknek középpontjaira szerkesztett osztókör, pontosabban az osztókör középpontján keresztülménő tengely az, ami a toldat helyzetét mutatja. Mivel a belső házon nem síkon illeszkedik a ház, hanem hengeres felületen, ezért ott az ábrán (eredetileg lila színben) látható hengerek tengelyei a fontosak, ezek mutatják meg a gőzbevezető toldat pozícióját. Ezen két tengely felvétele volt fontos minden egyes gőzbevezetési helyen, hiszen ezek egymáshoz képesti pozíciója adja meg a választ a kérdésünkre.

Az eredmények értékelése, következtetések

A mérési eredmények tanúsága szerint vagy egyáltalán nem, vagy csak nagyon minimális mértékben nyíltak szét a házak. A furatközéppontok eltérése viszont arra engedett következtetni, hogy a külső illetve a belső házakból az osztósík átszabályozásakor nem azonos mértékben munkáltak le, és emiatt tolódtak el egymáshoz képest (1. táblázat).

A furatközéppontok eltérése némi magyarázatra szorul. A külső és

belső házon a gőzbevezető toldat részére kialakított furatok, ha a rajz szerint végezték, egytengelyűek (7. ábra). Ha azonban átszabályozásakor az egyik házból többet munkálnak le, akkor az ezen található furat tengelye a turbina forgórészére nézve radiális irányban eltolódik a másik házon található furat tengelyéhez képest (8. ábra). Ezen két tengely közötti távolság értékei láthatóak az 1. táblázat „Eltérés” sorában. Az alatta levő sorban látható vektorokat úgy vettem fel, hogy minden esetben az áramlás irányából nézve a külső házon található furat tengelyétől mutat a belső ház furatának tengelye felé.

1. táblázat. A középnyomású ház mérési eredményei

| | KöNy felső fél | | KöNy alsó fél | |
|-------------|----------------|---------|---------------|---------|
| | Bal | Jobb | Bal | Jobb |
| Eltérés | 1,68 mm | 0,73 mm | 1,18 mm | 2,03 mm |
| Irány | | | | |
| Szögeltérés | 0,22° | 0,15° | 0,24° | 0,17° |

A vektorok iránya jól láthatóan arra utal, hogy a középnyomású külső házból munkáltak le többet korábban. Érdekes és nehezen magyarázható azonban, hogy a felső fél esetében miért csak a bal oldalon tolódtak el egymáshoz képest a tengelyek. A jobb oldalon mért 0,73 mm-es eltérés ugyanis túl kicsi ahhoz, hogy hibára utaljon. Valószínűleg a ház bal oldalán többet munkáltak le, mint a jobb oldalán.

Más eredményre jutottunk a nagynyomású turbinaház alsó felénél, hiszen itt axiális irányú eltérést találtunk. Ez nem magyarázható az előbb említett módon, és szintén nem okozhatta a kezdeti hipotézisünk, azaz a szétnyílás. A turbinaházat működése során ugyan éri axiális irányú erő, de elképzelhetetlen, hogy ez ekkora geometriai torzulást eredményezzen. Nagy valószínűséggel a ház gyártása során keletkezett geometriai hiba okolható ezért (2. táblázat).

2. táblázat. A nagynyomású ház mérési eredményei

| | Nny felső fél | | | Nny alsó fél | | |
|-------------|---------------|---------|---------|--------------|---------|---------|
| | Bal | Közép | Jobb | Bal | Közép | Jobb |
| Eltérés | 0,13 mm | 0,58 mm | 0,57 mm | 2,43 mm | 1,28 mm | 3,12 mm |
| Irány | | | | | | |
| Szögeltérés | 0° | 0° | 0,08° | 0,13° | 0,11° | 0,14° |

Mindent egybevetve gyors és hatékony vizsgálattal fény derült a hiba okára, és beigazoltuk, hogy nem anyaghibáról van szó. A mérés gyorsaságának fontosságát azért kell hangsúlyozni, mert ha geometriailag rendben lettek volna a házak, akkor a hiba okának keresésében ez egy holtág, azaz veszteségidő, amely a javítási munkálatok határidejének tartása miatt nem mellékes tényező.

A hibák mértékének és irányának ismeretében orvosolhatóvá tettük a problémát, és a megfelelő mértékben módosított tömítőgyűrűk már lehetővé teszik a gép, pontosabban a gőzbevezető toldat törésmentes üzemelését.

Összefoglalva, a hordozható koordinátamérő-géppel könnyen elvégezhető mérések alapján megállapítottuk, hogy

- a mindkét házon mért szögeltérések elhanyagolható mértékűek;
- a középnyomású háznál a radiális irányú eltérések a külső és a belső ház osztósíkainak eltérő mértékű lemmunkálásából származnak;
- a nagynyomású háznál az axiális irányú eltérések oka viszont máshol keresendő => eredeti gyártási hiba.

A mérések eredményei egyrészt alátámasztották a töretvizsgálat eredményét: azaz, hogy a gőzbevezető toldatok tömítőgyűrű végeinek törése nem anyaghiba következménye volt; másrészt – elkerülendő a törések ismétlődését – a geometriai hibák mértékének és irányának ismeretében megfelelő mértékben módosíthatók a gőzbevezető toldatok tömítőgyűrű végeit.