



热等离子法制备高致密球形钼粉颗粒

陈 强, 冯鹏发, 武 洲, 胡 林

(金堆城钼业股份有限公司 技术中心, 陕西 西安 710077)

摘要:采用自行研制的等离子设备实现钼粉颗粒的球形化, 研究工艺参数对钼粉颗粒球形化的影响, 采用电子扫描显微镜、霍尔流速仪和斯科特容量计观测球形钼粉的微观形貌, 检测其流速和松装密度。结果表明, 等离子体处理后钼粉颗粒的形状由不规则变为球形, 钼粉流动性显著提高, 松装密度增大; 当输入功率为 25 kW, 送粉量为 50 g/min 时, 钼粉颗粒的球形化最理想。

关键词:等离子体; 球形化; 钼粉

中图分类号: TG156.2, TF123.2 文献标志码: A

文章编号: 1008-5548(2013)01-0042-04

Preparation of High Density Spherical Molybdenum Particles Using Thermal Plasma Method

CHEN Qiang, FENG Pengfa, WU Zhou, HU Lin

(Technical Center, Jindui Cheng Molybdenum Co. Ltd., Xi'an 710068, China)

Abstract: Spheroidization of molybdenum particles was realized by the plasma equipment. The influences of technical parameters on spheroidization of molybdenum particles were studied. The morphology of molybdenum particles was observed by scanning electron microscopy. The flow rate and apparent density of molybdenum powders were investigated by Hall flow meter and Scott volumeter. The results show that spherical molybdenum particles can be obtained from irregular particles. Both of the flow rate and apparent density of molybdenum powders are enhanced. When the input power is 25 kW and the feed rate is 50 g/min, the best efficiency of the spheroidization is gained.

Key words: plasma; spheroidization; molybdenum powders

难熔金属(如钼、钨、钽等)及其碳化物的球形粉末流动性好和松装密度大, 因此在热喷涂、粉末冶金、焊接等领域得到广泛应用。其中球形钼粉广泛应用于触头材料的制备、热喷涂及粉末冶金近成型工艺等方面。例如, 采用球形致密钼粉制备的多孔钼骨架材料,

其孔道连通, 确保了钼骨架的熔渗通道畅通, 可制备组织均匀的钼铜合金材料, 保证了采用球形钼粉颗粒制备的钼铜触头材料组织均匀, 烧蚀程度基本一致, 防止由于材料组织不均匀而产生的局部过度烧蚀或击穿, 改善钼铜合金触头的性能, 提高其寿命; 在热喷涂或等离子堆焊等领域, 球形钼粉喷涂得到的涂层更均匀、致密, 因而所得涂层具有更好的耐磨性, 产品的品质得以提升; 在粉末冶金工艺中, 压坯在烧结过程中收缩非常均匀, 收缩量小, 可获得理想烧结坯体材料, 利于烧结坯的后续加工; 将球形钼粉应用于近成型工艺, 可以制得钼异形件, 提高原料的利用率, 显著降低加工成本^[1-3]。

难熔金属的熔点高, 其他热源难以对其粉体颗粒球形化、致密化, 国内外研究机构将等离子技术用于制备致密球形难熔金属粉末^[4]。例如, 加拿大泰科纳公司的感应等离子球形化设备可以实现金属陶瓷粉体颗粒的球形化, 其球形度高, 粉体颗粒致密; 加拿大 PyroGenesis 公司使用直流等离子喷嘴, 将 3 个喷嘴按一定角度对同一个点喷吹, 形成一个等离子区域, 这种工艺设备的优点是球形化功率大, 粉末颗粒球形化充分; 日本的研究机构将射频等离子和直流等离子组合, 进行了超细钨粉颗粒球化的研究, 生产出粒径约为 20 nm 的球形钨粉颗粒; 中国科学院过程工程研究所及中国兵器科学研究院宁波分院等研究机构都进行了相关的粉体颗粒球形化试验和研究探索。

本文将热等离子技术用于钼粉颗粒球形化, 采用自行研发的工装设备探索钼粉球形化工艺, 制备高附加值的球形钼粉, 采用电子扫描显微镜、霍尔流速仪和斯科特容量计观测球形钼粉的微观形貌, 检测其流速和松装密度。

1 工艺原理

钼粉颗粒的等离子球化过程如下: 将钼粉输送到等离子炬中, 利用等离子炬高温将大钼粉颗粒表面熔融, 将小颗粒整体熔融; 熔融颗粒在表面张力的作用下收缩球形化, 在极高的温度梯度下, 快速冷却, 从而获得球形钼粉颗粒。不同于普通的热源, 等离子炬

收稿日期: 2012-06-27, 修回日期: 2012-07-15。

基金项目: 陕西省重大科技创新专项资金计划项目, 编号: 2011ZKC05-14。

第一作者简介: 陈强(1972—), 硕士, 工程师, 主要从事特殊钼粉制备及后续加工研究工作。电话: 13227004251, E-mail: qwc1228@163.com。

具有如下特点:1)能量集中,中心温度高达上万摄氏度,钼粉颗粒离开等离子焰流后,收集罐体内部温度梯度大,这样的温度场变化极利于钼粉颗粒熔融球形化,其他热源难以满足这样的技术要求^[5-6]。2)设备高效,易于操作。可以通过调整设备的输入功率、工作气体流量及气体配比、原料送粉量等参数较精确地控制等离子炬的温度,达到最佳粉体球形化率。3)热效率高。等离子炬的能量集中^[7],热量损失小,在钼粉颗粒球形化过程中,大部分钼粉颗粒仅仅是表面熔融收缩球形化,从而避免了粉体球形化过程过度的能量消耗。4)钼粉球形化过程的工作气体为氩气和氢气,同时采用自制装置收集球形化木粉,保证钼粉在球形化过程中与空气隔绝,防止其氧化。

2 试验方法

2.1 等离子球形化设备

主体设备为自行设计的等离子球形化机,额定功率为60 kW,额定工作电压为80 V,额定工作电流为800 A;主要工作气体为氩气,辅助气体为氢气,保护气体、送粉气体均为氩气。

2.2 原料

选用本公司粒径范围为45~75 μm ,松装密度为0.9~1.2 g/cm^3 的常规钼粉为原料,对其进行等离子球形化。

2.3 试验过程

首先进行收集装置的气体置换,确保收集装置在球形化过程中无空气渗入;将钼粉装入送粉器,进行送粉系统的气体置换,将空气排干净;启动机组,产生等离子体炬后,由氩气将钼粉送入等离子体中进行高温球形化,在罐体中冷却收集球形化后的钼粉颗粒。

3 结果与讨论

3.1 输入功率对钼粉球形化的影响

图1为输入功率对钼粉流速、松装密度的影响曲线。由图可知,随着输入功率的增大,钼粉流速逐渐减小,当输入功率为25 kW时,流速达到最大值0.32 s/g ,功率再增大后,流速反而增大;钼粉的松装密度随着输入功率的增大逐渐增大,输入功率为25 kW时达到峰值4.8 g/cm^3 ,然后随着功率的增大而降低。

图2、3所示分别为原料钼粉和不同输入功率条件下球形钼粉的扫描电镜图像。由图3可知,当输入功率为15 kW时,样品钼粉还存在较多未完全球形化的不规则粘结钼粉颗粒;当输入功率25 kW时,钼粉颗粒形貌完整,基本实现球形化;输入功率为35 kW时,虽然钼粉颗粒均已球形化,但其粒度明显减小。分析认为,若输入功率过低,只能使部分钼粉

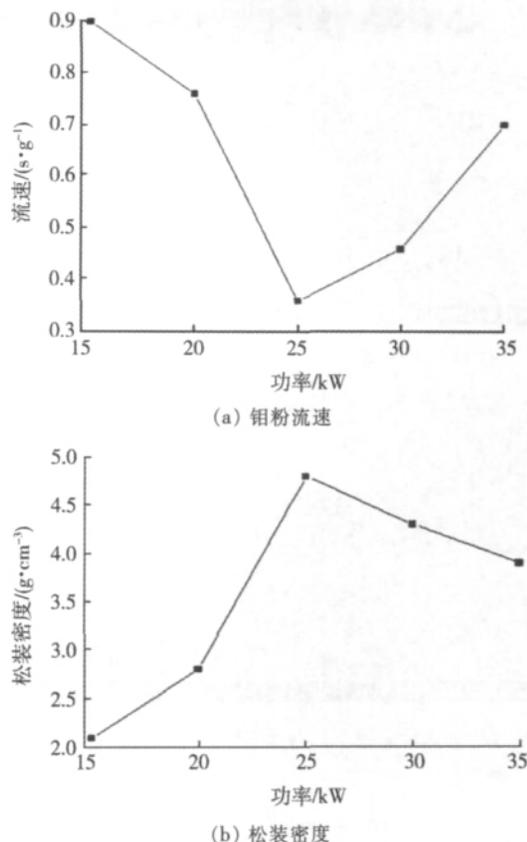


图1 输入功率对钼粉流速、松装密度的影响

Fig. 1 Influence of input power on flow rate and bulk density of molybdenum powders

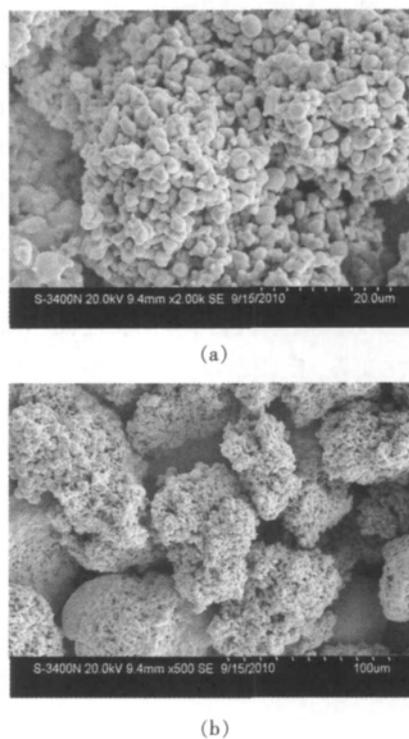


图2 原料钼粉的扫描电镜图像

Fig. 2 SEM images of original molybdenum powders
颗粒表面熔融,有的钼粉颗粒表面只是略微改形,未能熔融球形化,导致钼粉流动性较差。同时,因为钼粉球形化不充分,存在较多的“枝杈”,所以其松装密度较小。

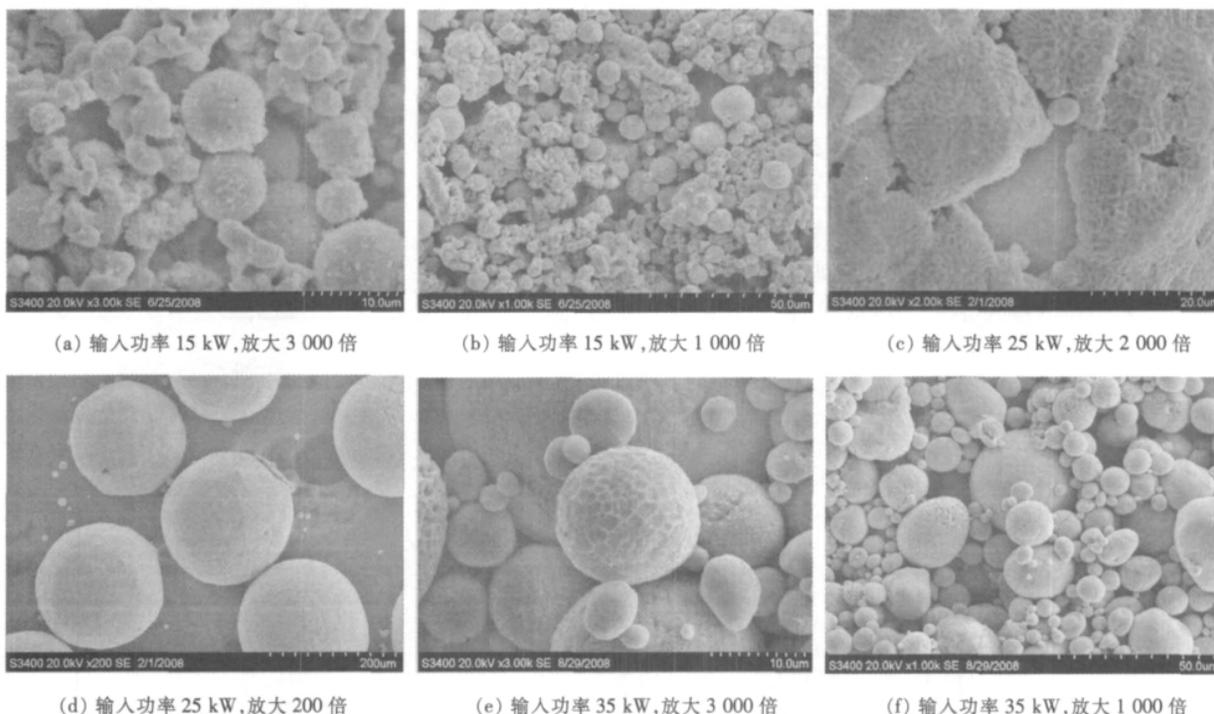


图 3 不同输入功率条件下球形钼粉的扫描电镜图像

Fig. 3 SEM images of molybdenum powders obtained at different input powers

输入功率适当, 可使大部分钼粉颗粒表面熔融、球形化, 获得流动性极佳的钼粉, 钼粉颗粒形貌完整, 松装密度亦随之增大(图 3(c)、(d)); 球形钼粉颗粒不是完全致密的球体, 而是中空的钼粉球壳(图 3(c)), 进一步验证了钼粉颗粒球形化机理分析, 即钼粉颗粒在高温等离子焰的作用下表面熔融, 在表面张力的作用下迅速收缩、球形化, 得到球形钼粉颗粒; 输入功率过大, 可能实现钼粉颗粒的完全熔融, 而不是表面熔融, 熔融的钼粉颗粒在高压送粉气体的冲击下, 进一步碎化、细化, 得到粒度较小的球形钼粉, 钼粉粒度过小, 其表面张力显著增大, 钼粉颗粒之间粘附加剧, 导致其流动性变差, 松装密度随之减小(图 3(e)、(f)); 因此, 确定输入功率为 25 kW。

3.2 送粉量对钼粉球形化的影响

图 4 所示为输入功率为 25 kW 时, 送粉量对钼粉流速、松装密度的影响。由图可知, 随着送粉量的增大, 所制备的钼粉流速迅速增大, 送粉量为 50 g/min 时流速达到最大值 0.3 s/g, 然后随着送粉量的增大, 钼粉的流速逐渐减小; 钼粉的松装密度在送粉量为 50 g/min 时达到峰值, 而后逐步减小。

在输入功率一定的情况下, 较小的送粉量, 意味着输入的钼粉颗粒得到较多的热能, 钼粉颗粒熔融充分, 熔融的钼粉颗粒在等离子体和高压送粉气体的冲击下, 可能进一步碎化、细化, 所得钼粉粒度较小, 其表面张力较大, 钼粉颗粒之间粘附强度较大, 导致其流动性变差, 松装密度降低; 送粉量适当的情况下, 钼粉颗

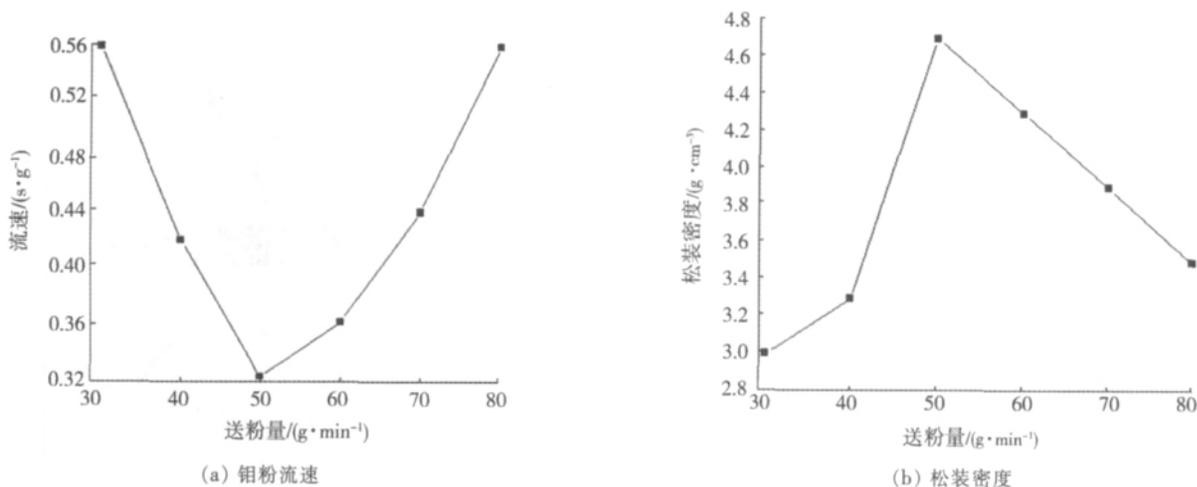


图 4 送粉量对钼粉流速、松装密度的影响

Fig. 4 Influence of feeding quantity on flow rate and bulk density of molybdenum powders

(下转第 57 页)

属矿工业导刊, 2008(5): 16-18.

- [12] ARSLAN V, BAYAT O. Iron removal from Turkish quartz sand by chemical leaching and bioleaching[J]. Minerals and Metallurgical Processing, 2009, 26(1): 35-39.
- [13] VEGLIO F, PASSARIELLO B, BARBAROM, et al. Drum leaching tests in iron removal from quartz using oxalic and sulphuric acids[J]. Miner Process, 1998, 54(3/4): 183-200.
- [14] TARASOVA I I, DUDENEY A W L, PILURZU S. Glass sand processing by oxalic acid leaching and photo catalytic effluent treatment[J]. Minerals Engineering, 2001, 14(6): 639-646.
- [15] 周永恒. 高纯度石英的酸浸实验研究[J]. 矿物岩石, 2005, 25(3):

23-26.

- [16] 闫勇, 卢义飞, 郑翠红, 等. 石英砂除铁钛杂质的新工艺研究[J]. 矿产综合利用, 2009(1): 17-18.
- [17] 李杨. 用石英岩制备高纯石英的工艺研究[J]. 中国非金属矿工业导刊, 1998(3): 26-27.
- [18] 杨涛, 蒋述兴. 高纯超细电子级石英粉的制备技术综述[J]. 化工矿地质, 2006, 28(3): 187-188.
- [19] 闫勇, 姜政志, 朱伟长, 等. 石英粉提纯工艺研究[J]. 非金属矿, 2008, 31(5): 14-15.
- [20] 刘凤春, 刘家弟. 用阴阳离子混合捕收剂浮选分离石英和长石[J]. 中国矿业, 2000, 9(3): 59-60.

(上接第 44 页)

粒表面熔融、球形化, 颗粒形貌完整, 流动性佳, 其松装密度亦随之增大; 送粉量过大, 部分钼粉颗粒不能充分熔融, 只是略微改形, 未能熔融、球形化, 流动性较差, 松装密度降低; 因此, 确定送粉量为 50 g/min。

4 结论

1) 等离子体处理后钼粉颗粒形状由不规则变为球形, 钼粉的流动性显著提高, 松装密度增大。

2) 当输入功率为 25 kW, 送粉量为 50 g/min 时, 钼粉颗粒的球形化最理想。

致谢: 感谢金堆城铝业公司项目(编号: 2012JSZX-009)对本研究的大力支持!

参考文献 (References):

- [1] KUMAR S, SELVARAJAN V. Plasma spheroidization of iron powders in a non-transferred DC thermal plasma jet [J]. Materials Characterization, 2008, 59(6): 781-785.
- [2] TENDERO C, TIXIER C, TRISTANT P, et al. Atmospheric pressure plasmas: a review [J]. Spectrochimica Acta: B: Atomic Spectroscopy, 2006, 61(1): 2-30.
- [3] 魏智强, 邹丽琼, 阎晓燕, 等. 直流碳弧法制备碳包覆铁纳米颗粒机理研究[J]. 中国粉体技术, 2009, 15(5): 49-51.
- [4] HEDGER H J, HALL A R. Preliminary observations on the use of the induction-coupled plasma torch for the preparation of spherical powder [J]. Powder Met, 1961, 8(1): 65-72.
- [5] 曹翠华, 王从曾, 马捷, 等. 钨及其合金的空心阴极烧结工艺研究[J]. 热加工工艺, 2009, 38(10): 22-28.
- [6] 刘辉明, 范景莲, 田家敏, 等. 超细钨粉的研究与应用[J]. 中国钨业, 2009, 24(1): 29-32.
- [7] 张建强, 冯辉霞, 邱建辉. 二硫化钼粉体的表面改性研究[J]. 中国粉体技术, 2009, 15(4): 15-18.

浙江丰利入选 2012 中国化工装备百强

日前, 2012 中国化工装备百强名单揭晓, 全国颗粒表征与分检及筛网标委会超微粉碎设备工作组秘书长单位, 国家高新技术企业浙江丰利粉碎设备有限公司榜上有名。

据悉, 这是中国石油和化学工业联合会中小企业工作委员会及国家石油和化工网, 按照“公平、公正、公开、非盈利”的原则, 依据《2012 中国化工装备百强评选办法》, 经企业自愿申报、行业专家评价、百强评审委员会复审、公示等环节, 历时 3 个多月, 确定了“中国化工装备百强名单”。

享有“中国粉碎机专家”美誉的浙江丰利, 自成立 50 多年来, 始终坚持“高精专”, 创造出多项具有知识产权和国内领先并达到国际先进水平的技术和产品, 在粉体行业打出了响当当的“丰利”品牌; 浙江丰利“超微粉碎设备”是我国粉碎设备行业首家荣获省级名牌产品。其新一代超微粉碎设备——MTM 冲击磨、GJF 干燥超微粉碎机等多项高新技术产品, 被确认为国家重大产业技术开发专项、国家重点新产品和国家火炬项目, 成为我国高端粉碎设备的代表。“废塑料复合材料回收处理成套设备”项目进入《环保装备“十二五”发展规划》; “废塑料基复合材料粉体法综合利用装备”入选 2012 浙江省装备制造重点领域首台(套)。各类超微粉碎设备广泛适用于化工、农药、无机盐、染(颜)料、医药、食品、生物、非金属矿、有色金属、电子科技、新材料、塑料、烟草、饲料、陶瓷、建材、环保等各个行业的不同领域。

(浙江丰利热线: 0575-83105888, 83100888, 83185888; 丰利网址: www.zjfengli.com)

(吴红富)