



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110586828 A

(43)申请公布日 2019.12.20

(21)申请号 201910961051.3

(22)申请日 2019.10.11

(71)申请人 湖南金天钛业科技有限公司

地址 415000 湖南省常德市常德经济技术  
开发区德山镇乾明路97号

(72)发明人 朱雪峰 樊凯 彭晖 丁永峰

(74)专利代理机构 常德市源友专利代理事务所  
(特殊普通合伙) 43208

代理人 江妹

(51) Int. Cl.

B21J 5/00(2006.01)

B21K 29/00(2006.01)

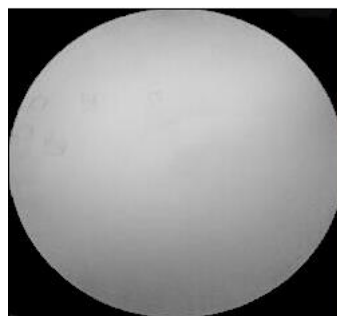
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法

(57)摘要

本发明公开了一种Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其原料为Ti662钛合金铸锭,依次经开坯锻造加工、高温均匀化处理加工、动态再结晶热处理加工、 $\beta$ 转变温度以下锻造加工这些步骤而实现。本发明满足目前国内对成分、组织均匀性良好,成本低廉的Ti662钛合金大规格棒材的迫切需要。



1. 一种Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其特征在于,原料为Ti662钛合金铸锭,依次经开坯锻造加工、高温均匀化处理加工、动态再结晶热处理加工、 $\beta$ 转变温度以下锻造加工这些步骤而实现。

2. 根据权利要求1所述的Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其特征在于,上述高温均匀化处理加工步骤中,对经过开坯锻造加工得到的坯料进行高温均匀化处理,加热温度在 $\beta$ 转变温度以上 $200^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ ,保温时间 $\geq 25$ 小时,出炉后对坯料进行1次镦拔锻造,锻造比控制在 $2.4\sim 3.6$ 之间,锻后采取空冷。

3. 根据权利要求2所述的Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其特征在于,上述高温均匀化处理加工步骤中,在1次镦拔锻造后再对坯料进行1~2火次的镦拔锻造,加热温度在 $\beta$ 转变温度以上 $30^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ ,每火次锻造比控制在 $3.2\sim 6.4$ 之间,锻后均采取空冷。

4. 根据权利要求1或2或3所述的Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其特征在于,上述动态再结晶热处理加工步骤中,加热温度在 $\beta$ 转变温度以下 $30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ,对经过高温均匀化处理的坯料进行1次镦拔锻造,锻造比控制在 $1.3\sim 1.7$ 之间,锻后直接回炉进行再结晶热处理且热处理加热温度在 $\beta$ 转变温度以上 $40^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ ,保温适当时间后出炉。

5. 根据权利要求4所述的Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其特征在于,上述动态再结晶热处理加工步骤中,在坯料保温出炉后进行1次镦拔锻造,锻造比控制在 $1.1\sim 1.3$ 之间,锻后采用空冷。

6. 根据权利要求5所述的Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其特征在于,上述动态再结晶热处理加工步骤中,再结晶热处理后的保温时间按坯料最小截面尺寸 $\times 0.45 + (-30\sim +30)$ 分钟计算。

7. 根据权利要求6所述的Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其特征在于,上述 $\beta$ 转变温度以下锻造加工步骤中,先对经过动态再结晶热处理的坯料进行1~2火次的镦拔锻造且加热温度在 $\beta$ 转变温度以下 $30^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ,锻造比控制在 $1.8\sim 3.0$ 之间,镦拔锻造后均采用空冷;再对坯料进行2~6火次的拔长锻造且加热温度在 $\beta$ 转变温度以下 $40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ,锻造比控制在 $1.2\sim 1.8$ 之间,拔长锻造后均采用空冷。

## Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及钛合金锻造加工技术领域,具体涉及一种Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,以制备出组织均匀细小、性能良好且主要规格在 $\Phi 150\sim\Phi 250\text{mm}$ 的Ti662钛合金棒材,该棒材可以广泛用于制备航空、海装、核反应堆等部件。

### 背景技术

[0002] Ti662合金名义成分为Ti-6Al-6V-2Sn-0.5Cu-0.5Fe,具有优良的综合性能,是一种在Ti6Al4V基础上发展的高强度 $\alpha+\beta$ 型钛合金。但该合金由于含有较高含量的Cu和Fe元素,在熔炼过程中存在较高的成分偏析风险,对该合金的广泛应用带来了一定的质量隐患。随着我国高端装备制造业的飞速发展,Ti662钛合金用量急剧增加,对产品质量的要求也大幅提高,解决该合金的偏析问题已势在必行。

[0003] 现有技术中的Ti662锻造方式主要是在解决组织的均匀性和细化问题,而对偏析的改善作用非常小。

### 发明内容

[0004] 针对上述现有技术存在的不足,本发明的目的是提供一种Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,该Ti662钛合金大规格棒材的直径为 $\Phi 150\sim\Phi 250\text{mm}$ 且为 $\alpha+\beta$ 两相组织,其成分、组织均匀性良好,力学性能较高且非常稳定,适用于工业化生产。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

一种Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,其特征在于,原料为Ti662钛合金铸锭,依次经开坯锻造加工、高温均匀化处理加工、动态再结晶热处理加工、 $\beta$ 转变温度以下锻造加工这些步骤而实现。

[0006] 进一步,上述高温均匀化处理加工步骤中,对经过开坯锻造加工得到的坯料进行高温均匀化处理,加热温度在 $\beta$ 转变温度以上 $200^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ ,保温时间 $\geq 25$ 小时,出炉后对坯料进行1次镦拔锻造,锻造比控制在 $2.4\sim 3.6$ 之间,锻后采取空冷。

[0007] 进一步,上述高温均匀化处理加工步骤中,在1次镦拔锻造后再对坯料进行 $1\sim 2$ 火次的镦拔锻造,加热温度在 $\beta$ 转变温度以上 $30^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ ,每火次锻造比控制在 $3.2\sim 6.4$ 之间,锻后均采取空冷。

[0008] 进一步,上述动态再结晶热处理加工步骤中,加热温度在 $\beta$ 转变温度以下 $30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ,对经过高温均匀化处理的坯料进行1次镦拔锻造,锻造比控制在 $1.3\sim 1.7$ 之间,锻后直接回炉进行再结晶热处理且热处理加热温度在 $\beta$ 转变温度以上 $40^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ ,保温适当时间后出炉。

[0009] 进一步,上述动态再结晶热处理加工步骤中,在坯料保温出炉后进行1次镦拔锻造,锻造比控制在 $1.1\sim 1.3$ 之间,锻后采用空冷。

[0010] 进一步,上述动态再结晶热处理加工步骤中,再结晶热处理后的保温时间按坯料最小截面尺寸 $\times 0.45+(-30\sim +30)$ 分钟计算。

[0011] 进一步,上述 $\beta$ 转变温度以下锻造加工步骤中,先对经过动态再结晶热处理的坯料进行1~2火次的镦拔锻造且加热温度在 $\beta$ 转变温度以下 $30^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ,锻造比控制在1.8~3.0之间,镦拔锻造后均采用空冷;再对坯料进行2~6火次的拔长锻造且加热温度在 $\beta$ 转变温度以下 $40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ,锻造比控制在1.2~1.8之间,拔长锻造后均采用空冷。

[0012] 与现有技术相比,本发明具备的有益效果是:

本发明在常规自由锻造工艺路线的基础上,在开坯锻造加工后搭配一次高温均匀化处理加工,开坯锻造可以实现Ti662坯料铸态组织的破碎,利用搭配的高温均匀化处理过程实现易偏析成分Fe、Cu元素的晶内和晶间充分扩散均匀化,解决Ti662铸锭熔炼过程中无法有效克服的成分偏析风险问题。高温均匀化处理过程会带来Ti662坯料组织的严重长大粗化,而在高温均匀化处理加工后再搭配一次动态再结晶热处理加工,利用再结晶热处理过程实现Ti662坯料组织的快速细化,解决常规自由锻造过程中需要依靠多火次、大变形量破碎粗大晶粒的问题,达到降低锻造生产成本的目的。本发明满足目前国内对成分、组织均匀性良好,成本低廉的Ti662钛合金大规格棒材的迫切需要。

## 附图说明

[0013] 图1为本发明实施例一的 $\Phi 150\text{mm}$ 规格棒材的低倍组织;

图2为本发明实施例一的 $\Phi 150\text{mm}$ 规格棒材的显微组织(其中左:边部,右:心部);

图3为本发明表一、表二中的取样图;

图4为本发明实施例二的 $\Phi 250\text{mm}$ 规格棒材的低倍组织;

图5为本发明实施例二的 $\Phi 250\text{mm}$ 规格棒材的显微组织(其中左为边部,右为心部)。

## 具体实施方式

[0014] 现结合附图及具体实施例,来对本发明作进一步的阐述。以下仅为本发明的优选实施例,并非用以限制本发明保护范围。任何在不脱离本发明构思前提下的相同或相似方案均应落在本发明的保护范围内。且下文中“ $\square$ ”指代的是方形坯料的边长。

[0015] 实施例一

本实施例的Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,具体通过以下步骤来实现的:

(一)开坯锻造加工:选取 $\Phi 680\text{mm}$ 铸锭, $\beta$ 转变温度为 $935^{\circ}\text{C}$ 。1火锻造加热温度选择 $1150^{\circ}\text{C}$ ,两镦两拔锻至 $\square 540\text{mm}$ ,锻造比为6.0,锻后采用空冷;

(二)高温均匀化处理加工:2火高温均匀化处理加热温度选择 $1200^{\circ}\text{C}$ ,保温时间25小时,出炉后一镦一拔锻至 $\square 540\text{mm}$ ,锻造比选择3.2,锻后采用空冷;3火锻造加热温度选择 $1050^{\circ}\text{C}$ ,二镦二拔锻至 $\square 540\text{mm}$ ,锻造比选择6.0,锻后采用空冷;

(三)动态再结晶热处理加工:加热温度选择在 $895^{\circ}\text{C}$ ,对经过步骤(二)处理的坯料先进行一镦一拔锻至 $\square 540\text{mm}$ ,锻造比控制在1.6,锻后直接回炉进行再结晶热处理,热处理加热温度选择在 $980^{\circ}\text{C}$ ,保温时间控制在213分钟,出炉后进行一镦一拔锻至 $\square 540\text{mm}$ ,锻造比控制在1.22,锻后采用空冷;

(四) $\beta$ 转变温度以下锻造加工:4火锻造加热温度选择 $890^{\circ}\text{C}$ ,采用一镦一拔锻至 $\square 540\text{mm}$ ,锻造比选择2.8;5~9火锻造加热温度选择 $875^{\circ}\text{C}\sim 890^{\circ}\text{C}$ ,拔长锻造比选择1.3~1.8,最终成品规格为 $\Phi 150\text{mm}$ ,以上锻造的冷却方式均采用空冷。

[0016] 图1是经过本工艺锻造制备出成品规格为 $\Phi 150\text{mm}$ 棒材的低倍组织图,可以看出低倍无明显的偏析、夹杂等冶金缺陷,组织均匀,呈模糊晶。图2为相应棒材的边部和心部的显微组织,可以看出边部与心部的显微组织非常均匀。表1为棒材相当于铸锭头部取样的边部、R/2、心部的化学成分实测结果,可以看出铸锭易偏析成分的均匀性得到了有效控制,成分均匀性良好。

[0017] 表1  $\Phi 150\text{mm}$ 规格棒材的成分分析结果

取样图(相当于铸锭头部取样)	取样部位	主要合金元素分析结果 (wt%)				
		Al	V	Sn	Fe	Cu
见图3	边部(1)	5.79	5.85	2.10	0.582	0.464
	R/2(2)	5.74	5.87	2.08	0.584	0.462
	心部(3)	5.81	5.91	2.11	0.591	0.478

[0018] 实施例二

本实施例的Ti662钛合金大规格棒材自由锻造方法,具体通过以下步骤来实现的:

(一)开坯锻造加工:选取 $\Phi 680\text{mm}$ 铸锭, $\beta$ 转变温度为 $940^\circ\text{C}$ 。1火锻造加热温度选择 $1150^\circ\text{C}$ ,两镦两拔锻至 $\square 520\text{mm}$ ,锻造比为5.8,锻后采用空冷;2火锻造加热温度选择 $1100^\circ\text{C}$ ,两镦两拔锻至 $\square 520\text{mm}$ ,锻造比为5.6,锻后采用空冷;

(二)高温均匀化处理加工:3火高温均匀化处理加热温度选择 $1200^\circ\text{C}$ ,保温时间25小时,出炉后一镦一拔锻至 $\square 520\text{mm}$ ,锻造比选择3.0,锻后采用空冷;4火锻造加热温度选择 $1050^\circ\text{C}$ ,二镦二拔锻至 $\square 520\text{mm}$ ,锻造比选择5.6,锻后采用空冷;

(三)动态再结晶热处理加工:加热温度选择在 $900^\circ\text{C}$ ,对经过步骤(二)处理的坯料先进行一镦一拔锻至 $\square 520\text{mm}$ ,锻造比控制在1.56,锻后直接回炉进行再结晶热处理,热处理加热温度选择在 $990^\circ\text{C}$ ,保温时间控制在204分钟,出炉后进行一镦一拔锻至 $\square 520\text{mm}$ ,锻造比控制在1.2,锻后采用空冷;

(四) $\beta$ 转变温度以下锻造加工:5火锻造加热温度选择 $900^\circ\text{C}$ ,采用一镦一拔锻至 $\square 520\text{mm}$ ,锻造比选择2.7;6火锻造加热温度选择 $895^\circ\text{C}$ ,采用一镦一拔锻至 $\square 520\text{mm}$ ,锻造比选择2.6;7~9火锻造加热温度选择 $880^\circ\text{C}\sim 890^\circ\text{C}$ ,拔长锻造比选择1.3~1.8,最终成品规格为 $\Phi 250\text{mm}$ ,以上锻造的冷却方式均采用空冷。

[0019] 图4是经过本工艺锻造制备出成品规格为 $\Phi 250\text{mm}$ 棒材的低倍组织图,可以看出低倍无明显的偏析、夹杂等冶金缺陷,组织均匀,呈模糊晶。图5为相应棒材的边部和心部的显微组织,可以看出边部与心部的显微组织非常均匀。表2为棒材相当于铸锭头部取样的边部、R/2、心部的化学成分实测结果,可以看出铸锭易偏析成分的均匀性得到了有效控制,成分均匀性良好。

[0020] 表2:  $\Phi 250\text{mm}$ 规格棒材的成分分析结果

取样图（相当于铸锭头部取样）	取样部位	主要合金元素分析结果（wt%）				
		Al	V	Sn	Fe	Cu
见图3	边部（1）	5.84	5.89	2.06	0.566	0.473
	R/2（2）	5.78	5.92	2.09	0.573	0.468
	心部（3）	5.86	5.91	2.07	0.582	0.479

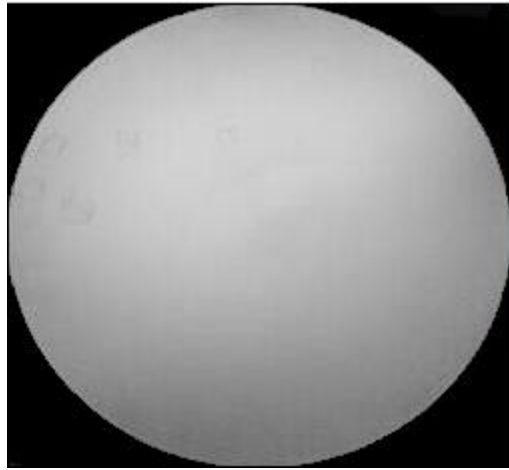


图1

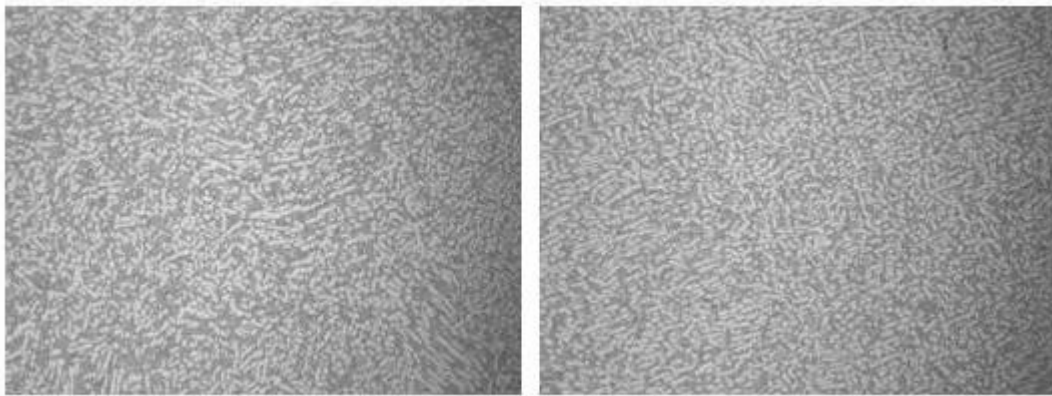


图2

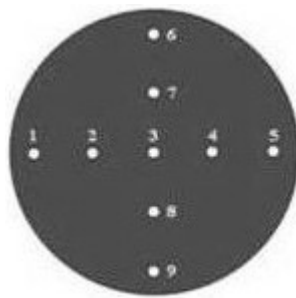


图3



图4

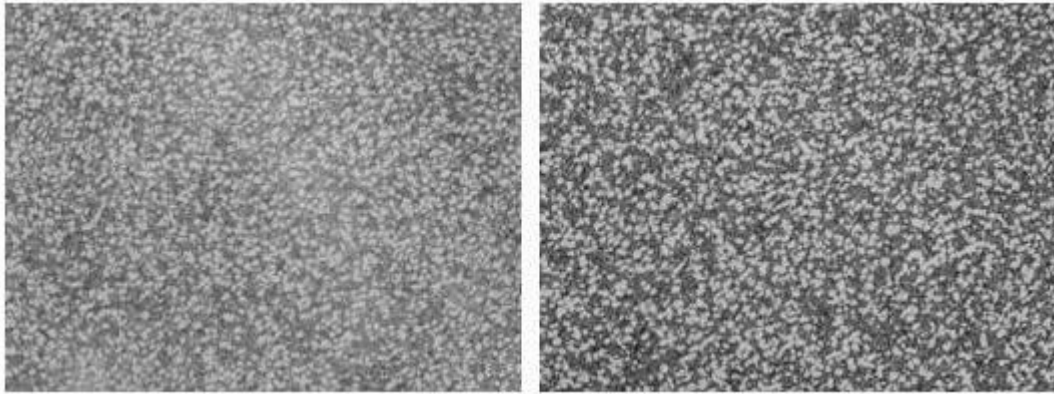


图5