



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115216675 B

(45) 授权公告日 2023.04.18

(21) 申请号 202210895226.7

G22C 1/10 (2023.01)

(22) 申请日 2022.07.28

G22F 3/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115216675 A

(56) 对比文件

US 2004022663 A1, 2004.02.05

WO 2007114439 A1, 2007.10.11

(43) 申请公布日 2022.10.21

审查员 辛彩萍

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130000 吉林省长春市前进大街2699号

(72) 发明人 赵庆龙 刘帅 刘肖 姜启川

(74) 专利代理机构 北京众泽信达知识产权代理

事务所(普通合伙) 11701

专利代理师 张艳萍

(51) Int. Cl.

G22C 21/12 (2006.01)

G22C 32/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法

(57) 摘要

本发明属于金属材料加工技术领域,具体为一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法,包括步骤1:制备Al-Cu合金熔体,按各合金成分含量进行备料并置于熔炼炉中,得到熔融的Al-Cu合金,然后保温10-20min;步骤2:加入孪晶TiC颗粒,向步骤1中得到的熔融的Al-Cu合金中加入孪晶TiC颗粒,机械搅拌2-3min后进行超声处理,浇筑成型;步骤3:激光表面重熔,对Al-Cu合金板材表面用砂纸打磨并用有机溶剂将其表面清洗干净,随后在室温条件下对合金表面进行激光重熔处理,在铝合金表面获得生长孪晶层,该方法工艺简单,操作容易,得到的孪晶结构对提升铝合金的表面特性及力学性能大有裨益。



1. 一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤1:制备Al-Cu合金熔体

按各合金成分含量进行备料并置于熔炼炉中,得到熔融的Al-Cu合金,然后保温10-20min;

步骤2:加入孪晶TiC颗粒

向步骤1中得到的熔融的Al-Cu合金中加入孪晶TiC颗粒,机械搅拌2-3min后进行超声处理,浇筑成型,其中,孪晶TiC颗粒为近球形,尺寸为60-200nm;

调整熔体温度至720℃,静置保温3-5min,随后向合金熔体中加入除渣剂,搅拌1-2min后进行打渣,随后将熔体浇注到钢模具内,冷却到室温得到含有孪晶TiC颗粒的Al-Cu合金板材;

添加TiC颗粒的质量分数为0.1-2%,Cu元素的质量分数在2-20%;

步骤3:激光表面重熔

对Al-Cu合金板材表面用砂纸打磨并用有机溶剂将其表面清洗干净,随后在室温条件下对合金表面进行激光重熔处理,在铝合金表面获得生长孪晶层,步骤3中,激光光斑直径为1-3mm,激光功率为1-3kW,扫描速度为1-30mm/min。

2. 根据权利要求1所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法,其特征在于:制备的表面孪晶层特征:孪晶界间距在10微米以下,孪晶结构长度在10mm以上。

3. 根据权利要求1所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法,其特征在于:TiC含有孪晶结构,可以用其他含有孪晶结构的形核颗粒替代,为含有孪晶的碳化物、硼化物与氧化物其中的一种。

4. 根据权利要求1-3任意一项所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法,其特征在于:还可以应用于Al-Mg、Al-Zn二元合金以及Al-Zn-Mg、Al-Cu-Mg多元合金制备表面孪晶组织。

5. 根据权利要求1所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法,其特征在于:孪晶TiC颗粒的制备方法:按照铝:钛:碳的质量比等于70:24:6,称取铝粉、钛粉、碳粉,备用;将铝粉、钛粉、碳粉球磨混合后,制成压坯;将压坯置于保护气氛下进行烧结,烧结温度800-900℃。

一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料加工技术领域,具体为一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法。

背景技术

[0002] 目前研究表明在合金中引入孪晶结构既能提高材料强度,同时还能提高材料的塑性,实现金属材料强韧化(Science,2009,324卷,349页)。例如对于镍、铜等金属,通过表面机械研磨方法已经成功在表面制备出超细孪晶结构,单层孪晶厚度在10微米以下,甚至达到纳米级(Strain-Induced Ultrahard and Ultrastable Nanolaminated Structure in Nickel,Science,2013,342卷,337页)。这可以明显提高金属的硬度与强度。

[0003] 尽管如此,目前在铝合金表面制备出超细孪晶是很困难的,这是因为铝合金的层错能高,通过机械研磨、塑性变形等方法很难形成层状孪晶结构。半连续铸造铝合金虽然在内部偶尔形成羽毛状孪晶,但孪晶界间距在几十微米,并不能在表面形成。激光重熔技术是利用激光器发射出的高能激光粒子束对所需加工材料表面进行选区熔化而无需进行元素添加。激光重熔在表面选区快速形成熔池,凝固速度很快。因此激光重熔能够显著细化晶粒,但尚没有通过激光处理铝合金制备孪晶结构的方法。目前缺少一种表面处理方法,能够在铝合金表面制备出超细孪晶结构,用以提供铝合金表面性能。

[0004] 基于上述,我们提出一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法。

发明内容

[0005] 本部分的目的在于概述本发明的实施方式的一些方面以及简要介绍一些较佳实施方式。在本部分以及本申请的说明书摘要和发明名称中可能会做些简化或省略以避免使本部分、说明书摘要和发明名称的目的模糊,而这种简化或省略不能用于限制本发明的范围。

[0006] 鉴于现有技术中存在的问题,提出了本发明。

[0007] 因此,本发明的目的是提供一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法,该方法工艺简单,操作容易,得到的孪晶结构对提升铝合金的表面特性及力学性能大有裨益。

[0008] 为解决上述技术问题,根据本发明的一个方面,本发明提供了如下技术方案:

[0009] 一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法,其包括如下步骤:

[0010] 步骤1:制备Al-Cu合金熔体

[0011] 按各合金成分含量进行备料并置于熔炼炉中,得到熔融的Al-Cu合金,然后保温10-20min;

[0012] 步骤2:加入孪晶TiC颗粒

[0013] 向步骤1中得到的熔融的Al-Cu合金中加入孪晶TiC颗粒,机械搅拌2-3min后进行超声处理,浇筑成型,其中,孪晶TiC颗粒为近球形,尺寸为60-200nm;

[0014] 调整熔体温度至720℃,静置保温3-5min,随后向合金熔体中加入除渣剂,搅拌1-

2min后进行打渣,随后将熔体浇注到钢模具内,冷却到室温得到含有孪晶TiC颗粒的Al-Cu合金板材;

[0015] 步骤3:激光表面重熔

[0016] 对Al-Cu合金板材表面用砂纸打磨并用有机溶剂将其表面清洗干净,随后在室温条件下对合金表面进行激光重熔处理,在铝合金表面获得生长孪晶层。

[0017] 作为本发明所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法的一种优选方案,其中:添加TiC颗粒的质量分数为0.1-2%,Cu元素的质量分数在2-20%。

[0018] 作为本发明所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法的一种优选方案,其中:所述步骤3中,激光光斑直径为1-3mm,激光功率为1-3kW,扫描速度为1-30mm/min。

[0019] 作为本发明所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法的一种优选方案,其中:制备的表面孪晶层特征:孪晶界间距在10微米以下,孪晶结构长度在10mm以上。

[0020] 作为本发明所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法的一种优选方案,其中:TiC含有孪晶结构,可以用其他含有孪晶结构的形核颗粒替代,为含有孪晶的碳化物、硼化物与氧化物其中的一种。

[0021] 作为本发明所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法的一种优选方案,其中:还可以应用于Al-Mg、Al-Zn二元合金以及Al-Zn-Mg、Al-Cu-Mg多元合金制备表面孪晶组织。

[0022] 作为本发明所述的一种在铝合金表面制备超细层状孪晶结构的方法的一种优选方案,其中:孪晶TiC颗粒的制备方法:按照铝:钛:碳的质量比等于70:24:6,称取铝粉、钛粉、碳粉,备用;将铝粉、钛粉、碳粉球磨混合后,制成压坯;将压坯置于保护气氛下进行烧结,烧结温度800-900℃。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:工艺简单,操作容易,得到的孪晶结构对提升铝合金的表面特性及力学性能大有裨益。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本发明实施方式的技术方案,下面将结合附图和详细实施方式对本发明进行详细说明,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,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它的附图。其中:

[0025] 图1为本发明对比例1中试样在激光重熔处理后的表面50倍金相照片;

[0026] 图2为本发明实施例1中试样在激光重熔处理后的表面50倍金相照片;

[0027] 图3为本发明实施例1中试样在激光重熔处理后孪晶组织的EBSD照片。

[0028] 图4为图3区域的孪晶取向关系(极图);

[0029] 图5为本发明步骤流程图。

具体实施方式

[0030] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0031] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施方式的限制。

[0032] 其次,本发明结合示意图进行详细描述,在详述本发明实施方式时,为便于说明,表示器件结构的剖面图会不依一般比例作局部放大,而且所述示意图只是示例,其在此不应限制本发明保护的范围。此外,在实际制作中应包含长度、宽度及深度的三维空间尺寸。

[0033] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明的实施方式作进一步地详细描述。

[0034] 对比例1

[0035] 未添加TiC颗粒的Al-Cu合金板材,所述Al-Cu合金铜含量质量分数为 $10\pm 0.5\%$ 。

[0036] 其具体制备方法包括如下步骤:

[0037] 步骤1:制备Al-Cu合金熔体

[0038] 按各合金成分含量进行备料并置于熔炼炉中,将熔炼炉加热至 $800\pm 10^\circ\text{C}$,熔炼2小时以保证得到熔融的Al-Cu合金,然后保温15min;

[0039] 调整熔体温度至 720°C ,静置保温5min,随后向合金熔体中加入除渣剂,搅拌2min后进行打渣,随后将熔体浇注到钢模具内,冷却到室温得到Al-Cu合金板材;

[0040] 步骤2:激光表面重熔

[0041] 对Al-Cu合金板材表面用砂纸打磨并用有机溶剂将其表面清洗干净,随后在室温条件下对合金表面进行激光重熔处理,在铝合金表面获得生长孪晶层,所述激光波长为1070nm,光斑直径为2.5mm,激光功率为1500W,扫描速度为10mm/min。

[0042] 试样在激光重熔处理后的表面金相照片如图1所示,在激光重熔处理后,未添加TiC颗粒的Al-Cu合金熔池内并未出现生长孪晶组织,熔池底部表现为沿着基体组织进行外延生长,晶粒仍比较粗大,但是二次枝晶臂得到显著细化。

[0043] 实施例1

[0044] 添加TiC颗粒的Al-Cu合金板材,所述Al-Cu合金铜含量质量分数为5%。

[0045] 其具体制备方法包括如下步骤:

[0046] 步骤1:制备Al-Cu合金熔体

[0047] 按各合金成分含量进行备料并置于熔炼炉中,将熔炼炉加热至 $800\pm 10^\circ\text{C}$,熔炼2小时以保证得到熔融的Al-Cu合金,然后保温15min;

[0048] 步骤2:加入孪晶TiC颗粒

[0049] 向步骤1中得到的熔融的Al-Cu合金中加入孪晶TiC颗粒,机械搅拌2min后进行超声处理,其中,所述TiC颗粒的添加量0.5%,孪晶TiC颗粒为近球形,尺寸为60-200nm;

[0050] 调整熔体温度至 720°C ,静置保温5min,随后向合金熔体中加入除渣剂,搅拌2min后进行打渣,随后将熔体浇注到钢模具内,冷却到室温得到含有孪晶TiC颗粒的Al-Cu合金板材;

[0051] 步骤3:激光表面重熔

[0052] 对Al-Cu合金板材表面用砂纸打磨并用有机溶剂将其表面清洗干净,随后在室温条件下对合金表面进行激光重熔处理,在铝合金表面获得生长孪晶层,所述激光波长为1070nm,光斑直径为2.5mm,激光功率为1500W,扫描速度为10mm/min。

[0053] 含有孪晶TiC颗粒的Al-Cu试样在激光重熔处理后的表面金相照片如图2所示,在激光重熔处理后,添加TiC颗粒的Al-Cu合金熔池内出现明显的孪晶组织,孪晶组织整体宽度为200-300 μm 。孪晶出现形式主要以团簇状孪晶为主,同时伴有少量的孤立孪晶。密排团簇型孪生枝晶组织较为细密,枝晶主干方向与温度梯度方向一致,孪晶层片的排布紧凑有序。用EBSD对局部进行高倍分析,如图3,单个孪晶宽度为2-5 μm ,表现出共格孪晶界与非共格孪晶界交替排列的特征。极图(图4)证实是以{111}晶面为孪晶面。

[0054] 实施例2

[0055] 添加TiC颗粒的Al-Cu合金板材,所述Al-Cu合金铜含量质量分数为20%。

[0056] 其具体制备方法包括如下步骤:

[0057] 步骤1:制备Al-Cu合金熔体

[0058] 按各合金成分含量进行备料并置于熔炼炉中,将熔炼炉加热至 $800 \pm 10^\circ\text{C}$,熔炼2小时以保证得到熔融的Al-Cu合金,然后保温15min:

[0059] 步骤2:加入孪晶TiC颗粒

[0060] 向步骤1中得到的熔融的Al-Cu合金中加入孪晶TiC颗粒,机械搅拌2min后进行超声处理,其中,所述TiC颗粒的添加量0.1%,TiC颗粒为近球形,尺寸为60-200nm;

[0061] 调整熔体温度至 720°C ,静置保温5min,随后向合金熔体中加入除渣剂,搅拌2min后进行打渣,随后将熔体浇注到钢模具内,冷却到室温得到含有孪晶TiC颗粒的Al-Cu合金板材;

[0062] 步骤3:激光表面重熔

[0063] 对Al-Cu合金板材表面用砂纸打磨并用有机溶剂将其表面清洗干净,随后在室温条件下对合金表面进行激光重熔处理,在铝合金表面获得生长孪晶层,所述激光波长为1070nm,光斑直径为2.5mm,激光功率为1500W,扫描速度为10mm/min。

[0064] 含有孪晶TiC颗粒的Al-Cu试样在激光重熔处理后熔池内形成大量孪晶组织,单个孪晶宽度为10 μm 以下。

[0065] 对比例2

[0066] 添加2.5%TiC颗粒的Al-Cu合金板材,所述Al-Cu合金铜含量质量分数为 $10 \pm 0.5\%$ 。

[0067] 其具体制备方法包括如下步骤:

[0068] 步骤1:制备Al-Cu合金熔体

[0069] 按各合金成分含量进行备料并置于熔炼炉中,将熔炼炉加热至 $800 \pm 10^\circ\text{C}$,熔炼2小时以保证得到熔融的Al-Cu合金,然后保温15min;

[0070] 调整熔体温度至 720°C ,静置保温5min,随后向合金熔体中加入除渣剂,搅拌2min后进行打渣,随后将熔体浇注到钢模具内,冷却到室温得到Al-Cu合金板材;

[0071] 步骤2:加入孪晶TiC颗粒

[0072] 向步骤1中得到的熔融的Al-Cu合金中加入孪晶TiC颗粒,机械搅拌2min后进行超声处理,其中,所述TiC颗粒的添加量2.5%,TiC颗粒为近球形,尺寸为60-200nm;

[0073] 调整熔体温度至 720°C ,静置保温5min,随后向合金熔体中加入除渣剂,搅拌2min后进行打渣,随后将熔体浇注到钢模具内,冷却到室温得到含有孪晶TiC颗粒的Al-Cu合金板材;

[0074] 步骤3:激光表面重熔

[0075] 对Al-Cu合金板材表面用砂纸打磨并用有机溶剂将其表面清洗干净,随后在室温条件下对合金表面进行激光重熔处理,在铝合金表面获得生长孪晶层,所述激光波长为1070nm,光斑直径为2.5mm,激光功率为1500W,扫描速度为10mm/min。

[0076] 添加2.5%TiC颗粒的Al-Cu合金板材表现为细小的等轴晶粒组织;试样在激光重熔处理后仍为等轴晶粒,并未出现孪晶组织。

[0077] 虽然在上文中已经参考实施方式对本发明进行了描述,然而在不脱离本发明的范围的情况下,可以对其进行各种改进并且可以用等效物替换其中的部件。尤其是,只要不存在结构冲突,本发明所披露的实施方式中的各项特征均可通过任意方式相互结合起来使用,在本说明书中未对这些组合的情况进行穷举性的描述仅仅是出于省略篇幅和节约资源的考虑。因此,本发明并不局限于文中公开的特定实施方式,而是包括落入权利要求的范围内的所有技术方案。

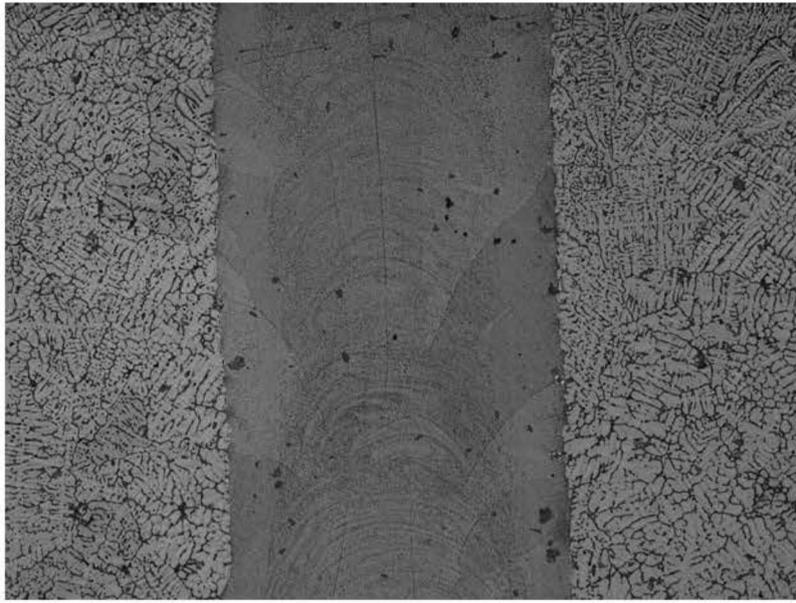


图1



图2

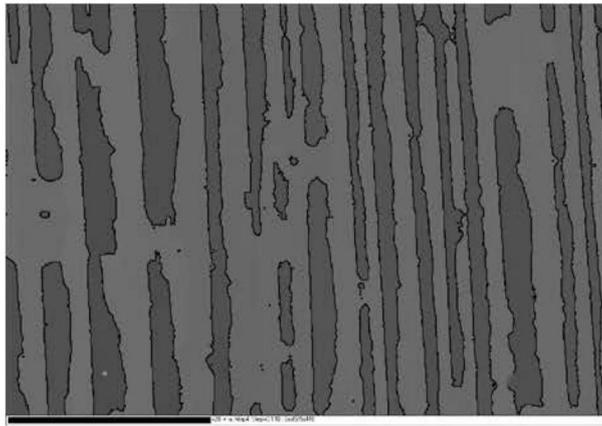


图3

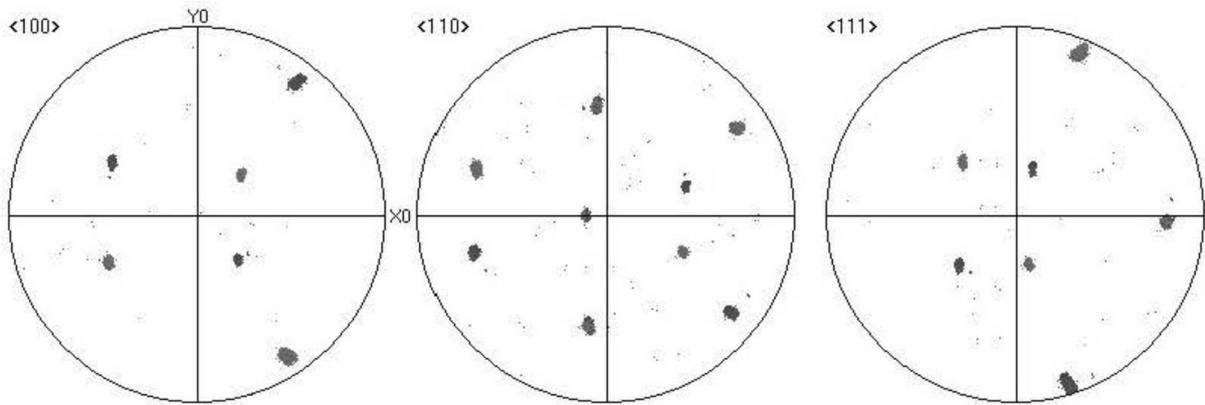


图4



图5