Český nápad ušetří uran v reaktorech

Bezpečnější a levnější provoz jaderných elektráren zajistí inovace českých vědců. V praxi ji testují s firmou Westinghouse.

Eva Hníková

Zajímavé objevy vznikají často díky náhodě. Potvrdilo se to ostatně u nápadu, který může ušetřit až 20 procent celkového objemu paliva v jaderných elektrárnách. Čeští vědci vymysleli, jak zirkoniové trubky využívané v reaktorech pokrýt nanodiamanty. Tenký, ale zároveň pružný a pevný povrch poslouží jako ochrana v případě havárie a umožní ušetřit i náklady na provoz jaderné elektrárny.

Výzkum, který vedl až k patentu a ke spolupráci s firmou Westinghouse, však odstartovalo náhodné setkání v letadle. „Při zpáteční cestě z konference ve Spojených státech jsem se začala bavit se spolucestujícím Radkem Škodou z ČVUT. Brzy jsem zjistila, že stejně jako já pracuje v materiálovém výzkumu," vzpomíná Irena Kratochvílová z Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR. Vyprávěla mu, že s kolegy pokrývá různé materiály tenkou diamantovou vrstvou. Radek Škoda tehdy zase vymýšlel, jak ochránit zirkoniové tyče používané v jaderných reaktorech před korozí. A diamantové vrstvy už po krátkém rozhovoru vypadaly jako nadějná možnost. Hned se proto domluvili, že po návratu domů zkusí své výzkumy propojit.

Sázka na diamant

Výzkumníci z Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR měli už v té době s tenkými polykrystalickými diamantovými vrstvami bohaté zkušenosti. Tým Františka Fendrycha sestavil unikátní plazmové zařízení umožňující pokrývat řadu materiálů s různým povrchem a složením. „Potřebujete perfektní znalosti, dobré nervy a spolehlivý tým," popisuje klíč k úspěchu Fendrych. Laboratoř celkem za více než 20 milionů stavěl skoro dva roky. Bylo potřeba vymyslet koncepci, sestrojit vlastní aparaturu i přídavná zařízení a optimalizovat technologické procesy.

Vědci diamantovou vrstvou zpočátku pokrývali třeba koronární stenty nebo titanové zubní implantáty. Nový povrch měl zajistit, aby v lidském těle nedocházelo k zánětům. Další výzkumníci pak stenty testovali na buněčných kulturách i na zvířatech.

Běžně se diamantová vrstva vyrábí za teploty 600 až 800 stupňů Celsia. Češi to díky své aparatuře zvládají i při 250 stupních Celsia, což značně rozšiřuje možnosti praktických aplikací. Fendrychův tým proto zkoušel diamantovou vrstvou pokrývat také plasty. „To by se mohlo využít třeba v solárních článcích," říká Petr Ashcheulov, který zařízení obsluhuje.

Diamant má vysokou tepelnou vodivost a stabilitu, na druhé straně není reaktivní. Pro využití v jaderných reaktorech se diamantová vrstva hodí mimo jiné i proto, že dovede dobře odolávat teplotnímu rozpínání a smršťování. „Její vytvoření je navíc relativně levné. K výrobě v podstatě postačí metan ve směsi s vodíkem," říká Fendrych.

> Vedle Američanů jednají Češi o odkupu patentu s ruským Rosatomem či francouzskou Arevou.

Obrana proti Fukušimě

Radek Škoda z ČVUT v minulosti působil ve Spojených státech jako ředitel Jaderného výzkumného centra v Texasu a díky tomu navázal kontakty s lidmi z byznysu. Do Česka se vrátil před čtyřmi lety, zrovna v době, kdy se intenzivně řešila dostavba Temelína. A zástupci firmy Westinghouse byli otevření spolupráci. Výzkumníci z Ústavu energetiky Strojní fakulty ČVUT pro ně testovali, jak vylepšit odolnost zirkoniových trubek využívaných v jaderných reaktorech. Nanášeli na ně různé oxidy, nitridy a další látky. Ale požadované výsledky se nedostavovaly. Změnu přineslo až použití diamantové vrstvy.

Už první společné experimenty s vědci z Fyzikálního ústavu ukázaly, že se diamantová vrstva výborně hodí pro pokrývání zirkoniových tyčí využívaných v jaderných reaktorech. Bez ní zirkonium v reaktoru časem oxiduje, křehne a ztrácí pevnost. Povlak z nanodiamantů dovede tyto procesy zpomalit. Do zirkoniových trubek se vkládá palivo – uran. Pokud by bylo zirkonium odolnější, stejné množství uranu vydrží v reaktoru déle, a celkově se ho tak spotřebuje méně. Navíc vylepšení vlastností zirkonia může zabránit poškození reaktoru v případě havárie a zmenšit její následky.

Zirkoniové trubky naplněné uranem se totiž zasouvají do reaktoru. Při přehřátí dochází k jejich oxidaci a k uvolňování vodíku, který může vybuchnout. Ochranná vrstva tento proces zabrzďuje.

Po katastrofě v japonské Fukušimě se řada vědeckých týmů vrhla na vylepšování bezpečnosti reaktorů. „I my jsme původně chtěli diamantovou vrstvu využívat hlavně jako ochranu před havarijními stavy," popisuje Jan Škarohlíd z ČVUT. Jenže když se vědci o celém projektu začali bavit s firmou Westinghouse, zjistili, že jim jde spíše o zefektivnění běžného provozu. „Konkrétní čísla ale zatím nemáme," říká Michal Šimoník z české pobočky firmy Westinghouse s tím, že výzkum musí pokračovat.

Foto: Matěj Slavík

Diamanty pro energetiku. Vědci z Fyzikálního ústavu Akademie věd pokrývají různé materiály v unikátním zařízení tenkou diamantovou vrstvou. Na snímku zleva František Fendrych, Irena Kratochvílová a Andrew Taylor.

Od patentu do praxe

Na celosvětovém trhu s jaderným palivem se ročně protočí 20 miliard dolarů. „Pokud se nám podaří ušetřit procenta, nebo dokonce desítky procent z této částky, bude to obrovský úspěch," říká Radek Škoda. Sám považuje za reálnou úsporu ve výši zhruba 15 až 20 procent celkového objemu jaderného paliva. „Ale v energetice trvá poměrně dlouho, než se vše ověří a schválí," podotýká. Po experimentech v laboratořích musí následovat zkoušky ve výzkumných reaktorech.

Týmy z ČVUT a Akademie věd nyní nápad testují přímo s firmou Westinghouse. „Simulujeme různé havarijní stavy a vyhodnocujeme vzorky," říká Jan Škarohlíd. V americkém Pittsburgu v laboratořích firmy Westinghouse probíhají experimenty za vysokých teplot, kdy se vzorek dostane do prostředí, které by ho čekalo ve skutečném jaderném reaktoru. Úspěšně proběhlo testování trvající 6, 15, 30 a 90 dnů. Ve všech případech se diamantová vrstva osvědčila. „Nyní běží testy dlouhé 200 dní. Jejich výsledek budeme mít v červnu," říká Škoda. Pak by měly následovat experimenty ve speciálním reaktoru v Norsku. Pokud vše dobře dopadne, mohlo by se vylepšení začít používat v praxi za dva nebo tři roky.

Týmy z Akademie věd a ČVUT si už loni v březnu nechaly nápad – konkrétně diamantovou vrstvu chránící povrch zirkoniových slitin – patentovat v Česku. „Nyní chceme zažádat o americký, evropský, japonský a jihokorejský patent," popisuje další plány Irena Kratochvílová.

Firma Westinghouse má na patent předkupní právo. „Zatím ale není rozhodnuto, zda jej koupíme," sděluje Michal Šimoník. I proto výzkumníci zvažují další možnosti. „Když bude ve hře více zájemců, zvyšuje se šance, že si vyjednáme lepší podmínky," říká Škoda. V lednu se sešel se zástupci Arevy.

20
procent

Takovou **úsporu jaderného paliva** může přinést nápad českých vědců.

Ale francouzská energetická korporace prý zatím sází na vlastní výzkum, od kterého si slibuje také úsporu nákladů. Zkouší pokrývat zirkoniové tyče chromem. „Jsem však přesvědčen, že nebude fungovat tak dobře jako naše diamantová vrstva," podotýká Škoda a věří, že jednání s Arevou budou ještě pokračovat.

Kromě toho se setkal s dalším významným hráčem na trhu – s ruským Rosatomem. Před měsícem byl na jednání v Petrohradě. „Vědí o předkupním právu firmy Westinghouse, takže zatím vyčkávají," vysvětluje Škoda.

O ceně, za kterou by se mohl patent prodat, nechce Škoda zatím spekulovat. „Ale nepředstavuji si, že by šlo o jednorázovou částku," říká. Za vhodnější považuje získání určitého obnosu při uzavření obchodu a následně pravidelnou platbu v závislosti na množství vyrobeného jaderného paliva. I pro firmy bude podle Škody tento postup stravitelnější. „Když řeknete finančnímu řediteli společnosti, že máte nápad, který jim uspoří třeba 20 procent nákladů, a že si jako odměnu berete část této úspory, máte větší šanci na úspěch, než pokud budete požadovat jednorázovou odměnu na začátku," vysvětluje Radek Škoda.