



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114150204 A

(43) 申请公布日 2022.03.08

(21) 申请号 202111345375.8

(22) 申请日 2021.11.15

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 戴兰宏 陈金玺 陈艳

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

代理人 吴迪

(51) Int. Cl.

G22C 30/00 (2006.01)

G22C 1/02 (2006.01)

G21D 9/52 (2006.01)

G22F 1/00 (2006.01)

B23P 15/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种共晶高熵合金丝材的制备方法及其共晶高熵合金丝材

(57) 摘要

本发明涉及金属材料技术领域,提供了一种共晶高熵合金丝材的制备方法及其共晶高熵合金丝材,包括熔炼步骤,用于将原料熔炼并浇注至模具中;车削步骤,用于将浇注得到的棒材去除表层不均匀部分;轧制步骤,用于将经过车削步骤处理后的棒材进行热轧;第一拉拔步骤,用于将经过轧制步骤处理后的棒材进行在线加热并拉拔,形成第一丝材;第二拉拔步骤,用于将经过第一拉拔步骤处理后的第一丝材进行室温拉拔;退火步骤,用于将经过第二拉拔步骤处理的丝材加热处理后空冷至室温;本发明制得的AlCoCrFeNi_{2.1}共晶高熵合金丝材直径均匀,表面连续无缺陷,内部组织均匀,并且具备强塑性及热稳定性。



1. 一种共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:
熔炼步骤,用于将原料熔炼并浇注至模具中;
车削步骤,用于将浇注得到的棒材去除表层不均匀部分;
轧制步骤,用于将经过所述车削步骤处理后的棒材进行热轧;
第一拉拔步骤,用于将经过所述轧制步骤处理后的棒材进行在线加热并拉拔,形成第一丝材;
第二拉拔步骤,用于将经过所述第一拉拔步骤处理后的所述第一丝材进行室温拉拔;
退火步骤,用于将经过所述第二拉拔步骤处理的丝材加热处理后,空冷至室温。
2. 根据权利要求1所述的共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,在所述熔炼步骤中,所述原料为去除氧化皮的洁净原料Al、Co、Cr、Fe、Ni的颗粒,并将其按照摩尔配比为1:1:1:1:2.1依次送至熔炼炉中,在真空环境下熔炼4次至6次,待合金成分均匀后浇注入直径30.0mm的模具中。
3. 根据权利要求1所述的共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,在所述车削步骤中,将直径为30.0mm的棒材进行车削。
4. 根据权利要求1所述的共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,在所述轧制步骤中,
将经过所述车削步骤处理后的棒材进行热轧处理,包括:
在热轧处理前进行热处理,热处理的过程为:入炉温度为930℃至950℃,保温30min至60min后进行热轧,获得直径8.5mm的棒材。
5. 根据权利要求1所述的共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,在所述第一拉拔步骤中,
将所述在线加热后的棒材浸润滑剂后进行拉拔;
所述在线加热的加热温度为790℃至810℃,加热时间以热透为准;
拉拔的速度为4m/min,经40道次至50道次,将棒材拉拔至直径4.0mm,以形成所述第一丝材。
6. 根据权利要求1所述的共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,在所述第二拉拔步骤中,所述室温拉拔的拉拔速度为4m/min,经5道次至10道次,将所述第一丝材的直径减少0.5mm,形成第二丝材。
7. 根据权利要求1所述的共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,在退火步骤中,将丝材送入加热炉加热至1040℃至1060℃,保温10min至20min,再空冷至室温。
8. 根据权利要求1所述的共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,
在所述第一拉拔步骤结束后,对经过所述第一拉拔步骤处理后的丝材进行第一次打磨;
在所述退火步骤结束后,对经过所述退火步骤处理的丝材进行第二次打磨。
9. 根据权利要求8所述的共晶高熵合金丝材的制备方法,其特征在于,在经过所述第二次打磨处理后,重复所述第二拉拔步骤和所述退火步骤,并对重复所述退火步骤后的丝材进行第三次打磨,直至获得目标尺寸的丝材。
10. 一种共晶高熵合金丝材,根据权利要求1-9任意一项所述的共晶高熵合金丝材的制备方法制备而成。

一种共晶高熵合金丝材的制备方法及其共晶高熵合金丝材

技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料技术领域,具体涉及一种共晶高熵合金丝材的制备方法及其共晶高熵合金丝材。

背景技术

[0002] 传统金属丝材,如珠光体钢丝等已广泛应用于日常生活及工业生产。尽管珠光体钢丝可实现高强度,但其塑性较差且随着强度的增大而显著降低,同时热稳定性低。在一些复杂服役环境下,珠光体钢丝仍然面临着诸多难以克服的挑战。

[0003] 近年来,高熵合金(High Entropy Alloys, HEAs)引起了人们广泛的关注,这是一种包含多种组元,组元之间元素含量为等原子比或近似等原子比且每种元素含量在5%-35%之间的合金体系。相对于传统合金,高熵合金表现出更优异的力学性能,如强塑性结合、高断裂韧性、抗冲击性能等,成为一种具有巨大应用潜力和前景的新型金属材料。然而,尽管高熵合金的组织一般为简单的固溶体结构,但是极高的固溶度使大多数高熵合金在铸造时容易发生宏观偏析与微观偏析,从而难以实现工业化大批量生产及应用。

[0004] 为了解决这一难题,一种由软硬不同的FCC与B2两相片层组成的AlCoCrFeNi_{2.1}共晶高熵合金在2014年被首次提出。该合金不仅可以实现高熵合金优异的力学性能,而且具备优异的热稳定性能、铸造性能、成型性能,以及良好的耐腐蚀性、抗氧化性,成为高熵合金在工业上批量生产与极端服役条件下应用的出色候选者。然而,由于AlCoCrFeNi_{2.1}共晶高熵合金与传统金属属性差异较大,传统合金丝材的制备方式难以简单地套用在其共晶高熵合金上,因此如何制备具有优异性能的共晶高熵合金丝材,是目前本领域技术人员需解决的问题。

发明内容

[0005] 为了解决上述技术问题或者至少部分地解决上述技术问题,本发明提供了一种共晶高熵合金丝材的制备方法及其共晶高熵合金丝材。

[0006] 共晶高熵合金丝材的制备方法包括如下步骤:

[0007] 熔炼步骤,用于将原料熔炼并浇注至模具中;

[0008] 车削步骤,用于将浇注得到的棒材去除表层不均匀部分;

[0009] 轧制步骤,用于将经过所述车削步骤处理后的棒材进行热轧;

[0010] 第一拉拔步骤,用于将经过所述轧制步骤处理后的棒材进行在线加热并拉拔,形成第一丝材;

[0011] 第二拉拔步骤,用于将经过所述第一拉拔步骤处理后的所述第一丝材进行室温拉拔;

[0012] 退火步骤,用于将经过所述第二拉拔步骤处理的丝材加热处理后,空冷至室温。

[0013] 进一步地,在所述熔炼步骤中,所述原料为去除氧化皮的洁净原料Al、Co、Cr、Fe、Ni的颗粒,并将其按照摩尔配比为1:1:1:1:2.1依次送至熔炼炉中,在真空环境下熔炼4次

至6次,待合金成分均匀后浇注入直径30.0mm的模具中。

[0014] 进一步地,在所述车削步骤中,将直径为30.0mm的棒材进行车削。

[0015] 进一步地,在所述轧制步骤中,将经过所述车削步骤处理后的棒材进行热轧处理,包括:

[0016] 在热轧处理前进行热处理,热处理的过程为:入炉温度为930℃至950℃,保温30min至60min后进行热轧,获得直径8.5mm的棒材。

[0017] 进一步地,在所述第一拉拔步骤中,

[0018] 将所述在线加热后的棒材浸润滑剂后进行拉拔;

[0019] 所述在线加热的加热温度为790℃至810℃,加热时间以热透为准;

[0020] 拉拔的速度为4m/min,经40道次至50道次,将棒材拉拔至直径4.0mm,以形成所述第一丝材。

[0021] 进一步地,在第二拉拔步骤中,所述室温拉拔的拉拔速度为4m/min,经5道次至10道次,将所述第一丝材的直径减少0.5mm,形成第二丝材。

[0022] 进一步地,在退火步骤中,将丝材送入加热炉加热至1040℃至1060℃,保温10min至20min,再空冷至室温。

[0023] 进一步地,在所述第一拉拔步骤结束后,对经过所述第一拉拔步骤处理后的丝材进行第一次打磨;

[0024] 在所述退火步骤结束后,对经过所述退火步骤处理的丝材进行第二次打磨。

[0025] 进一步地,在经过所述第二次打磨处理后,重复所述第二拉拔步骤和所述退火步骤,并对重复所述退火步骤后的丝材进行第三次打磨,直至获得目标尺寸的丝材。

[0026] 一种共晶高熵合金丝材,根据上述任意一项共晶高熵合金丝材的制备方法制备而成。

[0027] 在本发明中,制得的AlCoCrFeNi_{2.1}共晶高熵合金丝材直径均匀,表面连续无缺陷,内部组织均匀,并且具备优异的强塑性及热稳定性。

附图说明

[0028] 图1是本发明提供的共晶高熵合金丝材的制备方法的流程图;

[0029] 图2是本发明提供的另一共晶高熵合金丝材的制备方法的流程图;

[0030] 图3是本发明提供的共晶高熵合金丝材宏观的SEM形貌图;

[0031] 图4是本发明提供的共晶高熵合金丝材剖面的SEM形貌图;

[0032] 图5是本发明提供的共晶高熵合金丝材剖面的EBSD相图;

[0033] 图6是本发明提供的共晶高熵合金丝材初始状态及600℃与750℃分别热处理1h后室温拉伸工程应力应变图;

具体实施方式

[0034] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点,下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,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。以下实施例仅用于解释本发明,而非对本发明的限定。基于所描述的本发明的实施例,本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范

围。若未特别指明,实施例中所用的技术手段为本领域技术人员所熟知的常规手段。

[0035] 需要说明的是,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。术语“连接”、“相连”等术语应作广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接连接,也可以是通过中间媒介间接相连。术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0036] 本发明提供一实施例,如图1所示,一种共晶高熵合金丝材的制备方法,包括如下步骤:

[0037] 熔炼步骤,用于将原料熔炼并浇注至模具中;

[0038] 车削步骤,用于将浇注得到的棒材去除表层不均匀部分;

[0039] 轧制步骤,用于将经过车削步骤处理后的棒材进行热轧;

[0040] 第一拉拔步骤,用于将经过轧制步骤处理后的棒材进行在线加热并拉拔,形成第一丝材;

[0041] 第二拉拔步骤,用于将经过第一拉拔步骤处理后的第一丝材进行室温拉拔;

[0042] 退火步骤,用于将经过第二拉拔步骤处理的丝材加热处理后,空冷至室温。

[0043] 在本实施例中,制得的AlCoCrFeNi_{2.1}共晶高熵合金丝材直径均匀,表面连续无缺陷,内部组织均匀,并且具备优异的强塑性及热稳定性。

[0044] 为了实现更好的熔炼结果,本发明提供又一实施例,在熔炼步骤中,原料为去除氧化皮的洁净原料Al、Co、Cr、Fe、Ni的颗粒,并将其按照摩尔配比为1:1:1:1:2.1依次送至熔炼炉中,在真空环境下熔炼4次至6次,待合金成分均匀后浇注入直径30.0mm的模具中。

[0045] 为了进一步地说明车削过程,本发明提供又一实施例,在车削步骤中,将直径为30.0mm的棒材进行车削。

[0046] 为了实现更好的轧制结果,本发明提供又一实施例,如图1所示,在轧制步骤中,将经过车削步骤处理后的棒材进行热轧处理,包括:

[0047] 在热轧处理前进行热处理,热处理的过程为:入炉温度为930℃至950℃,保温30min至60min后进行热轧,获得直径8.5mm的棒材。

[0048] 经过轧制步骤处理后的棒材热轧呈更细的棒材。

[0049] 为了实现更好的第一拉拔结果,本发明提供又一实施例,在第一拉拔步骤中,

[0050] 将在线加热后的棒材浸润滑剂后进行拉拔;

[0051] 在线加热的加热温度为790℃至810℃,加热时间以热透为准;

[0052] 拉拔的速度为4m/min,经40道次至50道次,将棒材拉拔至直径4.0mm,以形成第一丝材。

[0053] 本实施例为热拉拔。

[0054] 为了实现更好的第二拉拔结果,本发明提供又一实施例,在第二拉拔步骤中,室温拉拔的拉拔速度为4m/min,经5道次至10道次,将第一丝材的直径减少0.5mm,形成第二丝

材。

[0055] 在本实施例中,经过第二拉拔步骤处理后获得的第二丝材的直径更细、强度更高。

[0056] 为了实现更好的退火过程,本发明提供又一实施例,在退火步骤中,将丝材送入加热炉加热至1040℃至1060℃,保温10min至20min,再空冷至室温。

[0057] 为了去除丝材表面的氧化层,本发明提供又一实施例,如图2所示,在第一拉拔步骤结束后,对经过第一拉拔步骤处理后的丝材进行第一次打磨;

[0058] 在退火步骤结束后,对经过退火步骤处理的丝材进行第二次打磨。

[0059] 在本实施例中,经过第一次打磨后的丝材直径为3.5mm,经过第二次打磨后的丝材直径为2.9mm。

[0060] 为了获得目标尺寸的丝材,本发明提供又一实施例,在经过第二次打磨处理后,重复第二拉拔步骤和退火步骤,并对重复退火步骤后的丝材进行第三次打磨。

[0061] 根据实际需求,可在经过第三次打磨处理后,再次重复第二拉拔步骤和退火步骤,并对重复退火步骤后的丝材进行第四次打磨,直至获得目标尺寸的丝材。

[0062] 在本实施例中,目标尺寸的丝为0.5mm,也可以小于0.5mm。

[0063] 本发明提供又一实施例,一种共晶高熵合金丝材,根据共晶高熵合金丝材的制备方法制备而成。

[0064] 在本实施例中的共晶高熵合金丝材直径均匀,表面连续无缺陷,内部组织均匀,并且具备强塑性及热稳定性。

[0065] 如图6所示,本发明经过室温拉伸测试,拉拔后丝材的屈服强度为1510MPa,断裂强度为1940MPa,极限延伸率为2.3%;

[0066] 对拉拔后的丝材进行600℃退火1h后,丝材的屈服强度为1433MPa,断裂强度为1740MPa,极限延伸率为16.4%;

[0067] 对拉拔后的丝材进行750℃退火1h后,丝材的屈服强度为1102MPa,断裂强度为1459MPa,极限延伸率为24.2%。

[0068] 从而可知,本发明制备的AlCoCrFeNi_{2.1}共晶高熵合金丝材具备强塑性及热稳定性。

[0069] 以上所述并非是对本发明的限制,最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制。尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明。本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换,在不偏离本发明精神的基础上所做的修改或替换,均属于本发明要求保护的范畴。



图1



图2

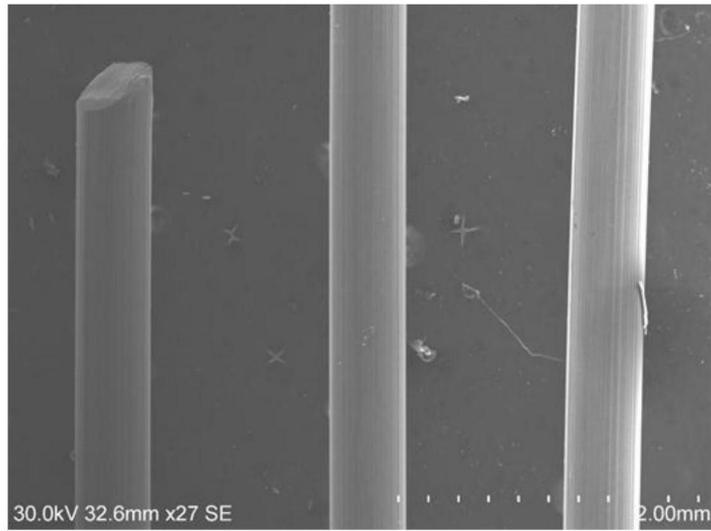


图3

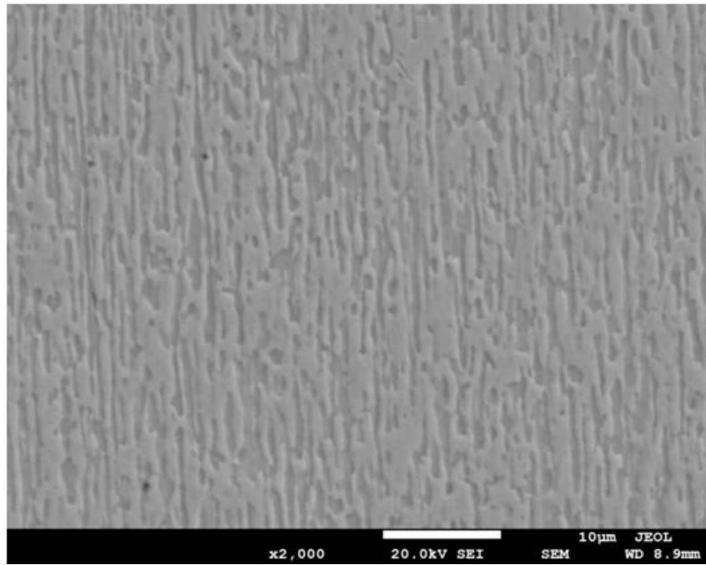


图4

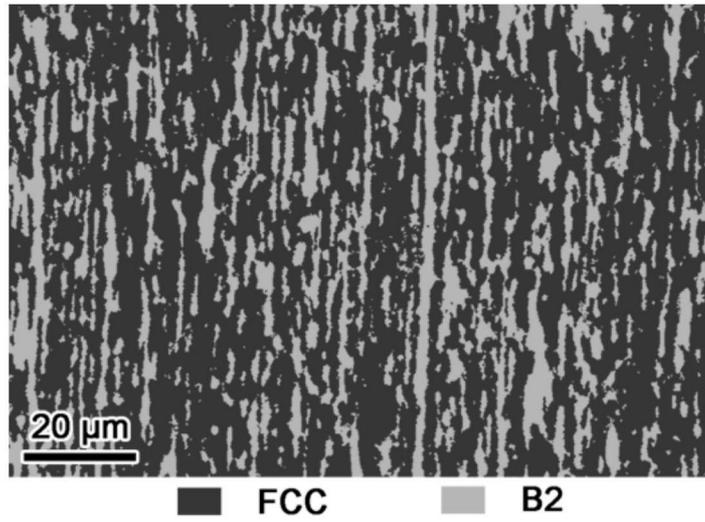


图5

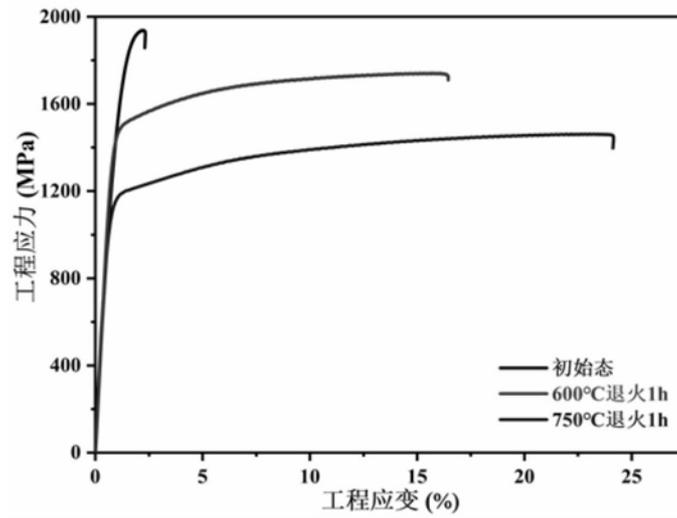


图6