

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 - Fyzika plazmatu a tenkých vrstev  
na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni

Autorka práce : **Ing. Zuzana Čiperová**

Název práce:

**Tvrdé slitinové vrstvy se zvýšenou odolností  
proti vzniku trhlin**

Školitel: prof. Ing. Jindřich Musil, DrSc.

Tento posudek byl zpracován na základě pověření děkana fakulty aplikovaných věd  
doc. Ing. Miloše Železného, Ph.D.

Posudek má 4 strany textu a byl vyhotoven ve 2 exemplářích.

V Liberci 20.06.2021

## 1. ÚVOD:

Předložená disertační práce s názvem „**Tvrdé slitinové vrstvy se zvýšenou odolností proti vzniku trhlin**“ Ing. Zuzany Čiperové je rozdělena do šesti kapitol. Práce má celkem 109 stran textu.

Téma disertace odpovídá oboru Fyzika plazmatu a tenkých vrstev a je vhodně zvolené.

## 2. TÉMA PRÁCE:

Nosným tématem posuzované práce je studium fyzikálních a mechanických vlastností slitinových fólií připravených pulzní magnetronovou depozicí za účelem zjištění podmínek depozice, které umožňují tvorbu tvrdých bariérních povlaků se zvýšenou odolností proti vzniku prasklin. Vrstvy byly připravovány pomocí pulzního duálního magnetronového systému. Takto byly vytvořeny tenké uhlíkové vrstvy dopované vybranými kovy (Zr-Si, Mg-Si) s dobrými tribologickými vlastnostmi. Cílem výzkumu bylo definování podmínek depozice, za kterých jsou splněny nezbytné požadavky na tvorbu tvrdých, superelastických nanokompozitů.

## 3. PŘÍNOSY PRÁCE:

Úvod práce je napsán stručně, Prvních cca 35 stran z celkem 90 poskytuje velmi pečlivě, přehledně a podrobně zpracovanou charakteristiku vytváření povrchových vrstev. Seznam 129 použitých odkazů je přesvědčivý a z přehledu je zřejmé, že se jedná převážně o literaturu velmi moderní.

Cíle práce uvedené v kapitole 3 považuji za průkazné a disertabilní.

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

Rozsah experimentů i teoretický rozbor chování povlakovaného systému svědčí o autorčině odborné způsobilosti a znalostech v oblasti vnitřní stavby pevné fáze a fyzice plazmatu.

Aktuálnost dané 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 chybějícímu seznamu použitých symbolů a značek, absenci statistického vyhodnocení naměřených dat a kvalitu některých mikrosnímků.

Přes výše uvedené výtky jsem přesvědčen, že zpracování práce je zdařilé a podle mého názoru se jedná o nadstandardní a průkopnickou 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 může být vliv změny indentoru Vickers/Berkowitch na naměřené hodnoty nanotvrdosti?*

*4) Vysvětlujete na Obr. 5-12 velikost vpichu indentoru/hloubka vtisku na vrstvě tloušťky cca.  $3\mu\text{m}$ ?*

## 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 její 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. Zuzaně Čiperové vědecký titul PhD podle zákona č. 111/1998.

V Liberci 20.06. 2021

Petr LOUDA

## Oponentský posudek disertační práce

**Autor:** Ing. Zuzana Čiperová, Západočeská univerzita v Plzni

**Název:** Tvrdé slitinové vrstvy se zvýšenou odolností proti vzniku trhlin

**Oponent:** Ing. Jaroslav Sobota CSc., Ústav přístrojové techniky AVČR Brno

Předložená práce se zabývá zajímavou a aplikačně vysoce aktuální tématikou – magnetronovým naprašováním tvrdých a přitom pružných slitinových tenkých povlaků. Navazuje na dlouhodobou angažovanost katedry fyziky FAV v této problematice prezentovanou jak v řadě impaktovaných publikací tak disertačních prací.

Cílem této práce bylo zkoumání fyzikálních a mechanických vlastností slitinových povlaků připravených magnetronovým naprašováním a nalezení depozičních podmínek, které umožní formování tvrdých ochranných vrstev se zvýšenou odolností vůči vzniku trhlin. Cílem bylo určit podmínky depozice nutné pro vznik tvrdých super elastických povlaků (tvrdość  $H \sim 20$  GPa;  $H/E^* > 0,1$ ; elastickou vratnost  $W_e > 60\%$  a nízké tlakové pnutí).

### **Konkrétní připomínky:**

(strana řádek zdola resp. strana <sup>řádek shora</sup> příp. číslo odstavce, obrázku, tabulky)

**Str.31<sub>10</sub>** „ The range of the operation of the Pirani gauge lies between atmospheric pressure and 0,05Pa. Its accuracy is below 0,1 Pa.“

Znamená to tedy, že ve skutečnosti lze měřit s Piraniho měrkou do 0,1Pa?

**Str.31<sub>08</sub>** „The Penning Gauge measures the pressure in a lower range and it is used to calibrate the capacitance Baratron gauge.“

Není to spíše naopak, kdy se kapacitní měrka používá ke kalibraci?

**Str.60 obr. 5-9b** Tento obrázek je nejspíše pro 90Mg-10Si, nikoli jak je uvedeno 90Si-10Mg

Předcházející připomínka poukazuje na nedopatření, resp. nedokonalosti, které nemají pro disertační práci rozhodující význam. Ponechám na disertantce, zda se k ní hodlá v

průběhu obhajoby vyjádřit. Následující připomínky jsou však významnější a bude je nezbytné při oponentním řízení vyjasnit:

Str. 34u „Before every deposition, a part of substrate is covered with a small piece of Si. After removing this fragment, the height of the step between the coated and uncoated part of the substrate can be easily measured by the profilometer.”

Pro jaké nanášené tloušťky vrstev je tento postup ještě použitelný vzhledem ke stínění podložky maskovacím kouskem křemíku?

**Závěr:**

I přes uvedené výhrady, je moje odpověď na zásadní otázky, které klade oponentovi příslušná vyhláška komise pro vědecké hodnosti, vesměs kladná.

Konstatuji tedy, že zvolené téma je aktuální, cíle disertační práce byly splněny adekvátními metodami zpracování, disertace přinesla hodnotné výsledky s původními prvky a že význam řešení podobných úloh pro další rozvoj vědy i pro společenskou praxi je nesporný. Disertantka prokázala svůj osobní přínos v prezentované práci v příloženém seznamu publikací z řady mezinárodních konferencí a impaktovaných časopisů. Předložená práce a přinesla bezesporu nové poznatky. Dále konstatuji, že disertantka prokázala svoji způsobilost k tvořivé práci, ovládá vědecké metody práce, má dostatečné teoretické znalosti.

Doporučuji proto disertační práci Ing. Zuzany Čiperové k obhajobě.

V Brně dne 30. 6. 202 J

  
Ing. Jaroslav Sobota, CSc.