高熵(Ti,W, Mo, Nb, Ta) (C,N)基金属陶瓷的制备与性能

一. 成果完成人及所在单位：陈超贤、党伟，张志鹏，庄昌恒，任本鹏 材料科学与工程学院 指导教师：张厚安

二. 成果简介：

本项目结合高熵合金/陶瓷的概念，设计了 5 个（Ti,W,Nb,Ta,Mo）（$C_{0.78}N_{0.22}$）高熵碳氮化钛的成分，采用碳热还原氮化法合成了（Ti,W,Nb,Ta,Mo）（$C_{0.78}N_{0.22}$）高熵碳氮化钛粉末，通过真空烧结制备了（$Ti_{0.2}W_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2}Mo_{0.2}$）（$C_{0.78}N_{0.22}$）（以下简称 HECN1）-Co-Ni 和（$Ti_{0.6}W_{0.1}Nb_{0.1}Ta_{0.1}Mo_{0.1}$）（$C_{0.78}N_{0.22}$）（发下简称 HECN5）-Co-Ni 两种金属陶瓷。利用 X 射线衍射仪(XRD)、扫描电子显微镜(SEM)和透射电子显微镜(TEM)表征了材料的相组成和微观结构，检测了金属陶瓷的硬度与抗弯强度。结果表明，采用碳热还原氮化法合成单相（Ti,W,Nb,Ta,Mo）（$C_{0.78}N_{0.22}$）高熵碳氮化钛固溶体是可行的。烧结温度为 1500℃时，HECN1-Co-Ni 和 HECN5-Co-Ni 抗弯强度相近，但 HECN5-Co-Ni 的硬度比 HECN1-Co-Ni 高 54.8%，具有良好的力学性能。

三. 主要研究内容及创新点：

1、主要研究内容

(1)通过碳热还原氮化法合成了 5 个（Ti,W,Nb,Ta,Mo）（$C_{0.78}N_{0.22}$）高熵碳氮化钛高熵碳氮化钛粉末，氮气压强 2kPa 反应温度 1500℃反应时间 2h，根据 XRD 结果（如图 1）和文献的研究结果，将衍射峰标定为(Ti, W, Mo, Nb, Ta)(C,N)相，晶体结构为 Fd3m。 35°和 36°之间的 XRD 图的放大图如图 2(b)所示。烧结陶瓷粉末的所有图谱均呈现单相面心立方结构。在碳热还原氮化反应过程中，混合碳化物和氮化物粉末中的各种金属和非金属元素通过相互扩散机制形成单相固溶体。利用真空烧结制备了 HECN1-Co-Ni 和 HECN5-Co-Ni 两种金属陶瓷。烧结时间 1h，结果发现，烧结温度为 1500℃时，HECN1-Co-Ni 和 HECN5-Co-Ni 抗弯强度相近，但 HECN5-Co-Ni 的硬度比 HECN1-Co-Ni 高 54.8%，具有良好的力学性能。

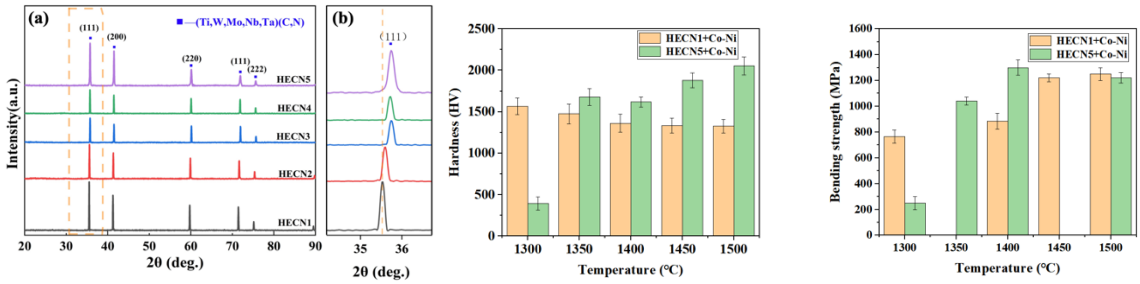


图 1 图 2 在 1500℃下保温 2h 下所得 HECN1、HECN2、HECN3、HECN4、HECN5c 的 XRD (a) 和部分放局部放大图 (b) HECN1+Co-Ni 和 HECN5+Co-Ni 在 1300℃、1350℃、1400℃、1450℃1500℃温度下烧结 1h 后的硬度和抗弯强度柱状图

2、创新点

结合高熵合金/陶瓷的概念，成功合成 5 个（Ti,W,Nb,Ta,Mo）（$C_{0.78}N_{0.22}$）高熵碳氮化钛的粉末，其工艺简便；可解决传统 Ti(C,N)基金属陶瓷强度和韧性较低，难以满足现代制造业发展对刀具材料的性能要求等问题；高熵金属陶瓷将多组元按等摩尔或近等摩尔的比例进行固溶，高的构型熵有利于单相固溶体的形成，并通过多组元协同作用从而提高高熵金属陶瓷的强度和韧性。

四. 主要研究成果及应用情况

申请专利 1 项。

联系人：陈超贤， 电 话：15711572285 Email:2321896303@qq.com