



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105568195 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201510997652. 1

(22) 申请日 2015. 12. 25

(71) 申请人 北京有色金属研究总院
地址 100088 北京市西城区新街口外大街 2 号

(72) 发明人 闫晓东 于隆祥

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246
代理人 张文宝

(51) Int. Cl.
C22F 1/18(2006. 01)

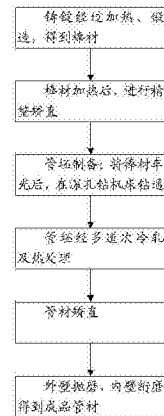
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(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

本发明公开了属于无缝管材的制造技术领域的一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法。采用“锻造—锻棒钻孔—冷轧”工艺路线,在快锻机上进行高强钛合金棒材的锻造,提高棒材综合质量;在高精度深孔钻机床上进行棒材机加工通孔,可以保证管坯的尺寸精度,特别是管坯的壁厚壁厚偏差≤公称壁厚的±1%;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,改善组织性能;采用立式退火炉挂装热处理,有效避免热处理过程管材变形。本发明设备投资小、生产工艺简单、工人劳动强度大大降低、制品尺寸精度高及壁厚偏差小,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。



1. 一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其特征在于,该方法是一种设备投资小、加工工序较少、壁厚偏差小、成品率较高的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) 高精度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,得到高精度的高强钛合金管坯;

(4) 管材轧制及热处理:将步骤(3)所得高精度高强钛合金管坯在三辊轧管机上进行多道次冷轧加工,每轧制 $1\sim 2$ 道次进行热处理一次,最后一道次轧制需对管材内外径预留 $0.04\sim 0.1\text{mm}$ 的加工余量;

(5) 矫直:将步骤(4)所得高强钛合金管材经过矫直后供下一工序使用;

(6) 管材精修:对步骤(5)所得高强钛合金管材进行外壁抛磨及内壁绉磨加工得到成品管材,加工量根据成品以及步骤(4)所留加工余量控制。

2. 根据权利要求1所述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)的锻造工艺在快锻机上进行,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)的机加工通孔是在高精度深孔钻机床上进行,经过车削钻孔的管坯壁厚偏差 \leq 公称壁厚的 $\pm 1\%$,这是获得壁厚偏差小的高精度管坯的关键。

4. 根据权利要求1所述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)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;其冷轧加工的道次变形量为 $6\%\sim 15\%$,两次退火之间的累计变形量为 $8\%\sim 20\%$,从管坯到成品管材的总变形量为 $35\%\sim 80\%$ 。

5. 根据权利要求1所述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)的热处理包括中间退火及成品退火,均采用立式真空退火炉进行,并且真空度低于 $1.33\times 10^{-1}\text{Pa}$ 。

6. 根据权利要求1所述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)中所述的热处理为在 $780\sim 800^{\circ}\text{C}$ 下保温 $90\sim 120\text{min}$,管材装炉方式采用立式挂装。

一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于无缝管材的制造技术领域,特别涉及一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法。

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、冷变形易开裂,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,壁厚差达到管材公称壁厚的5%~10%;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,对管坯内、外表面进行处理后,再经过多道次的轧制、退火和精整处理得到成品管材。但是挤压制备的高强钛合金管坯的内外表面质量很差,划伤严重,大大增加后续管坯表面处理及修伤工作量,特别是挤压以及修伤后的管坯壁厚精度难以保证,后续冷轧过程难以纠正管坯的壁厚偏心,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] 上述两种常见制备高强钛合金无缝管材的方法的共同特点是所制备管材的壁厚偏差较大,壁厚差往往达到管材公称壁厚的 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 。即使按中国专利CN10148439A所述方法,对管坯或者轧制半成品进行镗孔、成品外壁抛磨及内外壁珩磨加工,最终管材的壁厚差仍然达到管材公称壁厚的 $\pm 2\% \sim \pm 3\%$ 。

[0005] 因此,提供一种设备投资小、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备方法就成为该技术领域急需解决的技术难题。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法,其特征在于,该方法是一种设备投资小、加工工序较少、壁厚偏差小、成品率较高的高精度高强钛合金无缝管材的制备方法;其步骤如下:

[0007] (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;

[0008] (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;

[0009] (3) 高精度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, 得到高精度的高强钛合金管坯;

[0010] (4) 管材轧制及热处理: 将步骤(3)所得高精度高强钛合金管坯在三辊轧管机上进行多道次冷轧加工, 每轧制 $1\sim 2$ 道次进行热处理一次, 最后一道次轧制需对管材内外径预留 $0.04\sim 0.1\text{mm}$ 的加工余量;

[0011] (5) 矫直: 将步骤(4)所得高强钛合金管材经过矫直后供下一工序使用;

[0012] (6) 管材精修: 对步骤(5)所得高强钛合金管材进行外壁抛磨及内壁珩磨加工得到成品管材, 加工量根据成品以及步骤(4)所留加工余量控制。

[0013] 所述步骤(1)的锻造工艺在快锻机上进行, 且锻造变形量为 $80\%\sim 98\%$ 。

[0014] 所述步骤(3)的机加工通孔是在高精度深孔钻机床上进行, 经过车削钻孔的管坯壁厚偏差 \leq 公称壁厚的 $\pm 1\%$, 这是获得壁厚偏差小的高精度管坯的关键。

[0015] 所述步骤(4)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; 其冷轧加工的道次变形量为 $6\%\sim 15\%$, 两次退火之间的累计变形量为 $8\%\sim 20\%$, 从管坯到成品管材的总变形量为 $35\%\sim 80\%$ 。

[0016] 所述步骤(4)的热处理包括中间退火及成品退火, 均采用立式真空退火炉进行, 并且真空度低于 $1.33\times 10^{-1}\text{Pa}$ 。

[0017] 所述步骤(4)中所述的热处理为在 $780\sim 800^{\circ}\text{C}$ 下保温 $90\sim 120\text{min}$, 管材装炉方式采用立式挂装。

[0018] 本发明的有益效果是本方法采用棒材钻孔-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: 设备投资小、生产工艺简单、工人劳动强度大大降低、制品尺寸精度高及壁厚偏差小, 可以生产具有中等管径($\Phi 20\text{mm}\sim \Phi 100\text{mm}$)、一定的长度($1\text{m}\sim 4\text{m}$)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, 所制备管材的壁厚差不超过管材公称壁厚的 $\pm 1\%$ 。

附图说明

[0019] 图1为钛合金无缝管材的制备流程图。

具体实施方式

[0020] 本发明提供一种高精度高强钛合金无缝管材的制备方法, 该方法是一种设备投资小、加工工序较少、壁厚偏差小、成品率较高的高精度高强钛合金无缝管材的制备方法; 下面结合附图1和具体实施例对本发明做进一步说明。

[0021] 实施例1

[0022] 选用直径为 420mm 的TC10高强钛合金铸锭, 欲经过“锻造——棒材钻孔——冷轧”

工艺路线将其加工成 $\Phi 52_{-0.05}^{+0.05} \times \Phi 42.4_{-0.05}^{+0.05} \times 3600\text{mm}$ 的具有高精度、高表面质量和优良综合性能的管材。图1所示的具体操作步骤如下：

[0023] 1. 棒材制备：采用2500吨快锻机，将 $\Phi 420\text{mm}$ 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%。

[0024] 2. 棒材轧制及精整矫直：将锻造得到的TC10钛合金棒材加热到 580°C 保温90min，然后采用 $\Phi 25 \sim 75$ 七辊卧式矫直机进行矫直。

[0025] 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： $\Phi 60 \pm 0.03\text{mm} \times \Phi 46 \pm 0.03\text{mm} \times 2400\text{mm}$ ，管坯的内外表面粗糙度 $\leq 0.8\mu\text{m}$ 。

[0026] 4. 管材轧制及热处理： $\Phi 60 \pm 0.03\text{mm} \times \Phi 46 \pm 0.03\text{mm} \times 2400\text{mm}$ 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1道次进行真空热处理一次，得到 $\Phi 52_{+0.05}^{+0.1} \times \Phi 42.4_{-0.08}^{-0.05} \times 3600\text{mm}$ 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。

[0027] 表1轧制及热处理工艺

[0028]

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 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$

[0029] 5. 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。

[0030] 6. 管材精修：矫直后高强钛合金管材在车床进行外壁抛磨及内壁珩磨加工得到成品管材，外壁单边抛磨 $0.03 \sim 0.05\text{mm}$ ，内壁珩磨 $0.03 \sim 0.05\text{mm}$ 。

[0031] 对成品管材的检测结果如下：管材的直线度优于 $1000:0.2$ ，管材壁厚差 $\leq \pm 0.04\text{mm}$ ，外径 $52_{-0.05}^{+0.04}$ ，内径 $42.4_{-0.02}^{+0.05}$ ，表面粗糙度 $R_a \leq 0.8\mu\text{m}$ ，抗拉强度 σ_b 为 1070MPa ，延伸率 δ_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。

[0032] 实施例2

[0033] 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 $\Phi 34.5_{-0.05}^{+0.05} \times \Phi 24_{-0.02}^{+0.02} \times 3600\text{mm}$ 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：

[0034] 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%。

[0035] 2. 棒材精整矫直：将锻造得到的TA15钛合金棒材加热到 620°C 保温90min，然后采用 $\Phi 25 \sim 75$ 七辊卧式矫直机进行矫直。

[0036] 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： $\Phi 45 \pm 0.02\text{mm} \times \Phi 30 \pm 0.02\text{mm} \times 2100\text{mm}$ ，管坯的内外表面粗糙度 $\leq 0.8\mu\text{m}$ 。

[0037] 4. 管材轧制及热处理： $\Phi 45 \pm 0.02\text{mm} \times \Phi 30 \pm 0.02\text{mm} \times 2100\text{mm}$ 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1~2道次进行真空热处理一次，得到 $\Phi 34.5_{-0.0}^{+0.04} \times \Phi 24_{-0.04}^{+0.0} \times 3600\text{mm}$ 的管材。轧制总变形量为56.8%。具体轧制及热处理工艺如表2所示。

[0038] 表2轧制及热处理工艺

[0039]

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	/
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 $\leq 1.33 \times 10^{-2}\text{Pa}$

[0040] 5. 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。

[0041] 6. 管材精修：矫直后TA15钛合金管材在车床进行外壁抛磨及内壁珩磨加工得到成品管材。外壁单边抛磨 $0.02 \sim 0.025\text{mm}$ ，内壁珩磨 $0.02 \sim 0.025\text{mm}$ 。

[0042] 对成品管材的检测结果如下：管材的直线度优于 $1000:0.2$ ，管材壁厚差 $\leq \pm 0.05\text{mm}$ ，外径 $\Phi 34.5_{-0.05}^{+0.0}$ ，内径 $\Phi 24_{-0.0}^{+0.05}$ ，表面粗糙度 $R_a \leq 0.8\mu\text{m}$ ，抗拉强度 σ_b 为 1000MPa ，延伸率 δ_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。

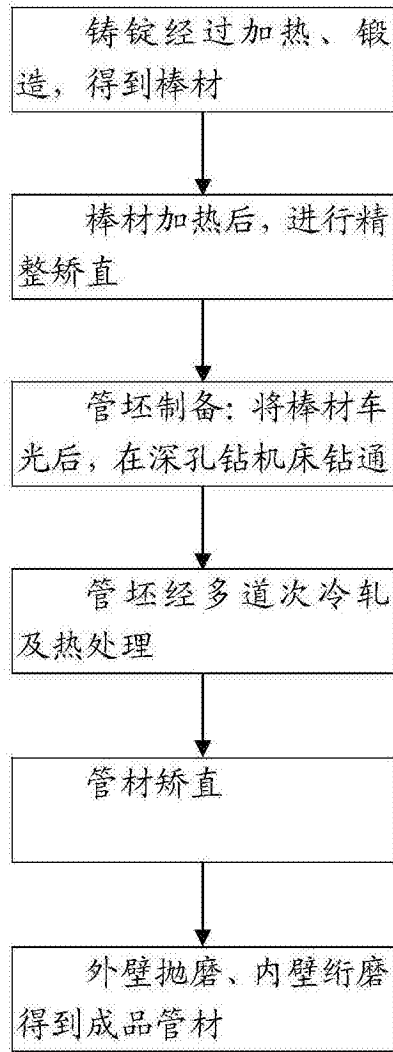


图1