

## Oponentní posudek doktorské disertační práce

Autorka: Ing. Jarmila Savková

Název práce: VLASTNOSTI A MIKROSTRUKTURA TENKÝCH VRSTEV TiAlSiN

Rozsah práce: 103 strany + příloha, 80 obrázků, 26 tabulek, 82 literárních pramenů.

### Posouzení předložené práce:

Ve stručném úvodu se autorka disertační práce zabývala významem otěruvzdorných povlaků vytvářených metodami CVD a PVD v technické praxi, zejména pro zvyšování životnosti řezných a tvářecích nástrojů.

V druhé kapitole se zabývala velmi podrobně metodami vytváření tenkých povlaků s uvedením předností i omezení jednotlivých povlakovacích metod PVD.

Třetí kapitola se zaměřila na zpracování poznatků o povlacích na bázi TiN a jeho modifikacích. Na hodnocení vlastností systému tenký povlak-podklad je zaměřena další kapitola. Jsou zde shrnuty poznatky o vlivu jednotlivých faktorů na vlastnosti povlaků, včetně defektů, které mohou vzniknout při povlakování. Dále byly podrobně zpracovány metody hodnocení chemického i fázového složení tenkých povlaků, měření tloušťky povlaků, hodnocení drsnosti povrchu, zjišťování mechanických vlastností různými zkouškami a odolnost proti opotřebení.

Problematika dělení materiálu stříháním je zpracována v kapitole 5. Na tuto kapitolu navazuje shrnutí základních poznatků o niklu a jeho slitinách.

Cílem práce je zkoumání závislosti mezi parametry depozice, strukturou a mechanickými vlastnostmi povlaků TiAlSiN vytvářenými katodovým obloukovým napařováním na ocelích pro práci za studena. Navržené etapy výzkumných prací prokazují schopnost doktorandky zvolit adekvátní postup při řešení výzkumného problému.

Vlastní experimentální práce jsou podrobně popsány v kapitole 8. Volba základních materiálů (oceli VANADIS 4 Extra SuperClean a Sverker 21) odpovídá doporučení výrobce pro střížné nástroje. Zkoušené povlaky byly vytvořeny v první fázi na standardní rychlořezné oceli 19 830. Celkem bylo připraveno 6 povlaků TiAlSiN a jeden vícevrstvý povlak. Tloušťka povlaků se pohybovala v rozmezí 0,95-2,75  $\mu\text{m}$ . Drsnost, stav povrchu i jeho morfologie po povlakování, tloušťka, fázové složení, adheze povlaku k podkladu, tvrdost i modul pružnosti byly systematicky měřeny a odpovídajícím způsobem vyhodnoceny. Na podkladě těchto předběžných zkoušek byly vybrány 4 typy povlaků, které byly nanášeny na vybrané nástrojové oceli. Tyto povlaky byly obdobně zkoušeny a vyhodnoceny jako v případě povlaků na oceli 19 830. Tribologické vlastnosti (koeficient tření a odolnost proti opotřebení) byly měřeny na vysokoteplotním tribometru typu „pin-on-disk“ při tření bez maziva a při teplotě  $\sim 20^\circ\text{C}$ .

Výsledky experimentálního studia povlaku TiAlSiN na nástrojových ocelích byly využity při povlakování nástrojů z oceli 19 436, které jsou určeny pro dělení slitin Ni. Provozní zkoušky prokázaly až 4 $\times$  delší životnost v provozu.

V závěru je konstatováno, že největší odolnost měl povlak 2, u kterého došlo k poškození v nejmenším rozsahu. Lze konstatovat, že cíl disertační práce byl splněn.

### Připomínky k předložené práci:

1. Termín „povrchová vrstva“, který je používán v disertační práci není vhodný. Povrchová vrstva vzniká pod povrchem základního materiálu modifikací struktury,

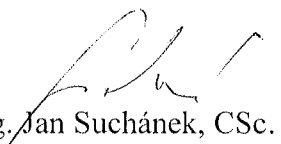
chemického složení, případně kombinací těchto procesů. Povlak se vytváří na povrchu základního materiálu nanesením dalšího materiálu.

2. Proudová hustota katodové skvrny ...108 A/cm<sup>2</sup>, plošná hustota výkonu ...109 W/cm<sup>2</sup>? (str. 5)
3. Jaký vliv mají zbytková pnutí na vlastnosti povlaků CrN?
4. Termín „ionový bombard“, který je v práci několikrát použit, lze akceptovat pouze jako slangový výraz. Přesnější výraz je iontové čištění. Totéž platí pro výraz „fotky povrchu“ (str. 61).
5. Proč byly zkoušeny oceli VANADIS 4 Extra SuperClean a Sverker 21, když provozní zkoušky proběhly s ocelí 19 436?
6. Obrázky 1, 2, 6, 7, 8, 20, 22, 23, 24, 25, 33, 47, 65, 66, 68 mají popis v angličtině.
7. Proč byly zjišťovány tribologické vlastnosti slitin Ni s protikusy slinitý karbid a ocel (pro valivá ložiska)?
8. Literatura není správně citována (Surf. And Coat. Technol., údaje z internetu by měly být doplněny datem stažení, u konferenčních příspěvků chybí stránky apod.)
9. Příloha 3 – snímky jsou obráceny o 180°.

#### Zhodnocení:

- a) Předložená disertační práce přináší řadu nových poznatků o vlastnostech povlaků TiAlSiN.
- b) Postup zvolený k řešení problematiky vytváření tenkých povlaků na bázi TiAlSiN i zvolené metody řešení jsou v souladu se současným stavem poznání. Cíl disertační práce byl splněn.
- c) Výsledky disertační práce jsou přínosem pro hlubší poznání vztahů mezi parametry povlakování a vlastnostmi povlaků na bázi TiAlSiN.
- d) Předložená práce je uspořádána systematicky a přehledně. V práci jsou někdy používány slangové termíny (viz připomínky k předložené práci), občas jsou též překlady, které však neovlivňují negativně smysl jednotlivých vět. V práci postrádám kapitolu „Diskuze výsledků“, kde by měla disertantka konfrontovat své experimentální výsledky s dostupnými poznatky z literatury. Dílčí diskuze za jednotlivými podkapitolami experimentální části jsou pouze shrnutím vlastních výsledků.
- e) Disertantka prezentovala výsledky svých prací v impaktovaných časopisech, na prestižních mezinárodních konferencích i na konferencích v ČR.
- f) Doporučuji předloženou disertační práci k přijetí. Dále doporučuji udělit Ing. Jarmile Savkové akademický titul „Ph.D.“

V Praze, dne 26.10.2014

  
Prof. Ing. Jan Suchánek, CSc.

Prof. Ing. Petr LOUDA, CSc.  
TU v Liberci, Fakulta strojní  
Katedra materiálu  
Studentská 2  
473 18 Liberec 1

## OPONENTNÍ POSUDEK

na disertační práci pro obor -  
Materiálové inženýrství a strojírenská technologie 3911V016  
na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni

Autor práce : **Ing. Jarmila Savková**

Název práce:

### **Mechanické a tribologické vlastnosti tenkých uhlíkových vrstev obsahujících vybrané kovy**

Tento posudek byl zpracován na základě pověření děkana fakulty strojní  
doc. ing. J. Staňka, CSc ze dne 1.10.2014

Posudek má 4 strany textu a byl vyhotoven ve 2 exemplářích

V Liberci 10.10.2014

## 1. ÚVOD:

Předložená disertační práce s názvem „**Vlastnosti a mikrostruktura tenkých vrstev TiAlSiN**“ Ing. Jarmily Savkové je rozdělena do deseti kapitol. Práce má celkem 103 stran textu.

Téma disertace odpovídá oboru „Materiálové inženýrství a strojírenská technologie“ a je vhodně zvolené.

## 2. TÉMA PRÁCE:

Nosným tématem posuzované práce jsou metody vedoucí k získání tenkých vrstev dopovaných vybranými kovy s dobrými tribologickými vlastnostmi přinášejícími ekonomický přínos v průmyslovém nasazení. Zvolenou metodou je zkoumání závislosti mezi depozičními parametry, strukturou a užitnými vlastnostmi povlakovaných nástrojů.

## 3. PŘÍNOSY PRÁCE:

Úvod práce je napsán stručně, přehledně a v kapitole 7 vysvětluje smysl experimentu a stanovuje cíle celé práce.

Prvních cca 50 stran z celkem 103 poskytuje velmi pečlivě, přehledně a podrobně zpracovanou charakteristiku vytváření povrchových vrstev a základních způsobů hodnocení jejich vlastností. Seznam 82 použitých odkazů je přesvědčivý a z přehledu je zřejmé, že se jedná převážně o literaturu velmi moderní.

Cíle práce uvedené v kapitole 7 považuji za průkazné a disertabilní.

Za značný přínos práce považuji kapitolu 2, 3 a 4 kde autorka seznamuje se základní charakteristikou použitých depozičních systémů a analytických metod, které jsou v disertační práci využívány.

Značnou část práce (kap. 8) věnuje doktorandka analýze vztahu mezi strukturou deponovaných vrstev a vlastnostmi povlakovaného systému.

Rozsah experimentů i teoretický rozbor chování povlakovaného systému svědčí o autorově odborné způsobilosti a znalostech v oblasti vnitřní stavby pevné fáze a technologické aplikovatelnosti moderních metod povrchových úprav.

Aktuálnost zkoumané problematiky, vzhledem k nesporné průmyslové aplikovatelnosti bude jistě dále vzrůstat. Autorka vykazuje ve své práci vědeckou erudici.

## 4. HODNOCENÍ PRÁCE:

Kapitoly jsou uspořádány návazně a přehledně, což svědčí o autorčiných didaktických schopnostech splňujících požadavky vědního oboru, práce je napsána na odpovídající jazykové úrovni.

Nespokojenost musím vyjádřit k chybějícím údajům u zdrojů literatury (odkaz u 1 odstavce str. 1 a neuvedení data u všech zdrojů z www), absenci statistického vyhodnocení naměřených dat u Tab. 8, 13, 16. Absenci popisu měřené hodnoty v Tab. 23 a 24. Popis os u Obr. 53, 60, 73, 74 a také nad kvalitou některých mikrosnímků. Diskutabilní je také na str. 33 a 34 definování zátěžné síly u zkoušky mikrotvrdomosti v g a dále mi na uvedené stránce chybí zmínka o indentoru typu Berkowich, již proto, že na Obr. 21 je tento indentor použit. Na str. 41 vedle vlivu teplot na součinitel tření chybí ještě vlhkost prostředí, doporučuji autorce se tímto faktorem více zabývat. Dále doporučuji autorce metodologické vyjasnění pojmu „pin-on-disk“ a použití kuličky pro tribologický test (str. 52, 84), zde mám výhradu k obecnému definování „ocelová kulička“ na str. 92 (bude značný rozdíl hodnot součinitele tření u uhlíkové oceli a např. austenitické oceli). Na straně 53 jsou definovány použité ocele současně jako mikrolegované – legované- vysokolegované, prosím o sjednocení.

Ve výtisku, který jsem měl k dispozici, mi byl zatajen obsah str. 56, leč str. 57 jsem měl k posouzení 2x, také mnohé stránky v Přílohách jsem našel vzhůru nohama, doporučuji autorce větší pečlivosti při závěrečné kontrole.

Další připomínku mám k hodnocení drsnosti na str. 59. Chybí mi měření geometrie povrchu před povlakováním údaj  $Ra < 0,02 \mu\text{m}$  ze strany 58 není dostatečný.

Dále prosím o vysvětlení údaje ze strany 65 – maximální hloubka proniknutí  $3 \mu\text{m}$  ve vztahu k tloušťce vrstvy.

Přes výše uvedené výtky jsem přesvědčen, že zpracování práce je zdařilé a podle mého názoru se jedná o velmi dobrou vědeckou práci v řešené problematice.

## 5. OTÁZKY A PŘIPOMÍNKY:

- 1) *Kterou část práce si autorka nejvíce cení a proč?*
- 2) *Jakým způsobem hodlá autorka aplikovat výsledky své disertační práce do své další vědecké práce?*
- 3) *Jaký je vliv vlhkosti prostředí na součinitel tření?*
- 4) *Jaká je mezní hloubka vtisku při zkoušce tvrdosti vzhledem k tloušťce vrstvy?*
- 5) *Prosím o vysvětlení vlivu struktury tenké vrstvy na tribologické vlastnosti třecí dvojice.*

## 6. CELKOVÉ HODNOCENÍ A ZÁVĚR:

Autorka se v předložené disertační práci zabývá aktuálním a významným problémem zvyšování užitečných vlastností povrchů plazmovými technologiemi.


Práce obsahuje původní výsledky teoretického i aplikačního charakteru. Autorka prokázala tvůrčí invenci. Výsledky jeho práce jsou přínosem jak pro teorii,

tak i pro praxi v oblasti materiálového inženýrství. Publikační aktivity doktorandky jsou na velmi dobré úrovni.

*Lze konstatovat, že cíle, které si autorka vytýčila, byly splněny.*

Doporučuji, aby po úspěšném obhájení byl udělen paní Ing. Jarmile Savkové vědecký titul PhD podle zákona č. 111/1998.

V Liberci 10.10. 2014



Petr LOUDA