

一种铁钴钼合金粉的制备方法、铁钴钼合金粉及用途

技术领域

本申请涉及合金粉末制备技术领域，例如涉及一种铁钴钼合金粉的制备方法、铁钴钼合金粉及用途。

背景技术

随着社会的飞速发展和人们对信息储存需求的急剧增加，利用磁性信息存储技术的硬盘和光盘等记录媒体越来越受到重视，并且依靠其存储密度高、容量大及其价格低廉等优势，在信息存储领域占据了举足轻重的位置。磁记录是利用磁的性质进行信息记录的方式，能够在存储和使用的时候通过特殊的方法进行信息的输入和读出，从而达到存储信息和读出信息的目的。根据介质磁化方向与介质表面的位置关系，磁记录包括水平磁记录和垂直磁记录两种。

目前，在磁记录市场上，垂直磁记录技术已经全面取代了水平磁记录技术。因为，垂直磁记录技术使得磁记录介质的面密度与容量呈现了快速的增长，常见的磁记录介质有硬盘、磁盘和光盘等。磁记录介质一般采用多层垂直结构设计，以硬盘为例，具体包括润滑层、保护层、磁性记录层、中间层、软磁衬底层、衬底层和基底层。其中，软磁衬底层主要起着记录和存储数据的功能，在磁记录介质中的作用至关重要。目前，通过溅射过程得到的铁钴钼合金薄膜是最常用的软磁衬底层。

溅射是制备薄膜材料的主要技术之一，它利用离子源产生的离子，在真空中经过加速聚集，而形成高速度能的离子束流，轰击固体表面，离子和固体表面原子发生动能交换，使固体表面的原子离开固体并沉积在基底表面，被轰击的固体是制备溅射法沉积薄膜的原材料，该固体一般被称为溅射靶材。

用于溅射制备软磁衬底层的铁钴钽合金溅射靶材，需要有高的致密度、高的抗弯强度和高的磁通量：高的致密度可以保证溅射得到的薄膜比较均匀，不易发生“放电”等异常现象；弯曲强度会影响磁性材料的矫顽力，对其信息的存储有至关重要的影响，因此，高的抗弯强度可以保证靶材在使用时不易发生开裂等异常问题；靶材磁通量是磁记录靶材中非常重要的参数，通常靶材磁通量越高，记录和存储数据的能力越强。因此，铁钴钽合金溅射靶材的质量关系到了软磁衬底层，甚至整个磁记录行业的发展。

目前，现有技术公开了一些铁钴钽合金溅射靶材的制备方法，例如 CN108004515A 公开了一种铁钴钽合金溅射靶材的制备方法、铁钴钽合金溅射靶材及应用，所述制备方法将铁粉、钴粉和钽粉在惰性气体保护下混合得到铁钴钽混合粉，然后依次进行冷压、真空脱气、一次热压烧结和二次热压烧结，即制得铁钴钽合金溅射靶材。然而，所述制备方法直接使用铁粉、钴粉和钽粉按照要求比例混合得到的混合粉，使得三种金属在热压烧结前只有少量或者基本没有形成化合物导致单质铁或单质钴呈现出磁性，最终导致铁钴钽合金溅射靶材的磁通量较低。

CN105473759A 公开了 Fe-Co 系合金溅射靶材和软磁性薄膜层、以及使用它的垂直磁记录介质，其中制造方法包括准备 Fe-Co 系合金粉，对于所述粉末进行加压烧结的工序。所述制备方法直接使用气体雾化法得到的 Fe-Co 系合金粉，制备得到的 Fe-Co 系合金溅射靶材可以满足高纯度、高致密、高弯曲强度和磁通量等性能，满足磁控溅射的需要。然而，所述 Fe-Co 系合金的熔融液体十分粘稠，极易堵塞管路，造成气体雾化法失败，再加上市场上无处采购具有目标比例要求 Fe-Co 系合金粉，使得 Fe-Co 系合金溅射靶材的制备和研发受到了极

大阻碍。

综上所述，目前亟需开发一种铁钴钽合金粉的制备方法、铁钴钽合金粉及用途。

发明内容

本申请提出了一种铁钴钽合金粉的制备方法、铁钴钽合金粉及用途，所述制备方法控制铁钴钽混合料的熔融温度为 1650-1750℃，并优化雾化条件，使得制备得到的铁钴钽合金粉纯度 $\geq 99.95\%$ ，含氧量 $\leq 600\text{ppm}$ ，利用筛分得到的粒度 < 150 目的所述铁钴钽合金粉，有利于制备得到高纯度、高致密、高弯曲强度和磁通量合格的铁钴钽合金溅射靶材。

为达此目的，本申请采用以下技术方案：

本申请的目的之一在于提供一种铁钴钽合金粉的制备方法，所述制备方法包括如下步骤：

- (1) 按照目标原子比例准备铁料、钴料和钽料并混合，得到铁钴钽混合料；
- (2) 将步骤 (1) 所述铁钴钽混合料在 1650-1750℃ 下熔化完全，得到铁钴钽熔融体；
- (3) 将步骤 (2) 所述铁钴钽熔融体在惰性气体作用下进行雾化，得到所述铁钴钽合金粉。

本申请所述制备方法控制铁钴钽混合料的熔融温度为 1650-1750℃，并优化雾化条件，避免了铁钴钽熔融体因粘稠所导致的管路堵塞问题，可以制备得到纯度 $\geq 99.95\%$ 、含氧量 $\leq 600\text{ppm}$ 的铁钴钽合金粉，利用筛分得到的粒度 < 150 目的所述铁钴钽合金粉，有利于制备得到高纯度、高致密、高弯曲强度和磁通量合格的铁钴钽合金溅射靶材。

本申请所述铁钴钽混合料的熔融温度为 1650-1750℃，例如 1650℃、1670℃、1690℃、1700℃、1710℃、1730℃或 1750℃等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

作为本申请可选的技术方案，步骤（1）所述目标原子比例中钴的原子比例为 28.5-29.5%，钽的原子比例为 17.5-18.5%，其余为铁以及不可避免的杂质。

本申请所述钴的原子比例为 28.5-29.5%，例如 28.5%、28.8%、29%、29.2%或 29.5%等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

本申请所述钽的原子比例为 17.5-18.5%，例如 17.5%、17.7%、18%、18.3%或 18.5%等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

本申请所述不可避免的杂质的总含量 $\leq 0.05\%$ ，保证制备得到的铁钴钽合金粉纯度 $\geq 99.95\%$ 。

作为本申请可选的技术方案，步骤（1）所述铁料的纯度 $\geq 99.95\%$ 。

可选地，步骤（1）所述铁料为电解铁料。

可选地，步骤（1）所述钴料的纯度 $\geq 99.95\%$ 。

可选地，步骤（1）所述钴料为电解钴料。

可选地，步骤（1）所述钽料的纯度 $\geq 99.95\%$ 。

可选地，步骤（1）所述钽料为钽靶材的钽边料。

本申请所述钽靶材可以是 CN102517531A、CN103572223A 或 CN103572225A 公开的钽靶材，在将钽靶材机加工制备靶材组件的过程中，会产生大量钽靶材的钽边料。

作为本申请可选的技术方案，在步骤（1）所述按照目标原子比例准备铁料、钴料和钽料之前，还包括对所述铁料、钴料和钽料分别进行预处理。

可选地，所述预处理依次包括去油、酸洗、干燥和真空包装。

正如本领域技术人员所熟知的那样，将制粉材料准备完成再到制粉过程，中间还经过运输、储存等过程，因此有必要将预处理完成的制粉材料进行真空包装，有利于隔绝灰尘和空气，减少制粉材料的吸氧反应，进而保证了最终制备得到的铁钴钽合金粉满足含氧量 $\leq 600\text{ppm}$ 的要求；此外，当正式进行制粉时，将真空包装拆开即可。

可选地，所述去油包括将所述铁料、钴料和钽料分别放入清洗液中进行超声清洗，随后用纯水冲洗并擦拭干净。

可选地，所述清洗液为含有洗洁精的水溶液。

本申请所述含有洗洁精的水溶液并没有浓度限制，本领域技术人员可以根据实际情况合理选择洗洁精的种类和浓度，只要能将油污清洗干净即可。

可选地，所述超声清洗的时间为 50-70min，例如 50min、52min、55min、57min、60min、63min、65min、68min 或 70min 等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

可选地，所述超声清洗的温度为 50-70℃，例如 50℃、52℃、55℃、57℃、60℃、63℃、65℃、68℃或 70℃等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

可选地，所述酸洗包括在酸洗液中超声清洗，随后用纯水冲洗并擦拭干净。

可选地，所述酸洗液为硝酸和氢氟酸的水溶液。

可选地，按质量百分含量计，所述酸洗液中硝酸为 38.5%，氢氟酸为 7.1%。

可选地，所述酸洗的时间为 10-30min，例如 10min、13min、15min、17min、20min、23min、25min、27min 或 30min 等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

可选地，所述干燥在真空干燥箱中进行。

可选地，所述干燥的时间为 60-90min，例如 60min、65min、70min、75min、80min、85min 或 90min 等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

可选地，所述干燥的温度为 65-75℃，例如 65℃、67℃、69℃、70℃、72℃、74℃或 75℃等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

本申请所述预处理依次包括去油、酸洗、干燥和真空包装，不仅可以除去所述铁料、钴料和钽料表面的油污、灰尘、水渍等杂质，还可以有效防止所述铁料、钴料和钽料被空气氧化，进而保证了制备得到的铁钴钽合金粉的纯度要求。

作为本申请可选的技术方案，步骤（1）所述混合在熔炼坩埚中采用分层叠加方式进行，具体包括如下内容：

先将所述钴料铺在所述熔炼坩埚底部，再将所述钽料铺在所述钴料上，随后将所述铁料铺在所述钽料上，形成钴-钽-铁铺料单元，然后按照所述钴-钽-铁铺料单元重复上述操作直至装料完成。

本申请所述基于钴-钽-铁铺料单元按照分层叠加方式进行混料，可以避免熔点较高且粘性较大的钽料发生局部聚集，防止后续得到的铁钴钽熔融体成分不均匀并发生因局部粘度过大所导致的管路堵塞问题。

作为本申请可选的技术方案，步骤（2）所述熔化的绝对真空度 $\leq 10\text{Pa}$ 。

可选地，步骤（2）所述熔化在真空熔炼室中进行，然后将所述铁钴钼熔融体倒入中间包中，控制所述中间包的温度为 $1550\text{--}1650^{\circ}\text{C}$ ，例如 1550°C 、 1560°C 、 1580°C 、 1600°C 、 1610°C 、 1630°C 或 1650°C 等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

本申请所述熔化通过控制熔化温度为 $1650\text{--}1750^{\circ}\text{C}$ 且绝对真空度 $\leq 10\text{Pa}$ ，可以充分保证所述铁钴钼混合料能够完全熔化、混合均匀；进一步地，将得到的所述铁钴钼熔融体倒入与雾化喷嘴相连接的中间包中，并控制其温度为 $1550\text{--}1650^{\circ}\text{C}$ ，可以有效防止所述铁钴钼熔融体堵塞中间包，并有效防止所述铁钴钼熔融体堵塞中间包与雾化喷嘴之间的导流管。

作为本申请可选的技术方案，步骤（3）所述惰性气体为氩气。

可选地，所述氩气的纯度 $\geq 5\text{N}$ 。

可选地，步骤（3）所述雾化的压力为 $3\text{--}4\text{MPa}$ ，例如 3MPa 、 3.2MPa 、 3.4MPa 、 3.5MPa 、 3.7MPa 、 3.9MPa 或 4MPa 等，但并不仅限于所列举的数值，该数值范围内其他未列举的数值同样适用。

本申请所述雾化的压力是基于所述铁钴钼熔融体粘度较大的特点来设置的，需要严格控制在 $3\text{--}4\text{MPa}$ 范围内，既可以防止雾化压力较大阻碍所述铁钴钼熔融体向下流动，又可以防止雾化压力较小导致铁钴钼合金粉的平均颗粒较大，进而防止后续铁钴钼合金溅射靶材的成材率较低。

作为本申请可选的技术方案，所述制备方法包括如下步骤：

（1）按照目标原子比例准备预处理后的铁料、钴料和钼料，然后在熔炼坩埚中采用分层叠加方式进行混合，具体包括如下内容：先将所述钴料铺在所述

熔炼坩埚底部，再将所述钽料铺在所述钴料上，随后将所述铁料铺在所述钽料上，形成钴-钽-铁铺料单元，然后按照所述钴-钽-铁铺料单元重复上述操作直至装料完成，得到铁钴钽混合料；

其中，所述目标原子比例中钴的原子比例为 28.5-29.5%，钽的原子比例为 17.5-18.5%，其余为铁以及不可避免的杂质；

所述铁料的纯度 $\geq 99.95\%$ ，所述钴料的纯度 $\geq 99.95\%$ ，所述钽料的纯度 $\geq 99.95\%$ ；

所述预处理依次包括去油、酸洗、干燥和真空包装；

(2) 将步骤(1)所述铁钴钽混合料放入真空熔炼室中，控制绝对真空度 $\leq 10\text{Pa}$ ，在 1650-1750℃下熔化完全，得到铁钴钽熔融体；

(3) 将步骤(2)所述铁钴钽熔融体倒入中间包中，控制所述中间包的温度为 1550-1650℃，在纯度 $\geq 5\text{N}$ 的氩气作用下进行雾化，控制压力为 3-4MPa，得到所述铁钴钽合金粉。

本申请所述制备方法属于气雾化制粉法，是一种以快速运动的高压气体作为雾化介质，通过冲击作用将金属液或合金液破碎为细小液滴并冷凝为固体粉末的粉末制取方法。气雾化法是生产完全合金化粉末的最好方法，得到的每一个合金粉末的颗粒不仅具有与既定熔融合金完全相同的均匀化学成分，还由于快速凝固作用而细化了结晶结构，消除了第二相的宏观偏析。

本申请的目的之二在于提供一种铁钴钽合金粉，利用目的之一所述制备方法制备。

本申请的目的之三在于提供一种铁钴钽合金粉的用途，将目的之二所述铁钴钽合金粉进行筛分，将粒度 < 150 目的所述铁钴钽合金粉用于制备铁钴钽合金

溅射靶材，尤其是用于利用热等静压工艺制备铁钴钽合金溅射靶材的过程。

与现有技术相比，本申请至少具有以下有益效果：

(1) 本申请所述制备方法控制铁钴钽混合料的熔融温度为 1650-1750℃，并优化雾化条件，使得制备得到的铁钴钽合金粉纯度 $\geq 99.95\%$ ，含氧量 $\leq 600\text{ppm}$ ，利用筛分得到的粒度 < 150 目的所述铁钴钽合金粉，有利于制备得到高纯度、高致密、高弯曲强度和磁通量合格的铁钴钽合金溅射靶材；

(2) 本申请所述制备方法将钽靶材的钽边料作为钽料进行制备，既解决了钽靶材机加工过程中产生的钽边料的处理问题，又可以制备得到具有极高应用价值的铁钴钽合金粉，实现了变废为宝。

附图说明

图 1 是本申请实施例 1 所述铁钴钽合金粉的扫描电镜图；

图 2 是本申请实施例 1 所述铁钴钽合金粉的 EDS 能谱图。

具体实施方式

下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本申请的技术方案。本领域技术人员应该明了，所述实施例仅仅是帮助理解本申请，不应视为对本申请的具体限制。

实施例 1

本实施例提供了一种铁钴钽合金粉的制备方法，所述制备方法包括如下步骤：

(1) 将纯度 $\geq 99.95\%$ 的电解铁料、纯度 $\geq 99.95\%$ 的电解钴料和 CN102517531A 公开的钽靶材的钽边料（纯度 $\geq 99.95\%$ ）依次进行去油、酸洗、

干燥和真空包装的预处理：

先将所述电解铁料、电解钴料和钽边料分别放入含有洗洁精的水溶液中，在 60℃ 下超声清洗 60min 进行去油处理，随后用纯水冲洗并擦拭干净；然后在酸洗液中超声清洗 20min 进行酸洗，按质量百分含量计，所述酸洗液中硝酸为 38.5%，氢氟酸为 7.1%，随后用纯水冲洗并擦拭干净；随后将酸洗得到的所述电解铁料、电解钴料和钽边料分别放入真空干燥箱中，在 70℃ 下干燥 80min；最后通过真空包装备用；

按照钴的原子比例为 29%、钽的原子比例为 18%、其余为铁以及不可避免的杂质作为目标原子比例，准备预处理后的电解铁料、电解钴料和钽边料，然后在熔炼坩埚中采用分层叠加方式进行混合，具体包括如下内容：先将所述钴料铺在所述熔炼坩埚底部，再将所述钽料铺在所述钴料上，随后将所述铁料铺在所述钽料上，形成钴-钽-铁铺料单元，然后按照所述钴-钽-铁铺料单元重复上述操作直至装料完成，得到铁钴钽混合料；

(2) 将步骤 (1) 所述铁钴钽混合料放入真空熔炼室中，控制绝对真空度 $\leq 10\text{Pa}$ ，在 1700℃ 下熔化完全，得到铁钴钽熔融体；

(3) 将步骤 (2) 所述铁钴钽熔融体倒入中间包中，控制所述中间包的温度为 1600℃，在纯度 $\geq 5\text{N}$ 的氩气作用下进行雾化，控制压力为 3.5MPa，得到所述铁钴钽合金粉。

将本实施例所述铁钴钽合金粉进行 SEM-EDS 检测，扫描电镜图如图 1 所示，EDS 能谱图如图 2 所示，并将 EDS 能谱测量结果汇总在表 1 中；其中，由图 1 可以看出，所述铁钴钽合金粉的球形度较高，由表 1 可以看出，所述铁钴钽合金粉的组成满足目标原子比例。

表 1

元素	质量百分比/%	原子百分比/%	误差/%
Fe	37.04	52.52	1.43
Co	21.98	29.54	1.14
Ta	40.98	17.94	1.91
总量	100.00	100.00	/

实施例 2

本实施例提供了一种铁钴钽合金粉的制备方法，除了将步骤（2）所述“控制绝对真空度 $\leq 10\text{Pa}$ ”替换为“控制绝对真空度在 12-15Pa 之间波动”，其他条件和实施例 1 完全相同。

实施例 3

本实施例提供了一种铁钴钽合金粉的制备方法，除了将步骤（3）所述“压力为 3.5MPa”替换为“压力为 2.5MPa”，其他条件和实施例 1 完全相同。

实施例 4

本实施例提供了一种铁钴钽合金粉的制备方法，除了将步骤（3）所述“压力为 3.5MPa”替换为“压力为 4.5MPa”，其他条件和实施例 1 完全相同。

实施例 5

本实施例提供了一种铁钴钽合金粉的制备方法，所述制备方法包括如下步

骤：

(1) 将纯度 $\geq 99.95\%$ 的电解铁料、纯度 $\geq 99.95\%$ 的电解钴料和CN102517531A公开的钽靶材的钽边料(纯度 $\geq 99.95\%$)依次进行去油、酸洗、干燥和真空包装的预处理：

先将所述电解铁料、电解钴料和钽边料分别放入含有洗洁精的水溶液中，在 50°C 下超声清洗70min进行去油处理，随后用纯水冲洗并擦拭干净；然后在酸洗液中超声清洗10min进行酸洗，按质量百分含量计，所述酸洗液中硝酸为38.5%，氢氟酸为7.1%，随后用纯水冲洗并擦拭干净；随后将酸洗得到的所述电解铁料、电解钴料和钽边料分别放入真空干燥箱中，在 65°C 下干燥90min；最后通过真空包装备用；

按照钴的原子比例为28.5%、钽的原子比例为18.5%、其余为铁以及不可避免的杂质作为目标原子比例，准备预处理后的电解铁料、电解钴料和钽边料，然后在熔炼坩埚中采用分层叠加方式进行混合，具体包括如下内容：先将所述钴料铺在所述熔炼坩埚底部，再将所述钽料铺在所述钴料上，随后将所述铁料铺在所述钽料上，形成钴-钽-铁铺料单元，然后按照所述钴-钽-铁铺料单元重复上述操作直至装料完成，得到铁钴钽混合料；

(2) 将步骤(1)所述铁钴钽混合料放入真空熔炼室中，控制绝对真空度 $\leq 10\text{Pa}$ ，在 1750°C 下熔化完全，得到铁钴钽熔融体；

(3) 将步骤(2)所述铁钴钽熔融体倒入中间包中，控制所述中间包的温度为 1650°C ，在纯度 $\geq 5\text{N}$ 的氩气作用下进行雾化，控制压力为4MPa，得到所述铁钴钽合金粉。

实施例 6

本实施例提供了一种铁钴钽合金粉的制备方法，所述制备方法包括如下步骤：

(1) 将纯度 $\geq 99.95\%$ 的电解铁料、纯度 $\geq 99.95\%$ 的电解钴料和 CN102517531A 公开的钽靶材的钽边料（纯度 $\geq 99.95\%$ ）依次进行去油、酸洗、干燥和真空包装的预处理：

先将所述电解铁料、电解钴料和钽边料分别放入含有洗洁精的水溶液中，在 70°C 下超声清洗 50min 进行去油处理，随后用纯水冲洗并擦拭干净；然后在酸洗液中超声清洗 30min 进行酸洗，按质量百分含量计，所述酸洗液中硝酸为 38.5%，氢氟酸为 7.1%，随后用纯水冲洗并擦拭干净；随后将酸洗得到的所述电解铁料、电解钴料和钽边料分别放入真空干燥箱中，在 75°C 下干燥 60min；最后通过真空包装备用；

按照钴的原子比例为 29.5%、钽的原子比例为 17.5%、其余为铁以及不可避免的杂质作为目标原子比例，准备预处理后的电解铁料、电解钴料和钽边料，然后在熔炼坩埚中采用分层叠加方式进行混合，具体包括如下内容：先将所述钴料铺在所述熔炼坩埚底部，再将所述钽料铺在所述钴料上，随后将所述铁料铺在所述钽料上，形成钴-钽-铁铺料单元，然后按照所述钴-钽-铁铺料单元重复上述操作直至装料完成，得到铁钴钽混合料；

(2) 将步骤 (1) 所述铁钴钽混合料放入真空熔炼室中，控制绝对真空度 $\leq 10\text{Pa}$ ，在 1650°C 下熔化完全，得到铁钴钽熔融体；

(3) 将步骤 (2) 所述铁钴钽熔融体倒入中间包中，控制所述中间包的温度为 1550°C ，在纯度 $\geq 5\text{N}$ 的氩气作用下进行雾化，控制压力为 3MPa ，得到所述

铁钴钽合金粉。

对比例 1

本对比例提供了一种铁钴钽合金粉的制备方法，除了将步骤（2）所述“在 1700℃下熔化完全”替换为“在 1600℃下熔化完全”，其他条件和实施例 1 完全相同。

将上述实施例和对比例制备得到的铁钴钽合金粉进行如下测定：

球形度：依据 SEM-EDS 检测得到的扫描电镜图进行判断；

含氧量：按照国标 GB/T 14265-2017《金属材料中氢、氧、氮、碳和硫分析方法通则》中公开的热导法进行测定；

成品率：筛分得到的粒度<150 目的铁钴钽合金粉占铁料、钴料和钽料投料量的质量百分比；

有关上述实施例和对比例制备得到的铁钴钽合金粉的相关测量结果见表 2。

表 2

项目	球形度	含氧量	成品率
实施例 1	良好	451ppm	81%
实施例 2	良好	568ppm	80%
实施例 3	良好	472ppm	60%
实施例 4	良好	461ppm	35%
实施例 5	良好	486ppm	82%
实施例 6	良好	501ppm	80%

对比例 1	良好	660ppm	70%
-------	----	--------	-----

由表 2 可以得到以下几点：

(1) 本申请所述制备方法控制铁钴钽混合料的熔融温度为 1650-1750℃，并优化雾化条件，使得制备得到的铁钴钽合金粉球形度良好、含氧量≤600ppm，而且筛分得到的粒度<150 目的铁钴钽合金粉对应的成品率较高，最高可以达到 82%，有利于制备得到高纯度、高致密、高弯曲强度和磁通量合格的铁钴钽合金溅射靶材；此外，将钽靶材的钽边料作为钽料进行制备，实现了变废为宝；

(2) 对比实施例 1 和 2 可以看出，实施例 2 在铁钴钽混合料熔融过程中，控制绝对真空度在 12-15Pa 之间波动，导致制备得到的铁钴钽合金粉含氧量高达 568ppm；

(3) 对比实施例 1 和实施例 3、4 可以看出，由于实施例 3 在气雾化过程中控制压力低于 3-4MPa，仅为 2.5MPa，导致制备得到的铁钴钽合金粉平均粒度较大，成品率降至 60%；由于实施例 4 在气雾化过程中控制压力超出 3-4MPa，高达 4.5MPa，导致铁钴钽熔融体向下流动的阻力较大，制备得到的铁钴钽合金粉的成品率仅为 35%；

(4) 对比实施例 1 和对比例 1 可以看出，由于对比例 1 对应的铁钴钽混合料熔融温度低于 1650-1750℃，仅为 1600℃，导致铁钴钽熔融体存在成分不均匀的问题，使得制备得到的铁钴钽合金粉的含氧量高达 660ppm。

申请人声明，本申请通过上述实施例来说明本申请的详细结构特征，但本申请并不局限于上述详细结构特征，即不意味着本申请必须依赖上述详细结构

特征才能实施。所属技术领域的技术人员应该明了，对本申请的任何改进，对本申请所选用部件的等效替换以及辅助部件的增加、具体方式的选择等，均落在本申请的保护范围和公开范围之内。

以上详细描述了本申请的可选实施方式，但是，本申请并不限于上述实施方式中的具体细节，在本申请的技术构思范围内，可以对本申请的技术方案进行多种简单变型，这些简单变型均属于本申请的保护范围。

另外需要说明的是，在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征，在不矛盾的情况下，可以通过任何合适的方式进行组合，为了避免不必要的重复，本申请对各种可能的组合方式不再另行说明。

此外，本申请的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合，只要其不违背本申请的思想，其同样应当视为本申请所公开的内容。

1、一种铁钴钽合金粉的制备方法，其包括如下步骤：

(1) 按照目标原子比例准备铁料、钴料和钽料并混合，得到铁钴钽混合料；

(2) 将步骤(1)所述铁钴钽混合料在 1650-1750℃ 下熔化完全，得到铁钴钽熔融体；

(3) 将步骤(2)所述铁钴钽熔融体在惰性气体作用下进行雾化，得到所述铁钴钽合金粉。

2、根据权利要求 1 所述的制备方法，其中，步骤(1)所述目标原子比例中钴的原子比例为 28.5-29.5%，钽的原子比例为 17.5-18.5%，其余为铁以及不可避免的杂质。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的制备方法，其中，步骤(1)所述铁料的纯度 $\geq 99.95\%$ 。

4、根据权利要求 1-3 任一项所述的制备方法，其中，步骤(1)所述铁料为电解铁料；

可选地，步骤(1)所述钴料的纯度 $\geq 99.95\%$ ；

可选地，步骤(1)所述钴料为电解钴料；

可选地，步骤(1)所述钽料的纯度 $\geq 99.95\%$ ；

可选地，步骤(1)所述钽料为钽靶材的钽边料。

5、根据权利要求 1-4 任一项所述的制备方法，其中，在步骤(1)所述按照目标原子比例准备铁料、钴料和钽料之前，还包括对所述铁料、钴料和钽料分别进行预处理；

可选地，所述预处理依次包括去油、酸洗、干燥和真空包装；

可选地，所述去油包括将所述铁料、钴料和钽料分别放入清洗液中进行超

声清洗，随后用纯水冲洗并擦拭干净；

可选地，所述清洗液为含有洗洁精的水溶液；

可选地，所述超声清洗的时间为 50-70min；

可选地，所述超声清洗的温度为 50-70℃；

可选地，所述酸洗包括在酸洗液中超声清洗，随后用纯水冲洗并擦拭干净；

可选地，所述酸洗液为硝酸和氢氟酸的水溶液；

可选地，按质量百分含量计，所述酸洗液中硝酸为 38.5%，氢氟酸为 7.1%；

可选地，所述酸洗的时间为 10-30min；

可选地，所述干燥在真空干燥箱中进行；

可选地，所述干燥的时间为 60-90min；

可选地，所述干燥的温度为 65-75℃。

6、根据权利要求 1-5 任一项所述的制备方法，其中，步骤（1）所述混合在熔炼坩埚中采用分层叠加方式进行，具体包括如下内容：

先将所述钴料铺在所述熔炼坩埚底部，再将所述钽料铺在所述钴料上，随后将所述铁料铺在所述钽料上，形成钴-钽-铁铺料单元，然后按照所述钴-钽-铁铺料单元重复上述操作直至装料完成。

7、根据权利要求 1-6 任一项所述的制备方法，其中，步骤（2）所述熔化的绝对真空度 $\leq 10\text{Pa}$ ；

可选地，步骤（2）所述熔化在真空熔炼室中进行，然后将所述铁钴钽熔体倒入中间包中，控制所述中间包的温度为 1550-1650℃。

8、根据权利要求 1-7 任一项所述的制备方法，其中，步骤（3）所述惰性气体为氩气；

可选地，所述氩气的纯度 $\geq 5N$ ；

可选地，步骤（3）所述雾化的压力为 3-4MPa。

9、根据权利要求 1-8 任一项所述的制备方法，其包括如下步骤：

（1）按照目标原子比例准备预处理后的铁料、钴料和钽料，然后在熔炼坩埚中采用分层叠加方式进行混合，具体包括如下内容：先将所述钴料铺在所述熔炼坩埚底部，再将所述钽料铺在所述钴料上，随后将所述铁料铺在所述钽料上，形成钴-钽-铁铺料单元，然后按照所述钴-钽-铁铺料单元重复上述操作直至装料完成，得到铁钴钽混合料；

其中，所述目标原子比例中钴的原子比例为 28.5-29.5%，钽的原子比例为 17.5-18.5%，其余为铁以及不可避免的杂质；

所述铁料的纯度 $\geq 99.95\%$ ，所述钴料的纯度 $\geq 99.95\%$ ，所述钽料的纯度 $\geq 99.95\%$ ；

所述预处理依次包括去油、酸洗、干燥和真空包装；

（2）将步骤（1）所述铁钴钽混合料放入真空熔炼室中，控制绝对真空度 $\leq 10Pa$ ，在 1650-1750℃下熔化完全，得到铁钴钽熔融体；

（3）将步骤（2）所述铁钴钽熔融体倒入中间包中，控制所述中间包的温度为 1550-1650℃，在纯度 $\geq 5N$ 的氩气作用下进行雾化，控制压力为 3-4MPa，得到所述铁钴钽合金粉。

10、一种铁钴钽合金粉，其采用权利要求 1-9 任一项所述制备方法制备。

11、一种铁钴钽合金粉的用途，其中，将权利要求 10 所述铁钴钽合金粉进行筛分，将粒度 < 150 目的所述铁钴钽合金粉用于制备铁钴钽合金溅射靶材。