



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103949853 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 30

(21) 申请号 201410162754. 7

(22) 申请日 2014. 04. 21

(71) 申请人 西部超导材料科技股份有限公司

地址 710018 陕西省西安市经济技术开发区
明光路 12 号

(72) 发明人 杜小联 董卫选 李军 韩志宇
杨辉 周涛

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214
代理人 罗笛

(51) Int. Cl.

B23P 15/00 (2006. 01)

C22F 1/18 (2006. 01)

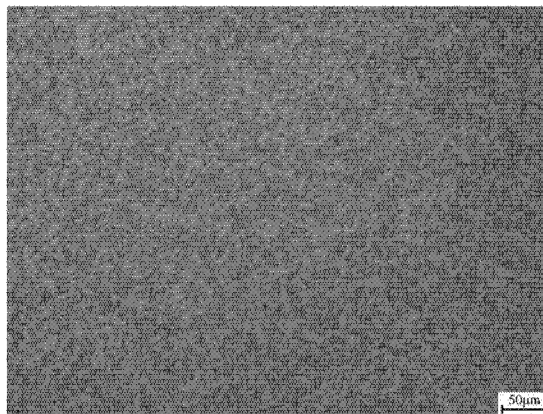
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,包括以下步骤:原料准备、规方—加热—平轧—竖轧 1—加热—压弯 1—竖轧 2—加热—压弯 2—竖轧 3—成品轧制、机械矫直、热处理与热张力矫直、表面处理。本发明一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,制得的钛合金弧形板性能优良、适合大批量生产加工,加工精度高且不开裂,加工效率高,有效改善纯钛弧形板强度不足的缺点,为人体植入物接骨板提供更广泛的材料选择条件。



1. 一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,具体包括以下步骤:

步骤 1,原料准备

选取 TC4、TC20 钛合金作为坯料;

步骤 2,轧制

将所述步骤 1 的坯料依次进行规方—加热—平轧—竖轧 1—加热—压弯 1—竖轧 2—加热—压弯 2—竖轧 3—成品轧制,得到轧制后的坯料;

步骤 3,机械矫直

将所述步骤 2 得到的轧制后的坯料进行机械矫直处理,得到机械矫直后的坯料;

步骤 4,热处理与热张力矫直

将所述步骤 3 得到的机械矫直后的坯料放在箱式炉中,采用大气退火,空气冷却,进行热张力矫直,得到成型坯料;

步骤 5,表面处理

将所述步骤 4 得到的成型坯料采用碱爆、喷砂后酸洗的方式进行表面处理,即得。

2. 如权利要求 1 所述的一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,所述步骤 1 中钛合金符合国标 GB/T13810-2007,粗糙度 $Ra \leq 3.2 \mu m$,表面无肉眼可见的缺陷,凹坑要光滑过渡,直径规格为 $\Phi 8mm-\Phi 20mm$ 。

3. 如权利要求 1 所述的一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,所述步骤 2 中规方采用冷加工方式,道次加工率为 3%-8%,加工率控制在 10%-30%;加热采用电接触加热,并采用红外线温控系统,加热温度为 $800^{\circ}C-900^{\circ}C$;平轧道次加工率为 10%-30%;竖轧 1 加工率为 5%-30%;压弯 1 道次加工率为 10%-20%;竖轧 2 道次加工率为 3%-20%;压弯 2 道次加工率为 10%-20%;竖轧 3 道次加工率为 3%-20%;成品轧制道次加工率为 2%-8%。

4. 如权利要求 1 所述的一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,所述步骤 3 中机械矫直处理采用至少 5 辊矫直,辊径 50mm-150mm,矫直辊硬度 35-60HRC,弯曲度 $\leq 10mm/m$ 。

5. 如权利要求 1 所述的一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,所述步骤 4 中大气退火的温度为 $700^{\circ}C-850^{\circ}C$,时间为 0.5-3h。

6. 如权利要求 1 所述的一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,所述步骤 4 中热张力矫直采用电接触液压矫直机矫直,压强为 1.0MPa-4.0MPa,矫直温度为 $600^{\circ}C-700^{\circ}C$,矫直长度为 2.0m-4.0m。

7. 如权利要求 1 所述的一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,所述步骤 5 中碱爆温度为 $450^{\circ}C-600^{\circ}C$ 。

8. 如权利要求 1 所述的一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,所述步骤 5 中喷砂为干喷或水喷,沙砾粒径为 $350 \mu m-550 \mu m$,喷头与物料的距离为 100mm-200mm。

9. 如权利要求 1 所述的一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,其特征在于,所述步骤 5 中酸洗采用的酸液由 HF、 HNO_3 和 H_2O 组成,体积比为 HF: HNO_3 : $H_2O=1:3:5$ 。

一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于有色金属加工技术领域,具体涉及一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法。

背景技术

[0002] 人体植入物纯钛弧形板经过几年的应用,得到了市场的认可和好评,但随着更深入研究,发现纯钛弧形板对于一些受力较大的损伤部位已满足不了所需的强度要求,需要更高强度的弧形板来满足。钛合金因具有强度高、耐腐蚀性好、耐热性高等特点被广泛用于各个领域,因此钛合金弧形板可以有效改善纯钛弧形板强度不足的缺点,为人体植入物接骨板提供更广泛的材料选择。然而现有加工纯钛弧形板的方法不适用于加工钛合金弧形板,目前还没有适合大批量生产加工人体植入物钛合金弧形板的方法。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,制得的钛合金弧形板性能优良且加工精度高,适合大批量生产加工。

[0004] 本发明所采用的技术方案是:一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法,具体包括以下步骤:

[0005] 步骤 1,原料准备

[0006] 选取 TC4、TC20 钛合金作为坯料;

[0007] 步骤 2,轧制

[0008] 将步骤 1 的坯料依次进行规方—加热—平轧—竖轧 1—加热—压弯 1—竖轧 2—加热—压弯 2—竖轧 3—成品轧制,得到轧制后的坯料;

[0009] 步骤 3,机械矫直

[0010] 将步骤 2 得到的轧制后的坯料进行机械矫直处理,得到机械矫直后的坯料;

[0011] 步骤 4,热处理与热张力矫直

[0012] 将步骤 3 得到的机械矫直后的坯料放在箱式炉中,采用大气退火,空气冷却,进行热张力矫直,得到成型坯料;

[0013] 步骤 5,表面处理

[0014] 将步骤 4 得到的成型坯料采用碱爆、喷砂后酸洗的方式进行表面处理,即得。

[0015] 本发明的特点还在于,

[0016] 步骤 1 中钛合金符合国标 GB/T13810-2007,粗糙度 $Ra \leq 3.2 \mu m$,表面无肉眼可见的缺陷,凹坑要光滑过渡,直径规格为 $\Phi 8mm-\Phi 20mm$ 。

[0017] 步骤 2 中规方采用冷加工方式,道次加工率为 3%-8%,加工率控制在 10%-30%;加热采用电接触加热,并采用红外线温控系统,加热温度为 $800^{\circ}C-900^{\circ}C$;平轧道次加工率为 10%-30%;竖轧 1 加工率为 5%-30%;压弯 1 道次加工率为 10%-20%;竖轧 2 道次加工率为 3%-20%;压弯 2 道次加工率为 10%-20%;竖轧 3 道次加工率为 3%-20%;成品轧制道次加工率

为 2%-8%。

[0018] 步骤 3 中机械矫直处理采用至少 5 辊矫直, 辊径 50mm-150mm, 矫直辊硬度 35-60HRC, 弯曲度 $\leq 10\text{mm/m}$ 。

[0019] 步骤 4 中大气退火的温度为 700℃ -850℃, 时间为 0.5-3h。

[0020] 步骤 4 中热张力矫直采用电接触液压矫直机矫直, 压强为 1.0MPa-4.0MPa, 矫直温度为 600℃ -700℃, 矫直长度为 2.0m-4.0m。

[0021] 步骤 5 中碱爆温度为 450℃ -600℃。

[0022] 步骤 5 中喷砂为干喷或水喷, 沙砾粒径为 350 μm -550 μm , 喷头与物料的距离为 100mm-200mm。

[0023] 步骤 5 中酸洗采用的酸液由 HF、HNO₃ 和 H₂O 组成, 体积比为 HF:HNO₃:H₂O=1:3:5。

[0024] 本发明的有益效果是: 本发明一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法, 制得的钛合金弧形板性能优良、适合大批量生产加工, 加工精度高且不开裂, 加工效率高, 有效改善纯钛弧形板强度不足的缺点, 为人体植入物接骨板提供更广泛的材料选择条件。

附图说明

[0025] 图 1 是本发明实施例 1 制得的 TC4 弧形板的金相照片;

[0026] 图 2 是本发明实施例 2 制得的 TC20 弧形板的金相照片;

[0027] 图 3 是本发明实施例 3 制得的 TC4 弧形板的金相照片;

[0028] 图 4 是本发明实施例 4 制得的 TC20 弧形板的金相照片。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0030] 本发明一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法, 具体包括以下步骤:

[0031] 步骤 1, 原料准备

[0032] 选取直径规格为 $\Phi 8\text{mm}$ - $\Phi 20\text{mm}$ 的 TC4、TC20 钛合金作为坯料, 符合国标 GB/T13810-2007, 粗糙度 $R_a \leq 3.2\mu\text{m}$, 表面无肉眼可见的裂纹、磨削纹、折叠等缺陷, 凹坑要光滑过渡; 直径根据产品的规格和加工率 40%-70% 确定;

[0033] 步骤 2, 轧制

[0034] 将步骤 1 得到的坯料依次进行规方-加热-平轧-竖轧 1-加热-压弯 1-竖轧 2-加热-压弯 2-竖轧 3-成品轧制, 得到轧制后的坯料;

[0035] 其中, 规方采用冷加工方式, 道次加工率为 3%-8%, 加工率控制在 10%-30%; 加热采用电接触加热, 并采用红外线温控系统, 加热温度为 800℃ -900℃; 平轧道次加工率为 10%-30%; 竖轧 1 加工率为 5%-30%; 压弯 1 道次加工率为 10%-20%; 竖轧 2 道次加工率为 3%-20%; 压弯 2 道次加工率为 10%-20%; 竖轧 3 道次加工率为 3%-20%; 成品轧制道次加工率为 2%-8%;

[0036] 步骤 3, 机械矫直

[0037] 将步骤 2 得到的轧制后的坯料进行机械矫直处理, 采用至少 5 辊矫直, 辊径 50mm-150mm, 矫直辊硬度 35-60HRC, 弯曲度 $\leq 10\text{mm/m}$, 矫直辊的辊径、硬度选择主要是根据产品的规格选择, 只要达到矫直不损伤料表面即可, 得到机械矫直后的坯料;

[0038] 步骤 4, 热处理与热张力矫直

[0039] 将步骤 3 得到的机械矫直后的坯料放在箱式炉中, 采用大气退火, 退火温度为 700℃-850℃、时间为 0.5-3h, 空气冷却, 采用电接触液压矫直机进行热张力矫直, 液压压强为 1.0MPa-4.0MPa, 矫直温度为 600℃-700℃, 矫直长度为 2.0m-4.0m, 得到成型坯料;

[0040] 步骤 5, 表面处理

[0041] 将步骤 4 得到的成型坯料采用碱爆、喷砂后酸洗的方式进行表面处理, 即得, 其中, 碱爆温度为 450℃-600℃; 喷砂为干喷或水喷, 沙砾粒径为 350 μm-550 μm, 喷头与物料的距离为 100mm-200mm; 酸洗采用的酸液由 HF、HNO₃ 和 H₂O 组成, 体积比为 HF:HNO₃:H₂O=1:3:5。

[0042] 本发明一种人体植入物钛合金弧形板的加工方法, 制得的钛合金弧形板精度高、效率高, 适合大批量生产加工, 加工精度高且不开裂, 而且性能稳定、组织均匀且表面无 α 污染层, 有效改善纯钛弧形板强度不足的缺点, 为人体植入物接骨板提供更广泛的材料选择条件。

[0043] 实施例 1

[0044] 制备 $R \frac{25}{29.2} \times 20^\circ \times 4.2 \times 13.5 \text{mm}$ 的 TC4 钛合金弧形板;

[0045] 步骤 1, 原料准备

[0046] 按照 GB/T13810-2007 标准选取 Φ12mm 的 TC4 钛合金棒材, 抗拉强度 ≥ 860MPa, 延伸率 ≥ 10%, 粗糙度 3.2 μm, 坯料表面无肉眼可见的裂纹、磨削纹、折叠等缺陷, 凹坑要光滑过渡, 得到 TC4 钛合金坯料;

[0047] 步骤 2, 轧制

[0048] 将步骤 1 得到的 TC4 钛合金坯料先采用冷规方工艺轧制至 Φ10mm, 道次加工率 3%; 再采用电接触加热, 并采用红外线温控系统, 加热温度为 850℃, 到温断电; 采用两辊轧机迅速平轧至厚 5.0mm-5.5mm × 宽 15mm-16mm, 平轧道次加工率为 10%; 竖轧 1 至宽 13.6mm-13.9mm × 厚 5.5mm-5.8mm, 竖轧 1 加工率为 15%; 接着进行 2 火次轧制, 采用电接触加热至 850℃, 到温断电; 迅速压弯 1 轧制至厚 4.7mm-4.8mm × 宽 14.1mm-14.5mm, 道次加工率为 10%; 接着进行竖轧 2 轧制至 13.7mm-13.8mm × 厚 4.7mm-4.8mm, 道次加工率为 10%, 火次加工率 20%; 然后进行 3 火次轧制, 电接触加热至 850℃, 到温断电; 迅速压弯 2 轧制至 4.2mm-4.4mm × 宽 13.7mm-14mm, 道次加工率为 10%; 接着进行竖轧 3 至 13.7mm-13.8mm × 厚 4.2mm-4.4mm, 道次加工率为 8%; 最后进行成品轧制至宽 13.5mm × 厚 4.2mm, 道次加工率为 4%, 火次加工率 20%, 得到轧制后的坯料;

[0049] 步骤 3, 机械矫直

[0050] 将步骤 2 得到的轧制后的坯料进行机械矫直处理, 采用 5 辊矫直, 辊径 100mm, 矫直辊硬度 35HRC, 弯曲度 ≤ 10mm/m, 得到机械矫直后的坯料;

[0051] 步骤 4, 热处理与热张力矫直

[0052] 将步骤 3 机械矫直后的坯料放在箱式炉中, 采用大气退火, 退火温度 730℃、时间为 1.5h, 空气冷却, 采用电接触液压矫直机进行热张力矫直, 液压压强为 2.5MPa, 矫直温度为 650℃, 矫直长度为 2.0m, 得到成型坯料;

[0053] 步骤 5, 表面处理

[0054] 将步骤 4 得到的成型坯料采用碱爆、喷砂后酸洗的方式进行表面处理, 即得, 其中, 碱爆温度为 500°C ; 喷砂为干喷, 沙砾粒径为 $450\ \mu\text{m}$, 喷头与物料的距离为 100mm ; 酸洗采用的酸液由 HF 、 HNO_3 和 H_2O 组成, 体积比为 $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:3:5$ 。

[0055] 实施例 2

[0056] 制备 $R\frac{25}{29.2}\times 20^{\circ}\times 4.2\times 13.5\text{mm}$ 的 TC20 钛合金弧形板;

[0057] 步骤 1, 原料准备

[0058] 按照 GB/T13810-2007 标准选取 $\Phi 12\text{mm}$ 的 TC20 钛合金棒材, 抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$, 延伸率 $\geq 10\%$, 粗糙度 $3.2\ \mu\text{m}$, 坯料表面无肉眼可见的裂纹、磨削纹、折叠等缺陷, 凹坑要光滑过渡, 得到 TC20 钛合金坯料;

[0059] 步骤 2, 轧制

[0060] 将步骤 1 得到的 TC20 钛合金坯料先采用冷规方工艺轧制至 $\Phi 10\text{mm}$, 道次加工率 5% ; 再采用电接触加热, 并采用红外线温控系统, 加热温度为 800°C , 到温断电; 采用两辊轧机迅速平轧至厚 $5.0\text{mm}-5.5\text{mm}\times$ 宽 $15\text{mm}-16\text{mm}$, 平轧道次加工率为 18% ; 竖轧 1 至宽 $13.6\text{mm}-13.9\text{mm}\times$ 厚 $5.5\text{mm}-5.8\text{mm}$, 竖轧 1 加工率为 5% ; 接着进行 2 火次轧制, 电接触加热至 800°C , 到温断电; 迅速压弯 1 轧制至厚 $4.7\text{mm}-4.8\text{mm}\times$ 宽 $14.1\text{mm}-14.5\text{mm}$, 道次加工率为 14% ; 接着进行竖轧 2 轧制至 $13.7\text{mm}-13.8\text{mm}\times$ 厚 $4.7\text{mm}-4.8\text{mm}$, 道次加工率为 3% , 火次加工率 22% ; 然后进行 3 火次轧制, 电接触加热至 800°C , 到温断电; 迅速压弯 2 轧制至 $4.2\text{mm}-4.4\text{mm}\times$ 宽 $13.7\text{mm}-14\text{mm}$, 道次加工率为 15% ; 接着进行竖轧 3 至 $13.7\text{mm}-13.8\text{mm}\times$ 厚 $4.2\text{mm}-4.4\text{mm}$, 道次加工率为 3% ; 最后进行成品轧制至宽 $13.5\text{mm}\times$ 厚 4.2mm , 道次加工率为 2% , 火次加工率 22% , 得到轧制后的坯料;

[0061] 步骤 3, 机械矫直

[0062] 将步骤 2 得到的轧制后的坯料进行机械矫直处理, 采用 6 辊矫直, 辊径 150mm , 矫直辊硬度 45HRC , 弯曲度 $\leq 10\text{mm/m}$, 得到机械矫直后的坯料;

[0063] 步骤 4, 热处理与热张力矫直

[0064] 将步骤 3 机械矫直后的坯料放在箱式炉中, 采用大气退火, 退火温度 700°C 、时间为 3h , 空气冷却, 采用电接触液压矫直机进行热张力矫直, 液压压强为 3MPa , 矫直温度为 700°C , 矫直长度为 3.0m , 得到成型坯料;

[0065] 步骤 5, 表面处理

[0066] 将步骤 4 得到的成型坯料采用碱爆、喷砂后酸洗的方式进行表面处理, 即得, 其中, 碱爆温度为 450°C ; 喷砂为干喷, 沙砾粒径为 $350\ \mu\text{m}$, 喷头与物料的距离为 150mm ; 酸洗采用的酸液由 HF 、 HNO_3 和 H_2O 组成, 体积比为 $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:3:5$ 。

[0067] 实施例 3

[0068] 制备 $R\frac{25}{30}\times r2\times 5.7\times 17.7\text{mm}$ 的 TC4 钛合金弧形板;

[0069] 步骤 1, 原料准备

[0070] 按照 GB/T13810-2007 标准选取 $\Phi 15\text{mm}$ 的 TC4 钛合金棒材, 抗拉强度 $\geq 860\text{MPa}$, 延伸率 $\geq 10\%$, 粗糙度 $3.2\ \mu\text{m}$, 坯料表面无肉眼可见的裂纹、磨削纹、折叠等缺陷, 凹坑要光滑过渡, 得到 TC4 钛合金坯料;

[0071] 步骤 2, 轧制

[0072] 将步骤 1 得到的 TC4 钛合金坯料先采用冷规方工艺轧制至 $\Phi 14\text{mm}$, 道次加工率 8%; 再采用电接触加热, 并采用红外线温控系统, 加热温度为 900°C , 到温断电; 采用两辊轧机迅速平轧至厚 $7.0\text{mm}-7.5\text{mm} \times$ 宽 $20\text{mm}-21\text{mm}$, 平轧道次加工率为 30%; 竖轧 1 至宽 $18.0\text{mm}-18.2\text{mm} \times$ 厚 $7.5\text{mm}-8.0\text{mm}$, 竖轧 1 加工率为 30%; 接着进行 2 火次轧制, 电接触加热至 900°C , 到温断电; 迅速压弯 1 轧制至厚 $6.4\text{mm}-6.6\text{mm} \times$ 宽 $18.6\text{mm}-18.9\text{mm}$, 道次加工率为 20%; 接着进行竖轧 2 轧制至 $17.9\text{mm}-18.1\text{mm} \times$ 厚 $6.4\text{mm}-6.6\text{mm}$, 道次加工率为 20%, 火次加工率 24%; 接着进行 3 火次轧制, 电接触加热至 900°C , 到温断电; 迅速压弯 2 轧制至 $5.9\text{mm}-6.1\text{mm} \times$ 宽 $18.1\text{mm}-18.3\text{mm}$, 道次加工率为 20%; 接着进行竖轧 3 至 $17.3\text{mm}-17.6\text{mm} \times$ 厚 $5.9\text{mm}-6.0\text{mm}$, 道次加工率为 20%; 最后进行成品轧制至宽 $17.7\text{mm} \times$ 厚 5.7mm , 道次加工率为 8%, 火次加工率 24%, 得到轧制后的坯料;

[0073] 步骤 3, 机械矫直

[0074] 将步骤 2 得到的轧制后的坯料进行机械矫直处理, 采用 5 辊矫直, 辊径 50mm , 矫直辊硬度 55HRC, 弯曲度 $\leq 10\text{mm/m}$, 得到机械矫直后的坯料;

[0075] 步骤 4, 热处理与热张力矫直

[0076] 将步骤 3 机械矫直后的坯料放在箱式炉中, 采用大气退火, 退火温度 800°C 、时间为 1h, 空气冷却, 采用电接触液压矫直机进行热张力矫直, 液压压强为 1.0MPa , 矫直温度为 600°C , 矫直长度为 4.0m , 得到成型坯料;

[0077] 步骤 5, 表面处理

[0078] 将步骤 4 得到的成型坯料采用碱爆、喷砂后酸洗的方式进行表面处理, 即得, 其中, 碱爆温度为 550°C ; 喷砂为水喷, 沙砾粒径为 $500\ \mu\text{m}$, 喷头与物料的距离为 200mm ; 酸洗采用的酸液由 HF、 HNO_3 和 H_2O 组成, 体积比为 $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:3:5$ 。

[0079] 实施例 4

[0080] 制备 $R\frac{25}{30} \times r2 \times 5.7 \times 17.7\text{mm}$ 的 TC20 钛合金弧形板;

[0081] 步骤 1, 原料准备

[0082] 按照 GB/T13810-2007 标准选取 $\Phi 15\text{mm}$ 的 TC20 钛合金棒材, 抗拉强度 $\geq 860\text{MPa}$, 延伸率 $\geq 10\%$, 粗糙度 $3.2\ \mu\text{m}$, 坯料表面无肉眼可见的裂纹、磨削纹、折叠等缺陷, 凹坑要光滑过渡, 得到 TC20 钛合金坯料;

[0083] 步骤 2, 轧制

[0084] 将步骤 1 得到的 TC20 钛合金坯料先采用冷规方工艺轧制至 $\Phi 14\text{mm}$, 道次加工率 6%; 再采用电接触加热, 并采用红外线温控系统, 加热温度为 880°C , 到温断电; 采用两辊轧机迅速平轧至厚 $7.0\text{mm}-7.5\text{mm} \times$ 宽 $20\text{mm}-21\text{mm}$, 平轧道次加工率为 25%; 竖轧 1 至宽 $18.0\text{mm}-18.2\text{mm} \times$ 厚 $7.5\text{mm}-8.0\text{mm}$, 竖轧 1 加工率为 25%; 接着进行 2 火次轧制, 电接触加热至 880°C , 到温断电; 迅速压弯 1 轧制至厚 $6.4\text{mm}-6.6\text{mm} \times$ 宽 $18.6\text{mm}-18.9\text{mm}$, 道次加工率为 18%; 接着进行竖轧 2 轧制至 $17.9\text{mm}-18.1\text{mm} \times$ 厚 $6.4\text{mm}-6.6\text{mm}$, 道次加工率为 17%, 火次加工率 25%; 然后进行 3 火次轧制, 电接触加热至 880°C , 到温断电; 迅速压弯 2 轧制至 $5.9\text{mm}-6.1\text{mm} \times$ 宽 $18.1\text{mm}-18.3\text{mm}$, 道次加工率为 18%; 接着进行竖轧 3 至 $17.3\text{mm}-17.6\text{mm} \times$ 厚 $5.9\text{mm}-6.0\text{mm}$, 道次加工率为 18%; 最后进行成品轧制至宽 $17.7\text{mm} \times$ 厚 5.7mm , 道次加工

率为 6%，火次加工率 25%，得到轧制后的坯料；

[0085] 步骤 3，机械矫直

[0086] 将步骤 2 得到的轧制后的坯料进行机械矫直处理，采用 6 辊矫直，辊径 120mm，矫直辊硬度 60HRC，弯曲度 $\leq 10\text{mm/m}$ ，得到机械矫直后的坯料；

[0087] 步骤 4，热处理与热张力矫直

[0088] 将步骤 3 机械矫直后的坯料放在箱式炉中，采用大气退火，退火温度 850°C 、时间为 0.5h，空气冷却，采用电接触液压矫直机进行热张力矫直，液压压强为 4.0MPa，矫直温度为 680°C ，矫直长度为 2.0m，得到成型坯料；

[0089] 步骤 5，表面处理

[0090] 将步骤 4 得到的成型坯料采用碱爆、喷砂后酸洗的方式进行表面处理，即得，其中，碱爆温度为 600°C ；喷砂为水喷，沙砾粒径为 $550\mu\text{m}$ ，喷头与物料的距离为 180mm；酸洗采用的酸液由 HF、 HNO_3 和 H_2O 组成，体积比为 HF: HNO_3 : H_2O =1:3:5。

[0091] 表 1 采用本发明的方法制得的产品实测力学性能表

样品	牌号	状态	Rm (MPa)	Rp0.2 (MPa)	A (%)
实施例 1	TC4	M	1016	929	16.5
			1015	921	16.5
实施例 2	TC20	M	1079	1068	15
			1090	1074	16
实施例 3	TC4	M	1033	953	14
			1037	947	15
实施例 4	TC20	M	1109	1067	15
			1104	1064	15

[0093] 在表 1 中，Rm 表示抗拉强度、Rp0.2 表示屈服强度、A 表示延伸率，可以看出，本发明实施例 1-4 制得的人体植入物钛合金弧形板性能符合 GB/T13810-2007 标准要求，且强度比纯钛弧形板强度高出 200MPa 以上，大幅度提高了钛弧形板的强度；图 1-图 4 是分别采用实施例 1-4 制备的钛合金弧形板的金相照片图，通过照片可以看出退火态横向显微组织为 $\alpha + \beta$ 两相组织，组织类型符合 ETTC2 《钛及钛合金的显微组织》标准要求中的 A1 ~ A3。

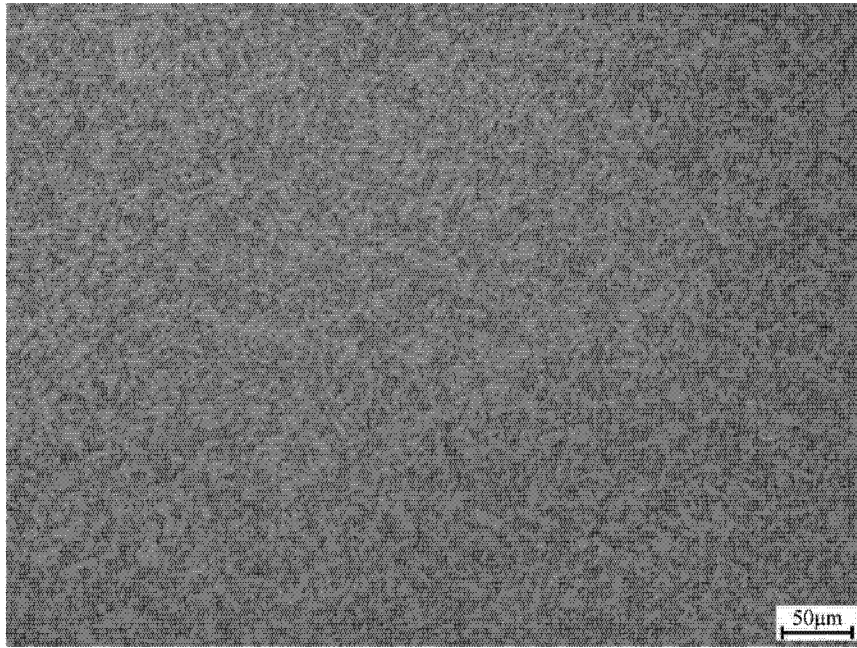


图 1



图 2

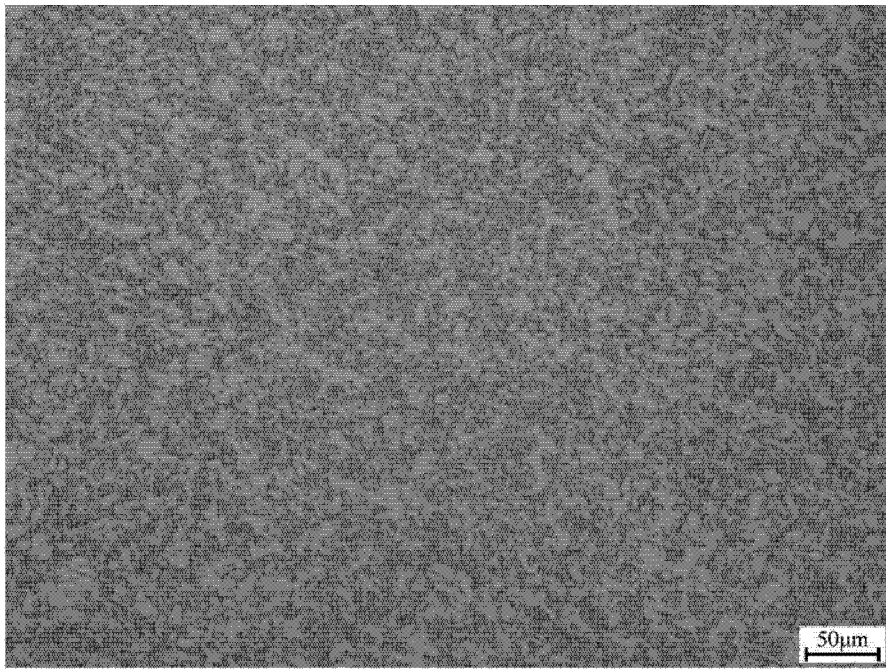


图 3



图 4