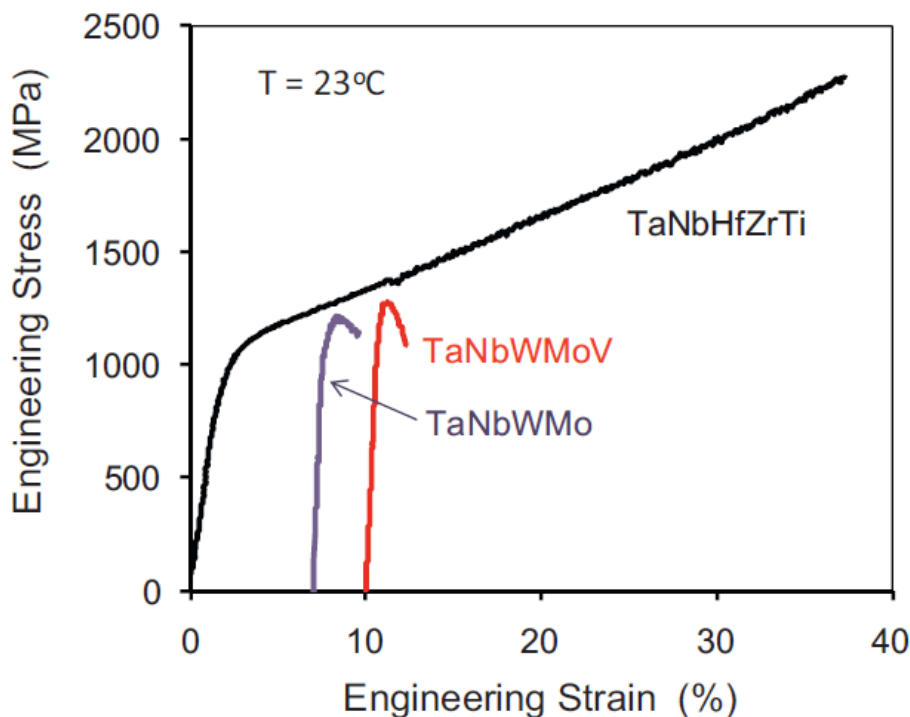


Výzkum mechanismu plastické deformace ve slitině s vysokou entropií HfNbTaTiZr

Současný stav

Slitiny s vysokou entropií [1] představují nový koncept v materiálovém výzkumu překračující hranice tradičních slitin založených na jednom klíčovém prvku (např. Fe u ocelí) s malým množstvím příměsí. Slitiny s vysokou entropií jsou založeny na 5 nebo více klíčových prvcích v ekvimolární koncentraci [2]. Slitiny s vysokou entropií mají většinou kubickou krystalickou mřížku (plošně nebo prostorově centrovanou) a polohy krystalické mřížky jsou náhodně obsazovány atomy jednotlivých prvků [1]. Vysoká konfigurační entropie slitiny stabilizuje náhodný substituční tuhý roztok jednotlivých komponent. Specifická struktura slitin s vysokou entropií vede k zajímavým fyzikálním vlastnostem, jako např. vysoká pevnost [3], velmi dobrá korozní odolnost [4], nízká difuzivita atomů [5], vynikající odolnost vůči radiačnímu poškození [6] atd.

Existuje několik skupin slitin s vysokou entropií s podobnou krystalickou strukturou. Slitiny s vysokou entropií založené na přechodových kovech z III-VI skupiny periodické tabulky mají kubickou prostorově centrovanou mřížku a vykazují vynikající pevnost při vysokých teplotách [7]. Jejich nevýhodou je ale nízká tažnost, která nepřesahuje několik procent. Výjimkou je slitina HfNbTaTiZr, která vykazuje nejen vysokou pevnost (mez kluzu 926 MPa) ale současně také výbornou tažnost (> 50% při jednoosé kompresní deformaci), viz Obr. 1, který ukazuje porovnání výsledků kompresního deformačního testu slitin MoNbTaW, MoNbTaVW a HfNbTaTiZr [7]. Výborná tažnost slitiny HfNbTaTiZr byla potvrzena i tahovou deformační zkouškou [8]. Důvod vynikající tažnosti slitiny HfNbTaTiZr není zatím jasný, ale je pravděpodobné, že mechanismus plastické deformace ve slitině HfNbTaTiZr se liší od ostatních slitin s vysokou entropií založených na přechodových kovech z III-VI skupiny. Jedním z možných může být významný příspěvek dvojčatění k plastické deformaci slitiny HfNbTaTiZr. Ve slitině HfNbTaTiZr podbrzené silné plastické deformaci byla pozorována deformační dvojčata typu $\{332\} \langle 113 \rangle$ [9]. Tuto hypotézu je ale nutné ověřit.



Obrázek 1 Výsledky kompresního deformačního testu slitin MoNbTaW, MoNbTaVW a HfNbTaTiZr na pokojové teplotě [7].

Cíle projektu a postup řešení

Cílem tohoto projektu je prozkoumat mechanismus plastické deformace ve slitině HfNbTaTiZr a vysvětlit důvod její výborné tažnosti kombinované s vysokou pevností.

Vzorky slitiny HfNbTaTiZr budou deformovány válcováním za pokojové teploty s postupně narůstající deformací. Vývoj mikrostruktury s rostoucí deformací bude studován pomocí pozitronové anihilační spektroskopie v kombinaci s elektronovou mikroskopií a difrakcí rtg. záření. Současně bude sledován vývoj mechanických vlastností pomocí měření mikrotvrdomosti. Na základě získaných dat bude vytvořen model mechanismu plastické deformace ve slitině HfNbTaTiZr.

Časový plán

- červen-červenec 2019:
příprava a žihání výchozích vzorků slitiny HfNbTaTiZr
- srpen-září 2019:
charakterizace výchozích vzorků slitiny HfNbTaTiZr
- říjen 2019 -leden 2020:
deformace vzorků slitiny HfNbTaTiZr a studium vývoje mikrostruktury pomocí pozitronové anihilační spektroskopie, elektronové mikroskopie, difrakce rtg. záření a měření mikrotvrdomosti
- únor – březen 2020:
analýza a interpretace získaných výsledků, vytvoření fyzikálního modelu plastické deformace ve slitině HfNbTaTiZr
- duben 2020:
sepsání a odevzdání zprávy, ukončení projektu

Literatura

- [1] D. B. Miracle, O.N. Senkov, A critical review of high entropy alloys and related concepts, *Acta Mater.* 122 (2017) 448.
- [2] J.-W. Yeh, S.-K. Chen, S.-J. Lin, J.-Y. Gan, T.-S. Chin, T.-T. Shun, C.-H. Tsau, S.-Y. Chang, Nanostructured high-entropy alloys with multiple principal elements: Novel alloy design concepts and outcomes, *Adv. Eng. Mater.* 6 (2004) 299.
- [3] W.P. Chen, Z.Q. Fu, S.C. Fang, H.Q. Xiao, D.Z. Zhu, Alloying behavior, microstructure and mechanical properties in a FeNiCrCo_{0.3}Al_{0.7} high entropy alloy, *Mater. Des.* 51 (2013) 854.
- [4] Y. Shi, B. Yang, P.K. Liaw, Corrosion-Resistant High-Entropy Alloys: A Review, *Metals* 7 (2017) 43.
- [5] D. B. Miracle, High-Entropy Alloys: A Current Evaluation of Founding Ideas and Core Effects and Exploring “Nonlinear Alloys”, *JOM* 69 (2017) 2130.
- [6] N.A.P. Kiran Kumar, C. Li, K.J. Leonard, H. Bei, S.J. Zinkle, Microstructural stability and mechanical behavior of FeNiMnCr high entropy alloy under ion irradiation, *Acta Mater.* 113 (2016) 230.
- [7] O.N. Senkov, J.M. Scott, S.V. Senkova, D.B. Miracle, C.F. Woodward, Microstructure and room temperature properties of a high-entropy TaNbHfZrTi alloy, *J. Alloys Compd.* 509 (2011) 6043.

[8] J. Zýka, J. Málek, J. Veselý, F. Lukáč, J. Čížek, J. Kuriplach, O. Melikhova, Entropy 21 (2019) 114.

[9] J. Čížekl, P. Haušild, M. Cieslar, O. Melikhova, T. Vlasák, M. Janeček, R. Král, P. Hrcuba, F. Lukáč, J. Zýka, J. Málek, J. Moon, H.S. Kim, Strength enhancement of high entropy alloy HfNbTaTiZr by severe plastic deformation, J. Alloys Compd. 768 (2018) 924.