



图 12 不同工艺熔炼的纯锆铸锭照片

Fig. 12 Photos of pure zirconium ingots melted by different processes: (a) 1<sup>#</sup>; (b) 2<sup>#</sup>; (c) 3<sup>#</sup>

## 4 结 论

(1) 采用 VAR 熔炼纯锆铸锭，熔炼电流是影响铸锭表面质量的关键因素。随着熔炼电流的增大，高温液相熔体与坩埚壁的接触长度逐渐增加，既改善了熔池到边情况，也提高了坩埚壁附近熔体的过热度，从而可有效改善铸锭表面质量。但熔炼电流增加至一定程度后会影响到熔炼的稳定性，故熔炼电流的选择具有上限。

(2) 增大稳弧电流和稳弧周期会促进高温熔体向坩埚壁的运动，改善熔池到边情况；但稳弧电流和稳弧周期太大也会加剧熔池运动，易造成熔体飞溅，形成飞边缺陷。

(3) 在熔炼电流 24 kA、熔炼电压 36 V、稳弧电流 25 A、稳弧周期 50 s 条件下制备的纯锆铸锭表面质量较佳。

### 参考文献 References

[1] 雷文光, 赵永庆, 韩栋, 等. 钛及钛合金熔炼技术发展现状[J]. 材料导报, 2016, 30(5): 101-106.

- [2] 马济民, 贺金宇, 庞克昌, 等. 钛铸锭和锻造[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2012: 2-8.
- [3] 赵永庆, 吴聪, 王欢. 1200 MPa 级高强高韧损伤容限钛合金强韧性研究进展[J]. 稀有金属材料与工程, 2022, 51(12): 4389-4397.
- [4] 靖振权, 孙彦辉, 刘睿, 等. 钛合金 TC4 真空自耗熔炼工艺参数对宏观偏析影响[J]. 稀有金属材料与工程, 2023, 52(3): 815-822.
- [5] Kiyotake T, Toshiaki N. Improvement in the quality of superalloy VAR ingots[J]. ISIJ International, 1996, 36(S1): 85-88.
- [6] 罗文忠, 赵小花, 刘鹏, 等. 采用数值模拟方法分析影响 VAR 熔炼钛合金铸锭表面质量的因素[J]. 稀有金属材料与工程, 2020, 49(3): 927-932.
- [7] 岳旭, 陈威, 阿热达克·阿力玛斯, 等. 熔炼工艺对 Ti-662 合金化学成分均匀性的影响[J]. 钛工业进展, 2022, 39(4): 1-5.
- [8] 李小孟. TC11 钛合金铸锭表面质量和电压关系的研究[J]. 稀有金属快报, 2007, 26(11): 42-43.
- [9] Karimi-Sibaki E, Kharicha A, Wu M H, et al. A parametric study of the vacuum arc remelting (VAR) process: effects of arc radius, side-arcing, and gas cooling[J]. Metallurgical and Materials Transactions B, 2020, 51(1): 222-235.
- [10] Chapelle P, Jardy A, Bellot J P, et al. Effect of electromagnetic stirring on melt pool free surface dynamics during vacuum arc remelting[J]. Journal of Materials Science, 2008, 43(17): 5734-5746.
- [11] Mir H E, Jardy A, Bellot J P, et al. Thermal behaviour of the consumable electrode in the vacuum arc remelting process[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2010, 210(3): 564-572.
- [12] Shevchenko D M, Ward R M. Liquid metal pool behavior during the vacuum arc remelting of INCONEL 718[J]. Metallurgical & Materials Transactions B, 2009, 40(3): 263-270.
- [13] 文豪, 郑亚波, 陈峰, 等. 基于 MeltFlow-VAR 的 TC2 钛合金铸锭熔炼工艺研究[J]. 世界有色金属, 2022(14): 12-15.

### 专利信息

## 一种 Ti600 钛合金球形粉及其制备方法和用途

申请号: CN202210878256.7

申请日: 20220725

公开(公告)日: 20230616

公开(公告)号: CN115229198B

申请(专利权)人: 中国科学院赣江创新研究院; 中国科学院过程工程研究所

摘要: 本发明提供一种 Ti600 合金球形粉制备方法及其用途。采用不同的混合方式将二氧化钛、氧化铝、氧化锡、二氧化锆、二氧化硅、氧化钨和氧化钽等原料混合, 并依次通过第一还原、第一湿法处理和第二还原、第二湿法处理实现各种元素在钛基体中的均匀分布, 从而得到球形度高、氧含量低的 Ti600 合金球形粉。本发明中所述的制备方法所需设备更为简单、工艺过程成本较低且易于实现, 具有较高的工业利用价值。