



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110976603 A

(43)申请公布日 2020.04.10

(21)申请号 201911388308.7

(22)申请日 2019.12.30

(71)申请人 西安航天动力机械有限公司
地址 710025 陕西省西安市田王街特字一
号14号

(72)发明人 王猛 杨延涛 赵琳瑜 孟繁瀛
牟少正 刘党伟 龚军善 张岩

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 慕安荣

(51)Int.Cl.

B21D 22/16(2006.01)

B21D 37/16(2006.01)

C25D 17/12(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种阴极辊用细晶钛筒的制备方法

(57)摘要

一种阴极辊用细晶钛筒的制备方法,采用错距旋压,减小单旋轮压下量,同时优化毛坯结构,增加起旋时的变形稳定性,实现了TA1钛合金室温旋压成形,无需预热旋压模具及在旋压过程中补热,降低了能耗,同时简化操作流程,减少工作人员,使得生产成本降低;采用室温旋压,变形过程中无需补热,因此变形区材料流动稳定,变形均匀性好,所得产品的精度也更高,直线度 $\leq 2\text{mm}$,圆度 $\leq 2\text{mm}$;本发明形核点数量更多且分布弥散,最终得到的钛筒微观组织也更加细小均匀,晶粒度可达9级以上。



1. 一种阴极辊用细晶钛筒的制备方法,其特征在于,具体过程是:

步骤1:制作旋压毛坯;

步骤2:旋压毛坯的预加热:

预加热的温度为 $160\sim 195^{\circ}\text{C}$,保温时间为 $30\sim 60\text{min}$;

步骤3:旋压加工:

将经过预加热的旋压毛坯套装在芯模上;待旋压毛坯温度冷却至室温后开始旋压;

旋压时,通过第一旋轮和第二旋轮采用错距旋压工艺,经三道次或四道次旋压成形,使该旋压毛坯壁厚的减薄率达到 $60.6\sim 69\%$;

旋压时,同时启动所述第一旋轮和第二旋轮,使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工;完成一个道次的旋压后,两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置;旋压完成后,所述第一旋轮和第二旋轮依次退出,得到阴极辊钛筒的预制件;

步骤4:热处理:

对得到的预制件进行热处理;得到阴极辊钛筒的半成品

步骤5:切边:

切除所述半成品两端的余料,得到阴极辊钛筒。

2. 如权利要求1所述阴极辊用细晶钛筒的制备方法,其特征在于,旋压所使用的两个旋轮分别为第一旋轮和第二旋轮;所述第一旋轮和第二旋轮的直径 D 均为 400mm ,旋轮厚度 d 均为 100mm ,旋轮旋入角 θ 为 20° ,旋轮退出角 β 为 25° ,旋轮圆角半径 R 为 12mm ;两个旋轮的轴向错距量为 8mm ;所述旋轮旋入角 θ =坡口角度 α 。

3. 如权利要求1所述阴极辊用细晶钛筒的制备方法,其特征在于,所述旋压加工时,旋压机主轴转速为 $40\text{r}/\text{min}$,旋轮进给速度为 $40\text{mm}/\text{min}$ 。

4. 如权利要求1所述阴极辊用细晶钛筒的制备方法,其特征在于,旋压过程中,每道次的总压下量为 $6\sim 8\text{mm}$,其中第一旋轮的压下量为 $3.3\sim 4.4\text{mm}$,第二旋轮的压下量为 $2.7\sim 3.6\text{mm}$,并使该第一旋轮的压下量与第二旋轮的压下量之和等于当前道次的总压下量。

5. 如权利要求1所述阴极辊用细晶钛筒的制备方法,其特征在于,所述热处理的具体过程是:将加热炉升温至 500°C 并保温 30min ;保温结束后继续升温至 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 并保温 $75\sim 100\text{min}$;保温结束后随炉冷出炉,得到阴极辊钛筒的半成品。

6. 如权利要求1所述阴极辊用细晶钛筒的制备方法,其特征在于,所述阴极辊钛筒的微观金相组织为等轴 α 相,晶粒度为 $9\sim 10$ 级。

7. 如权利要求1所述阴极辊用细晶钛筒的制备方法,其特征在于,阴极辊钛筒的直线度为 $1.7\sim 1.9\text{mm}$,圆度为 $1.8\sim 2.2\text{mm}$ 。

一种阴极辊用细晶钛筒的制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属加工技术领域,特别涉及一种阴极辊用细晶钛筒的制备方法。

背景技术

[0002] 铜箔是覆铜板及印制电路板、锂电子电池制造的重要材料。随着电子产业和新能源汽车产业的快速发展,我国铜箔消费量猛增。从2011年到2016年我国的铜箔产量年复合增长率在8%以上,但是目前仍由3成左右的铜箔需要进口,其中大多为高端锂电铜箔。阴极辊是电解制造铜箔的关键设备。阴极辊在电解制造铜箔时作为阴极,使铜离子在其表面电沉积成为电解铜箔,因此阴极辊辊面材料要求具有较好的导电性及抗腐蚀性能。随着技术的发展,阴极辊筒体材料已经由不锈钢发展为性能更为优异的工业纯钛(TA1)。电解铜箔是钛筒表面晶体的延续,其光面是钛筒表面的复印,所以要求钛筒的晶粒几何形状一致,大小均匀,排列一致。阴极辊表面的钛晶粒细小铜箔结晶就细致,反之晶粒粗大,铜箔结晶就粗大。阴极辊晶粒较粗大,几何形状大小不一致会导致铜箔毛面的粗糙面凹凸不均匀。因此,改进加工工艺使钛筒晶粒细小均匀时生产高档铜箔的必要条件之一。

[0003] 在申请号为97108468.8的发明创造中公开了一种大规格无缝钛筒制造方法及用此材料制作的无缝钛筒复合型阴极辊,所提出的阴极辊钛筒的制造中将环轧后的环材加热到400~500℃保温1~2小时后旋压为无缝钛筒,该方法采用的旋压温度较高且未给出钛筒的微观组织等级。

[0004] 在申请号为201110382759.7的发明创造中公开了一种阴极辊用无缝钛筒制造方法,该方法采用环轧、热旋及退火热处理得到成型的阴极辊钛筒,但该方法生产工艺较为复杂且得到的钛筒微观组织晶粒度为6~8级。目前热旋压工艺多采用火焰枪加热方式,其具有较好的灵活度,但是温度稳定性控制较差,加上钛合金的导热性较差,很容易使得变形区附近的温度不均匀,导致工件表面形成鼓包等缺陷,产品质量稳定性及一致性差,效率低下。

[0005] 在申请号为201811543705.2的发明创造中公开了一种调节三旋轮旋压错距量的方法,该方法在依据材料的加工硬化规定了三旋轮错距旋压时各旋轮的减薄量,但该方法仅针对三旋轮错距旋压,对于两旋轮错距旋压并不适用。在申请号为201811592677.3的发明创造中提出了一种筒形件错距旋压加工旋轮错距量的调整方法,根据旋压毛坯形状尺寸及首道次压下量精确确定旋轮轴向错距量,但该方法未提及径向错距量的调整方法。在申请号为201711271909.0的发明创造中提出了一种对轮错距反向旋压的方法,但该方法仅针对采用无芯模对轮错距反向旋压。

发明内容

[0006] 为克服现有技术中存在的 $\phi 2000\sim 2700\text{mm}$ 大直径钛筒组织较为粗大,且成形过程中加热温度高,产品质量稳定性及一致性差、效率低的不足,本发明提出了一种阴极辊用细晶钛筒的制备方法。

[0007] 本发明的具体过程是：

[0008] 步骤1：制作旋压毛坯：

[0009] 步骤2：旋压毛坯的预加热：

[0010] 预加热的温度为160~195℃，保温时间为30~60min。

[0011] 步骤3：旋压加工：

[0012] 将经过预加热的旋压毛坯套装在芯模上。待旋压毛坯温度冷却至室温后开始旋压。

[0013] 旋压时，通过第一旋轮和第二旋轮采用错距旋压工艺，经三道次或四道次旋压成形，使该旋压毛坯壁厚的减薄率达到60.6~69%。

[0014] 旋压时，同时启动第一旋轮和第二旋轮，使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。完成一个道次的旋压后，两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置。旋压完成后，所述第一旋轮和第二旋轮依次退出，得到阴极辊钛筒的预制件。

[0015] 所述第一旋轮和第二旋轮的直径D均为400mm，旋轮厚度d均为100mm，旋轮旋入角 θ 为20°，旋轮退出角 β 为25°，旋轮圆角半径R为12mm。两个旋轮的轴向错距量为8mm。所述旋轮旋入角 θ =坡口角度 α 。

[0016] 所述旋压加工时，旋压机主轴转速为40r/min，旋轮进给速度为40mm/min。

[0017] 旋压过程中，每道次的总压下量为6~8mm，其中第一旋轮的压下量为3.3~4.4mm，第二旋轮的压下量为2.7~3.6mm，并使该第一旋轮的压下量与第二旋轮的压下量之和等于当前道次的总压下量。

[0018] 步骤4：热处理；对得到的预制件进行热处理；得到阴极辊钛筒的半成品

[0019] 所述热处理的具体过程是：将加热炉升温至500℃并保温30min；保温结束后继续升温至600~650℃并保温75~100min。保温结束后随炉冷出炉，得到阴极辊钛筒的半成品。

[0020] 步骤5：切边：切除所述半成品两端的余料，得到阴极辊钛筒。所述阴极辊钛筒的微观金相组织为等轴 α 相，晶粒度为9~10级。阴极辊钛筒的直线度为1.7~1.9mm，圆度为1.8~2.2mm。

[0021] 与现有技术相比，本发明取得的有益效果为：

[0022] 1、钛合金室温塑性加工性能较差，压下量过大时，旋压力较大，当拉应力超过特别是旋轮与旋压毛坯接触到减薄量达到设定值的起旋阶段，变形稳定性差，很容易产生拉裂。因此，一般采用热旋压的方式加工TA1钛合金。本发明通过采用错距旋压，减小单旋轮压下量，同时优化毛坯结构，增加起旋时的变形稳定性，实现了TA1钛合金室温旋压成形，无需预热旋压模具及在旋压过程中补热，降低了能耗，同时简化操作流程，减少工作人员，使得生产成本降低；

[0023] 2、传统加热旋压是将旋压毛坯在加热炉中加热至设定温度并保温一定时间后，取出装至模具上进行旋压，由于毛坯暴露在空气中，热量损失较快，因此需要人工用火焰枪补热，很容易导致变形区温度不均，进而导致变形不均，影响到旋压钛筒的尺寸精度。本发明采用室温旋压，变形过程中无需补热，因此变形区材料流动稳定，变形均匀性好，所得产品的精度也更高，直线度 $\leq 2\text{mm}$ ，圆度 $\leq 2\text{mm}$ ；

[0024] 3、金属在塑性变形过程中，其晶粒的形状会发生变化，晶界沿变形方向伸长；晶粒内部位错密度显著升高，亚晶界、孪晶界大量出现。在后续的再结晶热处理工序中，这些特

征位置处是晶粒形核的优先选择。但是当变形温度较高时,金属会同时发生回复,位错发生滑移、攀移,异号位错相互抵消,使得位错密度大幅降低。因此相比传统加热旋压,本发明形核点数量更多且分布弥散,最终得到的钛筒微观组织也更加细小均匀,晶粒度可达9级以上。

附图说明

- [0025] 图1是旋压毛坯的结构示意图,毛坯起旋部位采用了加强结构;
[0026] 图2是实例1制备的阴极辊用细晶钛筒的显微组织图,组织为 α 相,晶粒度为10级;
[0027] 图3是实例2制备的阴极辊用细晶钛筒的显微组织图,组织为 α 相,晶粒度为9级;
[0028] 图4是实例3制备的阴极辊用细晶钛筒的显微组织图,组织为 α 相,晶粒度为9.5级;
[0029] 图5是本发明的流程图。

具体实施方式

- [0030] 实施例1
[0031] 一种阴极辊钛筒的制作方法。所述钛筒的直径为2000mm,并且晶粒度 ≥ 9 级。
[0032] 本实施例的具体步骤是:
[0033] 步骤1:制作旋压毛坯:
[0034] 将锻件厂提供的筒形环轧坯通过机加工成为旋压毛坯。所述旋压毛坯的高度 $H=530\text{mm}$,外径 $D=2052\text{mm}$,内径 $d=1966\text{mm}$,坡口角度 $\alpha=20^\circ$,预留段的厚度 $a=20\text{mm}$,预留段的长度 $b=30\text{mm}$ 。
[0035] 步骤2:旋压毛坯的预加热:
[0036] 将机械加工好的旋压毛坯置于加热炉中进行加热,使旋压毛坯内径胀大,以便于将该旋压毛坯套装在芯模上。预加热的温度为 160°C ,保温时间为60min。
[0037] 步骤3:旋压加工:
[0038] 将经过预加热的旋压毛坯套装在芯模上。待旋压毛坯温度冷却至室温后开始旋压。
[0039] 旋压时,通过两个旋轮采用错距旋压工艺,经四道次旋压成形,使该旋压毛坯壁厚的减薄率达到69%,得到旋压工件。
[0040] 旋压所使用的两个旋轮分别为第一旋轮和第二旋轮。
[0041] 所述两个旋轮的直径 D 均为400mm,旋轮厚度 d 均为100mm,旋轮旋入角 θ 为 20° ,旋轮退出角 β 为 25° ,旋轮圆角半径 R 为12mm。两个旋轮的轴向错距量为8mm。所述旋轮旋入角 θ =坡口角度 α 。
[0042] 旋压加工的具体过程是:
[0043] 旋压过程为四道次旋压。
[0044] I第一道次旋压:
[0045] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。
[0046] 所述第一道次旋压的总压下量为7mm,其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为3.8和3.2mm。
[0047] 确定的旋压机主轴转速为40r/min,旋轮进给速度为40mm/min。

[0048] 开始旋压。同时启动所述第一旋轮和第二旋轮,使第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。完成第一道次旋压后,两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置,开始第二道次的旋压。

[0049] II 第二道次旋压

[0050] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0051] 第二道次旋压的总压下量为8mm,其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为4.4mm和3.6mm。

[0052] 确定的旋压机主轴转速为40r/min,旋轮进给速度为40mm/min。

[0053] 开始旋压。同时启动所述第一旋轮和第二旋轮,使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。

[0054] 完成第二道次旋压后,两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置,开始第三道旋压。

[0055] III 第三道次旋压

[0056] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0057] 第三道次旋压的总压下量为8mm,其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为4.4mm和3.6mm。

[0058] 确定的旋压机主轴转速为40r/min,旋轮进给速度为50mm/min。

[0059] 开始旋压。同时启动第一旋轮和第二旋轮,使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。完成第三道次旋压后,两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置,开始第四道旋压。

[0060] IV 第四道次旋压

[0061] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0062] 第四道次旋压的压下量为7mm,其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为3.8和3.2mm。

[0063] 确定的旋压机主轴转速为40r/min,旋轮进给速度为50mm/min。

[0064] 开始旋压。同时启动第一旋轮和第二旋轮,使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。旋压完成,两个旋轮依次退出,得到得到阴极辊钛筒的预制件。

[0065] 步骤4:热处理:

[0066] 将得到的预制件置于温度为500℃的加热炉中保温30min;保温结束后继续升温至600℃并保温100min。保温结束后随炉冷却至300℃以下出炉,得到阴极辊钛筒的半成品。

[0067] 步骤5:切边:

[0068] 根据产品要求的长度,切除所述半成品一端的预留段和另一端的装夹段,得到阴极辊钛筒。

[0069] 本实施例制得的阴极辊钛筒有效长度1460mm,全长直线度1.9mm,圆度2.1mm。微观金相组织为等轴 α 相,晶粒度为10级,如图2所示。

[0070] 实施例2

[0071] 一种阴极辊钛筒的制作方法。所述钛筒的直径为2700mm,并且晶粒度 ≥ 9 级。

[0072] 本实施例的具体步骤是:

[0073] 步骤1:制作旋压毛坯:

[0074] 将锻件厂提供的筒形环轧坯通过机加工成为旋压毛坯。所述旋压毛坯的高度 $H=530\text{mm}$, 外径 $D=2746\text{mm}$, 内径 $d=2680\text{mm}$, 坡口角度 $\alpha=20^\circ$, 预留段的厚度 $a=16\text{mm}$, 预留段的长度 $b=26\text{mm}$ 。

[0075] 步骤2: 旋压毛坯的预加热:

[0076] 将机械加工好的旋压毛坯置于加热炉中进行加热, 使旋压毛坯内径胀大, 以便于将该旋压毛坯套装在芯模上。预加热的温度为 170°C , 保温时间为 50min 。

[0077] 步骤3: 旋压加工:

[0078] 将经过预加热的旋压毛坯套装在芯模上。待旋压毛坯温度冷却至室温后开始旋压。

[0079] 旋压时, 通过两个旋轮采用错距旋压工艺, 经三道次旋压成形, 使该旋压毛坯壁厚的减薄率达到 60.6% , 得到旋压工件。

[0080] 旋压所使用的两个旋轮分别为第一旋轮和第二旋轮。

[0081] 所述两个旋轮的直径 D 均为 400mm , 旋轮厚度 d 均为 100mm , 旋轮旋入角 θ 为 20° , 旋轮退出角 β 为 25° , 旋轮圆角半径 R 为 12mm 。两个旋轮的轴向错距量为 8mm 。所述旋轮旋入角 θ =坡口角度 α 。

[0082] 旋压加工的具体过程是:

[0083] 旋压过程为三道次旋压。

[0084] I 第一道次旋压:

[0085] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0086] 所述第一道次旋压的总压下量为 6mm , 其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为 3.3 和 2.7mm 。

[0087] 确定的旋压机主轴转速为 40r/min , 旋轮进给速度为 40mm/min 。

[0088] 开始旋压。同时启动所述第一旋轮和第二旋轮, 使第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。完成第一道次旋压后, 两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置, 进行第二道次的旋压。

[0089] II 第二道次旋压

[0090] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0091] 第二道次旋压的总压下量为 7mm , 其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为 3.8 和 3.2mm 。

[0092] 确定的旋压机主轴转速为 40r/min , 旋轮进给速度为 40mm/min 。

[0093] 开始旋压。同时启动所述第一旋轮和第二旋轮, 使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。

[0094] 完成第二道次旋压后, 两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置, 进行第三道旋压。

[0095] III 第三道次旋压

[0096] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0097] 第三道次旋压的压下量为 6mm , 其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为 3.3 和 2.7mm 。

[0098] 确定的旋压机主轴转速为 40r/min , 旋轮进给速度为 50mm/min 。

[0099] 开始旋压。同时启动第一旋轮和第二旋轮,使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。旋压完成,两个旋轮依次退出,得阴极辊钛筒的预制件。

[0100] 步骤4:热处理:

[0101] 将得到的预制件置于温度为500℃的加热炉中保温30min;保温结束后继续升温至650℃并保温75min。保温结束后随炉冷却至300℃以下出炉,得到阴极辊钛筒的半成品。

[0102] 步骤5:切边:

[0103] 根据产品要求的长度,切除所述半成品一端的预留段和另一端的装夹段,得到阴极辊钛筒。

[0104] 本实施例制得的阴极辊钛筒有效长度1420mm,全长直线度1.7mm,圆度1.8mm。微观金相组织为等轴 α 相,晶粒度为9级,如图3所示。

[0105] 实施例3

[0106] 一种阴极辊钛筒的制作方法。所述钛筒的直径为2700mm,并且晶粒度 ≥ 9 级。

[0107] 本实施例的具体步骤是:

[0108] 步骤1:制作旋压毛坯:

[0109] 将锻件厂提供的筒形环轧坯通过机加工成为旋压毛坯。所述旋压毛坯的高度 $H=530\text{mm}$,外径 $D=2752\text{mm}$,内径 $d=2680\text{mm}$,坡口角度 $\alpha=20^\circ$,预留段的厚度 $a=18\text{mm}$,预留段的长度 $b=28\text{mm}$ 。

[0110] 步骤2:旋压毛坯的预加热:

[0111] 将机械加工好的旋压毛坯置于加热炉中进行加热,使旋压毛坯内径胀大,以便于将该旋压毛坯套装在芯模上。预加热的温度为195℃,保温时间为30min。

[0112] 步骤3:旋压加工:

[0113] 将经过预加热的旋压毛坯套装在芯模上。待旋压毛坯温度冷却至室温后开始旋压。

[0114] 旋压时,通过两个旋轮采用错距旋压工艺,经三道次旋压成形,使该旋压毛坯壁厚的减薄率达到64%,得到旋压工件。

[0115] 旋压所使用的两个旋轮分别为第一旋轮和第二旋轮。

[0116] 所述两个旋轮的直径 D 均为400mm,旋轮厚度 d 均为100mm,旋轮旋入角 θ 为 20° ,旋轮退出角 β 为 25° ,旋轮圆角半径 R 为12mm。两个旋轮的轴向错距量为8mm。所述旋轮旋入角 θ =坡口角度 α 。

[0117] 旋压加工的具体过程是:

[0118] 旋压过程为三道次旋压。

[0119] I第一道次旋压:

[0120] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0121] 所述第一道次旋压的总压下量为7mm,其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为3.8和3.2mm。

[0122] 确定的旋压机主轴转速为40r/min,旋轮进给速度为40mm/min。

[0123] 开始旋压。同时启动所述第一旋轮和第二旋轮,使第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。完成第一道次旋压后,两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置,进行第二道次的旋压。

[0124] II 第二道次旋压

[0125] 确定各旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0126] 第二道次旋压的总压下量为8mm,其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为4.4和3.6mm。

[0127] 确定的旋压机主轴转速为40r/min,旋轮进给速度为40mm/min。

[0128] 开始旋压。同时启动所述第一旋轮和第二旋轮,使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。

[0129] 完成第二道次旋压后,两个旋压轮依次退出并回到初始旋压位置,进行第三道旋压。

[0130] III 第三道次旋压

[0131] 确定旋轮的压下量、主轴转速和旋轮的进给速度。

[0132] 所述第三道次旋压的压下量为8mm,其中第一旋轮和第二旋轮的压下量分别为4.4mm和3.6mm。

[0133] 确定的旋压机主轴转速为40r/min,旋轮进给速度为50mm/min。

[0134] 开始旋压。同时启动所述第一旋轮和第二旋轮,使该第一旋轮和第二旋轮按设定的参数对旋压毛坯进行加工。

[0135] 旋压完成,依次退出旋压轮,得到阴极辊钛筒的预制件。

[0136] 步骤4:热处理:

[0137] 将得到的预制件置于温度为500℃的加热炉中保温30min。保温结束后继续升温至620℃,保温85min。保温结束后炉冷至300℃以下出炉,得到阴极辊钛筒的半成品。

[0138] 步骤5:切边:

[0139] 将步骤4得到的半成品两端余料切除,获得最终的产品。

[0140] 本实施例制得的阴极辊钛筒有效长度1460mm,全长直线度1.8mm,圆度2.2mm,微观金相组织为等轴 α 相,晶粒度为9.5级,如图4所示。

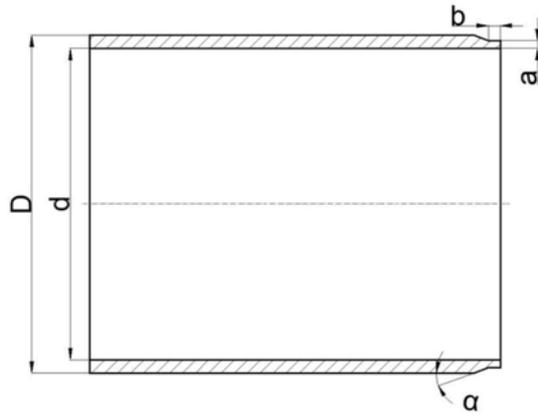


图1

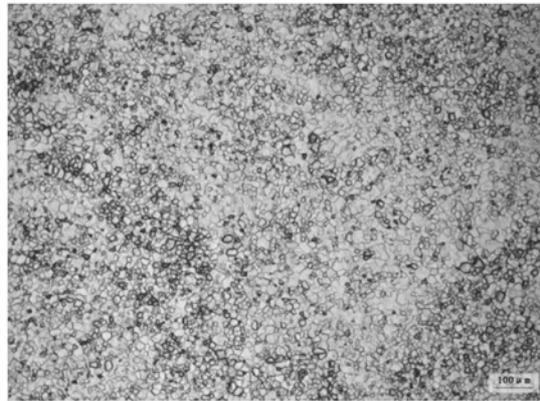


图2



图3

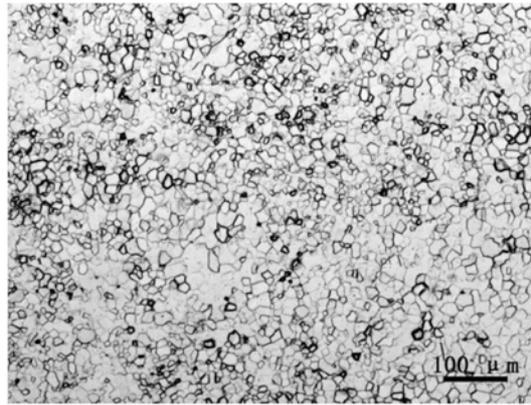


图4



图5