



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106425317 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201611030168.2

(22)申请日 2016.11.15

(71)申请人 宝钛集团有限公司

地址 721014 陕西省宝鸡市渭滨区钛城路  
一号

(72)发明人 冯永琦 李渭清 李峰丽 李献民  
岳旭 李晓艳 马宏刚

(74)专利代理机构 宝鸡市新发明专利事务所  
61106

代理人 李凤岐

(51)Int.Cl.

*B23P 15/00*(2006.01)

*G22F 1/18*(2006.01)

*G21D 9/08*(2006.01)

权利要求书1页 说明书3页

(54)发明名称

一种Ti-B19高强度钛合金大口径厚壁管材  
的制备方法

(57)摘要

一种Ti-B19高强度钛合金大口径厚壁管材  
的制备方法,包括:将 $\Phi 620\sim\Phi 750\text{mm}$ 的Ti-B19  
高强度钛合金铸锭开坯锻造2~3火次,得到锻  
坯;将经开坯锻造后的锻坯反复墩粗和拔长2~3  
火次后,采用轴向拔长的方式,得到棒坯;将棒坯  
进行钻孔,得到管坯;将管坯进行2~3火次的芯  
轴拔长,得到直径为 $\Phi 400\sim\Phi 500\text{mm}$ ,长度不小  
于2000mm的Ti-B19高强度钛合金半成品管材;将  
半成品管材进行热处理和表面处理,得到成品管  
材。本发明所提供的制备工艺,工艺流程短,可生  
产出多种尺寸规格的Ti-B19钛合金大口径厚壁  
管材。所生产的高强度厚壁钛合金管材组织均  
匀,性能稳定,加工成本低。

1. 一种Ti-B19高强度钛合金大口径厚壁管材的制备方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

步骤一、将直径为 $\Phi 620\sim\Phi 750\text{mm}$ 的Ti-B19钛合金铸锭切除冒口和底部,并去除表面缺陷,得到合适的Ti-B19钛合金铸锭;

步骤二、在天然气炉中将Ti-B19钛合金铸锭加热到 $1100\sim 1180^\circ\text{C}$ ,保温2~3小时,出炉后在锻压机上进行开坯锻造,锻比控制在4~5.5,终锻温度不低于 $850^\circ\text{C}$ ,得到锻坯;

步骤三、将锻坯在电阻炉中加热至 $\beta$ 相变点以上 $120\sim 200^\circ\text{C}$ ,在锻压机上进行2~3火次的墩拔变形,锻造过程中,逐火次降低锻造温度 $50\sim 150^\circ\text{C}$ 。且其每火次的终锻温度不低于 $750^\circ\text{C}$ ;之后采用径向拔长的方式,锻造至外径为 $\Phi 620\sim\Phi 700\text{mm}$ 的棒坯,锻后采用水冷方式冷却,总锻比为10~20;

步骤四、对步骤三生产的棒坯去除表面缺陷后进行钻孔,得到内径为 $\Phi 220\sim 260\text{mm}$ ,内孔粗糙度不大于 $3.2\mu\text{m}$ 的管坯;

步骤五、将步骤四所生产的管坯加热至 $\beta$ 相变点以上 $80\sim 100^\circ\text{C}$ ,保温2.5~3小时;将长度为 $3000\text{mm}$ ,直径为 $\Phi 205\sim 230\text{mm}$ ,且具有1:300锥度的钢棒,在 $150\sim 300^\circ\text{C}$ 下预热2~3小时,并涂抹润滑剂后穿入所述管坯内,在锻压机上进行2~3火次锻造至外径为 $\Phi 480\text{mm}$ ,然后将钢棒取出,得到半成品管材;

步骤六、将所得到的半成品管材进行热处理和表面处理后,得到成品管材。

2. 根据权利要求1所述的一种Ti-B19高强度钛合金大口径厚壁管材的制备方法,其特征在于:所述步骤五中的润滑剂为二硫化钼或石墨乳。

3. 根据权利要求1或2所述的一种Ti-B19高强度钛合金大口径厚壁管材的制备方法,其特征在于所述步骤六中的热处理工艺为:将半成品管材在电阻炉内进行退火,固溶温度为 $800\sim 950^\circ\text{C}$ ,保温0.5~4小时后空冷或快冷,时效温度为 $450\sim 600^\circ\text{C}$ ,保温2~24小时后空冷。

## 一种Ti-B19高强度钛合金大口径厚壁管材的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于金属加工技术领域,具体涉及一种Ti-B19高强度钛合金大口径厚壁管材的制备方法。

### 背景技术

[0002] 高强钛合金具有较高的高温强度和变形抗力,制造高强度大口径厚壁管材具有相当大的技术难度。现有的钛合金厚壁管材生产方法主要有:挤压、锻造+轧制、斜扎穿孔、棒材钻镗孔,或这些方法的联合生产。由于挤压设备成本高、工模具投资大、挤压设备能力不足以及没有理想的润滑方式,不适合小批量、多规格厚壁管材生产;斜扎穿孔设备投资大,能够生产的管材壁厚受限。对于口径大于 $\Phi 400\text{mm}$ 、壁厚大于 $100\text{mm}$ 的高强度厚壁管材,国内一般采用先锻造成品棒坯再进行钻镗孔的方式成型(棒材掏孔工艺)。这种方法成材率较低,对于材料价值比较大的钛合金来说,材料成本太大。

### 发明内容

[0003] 本发明提供一种Ti-B19高强度钛合金大口径厚壁管材的制备方法。其生产流程短,需要的工装设备简单,可生产较宽规格范围的厚壁管材,管材单重超过1吨。且成品率高,成本低,管材组织均匀、性能稳定,工艺过程简单可控。

[0004] 本发明的技术解决方案包括以下步骤:

[0005] 步骤一、将直径为 $\Phi 620\sim\Phi 750\text{mm}$ 的Ti-B19钛合金铸锭切除冒口和底部,并去除表面缺陷,得到合适的Ti-B19钛合金铸锭;

[0006] 步骤二、在天然气炉中将Ti-B19钛合金铸锭加热到 $1100\sim 1180^\circ\text{C}$ ,保温2~3小时,出炉后在锻压机上进行开坯锻造,锻比控制在4~5.5,终锻温度不低于 $850^\circ\text{C}$ ,得到锻坯;

[0007] 步骤三、将锻坯在电阻炉中加热至 $\beta$ 相变点以上 $120\sim 200^\circ\text{C}$ ,在锻压机上进行2~3火次的镦拔变形,锻造过程中,逐火次降低锻造温度 $50\sim 150^\circ\text{C}$ 。且其每火次的终锻温度不低于 $750^\circ\text{C}$ ;之后采用径向拔长的方式,锻造至外径为 $\Phi 620\sim\Phi 700\text{mm}$ 的棒坯,锻后采用水冷方式冷却,总锻比为10~20;

[0008] 步骤四、对步骤三生产的棒坯去除表面缺陷后进行钻孔,得到内径为 $\Phi 220\sim 260\text{mm}$ ,内孔粗糙度不大于 $3.2\mu\text{m}$ 的管坯;

[0009] 步骤五、将步骤四所生产的管坯加热至 $\beta$ 相变点以上 $80\sim 100^\circ\text{C}$ ,保温2.5~3小时;将长度为 $3000\text{mm}$ ,直径为 $\Phi 205\sim 230\text{mm}$ ,且具有1:300锥度的钢棒,在 $150\sim 300^\circ\text{C}$ 下预热2~3小时,并涂抹润滑剂后穿入所述管坯内,在锻压机上进行2~3火次锻造至外径为 $\Phi 480\text{mm}$ ,然后将钢棒取出,得到半成品管材;

[0010] 步骤六、将所得到的半成品管材进行热处理和表面处理后,得到成品管材。

[0011] 所述步骤五中的润滑剂为二硫化钼或石墨乳。

[0012] 所述步骤六中的热处理工艺为:将半成品管材在电阻炉内进行退火,固溶温度为 $800\sim 950^\circ\text{C}$ ,保温0.5~4小时后空冷或快冷,时效温度为 $450\sim 600^\circ\text{C}$ ,保温2~24小时后空

冷。

[0013] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0014] 1. 本发明可以生产较宽规格范围的Ti-B19钛合金厚壁管材，操作工序少，生产灵活，工模具制作简单，非常适合小批量、多规格管材的生产。

[0015] 2. 本发明与传统的棒材掏孔工艺相比，由于钻孔工序在半成品阶段完成，原材料浪费少，可大幅节约原材料成本。

[0016] 3. 本发明与现有技术相比，可保证厚壁管材的组织均匀性和力学性能稳定性。可生产单重超过1吨，长度大于2000mm的无缝厚壁钛合金管材。

### 具体实施方式

[0017] 实施例1：

[0018] 步骤一、原料准备：使用Ti-B19钛合金自耗电极经3次真空自耗熔炼得到名义成分为Ti-3Al-5Mo-5V-4Cr-2Zr，直径为 $\Phi 720\text{mm}$ 的Ti-B19钛合金铸锭。将Ti-B19钛合金铸锭切除冒口和底部，并采用机加的方式去除表面缺陷。所得的Ti-B19钛合金铸锭的直径为 $\Phi 694\text{mm}$ ；

[0019] 步骤二、开坯锻造：在天然气炉中将步骤一生产的Ti-B19钛合金铸锭加热到 $1150^\circ\text{C}$ ，保温2.5小时。出炉后在3150t水压机上进行开坯锻造，进行2火次的镦拔变形，终锻温度为 $895^\circ\text{C}$ ，锻比为5.22，得到锻坯；

[0020] 步骤三、中间锻造：将锻坯在电阻炉中在 $\beta$ 相变点以上 $120\sim 180^\circ\text{C}$ 加热后，在3150t水压机上进行3火次的镦拔变形。锻造过程中，逐火次降低锻造温度 $50\sim 150^\circ\text{C}$ ，细化组织。终锻温度为 $842^\circ\text{C}$ ，锻比为11.58。之后采用径向拔长的方式，在2500t油压机上锻造至外径为 $\Phi 650\text{mm}$ 的棒坯。锻后采用水冷方式冷却。

[0021] 步骤四、管坯制备：对步骤三生产的棒坯使用打磨的方式去除表面缺陷后进行钻孔，得到内径为 $\Phi 245\text{mm}$ ，内孔粗糙度不大于 $3.2\mu\text{m}$ ，内径倒角 $20\text{mm}\times 45^\circ$ 的管坯；

[0022] 步骤五、管材成型锻造：将钢制芯棒在 $250^\circ\text{C}$ 下预热2.5小时后，穿入经修磨掉表面缺陷的管坯内。在3150t水压机上进行3火次的芯轴拔长变形锻造至外径为 $\Phi 483\text{mm}$ ，然后将钢棒取出，得到半成品管材；

[0023] 所述钢棒长度为3000mm，直径逐渐减小且具有1:300锥度的钢棒，其最大直径为205mm。钢棒上涂润滑剂为二硫化钼。所述管坯锻造时的加热温度为 $\beta$ 相变点以上 $80\sim 100^\circ\text{C}$ ，保温2.5小时，终锻温度为 $744^\circ\text{C}$ ，锻后空冷；

[0024] 步骤六、后续处理：将所得到的半成品管材进行固溶时效热处理，所选用的热处理工艺为： $870^\circ\text{C}$ 保温1h后快冷+ $540^\circ\text{C}$ 保温16h后空冷。热处理后的管材采用机加工的方式去除表面氧化皮后，得到尺寸为 $\Phi 460/\Phi 230\times 2250\text{mm}$ 成品管材。

[0025] 在成品管材上切取2个 $\Phi 5\text{mm}$ 的常规拉伸试样，取样方向为弦向，取样位置在壁厚1/2处。在Zwick万能试验机上进行室温拉伸测试。测试结果见表1。结果表明，通过本发明生产的高强度厚壁管材，其力学性能满足客户相关标准要求。

[0026] 表1

[0027]

试样编号	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\delta_5$ (%)
------	------------------	----------------------	----------------

1	1275	1155	7.5
2	1260	1150	8.0
标准要求	1200	1100	6

[0028] 实施例2:

[0029] 步骤一、原料准备:使用Ti-B19钛合金自耗电极经3次真空自耗熔炼得到名义成分为Ti-3Al-5Mo-5V-4Cr-2Zr,直径为 $\Phi 720\text{mm}$ 的Ti-B19钛合金铸锭。将Ti-B19钛合金铸锭切除冒口和底部,并采用机加的方式去除表面缺陷。所得的Ti-B19钛合金铸锭的直径为 $\Phi 694\text{mm}$ ;

[0030] 步骤二、开坯锻造:在天然气炉中将Ti-B19钛合金铸锭加热到 $1150^{\circ}\text{C}$ ,保温2.5小时。出炉后在3150t水压机上进行开坯锻造,进行3火次的镦拔变形,终锻温度为 $886^{\circ}\text{C}$ ,锻比为5.40,得到锻坯;

[0031] 步骤三、中间锻造:将锻坯在电阻炉中在 $\beta$ 相变点以上 $120\sim 180^{\circ}\text{C}$ 加热后,在3150t水压机上进行3火次的镦拔变形。锻造过程中,逐火次降低锻造温度 $50\sim 150^{\circ}\text{C}$ ,细化组织。终锻温度为 $851^{\circ}\text{C}$ ,锻比为11.58。之后采用径向拔长的方式,在2500t油压机上锻造至外径为 $\Phi 650\text{mm}$ 的棒坯。锻后采用空冷方式冷却。

[0032] 步骤四、管坯制备:对步骤三生产的棒坯使用打磨的方式去除表面缺陷后进行钻孔,得到内径为 $\Phi 245\text{mm}$ ,内孔粗糙度不大于 $3.2\mu\text{m}$ ,内径倒角 $20\text{mm}\times 45^{\circ}$ 的管坯;

[0033] 步骤五、管材成型锻造:将钢制芯棒在 $250^{\circ}\text{C}$ 下预热2.5小时后,穿入经修磨掉表面缺陷的管坯内。在3150t水压机上进行3火次的芯轴拔长变形锻造至外径为 $\Phi 483\text{mm}$ ,然后将钢棒取出,得到半成品管材;

[0034] 所述钢棒长度为3000mm,直径逐渐减小且具有1:300锥度的钢棒,其最大直径为205mm。钢棒上涂润滑剂为二硫化钼。所述管坯锻造时的加热温度为 $\beta$ 相变点以上 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ ,保温2.5小时,终锻温度为 $744^{\circ}\text{C}$ ,锻后空冷;

[0035] 步骤六、后续处理:将所得到的半成品管材进行固溶时效热处理,所选用的热处理工艺为: $890^{\circ}\text{C}$ 保温0.5h后空冷+ $540^{\circ}\text{C}$ 保温16h后空冷。热处理后的管材采用机加工的方式去除表面氧化皮后,得到尺寸为 $\Phi 460/\Phi 230\times 2250\text{mm}$ 成品管材。

[0036] 在成品管材上切取2个 $\Phi 5\text{mm}$ 的常规拉伸试样,取样方向为弦向,取样位置在壁厚1/2处。在Zwick万能试验机上进行室温拉伸测试。测试结果见表2。结果表明,通过本发明生产的高强度厚壁管材,其力学性能满足客户相关标准要求。

[0037] 表2

[0038]

试样编号	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\delta_5$ (%)
1	1270	1200	8.0
2	1280	1210	7.5
标准要求	1200	1100	6

[0039] 本发明所提供的制备工艺,工艺流程短,可生产出多种尺寸规格的Ti-B19钛合金大口径厚壁管材。所生产的高强度厚壁钛合金管材组织均匀,性能稳定,加工成本低。

[0040] 上述实施例,只是本发明的较佳实施例,并非用来限制本发明实施范围,故凡以本发明权利要求所述内容所做的等同变化,均应包括在本发明权利要求范围之内。