

文章编号: 1009-0622(2006)06-0036-03

## 气流粉碎方法制备超细 WC 粉末

孙亚丽<sup>1</sup>, 黄新<sup>1</sup>, 刘清才<sup>2</sup>, 陈健<sup>1</sup>, 余祖孝<sup>1</sup>, 金永中<sup>1</sup>, 申志均<sup>3</sup>

(1. 四川理工学院 材料与化学工程系, 四川 自贡 643000; 2. 重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400044;

3. 自贡硬质合金有限责任公司 研发中心, 四川 自贡 643011)

**摘要:** 气流粉碎技术是一种有效的粉末细化方法, 目前主要应用于化工、医药等领域, 在硬质合金制备领域应用气流粉碎技术目前还鲜有报道。以同种 WC 粉末为原料, 分别采用高能球磨和气流粉碎的方法细化, 通过实验对比两种工艺制备出粉末的物理性能及粒度分布、微观结构。发现气流粉碎方法细化粉末粒度小、分布均匀、无团聚、性能较好, 适宜于制备高性能超细硬质合金。

**关键词:** 硬质合金; 超细 WC 粉末; 气流粉碎; 球磨

**中图分类号:** TF123.7\*2 **文献标识码:** A

WC-Co 硬质合金是一种硬度高、强度高、耐磨性好的金属陶瓷, 被誉为工业上的“牙齿”<sup>[1]</sup>, 在各工业领域中广泛用作切削、加工工具。传统硬质合金一直存在着硬度和强度难同时提高的困难<sup>[2]</sup>。

1968 年, 超细硬质合金在瑞典被研制成功, 这种材料是 WC 的晶粒细化之后所制成的硬质合金, 能在提高硬度的同时, 显著提高韧性<sup>[3]</sup>, 这就是众多材料研究者们竭力研制的“双高”材料。超细硬质合金已得到人们的广泛重视, 目前已成为当今世界硬质合金发展的重要方向, 它的出现, 适应一些难加工材料的切削问题, 同时, 也适应电子技术的迅猛发展对集成电路板钻孔用微钻头的需求。目前超细硬质合金已有数十个品牌, 至今对超细硬质合金性能优化的研究一直在不断进行。

制备超细硬质合金的工艺条件要求十分苛刻, 为获得组织结构均匀、具有较好综合性能的超细硬质合金, 要解决的首要问题是原料, 其次是在烧结过程中始终控制晶粒长大和消除各类缺陷。所以, 超细 WC 粉末的制备十分关键, 对于超细硬质合金的制备, 如何得到超细 WC 粉末仍然是研究的重点之一。

超细硬质合金 WC 晶粒度小于  $0.5\mu\text{m}$ <sup>[4]</sup>, 其原料亦应采用超细 WC 粉末。采用粉碎方法制备超细 WC 粉末是超细粉体制备技术中最常用的方法, 目

前最常用的设备是球磨机, 已有研究可通过球磨粉碎制备出粒度较小的粉末<sup>[5]</sup>。但大量的实验研究表明, 采用球磨粉碎制备的 WC 粉末, 往往存在严重的团聚状况、粉末粒度分布较宽且易引入杂质。

气流粉碎是一种较新的粉碎工艺, 它利用一股高速 (300~500 m/s) 气流去撞击另一股携带着粉末粒子的高速气流, 撞击速度达到超声, 从而使粉末粒子粉碎。由于是颗粒自身之间的撞击, 所以没有另外的杂质引入, 同时可以连续作业, 生产效率高。目前广泛应用于化工、材料、冶金、农药、食品、生物工程等领域。本课题将该技术应用于超细 WC 粉末的制备, 目前还鲜有报道。通过实验对比气流粉碎和球磨两种工艺的特点, 以同种粉末为原料采用两种细化方法制备粉末, 对比其性能, 发现采用气流粉碎方法制备的粉末粒度更细、分布均匀、无明显团聚, 性能较好。

## 1 实验过程

### 1.1 气流粉碎技术原理

气流粉碎技术研究在国外已有近一个世纪的历史, 而我国是在 20 世纪 80 年代才开始研究, 起步较晚, 因此, 其研究成果与国外相比相对较少<sup>[6]</sup>。

收稿日期: 2006-09-12

基金项目: 四川省教育厅重点项目 (2005A143)

作者简介: 孙亚丽 (1980-), 女, 黑龙江海伦人, 助教, 硕士研究生, 研究方向: 硬质合金及金属材料的研究。

气流粉碎是用高速气流来实现物料超微粉碎,粉末在高速气流中相互撞击而被粉碎,其破碎工作原理如图 1 所示。经过净化、干燥的高压空气通过特殊配置的几个超音速喷嘴向同一位置高速喷射,粉末进入喷嘴交汇处反复被冲击、碰撞,达到粉碎细化<sup>[7]</sup>。目前大部分气流粉碎机都与分级装置联合,被粉碎的粉末直接进入分级装置,粒度满足要求的粉末被收集,粒度大的粉末保留继续粉碎,这样保证了既细化粉末,又控制粒度分布。

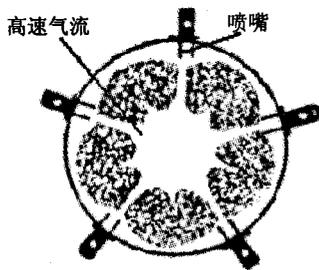


图 1 气流粉碎工作原理示意图

1.2 实验过程

实验以费氏粒度为 1.2 $\mu\text{m}$  的 WC 粉末为原料,其性能数据如表 1 所示。将原料分为两批:A、B。A 料采用常规球磨工艺,在行星式球磨机中进行球磨,以酒精为液体介质,液体与粉和球的固液比为 1:1

表 1 原料物理性能

名称	费氏粒度 $\mu\text{m}$	$S_{\text{BET}}$ $\text{m}^2/\text{g}$	化学成分 w/%		
			总碳量	游离碳量	氧含量
WC 粉末	1.2	1.01	6.09	0.029	0.16

(体积比),磨球为球径 8mm 的硬质合金球,球料比 5:1,球磨时转速为 200 r/min,球磨时间分别选 24h、36h、48h、60h,球磨后真空干燥;B 料在 QYF-260 型气流粉碎分级机中采用气流粉碎方式进行处理,粉碎压力为:0.7~0.85MPa,此时气流速度可达到超音速 300~500m/s。检测两种工艺制得粉末中的氧含量、碳含量、费氏粒度及粒度分布等物理性能。采用 JSM-5600LV 型扫描电镜对粉末微观形貌进行观

表 4 不同工艺所得的粉末物理性能对比

粉末	费氏粒度 $\mu\text{m}$	氧含量 %	$S_{\text{BET}}$ $\text{m}^2/\text{g}$	粒度分布 %				
				(0-1) $\mu\text{m}$	(1-2) $\mu\text{m}$	(2-3) $\mu\text{m}$	(3-4) $\mu\text{m}$	(4-5) $\mu\text{m}$
球磨 A	0.63	0.27	2.15	63.0	27.1	5.8	2.2	1.9
气流粉碎 B	0.44	0.18	2.92	90.3	9.7	0.0	0	0

有效细化粉末,粉末费氏粒度由 1.2 $\mu\text{m}$  分别被细化为 0.63 $\mu\text{m}$  和 0.44 $\mu\text{m}$ ,采用气流粉碎处理的粉末粒度更小,氧含量也更小。以上分析表明,气流粉碎细化后粉末物理性能较好。

察,对比两种粉末性能。

2 结果与讨论

2.1 WC 粉末性能

2.1.1 球磨对粉末粒度的影响

实验对球磨工艺设定了 4 种不同球磨时间,制备出粉末的性能见表 2。

表 2 球磨制备粉末性能

球磨时间	费氏粒度 $\mu\text{m}$	$S_{\text{BET}}$ $\text{m}^2/\text{g}$	化学成分 w/%		
			总碳量	游离碳量	氧含量
24	0.72	1.73	6.11	0.050	0.21
36	0.65	2.06	6.04	0.029	0.23
48	0.63	2.15	6.10	0.029	0.23
60	0.63	2.16	6.11	0.042	0.27

由表中数据可以看出,球磨工艺中,随着球磨时间的延长,粉末粒度减小,但球磨时间进一步延长,粒度减小不明显,考虑球磨工作效率,在此工艺条件下,球磨时间选择 48 h 为宜,球磨后粒度细化至 0.63 $\mu\text{m}$ 。

2.1.2 气流粉碎对球磨粒度的影响

采用气流粉碎工艺处理粉末性能见表 3。

表 3 气流粉碎制备粉末性能

工艺	费氏粒度 $\mu\text{m}$	$S_{\text{BET}}$ $\text{m}^2/\text{g}$	化学成分 w/%		
			总碳量	游离碳量	氧含量
气流粉碎	0.44	2.92	6.10	0.028	0.18

由表中数据可以看出,气流粉碎所得粉末粒度较小、氧含量小、粉末粒度均匀,这是气流粉碎最重要的特点。

2.1.3 粉末性能对比

实验还对粉末进行了进一步分析,下面对两种性能进行对比。

对 WC 粉末作常规物理性能分析,对比结果见表 4。

由表 4 可看出,采用球磨和气流粉碎方法均可

对粉末进行粒度分布分析,结果如图 2。

由图 2 中(结合表 2 粉末粒度分布数据)可以看出,采用气流粉碎处理后的粉末粒度分布范围更小,其粒度更均匀,没有过大颗粒存在。

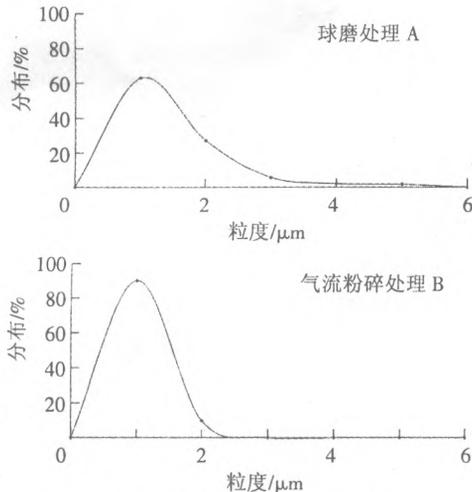
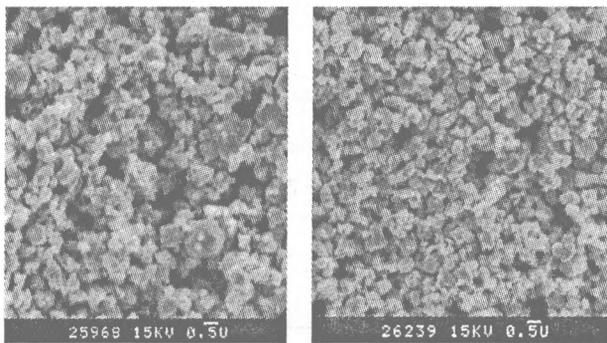


图 2 粉末粒度分布对比

横坐标数字 1 代表粒度范围在 0-1 $\mu\text{m}$ , 对应表 4, 其他同

采用扫描电镜对粉末进行 SEM 形貌观察, 结果如图 3。

从其微观形貌来看, 采用气流粉碎处理的 WC 粉末更加分散, 团聚的情况更小, 并且没有尺寸很大



(球磨处理 A)

(气流粉碎处理 B)

图 3 粉末粒度分布对比

的颗粒存在, 粉末整体性能较好。

综上所述, 采用气流粉碎进行细化处理的 WC 粉末, 粒度比球磨处理得到的粉末的粒度小, 其粒度分布也更窄, 粉末更加分散, 团聚的情况更小。这说明采用气流粉碎处理不仅可细化粉末, 还可使粉末分布更加均匀, 性能较好, 以此粉末为原料, 有利于得到性能更加优异的合金。

### 3 结 论

- (1) 气流粉碎方法可去除 WC 粉末中粗大颗粒, 破坏聚集团粒, 有效细化 WC 粉末。
- (2) 与分级设备联合可获得粒度均匀的 WC 粉末。
- (3) 采用气流粉碎细化 WC 粉末污染小。
- (4) 与球磨工艺相比, 气流粉碎效率高, 成本低。

#### 参考文献:

- [1] 葛启录, 肖振声, 韩欢庆. 高性能难熔材料在尖端领域的应用与发展趋势[J]. 粉末冶金工业, 2000, 10(1): 7-13.
- [2] 黄培云. 粉末冶金原理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1982.
- [3] Almond E A, Roebuck B. Some characteristics of very fine-grained hard metals[J]. Metal powder report, 1987, 42(8): 514-515.
- [4] 张卫兵. WC、Co 质量对超细硬质合金性能影响的研究[J]. 硬质合金, 2003, 20(3): 157-160.
- [5] 黎文献, 唐嵘. 用机械合金化制备超细 WC-Co-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> 复合粉末. 中国有色金属学报[J], 1998, 8 增(1): 90-93.
- [6] 李殉, 陈文梅, 褚良银, 等. 超细气流粉碎基础理论的研究现状及发展[J]. 化工机械, 2004, (31)6: 378-383.
- [7] 李凤生. 超细粉体技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [8] Austin L G. Experimental for grinding studies in laboratory mills[J]. Powder technology, 1987, 5: 261-264.

## Jet Mill Application on the Manufacturing of Ultra-fine WC Powder

SUN Ya-li<sup>1</sup>, HUANG Xin<sup>1</sup>, LIU Qingcai<sup>2</sup>, CHEN Jian<sup>1</sup>, YU Zuxiao<sup>1</sup>, JIN Yongzhong<sup>1</sup>, SHEN Zhijun<sup>3</sup>

(1. Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, Sichuan, China; 2. Chongqing University, Chongqing 400044, China

3. Center of R&D, Zigong Cemented Carbide Corp. Ltd., Zigong 643011, Sichuan, China)

**Abstract:** As an effective powder pulverizing technique, jet mill has been widely used in chemical industry, pharmaceuticals and aviation. However, its practice on the fields of cemented carbide has seldom been reported. This paper compares the physical properties, distribution of particle size and microstructure of two kinds of finished products by means of ball-mill and jet-mill respectively using the same raw WC powder. The experimental data show that a better ultra-fine WC powder is acquired by jet mill treatment, with smaller average particle size, tight particle distribution and non-agglomeration. So jet mill is suitable for synthesizing high-quality ultra-fine cemented carbide.

**Key words:** cemented carbide; ultra-fine WC powder; jet mill; ball-mill

(编辑: 尹晓星)