

# Studium slitin na bázi tuhého roztoku W-Cr

Jakub Veverka<sup>1,2</sup>, Monika Vilémová<sup>1</sup>, Jakub Klečka<sup>1,2</sup>  
Jan Čížek<sup>1</sup>, Jakub Skočdopole<sup>3</sup>, Martin Koller<sup>4</sup>, Dominik Legut<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Oddělení materiálového inženýrství, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.

<sup>2</sup>Katedra materiálů, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

<sup>3</sup>Katedra inženýrství pevných látek, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

<sup>4</sup>Oddělení D5 - Ultrazvukové metody, Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.

<sup>5</sup>Centrum nanotechnologií, VŠB - Technická univerzita Ostrava

9.1.2019

- 1 Shrnutí ložské prezentace + letošní postup
- 2 Stabilita tuhého roztoku během přípravy metodou SPS
- 3 Jiné metody přípravy W-Cr vrstev

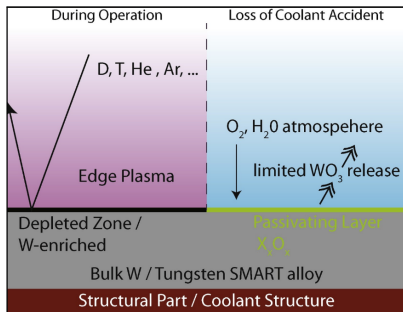
## Wolfram

- odvod tepla, ochranný materiál první stěny/divertoru
- odolnost proti odprašování, pevnost za vysokých teplot
- dobrá tepelná vodivost, vysoký bod tání
- nízká retence tritia

X

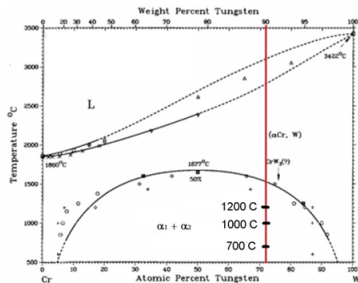
- obtížná výroba - obtížné obrábění, vysoký bod tání
- DBTT, rekrytalizace
- náchylnost k oxidaci - vylepšení legováním

# Pasivační vlastnosti



Obr. 1: Vznik pasivované vrstvy

- steady state - preferenční odprašování
- LOCA - pasivace
- cíl - základní poznatky o rozpadu

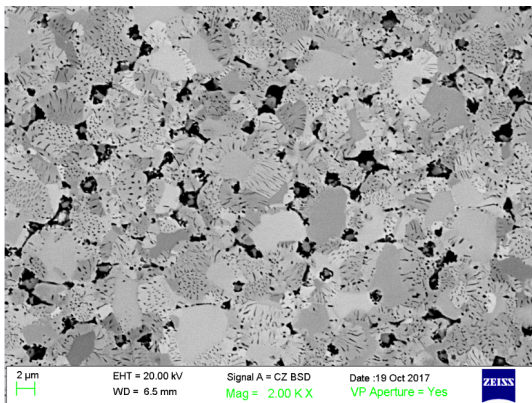


Obr. 2: Fázový diagram W-Cr

- 700°C - steady state,
- 1000-1200°C - LOCA
- metastabilní stav

R. Neu, et al., Advanced tungsten materials for plasma-facing components of DEMO and fusion power plants, Fusion Eng. Des. (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.fusengdes.2016.01.027>

# Rozpad tuhého roztoku (W-10Cr-1Hf, 30h, 1000°C)

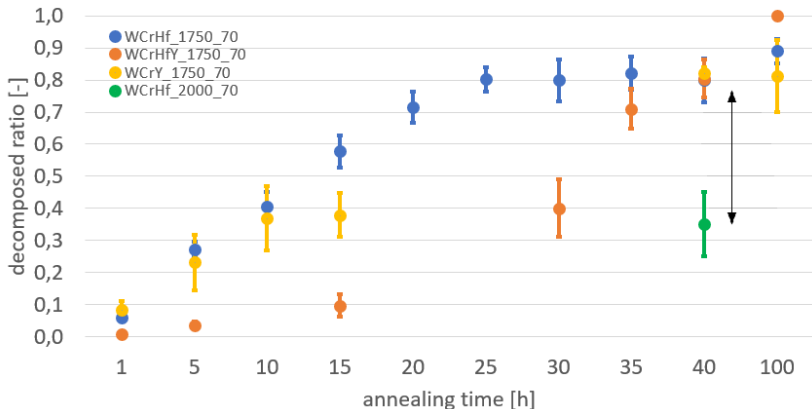


- 700°C - žádný rozpad, 1000°C - rychlý začátek
- cíl - zpomalit rozpad

M. Vilémová, K. Illková, F. Lukáč, J. Matějček, J. Klečka, J. Leitner, Microstructure and phase stability of W-Cr alloy prepared by spark plasma sintering, Fusion Engineering and Design 127 (2018) 173–178,

<https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2018.01.012>

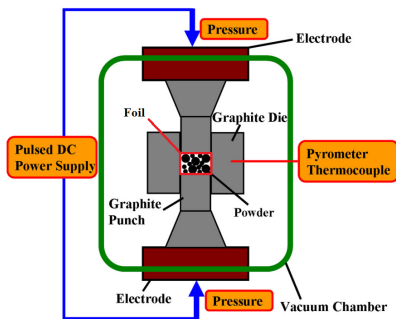
# Rozpad tuhého roztoku - srovnání pro $T = 1000^{\circ}\text{C}$



- různá složení i parametry přípravy
- netriviální závislost - výpočet

- výpočty elastických konstant W-10Cr - Martin Koller, ÚT AV
- určení ideálního legovacího prvku pro stabilizaci tuhého roztoku - Dominik Legut, VŠB

## 2) Stabilita tuhého roztoku během přípravy metodou SPS

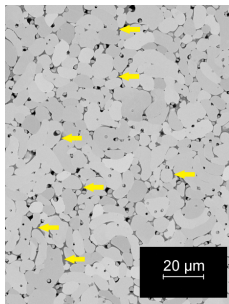


Obr. 3: Schema metody SPS

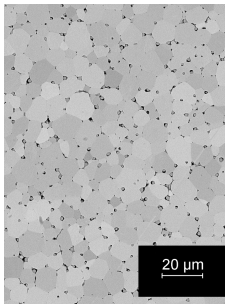
- prášek - zápusťka + píšťky
- stlačení + el. proud
- C folie proti přilepení
- kontaminace C - vznik karbidů + odlegování
- W folie - difuzní bariéra



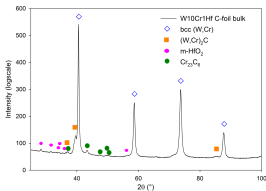
# Odlegování tuhého roztoku



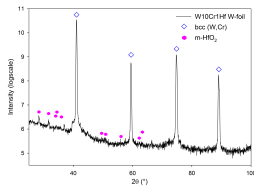
Obr. 4: C folie -  
mikrostruktura



Obr. 5: W folie -  
mikrostruktura

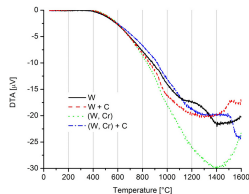
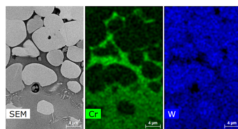
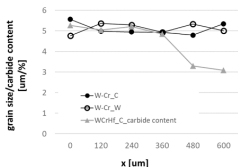


Obr. 6: C folie - XRD



Obr. 7: W folie - XRD

# Hloubka odlegování



Obr. 8: Vertikální profil

Obr. 9: Prvková analýza EDS

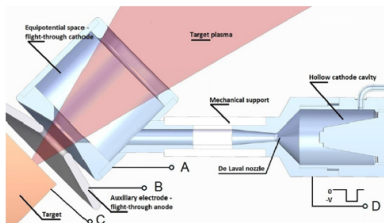
Obr. 10: DTA křivky

- příliš velká hloubka odlegování
- ekonomicky neúnosná
- neodpovídá pouze difuzi
- různé koncentrace Cr
- morfologie - kapalná fáze
- $W_2C$  - snížení teploty tání ( $2800^{\circ}C \times 1650^{\circ}C$ ) odlegováním tuhého roztoku (10 x 3 procenta)

M. Vilémová, F. Lukáč, J. Veverka, K. Illková, J. Matějček, Controlling the carbide formation and chromium depletion in W-Cr alloy during field assisted sintering, Int. J. Refract. Met. H. (2018),

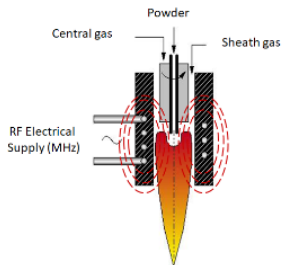
<https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2018.11.010>

### 3) Jiné metody přípravy vrstev W-Cr



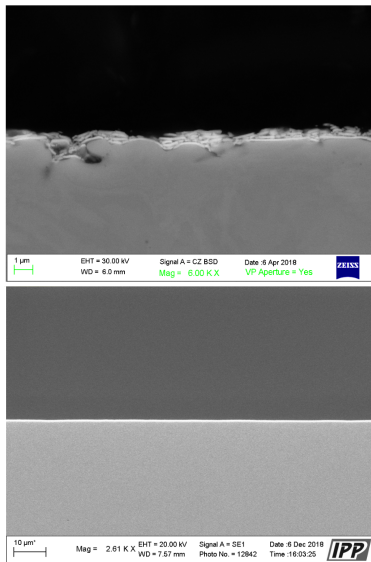
Obr. 11: IJD

- zachování přesného složení

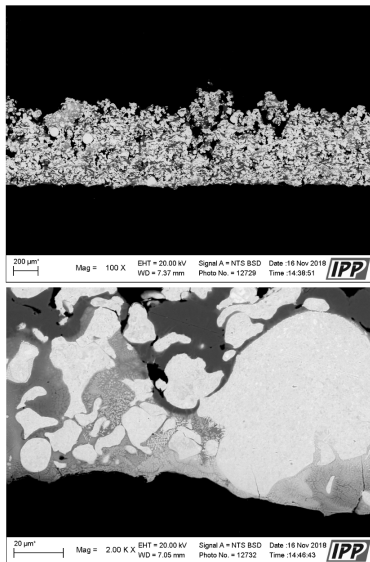


Obr. 12: RF

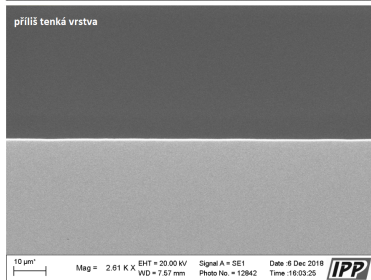
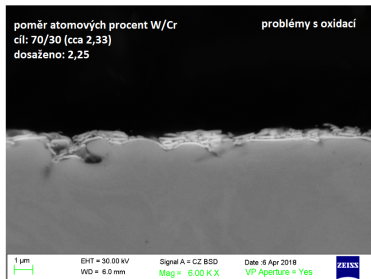
- in-situ legování



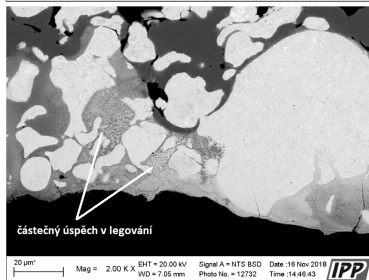
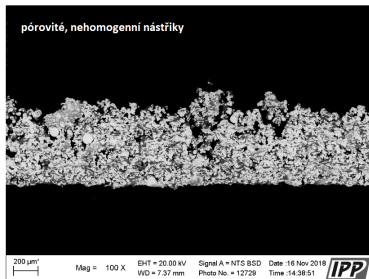
Obr. 13: IJD vrstvy W-Cr



Obr. 14: RF nástřiky W-Cr



Obr. 15: IJD vrstvy W-Cr



Obr. 16: RF nástřiky W-Cr

- rozpad tuhého roztoku W-Cr se podařilo zpomalit příměsemi i vhodnými výrobními podmínkami
  - stále nedostatečně
  - výpočty pro určení legovacího prvku - stabilizace tuhého roztoku
- stabilita tuhého roztoku - hrozba hloubkového odlegování
  - zamezeno použitím difuzní bariéry - W folie
- první pokusy jiných výrobních metod - IJD + RF plasma
  - IJD - přibližně ideální složení, tenká vrstva
  - RF - lokálně dosaženo legování