

## Vliv Cu na mechanické a antibakteriální vlastnosti naprašovaných vrstev Zr–Cu–N

Michal Zítek<sup>1</sup>

### 1 Úvod

V posledních desetiletích patří výzkum nových materiálů mezi nejintenzivněji rozvíjené průmyslové oblasti. Souvisí to s neustále rostoucí poptávkou po nových materiálech, na které jsou kladeny stále vyšší nároky, mezi něž patří zvyšování jejich užitných vlastností, jejich odolnosti či spolehlivosti.

Jednou z možností, jak zlepšit vlastnosti materiálu, je vývoj a použití tenkovrstvých materiálů, které zlepšují povrchové vlastnosti daného materiálu. V mnoha aplikacích je právě povrch materiálu klíčový. Pokrytí povrchu tenkou vrstvou může mj. zvýšit tvrdost, chemickou odolnost či snížit tření, čímž se prodlouží životnost dané součástky či celého stroje.

V dnešní době se intenzivně zkoumají nové tvrdé tenkovrstevné materiály se zvýšenou houževnatostí, díky čemuž odolají praskání při deformaci, a antibakteriální efektivitou. Jednou z možností, jak takové vrstvy připravit, je vytvořit nitridový dvoufázový nanokompozitní materiál složený z nanokrystalických zrn a Cu. Byly připraveny tenké vrstvy Ti–Cu–N se zvýšenou tvrdostí, vrstvy Ta–Cu–N se zvýšenou houževnatostí či antibakteriální vrstvy Cr–Cu–N.

Tenké vrstvy Zr–Cu–N již byly dříve připraveny mj. Zemanem et al. (2000) a bylo ukázáno, že přidáním mědi do ZrN je možné výrazně zvýšit tvrdost. Dodnes ovšem nebyly publikovány žádné výsledky týkající se odolnosti tenkých vrstev Zr–Cu–N vůči vzniku a šíření trhlin a antibakteriálních vlastností tenkých vrstev Zr–Cu–N. Hlavním cílem této práce bylo připravit tyto vrstvy a detailně prozkoumat jejich odolnost vůči vzniku a šíření trhlin a antibakteriální vlastnosti.

### 2 Výsledky

Tenké vrstvy Zr–Cu–N byly reaktivně naprašovány ve směsi Ar + N<sub>2</sub> za použití nevyváženého duálního magnetronu, na kterém byly nasazeny skládané terče složené ze Zr disku připevněného Cu kroužkem s vnitřním průměrem  $\varnothing_{in} = 34$  mm. Tenké vrstvy byly deponovány na Si a Mo substráty, které byly umístěny ve vzdálenosti 80 mm od terčů.

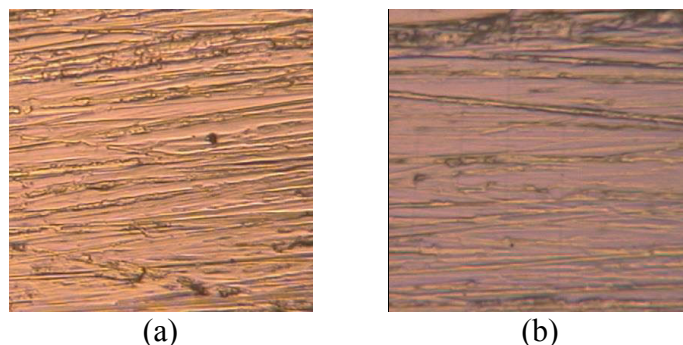
Práce se zabývá analýzou fyzikálních, mechanických a antibakteriálních vlastností vrstev Zr–Cu–N. U těchto vrstev byla zkoumána depoziční rychlost, tvrdost  $H$ , efektivní Youngův modul  $E^*$ , prvkové a fázové složení, antibakteriální efektivita a odolnost vůči vzniku a šíření trhlin. Bylo zjištěno, že vhodným výběrem depozičních podmínek lze připravit tvrdé vrstvy ( $H = 31,3$  GPa) s dostatečně nízkým efektivním Youngovým modulem ( $E^* = 269$  GPa) tak, aby poměr byl  $H/E^* \geq 0,1$ . Poměr  $H/E^*$  je jedním z parametrů, kterým lze charakterizovat houževnatost vrstev, což ukázal mj. Musil et al. (2012).

Jedním ze způsobů, jímž se stanovuje odolnost vrstev vůči vzniku a šíření trhlin, je ohybový test. Pro tento test byly vybrány dvě vrstvy s poměrem  $H/E^* = 0,131$  a  $H/E^* = 0,082$ . Z obr. 1 je dobře vidět rozdíl po ohnutí vrstev, kterému odpovídá prodloužení

---

<sup>1</sup> student magisterského navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Aplikovaná fyzika a fyzikální inženýrství, specializace Fyzika technologických procesů, e-mail: zitek2@students.zcu.cz

$\varepsilon = 0,01$ , kdy vrstva s poměrem  $H/E^* = 0,131$  nepraská, zatímco na vrstvě s poměrem  $H/E^* = 0,082$  vznikly příčné trhliny.



**Obrázek 1:** Snímky povrchu vrstev (a) Zr–Cu–N s poměrem  $H/E^* = 0,131$  a (b) Zr–Cu–N s poměrem  $H/E^* = 0,082$  z optického mikroskopu po ohnutí, kterému odpovídá prodloužení  $\varepsilon = 0,01$ .

Pro zkoumání antibakteriálních vlastností vrstev Zr–Cu–N byl vybrán jeden vzorek s obsahem mědi Cu  $\approx 4,4$  at.%. Antibakteriální vlastnosti byly zkoumány vůči bakteriím *E. Coli*. Antibakteriální efektivita této vrstvy byla  $E \approx 20$  %. Jedním z hlavních parametrů ovlivňujících antibakteriální efektivitu vrstev je obsah Cu ve vrstvě, což ukázal např. Kuo et al. (2007). Je tedy zřejmé, že obsah Cu  $\approx 4,4$  at.% není dostatečný k zabití bakterií na povrchu vrstvy.

### 3 Závěr

Experimenty ukázaly, že lze připravit tvrdé Zr–Cu–N vrstvy s tvrdostí  $H = 31,3$  GPa s vysokým poměrem  $H/E^*$ , které mají vysokou odolnost vůči vzniku a šíření trhlin. Dále bylo zjištěno, že obsah Cu  $\approx 4,4$  at.% ve vrstvách Zr–Cu–N není dostatečný k zabití bakterií na jejich povrchu.

### Literatura

- Kuo, Y.-C., Lee, J.-W., Wang, C.-J., Chang, Y.-J., The effect of Cu content on the microstructures, mechanical and antibacterial properties of Cr–Cu–N nanocomposite coatings deposited by pulsed DC reactive magnetron sputtering, *Surface & Coatings Technology*, 202 (2007) 854 – 860.
- Musil, J., Sklenka, J., Čerstvý, R., Transparent Zr–Al–O oxide coatings with enhanced resistance to cracking, *Surface & Coatings Technology*, 206 (2012) 2105–2109.
- Zeman, P., Čerstvý, R., Mayrhofer, P.H., Mitterer, C., Musil, J., Structure and properties of hard and superhard Zr–Cu–N nanocomposite coatings, *Materials Science and Engineering*, A289 (2000) 189–197.