



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103068731 A

(43) 申请公布日 2013.04.24

(21) 申请号 201180024912.7

亚历山德拉·尤里维奇·瓦赫鲁申

(22) 申请日 2011.05.18

(74) 专利代理机构 北京中原华和知识产权代理
有限责任公司 11019

(30) 优先权数据

2010119573 2010.05.18 RU
2010123471 2010.06.10 RU

代理人 寿宁 张华辉

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.11.19

(51) Int. Cl.

C01B 31/34 (2006.01)
C22C 29/08 (2006.01)
B01J 2/14 (2006.01)
B22F 9/00 (2006.01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2011/058073 2011.05.18

(87) PCT申请的公布数据

W02011/144668 EN 2011.11.24

(71) 申请人 爱科控股公司

地址 瑞典吕勒奥市

(72) 发明人 鲁斯兰·阿列克谢耶维奇·舍甫琴科

安德瑞·帕夫洛维奇·丘卡诺夫
伯里斯·弗拉基米罗维奇·萨夫罗诺夫
尤里·詹那迪维奇·纳杰日金

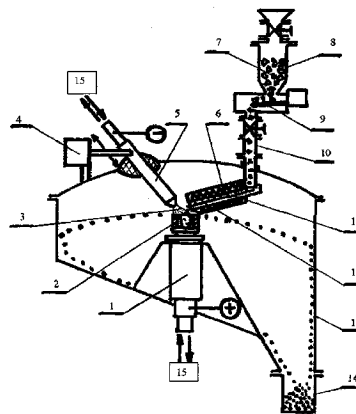
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

球状粉末及其制备方法

(57) 摘要

一种球状碳化钨粉末,其特征在于所述材料的微硬度值大于 3600kgf/mm^2 ,所述粉末的表观密度为 9.80 至 11.56g/cm^3 。一种用于制备粉末的方法,所述方法包括以下步骤:a) 提供仓室,该仓室包括可旋转坩埚;b) 将材料加至所述可旋转坩埚中;c) 熔化材料,其中利用等离子弧放电至少部分地进行加热;d) 旋转坩埚,在离心力的作用下雾化熔料,从而形成液态微滴,随后冷却微滴,从而获得粉末,其中添加到所述可旋转坩埚中的材料受热的温度高于材料加入坩埚前熔化温度的40%。可以减小熔融原料所需的电流。热损耗降低并且雾化期间所获得的球状粉末的组成和结构变得均匀。成本降低。



CN 103068731 A

1. 一种球状碳化钨粉末,其特征在于,所述材料的微硬度值大于 3600kgf/mm^2 ,所述粉末的表观密度为 9.80 至 11.56g/cm^3 。

2. 根据权利要求 1 所述的球状碳化钨粉末,其特征在于,所述粉末包括 3.8 至 $4.2\text{wt}\%$ 的碳。

3. 根据权利要求 1 所述的球状碳化钨粉末,其特征在于,所述粉末包含小于 $0.1\text{wt}\%$ 的铁。

4. 根据权利要求 1 所述的球状碳化钨粉末,其特征在于,所述碳化钨是 W_2C 和 WC 的低共熔混合物。

5. 一种用于制备粉末的方法,所述方法包括以下步骤:

a) 提供仓室,该仓室包括可旋转坩埚;

b) 将材料加至所述可旋转坩埚中;

c) 熔化材料,其中利用等离子弧放电至少部分地进行加热;

d) 旋转坩埚,在离心力的作用下雾化熔料,从而形成液态微滴,随后冷却微滴,从而获得粉末,

其特征在于,

添加到所述可旋转坩埚中的材料受热的温度高于材料加入坩埚前熔化温度的 40% 。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,添加到所述坩埚中的材料包括碳 (C) 和钨 (W)。

7. 根据权利要求 5-6 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,添加到所述坩埚中的材料包括 3.9 - $4.5\text{wt}\%$ 的碳。

8. 根据权利要求 5-7 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,在所述仓室中使用的气体包括至少一种选自氩气、氦气和氮气中的气体。

9. 根据权利要求 5-8 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,在所述仓室中使用氮气。

10. 根据权利要求 5-9 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,所述等离子弧首先指向所述坩埚的中心,然后指向所述坩埚的边缘。

11. 根据权利要求 5-10 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,所述等离子弧交替指向所述坩埚的中心和所述坩埚的边缘。

12. 根据权利要求 5-11 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,熔料的温度保持高于所述材料的熔化温度。

13. 根据权利要求 5-12 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,熔料的温度比所述材料的熔化温度高出 20°C 以上。

14. 根据权利要求 5-13 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,所述坩埚以 500 至 20000rpm 的旋转速度进行旋转。

15. 根据权利要求 6-14 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,所述粉末包括碳化钨。

16. 根据权利要求 6-15 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,所述粉末包括 WC 和 W_2C 相的低共熔混合物。

17. 根据权利要求 6-16 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,所述坩埚是水冷式。

18. 根据权利要求 6-17 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,通过振动式给料机将材料添加到所述坩埚。

19. 根据权利要求 6-18 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,通过旋转式给料机将材料添加到所述坩埚。

20. 根据权利要求 6-19 中任一权利要求所述的方法,其特征在于,所述坩埚振动。

21. 一种适于制造粉末的装置,该装置包括仓室、封盖、活动式等离子焰炬、筒状冷却坩埚以及用于制造粉末的收集装置,其特征在于,所述装置包括用于将材料加至坩埚的加热装置。

22. 根据权利要求 21 所述的装置,其特征在于,所述加热装置是具有加热器的处理盘。

23. 根据权利要求 21 所述的装置,其特征在于,所述加热装置是管式加热器。

24. 根据权利要求 21 所述的装置,其特征在于,所述加热装置由碳材料制成。

25. 根据权利要求 21-24 中任一权利要求所述的装置,其特征在于,所述装置进一步包括进给装置,适用于通过振动将材料送至所述坩埚。

26. 根据权利要求 21-25 中任一权利要求所述的装置,其特征在于,所述装置进一步包括进给装置,适用于通过旋转将材料送至所述坩埚。

27. 根据权利要求 21-26 中任一权利要求所述的装置,其特征在于,所述坩埚适用于振动。

球状粉末及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明一般涉及一种通过热离心雾化制备粉末的方法。本发明还涉及一种球状碳化钨粉末。本发明进一步涉及一种用于实施所述方法的装置。

背景技术

[0002] 复合材料的耐磨损性取决于例如包括增强颗粒浓度和粒径等因素以及矩阵属性。在同等条件下,可通过改善复合材料中颗粒属性实现额外增加耐磨损性。通过破碎铸锭制备颗粒会在负载的影响下导致作为破坏阀座的颗粒中出现破裂、划痕以及其他缺陷。因此,在现有技术中需要改进颗粒的微观结构,从而改进其机械性能。

[0003] 前苏联专利文献 SU1802466 公开一种制备耐火材料粉末的方法,该方法包括处理棒料,利用推料机构装置将棒料供入熔化层;以等离子熔化棒料;利用第二等离子流发生器的等离子流将液态合金注入盘式造粒机和离心雾化机。

[0004] 其缺陷在于,该技术要求等离子放电的电流强度较大并且利用两个等离子流发生器使粉末制备过程的成本更高。

[0005] 前苏联专利文献 SU503688 公开一种用于制备球状材料的装置,该装置包括真空室,真空室内具有旋转式石墨坩埚,旋转式石墨坩埚内置有用于传输粉末的非熔融活动管线。

[0006] 前苏联专利文献 SU503688 提出一种制备球状材料的方法,该方法包括在作为阳极的旋转式石墨坩埚和非熔融钨套管阴极之间放电,其中钨套管将原始物质输送至在电弧作用下受热的坩埚。在坩埚中出现液态合金,液态合金在离心力的影响下上升并被压出坩埚,其后液态合金飞溅并且在飞溅过程中凝结成滴状物并结晶。在惰性气体介质中进行上述过程-例如氩。

[0007] 其缺陷在于,装置中的非熔融电极导致不可能获得最佳的放电参数,电流增强,在坩埚的边缘形成液态合金硬块(所谓的“垢须”),这会导致雾化过程中的稳定性发生异常,频繁地更换坩埚,从而降低装置产料率以及所生产粉末的质量。

[0008] 在 Journal of the Ukrainian SSR academy of sciences, No 72(836), 1973(1973 年第 72(836) 号乌克兰苏维埃社会主义共和国科学院学报)中公开一种生产具有高硬度、高强度和高塑性的碳化钨合金的方法。

[0009] 俄罗斯专利文献 2301133 公开一种用于制备耐火材料粉末的方法及装置,特别是用于烧结碳化钨。该装置包括位于材料熔融仓内的旋转坩埚。将氮气用作惰性气体。坩埚旋转时形成微滴。通过等离子弧放电进行加热。通过移动等离子流避免形成“垢须”。为了避免形成垢须,可改变坩埚边缘到坩埚内表面的等离子放热分布。

[0010] 在现有技术中仍需要降低熔化原料所需等离子放电的电流。还需要一种改进方法,以使液态合金的温度稳定高于其熔点。同时还需要降低热损耗并提高液态合金的均质性和所得粉末的均质性。

[0011] 利用例如熔融后破碎等传统工艺制造的碳化钨合金由于存在微裂纹而强度不足。

发明内容

[0012] 本发明的目的在于,避免现有技术中存在的至少某些缺陷,并提供一种用于制备粉末的改进方法和装置以及改进的粉末。

[0013] 第一方面,本发明提供一种球状碳化钨粉末,其中材料的微硬度值高于 $3600\text{kgf}/\text{mm}^2$,粉末的表观密度为 9.80 至 $11.56\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0014] 第二方面,本发明提供一种用于制造粉末的方法,所述方法包括以下步骤:a) 提供仓室,该仓室包括可旋转坩埚;b) 将材料加至所述可旋转坩埚中;c) 熔化材料,其中利用等离子弧放电至少部分地进行加热;d) 旋转坩埚,在离心力的作用下雾化熔料,从而形成液态微滴,随后冷却微滴,从而获得粉末,其中添加到所述可旋转坩埚中的材料受热的温度高于材料加入坩埚前熔化温度的 40% 。

[0015] 第三方面,本发明提供一种适于制造粉末的装置,该装置包括仓室、封盖、活动式等离子焰炬、筒状冷却坩埚以及用于制造粉末的收集装置,其中该装置包括用于将材料加至坩埚的加热装置。

[0016] 本发明其他方面和实施方案将在所附权利要求中详细说明,具体通过引用的方式将权利要求的内容纳入本文。

[0017] 本发明的优势在于,可以降低熔化原料所需的等离子放电的电流,同时使液态合金温度稳定高于其熔点。由此,热损耗降低,液态合金成为均质合成物,雾化期间所得球状粉末的组成和结构变得均匀。

[0018] 本发明的优势进一步在于,粒径的分布变得更窄,从而生产所需粒径的产粒率增加。

[0019] 本发明的优势还在于,能源成本显著降低。在一实施方案中,能量消耗比利用感应加热制造球状粉末的方法降低超过 3.8 倍。

附图说明

[0020] 下面参照附图并结合实施例对本发明进行详细描述。

[0021] 图 1 是表示制备耐火材料粉末的实施方案的装置图,其中标号 15 表示冷却介质的入口和出口。

[0022] 图 2 是表示用于制备耐火材料粉末的装置的坩埚的实施方案示意图。

具体实施方式

[0023] 在详细介绍和描述本发明之前,应当理解,本发明不仅限于本文所述的特定化合物、结构、方法步骤、原料及材料,这些化合物、结构、方法步骤、原料及材料可存在些许变化。还应当理解,本文所采用的术语仅旨在说明特定实施方案,而并非对本发明加以限定,仅以本文所附权利要求及其等同变化限定本发明的范围。

[0024] 必须指明的是,除非文中明确指出,否则本发明说明书和权利要求书中所采用的单数形式冠词包括复数对象。

[0025] 如果没有具体定义,本文中所采用的词条和科学术语旨在具有本发明所属领域技术人员通常理解的含义。

[0026] 本发明说明书和权利要求书全文中采用的有关数值的术语“约”表示本领域技术人员熟知的容许精确区间,所述区间为 $\pm 10\%$ 。

[0027] 本发明说明书和权利要求书全文中采用的术语“表观密度”表示球状粉末的单位体积重量。通常,表观密度的测量标准是每立方厘米的克数。

[0028] 本发明说明书和权利要求书全文中采用的术语“破坏载荷”表示逐步施加至各球状粉末颗粒、刚好足以破坏或破裂颗粒的压力。通过将球状粉末颗粒压入两个受力不断递增的平面之间、直至球状粉末颗粒破碎或塌缩来测量破坏载荷。

[0029] 本发明说明书和权利要求书全文中采用的术语“低共熔”表示化合物或元素的混合物,该混合物具有在比任何其他合成物更低的温度下固化的单体。

[0030] 本发明说明书和权利要求书全文中采用的术语“微硬度值”表示低负荷材料的硬度测试。另一术语为“微压痕硬度试验”。在微压痕硬度试验中,利用已知的作用力(通常称为试验负载)将具有特殊形状的金刚石压痕计印入试样表面。通常按照 EN-ISO-6507 (ISO 6507-1 :2005) 标准,利用维氏硬度试验 (Vickers hardness test) HV 0.1 来测量微硬度值。

[0031] 本发明说明书和权利要求书全文中采用的有关粉末颗粒的术语“球状”表示各颗粒基本上呈球状。有关粉末的术语球状并不意味着所有粉末颗粒都呈完美球体,它是指粉末颗粒中的大多数颗粒基本上呈球状,例如 90% 以上的颗粒基本上呈球状,优选为 95% 以上,更优选为 99% 以上。球状颗粒可与完美的几何球体之间具有偏差,但只要它们基本上呈球状,即为所述球状。

[0032] 改变气氛中的合成物、冷却气体的流量的能力以及改变气流的气动和几何参数、温度、等离子放电电流强度、等离子气体的合成及进给速度、坩埚旋转速度的能力可使粉末粒度的范围更广,涵盖各种耐火材料。可用作耐火材料的例子包括钨和钼、耐熔金属碳化物、如碳化钨的低共熔混合物 ($WC-W_2C$) 等耐熔金属碳化物的混合物、硼化物、氮化物以及碳氮化物,但不仅限于此。

[0033] 碳 (C) 含量为 3.8-4.2wt% 的碳化钨 ($WC-W_2C$) 的低共熔混合物具有高耐磨蚀性和耐磨损性。它是用于制造与硬质材料接触的例如建筑工程、开矿装置以及化工设备中工具和耐磨涂层的合成物的一部分。

[0034] 第一方面,本发明提供一种球状碳化钨粉末,其中材料的微硬度值大于 $3600\text{kgf}/\text{mm}^2$,并且粉末的表观密度为 9.80 至 $11.56\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0035] 在一实施方案中,材料的微硬度值为 3600 至 $4200\text{kgf}/\text{mm}^2$ 。在一可选实施方案中,材料的微硬度值为 3600 至 $4800\text{kgf}/\text{mm}^2$ 。

[0036] 在一实施方案中,粉末包括 3.8 至 4.2wt% 的碳 (C)。

[0037] 在一实施方案中,粉末包括小于 0.1wt% 的铁 (Fe)。

[0038] 在一实施方案中,碳化钨是 W_2C 和 WC 的低共熔混合物。

[0039] 在一实施方案中,球体的直径为 20 至 $1800\mu\text{m}$ 。

[0040] 第二方面,本发明提供一种用于制造粉末的方法,所述方法包括以下步骤:a) 提供仓室,该仓室包括可旋转坩埚;b) 将材料加至所述可旋转坩埚中;c) 熔化材料,其中利用等离子弧放电至少部分地进行加热;d) 旋转坩埚,在离心力的作用下雾化熔料,从而形成液态微滴,随后冷却微滴,从而获得粉末,其中添加到所述可旋转坩埚中的材料受热的温度

高于材料加入坩埚前熔化温度的 40%。

[0041] 在一实施方案中,添加到所述可旋转坩埚中的材料受热的温度为材料加入坩埚前熔化温度的 40%至 80%。

[0042] 在一实施方案中,通过所述方法制造上述碳化钨粉末

[0043] 在一实施方案中,添加到坩埚中的材料包括碳 (C) 和钨 (W)。在一实施方案中,添加到坩埚中的材料包括 3.7-3.9wt%的碳 (C)。

[0044] 在一实施方案中,在所述仓室中使用的气体包括至少一种选自氩气、氦气和氮气中的气体。在一实施方案中,在所述仓室中使用氮气。在一实施方案中,通过对仓室抽真空并填入气体来清洗仓室,去除有害氧。在一实施方案中,一种气体混合物用于填充仓室,而另一种气体混合物用作等离子发生气体。仓室中的两种气体和等离子发生气体选自如上所述的气体。

[0045] 在一实施方案中,等离子弧首先指向坩埚的中心,然后指向坩埚的边缘。在一实施方案中,等离子弧交替指向坩埚的中心和坩埚的边缘。

[0046] 在一实施方案中,熔料的温度保持高于材料的熔化温度。在一实施方案中,熔料的温度比材料的熔化温度高出 20°C 以上。在一实施方案中,熔料的温度比材料的熔化温度高出 20°C 至 100°C。

[0047] 在一实施方案中,坩埚以 500 至 20000rpm 的旋转速度进行旋转。

[0048] 在一实施方案中,所述粉末包括碳化钨。在一实施方案中,所述粉末包括 WC 和 W_2C 相的低共熔混合物。

[0049] 在一实施方案中,所述坩埚为水冷式。

[0050] 在一实施方案中,制备碳化钨粉末的方法包括将所需合成物的材料输送至位于仓室内的旋转式坩埚;利用在作为阳极的坩埚与采用氮气作为等离子载气的等离子流发生器阴极之间通过材料的等离子弧放电使原料熔化;在离心力的影响下将气态气氛中的液态合金雾化,形成液态合金滴状物;并且通过冷却使滴状物结晶。在一实施方案中,变换阳极和阴极,从而使坩埚作为阴极,等离子流发生器作为阳极。

[0051] 在装置中进行材料熔融至少部分利用直接在坩埚内形成等离子区。将硬质原料直接加热至超过熔点的温度需要相当大的功率,这会导致处理过程中的输送成本增加并降低产粒率。

[0052] 将原始混合物输送至坩埚之前,在加热器中以高于 $0.4 \cdot T_{me1}$ 的温度对原始混合物进行预加热,不仅可以降低熔化原料所需的等离子放电的电流强度,还可以使液态合金的温度稳定保持高于其熔点。由此,热损耗降低,液态合金成为均质合成物,雾化期间所得球状粉末的组成和结构变得均匀。对于同样的等离子放电的电流强度,原料的预加热使雾化过程的产率增高。

[0053] 在一实施方案中,将氩气、氦气、氮气及其混合气体用作气体。在一实施方案中,原料包含至少一种耐火材料。坩埚旋转的速度需达到用来形成结晶中所需颗粒合成物的球状颗粒滴状物的速度。在一实施方案中,坩埚的旋转速度为 500 至 20000rpm。由此,获得至少一种耐火材料或耐火金属合金或至少一种碳化物、硼化物或碳氮化物以及其他耐火金属合成物的粉末,特别是碳化钨的低共熔混合物 WC- W_2C 的粉末。

[0054] 在一实施方案中,将用于将原始混合物输送至坩埚的加热装置制为四周具有管式

加热器的处理盘或制成管式加热器,例如由碳-碳复合材料制成。用于将原始混合物输送至坩埚的加热装置的连接角度大于原料自然滑落的角度。在一实施方案中,坩埚由铜制成,位于坩埚内壁的内衬由例如碳-碳复合材料制成。

[0055] 在一实施方案中,通过振动式给料机将材料添加到所述坩埚。在一实施方案中,通过旋转式给料机将材料添加到所述坩埚。其中也包括振动式给料机和旋转式给料机的组合。

[0056] 在一实施方案中,坩埚振动。在该实施方案中,应结合选择振动频率、坩埚直径以及坩埚的旋转速度,从而尽可能地减少垢须的形成。

[0057] 第三方面,本发明提供一种适于制造粉末的装置,该装置包括仓室、封盖、活动式等离子焰炬、筒状冷却坩埚以及用于制造粉末的收集装置,其中该装置包括用于将材料加至坩埚的加热装置。

[0058] 在一实施方案中,所述加热装置是具有加热器的处理盘。在一实施方案中,所述加热装置是管式加热器。在一实施方案中,所述加热装置由碳材料制成。

[0059] 在一实施方案中,所述装置进一步包括进给装置,适用于通过振动将材料送至所述坩埚的。在一实施方案中,所述装置进一步包括进给装置,适用于通过旋转将材料送至所述坩埚的。其中也包括振动和旋转的组合方式。

[0060] 在一实施方案中,坩埚适用于振动。

[0061] 在一实施方案中,用于制备碳化钨粉末的装置包含筒状仓室,该仓室具有封盖,沿仓室轴设有用于输送原始混合物的进给装置,该仓室具有底门,底门具有用于脱卸粉末的装置,雾化装置与进给装置在仓室内排成一行,以冷却旋转导电坩埚作为雾化装置,等离子弧发生器与坩埚旋转轴的安装角度可用于其交替工作。

[0062] 图 1 表示所述装置的一种实施方案,该装置包括筒状仓室 13,该仓室 13 具有倾斜的底部和封盖。等离子发生器 5 和进给装置 10 安装于封盖内相对于轴的不同方向。等离子发生器 5 连接至发动机 4。进给装置连接至位于仓室外部的具有原始混合物 7 的储料斗 8,该储料斗 8 具有配量装置 9。位于仓室内并与其排成一行的喷料坩埚 2 固定于旋转装置 1 上。用于将原始混合物 12 送至仓室 13 中坩埚 2 的加热装置连接至进给装置 10。加热装置可包括四周具有管式加热器 6 的处理盘。

[0063] 在一实施方案中,管式加热器 6 由碳-碳复合材料制成,在一实施方案中,在缺少处理盘 11 的情况下,管式加热器 6 用作输送粉末的加热装置。用于收集粉末的收集箱 14 位于仓室 13 的倾斜底部的下面部分并与其连接。

[0064] 如图 2 所示,水冷式雾化坩埚 2 包括有导电材料制成的筒状坩埚架 15、位于坩埚架内壁由非熔融材料制成的内衬 16 以及位于坩埚架底部由导电材料制成的内衬 17。

[0065] 在一方法实施方案中,所述装置的操作方法如下。砂砾形态的原始混合物 7 由储料斗 8 装载至配量装置 9。将装置加压、抽真空并充满所需气体,从而使其达到大气压力或用于制备所需耐火材料的粉末所必需的压力。借助旋转装置 1 设定坩埚 2 旋转所需的速度。在作为阳极的坩埚和等离子发生器阴极 5 之间启动等离子弧。电弧的阳极斑点集中于坩埚 2 的底部。开通粉末的输送。砂砾由配量装置 9 通过进给装置 10 送至处理盘 11,借助管式加热器 6 将处理盘 11 加热至 3000°C ,管式加热器 6 由例如碳-碳材料制成。经过处理盘,砂砾颗粒受热至 $0.4 \cdot T_{\text{me1}}$ 以上并注入旋转的坩埚 2,在坩埚 2 中,砂砾颗粒在等离子弧的影

响下熔化。Tme1 表示熔融温度。液态合金在离心力的影响下被推送至坩埚 2 的侧面，坩埚 2 的侧面覆有绝热内衬 16。输送新部分砂砾时，液态合金的总量增加并沿侧面上升。利用等离子发生器发动机 4，等离子弧的阳极斑点随液态合金之后上升并集中于坩埚 2 的边缘。向上达到坩埚 2 的边缘，液态合金通过离心力流过坩埚的边缘落入仓室的气体中并在滑落的过程中凝固，液态合金以小球的形式由仓室的底部上滑落。制备的粉末注入位于仓室下面部分的储料收集箱 14。

[0066] 坩埚底部布置为导电材料防护坩埚不被烧穿。坩埚的侧面布置为非熔融材料的绝热内衬不仅在相当程度上降低了坩埚上的电热负荷，而且还大大降低了材料熔融过程中的总热损耗。因此，坩埚的使用寿命延长，处理过程中的能源成本降低。

[0067] 等离子发生器和具有配量装置的储料斗布置在筒状仓室轴的不同方向，从而可以迅速准确地沿着坩埚的侧面随着上升的液态合金移动阳极斑点，并且可以避免在坩埚的边缘（坩埚）形成液态合金硬块，由此液态合金稳定均匀并且所制备粉末的特性得到改善。

[0068] 可以改变气态气氛的成分、预加热装置的温度、等离子放电的电流强度以及坩埚的旋转速度，从而可以制备广泛尺寸范围内的各种耐火材料粉末，其中耐火材料如钨和钼、耐熔金属碳化物、如烧结碳化钨 (WC-W₂C) 等耐熔金属碳化物的混合物、硼化物、氮化物、碳氮化物、硝基碳硼化物以及其他耐火金属化合物。

[0069] 在一实施方案中，根据本发明的球状碳化钨合金颗粒的破坏载荷大于 20kgf。在一实施方案中，根据本发明的球状碳化钨合金颗粒的破坏载荷为约 20 至约 27kgf。在一可选实施方案中，根据本发明的球状碳化钨合金颗粒的破坏载荷为 20.8 至 27.2kgf。对破坏载荷重复测量 20-30 次并计算平均值。

[0070] 球状碳化钨合金的硬度在所有可得的金属碳化物中最高，仅次于金刚石和碳化硼的硬度。

[0071] 对一些硬质材料特性的比较如下：

[0072]

材料	微硬度值 (kgf/mm ²)
碳化钨	1780-2000
碳化钛	2800-3000
破碎状碳化钨合金	1800-2200
球状碳化钨合金 (本发明产品)	3600-4800

[0073] 依据本发明说明书和实施例的内容，本领域技术人员可以理解本发明的其他特征、用途以及相关优点。

[0074] 应当理解，本发明不仅限于以上所述的具体实施方式。下述实施例仅为说明目的，并非对本发明的保护范围加以限制，而仅以本文所附权利要求及其等同变化限定本发明的范围。

[0075] 实施例

[0076] 例 1

[0077] 在装备和并未装备有本文所述发明的装置的离心雾化装置上对熔点为 3380℃ 的钨进行雾化。在纯氮气氛中进行雾化。使用具有和并不具有本发明所述内衬的坩埚。坩埚

开口边缘的直径为 60mm。坩埚的旋转速度为 5000rpm。等离子弧的电流在 800 至 1500A 的界限内交变,电弧电压为 70 至 85V。通过将移动的原砂砾与四周具有管式加热器的钨槽面接触,对砂砾进行预加热。加热器由碳-碳复合材料制成,利用自动电源的通过电流将加热器加热至 2500℃。砂砾流出加热器的出口温度为 1850-1950℃。雾化结果如表 1 所示。在所述装置上利用所述方法对钨进行雾化,可提高处理效率,改善所得球状粉末特性的稳定性,并且降低坩埚上的电流负载和热负载,从而延长坩埚的使用寿命。

[0078] 表 1

[0079]

特性	单位	本发明			已知方法		
等离子弧电流	A	800	1100	1500	800	1100	1500
生产率	kg/hour	20	24	28	5	8	16
粉末颗粒 平均直径	mm	200			260		200
粉末特性		近乎完美的球状颗粒; 均质颗粒没有微裂纹			存在原砂砾颗粒以及不规则形状的熔融片		球状

[0080] 例 2

[0081] 以 2850rpm 的坩埚旋转速度在离心雾化装置中对烧结碳化钨 (碳化钨的低共熔混合物 WC-W₂C) 进行雾化。将粒径小于 1mm 的破碎烧结碳化钨砂砾用于雾化。原砂砾中的碳含量为其质量的 4.0%,破碎烧结碳化钨的平均微硬度为 H_μ-1800HV。等离子弧的电流在 800 至 1500A 的界限内交变,电弧电压为 70 至 85V。通过将移动的原砂砾与管式加热器的内表面接触,对烧结碳化钨砂砾进行预加热。加热器由碳-碳复合材料制成,利用自动电源的通过电流将加热器加热至 2200℃。砂砾流出加热器的出口温度为 1850-1900℃。利用开口边缘直径为 62mm 的坩埚在纯氮气氛中进行雾化。同样利用已知方法对烧结碳化钨砂砾进行对比雾化。雾化结果如表 2 所示。

[0082] 表 2

[0083]

特性	单位	本发明			已知方法		
等离子弧电流	A	800	1100	1500	800	1100	1500
生产率	kg/hour	22	27	32	7	12	18
粉末颗粒 平均直径	μm	300			360		300
粉末特性		近乎完美的球状颗粒; 均质颗粒没有微裂纹			存在原砂砾颗粒以及不规则形状的熔融片		球状
微硬度	Kgf/mm ²	3600-4200			3400-3550		

[0084] 在所述装置上利用所述方法对烧结碳化钨进行雾化,可提高处理效率,改善所得球状粉末特性的稳定性,并大大降低坩埚上的电流负载和热负载,从而延长坩埚的使用寿命。通过所述方法制备的烧结碳化钨粉末的微硬度在 3600-4200HV 的范围内,该微硬度值是通过已知方法制备的烧结碳化钨粉末的微硬度值的 1.2-1.3 倍。

[0085] 例 3(对比)

[0086] 所制得粉末的粒径范围是 50 至 800 微米。通过所述方法生产的熔融碳化钨粉末的微硬度在 3400-3550kgf/mm² 的范围内。这是在氩气氛中所生产的碳化钨粉末的微硬度值的 1.25-1.27 倍。微硬度的增大显著增强材料的耐磨性。

[0087] 所得粉末的表观密度在 8.5-10.0g/cm³ 的范围内,该表观密度值间接表明其内孔隙度以及与完美球体间的偏差。

[0088] 使用高强度电流会略微改善产品的硬度和强度特性。但由于高强度电流的冲击,电极容易损坏,必须频繁更换电极。此外,使用高强度电流时,坩埚的边缘磨损严重。这会引发雾化过程中的不稳定因素,形成“垢须”,必须频繁更换坩埚。相关的故障停机时间会导致生产部件性能不佳并提高成本。

[0089] 例 4

[0090] 利用离心雾化在氩气氛中生产球形粉末。将氩气和氮气以 1 : 1 的比例混合作为等离子气体。进给的原材料具有 3.90-3.92wt% 的碳 (C) 含量。在原材料加入旋转坩埚前将其加热至 1050-2000°C。以与例 3 相同的旋转速度进行雾化。以电流等离子弧的最大值进行雾化,即不超过 1200A。

[0091] 所制得粉末颗粒呈球形,几乎没有内孔隙。熔融过程后阳极电弧斑点升高并聚焦于坩埚的内缘,这使得坩埚的边缘上完全不会不受控制地形成固态碳化物—“垢须”。粉末的表观密度为 9.80-11.5g/cm³,与例 3 中的材料相比,确实基本上降低所得材料的孔隙度水平以及杂质含量。

[0092] 通过本发明要求保护的方法在采用等离子氩-氮气体的氩气氛中生产的碳化钨粉末的微硬度是在 3600-4800kgf/mm² 的范围内。这是在氩气氛中所生产的碳化钨粉末的微硬度值的 1.20-1.27 倍。微硬度的增大显著增强材料的耐磨性并成为在选择粉末作为耐磨涂层填料的确定参数。

[0093] 减小等离子放电的电流可显著简化电流电极结构、显著增加电极的寿命并由此显著降低工作成本。

[0094] 例 5

[0095] 对破碎的原材料豆（颗粒）进行雾化，其中原材料包含 3.8-3.9wt% 的固定碳、0.09-0.10wt% 的游离碳和 1.1-1.2wt% 的其他杂质（铬、钒、铌、钴等）以及 0.5、0.3wt% 或 0.15、0.1wt% 的铁含量和其他杂质。整体雾化过程与例 4 保持一致。将砂砾预加热至 1050-2000℃。处理过程包括雾化的结果是，与破碎的原材料中的最初杂质水平相比，所生产粉末（包括铁）中的整体杂质水平降至 0.4-1.1wt%（取决于最初材料的纯净度）。与预先雾化的砂砾的铁含量相比，所生产的球状粉末中的铁含量减至 0.05-0.40wt%（取决于原材料的铁含量）。在这种情况下，游离碳的含量降至 0.05-0.08wt%，其他杂质在 0.2-0.7wt% 的范围内。

[0096] 在所有其他环境条件都相同的条件下，原材料（砂砾）的纯净度决定所制备粉末的属性并会额外提高材料的微硬度。基于杂质的含量，所生产的球状粉末的微硬度由 3600kgf/mm²（铁含量小于 0.10wt%、游离碳少于 0.05wt%、其他杂质不超过 1.0wt%）变为 4800kgf/mm²（铁含量小于 0.06wt%、游离碳少于 0.02wt%），并且其他杂质的含量小于 0.50wt%。在这种情况下，表观密度的范围是 9.80 至 11.5g/cm³。在一实施方案中，确定材料特性的临界值是铁含量小于 0.1wt%。在该实施方案中，铁含量超过 0.1wt% 的粉末的表观密度比铁含量小于 0.1wt% 的粉末的表观密度低 0.3 至 0.1 单位 (g/cm³)。

[0097] 本发明要求保护的必要技术特征提出一种熔融碳化钨以及一种微硬度高、破碎力抗性高并且粉末表观密度高的球状颗粒。所生产粉末的上述属性有助于提高耐磨性和耐冲击磨损性。

[0098] 例 6

[0099] 利用碳化钨豆（颗粒）进行雾化。这是碳化物和碳化钨的混合物。即，该混合物包括 W₂C、WC 和 W₂B₅，其中 50% W₂C+WC 和 50% W₂B₅。坩埚的旋转速度约为 5000rpm。砂砾预热至 1800℃。电弧电流为 1000A。根据本发明的方法在一装置中进行雾化。氩气用于填充该装置，50% 氩气和 50% 氮气的混合物用作等离子发生气。为了尽可能减少垢须的形成，使等离子指向坩埚的内部以及坩埚的边缘。

[0100] 利用常规技术进行雾化时，超过 30% 的颗粒形成不规则形状并且会在坩埚的边缘形成“垢须”。实施本发明所述的方法所得的球状碳化钨的产率约 85%，球状碳化钨的微硬度水平比通过现有雾化技术所获得物高出 20-30%。

[0101] 下表列出若干试验数据。粒径为 20-1200 μm。

[0102]

旋转速度 (rpm)	电流 (A)	微硬度 (kgf/mm ²)		破碎力 (Kgf)		备注
		氩气	氮气	氩气	氮气	
400	700	2700	3400	14.0	19.2	颗粒多孔; 非球形颗粒超过 25%
500	700	2700	3400	14.1	19.4	
1000	700	2700	3450	14.1	20.2	
5000	700	2750	3500	14.2	21.6	
15000	700	2750	3500	14.2	21.0	
20000	700	2750	3550	14.3	21.4	
400	1200	2700	3400	14.6	20.3	
500	1200	2700	3400	14.7	20.4	
1000	1200	2740	3450	14.7	20.7	
5000	1200	2750	3500	14.8	20.8	
15000	1200	2760	3500	14.8	21.0	
20000	1200	2770	3550	14.8	21.5	
400	2400	2730	3450	15.0	21.3	颗粒多孔; 非球形颗粒超过 25%
500	2400	2740	3470	15.1	21.4	
1000	2400	2750	3480	15.1	22.0	
5000	2400	2760	3530	15.2	22.8	
15000	2400	2770	3540	15.2	23.0	
20000	2400	2790	3550	15.3	23.5	

[0103] 通过静流称重方法确定孔隙度。

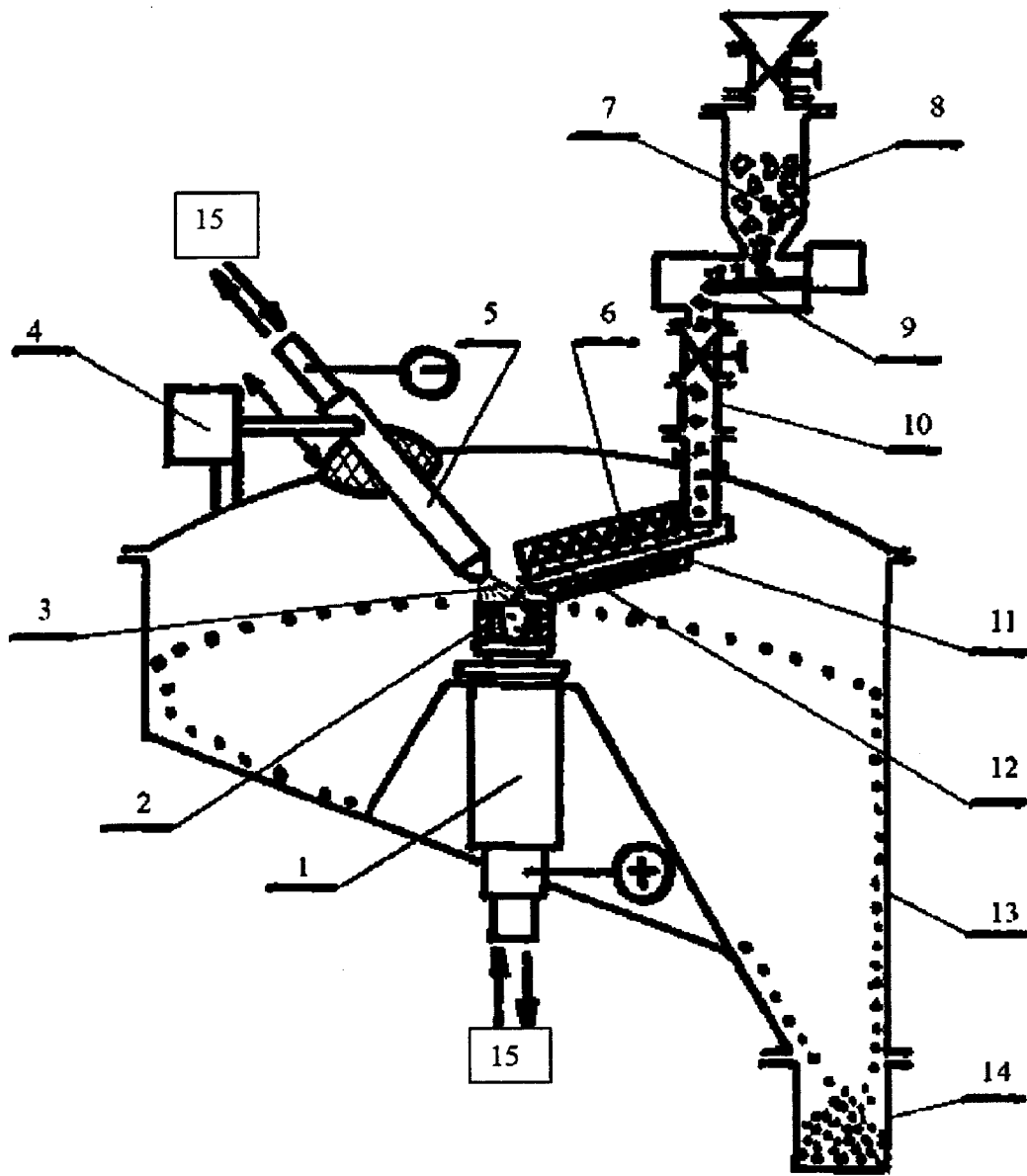


图 1

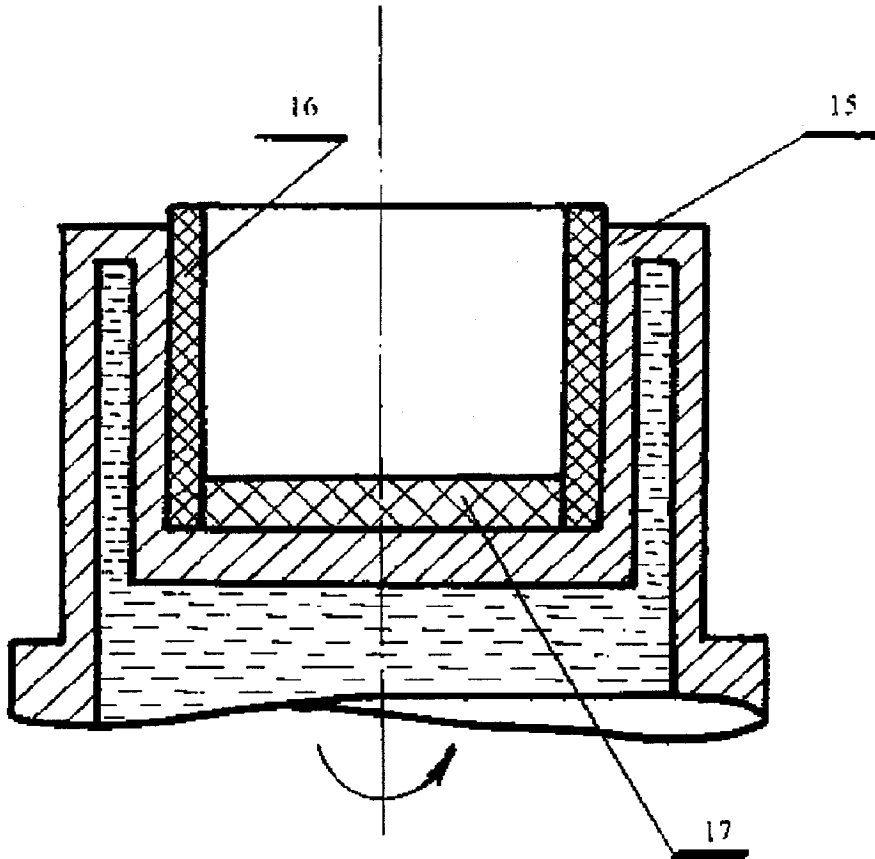


图 2