

blíže 6,5 : 1, což znamená, že kolem 15 % niklu ve filmu je v podobě NiO. Vyšší obsah kyslíku v hliníkové vrstvě může být zřejmě také v důsledku existence skupin H<sub>2</sub>O a OH. Tyto skupiny však asi nejsou významné, protože v rámci infračerveného spektra nedošlo v podstatě k žádné absorpci infračervených paprsků.

Podle procentuálních podílů lze pouze u niklu a hliníku vidět, jak se mění procentový podíl ve vrstvě filmu. Při nízkém podílu niklu dochází jen k malým změnám, při vysokých podílech se naměřilo až o 3 % více. V rámci pokusů došlo ještě k dalším úpravám materiálů: filmy obsahující poměr 80 % niklu a 20 % hliníku byly ještě třikrát ohřáty, filmy s obsahem 40 % niklu a 60 % hliníku byly ohřáty dvakrát. Po nanesení těchto filmů buď

na hliníkový nebo skleněný podklad byly oba druhy dále zkoumány.

### Závěr

Jako velmi účinný detekční systém malých částic se jeví měření typu ToF-E. Dají se jím sledovat hloubky sloučenin chemicky derivovaných látek pro solární články. Během studia různých materiálů se ukázalo, že vlivem různé pórovitosti vznikalo v každém z nich jiné množství ionizovaného uhlíku. Byl zkoumán vliv ještě další wolframové vrstvy, která byla postupně nanášena na jednotlivé filmy. Přidaný wolfram ovlivňoval energii, hmotnost a hloubku vrstev částic ve filmu.

Během výzkumu byl rovněž zjištěn různý podíl uhlíku v semisilikonových a silikonových

filmoch. Je to zřejmě důsledek přidání metylové skupiny do semisilikonu. Dále se ukázalo, že v nikl-hliníkových vrstvách se vyskytoval přebytek kyslíku, což je zčásti vysvětlitelné tím, že došlo k oxidaci povrchu nanočástic niklu. Jak se měnila koncentrace niklu a hliníku v jednotlivých filmech, měnily se i objemové podíly dalších prvků. Bylo také zjištěno, že asi 15 % niklu bylo ve filmech obsaženo v podobě sloučeniny NiO.

Výsledky měření dále prokázaly možnost opticky modelovat procentové objemy struktur v jednotlivých vrstvách filmů.

☒

## Zájem o jaderné elektrárny ve světě roste

Ing. Václav Vaněk

V současné době se zvýšená pozornost věnuje jaderné energetice a stále více nových zemí se zajímá o výstavbu jaderných elektráren (JE). K 31. 12. 2007 bylo ve světě v 31 zemích v provozu 439 jaderných energetických reaktorů o hrubém výkonu 392 000 MWe a čistém výkonu 373 000 MWe. Po brzkém dokončení iránské JE v Búšehru to bude 32 zemí a je pravděpodobné, že do roku 2020 budou nové reaktory uváděny do provozu převážně v těchto zemích. Po roce 2020 je ale téměř jisté, že do klubu provozovatelů jaderných elektráren vstoupí i další země. Zájem nových zemí o jaderné elektrárny je dán řadou faktorů, které se ale příliš neliší od starších zemí provozujících jaderné elektrárny. Zlepšují se např. provozní a bezpečnostní ukazatele jaderných elektráren, zlepšuje se i jejich ekonomika a přispívá k tomu i diskuse o nutnosti snižovat emise skleníkových plynů a diskuse o energetické bezpečnosti. Díky tomu se mění i vztah veřejnosti k jaderné energii, který je dnes příznivější, než tomu bylo v minulosti.

I když je pro jednotlivou zemi snadné prohlásit, že má vážný zájem o jadernou elektrárnu, obtížnější je tento záměr realizovat. Vlády musí vytvořit odpovídající podmínky pro investice a legislativní rámec, včetně problematiky radioaktivních odpadů a likvidace jaderných zařízení po skončení životnosti atd. Je rovněž nutné vyhovět mezinárodním požadavkům nešíření jaderných zbraní a pojištění jaderných elektráren. Jsou to všechno opatření, která jsou

vážnou výzvou pro země začínající budovat jaderné elektrárny.

Mezi země, které jsou vážnými kandidáty pro výstavbu nových jaderných elektráren, patří např. evropské a východoasijské země. Itálie je dnes jedinou zemí v rámci G 8, která nemá vlastní jaderné elektrárny a která patří mezi největší dovozce elektřiny na světě. V důsledku vysoké závislosti na dovozu

dílet se i na projektování, výstavbě a provozu jaderných elektráren v zahraničí. V roce 2005 např. uzavřela italská společnost ENEL s francouzskou firmou EDF smlouvu o spolupráci, podle níž bude moci využívat výkon z francouzských JE ve výši 1 200 MWe. ENEL rovněž má podíl ve výši 66 % ve společnosti Slovenské elektrárny, která provozuje šest jaderných reaktorů. To přispívá ke zvýšení

energetické bezpečnosti a ekonomiky Itálie a pomůže při dalším rozvoji jaderné energetiky. Polsko mělo v 80. letech ve výstavbě čtyři reaktory, ale v roce 1990 byla jejich výstavba zastavena a veškeré komponenty prodány. Protože 97 % elektřiny se vyrábí v uhelných elektrárnách, rozhodla vláda v roce 2005 o rozvoji jaderné energetiky z důvodu diverzifikace energetických zdrojů a snižování emisí SO<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>. První reaktor by měl být uveden do provozu brzy po roce 2020. Realistickým cílem je mít v roce 2030 v provozu JE o výkonu 4 500 MWe. Rovněž tři baltské země, včetně Polska, plánují vybudovat novou velkou JE v Litvě, která by nahradila existující jaderné reaktory v Ignalinské



Obr. 1. Jaderná elektrárna Temelín

jaderné elektrárně, jejichž uzavření vyžaduje EU. Bude se pravděpodobně jednat o evropský tlakovodní reaktor EPR o výkonu 1 700 MWe za 2,5 až 4 miliardy eur. Měl by být uveden do provozu v roce 2015. Mezi zeměmi bývalého Sovětského svazu se o možnost výstavby JE zajímá Bělorusko, Gruzie a Kazachstán. Bělorusko a Gruzie si tím chtějí snížit svou energetickou závislost na Rusku.

V Kazachstánu byl až do roku 1999 v provozu rychlý množivý reaktor BN-350, který kromě elektrického výkonu 135 MWe dodával také páru pro odsolovací závod o denní kapacitě 80 000 m<sup>3</sup> pitné vody. V provozu byl 27 let. Kazachstán plánuje postavit JE v oblasti Balchašského jezera na jih od hlavního města Alma-Aty. O výstavbě JE po dlouhou dobu uvažuje také Turecko. V srpnu 2006 vláda oznámila, že do roku 2012 až 2015 plánuje uvést do provozu JE o celkovém výkonu 4 500 MWe. V proudu jsou rozhovory se zahraničními partnery.

Co se týká asijských zemí, pak nejpravděpodobnější vyhlídky jsou v Indonésii a Vietnamu, menší pak v Malajsii a Thajsku. První indonéský reaktor by mohl být dán do provozu v období 2016 až 2018, přičemž technologii nejspíš poskytne Jižní Korea. Vietnamská vláda oznámila v únoru 2006, že do roku 2020 plánuje uvést do provozu JE o výkonu 2 000 MWe. Studie proveditelnosti bude ukončena v roce 2008 a zahájení výstavby v roce 2011.

V Jižní Americe to bude pravděpodobně Chile, které bude mít po Argentíně a Brazílii vlastní JE. Také v Africe a na Středním východě je řada zemí, které mají zájem o rozvoj JE, je však třeba střízlivě uvažovat o realizaci těchto plánů. V Egyptě a v Maroku je zájem především o jaderné odsolování mořské vody. Problém zde představuje velikost a stabilita elektrických sítí, které nejsou vhodné pro výstavbu reaktoru velkého výkonu. Východiskem zde může být výstavba vysokoteplotního reaktoru s kulovými palivovými články o výkonu 170 MWe, který vyvíjí Jihoafrická republika. Reaktor však nebude k dispozici před rokem 2015.

Je velmi pravděpodobné, že pokud se neuskuteční výstavba nových JE ve větším počtu rozvíjejících se ekonomik a v hospodářsky vyspělých zemích, pak nelze očekávat rozsáhlou výstavbu ani v nových zemích [1]. Naštěstí tomu tak není, neboť údaje z poslední doby naznačují, že jak v rozvíjejících se zemích (Čína, Indie), tak také v hospodářsky vyspělých zemích se plánuje renesance jaderné energetiky. V roce 2007 např. Rusko oznámilo zahájení výstavby tří nových JE a dostavbu další a Čína, Indie, Japonsko, Pákistán a Jižní Korea zveřejnily plány velkého rozvoje JE. Totéž učinily i Finsko, Francie, Ukrajina, Argentina, Švýcarsko a USA [2]. Čína plánuje zvýšit výkon svých JE do roku 2020 na 40 000 MWe ze současných 8 600 MWe, Indie ze současných 3 700 MWe na 25 000 MWe do roku 2022, Pákistán ze současných 430 MWe na 8 400 MWe do roku 2030 [3]. Indický ministerský předseda zdůraznil, že co se týká vlastní schopnosti rozvíjet jadernou energetiku, mohou být na to pyšní všichni Indové. V době, kdy se hovoří o renesanci jaderné energetiky ve světě, nemůže Indie zmeškat vlak a zaostávat za světovým vývojem. Uvedl, že po odstranění obchodních sankcí proti Indii a díky rozvo-

ji mezinárodní spolupráce by se původní cíl mohl do roku 2020 jaderné elektrárny o výkonu 20 000 MWe mohl zdvojnásobit až na 40 000 MWe [2]. Také vláda Jihoafrické republiky se jasně vyslovila pro rozvoj jaderné energetiky. Země se bude orientovat na vybudování jaderného průmyslu od těžby a úpravy uranu až po projektování, výstavbu a provoz jaderných zařízení. Země již nebude tolik vyvážet uran, ale bude ho dále zpracovávat v rámci domácího průmyslu, čímž zvýší zaměstnanost a kvalifikaci pracovní síly. Odhaduje se, že v příštích deseti letech vzroste zaměstnanost v uranovém průmyslu minimálně o 10 000 pracovníků. Vláda si udrží kontrolu



Obr. 2. Jaderná elektrárna Dukovany

nad exportem uranu, neboť vysoké současné ceny uranu mohou vést dodavatele ke zvýšení exportu na úkor současných a zejména budoucích tuzemských potřeb [2]. Také australský ministerský předseda se vyslovil pro využívání jaderné energie a pro rozšíření těžby uranu v Austrálii.

Předseda Evropské komise J. M. Barroso uvedl, že Evropa je vystavena stále větší konkurenci s ohledem na světové zdroje energie a je stále více závislá na dovozu ropy a zemního plynu z geopoliticky nestabilních oblastí, což je dále neudržitelné. Není proto náhoda, že se svět opět začíná zajímat o jadernou energii [2]. Co se týká USA, pak s očekávaným dalším růstem spotřeby energie v příštích dvaceti letech v souvislosti s růstem ceny ropy a zemního plynu, negativním vlivem spalování fosilních paliv na globální klima a v souvislosti s energetickou bezpečností a nezbytností diverzifikovat energetické zdroje, jakož i v souvislosti s dosaženým pokrokem v oblasti pokročilých reaktorových systémů, nastal čas pro renesanci jaderné energetiky. V USA je dnes v provozu nejvíce energetických reaktorů (104), které jsou v provozu třicet pět let, ale i více a jsou provozovány bezpečně a se stále se zlepšujícími ukazateli, které jsou lepší než pravidelně stanovované cíle. Např. činitel provozuschopnosti dosahuje v současnosti hodnoty kolem 90 %, zatímco v roce 1980 to bylo jen

54 % a v roce 1991 68 %. Také ukazatel ozáření personálu klesá, zkracuje se doba odstávky a stále větší procento paliva pracuje bez poruchy atd. [4].

Na rozdíl od těchto pro jadernou energetiku povzbudivých informací přichází z Německa informace opačného charakteru. Sociálnědemokratický ministr životního prostředí Sigmar Gabriel požaduje uzavření nejstarších jaderných reaktorů a převedení jejich zbývající výroby elektřiny na novější reaktory. Uzavření se týká jaderného bloku Biblis A, Biblis B, Brunsbuettel, Isar-1, Neckar-1 a Unterweser. Podle ministra by v roce 2009 zůstalo v provozu jen deset jaderných reaktorů. Proti rozhodnutí ministra se staví elektrárenské společnosti, které naopak požadují, aby elektřina z novějších elektráren byla převedena na starší reaktory, a byl tak umožněn co nejdelší jejich provoz. Očekávají totiž, že se podaří zrušit zákon o ústupu od jaderné energie. Důvodem pro odstavení reaktorů byly např. dvě poruchy v JE Krümmel a Brunsbuettel, které vyvolaly kritiku zejména v médiích a u politiků, přestože podle klasifikace MAAE se jednalo o poruchy stupně nula, které nepředstavovaly bezpečnostní riziko. Přitom ně-

mecké jaderné elektrárny dosahují dobrých provozních ukazatelů a patří mezi nejlepší na světě. Např. mezi deseti reaktory s největší výrobou elektřiny na světě je osm z Německa. V období 12/2005 až 12/2006 dosahovalo jedenáct reaktorů PWR o výkonu 14 700 MWe činitele využití výkonu 88,4 % a šest reaktorů BWR o výkonu 6 600 MWe činitele 90,3 %. Také činitel využití výkonu za celou životnost sedmnácti reaktorů až do června 2007 byl vynikající – 79,9 % a s ohledem na počet reaktorů byl na druhém místě za Jižní Koreou, kde dvacet reaktorů dosáhlo činitele 85,2 % [1].

I když jaderná energie není všelékem na všechny energetické problémy světa, v mnoha směrech již přispívá k jejich řešení. Bez provozovaných reaktorů by byly např. emise CO<sub>2</sub> o 10 % vyšší. Lze předpokládat, že s dalším rozvojem JE a ve spolupráci s dalšími energetickými zdroji neemitujícími emise CO<sub>2</sub> se podaří omezovat nepříznivé důsledky spalování fosilních paliv.

#### Literatura:

- [1] Nuclear Engineering International. 2007, č. 640, s. 12–13; č. 641, s. 34.
- [2] Nuclear News. 2007, č. 11, s. 55–57 a 61; 2008, č. 1, s. 57.
- [3] Power Engineering. 2008, č. 1, s. 6.
- [4] Nuclear Future. 2008, č. 1, s. 39.

Foto: ČEZ