



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 116445838 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 24

(21) 申请号 202310435359.0

C22B 9/18 (2006.01)

(22) 申请日 2023.04.21

C22C 1/02 (2006.01)

C22C 19/07 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B21J 5/00 (2006.01)

申请公布号 CN 116445838 A

B21B 3/00 (2006.01)

(43) 申请公布日 2023.07.18

(56) 对比文件

(73) 专利权人 北京钢研高纳科技股份有限公司

CN 102031462 A, 2011.04.27

地址 100089 北京市海淀区大柳树南村19

CN 110695282 A, 2020.01.17

号

审查员 殷晨亮

(72) 发明人 张亚玮 沈宇 毛赞惠 鞠泉

胥国华 张继

(74) 专利代理机构 北京维正专利代理有限公司

11508

专利代理师 张惠敏

(51) Int. Cl.

C22F 1/10 (2006.01)

权利要求书1页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

一种钴基变形高温合金及其制备方法与应用

(57) 摘要

本申请涉及钴基变形高温合金领域,具体公开了一种钴基变形高温合金及其制备方法与应用。本申请提供的钴基变形高温合金的制备方法包括以下步骤:真空感应熔炼、电渣重熔、变温循环均匀化处理、开坯锻造、轧制或锻造、热处理;热处理步骤具体为:将轧制或锻造获得的材料在900-1150℃下直接时效处理0.5-10h,获得钴基变形高温合金;上述钴基变形高温合金能够用于制备高冲击搅拌器、定向钻头、金属挤压或旋锻模具、核用钩爪组件、汽轮机叶片保护片、燃气轮机叶片保护片和枪械用调节器。利用本申请的钴基变形高温合金的制备方法获得的钴基变形高温合金不仅具备优异的耐磨性能,还具有很好的塑性和冲击韧性。

1. 一种Stellite 6B钴基变形高温合金的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:
真空感应熔炼、电渣重熔、变温循环均匀化处理、开坯锻造、轧制或锻造、热处理;
所述热处理步骤具体为:将所述轧制或锻造获得的材料在900-1150℃下直接时效处理0.5-10h,获得Stellite 6B钴基变形高温合金;
所述轧制或锻造的坯料加热温度为1150-1230℃,终轧或终锻的温度为900-1200℃,重复3~5火次,每火次变形量20-80%;
所述轧制或锻造步骤中,末火次坯料加热温度为1180-1230℃,末火次终轧或终锻的温度为900-1000℃,所述末火次的变形量为20-30%。
2. 根据权利要求1所述的钴基变形高温合金的制备方法,其特征在于,所述热处理步骤具体为:将所述轧制或锻造获得的材料在950-1100℃下直接时效处理1-6h,获得钴基变形高温合金。
3. 根据权利要求1所述钴基变形高温合金的制备方法,其特征在于,所述变温循环均匀化处理的具体步骤为:将所述电渣重熔获得的铸锭在高温1150-1220℃下处理2-10h,然后在低温850-1000℃下处理1-4h;以1次高温和1次低温为一个循环,重复上述循环2-5次;其中,高温处理的总时长为10-24h。
4. 根据权利要求3所述钴基变形高温合金的制备方法,其特征在于,所述变温循环均匀化处理的具体步骤为:将所述电渣重熔获得的铸锭在高温1190-1220℃下处理2-10h,然后在低温900-950℃下处理1-4h;以1次高温和1次低温为一个循环,重复上述循环3-4次;其中,高温处理的总时长为10-24h。
5. 根据权利要求1所述钴基变形高温合金的制备方法,其特征在于,所述开坯锻造的条件为:开坯锻造的坯料加热温度为1150-1220℃,终锻温度不小于900℃;重复4-6火次,每火次变形量不小于40%,获得锻坯。
6. 根据权利要求1所述钴基变形高温合金的制备方法,其特征在于,所述真空感应熔炼步骤中的浇铸温度为1400-1500℃;
所述电渣重熔步骤中,熔炼速度为0.4-2kg/min;所用渣系为(按重量百分比计): CaF_2 50-65%; CaO 15-25%、 Al_2O_3 10-25%。
7. 一种利用权利要求1-6任一项所述钴基变形高温合金的制备方法制得的钴基变形高温合金。
8. 一种制品,其特征在于,采用权利要求7所述的钴基变形高温合金制备而成。
9. 根据权利要求8所述的制品,其特征在于,所述制品为高冲击搅拌器、定向钻头、金属挤压模具、旋锻模具、核用钩爪组件、汽轮机叶片保护片、燃气轮机叶片保护片或枪械用调节器。

一种钴基变形高温合金及其制备方法与应用

技术领域

[0001] 本申请涉及钴基高温合金技术领域,更具体涉及一种钴基变形高温合金及其制备方法与应用。

背景技术

[0002] 钴基高温合金是一种应用于600-1100℃高温条件下的金属材料。钴基高温合金以钴为主要元素,同时含有较多铬、钨、镍元素,适量碳元素和少量的钼、锰、硅等元素。钴基高温合金由于能够大量析出铬、钨、钼的碳化物,且合金基体具备应变硬化效应,因此,钴基高温合金具有优异的耐磨性能。然而,研究发现,将上述钴基高温合金加工成高冲击搅拌器、汽轮机叶片保护片、定向钻头时,所得器件的韧性较差,难以承受 $\geq 60\text{J}$ 的冲击力。因此,为进一步提高钴基高温合金的韧性,通常需要对钴基高温合金铸锭进行高温锻造、轧制等热加工处理,从而使脆硬的钴基高温合金铸锭转化为高韧性的钴基高温耐磨合金。

[0003] Stellite 6B合金是常见的钴基高温合金之一,该合金的制备方法包括高温锻造、轧制、固溶处理等步骤,通过上述步骤获得的Stellite 6B合金具有良好的冲击韧性和拉伸塑性,以及较好的耐磨损性能,因此该钴基高温合金仅用于制造对耐磨性要求不高的器件,例如阀门。然而,部分耐磨器件例如高冲击搅拌器,对钴基高温合金的耐磨性要求很高。因此,为了满足更高的耐磨性要求,研究人员发现,对固溶处理后的钴基高温合金进行850-980℃的时效处理,能够使钴基高温合金中析出较大量的 M_{23}C_6 型碳化物,从而改善了合金的耐磨性能;但同时发现,在时效处理过程中,富铬的 M_{23}C_6 型碳化物倾向于沿晶界或孪晶界以接近连续的状态析出,又导致了钴基高温合金的冲击韧性和拉伸塑性显著下降。

[0004] 因此,目前急需研究一种钴基高温合金的制备方法,以获得同时具备优异耐磨损性能及良好塑性和冲击韧性的钴基高温合金。

发明内容

[0005] 为了获得一种耐磨损性能优异、塑性佳和冲击韧性良好的钴基高温合金,本申请提供一种钴基变形高温合金及其制备方法与应用。

[0006] 第一方面,本申请提供了一种钴基变形高温合金的制备方法,包括以下步骤:

[0007] 一种钴基变形高温合金的制备方法,包括以下步骤:真空感应熔炼、电渣重熔、变温循环均匀化处理、开坯锻造、轧制或锻造、热处理;

[0008] 所述热处理步骤具体为:将所述轧制或锻造获得的材料在900-1150℃下直接时效处理0.5-10h;然后在20-30℃下水冷,获得钴基变形高温合金。

[0009] 本申请中,首先对材料进行一系列真空感应熔炼、电渣重熔、变温循环均匀化处理、开坯锻造及型材轧制或锻造处理,使得材料获得了均匀的组织,并且组织中的一次碳化物充分破碎、离散;然后对获得的材料在900-1150℃下直接时效处理0.5-10h,能够改变材料内的组织和晶粒度,使组织的晶粒更为细小,并且析出一定量的二次碳化物,由于析出的二次碳化物尺寸相对较大,形貌上趋于等轴化,且在晶内和晶界均匀分布,可以避免一般固

溶+时效处理获得的材料因组织中碳化物在晶界近连续分布而产生的脆化问题,在提高钴基变形高温合金耐磨性的同时,保证了钴基变形高温合金具有很好的塑性和冲击韧性。

[0010] 本申请中,“直接时效处理”是指:轧制或锻造获得的材料无需进行固溶处理,直接进行时效处理。

[0011] 本申请中,当热处理的温度大于1150℃时,即超过了二次碳化物的析出温度时,会使合金的耐磨性能急剧下降;当热处理温度小于900℃时,材料内部再结晶不够充分,二次碳化物倾向于沿晶界连续析出,会导致合金的塑韧性显著下降,因此本申请对轧制或锻造后的材料直接进行时效热处理,并将热处理温度控制在900-1150℃之间,能够获得一种耐磨性、塑性和冲击韧性俱佳的钴基变形高温合金。

[0012] 在一些实施方案中,所述时效处理温度可以为900-950℃、900-1000℃、900-1050℃、900-1100℃、950-1000℃、950-1050℃、950-1100℃、950-1150℃、1000-1050℃、1000-1100℃、1000-1150℃、1050-1100℃、1050-1150℃或1100-1150℃。

[0013] 在一些具体的实施方案中,所述时效处理温度还可以为900℃、950℃、1000℃、1050℃、1100℃或1150℃。

[0014] 在一些实施方案中,所述时效处理时间可以为0.5-1h、0.5-3h、0.5-6h、1-3h、1-6h、1-10h、3-6h、3-10h或6-10h。

[0015] 在一些具体的实施方案中,所述时效处理时间还可以为0.5h、1h、3h、6h或10h。

[0016] 优选地,所述热处理步骤具体为:将所述轧制或锻造获得的材料在950-1100℃下时效处理1-6h,获得钴基变形高温合金。

[0017] 本申请进一步将热处理步骤中的时效处理温度与时间控制在上述范围内,获得的钴基变形高温合金的耐磨性更佳、塑性与冲击韧性更好。

[0018] 优选地,所述变温循环均匀化处理的具体步骤为:将所述电渣重熔获得的铸锭在高温1150-1220℃下处理2-10h,然后在低温850-1000℃下处理1-4h;以1次高温和1次低温为一个循环,重复上述循环2-5次;其中,高温处理的总时长为10-24h。

[0019] 本申请中,将铸锭进行变温循环均匀化处理,目的的一方面是使铸锭中的元素充分扩散均匀,消除偏析,以提高铸锭的均匀性和热加工性能;另一方面是使初生一次碳化物的尖角充分溶解,降低锻造和轧制过程中产生局部应力集中的可能性,从而保证锻造和轧制过程中的成材率。当均匀化处理的高温温度低于1150℃时,铸锭中的元素不能充分扩散均匀,初生一次碳化物尖角溶解缓慢,铸锭在锻造和轧制过程中的成材率较低;当均匀化处理的高温温度高于1220℃时,铸锭组织中晶粒逐渐增大,晶界容易过烧,合金的热变形工艺性能反而下降。因此,本申请将均匀化处理的高温温度在1150-1220℃范围内,既能使铸锭内部元素分散均匀,又能使铸锭中初生一次碳化物尖角充分溶解,最终获得的钴基变形高温合金铸锭的热变形工艺性能更佳。

[0020] 在一些实施方案中,所述变温循环均匀化处理中的高温温度可以为1150-1190℃或1190-1220℃。

[0021] 在一个具体的实施方案中,所述变温循环均匀化处理中的高温温度还可以为1150℃、1190℃或1220℃。

[0022] 在一些实施方案中,所述变温循环均匀化处理中的低温温度可以为850-900℃、850-950℃、900-950℃、900-1000℃或950-1000℃。

[0023] 在一个具体的实施方案中,所述变温循环均匀化处理中的低温温度还可以为850℃、900℃、950℃或1000℃。

[0024] 优选地,所述变温循环均匀化处理的具体步骤为:将所述电渣重熔获得的铸锭在高温1190-1220℃下处理2-10h,然后在低温900-950℃下处理1-4h;以1次高温和1次低温为一个循环,重复上述循环3-4次;其中,高温处理的总时长为10-24h。

[0025] 优选地,所述开坯锻造的条件为:开坯锻造的坯料加热温度为1150-1220℃,终锻温度不小于900℃;重复4-6火次,每火次变形量不小于40%,获得锻坯。

[0026] 本申请中,将均匀化处理后的铸锭进行开坯锻造,并将锻造的条件控制在上述范围内,能够使得铸锭内的组织更加均匀,组织中的一次碳化物能够进一步充分破碎、离散,有效避免一次碳化物的聚集,为后续工艺改善合金的力学性能和磨损性能做好基础。

[0027] 在一些实施方案中,所述开坯锻造的坯料加热温度可以为1150-1180℃、1150-1220℃、或1180-1220℃。

[0028] 在一个具体的实施方案中,所述开坯锻造的坯料加热温度还可以为1150℃、1180℃或1220℃。

[0029] 优选地,所述轧制或锻造的坯料加热温度为1150-1230℃,终轧或终锻的温度为900-1200℃,重复3~5火次,每火次变形量20-80%。

[0030] 本申请中,在轧制或锻造步骤中:根据产品要求,选择对所述锻坯进行轧制或锻造;当产品为板材或棒材时,对所述锻坯进行轧制;

[0031] 当产品为锻件时,对所述锻坯进行锻造。

[0032] 本申请通过采用轧制或锻造步骤,并且将轧制步骤的温度及每火次变形量调整至上述范围,能够获得不同尺寸的合金板材、棒材或者锻件,进而能够用于制备不同领域的多种耐磨器件。

[0033] 优选地,所述轧制或锻造步骤中,末火次坯料加热温度为1180-1230℃,末火次终轧或终锻的温度为900-1000℃,所述末火次的变形量为20-30%。

[0034] 本申请中,采用多火次轧制或多火次锻造和热处理相结合的方式进行制备钴基变形高温合金,尤其是轧制过程中末火次的加热温度、终轧温度和变形量与热处理之间存在相互作用关系,上述参数直接影响钴基变形高温合金的耐磨性、塑性和冲击韧性。因此将上述参数的取值控制在上述范围内,能够获得耐磨性高、塑性与冲击韧性佳的钴基变形高温合金。

[0035] 在一些实施方案中,所述终轧或终锻的温度可以为900-950℃或950-1000℃。

[0036] 在一个具体的实施方案中,所述终轧或终锻的温度还可以为900℃、950℃或1000℃。

[0037] 优选地,所述真空感应熔炼步骤中的浇铸温度为1400-1500℃;

[0038] 所述电渣重熔步骤中,熔炼速度为0.4-2kg/min;所用渣系为(按重量百分比计): CaF_2 50-65%; CaO 15-25%、 Al_2O_3 10-25%。

[0039] 第二方面,本申请提供了一种钴基变形高温合金。

[0040] 一种钴基变形高温合金,利用所述钴基变形高温合金的制备方法制得。

[0041] 第三方面,本申请提供了一种采用所述钴基变形高温合金制备而成的制品。

[0042] 优选地,所述制品为高冲击搅拌器、定向钻头、金属挤压模具、旋锻模具、核用钩爪

组件、汽轮机叶片保护片、燃气轮机叶片保护片或枪械用调节器。

[0043] 由于上述高冲击搅拌器、定向钻头、金属挤压模具等在使用中需要承受振动、冲击及交变载荷等复杂工况,因此对材料的耐磨性、塑性及韧性提出了很高的要求。本申请提供的钴基变形高温合金具有优异的耐磨性能及良好的塑性佳和冲击韧性,利用该钴基变形高温合金制备上述器件,所得器件的耐磨性好、塑性与韧性优异,其磨损减重量为 $<0.75\text{g}$,室温拉伸平均延伸率 $\geq 8.0\%$,冲击功 $\geq 63\text{J}$,因此能够满足长时间承受振动、冲击及交变载荷的器件的使用要求。

[0044] 综上所述,本申请具有以下有益效果:

[0045] 1、本申请采用真空感应熔炼、电渣重熔、变温循环均匀化处理、开坯锻造、轧制或锻造、热处理等步骤,并且将热处理步骤中的温度控制在 $900-1150^{\circ}\text{C}$ 之间、时间控制在 $0.5-10\text{h}$ 之间,能够制备出一种耐磨性优异,塑性和冲击韧性俱佳的钴基变形高温合金,该钴基变形高温合金能够满足特定耐磨器件的使用要求。

[0046] 2.本申请进一步将直接时效热处理温度控制在 $950-1100^{\circ}\text{C}$ 之间,时间控制在 $1-6\text{h}$ 之间,获得的钴基变形高温合金的耐磨性与塑性更好,塑性和冲击韧性更佳。

[0047] 3.本申请对电渣重熔获得的铸锭进行了变温循环均匀化处理,并且进一步将均匀化处理温度在 $1150-1220^{\circ}\text{C}$ 范围内,所得钴基变形高温合金的成材率高、综合性能优异。

[0048] 4.本申请的轧制或锻造步骤均采用多火次轧制或多火次锻造的方式进行,通过控制轧制或锻造的末火次坯料加热温度、末火次终轧温度和末火次变形量,能够获得耐磨性、塑性和冲击韧性俱佳的钴基变形高温合金。

附图说明

[0049] 图1为实施例1所得钴基高温变形合金的金相组织。

[0050] 图2为对比例4所得钴基变形高温合金的金相组织。

[0051] 图3为对比例5所得钴基变形高温合金的金相组织。

具体实施方式

[0052] 以下结合附图和实施例对本申请作进一步详细说明。

[0053] 本申请提供一种钴基变形高温合金的制备方法,包括以下步骤:

[0054] (1) 真空感应熔炼:利用真空感应熔炼技术,按照以下化学成分含量配制并进行高温浇铸,获得钴基变形高温合金,形成电极棒,浇铸温度为 $1400-1500^{\circ}\text{C}$;

[0055] 钴基变形高温合金的化学成分如下:C $0.70-1.30$;Cr $27.0-32.0$;Ni $1.0-2.8$;W $3.50-5.50$;Mo $0.50-1.50$;Mn $0.50-1.70$;Si $0.20-1.50$;Fe不大于 3.00 ;S不大于 0.03 ;P不大于 0.04 ;余量为Co。

[0056] (2) 电渣重熔:利用电渣重熔连续定向凝固结晶器中将步骤(1)浇铸的电极棒重熔,制备得到铸锭;其中,熔炼速度为 $0.4-2\text{kg}/\text{min}$;所用渣系为(按重量百分比计): CaF_2 $50-65\%$;CaO $15-25\%$ 、 Al_2O_3 $10-25\%$ 。

[0057] (3) 变温循环均匀化处理:将电渣重熔获得的铸锭在高温 $1150-1220^{\circ}\text{C}$ 下处理 $2-10\text{h}$,然后在低温 $850-1000^{\circ}\text{C}$ 下处理 $1-4\text{h}$;以1次高温和1次低温为一个循环,重复上述循环 $2-5$ 次;其中,高温处理的总时长为 $10-24\text{h}$;进一步地,高温处理的温度为 $1190-1220^{\circ}\text{C}$,低温

处理的温度为900-950℃。

[0058] (4) 开坯锻造:将变温循环均匀化处理后的铸锭进行多向开坯锻造,开坯锻造的温度为1150-1220℃,终锻温度不小于900℃;重复4-6火次,每火次变形量不小于40%,获得锻坯。

[0059] (5) 轧制或锻造:根据产品要求,对所述锻坯进行轧制或锻造;

[0060] 当产品为板材或棒材时,对所述锻坯进行轧制;

[0061] 当产品为锻件时,对所述锻坯进行锻造;

[0062] 轧制或锻造的坯料加热温度为1150-1230℃,重复3~5火次,每火次变形量20-80%;其中,末火次加热温度为1180-1230℃,终轧温度为900-1000℃,所述末火次的变形量为20-30%。

[0063] (6) 热处理:将轧制或锻造获得的材料在900-1150℃下时效处理0.5-10h后冷却,获得钴基变形高温合金;进一步地,热处理的时间为950-1100℃,时效处理的时间为1-6h;其中,冷却可以为水冷、空冷、油冷或风冷。

[0064] 本申请中使用的原材料等均可通过商购获得。

[0065] 以下结合制备例、实施例、性能检测试验及附图说明对本申请作进一步详细说明。

[0066] 制备例1

[0067] 制备例1提供一种钴基变形高温合金铸锭。

[0068] 上述钴基变形高温合金铸锭的制备方法为:

[0069] (1) 真空感应熔炼:利用真空感应熔炼技术,按照以下化学成分含量配制并进行高温浇铸,获得钴基变形高温合金,形成电极棒,浇铸温度为1450℃;

[0070] 钴基变形高温合金的化学成分如下:C 1.0%;Cr 30.0%;Ni 0.6%;W 4.55%;Mo 1.25%;Mn 1.2%;Si 1.20%;Fe≤3.00%;S≤0.03%;P≤0.04%;余量为Co。上述高温合金的成分配比依照牌号为Stellite 6B的钴基高温合金。

[0071] (2) 电渣重熔:利用电渣重熔连续定向凝固结晶器中将步骤(1)浇铸的电击棒重熔,制备得到钴基变形高温合金铸锭;其中,熔炼速度为1kg/min;所用渣系为(按重量百分比计):CaF₂ 65%;CaO 25%、Al₂O₃ 10%。

[0072] 对制备例1获得的钴基变形高温合金铸锭的成分进行检测,结果如表1所示。

[0073] 表1制备例1提供的铸锭成分含量

[0074]	元素	C	Cr	Ni	W	Mo	Mn
	含量 (%)	1.02	29.68	0.60	4.52	1.23	1.19

[0075]	元素	Si	Fe	S	P	Co	-
	含量 (%)	1.20	0.057	0.0006	0.0015	余量	

[0076] 实施例

[0077] 实施例1

[0078] 实施例1提供一种钴基变形高温合金棒材。

[0079] 上述钴基变形高温合金棒材的制备包括以下步骤：

[0080] (1) 变温循环均匀化处理：将制备例1获得的钴基变形高温合金铸锭在高温1190℃下处理6h，然后在低温900℃下处理2h；以1次高温和1次低温为一个循环，重复上述循环3次；其中，高温处理的总时长为18h。

[0081] (2) 开坯锻造：将变温循环均匀化处理后的铸锭进行多向开坯锻造，开坯锻造的温度为1180℃，终锻温度为900℃；重复5火次，每火次变形量为40%，获得锻坯。

[0082] (3) 轧制：将锻坯轧制为20mm直径的棒材，重复4火次轧制；

[0083] 第一火次的加热温度为1200℃，终轧温度为1100℃，变形量为50%；

[0084] 第二火次的加热温度为1200℃，终轧温度为1100℃，变形量为50%；

[0085] 第三火次的加热温度为1200℃，终轧温度为1100℃，变形量为50%；

[0086] 第四火次的加热温度为1200℃，终轧温度为950℃，变形量为25%；

[0087] (4) 热处理：将轧制获得的材料在1050℃下时效处理3h；然后在25℃下水冷，获得钴基变形高温合金棒材。

[0088] 实施例2-10

[0089] 按照实施例1的方法进行实施例2-10，不同之处在于：(4) 热处理步骤中的时效处理温度与时间，具体如表2所示。

[0090] 表2实施例2-10的热处理步骤中的时效处理温度与时间

实施例	温度 (℃)	时间 (h)
2	900	3
3	950	
4	1000	
5	1100	
6	1150	
7	1050	0.5
8		1
9		6
10		10

[0093] 实施例11-15

[0094] 按照实施例1的方法进行实施例11-15，不同之处在于：(1) 变温循环均匀化处理步骤中的高温温度与低温温度，具体如表3所示。

[0095] 表3实施例11-15的热处理步骤中的高温温度与低温温度

实施例	高温温度 (℃)	低温温度 (℃)
11	1150	900
12	1220	900
13	1190	850

14	1190	950
15	1190	1000

[0097] 实施例16

[0098] 按照实施例1的方法进行实施例16,不同之处在于:实施例16的(2)开坯锻造步骤中,开坯锻造的温度为1150℃,终锻温度为900℃。

[0099] 实施例17

[0100] 按照实施例1的方法进行实施例17,不同之处在于:实施例17的(2)开坯锻造步骤中,开坯锻造的温度为1220℃,终锻温度为900℃。

[0101] 实施例18

[0102] 按照实施例1的方法进行实施例18,不同之处在于:(3)轧制步骤中,第四火次的加热温度为1200℃,终轧温度为900℃,变形量为25%。

[0103] 实施例19

[0104] 按照实施例1的方法进行实施例19,不同之处在于:(3)轧制步骤中,第四火次的加热温度为1200℃,终轧温度为1000℃,变形量为25%。

[0105] 实施例20

[0106] 按照实施例1的方法进行实施例20,不同之处在于:(3)轧制步骤中,第四火次的加热温度为1200℃,终轧温度为1050℃,变形量为25%。

[0107] 对比例1

[0108] 按照实施例1的方法进行对比例1,不同之处在于:步骤(4)热处理步骤中的时效处理温度为880℃,时间为5h。

[0109] 对比例2

[0110] 按照实施例1的方法进行对比例2,不同之处在于:步骤(4)热处理步骤中的时效处理温度为1175℃,时间为5h。

[0111] 对比例3

[0112] 按照实施例1的方法进行对比例3,不同之处在于:步骤(3)轧制步骤。

[0113] (3)轧制:将锻坯轧制为20mm直径的棒材,重复4火次轧制;

[0114] 第一火次的加热温度为1200℃,终轧温度为1100℃,变形量为50%;

[0115] 第二火次的加热温度为1200℃,终轧温度为1100℃,变形量为50%;

[0116] 第三火次的加热温度为1200℃,终轧温度为1100℃,变形量为50%;

[0117] 第四火次的加热温度为1200℃,终轧温度为1100℃,变形量为25%;

[0118] 对比例4

[0119] 按照实施例1的方法进行对比例4,不同之处在于,步骤(4)热处理。

[0120] (4)热处理:将轧制获得的材料置于1235℃的温度下进行固溶处理,保温时间为5h,然后进行空冷至室温,制得钴基变形高温合金棒材。

[0121] 对比例5

[0122] 按照实施例1的方法进行对比例5,不同之处在于,步骤(4)热处理。

[0123] (4)热处理:将轧制获得的材料置于1235℃的温度下进行固溶处理,保温时间为5h,然后在980℃下进行时效处理,保温12h后空冷至室温,制得钴基变形高温合金棒材。

[0124] 组织形貌观察

[0125] 通过扫描电镜观察实施例1、对比例4-5获得的钴基变形高温合金棒材的微观组织形貌,如图1-3所示。

[0126] 由图1-3可知,实施例1获得的钴基变形高温合金的组织均匀(如图1所示),较大的一次碳化物呈近等轴状,富Cr含W的 $M_{23}C_6$ 型二次碳化物弥散分布于晶内和晶界,说明上述钴基变形高温合金在具备耐磨性的同时兼具良好的塑韧性;对比例4获得的钴基变形高温合金组织均匀(如图2所示),较大的一次碳化物呈近等轴状,但未见二次碳化物析出,因此该钴基变形高温合金的塑韧性优异但耐磨性不足;对比例5获得的钴基变形高温合金组织均匀(如图3所示),较大的一次碳化物呈近等轴状,富Cr含W和富Mo的 $M_{23}C_6$ 型二次碳化物交替连续分布于晶界,说明该钴基变形高温合金的耐磨性能优异但塑韧性不足。因此,说明利用本申请提供的钴基变形高温合金的制备方法能够获得一种耐磨性、塑性和冲击韧性俱佳的钴基变形高温合金。

[0127] 性能检测试验

[0128] 对实施例1-20、对比例1-5获得的钴基变形高温合金棒材进行性能测试,包括耐磨损性能检测,拉伸性能检测和冲击性能检测,具体检测结果如表4所示。

[0129] (1) 磨损性能检测:按照GB/T12444-2006《金属材料磨损试验方法》,采用粘着磨损试验,载荷25kg,采用标准热处理状态的GH5605合金为摩擦副,试验10万转磨损后,检测 $\phi 40$ (外径) $\times \phi 16$ (内径) $\times 10$ mm环形试样(钴基变形高温合金)减重量。减重量表示耐磨损性能,减重量越小,耐磨损性能越好。

[0130] (2) 室温拉伸平均延伸率检测:参照GB/T 228.1-2021《金属材料拉伸试验第1部分:室温试验方法》对钴基变形高温合金棒材的延伸率进行检测,每种平行检测5次取平均值。

[0131] (3) 冲击检测:参照GB/T 229-2020《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》对钴基变形高温合金棒材的耐冲击性进行检测,耐冲击性能利用冲击功表示,冲击功越大表明耐冲击性越好,材料的韧性越好。

[0132] 表4性能检测结果

[0133]

组别	减重量/g	室温拉伸平均延伸率/%	冲击功/J
实施例 1	0.51	11.1±0.9	82
实施例 2	0.46	8.3±1.0	63
实施例 3	0.48	9.6±0.8	68
实施例 4	0.5	10.4±1.3	75
实施例 5	0.6	11.9±1.1	78
实施例 6	0.73	12.2±1.2	85
实施例 7	0.49	9.3±1.3	67
实施例 8	0.5	10.8±1.2	76
实施例 9	0.55	11.5±0.9	77
实施例 10	0.63	11.7±1.1	73
实施例 11	0.66	9.8±1.9	69
实施例 12	0.52	11.2±1.2	75
实施例 13	0.63	10.5±1.5	71
实施例 14	0.58	11.0±1.6	74
实施例 15	0.61	11.0±1.9	72

[0134]

实施例 16	0.53	11.2±1.8	74
实施例 17	0.56	12.1±1.7	73
实施例 18	0.62	11.0±1.3	79
实施例 19	0.67	10.4±1.2	82
实施例 20	0.71	9.6±1.3	84
对比例 1	0.68	5.1±0.6	44
对比例 2	1.23	10.3±1.2	145
对比例 3	0.75	9.5±1.2	57
对比例 4	1.35	11.3±0.9	135
对比例 5	0.49	6.2±0.7	46

[0135] 根据表4的检测结果可知,本申请实施例1-20获得的钴基变形高温合金棒材的磨损减重量为0.46-0.73g,室温拉伸平均延伸率 $\geq 8.0\%$,冲击功 $\geq 63\text{J}$,说明利用本申请提供的钴基变形高温合金得的制备方法,仅通过时效处理,制备了耐磨损性能好、塑性与韧性俱

佳的钴基变形高温合金,该钴基变形高温合金能够满足高冲击搅拌机器、定向钻头、金属挤压模具等需要长时间承受振动、冲击及交变载荷的器件的使用要求。

[0136] 对比例4的热处理步骤通过固溶处理获得的钴基变形高温合金棒材的室温拉伸平均延伸率为11.3%,冲击功为135J,但是其磨损减重量高达1.35g,说明仅采用固溶处理的方法,获得的钴基变形高温合金棒材的耐磨损性能较差,不满足高冲击搅拌机器、定向钻头、金属挤压模具等需要长时间承受振动、冲击及交变载荷的器件的使用要求。

[0137] 对比例5的热处理步骤通过固溶处理+时效处理获得的钴基变形高温合金棒材的室温拉伸平均延伸率仅为6.2%,冲击功仅为46J,说明通过固溶处理+时效处理的方法,获得的钴基变形高温合金棒材的塑性与韧性较差,不满足高冲击搅拌机器、定向钻头、金属挤压模具等需要长时间承受振动、冲击及交变载荷的器件的使用要求。

[0138] 由此可知,本申请利用时效处理的方法,能够制备耐磨损性能好、塑性与韧性俱佳的钴基变形高温合金,该类合金能够用于制备长时间承受振动、冲击及交变载荷的器件。

[0139] 根据实施例1-10、对比例1-2的检测结果显示,对比例1获得的钴基变形高温合金棒材的室温拉伸平均延伸率仅为5.1%,冲击功仅为44J,说明该钴基变形高温合金棒材的塑性与冲击韧性较差;对比例2获得的钴基变形高温合金棒材的磨损减重量高达1.23g,说明该钴基变形高温合金棒材的耐磨损性能较差;而实施例1-10获得的钴基变形高温合金棒材的磨损减重量为0.46-0.73g,室温拉伸平均延伸率为8.3-12.2%,冲击功为63-85J,说明本申请将热处理步骤中的时效处理温度控制在900-1150℃,时间控制在0.5-10h,并在室温下进行冷却,能够获得耐磨损性能好、塑性与冲击性能优异的钴基变形高温合金。

[0140] 进一步对比发现,实施例1、实施例3-5、实施例8-9获得的钴基变形高温合金棒材的磨损减重量为0.48-0.60g,室温拉伸平均延伸率为9.6-11.9%,冲击功为68-82J,说明本申请进一步将热处理步骤中的时效处理温度控制在950-1100℃,时间控制在1-6h,获得的钴基变形高温合金的耐磨损性能、塑性佳和抗冲击性能的综合性能更好。根据实施例1、实施例11-15的检测结果显示,实施例1、实施例12和实施例14获得的钴基变形高温合金棒材的综合性能明显优于实施例11、实施例13和实施例15,说明本申请进一步将变温循环均匀化处理步骤中的高温温度控制在1190-1220℃之间,低温温度控制在900-950℃之间,能够获得耐磨损性能更好、塑性与冲击性能更优异的钴基变形高温合金。

[0141] 根据实施例1、实施例16-17的检测结果显示,实施例1、实施例16-17获得的钴基变形高温合金棒材的磨损减重量 $\leq 0.60\text{g}$,室温拉伸平均延伸率 $\geq 11.0\%$,冲击功 $\geq 73\text{J}$,说明本申请将锻造步骤中的锻造温度控制为1150-1220℃,终锻温度控制不小于900℃,能够获得综合性能更佳优异的钴基变形高温合金。

[0142] 根据实施例1、实施例18-20、对比例3的检测结果显示,实施例1、实施例18-19获得的钴基变形高温合金棒材的磨损减重量为0.51-0.67g,室温拉伸平均延伸率为10.4-11.1%,冲击功为71-82J,而实施例20获得的钴基变形高温合金棒材的磨损减重量为0.71g,室温拉伸平均延伸率为9.6%,冲击功为84J;对比例3获得的钴基变形高温合金棒材的磨损减重量为0.75g,室温拉伸平均延伸率为9.5%,冲击功仅为57J。因此说明本申请将轧制步骤中的未火次的终轧温度控制在900-1000℃,未火次的变形量控制为20-30%,能够获得综合性能更加优异的钴基变形高温合金。

[0143] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施方案对本发明作了详尽的描述,但在

本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

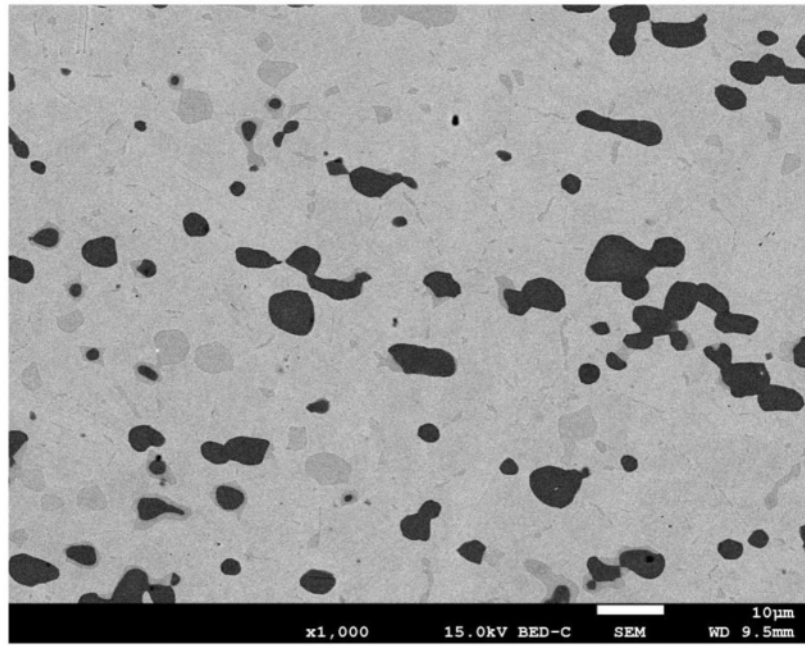


图1

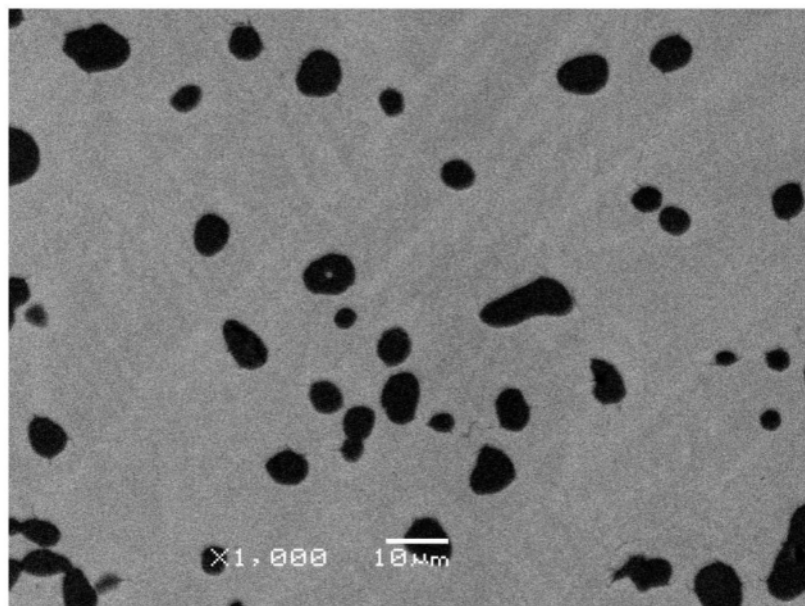


图2

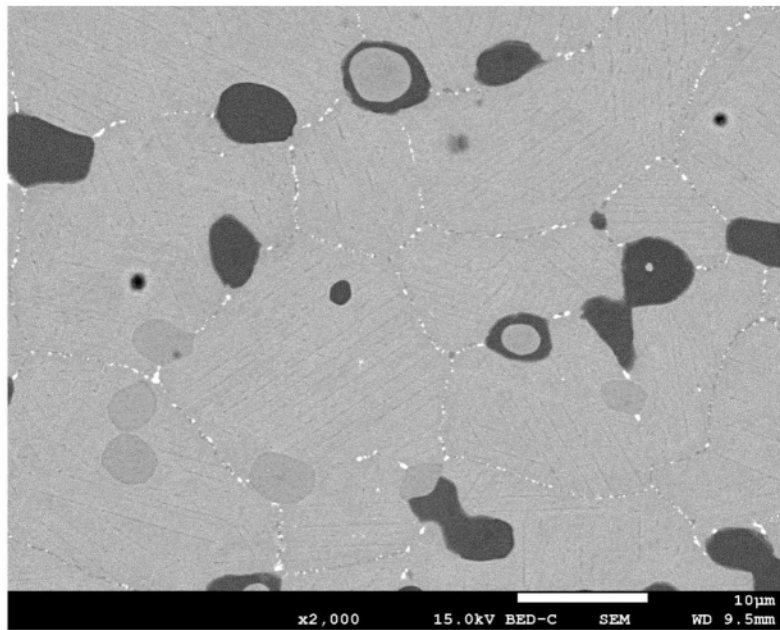


图3