

## 铂银合金超细丝材制备及研究

侯智超, 罗 瑶, 滕海涛\*, 李勇军, 吕保国, 王 鹏  
(有研亿金新材料有限公司, 北京 102200)

**摘要:** 铂银(Pt-Ag)合金是优良的贵金属力学材料, 具有高的抗拉强度、低电阻率、高弹性以及良好的耐腐蚀性, 铂银丝材、带材在航空航天等领域起到重要作用。由于铂银合金熔炼及后续加工困难, 影响了材料组织及产品性能。通过非自耗真空电弧炉熔炼制备的铂银合金铸锭, 有效改善铂银合金铸锭的组织及加工性能, 可以避免成分偏析、比重偏析、气孔、银的严重挥发等问题。通过对铂银铸锭轧制工艺、拉丝工艺、退火工艺的研究分析, 简化生产工艺, 提高了丝材性能, 可稳定、高效生产超细铂银丝材的制备工艺, 丝材的最小直径可至 0.02 mm。

**关键词:** 金属材料; 铂银合金; 熔炼方法; 组织结构; 拉丝工艺

**中图分类号:** TG146.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2018)S1-0042-03

### Preparation and Study of Pt-Ag Alloy Superfine Wire

HOU Zhichao, LUO Yao, TENG Haitao\*, LI Yongjun, LÜ Baoguo, WANG Peng  
(Grikin Advanced Materials Co. Ltd., Beijing 102200, China)

**Abstract:** Pt-Ag alloy is an excellent precious metal mechanical material of metal, due to its high tensile strength, low resistivity, high elasticity and good corrosion resistance, platinum silver wire and strip play an important role in aerospace and other fields. Due to the difficulty of melting and subsequent processing of Pt-Ag alloy, the micro-structure and properties of the material are affected. In this paper, Pt-Ag alloy ingot was successfully prepared by non-consumable vacuum arc furnace melting, which effectively improved the micro-structure and processing properties of Pt-Ag alloy ingot, this method avoids the problems of composition segregation, specific segregation, porosity and serious volatilization of silver. Through the research and analysis of Pt-Ag alloy ingot rolling process, wire drawing process and annealing process, the production process can be simplified and the properties of the filament can be improved. The preparation process of the ultra-fine Pt-Ag filament can be produced efficiently and the minimum diameter of the filament can reach 0.02 mm.

**Key words:** metal materials; Pt-Ag alloy; melting method; organization structure; wire drawing process

铂银(Pt-Ag)合金是优良的贵金属弹性材料, 具有高的抗拉强度、高弹性、低电阻、耐腐蚀性及抗氧化性优良, 在航空航天等领域起到重要作用<sup>[1-3]</sup>。铂银合金的熔炼及加工都具有一定难度, 主要原因有: 1) 铂与银的比重差较大, 常规熔炼方法容易在浇铸时形成比重偏析; 2) 铂的熔点远大于银的熔点, 熔炼时间过长会使银严重挥发, 影响铂银合金

的成分平衡; 3) 铂银合金冷却过程的组织转变复杂, 涉及包晶反应、共析转变、有序转变等过程, 必须在保证成分均匀的前提下快速冷却, 减少各种偏析现象的发生; 4) 银具有很强的吸气现象, 因此必须保证熔炼过程中高的真空度, 尽量缩短熔炼时间<sup>[2]</sup>。目前铂银合金的制备多采取真空高频感应熔炼炉熔炼, 水冷铜模浇铸, 对铸锭进行均匀化退火

收稿日期: 2018-08-31

第一作者: 侯智超, 男, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向: 贵金属功能材料。E-mail: hzc@grikin.com

\*通讯作者: 滕海涛, 男, 博士研究生, 高级工程师, 研究方向: 贵金属材料。E-mail: tenghaitao@grikin.com

处理后进行加工<sup>[4]</sup>。该工艺步骤周期长，成材率低，不适合稳定批量制备铂银合金丝材。

本文利用非自耗真空电弧炉熔炼制备铂银合金，从改善铂银合金铸锭组织出发，研究铂银超细丝材的加工工艺，加工制备铂银合金铸锭超细丝，实现稳定高效生产的目的。

## 1 实验

### 1.1 合金制备

原料纯度(质量分数) $Pt \geq 99.99\%$ ， $Ag \geq 99.99\%$ 。采用非自耗真空电弧熔炼+铜模吸铸(简称电弧熔炼法)方法进行制备，具体步骤如下：

- 1) 非自耗真空电弧炉熔炼抽真空至  $1 \times 10^{-4}$  Pa。
- 2) 为减小银的挥发量充高纯氩气至 0.6 MPa。
- 3) 电弧熔炼过程中，因银导热速率大，为保证铂银的充分合金化，每次熔炼应快速调节电流到 250 A 以上。
- 4) 吸铸到直径 6~8 mm 的铜模中。

### 1.2 组织结构分析

采用扫描电镜、金相显微镜、英斯特朗拉伸试验机对铸锭组织、形貌、成分、性能进行测试分析。

## 2 实验结果分析

### 2.1 铸锭组织分析

采用电弧熔炼法获得的铂银合金铸锭组织如图 1 所示。铸锭为细晶组织，组织致密，无明显的宏观偏析相及缺陷。

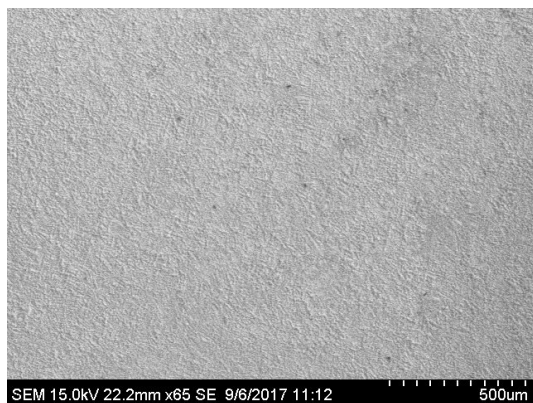


图 1 电弧熔炼法制备的铂银铸锭组织

Fig.1 Microstructure of Pt-Ag alloy ingot prepared by arc melting

相对于常规熔炼方式制备铂银合金，非自耗真空电弧炉熔炼具备以下特点：

1) 运用非自耗真空电弧炉熔炼，有效地使铂与银合金化。因电弧熔炼的熔池小，熔炼时间短，配合吸铸装置使物料快速下落凝固能避免比重偏析的发生。且每次电弧熔炼时间为 30~60 s，熔炼时间短，解决了银挥发及吸气问题，减少铸锭的疏松及气孔的产生。

2) 利用吸铸装置一方面加快了液滴下落速度，增加冷却速度，减少因包晶反应、有序转变带来的成分偏析问题，极大改善了铸锭质量；另一方面吸铸装置可改善铸锭表面质量，减少了冷隔等缺陷的产生。

3) 通过非自耗真空电弧熔炼配合吸铸装置制备的铂银合金铸锭，组织致密、均匀，无明显偏析问题，后续加工前无需进行长时间的均匀化退火，极大的简化加工工艺，缩短生产周期。

### 2.2 铂银超细丝材的制备工艺研究

针对非自耗真空电弧熔炼获得的铸锭组织，对铂银合金铸锭的轧制、拉丝的工艺研究，制定了可稳定生产铂银合金超细丝材的工艺：

#### 2.2.1 铂银合金铸锭的轧制工艺

非自耗真空电弧炉熔炼得到的铂银合金铸锭冷轧工艺具体为：轧制道次加工率控制在 10%~15%，总加工率达到 50%~60%时，对铂银合金进行退火处理：退火温度 900~950℃，第一次退火时间为 30 min，后续轧制退火时间为 10 min；每次退火后应打磨铸锭表面，去除表面的少量氧化皮。

通过上述轧制工艺可成功将铸锭轧制到合适尺寸，轧制过程中铸锭无任何裂纹、别皮等缺陷。

#### 2.2.2 铂银合金丝材的拉丝工艺

1) 丝材直径大于 1 mm 时。拉丝道次加工率应控制在 5%~10%，总加工率达到 40%~50%时，对铂银丝材进行退火处理：退火温度 900℃，退火时间为 10 min，退火过程中通氩气保护。

2) 丝材直径小于 1 mm 时：拉丝道次加工率应控制在 5%~10%，总加工率达到 60%~65%时，对铂银丝材进行退火处理：退火温度 800℃，退火时间为 5 min，退火过程中通氩气保护。

通过上述拉丝工艺可成功将丝材拉制到合适尺寸，最小尺寸直径 0.02 mm。

### 2.3 铂银合金丝材性能

采用非自耗电弧熔炼的铂银合金铸锭经轧制、拉丝工艺制备的超细丝材，进行力学性能测试，测

试结果如表 1 所列。数据表明所得铂银合金丝材具有高抗拉强度、弹性模量及良好的断裂伸长率, 满足航空等领域的需求。

表 1 铂银合金力学性能

Tab.1 Mechanical Properties of Pt-Ag Alloy

项目	弹性模量/GPa	断裂伸长率/%	屈服力/N	抗拉强度/MPa
数值	289	2	1.7	3600

### 3 结论

1) 与常规熔炼方法相比, 利用非自耗真空电弧熔炼获得的铂银合金铸锭组织为细晶组织, 组织细小致密, 成分均匀, 可以有效避免比重偏析、成分偏析、银严重挥发等问题。通过吸铸的方式增加冷却速度, 改善了铸锭质量, 避免了冷隔等缺陷的产生, 铸锭开坯成功率为 100%。

2) 研究制定铂银合金铸锭的轧制工艺、拉丝工艺, 可稳定高效制备超细铂银合金丝, 丝材最小尺

寸为 0.02 mm。因非自耗真空电弧熔炼获得的铂银合金铸锭组织无偏析等缺陷, 铸锭无需经过均匀化退火处理, 可直接进行冷轧、冷拉加工, 极大简化了加工工艺, 缩短了超细铂银合金丝材的制备时间, 提高生产效率。

3) 运用非自耗真空电弧熔炼制备的铂银合金铸锭, 经轧制工艺、拉丝工艺获得的超细铂银合金丝具有良好的力学性能, 满足航空工业的产品需求。

### 参考文献:

- [1] З.А.ТИМОФЕЕВА, Н.А.БИРУН, 谢宝祥. 用于电工仪表制造的铂银合金[J]. 电测与仪表, 1964(5): 40-42.
- [2] 赵君辙, 尹俊美, 申丽琴, 等. 铂银合金的组织与性能[J]. 贵金属, 2013, 34(4): 6-11.
- [3] 张付侯. 张丝材料简介[J]. 电工合金通讯, 1975(2): 2-12.
- [4] 庞启航, 侯忠霖, 郭菁, 等. 旋锻工艺对 Pt-10Pd-20Ag 合金组织性能的影响[J]. 辽宁科技大学学报, 2017, 40(1): 38-42.