

超细碳化钨粉末掺量对合金刀头相结构和力学性能的影响

郑汉书¹, 熊震², 邵刚勤², 段兴龙²

(1.中国科学院广州晶体科技有限公司, 广东 广州 510520;

2.武汉理工大学材料复合新技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430070)

摘要: 采用超细 WC 粉末、工业级的 Sn、Ni、Co、Cu 粉末和金刚石为原料, 经真空烧结后制备成合金刀头。用 XRD 测试了 WC 粉末和合金的相结构, 用 SEM 观察了 WC 粉末和合金的形貌。研究表明, 超细 WC 的添加能改善以 Sn-Ni-Co-Cu 结合的金剛石合金刀头的力学性能, 最终可获得 HRB 101 和 1180 MPa 的材料。

关键词: 超细碳化钨; 合金刀头; 力学性能

中图分类号: TG115

文献标识码: A

文章编号: 1002-6673 (2006) 02-017-02

0 引言

为提高合金刀头的力学性能, 通常采用的方法是在金属基体中添加少量硬质相(如陶瓷颗粒^[1]、碳化硅^[2]、碳化钨、金刚石等)。碳化钨(WC)基硬质合金作为工具材料被广泛应用于切削刀具、模具、耐磨零部件等领域, 而超细 WC 基硬质合金的开发使兼具高强度、高硬度优良特性的新一代工具材料成为现实^[3]。金刚石具有最高硬度、高耐磨、高导热、低摩擦系数等优点, 其较低的热稳定性、低的抗冲击韧性和高成本制约了其广泛应用。

综合运用超细硬质合金与金刚石原料以制备高性能工具材料的研究已有报道^[4-7]。本文在 Sn-Ni-Co-Cu 结合金刚石合金刀头配方中添加超细 WC 粉末, 研究了超细 WC 粉末的添加量对合金刀头相结构和力学性能的影响。

1 试验

采用武汉理工大学提供的超细 WC 粉末和工业级的 Sn、Ni、Co、Cu 粉末以及金刚石单晶为原料, 经过配料、混料、造粒、成型、真空烧结制成所需形状的合金刀头, 以 24 个刀头为一组焊成实用的 Φ350 混凝土锯片。

超细 WC 粉末的特性参数如表 1 所示, 所配制试样的配方如表 2 所示。1# 至 4# 样的真空烧结温度依次为 870℃、880℃、890℃、900℃, 烧结时间均为 5min。用 D/MAX-RB 型 X 射线衍射仪(XRD)测试了试样的物相结构, 用排水法测量了试样的密度, 并测试了刀头的洛氏硬度(B 标尺)HRB 和横向断裂强度。

收稿日期: 2006-02-13

基金项目: 教育部科学技术重点研究项目(105123)

作者简介: 郑汉书(1964-), 男, 高工, 硕士研究生。

表 1 超细 WC 粉末的特性参数

Tab.1 Properties of superfine WC powder

总碳 / wt%	游离碳 / wt%	铁 / wt%	氧 / wt%	dBET / μm
6.02	0.08	0.018	1.27	0.15

表 2 各试样的原料和相对含量

Tab.2 Raw materials and their relative contents for each sample

样品编号	超细 WC 粉末/wt%	Sn-Ni-Co-Cu/wt%	金刚石/ct
1#	5	95	24
2#	10	90	24
3#	15	85	24
4#	20	80	24

注: (1) 1 ct (克拉) = 0.2 g; (2) 金刚石含量为外掺值

2 结果与讨论

通过扫描电镜照片, 可看出超细 WC 粉末粒度分布均匀, 颗粒粒径约为 0.1~0.3μm (与 BET 比表面积测试的比表面积平均径 dBET 基本一致)。

图 1 为添加了超细 WC 粉末的合金试样和超细 WC 原料粉末的 XRD 图谱。可看出, 1#-4# 试样均含有主相 Cu、Co 和添加相 WC 的衍射峰, 并且随着 WC 含量的增加, WC 主峰的相对强度随之变大。查阅 JCPDS 卡片, Co (fcc, 15-806) 的最强线为 2.0467, 金刚石 (fcc, 75-0409) 的最强线为 2.0594。而在各烧结试样的 XRD 图谱中, 依次出现了 d 值为 2.0535, 2.0560, 2.0536, 2.0500 的特征峰, 并且 Co 的另两个强线和金刚石的次强线均出现在衍射图谱中。由此可以判断 Co 与金刚石的最强峰重叠。在各试样衍射图谱的低角度处, 均出现了一个石墨的弱衍射峰, 说明在接近 900℃ 的真空烧结温度下, 金刚石由于较差的热稳定性会部分石墨化^[8]。

烧结试样的密度、硬度和断裂强度值如表 3 和图 2

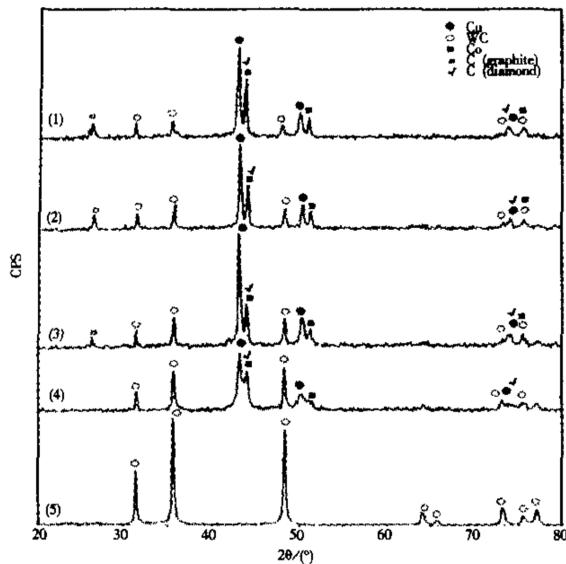


图1 1#-4# 试样及超细 WC 粉末 (5#) 的 XRD 图

Fig.1 XRD patterns of sintered samples (1#-4#) and superfine WC powder (5#)

所示。随着超细 WC 含量的增加，试样的硬度连续增加，密度和断裂强度也呈增加的趋势（2# 样品略有波动），表明材料能在不牺牲强度的情形下增加硬度，这

表3 各试样的物理性能参数

Tab.3 Mechanical properties of sintered samples

样品编号	密度 / g/cm ³	HRB	断裂强度 / MPa
1#	8.90	95.8	1133
2#	8.73	96.6	1087
3#	9.16	98.6	1180
4#	9.59	101.6	1180

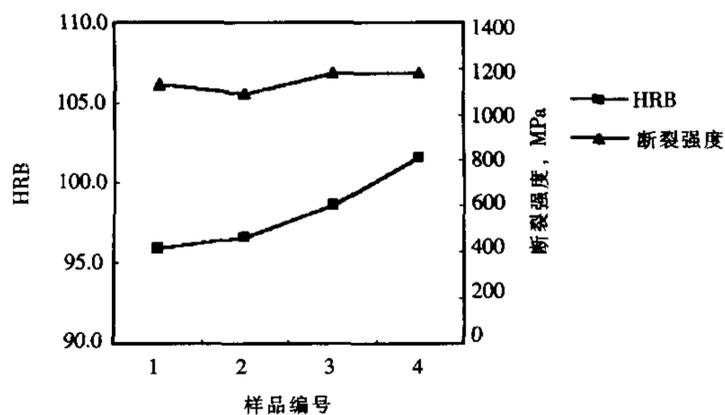


图2 烧结试样的洛氏硬度和断裂强度

Fig.2 The HRB and transverse rupture strength of sintered samples

正是实现材料“双高”性能所要求的。根据前人的研究和著名的 Hall-petch 关系式可知，材料的硬度和断裂强度随晶粒的减小而增大， $H=H_0+K_Hd^{-1/2}$ ， $\sigma=\sigma_0+K_\sigma d^{-1/2}$ ，其中 H 为材料的硬度， H_0 为无粘结相材料的硬度， σ 为材料的断裂强度， σ_0 为无粘结相材料的断裂强度，d 为材料的晶粒度， K_H 和 K_σ 为系数。超细 WC 的添加会增强 WC 粒子与基体金属界面的晶格畸变、阻碍位错运动，从而强化基体材料，起着弥散强化的作用。

图 4 为 1#-4# 烧结试样的扫描电镜照片，可见添加超细 WC 有利于晶粒的细化；随着超细 WC 含量的增加，石墨化趋势减小，晶粒细化和非石墨化韧窝共同作用，提高了材料的断裂强度。

3 结论

超细 WC 的添加能改善以 Sn-Ni-Co-Cu 结合的金金刚石合金刀头的力学性能，随着超细 WC 含量的增加，材料的石墨化趋势减小，晶粒细化，其密度、硬度和断裂强度均增大。

参考文献：

- [1] 陆艳杰,康志君,崔舜.氧化物弥散强化铜合金的研究与应用[J].电工材料,2005,(2):21~28.
- [2] 张瑾瑾,王志法,张霞,等.机械合金化制备 SiC 弥散强化铜基复合材料[J].湖南有色金属,2005,21(1):23~26.
- [3] Shao G Q, Zhang W F, Shi X L, et al. Properties of superfine tungsten carbide sintered from nanocrystalline powder by spray pyrogenation - continuous reduction carburization process [C], Proceedings of 16th International Plansee Seminar, Reutte, Austria, 2005, pp. 519-526.
- [4] Shi X L, Shao G Q, Duan L C, et al. Research on rare earth and iron-rich diamond-enhanced tungsten carbide composite button [J], Rare Metals, 2005, 23(4): 373~376.
- [5] 马保松,张祖培,刘宝昌.热压法制造金刚石-硬质合金复合柱齿的研究[J].粉末冶金技术,2000,18(1):28~30.
- [6] 史晓亮,张国强.金刚石增强稀土纳米硬质合金复合齿研究[J].硬质合金,2004,21(3):129~132.
- [7] 杨仕娥,鲁占灵,樊志琴,等.WC-Co 硬质合金基体上高附着力金刚石薄膜的制备[J].无机材料学报,2005,20(1):235~238.

Influence of Superfine WC Powder Additive Quantity on Phase Structure and Mechanical Properties of Alloy Blades

ZHENG Han-Shu¹, XIONG Zhen², SHAO Gang-Qin², DUAN Xing-Long²

(1.Guangzhou Crystal Technology Co., Ltd, Guangzhou Guangdong 510520, China)

(2.State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis & Processing, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430070, China)

Abstract: Superfine WC Powder, commercial Sn, Ni, Co, Cu powders and diamond were used for this study. Alloy blades were prepared by vacuum sintering. The phase analysis of superfine WC powder and blades was carried out by an X-ray diffractometry (XRD). Their morphological characters were determined by a scanning electron microscopy (SEM). Results show that the addition of superfine WC powder can increase mechanical properties of Sn-Ni-Co-Cu combined diamond blades. The material with high hardness (HRB = 101) and superior strength (1180 MPa) was obtained.

Key words: Superfine WC powder; alloy blades; mechanical property