

# Příprava tenkých vrstev slitin s vysokou entropií metodou Ionized Jet Deposition

Vojtěch Stránský

Katedra inženýrství pevných látek  
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská  
České vysoké učení technické v Praze

12. 3. 2025

Vedoucí práce: Ing. Michal Jůza



- 1 Úvod
- 2 Slitiny s vysokou entropií
- 3 Ionized Jet Deposition
- 4 Příprava vzorků
- 5 Vyhodnocení vzorků
- 6 Zbývající práce a závěr

- slitiny s vysokou entropií (HEAs) mají zajímavé vlastnosti
- těžko se obrábí
- možno využívat jako tenké vrstvy
- IJD je dostupná metoda tvorby kvalitních tenkých vrstev
- chceme zkoumat vývoj stechiometrického poměru složek HEAs v tenké vrstvě vytvořené IJD

- nanést tenké vrstvy slitiny HfTaTiNbZr s proměnným parametrem urychlovacího napětí
- stanovit základní parametry připravených vzorků
- vyhodnotit závislost stechiometrického poměru v tenkých vrstvách v závislosti na urychlovacím napětí a nalezení ablační hrany

## Definice

- slitiny s  $\Delta S_{mix} \geq 1,5R$
- například ekvimolární slitina pěti složek
- HfTaTiNbZr

[1]

## Vlastnosti

- nízká hustota
- vysoká pevnost i za vysokých teplot
- korozivzdornost

[2]

# Srovnání závislosti mezi kluzu na teplotě

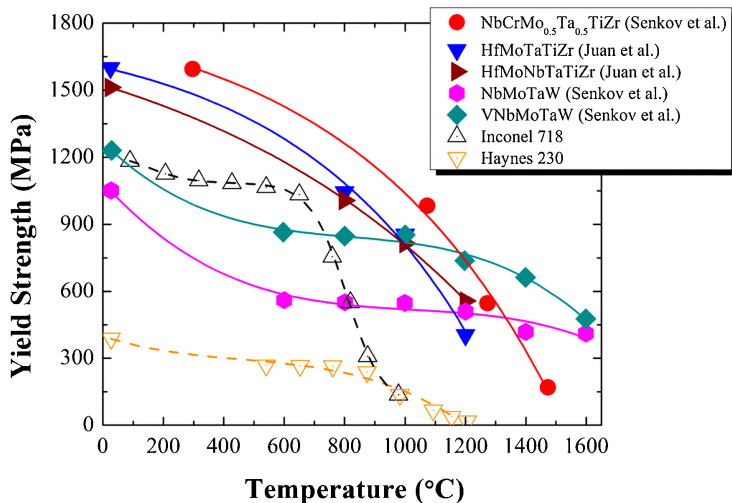


Figure: Porovnání pevnosti HEAs a Inconel 718 [2]

- PVD metoda
- založena na pulzní elektronové ablaci
- dobré zachování stechiometrického poměru [3]

## Ablace

- proces přeměny materiálu terčíku na plazma dodáním vysoké plošné hustoty energie za krátký časový úsek
- ablační hranou označujeme nejnižší podmínky, kdy nastává ablace všech složek směsi

# Průběh procesu IJD

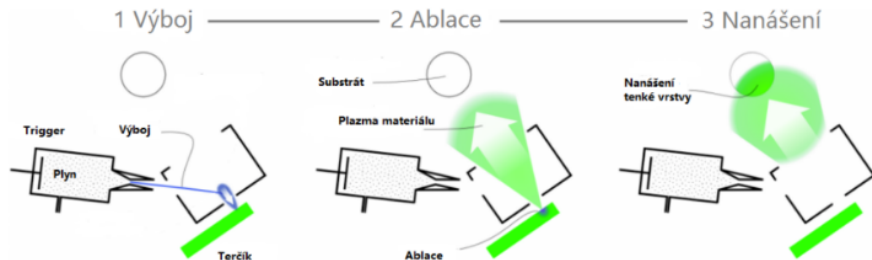


Figure: Schéma průběhu procesu [4]





Figure: Fotografie JetDep100 na KIPL FJFI

- substrát Si(001)
- terčík HfTaTiNbZr, 1200 °C, 80 Mpa, 2 min
- pracovní plyn VARIGON (Ar 93,5 %, H<sub>2</sub> 6,5 %)

# Tabulka depozičních parametrů

	1	2	3	4	5	6	7	8
vzdálenost terčů, substrát [mm]	110	110	110	110	110	110	110	110
napětí [kV]	11	12	13	14	15	16	17	18
doba depozice [min]	30	30	30	30	30	30	30	30
frekvence [Hz]	25	25	25	25	25	25	25	25
plyn	varigon	varigon	varigon	varigon	varigon	varigon	varigon	varigon
substrát	Si(001)	Si(001)	Si(001)	Si(001)	Si(001)	Si(001)	Si(001)	Si(001)
teplota substrátu	R. T.	R. T.	R. T.	R. T.	R. T.	R. T.	R. T.	R. T.
terč	HfTaTiNbZr	HfTaTiNbZr	HfTaTiNbZr	HfTaTiNbZr	HfTaTiNbZr	HfTaTiNbZr	HfTaTiNbZr	HfTaTiNbZr
počáteční tlak [mbar]	5,40E-05	6,50E-05						
pracovní tlak [mbar]	6,30E-04	6,80E-04						
vzdálenost tryska, terčů [mm]	3	3	3	3	3	3	3	3
conditioning [min]	3	3	3	3	3	3	3	3

## AFM

- dynamický mód
- za pomoci snímání změny rezonanční frekvence kmitajícího hrotu nad povrchem zjišťujeme výškovou souřadnici povrchu vzorku
- stanovení tloušťky vrstvy

## SEM

- energiově disperzní spektroskopie (EDS)
- využívá charakteristického záření složek vzorku ke stanovení jejich kvantitativního zastoupení

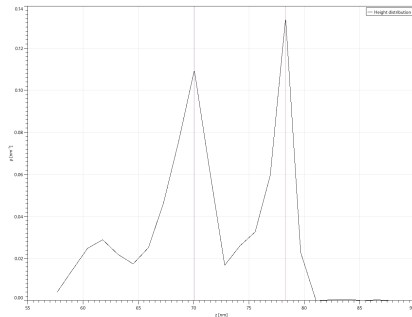
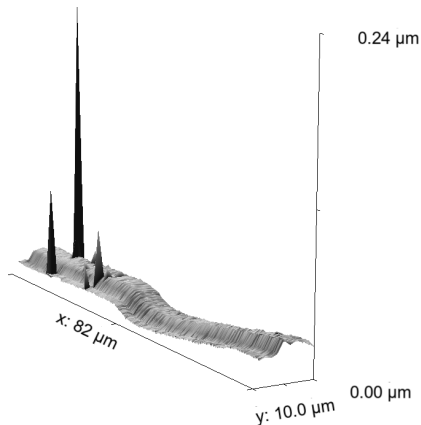


Figure: Rozdělení výšek - výška 9 nm

Figure: Přechod zastíněné a nezastíněné části vzorku 1

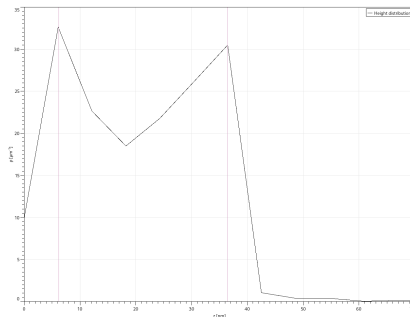
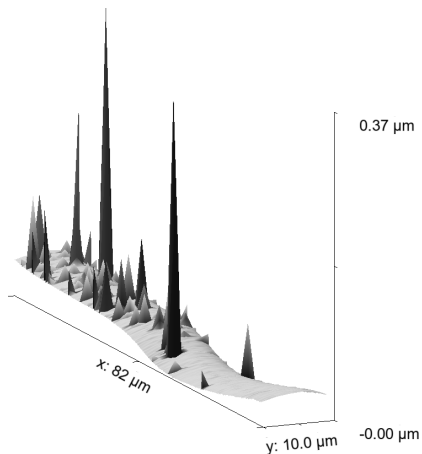


Figure: Rozdělení výšek - výška 30 nm

Figure: Přechod zastíněné a nezastíněné části vzorku 2

- připravit zbytek vzorků
- naměřit EDS
- naměřit AFM zbytku vzorků
- vyhodnotit závislost tloušťky vrstvy na urychlovacím napětí
- určit ablační hranu

- vzorky se daří připravovat
- obtížné nanášení a AFM vrstvy z 11 kV je hotovo
- zdá se, že by se mělo podařit naplnit cíle



- [1] Xin Wang, Wei Guo, and Yongzhu Fu.  
High-entropy alloys: emerging materials for advanced functional applications.  
*Journal of Materials Chemistry A*, 9(2):663–701, 2021.
- [2] Y.F. Ye, Q. Wang, J. Lu, C.T. Liu, and Y. Yang.  
High-entropy alloy: challenges and prospects.  
*Materials Today*, 19(6):349–362, July 2016.
- [3] Ionized jet deposition, Říjen 2024.  
Dostupné na <https://noivion.com/technology/>.
- [4] Štěpán Nekvinda.  
Příprava a analýza tenkých vrstev slitin s vysokou entropií nanesených metodou ionized jet deposition.  
Bakalářská práce, Katedra inženýrství pevných látek, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické v Praze, Praha, 2019.