(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117947300 A
(43)申请公布日 2024.04.30

(21)申请号 202410101251.2

(22)申请日 2024.01.25

(71)申请人 自贡中兴耐磨新材料有限公司
地址 643000 四川省自贡市板仓高新工业园区金川路39号

(72)发明人 蒋赐进 钟键 赵建涛 雷本录

(74)专利代理机构 四川海慧新诚专利代理事务所(普通合伙) 51401
专利代理师 马姣琴

(51)Int.Cl.
C22C 1/05(2023.01)
C22C 27/04(2006.01)
C22F 1/18(2006.01)
C22F 1/02(2006.01)

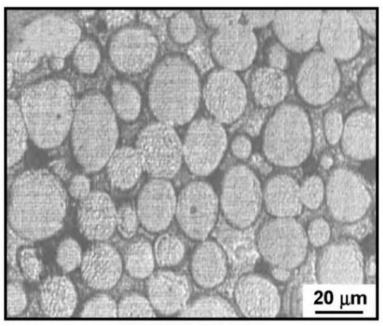
权利要求书1页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

一种具有弱低温脆性的钨合金及其制备方法和应用

(57)摘要

本发明涉及一种具有弱低温脆性的钨合金及其制备方法和应用,涉及合金制备技术领域,本发明一方面通过在93W高比重合金中粘接相以钴取代部分镍和铁,同时加入微量的超细HFC粉;另一方面利用特殊添加工艺配合微波-超声波协同处理、烧结处理、真空回火处理、热旋锻处理和多重热处理等步骤,实现了所得钨合金在低温时(≤-30℃)断裂规律与室温时没有明显变化、裂纹扩展原理与室温时基本相同;在-60℃测试本发明提供的高比重钨合金的冲击韧性依然达到室温时的80%以上,最高可达92%,从而有效解决了现有钨合金存在低温脆性缺陷的问题。



CN 117947300 A

1.一种具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,其特征在于,所述具有弱低温脆性的钨合金的制备方法包括以下步骤:

将W粉、Ni粉、Fe粉、Co粉、HfC粉、石蜡和球磨介质加入球磨设备中进行球磨处理,后依次进行过筛、沉淀、过滤和干燥,得到第一混合料;

将所述第一混合料加入V型混合设备中,后加入含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液中;随后对所述V型混合设备内压力进行抽真空,当压力为100-200Pa时向所述V型混合设备内注入惰性保护气体;当所述V型混合设备的体系压力为1.0～1.2Mpa时,开启所述V型混合设备进行旋转混合,混料结束后冷却,得到第二混合料;

将所述第二混合料置于微波-超声波复合场中进行微波-超声波协同处理,得到第三混合料;

将所述第三混合料进行压制,后依次进行烧结处理、真空回火处理、热旋锻处理和多重热处理,得到所述具有弱低温脆性的钨合金。

2.根据权利要求1所述的具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,其特征在于,所述W粉、所述Ni粉、所述Fe粉、所述Co粉、所述HfC粉、所述石蜡和所述复合铬酸盐溶液中稀土金属Y和稀土金属La两者总重量的重量比为93:(3～5):(1～2):(1～2):(0.5～1):2:(0.3～0.7)。

3.根据权利要求1所述的具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,其特征在于,所述含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液中稀土金属Y和稀土金属La两者的重量比为1:(2～3)。

4.根据权利要求1所述的具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,其特征在于,所述W粉的粒径为1-2μm;所述Ni粉为羰基镍粉,粒径为1-3μm;所述Fe粉的粒径为2-5μm;所述Co粉的粒径为1-2μm;所述HfC粉的粒径为0.4-0.8μm。

5.根据权利要求1所述的具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,其特征在于,所述球磨处理的工作参数包括:球料比为(3～5):1,球磨时间为48-60小时。

6.根据权利要求1所述的具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,其特征在于,所述微波-超声波协同处理的工作参数包括:微波功率为750～850W,超声波功率为420～550W,处理时间为2～5分钟。

7.根据权利要求1所述的具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,其特征在于,所述烧结处理的工作参数包括:于氢气氛围和1460-1500℃温度下进行烧结1.5-2.0小时。

8.根据权利要求1所述的具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,其特征在于,所述真空回火处理的工作参数包括:真空回火处理的温度为800-900℃,真空回火处理的时间为1-2小时,真空回火处理的真空度为3-8Pa;所述热旋锻处理的工作参数包括:热旋锻温度为900-1000℃,径向尺寸旋锻后变形量为30-50%;所述多重热处理的工作参数包括:热处理次数为3-4次,多重热处理的真空度为5-10Pa,多重热处理的温度为1050-1300℃,多重热处理的时间为1.5-2小时。

9.一种具有弱低温脆性的钨合金,其特征在于,所述具有弱低温脆性的钨合金是采用权利要求1～8任一项所述的制备方法所制得。

10.权利要求9所述的具有弱低温脆性的钨合金在制备穿甲弹弹芯中的应用。

一种具有弱低温脆性的钨合金及其制备方法和应用

技术领域

[0001] 本发明涉及合金制备技术领域,尤其涉及一种具有弱低温脆性的钨合金及其制备方法和应用。

背景技术

[0002] 高密度钨合金材料是以钨为基体,镍、铁或铜的固溶体为粘结相,采用粉末冶金工艺制备而成,具有强度高、硬度高、延展性好、机加工性能好、热膨胀系数小、导热系数大、抗氧化和抗腐蚀性能好等一系列优点,并被广泛应用于航空航天、电子信息、武器装备等领域。随着现代科学技术的飞速发展,特别是在军事科学领域,高密度钨合金被越来越多的在极端环境下使用,根据军用设备环境试验方法要求,国际范围内的低温极值为-61℃。高密度钨合金作为武器装备中战斗部的关键材料-穿甲弹弹芯的主要材料。由高比重合金制备的各类穿甲弹所承载的低温极限环境和高射速供输弹脉冲、高频射击的耦合环境对细长结构的穿甲弹弹芯物理性能提出了高要求。如93WNiFe合金等现有高密度钨合金材料在实际低温环境(-50℃、24小时)工作试验时,出现了数次供输弹过程中弹芯断裂、弹丸阶梯故障,经分析为低温环境下钨合金弹芯出现了低温脆裂、性能突变现象。

[0003] 穿甲弹弹芯在使用过程中经常会承受巨大的冲击载荷,材料的冲击韧性是指材料在冲击载荷作用下吸收塑性变形功和断裂功的能力,反映材料内部的细微缺陷和抗冲击性能,揭示材料的变脆倾向。与材料低温拉伸试验不同的是,材料冲击韧性随着温度降低的变化规律与拉伸试验存在一定的不同,拉伸性能是随着温度的降低呈线性变化,而冲击韧性在温度开始降低阶段并没有发生明显的变化,直至环境温度降低到-30℃之后,冲击韧性值才开始随着测试温度的下降而降低。根据试验测试,常规93WNiFe合金材料在-30℃时开始发生冷脆现象,材料随着测试温度进一步降低而变得越来越脆。在室温条件下,93WNiFe合金材料冲击韧性(无断口、下同)为88J/cm^2,从室温到零下、从-10℃到-60℃之间,材料的冲击韧性从室温到-20℃之间基本维持不变,冲击韧性在82～89J/cm^{2}之间,当温度降低到-30℃时,材料冲击韧性开始降低,随着温度的持续降低,冲击韧性不断下下降,最终-60℃测试时材料冲击韧性降低到39J/cm^2,即室温时的44%;表现出强烈的低温脆性效应。

发明内容

[0004] 为解决现有钨合金存在低温脆性缺陷的问题,本发明提供了一种具有弱低温脆性的钨合金及其制备方法和应用。

[0005] 第一方面,本发明提供了一种具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,所述具有弱低温脆性的钨合金的制备方法包括以下步骤:

[0006] 将W粉、Ni粉、Fe粉、Co粉、HfC粉、石蜡和球磨介质加入球磨设备中进行球磨处理,后依次进行过筛、沉淀、过滤和干燥,得到第一混合料;

[0007] 将所述第一混合料加入V型混合设备中,后加入含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液中;随后对所述V型混合设备内压力进行抽真空,当压力为100-200Pa时向所述V

型混合设备内注入惰性保护气体;当所述V型混合设备的体系压力为1.0～1.2Mpa时,开启所述V型混合设备进行旋转混合,混料结束后冷却,得到第二混合料;

[0008] 将所述第二混合料置于微波-超声波复合场中进行微波-超声波协同处理,得到第三混合料;

[0009] 将所述第三混合料进行压制,后依次进行烧结处理、真空回火处理、热旋锻处理和多重热处理,得到所述具有弱低温脆性的钨合金。

[0010] 进一步地,所述W粉、所述Ni粉、所述Fe粉、所述Co粉、所述HfC粉、所述石蜡和所述复合铬酸盐溶液中稀土金属Y和稀土金属La两者总重量的重量比为93:(3～5):(1～2):(1～2):(0.5～1):2:(0.3～0.7)。

[0011] 进一步地,所述含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液中稀土金属Y和稀土金属La两者的重量比为1:(2～3);所述含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液可选自如$[Y(NH_3)_4](OH)_2$、$[La(NH_3)_4](OH)_2$等组成。

[0012] 进一步地,所述W粉的粒径为1-2μm;所述Ni粉为羰基镍粉,粒径为1-3μm;所述Fe粉的粒径为2-5μm;所述Co粉的粒径为1-2μm;所述HfC粉的粒径为0.4-0.8μm。

[0013] 进一步地,所述球磨处理的工作参数包括:球料比为(3～5):1,球磨时间为48-60小时。

[0014] 进一步地,所述微波-超声波协同处理的工作参数包括:微波功率为750～850W,超声波功率为420～550W,处理时间为2～5分钟。

[0015] 进一步地,所述烧结处理的工作参数包括:于氢气氛围和1460-1500℃温度下进行烧结1.5-2.0小时。

[0016] 进一步地,所述真空回火处理的工作参数包括:真空回火处理的温度为800-900℃,真空回火处理的时间为1-2小时,真空回火处理的真空度为3-8Pa;所述热旋锻处理的工作参数包括:热旋锻温度为900-1000℃,径向尺寸旋锻后变形量为30-50%;所述多重热处理的工作参数包括:热处理次数为3-4次,多重热处理的真空度为5-10Pa,多重热处理的温度为1050-1300℃,多重热处理的时间为1.5-2小时。

[0017] 第二方面,本发明提供一种具有弱低温脆性的钨合金,所述具有弱低温脆性的钨合金是采用第一方面任一项所述的制备方法所制得。

[0018] 第三方面,本发明提供了第二方面所述的具有弱低温脆性的钨合金在制备穿甲弹弹芯中的应用。

[0019] 本发明实施例提供的上述技术方案与现有技术相比至少具有如下优点:

[0020] 1)本发明提供一种具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,一方面,利用特殊添加工艺配合微波-超声波协同处理使稀土钇(Y)和稀土镧(La)在合金中分布更加均匀且有利于提高钨合金晶格规整度和细化晶粒,从而使在钨合金中钨晶粒被粘接相均匀隔开、避免了常规钨合金中钨晶粒大量相互邻接现象;另一方面,在93W高比重合金中粘接相以钴取代部分镍和铁,同时在混合料添加微量的超细HFC粉,配合烧结处理、真空回火处理、热旋锻处理和多重热处理等步骤,强化和稳定了HFC和W在粘接相中的溶解存在,增加了粘接相的强度和韧性,从而使得钨合金在低温时(≤-30℃)时依然能保持足够的抗冲击韧性。最终实现了所得钨合金在低温时(≤-30℃)断裂规律与室温时没有明显变化、裂纹扩展原理与室温时基本相同;在-60℃测试本发明提供的高比重钨合金的冲击韧性依然达到室温时的80%

以上,最高可达92%,从而有效解决了现有钨合金存在低温脆性缺陷的问题。

[0021] 2)本发明提供一种具有弱低温脆性的钨合金,该钨合金在低温时(≤-30℃)断裂规律与室温时没有明显变化、裂纹扩展原理与室温时基本相同;在-60℃测试本发明提供的高比重钨合金的冲击韧性依然达到室温时的80%以上,最高可达92%,满足高密度钨合金在军用设备环境试验方法要求,可应用于制备穿甲弹弹芯等,具有广泛的实际应用价值。

附图说明

[0022] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本发明的实施例,并与说明书一起用于解释本发明的原理。

[0023] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而言,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0024] 图1为常规93WNiFe合金试样显微组织结构图。

[0025] 图2为本发明实施例1制备的钨合金试样显微组织结构图。

[0026] 图3为常规93WNiFe合金试样金相图。

[0027] 图4为本发明实施例1制备的钨合金试样金相图。

具体实施方式

[0028] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0029] 除非另有特别说明,本发明中用到的各种原材料、试剂、仪器和设备等,均可通过市场购买得到或者可通过现有方法制备得到。

[0030] 第一方面,本发明提供了一种具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,所述具有弱低温脆性的钨合金的制备方法包括以下步骤:

[0031] 将W粉、Ni粉、Fe粉、Co粉、HfC粉、石蜡和球磨介质加入球磨设备中进行球磨处理,后依次进行过筛、沉淀、过滤和干燥,得到第一混合料;

[0032] 将所述第一混合料加入V型混合设备中,后加入含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液中;随后对所述V型混合设备内压力进行抽真空,当压力为100-200Pa时向所述V型混合设备内注入惰性保护气体;当所述V型混合设备的体系压力为1.0~1.2Mpa时,开启所述V型混合设备进行旋转混合,混料结束后冷却,得到第二混合料;

[0033] 将所述第二混合料置于微波-超声波复合场中进行微波-超声波协同处理,得到第三混合料;

[0034] 将所述第三混合料进行压制,后依次进行烧结处理、真空回火处理、热旋锻处理和多重热处理,得到所述具有弱低温脆性的钨合金。

[0035] 本发明提供一种具有弱低温脆性的钨合金的制备方法,一方面,利用特殊添加工艺配合微波-超声波协同处理使稀土钇(Y)和稀土镧(La)在合金中分布更加均匀且有利于提高钨合金晶格规整度和细化晶粒,从而使在钨合金中钨晶粒被粘接相均匀隔开、避免了

常规钨合金中钨晶粒大量相互邻接现象;另一方面,在93W高比重合金中粘接相以钴取代部分镍和铁,同时在混合料添加微量的超细HFC粉,配合烧结处理、真空回火处理、热旋锻处理和多重热处理等步骤,强化和稳定了HFC和W在粘接相中的溶解存在,增加了粘接相的强度和韧性,从而使得钨合金在低温时(≤-30℃)时依然能保持足够的抗冲击韧性。最终实现了所得钨合金在低温时(≤-30℃)断裂规律与室温时没有明显变化、裂纹扩展原理与室温时基本相同;在-60℃测试本发明提供的高比重钨合金的冲击韧性依然达到室温时的80%以上,最高可达92%,从而有效解决了现有钨合金存在低温脆性缺陷的问题。

[0036] 在一些具体实施例中,所述W粉、所述Ni粉、所述Fe粉、所述Co粉、所述HfC粉、所述石蜡和所述复合铬酸盐溶液中稀土金属Y和稀土金属La两者总重量的重量比为93:(3~5):(1~2):(1~2):(0.5~1):2:(0.3~0.7)。

[0037] 在一些具体实施例中,所述含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液中稀土金属Y和稀土金属La两者的重量比为1:(2~3);所述含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液可选自如$[Y(NH_3)_4](OH)_2$、$[La(NH_3)_4](OH)_2$等组成。

[0038] 在一些具体实施例中,所述W粉的粒径为1-2μm;所述Ni粉为羰基镍粉,粒径为1-3μm;所述Fe粉的粒径为2-5μm;所述Co粉的粒径为1-2μm;所述HfC粉的粒径为0.4-0.8μm。

[0039] 在一些具体实施例中,所述球磨处理的工作参数包括:球料比为(3~5):1,球磨时间为48-60小时。

[0040] 在一些具体实施例中,所述微波-超声波协同处理的工作参数包括:微波功率为750~850W,超声波功率为420~550W,处理时间为2~5分钟。

[0041] 在一些具体实施例中,所述微波-超声波协同处理可采用现有超声波微波组合反应仪器比如现有市售的XO-SM系列超声波微波组合反应系统、超声波微波反应器和微波超声波组合反应仪等,对第二混合料进行处理。

[0042] 在一些具体实施例中,所述烧结处理的工作参数包括:于氢气氛围和1460-1500℃温度下进行烧结1.5-2.0小时。

[0043] 在一些具体实施例中,所述真空回火处理的工作参数包括:真空回火处理的温度为800-900℃,真空回火处理的时间为1-2小时,真空回火处理的真空度为3-8Pa;所述热旋锻处理的工作参数包括:热旋锻温度为900-1000℃,径向尺寸旋锻后变形量为30-50%;所述多重热处理的工作参数包括:热处理次数为3-4次,多重热处理的真空度为5-10Pa,多重热处理的温度为1050-1300℃,多重热处理的时间为1.5-2小时。

[0044] 需要说明的是,本发明实施例提供的具有弱低温脆性的钨合金的制备方法所涉及的组分原料,若无特殊的限定或说明,各组分均可直接采用市售产品;所涉及的操作步骤,若无特殊的限定或说明,均可按照现有技术中公开的操作方式或采用现有设备按照其使用方法进行,本申请文件不再一一赘述。

[0045] 第二方面,基于一个总的发明构思,本发明提供一种具有弱低温脆性的钨合金,所述具有弱低温脆性的钨合金是采用第一方面任一项所述的制备方法所制得。

[0046] 本发明提供一种具有弱低温脆性的钨合金,该钨合金在低温时(≤-30℃)断裂规律与室温时没有明显变化、裂纹扩展原理与室温时基本相同;在-60℃测试本发明提供的高比重钨合金的冲击韧性依然达到室温时的80%以上,最高可达92%,满足高密度钨合金在军用设备环境试验方法要求,可应用于制备穿甲弹弹芯等,具有广泛的实际应用价值。

[0047] 第三方面,基于一个总的发明构思,本发明提供了第二方面所述的具有弱低温脆性的钨合金在制备穿甲弹弹芯中的应用。

[0048] 下面结合具体的实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围。下列实施例中未注明具体条件的实验方法,通常按照国家标准测定。若没有相应的国家标准,则按照通用的国际标准、常规条件、或按照制造厂商所建议的条件进行。

[0049] 实施例1

[0050] 本例提供一种具有弱低温脆性的钨合金,其制备方法包括以下步骤:

[0051] 步骤(1):将93g(Wt、下同)W粉(1-2μm)、4gNi粉(羰基镍粉,1-3μm)、1.5gFe(2-5μm)、1.5gCo粉(1-2μm)、0.7gHfC(碳化铪)粉(0.4-0.8μm)加入硬质合金内壁球磨筒、酒精为介质,石蜡加入量为2g,硬质合金球为研磨球,球料比为3.5:1;球磨时间为55小时,球磨完成后过-350目筛网,沉淀24小时后过滤酒精、按常规工艺进行干燥,得到第一混合料;

[0052] 步骤(2):将步骤(1)所得第一混合料加入V型混合设备中,按照0.5g(Y和La净重量)比例加入钇(Y)和镧(La)复合络合物溶液(所述含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液可选自如$[Y(NH_3)_4](OH)_2$和$[La(NH_3)_4](OH)_2$组成,稀土金属Y和稀土金属La两者的重量比为1:2.5)进行搅拌混合。之后将V型混料器抽真空,达到150Pa时停止抽真空、向V型混料器中注入足量Ar保护气体,气压为1.1MPa;之后进行旋转混合,于300rpm下混合时间为15小时,混料结束后冷却24小时后方可打开混料器进行卸料,得到第二混合料;

[0053] 步骤(3):将步骤(2)所得第二混合料置于超声波微波组合反应仪器中进行微波-超声波协同处理,得到第三混合料;其中,所述微波-超声波协同处理的工作参数包括:微波功率为800W,超声波功率为495W,处理时间为3.5分钟;

[0054] 步骤(4):将步骤(3)所得第三混合料于4.5MPa压力下进行压制20s;将压制好的试样毛坯装入氧化铝粉末(≤200目、下同)铺底的钼舟中,在盖上3-5mm后氧化铝粉末,之后推入H_2气氛保护的马弗炉进行一次性烧结,烧结工艺为:试样脱蜡时间为3.5小时;烧结温度为1480℃,高温烧结时间为2.0小时;烧结出炉后采用喷砂机对试样进行喷砂处理;喷砂处理的工作参数包括:压力为1MPa,喷砂处理时间为50s。

[0055] 步骤(5):将步骤(4)烧结、喷砂处理的试样再次放入真空炉中进行真空回火处理(即高温回火和真空脱氢),舟皿为刚玉板;高温脱氢和回火温度为850℃,保温时间为1.5小时,真空度为5Pa;之后将真空回火处理的试样进行热旋锻,旋锻温度为950℃、N_2气氛保护,径向尺寸旋锻后变形量为40%;之后将热旋锻处理后的试样进行多重热处理,重复热处理次数为4次,每次的淬火温度逐次提高;其工艺如下:真空度为8Pa、温度为1200℃、保温时间为2小时,水淬(添加4%葡萄糖溶液),淬后不回火,得到所述具有弱低温脆性的钨合金。

[0056] 实施例2

[0057] 本例提供一种具有弱低温脆性的钨合金及其制备方法,与实施例1的区别仅在于:

[0058] 1)以重量百分数计,所述W粉、所述Ni粉、所述Fe粉、所述Co粉、所述HfC粉、所述石蜡和所述复合铬酸盐溶液的加入量分别依次为:93g、3g、1g、1g、0.5g、2g、0.3g;

[0059] 2)所述微波-超声波协同处理的工作参数包括:微波功率为750W,超声波功率为550W,处理时间为5分钟。

[0060] 实施例3

[0061] 本例提供一种具有弱低温脆性的钨合金及其制备方法,与实施例1的区别仅在于:

[0062] 1)以重量百分数计,所述W粉、所述Ni粉、所述Fe粉、所述Co粉、所述HfC粉、所述石蜡和所述复合铬酸盐溶液的加入量分别依次为:93g、5g、2g、2g、1g、2g、0.7g;

[0063] 2)所述微波-超声波协同处理的工作参数包括:微波功率为850W,超声波功率为420W,处理时间为2分钟。

[0064] 对比例1

[0065] 本例提供一种钨合金及其制备方法,与实施例1的区别仅在于:HfC粉的加入量调整为2g。

[0066] 对比例2

[0067] 本例提供一种钨合金及其制备方法,与实施例1的区别仅在于:HfC粉的加入量调整为0g。

[0068] 对比例3

[0069] 本例提供一种钨合金及其制备方法,与实施例1的区别仅在于:步骤(2)调整为:将步骤(1)所得第一混合料加入带有搅拌器的平底容器中,后加入按照0.5g(Y和La净重量)比例加入钇(Y)和镧(La)复合络合物溶液(所述含稀土金属Y和稀土金属La的复合络合物溶液可选自如$[Y(NH_3)_4](OH)_2$)和$[La(NH_3)_4](OH)_2$)组成,稀土金属Y和稀土金属La两者的重量比为1:2.5)进行搅拌混合,于300rpm下混合时间为15小时,混料结束后冷却24小时后方可打开混料器进行卸料,得到第二混合料。

[0070] 对比例4

[0071] 本例提供一种钨合金及其制备方法,与实施例1的区别仅在于:步骤(3)调整为:将步骤(2)所得第二混合料置于超声设备中进行超声处理,然后转移至微波仪器中继续微波处理,得到第三混合料;其中,所述超声处理的工作参数包括:超声波功率为495W,处理时间为3.5分钟;微波处理的工作参数包括:微波功率为800W,处理时间为3.5分钟。

[0072] 对比例5

[0073] 本例提供一种钨合金及其制备方法,与实施例1的区别仅在于:所述微波-超声波协同处理的工作参数包括:微波功率为420W,超声波功率为800W,处理时间为2分钟。

[0074] 测试例

[0075] 本例将实施例1~3和对比例1~5所得的钨合金以及常规现有93WNiFe合金根据常规金属材料物理性能测试所需试样尺寸进行加工,测试在不同温度(℃)下的冲击韧性(J·cm^{-2})/与室温性能保持率%;性能测试对照如表1所示。

[0076] 测试方法及标准:室温和低温冲击韧性采用GB/T 229-2007的检测方法进行试验,冲击韧性值执行HB 5144-96测试标准。

[0077] 表1

[0078]

试样样品	室温	-30℃	-60℃
实施例 1	162	157/97%	149/92%
实施例 2	140	133/95%	113/81%
实施例 3	146	140/96%	121/83%
对比例 1	111	100/90%	60/54%
对比例 2	94	80/85%	47/50%
对比例 3	119	104/87%	67/56%
对比例 4	105	88/84%	54/51%

[0079]

对比例 5	114	101/89%	67/59%
常规 93WNiFe	88	70/80%	39/44%

[0080] 由表1可知,相较于对比例及常规93WNiFe合金,本发明实施例提供的钨合金不仅显著提供了其室温下的冲击韧性,而且低温脆性效应并不明显,尤其是在-60℃测试本发明提供的高比重钨合金的冲击韧性依然达到室温时的80%以上,最高可达92%。

[0081] 另外,本例还对常规93WNiFe合金以及实施例1所得的钨合金进行微观表征,测试结果如图1～4所示。其中,图1为常规93WNiFe合金试样显微组织结构图;图2为本发明实施例1制备的钨合金试样显微组织结构图;图3为常规93WNiFe合金试样金相图(×1500);图4为本发明实施例1制备的钨合金试样金相图(×1500)。由图1～4可知:

[0082] 1)本发明明显的抑制了钨合金中的钨晶粒长大、细化了钨晶粒,而常规93W合金钨晶粒粗大。

[0083] 2)添加稀土Y和La使得钨合金烧结过程中产生活化烧结,降低了粘接相液相出现的温度、增加了粘接相液相的流动性,使得显微组织结构中钨晶粒之间的邻接率大幅降低,根据统计常规93W合金钨晶粒邻接度为45-48%,而新型技术方案制备的弱低温脆性钨合金钨晶粒邻接度为20-22%,几乎不到原有合金的1/2。

[0084] 3)本发明在钨合金显微组织结构中添加相HfC、稀土Y和La的存在均匀分散、很少存在于钨晶粒和粘接相的邻接边界;而常规93W合金钨晶粒和粘接相的邻接边界存在明显的析出相。

[0085] 4)本发明添加稀土Y和La的复合铬酸盐在烧结过程中发生分解、还原,使得稀土金属Y和La与混合料中存在的O、P、S、Si等有害杂质元素发生反应形成各种化合物、溶解于粘接相中;避免这些有害杂质元素和粘接相中Ni、Fe、Co及W等形成多元脆性化合物,严重影响钨合金物理性能。

[0086] 综上所述,本发明提供了一种具有弱低温脆性的钨合金及其制备方法和应用,一方面通过在93W高比重合金中粘接相以钴取代部分镍和铁,同时加入微量的超细HFC粉,另一方面利用特殊添加工艺配合微波-超声波协同处理、烧结处理、真空回火处理、热旋锻处理和多重热处理等步骤,实现了所得钨合金在低温时(≤-30℃)断裂规律与室温时没有明

显变化、裂纹扩展原理与室温时基本相同;在-60℃测试本发明提供的高比重钨合金的冲击韧性依然达到室温时的80%以上,最高可达92%,从而有效解决了现有钨合金存在低温脆性缺陷的问题。

[0087] 本发明的各种实施例可以以一个范围的形式存在;应当理解,以一范围形式的描述仅仅是因为方便及简洁,不应理解为对本发明范围的硬性限制;因此,应当认为所述的范围描述已经具体公开所有可能的子范围以及该范围内的单一数值。例如,应当认为从1到6的范围描述已经具体公开子范围,例如从1到3,从1到4,从1到5,从2到4,从2到6,从3到6等,以及所述范围内的单一数字,例如1、2、3、4、5及6,此不管范围为何皆适用。另外,每当在本文中指出数值范围,是指包括所指范围内的任何引用的数字(分数或整数)。

[0088] 以上所述仅是本发明的具体实施方式,使本领域技术人员能够理解或实现本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所申请的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

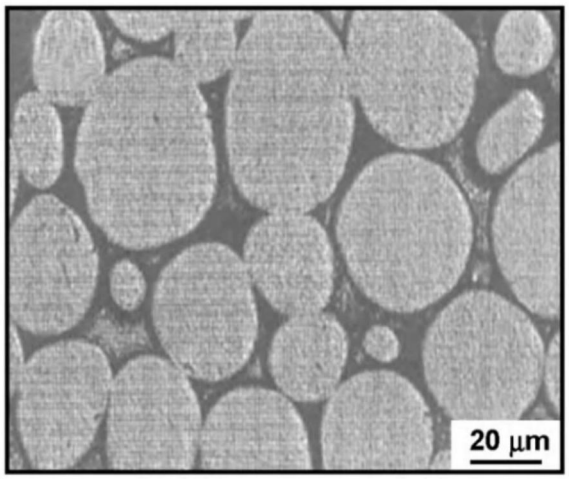


图1

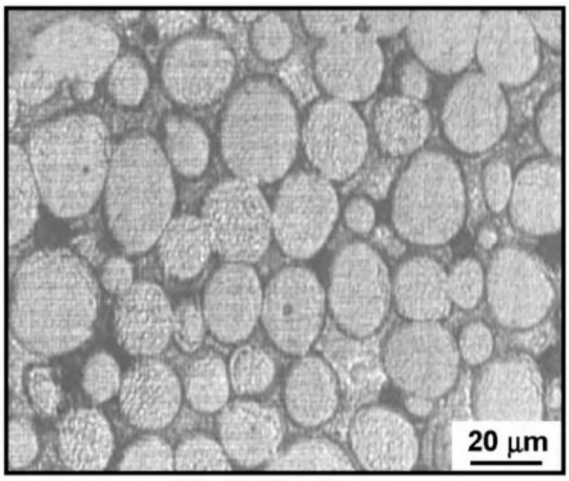


图2

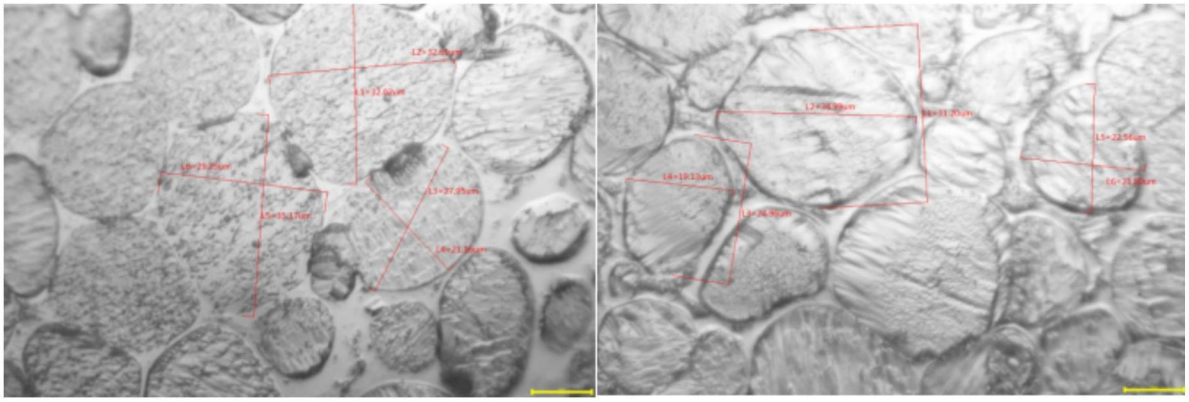


图3

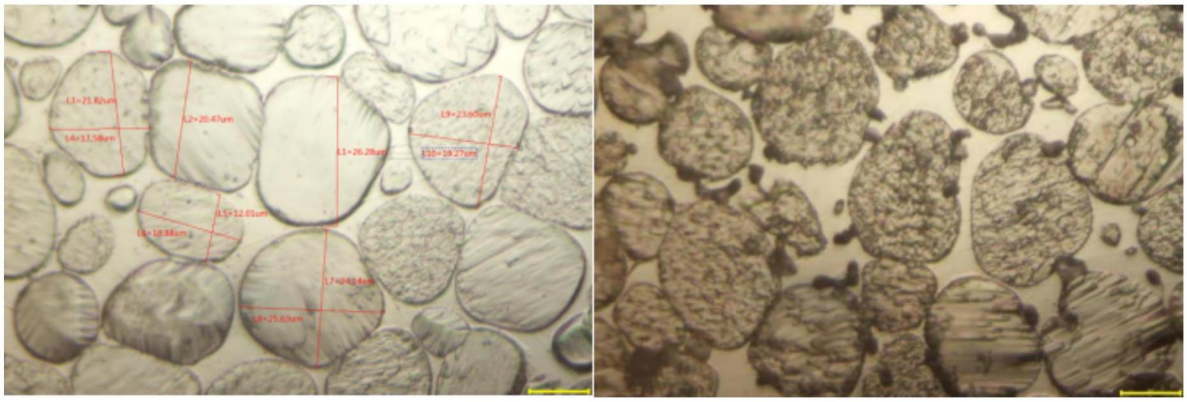


图4