

Reaktorkovácsok

Cserhádi András

MVM Paksi Atomerőmű Zrt.

7031 Paks, Pf. 71. +36 75 508 518

Pár évvel ezelőtt úgy tűnt, hogy a nukleáris reneszánsz egyik kerékkötője a világban a korlátozott reaktortartály kovácsoló kapacitás. Ma már látszik, hogy ez a korlát egyre kevésbé áll fenn. A cikk elsősorban nyomottvízes reaktortartályok gyártására koncentrál, de kitér forralóvízes reaktortartályokra, gőzfejlesztőkre, primer körű csővezetésekre és generátor tengelyekre is.

Bevezetés

A cikk szerzője komplex áttekintésre törekszik az új atomenergetikai kapacitások létesítéseinek különféle kérdéseiben. Most kissé a nukleáris nehézgép gyártásban mélyedt el, bár nem acélipari, vagy gyártástechnológiai szakember. Személyes élmények annyiban befolyásolták, hogy az elmúlt évtizedekben alkalma nyílt meglátogatni Japánban a Mitsubishi Heavy Industries reaktor összeszerelő üzemét (Kawasaki), Franciaországban az AREVA reaktor rúdajtás- és fő keringtető szivattyú gyárat (Jeumont), Dél-Koreában a Doosan kovácsoló préseit és reaktor-, gőzfejlesztő-, valamint turbinagyárat (Changwon), Csehországban pedig a Skoda JS orosz tulajdonú reaktorgyárat (Plzen).

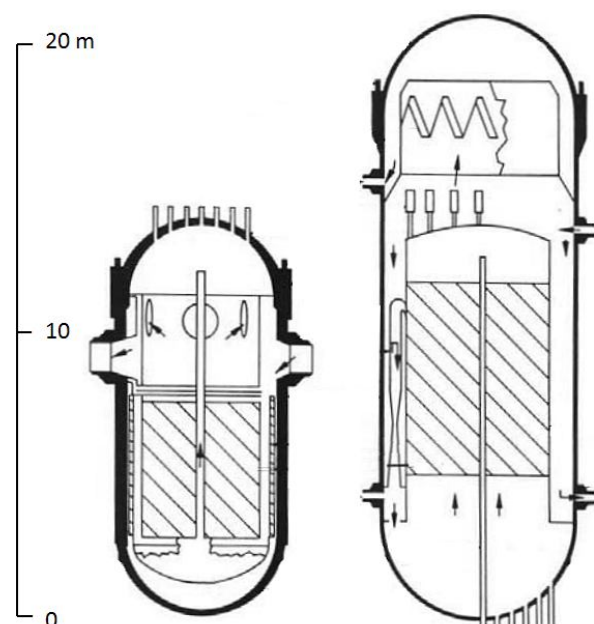
Az alábbi áttekintés homlokterében a könnyűvízes, azon belül is a nyomottvízes¹ típus áll. Ennek indoka egyrészt az elterjedtség: 2013 végén nyomott- és forralóvízes² volt az üzemelő energetikai reaktorok 63 és 19%-a, illetve az épülők 83 és 6%-a [1]. Másrészt a nyomottvízes reaktorok 100-170 bar³ üzemi nyomáson működnek, így falvastagságuk jóval nagyobb, mint a kb. fele nyomáson működő forralóvízeseké (1. ábra) – a vastag fal pedig fokozott tervezési és gyártási kihívás.

Szupernehéz alkatrészek kovácsolási igénye egy modern PWR, VVER gyártására jellemző leginkább. Az összeszerelt reaktortartály 300-500 t, a gőzfejlesztő 400-500 t, a legbonyolultabb és legsúlyosabb alkatrészeik 200 tonnát is meghaladhatják. Egy generátor tengelyének tömege ugyancsak elérheti a 200 tonnát. 30-40 évvel ezelőtt – amikor a ma működő atomerőművek többsége épült – még sok ország rendelkezett a tartályok gyártásához szükséges üzemekkel és eszközökkel, de a megrendelések drasztikus csökkenése miatt ezek az üzemek megszűntek vagy más termékek után néztek.

¹ PWR (Pressurized Water Reactor) vagy orosz típusváltozatként VVER (víz-vizes energetikai reaktor)

² BWR (Boiling Water Reactor)

³ SI helyett az ipari gyakorlatban ma is sokkal inkább használatos, 1 bar=0,1 MPa



1. ábra: Azonos teljesítményű nyomott- és forralóvízes reaktorok összevetése
(forrás: IAEA NP-T-3.11 műszaki dokumentum, <http://goo.gl/ogw0Go>)

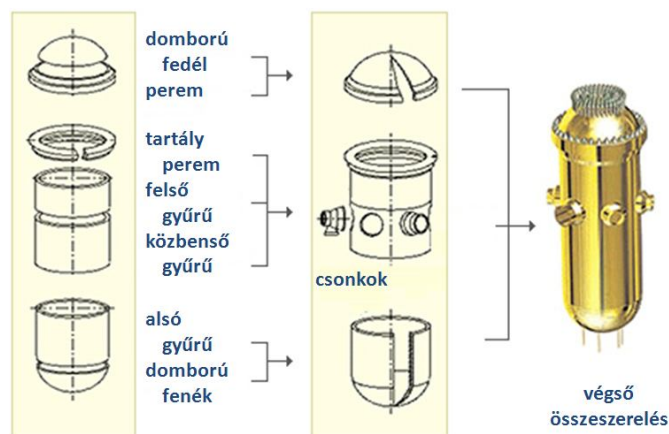
Így néhány éve a világban alig pár gyártó volt képes egy nagy reaktor csonkóvének kovácsolására. Sokatmondó, hogy az ilyen munkák 80%-át egyetlen cég, a Japan Steel Works (JSW) végezte. Nem véletlenül látták tehát ebben az atomerőmű építés újjászületésének egyik akadályát még a derűlátó nukleáris szakemberek is. A helyzet változóban, egyre több hír mutatja, hogy érezhető elmozdulás történt: AP1000 reaktortartály kínai gyártása, új AREVA kovácsoló prés avatása a Creusot Forge üzemében, az OMZ Izsora felkészülése a VVER-TOI elemek kovácsolására, a volgodonszki Atommas fehér orosz reaktor szállítása stb.

Miből áll és hogyan készül egy nyomottvízes reaktortartály?

Az alábbi ismertetés elég vázlatos, csak a cikk további részének megértéséhez szükséges mértékben részletezi a témát.

Az alapanyag nagy szilárdságú, alacsony karbon-tartalmú acél ötvözet. Kovácsolásának célja a kellő alak kialakításán túl a fém szövetszerkezetének kedvező befolyásolása. A tartályok belső felületét vékony korrózióálló acél réteggel vonják be, ez a plattírozás. A tartályon belüli berendezés elemek ugyancsak korrózióálló acélból készülnek.

A tartály egy álló hengeres edény, domború fenékkal és ugyancsak domború, levehető fedéllel. Utóbbiak valamelyikét függőlegesen átjárja egy sor nyílás a szabályozó rudak hajtásaihoz és a különféle in-core mérések kivezetéseihez. A hengeres részt általában több, egyben kovácsolt gyűrűből hegesztik össze körkörös varratokkal (2. ábra).



2. ábra: Egy dél-koreai reaktortartály főbb alkotórészei, összehegesztése (forrás: Doosan, <http://goo.gl/Xszuon>)

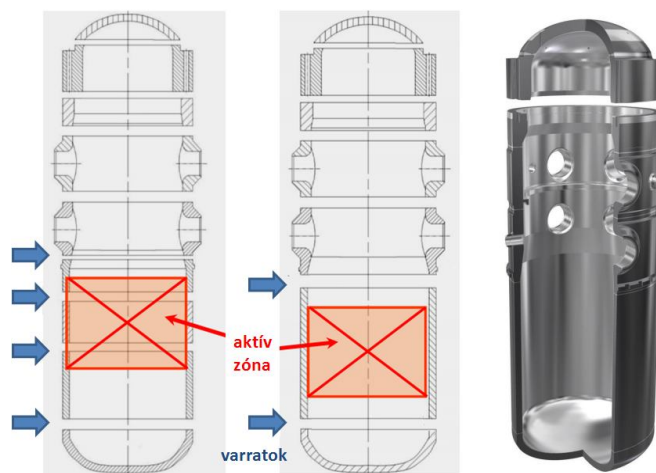
A reaktorhoz csatlakozó fő keringtető vezetékek és az üzemi zónához csatlakozó rendszerint feljebb kapnak helyet. Gyártástechnológiai szempontból a - nyílásokkal bőven ellátott - gyűrűnek (3. ábra) és fedélnek a kovácsolása a legnagyobb kihívás. A reaktorok üzemeltetésének eddigi tapasztalatai rámutattak, hogy az aktív zóna magasságában található hegesztési varratok fokozott sugárkárosodást szenvednek a tartály többi részéhez képest. Az újabb tervekben törekednek arra, hogy a varratok ne kerüljenek a zóna magasságába, amihez nagyobb méretű gyűrűket lehet kovácsolni (4. ábra). A fedelet bontható kötéssel rögzítik tartályon, a fő osztósíknál ezért két peremet kell kialakítani a több tíz töcsavar és leszorító anya részére. A tartályon belüli szerkezetek, mint pl. a reaktorakna, zónatartó rács, kosár vagy szabályozó rudak megvezetései inkább precíziós gyártási feladatot jelentenek, nyomástartó szerepük nincs. Az üzemanyag kötegek cserélhetőek, gyártásuk a reaktorétól elkülönül.

Az egyes elemek kovácsolása, megmunkálása, majd összehegesztése után különféle hőmérsékleteken összetett időfüggvény szerint hőkezelést alkalmaznak a vastag falú alkatrészek egyenletes szövetszerkezetének és előírt mechanikai tulajdonságainak a biztosítása érdekében. A gyártást alapos anyagvizsgálatok kísérik, melyek adatait gondosan archiválják.

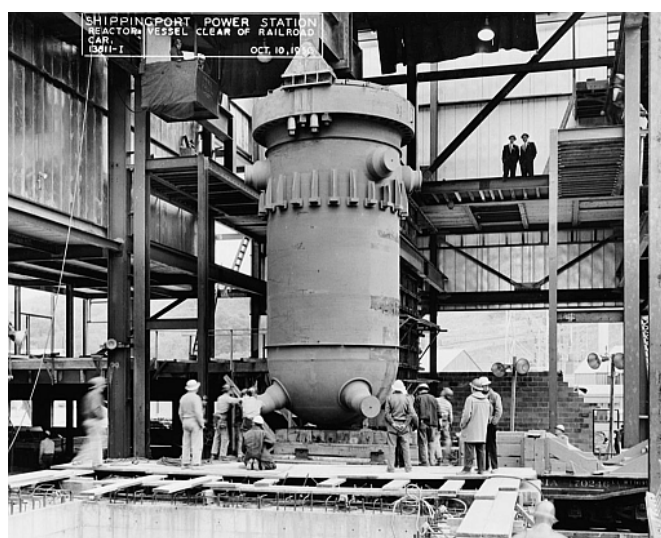
Ugorjunk vissza a kezdetekhez. Az első nyomottvízes energetikai reaktor tartálya a Shippingport atomerőműhöz készült (5. ábra). Itt a hengeres rész három gyűrűnek mindegyikét még fél gyűrű alakú hengerelt lemezekből egyesítették, két-két alkotó melletti függőleges varrattal. E varratok 90 fokkal elfordított pozíciókba kerültek, ahogy a kőműves is a szilárdság érdekében kötésbe rakja a téglát.



3. ábra: Egyetlen acéltuskóból kovácsolt reaktortartály csonk öv (forrás: Japan Steel Works, <http://goo.gl/820HUA>)



4. ábra: Kevesebb és a zóna határain kívüli varrat a legújabb VVER reaktortartályon (forrás: Karzov G. et al. előadás, Drezda, 2014, <http://goo.gl/kR4TP9>)



5. ábra: A Shippingport Atomerőmű 1956-ban elkészült reaktortartálya (forrás: Wikipedia, <http://goo.gl/Uiu6HF>)

A prototípus reaktor bemenő csonkjai az ábrán is láthatóan még a reaktor alján voltak. A későbbi modelleknél a kimenő

csonkokhoz hasonlóan ezek is felülre kerültek, mert ellenkező esetben a hidegági cső törésekor a zóna teljesen leürül, hűtés nélkül marad. Ugyanígy a szabályzó rudak hajtásainak alsó elrendezése helyett tipikussá vált a fedélen való átvezetés. A mérőcsonkoknál hasonló a tendencia, de néhány korszerű típusnál – pl. a dél-koreai APR1400 estében is – az alsó kivezetés még mindig megmaradt (lásd ismét a 2. ábra összeszerelt reaktorát).

Pár szó más atomerőművi nagyberendezésekről

A gőzfejlesztők nyomástartó köpenye is a reaktoréhoz hasonló kovácsolást, megmunkálást, hegesztést, hőkezelést és anyagvizsgálatot igényel. További összetett feladat a csőtáblák vagy kollektorok (elosztók és gyűjtők) és a hőátadó csövek gyártása, elhelyezése. Egyes reaktorok primerköri hurokvezetékei is kovácsolt kivitelűek, hogy minimalizálják a hegesztett kötésekkel. A turbinák és generátorok esetén pedig a forgórész tengelyek a legnagyobb tömör fém alkatrészek, melyeknek a torziós terhelésen túl jelentős dinamikus igénybevételük is van. De amíg a korszerű turbinák tengelyeinél lassan áttérnek a kisebb darabokból hegesztett kivitelre, a generátoroknál a tengely egyre nagyobb. Ugyanis az 1000 MW fölötti teljesítménynél jellemző „lassú járású” turbina percnkénti 1500 fordulatanak ára a generátor póluspárok megduplázása, ami a forgórész egyben kovácsolt darabját növeli. Különösen fontos a rezgések csökkentése érdekében e gyorsan forgó nagy tömegek méretpontossága, kiegyensúlyozhatósága.

A ma és a jövő kovácsai [2]

Ököltszabályszerűen kijelenthető, hogy a mai piaci kínálatban szereplő nagy 3+ generációs PWR reaktorok gyártásához 140-150 ezer kN nyomóerejű hidraulikus prések szükségesek, amelyek akár 500-600 t öntött acéltuskókat is képesek kovácsolni. Ahogy a bevezető is utalt rá, az ilyen prések száma pár éve még nem volt túl nagy, és ezek évente átlag 4 reaktort tudtak legyártani. A fejlődés mára egyértelműen tetten érhető, extenzív és intenzív elemekkel. Új gyárak és a meglévőekben erősebb prések, tuskómozgató manipulátorok lépnek be, nőnek a termék kibocsátások is.

Tekintsük át a világ kovácsolási kapacitásának alakulását és a közeljövő élvonalának szereplőit:

- *Működik:* Japán (JSW), Kína (CFHI, Erzhang, SEC), Dél-Korea (Doosan), Franciaország (Le Creusot) és Oroszország (OMZ Izsora).
- *Épül:* Japán (JSW és JCFC), Kína (SEC és leányvállalatai), Oroszország (OMZ Izsora és ZiO-Podolsk) és Csehország (Plzen).
- *Teroben:* Egyesült Királyság (Sheffield Forgemasters), India (Larsen&Toubro, Bharat), Kína (Harbin Boiler, SEC/SENPE).

A nukleáris beszállítóknak minősítettnek, termékeiknek minőségellenőrzöttnek kell lennie. Az American Society of Mechanical Engineers (ASME) nukleáris akkreditációs N-bélyegzője nemzetközileg elismert. A feljogosított gyártók termékei összhangban vannak az ASME kazán és nyomástartó edények nukleáris előírásaival és szabványaival. Az RCC-M egy másik nemzetközi szabvány, amit a franciák fejlesztettek ki az ASME N-bélyegzőből és főként az USA-n

kívül használatos. Kínában a nukleáris hatóság előírásai szerint szintén ASME, illetve RCC kódokat használnak és mára több mint 25 gyártónak van N-bélyegzője. Ezzel szemben a legnagyobb amerikai kovácsoló üzem, a Lehigh Heavy Forge nem rendelkezik ilyennel...

Nagyberendezés kovácsoló és összeszerelő kapacitások

Az 1. táblázat régiók és országok szerint, illetve fontosabb időbeni változások jelzésével mutatja be a prések nyomóerejét, a legnagyobb kovácsolható tuskók tömegét és a létesítmény éves termék kibocsátását. Több felsorolt cég nem képes mindent maga kovácsolni, ezért másoktól rendeli a lehetőségeit meghaladó darabokat. Olyanok is vannak, amelyek egyáltalán nem kovácsolnak, de a beszállított elemekből komplett berendezéseket (reaktortartály, gőzfejlesztő) állítanak össze.

Régiók, országok [2]

Ázsia

A régió előnye évek óta vitathatatlan és fokozódik. Japán és Dél-Korea egyaránt fejleszti berendezésparkját, de Kína előbb-utóbb ebben is mindenkit túlnő, India pedig negyedikként felzárkózhat.

Bár a japán atomenergetika Fukushima után megrendült, a nukleáris nehézgépgyártás külföldi piacokra termelve változatlanul sikeres, sőt bővül. Több évre le van kötve az AREVA által pl. a JSW-nél a reaktor csonkzóna kovácsoló kapacitás.

Dél-Korea esetében a Doosan a teljes gyártási vertikumot lefedi. Nem csak az ország APR1400 típusának berendezéseit gyártja a belső piacra és exportra, hanem az USA-ba és Kínába is szállít komplett AP1000 reaktortartályt, gőzfejlesztőt, vagy ezek bonyolultabb, nagyobb darabjait.

A kínai gyártók közül csak a legfontosabbak kerültek a táblázatba. Gőzerővel folyik az amerikai, dél-koreai technológia, know-how kínai átvétele, és az ország ma már nagyon kevés kivételtől eltekintve mindent képes gyártani. Csak az 1. táblázat utolsó oszlopában megjelenő kínai cégek együttes gyártási kibocsátása 16 egység (ez lehet reaktor, kapcsolódó gőzfejlesztők, generátor stb.).

India – mivel katonai nukleáris programja miatt nem írta alá az atomsorompó egyezményt – a közelmúltig alig vehetett részt a nukleáris technológiák és anyagok kereskedelmében. Az atomenergetikában így főleg a maga útját járta, 21 működő reaktora közül 18 nehézvízzel moderált saját típus. Ipara is ennek nagyberendezéseit, köztük reaktorokat, gőzfejlesztőket gyártja. A Nukleáris Szállítók Csoportjával⁴ történt 2008-as megállapodás és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ellenőrzési jogkörének kiterjesztése megnyitotta a nemzetközi kereskedelmet. A várható orosz, francia és amerikai atomerőmű létesítések nem csak az indiai villamos energia hiány gyorsabb leküzdéséhez járulnak hozzá, hanem a gyártóipar is hamar jelentős beszállítóvá, majd nemzetközi szállítóvá válhat.

⁴ NSG (Nuclear Suppliers Group), fegyverzetkorlátozási célú exportellenőrzés nemzetközi testülete

1. táblázat Régi és új nagyberendezés kovácsoló és összeszerelő kapacitások (forrás: WNA, sok saját kiegészítéssel)

Régió, ország	Cég	Kovácsoló prés [ezer kN]		Max. acéltuskó [t]	Gyártó kapacitás [egység/év]
		2009	2014	2014	2009→2012
Japán	Japan Steel Works	140	140 + 140	600, 650	6→12
	JCFC	-	130 (2010-)	500	
	Mitsubishi HI	összeállít	összeállít		duplázta
Dél-Korea	Doosan	130	170 (2010-)	540	
Kína	China First HI	150 + 125	ugyanaz	600	5→5
	Harbin Boiler	80	ugyanaz		
	Shanghai (SEC)	120	165	600	2,5→6
	Erzhong-Dongfang	127 + 160	ugyanaz	600	5→5
India	Larsen&Touro	90	150	300	
	BHEL	-	100		
	Bharat Forge	-	140		
Franciaország	AREVA, Creusot	113	ugyanaz+90	250, 260	
	AREVA, Chalon/S-M	összeállít	összeállít		
N. Britannia	Sheffield FM	100	ugyanaz		
Csehország	Skoda Plzen (OMZ)	102	120	200, 250	
	Vitkovice	120	ugyanaz		
Németország	Saarschmiede	87	120 (2010-)	370	
Spanyolország	Equipos Nucleares SA	összeállít	összeállít		
Oroszország	OMZ Izsora	120	150	600	2→4
	ZIO Podolszk (AEM)	összeállít	összeállít		?→4
	Atommas (AEM)	összeállít	összeállít		
Ukrajna	EMSS (AEM)	-	150	420	
USA	Lehigh Heavy Forge	100	ugyanaz	270	
Dél-Afrika	DCD-Dorbyl	10	összeállít		

Európa

A francia Creusot Forge, a brit Sheffield Forgemaster, valamint a német Saarschmiede⁵ viszonylag új, közepes-nagy présekkel és tuskó mozgókkal rendelkezik. De inkább ambícióik vannak, mint igazán kiugró gépparkjuk. A legújabb francia prést 2014 nyarán avatták, így ők az EPR és ATMEA1 gyártásból nyilván még nagyobb részt tudnak vállalni. Az EPR különlegessége a kovácsolt hurokvezeték, amelyet 172 tonnás tuskókból formáznak, forgácsolnak ki. A

⁵ Érdekesítő 12 perces német ismeretterjesztő film egy 120 tonnás generátor forgórész kovácsolásáról:

<http://www.youtube.com/watch?v=mnCKGI7Fnm8>

brit és német cég AP1000 gyártásba bevonásáról is folynak a tárgyalások. A spanyol ENSA főként exportra állít össze mások, pl. japánok által kovácsolt elemekből ESBWR forralóvízes reaktortartályt, illetve AP1000 gőzfejlesztőket. A cseh Vitkovice Gépgyár atomenergetikában eddig VVER gőzfejlesztőket és térfogat kiegyenlítő szállított, de felfuttatható reaktorgyártásra is.

Orosz és kapcsolódó kapacitások

Tradicionalis orosz reaktorkovácsoló központ a szentpétervári Izsora Művek. Fejleszt és őrzi országos első helyét. Nem része a szinte minden orosz nukleáris tevékenységben kompetens Roszatom gyártó divíziójának, az AEM-nek (Atomenergomas), de együttműködik vele. Helyette az OMZ csoport (az Uralmas-Izsora nehézipari

egyesülés) oszlopa. Ugyanez a csoport vásárolta meg jó 10 éve a cseh Skoda Művek privatizált plzeni reaktorgyártó üzemait. Izsora legalább 50, a Skoda pedig 24 blokknyi komplett VVER reaktort gyártott fennállása alatt. A hidraulikus préseik képességeiben és az éves kibocsátásban is a világ élvonalában vannak.

A Kelet-Ukrajnában⁶ található EMSS (Energomasszpecstál) tulajdonosa az orosz AEM. Az itt kovácsolt VVER-TOI⁷ alkatrészekből nyugodt politikai klíma esetén a nem túl távoli (kb. 400 km) volgodonszki Atommasban reaktortartályokat lehet összeállítani.

Az Atommas [3] a 80-as évek elején még 8 VVER-1000 reaktort gyártott le. A Csernobil utáni évtizedben az atomerőmű építés a Szovjetunióban, illetve Oroszországban gyakorlatilag leállt (leperegtek az érvek, hogy a VVER nem RBMK). Így a gyár nyakán maradt 5 további teljesen, vagy majdnem kész reaktor, illetve egy sor más atomerőművi főberendezés. Ekkora eladhatatlan készletet még az ipari óriás sem volt képes kigazdálkodni. A 90-es években hiába privatizálták, profilírozták át kőolaj- és gázipari berendezések és gázturbinák gyártására, gyakorlatilag csődbe ment. 2012-től a Roszatom kiemelt gyártó bázisaként éled újra és tér vissza az atomenergetikához. Több berendezésre van szerződése az időközben megbicsaklott balti atomerőmű projekt számára. Ennél fontosabb, hogy már készíti a fehér orosz atomerőmű két 1200 MW-os reaktorát. Még fontosabb a jövőbeli VVER-TOI gyártás ígérete. Sokéves huzavona után az is eldőlt, hogy nem Petrozavodszkban vagy Podolszskban, hanem Volgo-donszskban állítják elő majd a francia-orosz Alstom-Atomenergomas vegyesvállalat Arabelle típusú atomerőművi turbináit és a csatlakozó generátorokat. A ZIO Podolszsk profilja a VVER típus esetében főként gőzfejlesztők összeszerelése. Ehhez Petrozavodszkban kapja a kovácsolt övekből összehegesztett köpenyeket, amelyeket domború fenekekkel és csővezéssel lát el. Egyebekben az orosz nátriumhűtésű gyorsreaktorok integrált reaktortartályának gyártója.

Amerika

Feltűnő, hogy Észak-Amerika sehol sem szerepel a fenti listákban, táblázatban. A 70-es évek nagy reaktorépítési boomja után az USA ezen a téren ugyanis lemaradt. Az akkori igényeknek még megfelelt az US Steel és a Bethlehem Steel 300 t tuskók kezelésére képes 80 ezer kN-os prései. Az amerikai kovácsolási kapacitás ezt követően nem újult meg jelentősen, sőt az említett gyárak is csődbe mentek és/vagy beolvadtak globális acélipari óriásokba. Az USA nukleáris szállítói így más úton kezdtek járni: a többiekénél jobban alapoznak a nemzetközi kapacitásokra, főleg ázsiai országokba irányuló technológia transzferre, a gyártás vásárló országában vagy régiójában való lokalizációjára.

Afrika

A dél-afrikai DCD-Dorbyl vezető nehézipari gyártó. Nem kizárt, hogy a Westinghouse AP1000 reaktortartály- és gőzfejlesztő gyártást helyez ki ide amerikai és európai létesítésekhez.

⁶ Kramatorszsk, 2014. júliusban az ukrán hadsereg visszavette az oroszbarát fegyveresektől

⁷ A VVER-1200 utáni legújabb, még piaci bevezetés előtt álló típus

D3T2 – a közelmúlt egy jelentős reaktortartály ügye

Amikor a belga Doel-3 blokk 2012-ben leállt a szokásos üzemanyag cserére és tervezett időszakos ellenőrzésre, az előírtakon túl kiegészítő vizsgálatot is végeztek a reaktortartályon. Ennek célja a plattírozás alatti esetleges repedések feltárása volt. Ilyenre nem derült fény, de az alapfémekben találtak több ezer, tartályfallal közel párhuzamos „folytonossági hiányt”. Pár hónapra rá hasonló indikációkra letek az ugyancsak belga Tihange-2 reaktortartályán. A nukleáris felügyelet az üzemeltetőt alapos elemzésre utasítva nem engedélyezte a blokkok újraindítását. A külföldi szakemberek bevonásával is folytatott értékelés nyomán kiderült, hogy a folytonossági hiányok még a gyártás során keletkeztek. Az alapfém kívánatosnál nagyobb hidrogén tartalma miatt ún. pelyhesedés lépett fel. A gyártási eljárás és a gyártó a két reaktorra azonos volt [4].

A reaktortartályokat a nagy múltú holland Rotterdami Szárazdokk (Rotterdamsche Droogdok Maatschappij, RDM) nukleáris üzletága készítette [5]. A gyár közel 100 éves fennállása során legalább 350 tengeri hajót – ebből majdnem 20 tengeralattjárót – épített és több mint 20 reaktortartályt is gyártott, de az ezredforduló előtt megrendelések hiányában végül csődbe ment.

Izgalmat keltett a D3T2 ügy e reaktorok üzemeltetőiben, hatóságokban, sőt a médiában, illetve antinukleáris körökben is. Az itt készült reaktorok a két belga mellett holland, német, spanyol, svájci, svéd és amerikai illetőségűek, vannak köztük nyomott- és forralóvizesek:

2. táblázat RDM gyártású reaktortartályok (forrás: NEI, PRIS, Wikipedia, WNN)

PWR	Doel-3 (BE), Tihange-2 (BE), Borssele (NL), Ringhals-2 (SE), Catawba-1 (US), McGuire-2 (US), North Anna-1,-2 (US), Sequoyah-1,-2 (US), Surry-1,-2 (US), Watts Bar-1, -2 (US); a legutóbbi beruházás felfüggesztve, de befejezése napirenden
BWR	Cofrentes (ES), Leibstadt (CH), Mühleberg (CH), Quad Cities-2 (US), Dodewaard (NL), Brunsbüttel (DE), Philippsburg-1 (DE), Garoña (ES); a legutóbbi négy blokk már tartósan vagy véglegesen leállítva

Minden érintett ország feltárta saját reaktorai gyártástechnológiai eltéréseit (pl. nem kovácsolt, hanem hengerelt acélból készültek, más helyen kovácsolták őket). A végrehajtott mérések sehol sem mutattak a belgához hasonló folytonossági hibákat. Akut, biztonságot veszélyeztető állapot tehát nem állt fenn. Egy év után a két belga reaktor is visszaindult, miután az üzemeltető meggyőzte a hatóságot ennek megengedhetőségéről.

Mindenesetre az európai nukleáris hatóságok ernyőszerkezete, a WENRA szabványosított kétlépcsős felülvizsgálatot ajánlott minden európai reaktortartályra [6]. Az elsőben a gyártási és üzem közbeni anyagvizsgálati eredményeket kellett feldolgozni, másodikban – ha szükséges – roncsolás-mentes vizsgálatokat végezni. Nálunk is lefolyt a felülvizsgálat [4]. Eredménye az, hogy a paksi reaktortartályok falában D3T2 típusú folytonossági hiányok kialakulásának az esélye nagy valószínűséggel kizárható. Az alkalmazott ultrahangos vizsgálatok mindenkor kellően korszerűek és alkalmasak voltak ilyen folytonossági hiányok

detektálására. Az összes korábbi ellenőrzésnek része volt az alapanyag vizsgálata, amely nem mutatott pelyheket. Így külön intézkedésre Pakson nincs szükség.

Elfekvő reaktorokról és csődökről

Ilyen alcímmel azokat a reaktortartályokat említem, amelyeket nem kis szellemi, anyagi erőfeszítéssel, sok hónapos munkával legyártottak, de végül a megcélzott beruházás valami miatt meghiúsult és a berendezést nem sikerült máshol sem beépíteni. Ezek közül is először azokat, amelyeket saját szememmel láttam a szó szoros értelmében oldalukon feküdni:

- 1.) A csehországi Plzenben a Skoda JS reaktorgyártó csarnoka előtti féltetes raktárban [7] az 1990-ben törölt lengyel Zarnowiec beruházás egyik VVER-440/V-213 reaktor tartályát. Az elkészült négy reaktort a vevő kifizette, de nem vette át. A másik három reaktor közül kettő sorsa ismert számomra: egyet a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség segítségével sikerült Paksra hozni: a Karbantartó Gyakorló Központban szolgálja az oktatást, míg egy további hasonló céllal Finnországban kötött ki.
- 2.) A dél-koreai Shin Koriban a KEPCO atomenergetikai oktató létesítményének udvarán [8] a 2006-ban elvetélt észak-koreai Kumho atomerőmű egyik KSNP-1000 típusú reaktorának tartályát. Az atomfegyverről való lemondás fejében indított nemzetközi finanszírozású beruházás 30% készülségig jutott, amikor Kim Dzsong Il mégis a bombát választotta. A befagyasztott beruházás

legyártott főberendezéseit akkor még nem szállították le, így jutott az egyik már befejezett, Doosan által készített reaktor a nukleáris szakemberképzésnek.

Egy reaktorszállító általában arra törekszik, hogy sorozatban gyártson, minimális változásokkal. Így ha a sorozat egy elemére – szerződés, kártérítés ide vagy oda – hirtelen nincs fogadókészség, a következő vevőnek esetleg átirányítható. Akkor van igazi gond, ha tömeges a törlés vagy túl nagy az eltérés a sorozat elemei között. Szó volt már az állami Atommas nyakán maradt, az állam által nem igazán kifizetett 5 reaktorról, mely az előbbi kategória. Említhető a másodszer lefűjt bolgár Belene beruházás Izsorában nemrég elkészült VVER-1000/AES-92 típusú reaktora is – bár az még kiköthet Indiában vagy akár Jordániában is. De nem csak az oroszok, hanem szinte valamennyi nagy reaktorszállító szembesült már törölt létesítési projekttel...

Láttuk azt is, hogy a gyártók csődbe mehetnek. Ennek oka főleg a megrendelések hiánya. A ki nem fizetett munkák körültekintő szerződéssel megelőzhető, vagy ha nem, választott bíróság előtt perelhető. Bár néha a késedelmes fizetés is padlóra küldheti az eladót. A vevő kockázata pedig az, ha nem préselt ki még idejében minden később szükséges adatot, dokumentációt a megszünt gyártótól.

Zárásul

A világ tehát túllép a szűkös kovácsolási kapacitásokon. Úgy tűnik, a számunkra fontos orosz szállítók is felsőbb osztályba lépnek.

Irodalomjegyzék

Letöltések 2014. július első két hetében.

- [1] http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/rds-2-34_web.pdf
- [2] <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Power-Reactors/Heavy-Manufacturing-of-Power-Plants/> és az itt szereplő elugrások az egyes üzemekhez
- [3] <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BC%D0%B0%D1%88>
- [4] http://www.innoteka.hu/cikk/a_paksi_reaktortartalyok_allapota_megfelel_az_eloirasoknak.704.html
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Rotterdamse_Droogdok_Maatschappij
- [6] http://www.wenra.org/media/filer_public/2013/08/29/wenra_recommendation_on_flaw_indications.pdf
- [7] <http://goo.gl/8qUBem>
- [8] <http://goo.gl/mCGFby>