

## Oponentský posudek diplomové práce

autor: Bc. Martin Jaroš

název: **Reaktivní magnetronová depozice vrstev Ti-Ni-N a vyšetření jejich vlastností**

Práce má 63 stran (počítáno od úvodu na straně č. 6), je dobře graficky zpracována. Jazyková úroveň je rovněž v pořádku - překlepy lze najít (například leptání místo leptání na straně 36, nebo "a by bylo" místo "by bylo" na straně 63), ale jde o výjimky potvrzující pravidlo.

Název práce je vzhledem k použití rozprašovaného terče  $Ti_{95}Ni_5$  (tj. přibližné složení deponovaných vrstev  $Ti_{47.5}Ni_{2.5}N_{50}$ ) lehce zavádějící: ve skutečnosti nejde o zkoumání materiálu TiNiN (v tom smyslu že by oba kovy měly "rovnocenné" postavení), ale o zkoumání vlivu dopování (dobře známého) materiálu  $Ti_{50}N_{50}$  malým množstvím niklu. Jedná se o důležitější rozdíl než by mohlo vypadat: názvu práce totiž "uvěřil" i sám diplomant, a odpověď na zásadní otázku zda je ono dopování přínosné nebo ne se tak z práce příliš nedozvíme - porovnání s vlastnostmi čistého TiN chybí (ačkoliv v přehledu literatury je alespoň zmíněn vliv obsahu Ni na strukturu). Ani struktura práce není zcela šťastná v důsledku skutečnosti, že všechny tři zkoumané série vzorků jsou v názvech kapitol (i jinde) označovány jen prostřednictvím čísel, nikoliv prostřednictvím zkoumané veličiny. Profesionální název kapitol 5.2-5.4 by nebyl „Výsledky série 1“, „Výsledky série 2“ a „Výsledky série 3“, ale např. „Vliv frekvence rozprašovacího zdroje“, „Vliv předpětí na substrátu (bez kovové mezivrstvy) a „Vliv předpětí na substrátu (s kovovou mezivrstvou)“. Tím jest zároveň řečeno čím se práce konkrétně zabývá a jaké výsledky jsou v ní obsaženy.

Hlavní výhradu mám k té části teoretického úvodu, který popisuje motivaci práce (zdůvodnění proč byl TiN dopován právě niklem). Kapitola 2.2 silně naznačuje, že hlavním důvodem je tvarová paměť slitiny TiNi. Pro připomenutí: jde o důsledek (v práci celkem správně popsané) skutečnosti že při složení "kolem"  $Ti_{50}Ni_{50}$  má tato slitina za různých teplot různou strukturu (za vyšší teploty vysoce symetrickou kubickou - austenit, za nižší teploty méně symetrickou - martenzit), a v případě deformace a následné změny teploty dojde "u příležitosti transformace do jiné mřížky" zároveň k obnovení původního tvaru. To však vyvolává závažné dotazy (seřazené od nejméně podstatného).

- Je možné tvarovou paměť testovat a využít nejen u objemového materiálu, ale i u tenké vrstvy nanesené na substrát který tvarovou paměť nemá?

- Poměr Ti/Ni = 19/1 použitý v práci je daleko od zmíněného  $\sim 1/1$ . Pokud je skutečně motivací tvarová paměť, tak není jasné jak k tomuto poměru (19/1) diplomant dospěl. Nerozumím zde větě že slitiny s "vyšším" obsahem Ti mají "v principu" stejné vlastnosti, včetně tvarové paměti, jako  $Ti_{50}Ni_{50}$ . Jak kvantifikovat slovo "vyšším"? Co znamená "v principu"? Jedná se jen o jakousi víru, nebo je věta něčím podepřena? (Pro úplnost: věci se možná týká Ref. 11, ale v práci je jen citována bez podrobného popisu jejích závěrů.)

- **A především:** práce se nezabývá materiálem TiNi, ale  $\sim Ti_{47.5}Ni_{2.5}N_{50}$  (s krystalovou strukturou jako má  $Ti_{50}N_{50}$ , v.t. výsledky XRD). Skutečně jsou důvody očekávat tvarovou paměť i zde? Je splněna výše uvedená nutná podmínka, naznačuje např. fázový diagram TiNiN nebo TiN něco takového? Zdůrazňuji že  $Ti_{50}N_{50}$  má vysoce symetrickou kubickou strukturu (charakteristickou pro austenit) již za nízké teploty. Velmi se zdráhám uvěřit, že

(naivní) argumentace ve smyslu "Ti<sub>50</sub>Ni<sub>50</sub> má tvarovou paměť, bude ji proto mít i jiný materiál s libovolnou strukturou a libovolným nenulovým obsahem Ti a Ni" je jediná, ale jinou v práci nenalézám.

Když už je řeč o prvkovém složení: obsah Ni je mimochodem výrazně nižší i v porovnání s citovanou literaturou optimalizující "pouze" mechanické vlastnosti materiálů TiNiN: 2.5 at.% Ni oproti  $\geq 5.5$  at.% Ni. Nevylučuji že i takto překvapivě nízký obsah Ni může být pro tento účel vhodný/zajímavý, ale z hlediska posudku je podstatné že bohužel není zdůvodněn.

Na docela dobré úrovni je naopak diskuse výsledků (zejména mechanické vlastnosti, pnutí, odolnost proti vzniku trhlin při ohybu). Například v případě odolnosti proti vzniku trhlin autor správně kvantifikoval o jakou veličinu jde (relativní prodloužení materiálu závisící na tloušťce vzorku, nikoliv prostý poloměr ohybu), správně ignoroval úhel ohybu (který asi ovlivňuje statistickou významnost, ale "fyzikálně" o něj nejde) a zejména správně identifikoval co výsledky ukazují. Viz například zdůraznění důležitosti kompresního pnutí, které se podle diskuse (strana 52 i jinde) jeví pro zabránění vzniku trhlin nejméně stejně důležité jako sledované mechanické vlastnosti nebo jejich poměr. K diskusi jen dvě poznámky:

(i) je lehce matoucí že na straně 52 je citována Ref. 24 jako doklad toho co očekávat když mají dva vzorky srovnatelné mechanické vlastnosti ale odlišné pnutí ... což ale není tento případ: citace je ve větě o vzorcích 2\_04 a 2\_05 které mají mechanické vlastnosti dost rozdílné (tj. pnutí, které tento rozdíl více než vykompenzovalo, se ukázalo být ještě důležitější než v Ref. 24).

(ii) uvedená chvála platí pro diskusi (kapitola 5), ale ne zcela pro závěr (kapitola 6) - v jeho příslušné části (čtvrtý a pátý odstavec) se náhle píše pouze o mechanických vlastnostech, zatímco o pnutí nikoliv.

Závěr: diplomová práce splňuje nutné podmínky na ni kladené. I přes fixaci na jediné prvkové složení dosáhl diplomant některých zajímavých výsledků. Při sepisování práce střídal lepší okamžiky s horšími. Pro diskusi při obhajobě navrhuji dotazy uvedené výše ve třetím odstavci. Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení **velmi dobře**.

V Rize dne 22.8.2014

doc. Ing. Jiří Houška, Ph.D.

