



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102371288 A

(43) 申请公布日 2012. 03. 14

(21) 申请号 201010265541. 9

(22) 申请日 2010. 08. 27

(71) 申请人 北京有色金属研究总院

地址 100088 北京市海淀区新街口外大街 2 号

(72) 发明人 闫晓东

(74) 专利代理机构 北京北新智诚知识产权代理有限公司 11100

代理人 耿小强

(51) Int. Cl.

B21C 37/06 (2006. 01)

C21D 9/08 (2006. 01)

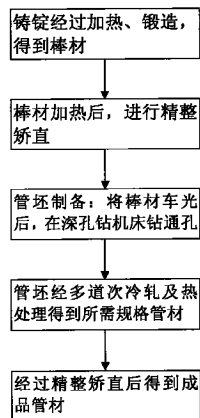
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,属于材料加工领域。制备方法的步骤如下:(1) 将高强钛合金铸锭经过加热、锻造,得到高强钛合金棒材;(2) 将) 所得高强钛合金棒材加热到 580-620℃,采用管棒矫直机进行精整矫直;(3) 将所得矫直后的高强钛合金棒材机加工成光棒,然后沿光棒的长度方向机加工通孔,得到高强钛合金管坯;(4) 将所得高强钛合金管坯在轧管机上进行多道次冷轧加工,每轧制一道次进行热处理一次,得到高强钛合金管材;(5) 将所得高强钛合金管材经过精整矫直后得到成品管材。本发明不但生产工艺简单、工人劳动强度低,而且制品尺寸精度、表面质量及综合性能很高,可以显著提高成品率。



1. 一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其步骤如下:
  - (1) 高强钛合金棒材的制备:将高强钛合金铸锭经过加热、锻造,得到高强钛合金棒材;
  - (2) 矫直:将步骤(1)所得高强钛合金棒材加热到 $580 \sim 620^{\circ}\text{C}$ ,采用管棒矫直机进行精整矫直;
  - (3) 高强钛合金管坯的制备:将步骤(2)所得矫直后的高强钛合金棒材机加工成光棒,然后沿光棒的长度方向机加工通孔,得到高强钛合金管坯;
  - (4) 管材轧制及热处理:将步骤(3)所得高强钛合金管坯在轧管机上进行多道次冷轧加工,每轧制一道次进行热处理一次,得到高强钛合金管材;
  - (5) 精整矫直:将步骤(4)所得高强钛合金管材经过精整矫直后得到成品管材。
2. 根据权利要求1所述的高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其特征在于:所述步骤(1)中所述锻造在快锻机上进行,且锻造变形量为 $80\% \sim 98\%$ 。
3. 根据权利要求1所述的高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其特征在于:所述步骤(3)中所述机加工通孔是在高精度深孔钻机床上进行。
4. 根据权利要求1所述的高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其特征在于:所述步骤(4)中所述的冷轧加工为采用三辊周期式冷轧管机,冷轧加工的道次变形量为 $8\% \sim 15\%$ ,从管坯到成品管材的总变形量为 $45\% \sim 80\%$ 。
5. 根据权利要求1所述的高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其特征在于:所述步骤(4)中所述热处理为采用真空退火炉进行,并且真空度低于 $1.33 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 。
6. 根据权利要求5所述的高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其特征在于:所述的热处理为在 $780 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 下保温 $90 \sim 120\text{min}$ 。

## 一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种钛合金无缝管材的制造方法,特别涉及一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,属于材料加工领域。

### 背景技术

[0002] 高强钛合金无缝管材具有强度高、密度低、耐蚀性 / 耐热性好等特点,是航空、航天、石油、化工、船舶等领域关键部位的理想材料。但是由于高强钛合金的室温变形抗力大、加工硬化显著、冷变易开裂,热加工过程容易发生氧化和吸氢,使得加工具有一定长度和壁厚而且具有优良力学性能的高精度高强钛合金管材具有相当难度。

[0003] 目前,制造高强钛合金无缝管材的方法有斜轧穿孔管坯轧制法和挤压管坯轧制法两种。(1) 穿孔管坯轧制法:首先将钛合金铸锭锻造成棒材,棒材加热后送入两辊或三辊斜轧穿孔机穿成管坯,再将管坯经过多道次的轧制、退火和精整处理得到成品管材。该方法具有材料利用率高、工模具消耗少、生产效率高、成本低、管坯表面质量好等优点,但是由于斜轧穿孔制备的管坯容易产生明显的壁厚不均和偏心,而后续的轧制工艺对高强钛合金管材壁厚不均以及偏心的纠正能力有限,导致最终管材的尺寸精度,特别是壁厚精度不高;斜轧穿孔管坯的壁厚通常较大,不适合生产壁厚较小的管材;另外,钛合金在加热、保温和穿孔过程中容易发生氧化和吸氢,使得管坯的抗拉强度提高、塑性降低,严重情况下会导致钛合金管坯发生氢脆,导致钛合金管坯的后续轧制变形难度增加,容易出现裂纹和开裂,而且制品的综合力学性能降低。如果在惰性气氛或真空状态下进行钛合金管坯加热、穿孔,以减少氧化和吸氢,将大大增加生产成本。(2) 挤压管坯轧制法:将钛合金铸锭或棒坯加热,然后送入挤压机挤压成管坯,对管坯进行内、外表面处理后,再经过多道次的轧制、退火和精整处理得到成品管材。但是高强钛合金管材的挤压难度大,主要体现在难以实现良好的工艺润滑,导致管坯内外表面质量很差,划伤严重,不但大大增加后续管坯表面处理及修伤工作量,而且最终制品的尺寸精度和表面质量难以保证,导致成品率降低;如采用铜包套挤压,由于钛和铜在 880℃ 左右发生共晶反应,生成共晶脆性相,挤压管坯的质量难以保证,同时还需额外消耗大量的铜材、增大辅助工作量大,而且去除包铜时需要大量的酸液进行酸洗,造成环境污染;另外,对于较大规格的管材,需要大吨位的挤压机进行挤压,投资巨大,成本较高。

[0004] 因此,提供一种加工工序较少、成品率较高的用于高精度高强钛合金无缝管材的制造方法就成为该技术领域急需解决的技术难题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的就是针对现有技术的不足,提供一种加工工序较少、成品率较高的精度高强钛合金无缝管材的制备方法。

[0006] 本发明的上述目的是通过以下技术方案达到的:

[0007] 一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其步骤如下:

[0008] (1) 高强钛合金棒材的制备 :将高强钛合金铸锭经过加热、锻造,得到高强钛合金棒材 ;

[0009] (2) 矫直 :将步骤 (1) 所得高强钛合金棒材加热到 580 ~ 620℃,采用管棒矫直机进行精整矫直 ;

[0010] (3) 高强钛合金管坯的制备 :将步骤 (2) 所得矫直后的高强钛合金棒材机加工成光棒,然后沿光棒的长度方向机加工通孔,得到高强钛合金管坯 ;

[0011] (4) 管材轧制及热处理 :将步骤 (3) 所得高强钛合金管坯在轧管机上进行多道次冷轧加工,每轧制一道次进行热处理一次,得到高强钛合金管材 ;

[0012] (5) 精整矫直 :将步骤 (4) 所得高强钛合金管材经过精整矫直后得到成品管材。

[0013] 一种优选技术方案,其特征在于 :所述步骤 (1) 中所述锻造在快锻机上进行,且锻造变形量为 80% ~ 98%。

[0014] 一种优选技术方案,其特征在于 :所述步骤 (3) 中所述机加工通孔是在高精度深孔钻机床上进行。

[0015] 一种优选技术方案,其特征在于 :所述步骤 (4) 中所述的冷轧加工是采用三辊周期式冷轧管机,以保证管材轧制精度 ;所述冷轧加工的道次变形量为 8% ~ 15%,从管坯到成品管材的总变形量为 45% ~ 80%。

[0016] 一种优选技术方案,其特征在于 :所述步骤 (4) 中所述的热处理包括中间退火及成品退火,均采用管材真空退火炉进行,并且真空度低于  $1.33 \times 10^{-1} \text{Pa}$ 。

[0017] 一种优选技术方案,其特征在于 :所述步骤 (4) 中所述的热处理为在 780 ~ 800℃ 下保温 90 ~ 120min。

[0018] 高强钛合金棒材的锻造在快锻机上进行,且锻造变形量为 80% ~ 98%,可以提高棒材综合质量 ;棒材机加工通孔,在高精度深孔钻机床上进行,可以保证管坯的尺寸精度 ;管坯通过进一步轧制和退火处理,不仅能提供所需的外形尺寸和表面质量优质的管材,而且进一步改善了管材的组织性能。

[0019] 有益效果 :

[0020] 本发明采用锻棒钻孔 - 冷轧的加工工艺,相对斜轧穿孔管坯轧制法和挤压管坯轧制法具有以下优点 :生产工艺简单、工人劳动强度大大降低、制品尺寸精度及表面质量很高,可以生产具有中等管径、一定的长度和壁厚的高精度高强钛合金无缝管材,而且显著提高管材成品率高。本发明避免了钛合金在斜轧穿孔或者挤压等热加工过程的氧化和吸氢现象,还可以有效降低和控制管坯的壁厚不均和偏心,显著降低由于壁厚不均和偏心所导致的后续工作强度,提高制品的尺寸精度。

[0021] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明,但并不意味着对本发明保护范围的限制。

## 附图说明

[0022] 图 1 为本发明高精度高强钛合金无缝管材的制造方法流程图。

## 具体实施方式

[0023] 实施例 1

[0024] 选用直径为 300mm 的 TC10 高强钛合金铸锭, 欲经过“锻造——锻棒钻孔——冷轧”工艺路线将其加工成  $\Phi 52_{-0.08}^{+0.05} \times \Phi 42.4_{-0.05}^{+0.08} \times 3600\text{mm}$  的具有高精度、高表面质量和优良综合性能的管材。图 1 为本发明高精度高强钛合金无缝管材的制造方法流程图, 具体操作步骤如下:

[0025] 1、棒材制备: 采用 2500 吨快锻机, 将  $\Phi 300\text{mm}$  的 TC10 钛合金铸锭在  $820^{\circ}\text{C} \sim 1050^{\circ}\text{C}$  进行锻造, 得到  $\Phi 68 \times 2400\text{mm}$  的 TC10 钛合金棒材, 锻造变形量为 94.9%。

[0026] 2、棒材精整矫直: 将锻造得到的 TC10 钛合金棒材加热到  $580^{\circ}\text{C}$  保温 90min, 然后采用  $\Phi 25 \sim 75$  七辊卧式矫直机进行矫直。

[0027] 3、管坯制备: 首先将矫直后的 TC10 钛合金棒材在车床上机加工成  $\Phi 60\text{mm}$  的光棒, 然后采用 ZK2160D 深孔钻机床, 沿光棒的长度方向机加工通孔, 得到高精度 TC10 钛合金管坯:  $\Phi 60 \pm 0.05\text{mm} \times \Phi 46 \pm 0.05\text{mm} \times 2400\text{mm}$ , 管坯的内外表面粗糙度  $\leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

[0028] 4、管材轧制及热处理:  $\Phi 60 \pm 0.05\text{mm} \times \Phi 46 \pm 0.05\text{mm} \times 2400\text{mm}$  的 TC10 钛合金管坯在 LD60 三辊周期式冷轧管机上进行 4 道次冷轧加工, 每轧制一道次进行真空热处理一次, 得到  $\Phi 52_{-0.08}^{+0.02} \times \Phi 42.4_{-0.02}^{+0.08} \times 3600\text{mm}$  的管材。从管坯到成品管材的总变形量为 46.3%。具体轧制及热处理工艺如表 1 所示。

[0029] 表 1

[0030]

轧制道次	外径	内径	壁厚	道次变形量	热处理工艺
坯料	60.00	46.00	7.00	/	/
1	58.00	45.00	6.50	9.8	$800^{\circ}\text{C} \times 90\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
2	55.80	44.00	5.90	12.1	$800^{\circ}\text{C} \times 90\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
3	53.50	42.90	5.30	13.2	$800^{\circ}\text{C} \times 90\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
4	52.00	42.40	4.80	11.3	$780^{\circ}\text{C} \times 90\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$

[0031] 5、精整矫直: 经过上述冷轧及热处理后的管材, 在  $\Phi 25 \sim 75$  七辊卧式矫直机进行矫直后得到成品管材。

[0032] 对成品管材的检测结果显示: 管材的直线度优于  $1000 : 0.2$ , 管材壁厚差  $\leq \pm 0.1\text{mm}$ , 表面粗糙度  $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$ , 抗拉强度  $\sigma_b$  为  $1070\text{MPa}$ , 延伸率  $\delta_5$  为 13.5%。检测结果表明: 采用该方法生产的 TC10 高强钛合金管材具有很好的尺寸精度和良好的综合性能。

[0033] 实施例 2

[0034] 选用直径为 280mm 的 TA15 钛合金铸锭, 欲经过“锻造——锻棒钻孔——冷轧”工艺路线将其加工成  $\Phi 34.5_{-0.06}^{+0.04} \times \Phi 24_{-0.04}^{+0.06} \times 3600\text{mm}$  的具有高精度、高表面质量和优良综

合性能的管材。具体操作步骤如下：

[0035] 1、棒材制备：采用 2500 吨快锻机，将  $\Phi 280\text{mm}$  的 TA15 高强钛合金铸锭在  $850^{\circ}\text{C} \sim 1150^{\circ}\text{C}$  进行锻造，得到  $\Phi 52 \times 2100\text{mm}$  的 TA15 高强钛合金棒材，锻造变形量为 96.6%。

[0036] 2、棒材精整矫直：将锻造得到的 TA15 钛合金棒材加热到  $620^{\circ}\text{C}$  保温 90min，然后采用  $\Phi 25 \sim 75$  七辊卧式矫直机进行矫直。

[0037] 3、管坯制备：先将矫直后的 TA15 钛合金棒材在车床上机加工成  $\Phi 45\text{mm}$  的光棒，然后采用 ZK2160D 深孔钻机床，沿光棒的长度方向机加工通孔，得到高精度 TA15 钛合金管坯： $\Phi 45 \pm 0.05\text{mm} \times \Phi 30 \pm 0.05\text{mm} \times 2100\text{mm}$ ，管坯的内外表面粗糙度  $\leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

[0038] 4、管材轧制及热处理： $\Phi 45 \pm 0.05\text{mm} \times \Phi 30 \pm 0.05\text{mm} \times 2100\text{mm}$  的 TA15 钛合金管坯在 LD60 三辊周期式冷轧管机上进行 5 道次冷轧加工，每轧制一道次进行真空热处理一次，得到  $\Phi 34.5_{-0.06}^{+0.04} \times \Phi 24_{-0.04}^{+0.06} \times 3600\text{mm}$  的管材。从管坯到成品管材的总变形量为 56.8%。具体轧制及热处理工艺如表 2 所示。

[0039] 表 2

[0040]

轧制道次	外径	内径	壁厚	道次变形量	热处理工艺
坯料	45.00	30.00	7.5	/	/
1	43.00	28.60	7.2	8.4	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
2	41.0	27.40	6.80	9.8	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
3	38.5	26.10	6.20	13.9	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
4	36.00	24.80	5.60	15	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
5	34.50	24.00	5.25	9.8	$800^{\circ}\text{C} \times 90\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$

[0041] 5、精整矫直：经过上述冷轧及热处理后的管材，在  $\Phi 25 \sim 75$  七辊卧式矫直机进行矫直后得到成品管材。

[0042] 对成品管材的检测结果显示：管材的直线度优于  $1000 : 0.2$ ，管材壁厚差  $\leq \pm 0.1\text{mm}$ ，表面粗糙度  $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$ ，抗拉强度  $\sigma_b$  为  $1010\text{MPa}$ ，延伸率  $\delta_5$  为 15%。检测结果表明：采用该方法生产的 TA15 高强钛合金管材具有很好的尺寸精度和良好的综合性能。

[0043] 实施例 3

[0044] 选用直径为  $105\text{mm}$  的 TA15 钛合金铸锭，欲经过“锻造——锻棒钻孔——冷轧”工艺路线将其加工成  $\Phi 34.5_{-0.06}^{+0.04} \times \Phi 24_{-0.04}^{+0.06} \times 3600\text{mm}$  的具有高精度、高表面质量和优良综合性能的管材。具体操作步骤如下：

[0045] 1、棒材制备：采用 2500 吨快锻机，将  $\Phi 105\text{mm}$  的 TA15 高强钛合金铸锭在  $850^{\circ}\text{C} \sim 1150^{\circ}\text{C}$  进行锻造，得到  $\Phi 45 \times 2000\text{mm}$  的 TA15 高强钛合金棒材，锻造变形量为 81.6%。

[0046] 2、棒材精整矫直：将锻造得到的 TA15 钛合金棒材加热到  $620^{\circ}\text{C}$  保温 90min，然后采用  $\Phi 25 \sim 75$  七辊卧式矫直机进行矫直。

[0047] 3、管坯制备：先将矫直后的 TA15 钛合金棒材在车床上机加工成  $\Phi 40\text{mm}$  的光棒，然后采用 ZK2160D 深孔钻机床，沿光棒的长度方向机加工通孔，得到高精度 TA15 钛合金管坯： $\Phi 40 \pm 0.05\text{mm} \times \Phi 28 \pm 0.05\text{mm} \times 2000\text{mm}$ ，管坯的内外表面粗糙度  $\leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

[0048] 4、管材轧制及热处理： $\Phi 40 \pm 0.05\text{mm} \times \Phi 28 \pm 0.05\text{mm} \times 2000\text{mm}$  的 TA15 钛合金管坯在 LD60 三辊周期式冷轧管机上进行 7 道次冷轧加工，每轧制一道次进行真空热处理一次，得到  $\Phi 34.5_{-0.06}^{+0.04} \times \Phi 24_{-0.04}^{+0.06} \times 4500\text{mm}$  的管材。从管坯到成品管材的总变形量为 79.1%。具体轧制及热处理工艺如表 3 所示。

[0049] 表 3

[0050]

轧制道次	外径	内径	壁厚	道次变形量	热处理工艺
坯料	40.00	28.00	6.00	/	/
1	38.20	26.80	5.70	9.19	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
2	36.00	25.40	5.30	12.17	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
3	33.50	23.50	5.00	12.42	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
4	31.20	22.00	4.60	14.13	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
5	29.00	20.20	4.40	11.54	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
6	27.2	18.80	4.20	10.75	$800^{\circ}\text{C} \times 120\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$
7	26.00	18.00	4.00	8.90	$800^{\circ}\text{C} \times 90\text{min}$ 真空度 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$

[0051] 5、精整矫直：经过上述冷轧及热处理后的管材，在  $\Phi 25 \sim 75$  七辊卧式矫直机进行矫直后得到成品管材。

[0052] 对成品管材的检测结果显示：管材的直线度优于  $1000 : 0.2$ ，管材壁厚差  $\leq \pm 0.1\text{mm}$ ，表面粗糙度  $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$ ，抗拉强度  $\sigma_b$  为  $1015\text{MPa}$ ，延伸率  $\delta_5$  为 16%。检测结果表明：采用该方法生产的 TA15 高强钛合金管材具有很好的尺寸精度和良好的综合性能。

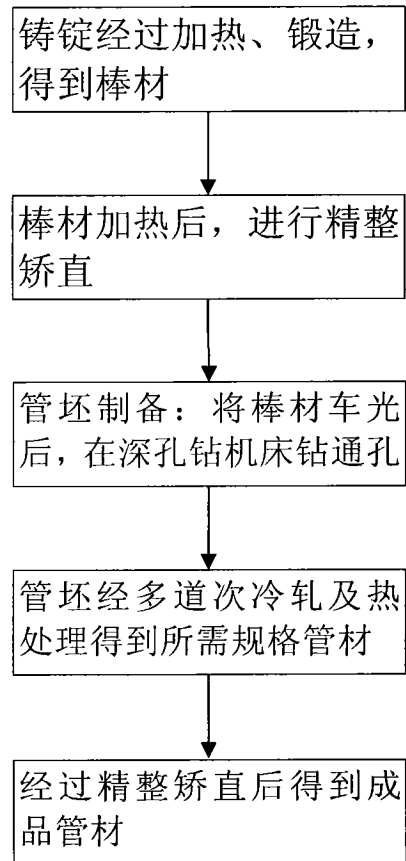


图 1