



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105238951 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201510731404. 2

(22) 申请日 2015. 11. 02

(71) 申请人 苏州金仓合金新材料有限公司

地址 215412 江苏省苏州市太仓市陆渡镇郑  
和中路 88 号

(72) 发明人 孙飞 赵勇 赖万贤

(74) 专利代理机构 北京连和连知识产权代理有  
限公司 11278

代理人 杨帆

(51) Int. Cl.

*G22C 9/04*(2006. 01)

*G22C 1/02*(2006. 01)

*G22C 1/10*(2006. 01)

*G22C 32/00*(2006. 01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料

(57) 摘要

一种核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,铜基合金新材料的成分包含纳米级碳化硅(SiC)和铜合金( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ),其中,铜基合金新材料的各成分组成按体积百分比分别为:纳米级碳化硅(SiC):8-12%,铜合金( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ):88-92%。本发明的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,将纳米碳化硅(SiC)材料通过一定的技术手段均匀分布在现有的铜合金( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ )材料中,因此具有比现有的铜合金( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ )材料更高的强度、硬度、耐磨性以及耐腐蚀性,从而拓展原有的铜合金( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ )材料在核能蒸汽管道中的应用范围。

1. 一种核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,其特征在于,所述铜基合金新材料的成分包含纳米级碳化硅和铜合金  $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ,其中,所述铜基合金新材料的各成分组成按体积百分比分别为:所述纳米级碳化硅:8-12%,铜合金  $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ :88-92%。

2. 根据权利要求1所述的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,其特征在于,所述铜基合金新材料的各成分组成按体积百分比分别为:所述纳米级碳化硅:8.5-11.5%,铜合金  $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ :88.5-91.5%。

3. 根据权利要求1所述的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,其特征在于,所述纳米级碳化硅的粒径在  $30\ \mu m$ - $100\ \mu m$  范围内。

4. 根据权利要求1所述的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,其特征在于,所述铜合金  $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ 的铸造是按照国标 GB/T 1176-2013 的标准。

5. 一种上述权利要求1-4中任一项所述的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料的制备方法,包含以下步骤:

步骤1:将电解铜、锡、锌、铅按照重量比例放入电炉中熔炼;

步骤2:采用斯派克直读光谱仪对熔炼完成的铜合金  $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ 液体进行成分检测;

步骤3:将纳米级碳化硅粉体放入检验合格的铜合金  $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ 液体的表面,开启工频电炉的震动装置并用石墨棒进行搅拌以均匀混合,然后进一步升高温度到保持温度并在保持温度下保持;

步骤4:保温与铸造,将熔炼完成的铜基合金新材料保温,采用连续铸造的方式将铜基合金新材料铸造成铜基合金新材料棒材;

步骤5:将铸造完成的铜基合金新材料棒材进行表面车加工处理,并按照出厂标准包装。

6. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,步骤1中的熔炼温度为  $1050^\circ C$  - $1100^\circ C$ ,熔炼时间为3-5小时。

7. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,步骤3中的保持温度为  $1450^\circ C$  - $1550^\circ C$ ,保持时间为10-20分钟。

8. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,步骤4中的保温时间为10-20分钟,铸造温度为  $1300^\circ C$  - $1350^\circ C$ 。

## 一种核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料

### 技术领域

[0001] 本发明涉及铜基合金材料,特别是涉及一种核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料。

### 背景技术

[0002] 纳米碳化硅(SiC)是一种通过一定的技术条件,在普通碳化硅(SiC)材料的基础上制备而出的一种纳米材料。纳米碳化硅(SiC)具有纯度高、粒径小、分布均匀、比表面积大、高表面活性、松装密度低,极好的力学、热学、电学和化学性能,即具有高硬度、高耐磨性和良好的自润滑、高热传导率、低热膨胀系数及高温强度大等特点。

[0003] 国标铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)是一种多组分铸造青铜材料,具有易加工、铸造性能好、耐腐蚀等特性;主要应用于制造在海水、淡水和蒸汽中工作的管配件。但是,由于铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)材料自身的原因,在核驱动蒸汽系统中的应用受到较大限制。只有在保证铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)原有特性的前提下进一步提升该材料的强度才能拓展该材料在核蒸汽驱动系统中应用的要求。

### 发明内容

[0004] 针对上述现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种高强度的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料。

[0005] 为了实现上述发明目的,本发明采用的技术方案如下:

[0006] 一种核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,铜基合金新材料的成分包含纳米级碳化硅(SiC)和铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>),其中,铜基合金新材料的各成分组成按体积百分比分别为:纳米级碳化硅(SiC):8-12%,铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>):88-92%。

[0007] 进一步地,铜基合金新材料的各成分组成按体积百分比分别为:纳米级碳化硅(SiC):8.5-11.5%,铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>):88.5-91.5%。

[0008] 进一步地,纳米级碳化硅(SiC)的粒径在30 μm-100 μm范围内。

[0009] 进一步地,铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)的铸造是按照国标GB/T 1176-2013的标准。

[0010] 一种上述核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料的制备方法,包含以下步骤:

[0011] 步骤1:将电解铜、锡、锌、铅按照重量比例放入电炉中熔炼;

[0012] 步骤2:采用斯派克直读光谱仪对熔炼完成的铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)液体进行成分检测;

[0013] 步骤3:将纳米级碳化硅(SiC)粉体放入检验合格的铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)液体的表面,开启工频电炉的震动装置并用石墨棒进行搅拌以均匀混合,然后进一步升高温度到保持温度并在保持温度下保持;

[0014] 步骤4:保温与铸造,将熔炼完成的铜基合金新材料保温,采用连续铸造的方式将铜基合金新材料铸造成铜基合金新材料棒材;

[0015] 步骤 5:将铸造完成的铜基合金新材料棒材进行表面车加工处理,并按照出厂标准包装。

[0016] 进一步地,步骤 1 中的熔炼温度为 1050℃ -1100℃,熔炼时间为 3-5 小时。

[0017] 进一步地,步骤 3 中的保持温度为 1450℃ -1550℃,保持时间为 10-20 分钟。

[0018] 进一步地,步骤 4 中的保温时间为 10-20 分钟,铸造温度为 1300℃ -1350℃。

[0019] 本发明的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,将纳米碳化硅(SiC)材料通过一定的技术手段均匀分布在现有的铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)材料中,利用纳米级碳化硅(SiC)高硬度、高耐磨性和良好的自润滑及高温强度大的性能,实现合金材料的性能的进一步提升。本发明的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料具有比现有的铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)材料更高的强度、硬度、耐磨性以及耐腐蚀性,从而拓展原有的铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)材料在核能蒸汽管道中的应用范围。

### 具体实施方式

[0020] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,下面结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0021] 本发明提供的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料,铜基合金新材料的成分包含纳米级碳化硅(SiC)和铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>),其中,铜基合金新材料的各成分组成按体积百分比分别为:纳米级碳化硅(SiC):8-12%,铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>):88-92%。

[0022] 纳米级碳化硅(SiC)是通过已知的方法制得,纳米级碳化硅(SiC)的粒径在 30 μm-100 μm 范围内。铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)的铸造是按照国标 GB/T 1176-2013 的标准。

[0023] 本发明提供的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料的制备方法,包含以下步骤:

[0024] 步骤 1:按照国标 GB/T 1176-2013 的标准及铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)的化学成分要求将电解铜、锡、锌、铅按照重量比例放入电炉中熔炼,熔炼期间根据熔炉的体积大小控制铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)液体体积在熔炉体积的 99% 以下,熔炼温度为 1050℃ -1100℃,熔炼时间为 3-5 小时。

[0025] 步骤 2:采用斯派克直读光谱仪对熔炼完成的铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)液体进行成分检测,以确定铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)液体的化学成分在国标要求范围之内。

[0026] 步骤 3:将纳米级碳化硅(SiC)粉体放入检验合格的铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>)液体的表面,开启工频电炉的震动装置并用石墨棒进行搅拌以均匀混合,进一步升高温度到 1450℃ -1550℃并保持 10-20 分钟。

[0027] 步骤 4:保温与铸造,将熔炼完成的铜基合金新材料保温 10-20 分钟,采用连续铸造的方式将铜基合金新材料铸造成铜基合金新材料棒材,铸造温度为 1300℃ -1350℃;

[0028] 步骤 5:将铸造完成的铜基合金新材料棒材进行表面车加工处理,并按照出厂标准包装。

[0029] 实施例一:

[0030] 按体积百分比为:纳米级碳化硅(SiC):8%,铜合金(ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>):92%准备原

料。其中纳米级碳化硅 (SiC) 是通过已知的方法制得, 纳米级碳化硅 (SiC) 的粒径为  $30\ \mu\text{m}$ 。铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 的铸造是按照国标 GB/T 1176-2013 的标准。

[0031] 首先, 按照国标 GB/T 1176-2013 的标准及铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 的化学成分要求将电解铜、锡、锌、铅按照重量比例放入电炉中熔炼, 熔炼期间根据熔炉的体积大小控制铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 液体体积在熔炉体积的 99% 以下, 熔炼温度为  $1100^\circ\text{C}$ , 熔炼时间为 5 小时。

[0032] 接着, 采用斯派克直读光谱仪对熔炼完成的铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 液体进行成分检测, 以确定铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 液体的化学成分在国标要求范围之内。

[0033] 接着, 将纳米级碳化硅 (SiC) 粉体放入检验合格的铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 液体的表面, 开启工频电炉的震动装置并用石墨棒进行搅拌以均匀混合, 进一步升高温度到  $1550^\circ\text{C}$  并保持 20 分钟。

[0034] 接着, 保温与铸造, 将熔炼完成的铜基合金新材料保温 20 分钟, 采用连续铸造的方式将铜基合金新材料铸造成铜基合金新材料棒材, 铸造温度为  $1350^\circ\text{C}$  ;

[0035] 最后, 将铸造完成的铜基合金新材料棒材进行表面车加工处理, 并按照出厂标准包装。

[0036] 制备的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料的强度、硬度、耐磨性以及耐腐蚀性的衡量值分别比原有铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 材料提高了 61%、67%、29% 和 38%, 从而拓展原有铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 材料在核能蒸汽管道中的应用范围。

[0037] 实施例二:

[0038] 按体积百分比为: 纳米级碳化硅 (SiC) :8.5%, 铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) :91.5% 准备原料。其中纳米级碳化硅 (SiC) 是通过已知的方法制得, 纳米级碳化硅 (SiC) 的粒径为  $48\ \mu\text{m}$ 。铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 的铸造是按照国标 GB/T 1176-2013 的标准。

[0039] 首先, 按照国标 GB/T 1176-2013 的标准及铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 的化学成分要求将电解铜、锡、锌、铅按照重量比例放入电炉中熔炼, 熔炼期间根据熔炉的体积大小控制铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 液体体积在熔炉体积的 99% 以下, 熔炼温度为  $1080^\circ\text{C}$ , 熔炼时间为 4.5 小时。

[0040] 接着, 采用斯派克直读光谱仪对熔炼完成的铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 液体进行成分检测, 以确定铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 液体的化学成分在国标要求范围之内。

[0041] 接着, 将纳米级碳化硅 (SiC) 粉体放入检验合格的铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 液体的表面, 开启工频电炉的震动装置并用石墨棒进行搅拌以均匀混合, 进一步升高温度到  $1530^\circ\text{C}$  并保持 18 分钟。

[0042] 接着, 保温与铸造, 将熔炼完成的铜基合金新材料保温 18 分钟, 采用连续铸造的方式将铜基合金新材料铸造成铜基合金新材料棒材, 铸造温度为  $1340^\circ\text{C}$  ;

[0043] 最后, 将铸造完成的铜基合金新材料棒材进行表面车加工处理, 并按照出厂标准包装。

[0044] 制备的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料的强度、硬度、耐磨性以及耐腐蚀性的衡量值分别比原有铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 材料提高了 65%、70%、32% 和 40%, 从而拓展原有铜合金 ( $\text{ZCuSn}_3\text{Zn}_{11}\text{Pb}_4$ ) 材料在核能蒸汽管道中的应用范围。

[0045] 实施例三:

[0046] 按体积百分比为：纳米级碳化硅 (SiC) :10%，铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) :90% 准备原料。其中纳米级碳化硅 (SiC) 是通过已知的方法制得，纳米级碳化硅 (SiC) 的粒径为  $61\ \mu\text{m}$ 。铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 的铸造是按照国标 GB/T 1176-2013 的标准。

[0047] 首先，按照国标 GB/T 1176-2013 的标准及铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 的化学成分要求将电解铜、锡、锌、铅按照重量比例放入电炉中熔炼，熔炼期间根据熔炉的体积大小控制铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 液体体积在熔炉体积的 99% 以下，熔炼温度为  $1060^\circ\text{C}$ ，熔炼时间为 4 小时。

[0048] 接着，采用斯派克直读光谱仪对熔炼完成的铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 液体进行成分检测，以确定铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 液体的化学成分在国标要求范围之内。

[0049] 接着，将纳米级碳化硅 (SiC) 粉体放入检验合格的铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 液体的表面，开启工频电炉的震动装置并用石墨棒进行搅拌以均匀混合，进一步升高温度到  $1500^\circ\text{C}$  并保持 16 分钟。

[0050] 接着，保温与铸造，将熔炼完成的铜基合金新材料保温 16 分钟，采用连续铸造的方式将铜基合金新材料铸造成铜基合金新材料棒材，铸造温度为  $1320^\circ\text{C}$ ；

[0051] 最后，将铸造完成的铜基合金新材料棒材进行表面车加工处理，并按照出厂标准包装。

[0052] 制备的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料的强度、硬度、耐磨性以及耐腐蚀性的衡量值分别比原有铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 材料提高了 63%、70%、31% 和 43%，从而拓展原有铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 材料在在核能蒸汽管道中的应用范围。

[0053] 实施例一：

[0054] 按体积百分比为：纳米级碳化硅 (SiC) :11.5%，铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) :88.5% 准备原料。其中纳米级碳化硅 (SiC) 是通过已知的方法制得，纳米级碳化硅 (SiC) 的粒径为  $80\ \mu\text{m}$ 。铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 的铸造是按照国标 GB/T 1176-2013 的标准。

[0055] 首先，按照国标 GB/T 1176-2013 的标准及铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 的化学成分要求将电解铜、锡、锌、铅按照重量比例放入电炉中熔炼，熔炼期间根据熔炉的体积大小控制铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 液体体积在熔炉体积的 99% 以下，熔炼温度为  $1070^\circ\text{C}$ ，熔炼时间为 3.5 小时。

[0056] 接着，采用斯派克直读光谱仪对熔炼完成的铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 液体进行成分检测，以确定铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 液体的化学成分在国标要求范围之内。

[0057] 接着，将纳米级碳化硅 (SiC) 粉体放入检验合格的铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 液体的表面，开启工频电炉的震动装置并用石墨棒进行搅拌以均匀混合，进一步升高温度到  $1480^\circ\text{C}$  并保持 15 分钟。

[0058] 接着，保温与铸造，将熔炼完成的铜基合金新材料保温 15 分钟，采用连续铸造的方式将铜基合金新材料铸造成铜基合金新材料棒材，铸造温度为  $1320^\circ\text{C}$ ；

[0059] 最后，将铸造完成的铜基合金新材料棒材进行表面车加工处理，并按照出厂标准包装。

[0060] 制备的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料的强度、硬度、耐磨性以及耐腐蚀性的衡量值分别比原有铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 材料提高了 66%、71%、32% 和 41%，从而拓展原有铜合金 ( $ZCuSn_3Zn_{11}Pb_4$ ) 材料在在核能蒸汽管道中的应用范围。

[0061] 实施例五：

[0062] 按体积百分比为：纳米级碳化硅 (SiC) :12%，铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) :88% 准备原料。其中纳米级碳化硅 (SiC) 是通过已知的方法制得，纳米级碳化硅 (SiC) 的粒径为 100 μm。铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) 的铸造是按照国标 GB/T 1176-2013 的标准。

[0063] 首先，按照国标 GB/T 1176-2013 的标准及铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) 的化学成分要求将电解铜、锡、锌、铅按照重量比例放入电炉中熔炼，熔炼期间根据熔炉的体积大小控制铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) 液体体积在熔炉体积的 99% 以下，熔炼温度为 1050℃，熔炼时间为 3 小时。

[0064] 接着，采用斯派克直读光谱仪对熔炼完成的铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) 液体进行成分检测，以确定铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) 液体的化学成分在国标要求范围之内。

[0065] 接着，将纳米级碳化硅 (SiC) 粉体放入检验合格的铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) 液体的表面，开启工频电炉的震动装置并用石墨棒进行搅拌以均匀混合，进一步升高温度到 1450℃ 并保持 10 分钟。

[0066] 接着，保温与铸造，将熔炼完成的铜基合金新材料保温 10 分钟，采用连续铸造的方式将铜基合金新材料铸造成铜基合金新材料棒材，铸造温度为 1300℃；

[0067] 最后，将铸造完成的铜基合金新材料棒材进行表面车加工处理，并按照出厂标准包装。

[0068] 制备的核能蒸汽管道用高强度纳米级碳化硅铜基合金新材料的强度、硬度、耐磨性以及耐腐蚀性的衡量值分别比原有铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) 材料提高了 59%、65%、30% 和 41%，从而拓展原有铜合金 (ZCuSn<sub>3</sub>Zn<sub>11</sub>Pb<sub>4</sub>) 材料在核能蒸汽管道中的应用范围。

[0069] 以上所述实施例仅表达了本发明的实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。