

[文章编号] 1004-0609(2001)S2-0033-04

一种新型的气体雾化制粉方法^①

陈刚¹, 陈振华¹, 严红革¹, 袁武华²

(1. 湖南大学 材料科学与工程学院, 长沙 410082; 2. 中南大学 材料科学与工程系, 长沙 410083)

[摘要] 在传统气体雾化的基础上, 提出了一种新型的气体雾化制粉方法, 即在雾化气流中添加 NaCl 粉末, 提高气流的冲击动量。通过对 6-6-3 青铜, Al, Al-Si, Pb, Sn, Zn 等多种材料进行的雾化实验结果表明, 该方法能够有效减小雾化粉末的粒度, 与传统气体雾化相比, 平均粒度可减小 50%, 此外还可大幅提高细粉收得率, 且不会过多影响粉末的纯度。

[关键词] 气体雾化; 金属粉末制备

[中图分类号] TF 124.1

[文献标识码] A

粉末制备技术是粉末冶金技术的基础。随着现代社会对高性能材料的需求, 对粉末的要求也越来越苛刻, 粉末的粒度、粒度分布、洁净程度、经济性方面的指标越来越高。例如, 大推力火箭需要粒度 < 5 μm 的球形铝粉作为固体燃料; 正在发展的表面热喷涂技术需要粉末粒度细、分布均匀的球形粉末; 现代高科技金属粉末注射成型工艺需要大批量的粒度细 (< 10 μm)、球形度好的不锈钢和其它合金粉末。因此, 发展高性能粉末及其制备技术已成为材料科学与工程研究中一个十分活跃的高科技前沿领域。

粉末的制备方法很多, 气雾化能耗小、不污染环境、粉末纯度高, 且粉末特性可控, 已成为近年来国际上高性能制粉技术发展的主要方向。据统计, 80% 金属粉末采用雾化法生产。影响喷雾效果的关键因素在于气流对金属液流的冲击强度和效率, 目前主要是在结构上注重漏孔和喷枪的设计。传统方法主要采用自由下落式, 这样可以大批量稳定生产雾化粉末, 但是粉末粒度较大, 气体的能量转换率不高^[1]。为了提高细粉率和气体对液流的冲击作用, 现在都趋向于使用紧凑式设计^[2]。减小漏孔直径, 加大气体供给压力, 改变喷枪设计以产生高速气流和具有强扰动能力的气流。20 世纪 70 年代以来, 美国麻省理工学院 Grant 教授开发了超声气体雾化技术(USGA), 使气体雾化技术有一个较大的进展, 粉末的平均粒度从一般的 40 μm 降到 20 μm 左右^[3~4]。美国 Ames 国家实验室开发了高压气体雾化(HPGA)系统, 通过增大气体压力, 结合

拉瓦尔喷枪的设计, 大大增强了气体对液流的冲击作用, 可使粉末粒度降到 10 μm 以下^[5~6]。20 世纪 90 年代初, 中南工业大学陈振华教授发明的多级雾化^[7,8]是传统的气体雾化与离心雾化或双辊(多辊)雾化的完美结合, 生产的粉末粒度可达 5~7 μm ^[9]。采用超声波和高压气体喷枪设计是当今生产超细金属雾化粉末的主要手段, 但质量和价格还是不能满足市场的要求, 其原因是工艺参数难以控制, 产品成品率不高。因此, 继续在理论上弄清雾化机理, 更加完善现有的设计思路的同时, 人们也在不断开发新的思路, 工作的重点大都集中在改进雾化喷枪的结构或提高破碎效果上, 很少有人能在雾化介质方面做工作。

作者在大量雾化研究工作的基础上, 发明了一种新型的雾化技术——固体雾化技术^[10]。其核心是在不改变现有设备和喷腔结构的前提下, 改变雾化介质, 在雾化气流中加入固体粉末, 提高气流的冲击动量, 增强破碎效果, 从而达到提高雾化效率和细粉收得率的目的。

1 实验方法

实验在常规粉末雾化设备上, 选择多种材料作为实验对象, 包括 6-6-3 青铜, Al, Al-Si, Pb, Sn, Zn 等。各种材料均在电阻炉中熔炼, 过热度为 150 $^{\circ}\text{C}$ 。雾化介质为 N_2 , 雾化喷腔采用环缝式设计, 孔径 2.5 mm, 导液管直径 3.8 mm, 雾化气流压力为 8×10^5 Pa, 在气流中加入粒度为 175~350 μm

① [收稿日期] 2001-08-14; [修订日期] 2001-09-04

[作者简介] 陈刚(1965-), 男, 博士。

的 NaCl 粉末, 其流量为 1 632 g/min, 金属液流流量为 4 322 g/min。雾化后的粉末经过水洗, 以去除 NaCl。采用化学方法分析粉末中残余 Na 离子含量。粉末粒度测量在 MASTERSIZER 粒度分析仪上进行。各种材料均采用常规雾化方式制取一批粉末, 以作对比。

2 实验结果

图 1 所示为采用不同雾化方式获得的粉末粒度组成。其中 Al-g, Al-Si-g, Pb-g, Sn-g, Zn-g 为采用常规雾化制取的粉末, Al-s, Al-Si-s, Pb-s, Sn-s, Zn-s 为添加 NaCl 后气雾化制取的粉末。图 1(a) 是

6-6-3 青铜在添加 NaCl 后气雾化制取的粉末粒度组成, 从图中可以看出粉末粒度分布在 40~ 90 μm 之间存在一个较宽的平台, 即粉末的粒度分布较集中。从图 1(b)~ (f) 的不同雾化方式获得的各种粉末粒度组成情况来看, 添加 NaCl 粉末后的粒度分布曲线的峰值均往细粉末方向移动, 曲线相对来说要比常规雾化粉末的尖锐一些。从统计的数据来看, 添加 NaCl 雾化粉末的平均粒度(中位径)比常规雾化粉末的平均粒度(中位径)小一半以上, 如表 1 所示。

Al-Si 和 Sn 经不同雾化方式得到的粉末中残余 Na 含量如表 2 所示。可以看出, 添加 NaCl 雾化、经水洗处理后的粉末中残余 Na 含量相对常规雾化

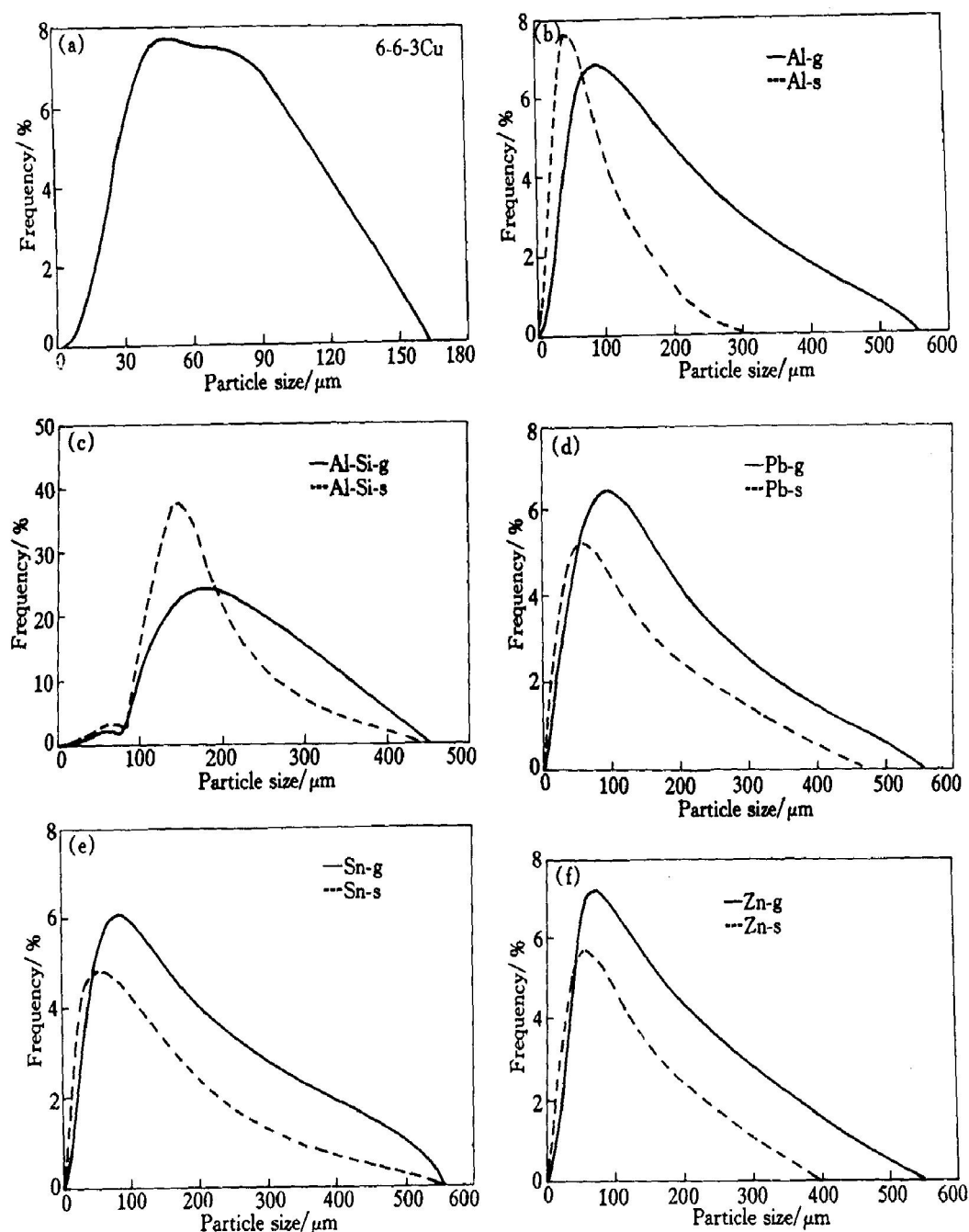


图 1 各种材料经不同雾化方式获得的粉末粒度组成

Fig. 1 Particle size distribution characteristics of powder by two atomization processes

表 1 各种材料经不同雾化方式获得的粉末平均粒度

Table 1 Mean particle size of different kinds of metal powders by two atomization processes

Powder	Mean particle size/ μm	Powder	Mean particle size/ μm
Al ₂ O ₃	29.19	SrO	15.39
Al ₂ Si	13.27	SrSi	7.26
Pl ₂ O ₃	8.65	ZrO	8.64
Pl ₂ Si	4.06	ZrSi	3.89

表 2 经不同雾化方式得到的粉末中残余 Na 含量

Table 2 Residual Na⁺ content in powders by different atomization processes

Powder	$w(\text{Na}^+)/\%$	Powder	$w(\text{Na}^+)/\%$
Al ₂ SrO	0.016	SrO	0.005
Al ₂ SrSi	0.022	SrSi	0.006

的要高一些,但是总体含量仍很低。

3 讨论

气体雾化的主要机理可以通过以下过程阐述:
1) 在金属液流中形成波动,且波动的幅度不断增加;
2) 在气流的进一步冲击下,波动的液流被撕裂成液带;
3) 液带进一步被破碎,球化成液滴;
4) 液滴冷却,形成粉末。根据这样的模型,最终液滴的直径为^[11]:

$$d = \frac{2.95 \gamma}{L \rho_g U_s^2} \tag{1}$$

式中 L 为与气雾化过程相关的参数, ρ_g 气体密度; γ 液流表面能, U_s 气体流速。

添加 NaCl 粉末后,气体的密度大大提高,气体的动量增加,因而对液流的冲击力得到了提高;同时,所添加的 NaCl 还可以直接冲入金属液流的内部,使液流被撕裂得更充分。在这两方面的作用下,粉末粒度大大降低,细粉收得率得到提高。另外,添加 NaCl 后,气流运行的扰动减少,可以更集中地冲击液流,这可能是粉末粒度分布范围更集中的原因。从粉末的化学分析来看,最终粉末的残余 Na 含量很低,说明所添加 NaCl 可以通过水洗有效去除。

以上分析表明,添加 NaCl 可以明显改进气体雾化的效率,降低粉末粒度,提高细粉收得率。

4 结论

- 1) 添加 NaCl 可以明显改进气体雾化的效率,降低粉末粒度,提高细粉收得率。
- 2) 所添加的 NaCl 可以通过水洗有效去除,不会过多影响粉末的纯度。

[REFERENCES]

[1] HUANG Pei-yun(黄培云). 粉末冶金原理[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1997.

[2] Hopkins W G. Fine powder: close-coupled or open-die atomization [J]. Metal Powder Report, 1990, 45(1): 41.

[3] Raman R V, Patel A N, Canbonara R S. Rapidly solidified powders produced by a new atomization process [J]. Metal Powder Report, 1984, 39(2): 106.

[4] Erich D L, Patel A N. Battelle plan commercialization of two-stage spinning cup atomization process [J]. Metal Powder Report, 1984, 42(10): 698.

[5] Anderson I E. Boost in atomizer pressure shaves powder-particle size [J]. Advanced Materials and Processes, 1991, 140(1): 30.

[6] Anderson I E, Figliola R S, Morton H. Flow mechanisms in high pressure gas atomization [J]. Mater Sci Eng, 1991, A148: 101.

[7] CHENG Zheng-hua(陈振华), WANG Yun(王云), JIANG Xian-yang(蒋向阳), et al. 快速凝固制粉装置[P]. 中国专利: 90306130. 1990. 12.

[8] CHENG Zheng-hua(陈振华), WANG Yun(王云), JIANG Xian-yang(蒋向阳), et al. 多组快速凝固过程的成粉理论和装置[J]. Journal of Sentral South Institute of Mining and Metallurgy (中南矿冶学院学报), 1991(Suppl. 1): 11.

[9] LIU Your-zhong(刘允中), CHEN Zhen-hua(陈振华). 多级雾化大过冷及凝固研究[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals (中国有色金属学报), 1998, 8 (Suppl. 1): 86.

[10] CHEN Zhen-hua(陈振华), CHEN Gang(陈刚), YAN Hong-ge(严红革), et al. 液体金属与合金的固体雾化方法[P]. 中国专利: 01106868. x.

[11] Alan Lawley. Atomization [M]. Metal Powder Industries Federation, PA, 1992. 105.

Novel gas atomization method for powder preparation

CHEN Gang¹, CHEN Zhen-hua¹, YAN Hong-ge¹, YUAN Wu-hua²

(1. School of Materials Science and Engineering, Hunan University,
Changsha 410082, P. R. China;

2. Department of Materials Science and Engineering, Central South University,
Changsha 410083, P. R. China)

[Abstract] Based on traditional gas atomization, a novel gas atomization method for powder preparation was provided. NaCl powder was added in the flowing gas in order to increase the impact momentum of gas stream. According to the experiments on various materials, including 6-6-3 bronze, Al, AlSi, Pb, Sn, Zn, the results indicate that this novel method is effective in decreasing particle size (compared with traditional gas atomization, the mean particle size is decreased by 50%), increasing the yield of fine powder, while will not deteriorate the purity of the powder.

[Key words] gas atomization; metal powder preparation

(编辑 杨 兵)