# **Vědci z ČVUT a AV ČR získali evropský patent: polykrystalická diamantová vrstva ochrání palivové články v jaderných reaktorech**

*Praha, 27. května 2020*

**Patentované řešení vědců z ČVUT a AV ČR prodlouží životnost palivových článků v jaderných reaktorech za havarijních i standardních podmínek, a to pokrytím povrchu palivových článků tenkou polykrystalickou diamantovou vrstvou. K výzkumu v této oblasti odborníky inspirovala například jaderná havárie ve Fukušimě. Český patent byl minulý měsíc úspěšně přijat Evropským patentovým úřadem, nyní si nalezne cestu do praxe.**

Výsledky výzkumu jsou přesvědčivé a navzdory cennému materiálu není výroba vrstvy z diamantových nanokrystalů nedostupnou záležitostí. Vědci usilují o získání patentu v USA a Koreji a v současnosti vede Centrum pro Inovace a trasfer technologií Fyzikálního ústavu AV ČR jednání o prodeji patentovaných řešení s řadou evropských, asijských a amerických výrobců jaderného paliva (INB, CNNC, DAE, TVEL, ENUSA, Westinghouse, Global Nuclear Fuel, NFI, BAE SYSTEMS a další).

*„Je to zcela nový způsob ochrany povrchu palivových článků,“* říká Irena Kratochvílová z Fyzikálního ústavu AV ČR. *„Prakticky nikdo nečekal, že velmi tenká polykrystalická diamantová vrstva tak významně zhorší podmínky pro korozi kovového substrátu v jaderném reaktoru, a to dokonce o desítky procent jak za pracovních, tak i za havarijních teplot,“* doplňuje vědkyně, která významným způsobem přispěla k výzkumu.

S velmi dobrými výsledky proběhly také testy ochrany zirkoniových slitin proti korozi pokrytím dvojitou vrstvou. *„Tyto dvouvrstvé povlaky snižují oxidaci povrchů oproti nechráněným vzorkům o více než 88 % při pracovních podmínkách a o 17 % při havarijních teplotách reaktoru,“* upozorňuje spoluautorka řešení.

Inovativní řešení antikorozní ochrany povrchu zirkoniových slitin užívaných v jaderných reaktorech patentovali v rámci České republiky Radek Škoda, Jan Škarohlíd (za Fakultu strojní ČVUT) a Irena Kratochvílová, František Fendrych, Andy Taylor (za Fyzikální ústav AV ČR) již v roce 2015. Patent byl podpořen dalším výzkumem a rozsáhlými testy v rámci projektu TAČR ve spolupráci s americkou firmou Westinghouse.

Žádost o udělení evropského patentu u Evropského patentového úřadu v Haagu podali výzkumníci v roce 2016. V dubnu 2020 vydal Evropský patentový úřad definitivní souhlas s jeho udělením.

**Řešení výrazně sniží ekologickou zátěž**

*„Všichni výrobci jaderného paliva zkoumají a testují po Fukušimě odolnější pokrytí a v následujících deseti letech uvidíme jejich běžné použití ve všech reaktorech na světě“,* zdůrazňuje docent Radek Škoda, který v současnosti působí na Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT.

Prvotním důvodem bylo omezit, případně zamezit, vysokoteplotní oxidaci zirkonia při havarijních stavech s teplotami nad 800 °C. Během této exotermické reakce se uvolňuje obrovské množství tepla, ale také vodíku, který může explodovat, zkorodované zirkoniové tyče mohou popraskat a uvolnit radioaktivní látky do primárního okruhu. Uvolňování tepla také dále komplikuje chlazení aktivní zóny a posiluje další průběh vysokoteplotní oxidace zirkoniové slitiny. Tento druh koroze zirkoniových slitin se dle patentu sníží pokrytím vnějšího povrchu jaderného paliva ochrannou vrstvou, která je tvořená polykrystalickou diamantovou vrstvou.

*„V rámci dalšího výzkumu jsme ale zjistili i značný potenciál polykrystalické diamantové vrstvy ve snižování koroze palivových článků, a to až o 40 % za pracovních teplot reaktoru,“* uvádí Radek Škoda. Tím se podle něj prodlouží doba použití paliva, které se typicky odstraňuje z reaktoru z důvodu zkorodovaného povrchu a nikoli dostatečného vyhoření.

**Vrstva účinně chrání i při havarijních teplotách**

Tradičně se jako ochrana proti korozi povrchu kovových materiálů ve vysokoteplotním vodním prostředí používá pokrytí ochrannými vrstvami, nepropouštějící molekuly vody (typicky se jedná o speciální slitiny, resp. keramiky). Pokud ale při zvýšených teplotách následkem změn objemu podkladového materiálu dojde k popraskání vodou nepropustné ochranné vrstvy, v místech nových prasklin se pak velmi rychle rozvine koroze podkladového kovového materiálu.

Hlavní a velmi specifický antikorozní efekt polykrystalického diamantového povlaku spočívá v tom, že uhlík z diamantové vrstvy postupně se zvyšující se teplotou proniká do povrchu podkladového zirkoniového materiálu a mění jeho fyzikální a chemické vlastnosti. To významně snižuje pravděpodobnost koroze zirkonia a průniku vodíku do zirkoniového povrchu. Ochranná polykrystalická diamantová vrstva tak aktivně brání oxidaci podkladu bez ohledu na poruchy a trhliny vzniklé zejména při havarijních teplotách.

**Kontakt:**

doc. Ing. Irena Kratochvílová, Ph.D., Fyzikální ústav AV ČR

tel: 723 814 810, e-mail: [krat@fzu.cz](mailto:krat@fzu.cz)

doc. Ing. Radek Škoda, Ph.D., Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT

tel: 224 354 158, e-mail: [Radek.Skoda@cvut.cz](mailto:Radek.Skoda@cvut.cz)

**

*palivový článek pokrytý diamantovou vrstvou*

*FOTO: Fyzikální ústav AV ČR, ČVUT*



*povrch polykrystalické diamantové vrstvy*

*snímek z elektronového mikroskopu*

*FOTO: Fyzikální ústav AV ČR, ČVUT*

*schéma palivového článku s ochrannou dvojvrstvou*

*FOTO: Fyzikální ústav AV ČR, ČVUT*