

mos a lánccal), mint a greigit-kristályokban. Ebben a baktériumban tehát nem valósul meg olyan szigorú biológiai szabályozás, mint az 5. ábrán bemutatott magnetitlánccal. Itt a vas-szulfid-kristályok tetszőleges alakja és kristálytani iránya miatt az alak- és a magnetokristályos anizotrópia hatása verseng a kristályok közötti mágneses kölcsönhatással.

Mind tenyésztett, mind vad típusú, különböző méretű és alakú magnetoszómákat tartalmazó baktériumsejtekben elektronhologramok alapján megmértük a kristályláncok mágneses momentumát. A sejtek mágneses mikroszerkezete közti jelentős különbségek ellenére (amelyeket az 5. és 6. ábra is illusztrál) az egységyi lánchosszra jutó mágneses momentum minden sejten közel azonos értéket mutatott (1. táblázat). Ez arra utal, hogy valamennyi sejt hatékonyan irányul a geomágneses térben. A Langevin-függvény alapján kiszámítható, hogy az ~50 μT erősségű geomágneses térben a vizsgált sejtek az idő ~90%-ában a mágneses erővonalakkal párhuzamosan úsznak. Azon sejtek, melyek rendezetlen irányulású kristályokból álló láncokat választanak ki (6. ábra), a kevésbé hatékony elrendezést azzal egyenlítik ki, hogy sokkal több kristályt növesztenek, mint a tökéletes iránytűt kiválasztó sejtek (5. ábra). A mágneses baktériumok tehát úgy optimalizálták a biomineralizációs folyamatot, hogy a leghatékonyabban tudjanak a geomágneses térben navigálni.

Összefoglalás

A mágneses baktériumok sejtjeiben ferrimágneses nanokristályok képződnek. Az egyes sejtek eltérő alakú, méretű és rendezettségű kristályokat választanak ki. A transzmissziós elektronmikroszkópban elektronholográfia alkalmazásával a nanokristályok mágnessége mennyiségileg vizsgálható. A különböző mágneses baktériumsejtek elektronholográfiás vizsgálata alapján megállapítható, hogy a nanokristályok fizikai tulajdonságai közül leginkább az alak-anizotrópia befolyásolja a kristályokban a mágneses indukció irányát, míg a magnetokristályos anizotrópia és a kristályok közötti

kölcsönhatás kevésbé jelentős. A baktériumokban a nanokristályok egy-egy mágneses domént tartalmaznak, és a sejtek mágneses momentuma elegendően nagy ahhoz, hogy a baktérium a geomágneses tér erővonalai-val párhuzamosan irányuljon. Hasonló elektronholográfiás mérések segítségével a jövőben a bonyolultabb élőlényekben (pl. madarakban vagy az emberi agyban) előforduló mágneses kristályok biológiai szerepét is jobban megérthetjük.

Köszönetnyilvánítás

Az elektronholográfiás mérések a University of Cambridge, Department of Materials Science and Metallurgy elektronmikroszkóp laboratóriumában készültek Rafal Dunin-Borkowski vezetésével, Takeshi Kasama és Ed Simpson közreműködésével.

Irodalom

1. R. P. Blakemore: Magnetotactic bacteria. *Science* 190 (1975) 377–379.
2. D. Faivre, D. Schüler: Magnetotactic bacteria and magnetosomes. *Chemical Reviews* 108 (2008) 4875–4898.
3. D. A. Bazylinski, R. B. Frankel: Magnetosome formation in prokaryotes. *Nature Reviews Microbiology* 2 (2004) 217–230.
4. R. B. Frankel, D. A. Bazylinski, M. S. Johnson, B. L. Taylor: Magneto-aerotaxis in marine coccoid bacteria. *Biophysical Journal* 73 (1997) 994–1000.
5. D. J. Dunlop, Ö. Özdemir: *Rock magnetism: Fundamentals and frontiers*. Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
6. R. E. Dunin-Borkowski, M. R. McCartney, M. Pósfai, R. B. Frankel, D. A. Bazylinski, P. R. Buseck: Off-axis electron holography of magnetotactic bacteria: magnetic microstructure of strains MV-1 and MS-1. *European Journal of Mineralogy* 13 (2001) 671–684.
7. E. T. Simpson, T. Kasama, M. Pósfai, P. R. Buseck, R. J. Harrison, R. E. Dunin-Borkowski: Magnetic induction mapping of magnetite chains in magnetotactic bacteria at room temperature and close to the Verwey transition using electron holography. *Journal of Physics: Conference Series* 17 (2005) 108–121.
8. T. Kasama, M. Pósfai, R. K. K. Chong, A. P. R. Finlayson, P. R. Buseck, R. B. Frankel, R. E. Dunin-Borkowski: Magnetic properties, microstructure, composition and morphology of greigite nanocrystals in magnetotactic bacteria from electron holography and tomography. *American Mineralogist* 91 (2006) 1216–1229.
9. M. Pósfai, T. Kasama, R. E. Dunin-Borkowski: Characterization of bacterial magnetic nanostructures using high-resolution transmission electron microscopy and off-axis electron holography. In: D. Schüler (ed.) *Magnetoreception and Magnetosomes in Bacteria* 3 pp. 197–225., Springer, Berlin – Heidelberg – New York, 2007.

TELJESÍTMÉNYNÖVELÉS A PAKSI ATOMERŐMŰBEN

Szöke Larisza
Paksi Atomerőmű Zrt.

A 4. és az 1. atomerőművi blokkok pozitív tapasztalatai alapján a paksi atomerőmű 2008-ban is folytatta a teljesítménynövelés munkálatait. (A 4. blokk 2006 szeptemberéig, az 1. blokk 2007 júliusa óta a korábbi teljesítményének 108%-án üzemel.) A projektterv szerint a 2008. év legfontosabb feladata a 3. blokki teljesítménynöveléshez szükséges átalakítási engedélykérelem előkészítése, a 2. és a 3. blokkon egymás után végrehajtandó átalakítások, majd a 2. blokki teljes és a 3. blokki részleges felterhelési program végrehajtása volt. (1. ábra).

Teljesítménynövelés a 2. blokkon

A 2. blokk teljesítménynöveléséhez szükséges átalakítási engedélykérelem 2007. decemberi benyújtását követően 2008 első felében lezajlott a még hátramaradt technológiai átalakítások előkészítése, engedélyeztetése. (A szükséges egyedi átalakítások egy részét – stabil primerköri nyomás biztosítása, tokozott síncsere – korábban már végrehajtottuk.) Az alábbi főbb átalakítások a június–augusztusi főjavítás alatt megtörténtek:



1. ábra. A 4. blokk teljesítménye a projekt megvalósítása után.

- az új típusú, nagyobb rácsosztású üzemanyagkazettákból álló első teljes töltet berakása a reaktorba;
- a zónán belüli PDA-Verona reaktorfizikai ellenőrző rendszer rekonstrukciója;
- a reaktorvédelmi rendszer átalakítása az új paraméterekhez;
- a fő keringtető szivattyúk járókerekeinek és alkatrészeinek cseréje;
- a hidroakkumulátorok szintméréseinek átalakítása a nagyobb mennyiségnek megfelelő magasabb vízszinthez;
- a turbina nagynyomású fűvókakoszorújának cseréje, a szabályozórendszer átalakítása a nagyobb gőzmennyiséghez.

Kiemelkedő feladat volt a fő keringtető szivattyúk járókerekeinek, tengelyének és rögzítő alkatrészeinek cseréje. Mivel a primerköri forgalom a 2. blokkon volt a legalacsonyabb, azt meg kellett növelni legalább az emelt teljesítményhez tartozó biztonsági elemzésekben szereplő 40 300 m³/h értékre. A szentpétervári OKB CKBM üzem gyártotta le a nagyobb méretű, korszerű, kovácsolt-hegesztett járókerekeket és tengelyeket. Az alkatrészeket – a gyártóművi ellenőrzés után – 2007. december elején szállította le a gyár (2. ábra). A beérkezés után, 2008 első felében a szerelés be-

2. ábra. A fő keringtető szivattyú járókerekeinek ellenőrzése a gyártóműben.



gyakorlása következett inaktív körülmények között a Karbantartó Gyakorló Központban.

A fő keringtető szivattyú hat járókerekeinek cseréje a 2008. június–augusztusi nagyjavítás alatt mintegy 40 napot vett igénybe. A fő keringtető szivattyú átalakítási engedélykérelemmel együtt benyújtott mérési programjai alapján a blokk leállása előtt és visszaindulása után elvégeztük a fő keringtető szivattyúk hidraulikai méréseit. A főjavítást követően a két hónapos próbaüzem során a többszöri termohidraulikai mérésekkel meghatározták az új primerköri forgalmat és a hőhordozó felmelegedést az eredeti 100%-os szintre. A végleges értékekkel módosítottuk az érintett dokumentumokat (felterhelési program, üzemviteli utasítás, műszaki üzemeltetési szabályzat üzem mód táblázata).

A 2. blokkon a próbaüzemet követően, 2008. október 23. és november 10. között – a felterhelés biztonságos végrehajtását leíró teljesítménynövelés üzemviteli program 1. lépése alapján – az eredeti 100%-on sikerrel megtörtént a turbínaszabályozó ellenőrzése, lezajlottak a reaktorfizikai, termohidraulikai, technológiai, vegyszeti és radiokémiai, rezgésmérési paraméterek ellenőrzései, megtörtént a generátorok állapotának kimérése. Az eredményeket a szakemberek hatósági egyeztetésen november 11-én megfelelőnek minősítették, a program folytatását engedélyezték.

A 2. blokk az üzemviteli program 2. lépésében, az ütemtervnek megfelelően november 12-én érte el 104%-os teljesítményszintet. A programban az első lépéshez hasonló vizsgálatok kerültek elvégzésre. Az előírt ellenőrzések eredményeit a szakemberek a hatóság képviselőjével együtt december 1-jén megfelelőnek minősítették, és engedélyezték a program folytatását.

Ezt követően a blokk teljesítményét napi 1%-kal emeltük, minden alkalommal reaktorfizikai ellenőrzés alapján, a nukleáris hatósággal való egyeztetés után engedélyezve a folytatást. A 2. blokk 2008. december 5-én érte el a 108%-ot. Az ellenőrzéseket ezen a teljesítményszinten ismét sikeresen elvégeztük, amelyeket az érintett szervezetek december 18-án értékelték.

A 2. blokk stabilan üzemel 108% teljesítményen, a paraméterek az előzetesen számított értékeknek felelnek meg, illetve megengedett határértékekben belül vannak. A zóna valamennyi korlátozó paramétere tekintetében megfelelő tartalékokkal rendelkezik. Összegezve az eredményeket kijelenthető, hogy a blokkon a reaktorfizikai, technológiai, vegyszeti, radiokémiai és rezgés paraméterek megfelelőek, a blokk a biztonsági előírásoknak megfelelően, a szükséges tartalékokkal, biztonságosan üzemel a növelt teljesítményen.

Részleges teljesítménynövelés a 3. blokkon

A 3. blokki teljesítménynövelés átalakítási engedélykérelmét 2008 márciusában nyújtottuk be. Az átalakítások egy részét (primerköri nyomásszabályozás átalakítása, Verona-rekonstrukció) már korábban végrehajtották, a szeptemberi főjavítás alatt történt meg:

- az új típusú, nagyobb rácsosztású üzemanyag-kazettákból álló első teljes töltet berakása a reaktorba;
- a reaktorvédelmi rendszer átalakítása az új paraméterekhez;
- a hidroakkumulátorok szintméréseinek átalakítása a nagyobb mennyiségnek megfelelő magasabb vízszinthez.

A blokk átalakításának különlegessége volt, hogy valamennyi primerköri átalakítást végrehajtották, de nem végezték el a turbina átalakításait, mert a normál főjavítási időtartam erre nem elegendő. A turbinán a nagynyomású fűvókakoszorú cseréket és a turbinaszabályozó rekonstrukcióit a 2009. évi nagyjavítás alatt hajtják végre, ezért a 108% elérése 2008-ban nem volt lehetséges.

A 3. blokkon 2008. október 11–29. között – a teljesítménynövelés üzemviteli program 1. lépése alapján – az eredeti 100%-on sikerrel lezajlottak a reaktorfizikai, termohidraulikai, technológiai, vegyszeti és radiokémiai, rezgésmérési paraméterek ellenőrzései. Az eredményeket a szakemberek hatósági egyeztetésen október 30-án megfelelőnek minősítették, a program folytatását engedélyezték.

A 3. blokk az üzemviteli program 2. lépésében, az ütemterv szerint október 31-én érte el a 104%-ot. A programban az első lépéshez hasonló vizsgálatokat végeztünk. Az előírt ellenőrzések eredményeit a szakemberek a hatóság képviselőjével együtt november 19-én megfelelőnek minősítették.

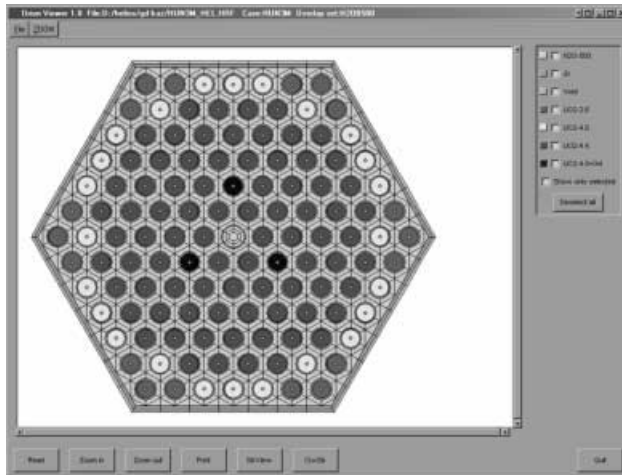
Az 1. blokk növelt teljesítményen

A Paksi Atomerőmű Zrt. az 1. blokkon 2007-ben elvégzett teljesítménynövelési átalakításokat követő sikeres ellenőrzések, próbaüzem eredményei alapján 2008. április elején az üzemeltetési engedély módosítását kérte a nukleáris hatóságtól az új, 1485 MW reaktor hőteljesítményű (500 MW villamos teljesítményű) állapotról. Az Országos Atomenergia Hivatal Nukleáris Biztonsági Igazgatósága (OAH NBI) az új üzemeltetési engedélyt az 1. blokkra 2008. szeptember 18-án megadta. A Magyar Energia Hivataltól 2008 februárjában szintén megkaptuk a működési engedélyt az emelt teljesítményre.

JÉKI LÁSZLÓ
1942–2009

2009. április 22-én, hosszú betegség után elhunyt *Jéki László*, a fizikai tudomány kandidátusa, a tudományos ismeretterjesztés kiemelkedő személyisége.

1942. augusztus 1-jén született Pécsen, abban a városban, amelynek haláláig szenvedélyes lakólat-



3. ábra. A gadolínium pálcákat tartalmazó kazetta profilírozása.

Modernizált üzemanyag

A 4. és az 1. blokk után 2008-ban a 2. és a 3. blokkba is teljes töltet került a megnövelt rácsosztású (3,82% átlagdúsítású), a teljesítménynövelést lehetővé tevő, új típusú üzemanyag-kazettákból.

Az oroszországi TVEL vállalattal az optimalizált, gazdaságosabb (4,20% átlagdúsítású, 3 db, gadolínium tartalmú, kiegészítő neutronelnyelő pálcát tartalmazó) Gd-2n típusú üzemanyag-kazetta kifejlesztésére kötött szerződés alapján az év során folyamatosan érkeztek a szükséges elemzések és megalapozó dokumentumok. A KFKI Atomenergia Kutató Intézete szintén részt vett az elemző munkában.

2008 februárjában a paksi atomerőmű elvi átalakítási és beszerzési engedélykérelmet nyújtott be az OAH NBI felé 18 darab tesztkazetta 2009. évi 4. blokk felhasználása érdekében, amelyet májusban meg is kapott. A tesztkazetták üzemeltetési engedélykérelméhez szükséges dokumentációja 2008 végére nagyrészt összeállt a 2009. év eleji benyújtáshoz. Az optimalizált, gadolíniumos üzemanyag-kazetták üzemi alkalmazását 2010-től kezdve tervezzük (3. ábra).

A Gd-2n üzemanyag-kazetták bevezetéséhez folyik a teljes léptékű szimulátor rekonstrukciója és a PDA-Verona rendszer továbbfejlesztése.

riótája maradt. Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerzett fizikus diplomát 1965-ben. A Központi Fizikai Kutatóintézet Magfizikai Főosztályának Magfizika II laboratóriumába került, ahol maghasadással kapcsolatos problémákkal foglalkozott. 1975-ben