



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110369654 B

(45) 授权公告日 2020.09.25

(21) 申请号 201910730671.6

(22) 申请日 2019.08.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110369654 A

(43) 申请公布日 2019.10.25

(73) 专利权人 无锡航亚科技股份有限公司
地址 214000 江苏省无锡市新东安路35

(72) 发明人 何涛 李湘军 李建军 辛立刚
许震杰

(74) 专利代理机构 无锡盛阳专利商标事务所
(普通合伙) 32227

代理人 张宁 张欢

(51) Int.Cl.

B21J 5/00 (2006.01)

B21J 5/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1618566 A, 2005.05.25

CN 109158515 A, 2019.01.08

CN 107030234 A, 2017.08.11

CN 103667800 A, 2014.03.26

GB 2353968 B, 2002.08.28

DE 3342562 A1, 1985.06.05

孙彦华. 锻造工艺对钛合金人工关节组织性能的影响.《铸造技术》.2015,第36卷(第5期),
熊震国等.TC4钛合金人工关节的精密锻造.
《新技术新工艺》.2002,(第1期),

审查员 易明军

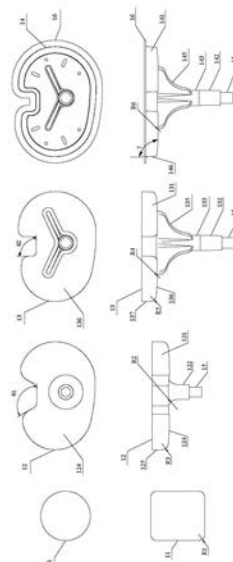
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法

(57) 摘要

本发明提供了一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其能解决现有钛合金胫骨平台人工关节植入物采用模锻加工,存在寿命低、材料利用率低、制造周期长、生产成本较高的问题。其包括下料、喷涂、闭式镦粗成型、去除涂层、喷涂、闭式正挤压预锻成型、去除涂层、开式正挤压终锻成型、去除氧化皮、真空退火、化学铣加工和CNC加工。



1. 一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其特征在于:其包括以下步骤:

步骤1、下料,根据胫骨平台的体积确定所需棒料长度和直径,将医用Ti6Al4V合金棒料下料,并将棒料上下两端倒圆角,且其圆角半径为5mm;

步骤2、喷涂,在棒料表面喷涂防氧化涂层;

步骤3、闭式镦粗成型,将步骤2中的棒料进行闭式镦粗成型获得镦头件,使镦头件的底板轮廓尺寸较预锻件的底板轮廓尺寸小1mm~2mm,底板厚度大于预锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角为 100° ~ 120° ;镦头件的杆部末端留有余料,杆部直径较预锻件的圆柱段一的直径小0.1mm~0.2mm,杆部长度与预锻件的锥面段一的长度相等;镦头件的杆部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径为5mm~8mm;底板上平面与侧面连接处倒圆角,且其圆角半径为3mm~5mm;锻造方向沿杆部轴线向下;

步骤4、去除镦头件表面的防氧化涂层;

步骤5、喷涂,在镦头件表面喷涂防氧化涂层;

步骤6、闭式正挤压预锻成型,将步骤5中的镦头件进行闭式正挤压预锻成型获得预锻件,使预锻件的底板轮廓尺寸较终锻件的底板轮廓尺寸小1mm~2mm,底板厚度大于终锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角与终锻件的相同,底板上平面为未形成凸点的平面;预锻件的杆部末端留有余料,预锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段一和圆柱段一,预锻件的杆部直径较终锻件的杆部直径小0.05mm~0.1mm,杆部长度较终锻件的杆部长度小0.5mm~1.5mm;预锻件的翼部与终锻件的翼部一致;预锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径为2mm~5mm;底板上平面与侧面连接处倒圆角,且其圆角半径为2mm~4mm;锻造方向沿杆部轴线向下;

步骤7、去除预锻件表面的防氧化涂层;

步骤8、开式正挤压终锻成型,将步骤7中的预锻件进行开式正挤压终锻成型获得终锻件,使终锻件的底板底面一周形成飞边,底板侧面一周拔模角为 1° ~ 3° ,其余与胫骨平台的底板一致;终锻件的杆部末端留有余料,终锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段二和圆柱段二,杆部长度与胫骨平台的杆部长度一致,圆柱段二与胫骨平台的粗圆柱段一致,锥面段二的长度与胫骨平台的细圆柱段的长度一致,锥面段二的顶部直径与胫骨平台的细圆柱段的直径一致,底部直径与胫骨平台的粗圆柱段的直径一致;终锻件的翼部与胫骨平台的翼部一致;终锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径为1mm~2mm;锻造方向沿杆部轴线向下;

步骤9、去除终锻件表面的氧化皮;

步骤10、真空退火处理;

步骤11、化学铣加工,去除终锻件表面的 α 相层;

步骤12、通过CNC加工设备去除终锻件的底板底面的飞边以及杆部末端的余料,并将锥面段二加工成与胫骨平台的细圆柱段一致,完成胫骨平台的精密锻造加工。

2. 根据权利要求1所述的一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其特征在于:步骤2和步骤5中喷涂防氧化涂层的工艺为,将步骤2中的棒料和步骤5中的镦头件加热至 150°C ~ 200°C 后直接喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为0.04mm~0.10mm。

3. 根据权利要求1所述的一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其特征在于:步骤3中,闭式镦粗成型的工艺为,将棒料放入电炉内加热至 920°C ~ 940°C ,保温20min~

40min,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行闭式镦粗成型,所用阴模的拔模角为 $0.1^{\circ}\sim 0.3^{\circ}$,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ 。

4.根据权利要求1所述的一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其特征在于:步骤4、步骤7中去除防氧化涂层和步骤9中去除氧化皮的方法都是通过钢砂抛丸去除。

5.根据权利要求1所述的一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其特征在于:步骤6中,闭式正挤压预锻成型的工艺为,将镦头件放入电炉内加热至 $920^{\circ}\text{C}\sim 940^{\circ}\text{C}$,保温 $15\text{min}\sim 35\text{min}$,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行闭式正挤压预锻成型,所用阴模的拔模角为 $0.1^{\circ}\sim 0.3^{\circ}$,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ 。

6.根据权利要求1所述的一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其特征在于:步骤8中,开式正挤压终锻成型的工艺为,将预锻件放入电炉内加热至 $850^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$,保温 $10\text{min}\sim 30\text{min}$,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行开式正挤压终锻成型,所用阴模的模膛在翼部的预置热缩率为 $1.000\sim 1.005$,其余部位的预置热缩率为 $1.003\sim 1.008$ 。

7.根据权利要求1所述的一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其特征在于:步骤10中的真空退火工艺为,加热温度 750°C ,保温1h。

一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及人工关节锻造加工领域,具体为一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法。

背景技术

[0002] 钛合金胫骨平台人工关节植入物为人体膝关节中胫骨平台损伤后的替代物,可以通过手术进行植入从而恢复关节功能,提高患者生活质量。

[0003] 图1和图2为一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的结构示意图,其包括杆部1、翼部2和底板3,杆部包括自上而下同轴设置的细圆柱段4和粗圆柱段5,杆部与底板上平面6垂直,底板上平面有若干个凸点7,底板的侧面开有U形槽8,其杆部的粗圆柱段5、翼部2以及底板上平面6为主要承力部位。

[0004] 目前该钛合金胫骨平台人工关节植入物均为模锻件,其锻造过程包括下料、制坯、预锻、终锻和后期机械加工,模锻一般是杆部及翼部的脱模角比较大,一般为 3° 或以上,脱模角越大,形成的余料越多,且工件整体留有1mm~2mm的余量,最后需通过数控机械加工、抛光等方法将产品加工到符合设计要求。这种方法加工的胫骨平台,由于主要承力部位需要经过后期机械加工,故破坏了锻造金属流线的完整性,导致其抗拉强度、屈服强度等力学性能降低,使用寿命降低,并且,此种加工方式材料利用率低,制造周期长,生产成本较高。

[0005] 精密锻造是指零件锻造成型后,只需少量加工或不再加工就符合零件要求的成型技术。随着人们对于人工关节植入物手术效果期望值的不断提高,传统模锻件钛合金胫骨平台将必然会被精锻件钛合金胫骨平台所替代,而目前尚未有关于钛合金胫骨平台人工关节植入物的精密锻造方法的报道。

发明内容

[0006] 针对现有钛合金胫骨平台人工关节植入物采用模锻加工,存在寿命低、材料利用率低、制造周期长、生产成本较高的技术问题,本发明提供了一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其能够实现钛合金胫骨平台人工关节植入物的精密锻造加工,保证锻造金属流线沿工件轮廓完整顺畅的分布,提高工件寿命,同时还具有原材料消耗少、制造周期短、生产成本低的优点。

[0007] 其技术方案是这样的:一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其特征在于,其包括以下步骤:

[0008] 步骤1、下料,根据胫骨平台的体积确定所需棒料长度和直径,将医用Ti6Al4V合金棒料下料,并将棒料上下两端倒圆角,且其圆角半径为5mm;

[0009] 步骤2、喷涂,在棒料表面喷涂防氧化涂层;

[0010] 步骤3、闭式镦粗成型,将步骤2中的棒料进行闭式镦粗成型获得镦头件,使镦头件的底板轮廓尺寸较预锻件的底板轮廓尺寸小1mm~2mm,底板厚度大于预锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角为 100° ~ 120° ;镦头件的杆部末端留有余料,杆部直径较预锻件

的圆柱段一的直径小 $0.1\text{mm}\sim 0.2\text{mm}$,杆部长度与预锻件的锥面段一的长度相等;镢头件的杆部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径为 $5\text{mm}\sim 8\text{mm}$;底板上平面与侧面倒圆角,且其圆角半径为 $3\text{mm}\sim 5\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0011] 步骤4、去除镢头件表面的防氧化涂层;

[0012] 步骤5、喷涂,在镢头件表面喷涂防氧化涂层;

[0013] 步骤6、闭式正挤压预锻成型,将步骤5中的镢头件进行闭式正挤压预锻成型获得预锻件,使预锻件的底板轮廓尺寸较终锻件的底板轮廓尺寸小 $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$,底板厚度大于终锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角与终锻件的相同,底板上平面为未形成凸点的平面;预锻件的杆部末端留有余料,预锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段一和圆柱段一,预锻件的杆部直径较终锻件的杆部直径小 $0.05\text{mm}\sim 0.1\text{mm}$,杆部长度较终锻件的杆部长度小 $0.5\text{mm}\sim 1.5\text{mm}$;预锻件的翼部与终锻件的翼部一致;预锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径为 $2\text{mm}\sim 5\text{mm}$;底板上平面与侧面倒圆角,且其圆角半径为 $2\text{mm}\sim 4\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0014] 步骤7、去除预锻件表面的防氧化涂层;

[0015] 步骤8、开式正挤压终锻成型,将步骤7中的预锻件进行开式正挤压终锻成型获得终锻件,使终锻件的底板底面一周形成飞边,底板侧面一周拔模角为 $1^\circ\sim 3^\circ$,其余与胫骨平台的底板一致;终锻件的杆部末端留有余料,终锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段二和圆柱段二,杆部长度与胫骨平台的杆部长度一致,圆柱段二与胫骨平台的粗圆柱段一致,锥面段二的长度与胫骨平台的细圆柱段的长度一致,锥面段二的顶部直径与细圆柱段的直径一致,底部直径与粗圆柱段的直径一致;终锻件的翼部与胫骨平台的翼部一致;终锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径为 $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0016] 步骤9、去除终锻件表面的氧化皮;

[0017] 步骤10、真空退火处理;

[0018] 步骤11、化学铣加工,去除终锻件表面的 α 层;

[0019] 步骤12、通过CNC加工设备去除终锻件的底板底面的飞边以及杆部末端的余料,并将锥面段二加工成与胫骨平台的细圆柱段一致,完成胫骨平台的精密锻造加工。

[0020] 其进一步特征在于:

[0021] 步骤2和步骤5中喷涂防氧化涂层的工艺为,将工件加热至 $150^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$ 后直接喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为 $0.04\text{mm}\sim 0.10\text{mm}$ 。

[0022] 步骤3中,闭式镢粗成型的工艺为,将棒料放入电炉内加热至 $920^\circ\text{C}\sim 940^\circ\text{C}$,保温 $20\text{min}\sim 40\text{min}$,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行闭式镢粗成型,所用阴模的拔模角为 $0.1^\circ\sim 0.3^\circ$,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ 。

[0023] 步骤4、步骤7和步骤9中去除防氧化涂层和去除氧化皮的方法是通过钢砂抛丸去除。

[0024] 步骤6中,闭式正挤压预锻成型的工艺为,将镢头件放入电炉内加热至 $920^\circ\text{C}\sim 940^\circ\text{C}$,保温 $15\text{min}\sim 35\text{min}$,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行闭式正挤压预锻成型,所用阴模的拔模角为 $0.1^\circ\sim 0.3^\circ$,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ 。

[0025] 步骤8中,开式正挤压终锻成型的工艺为,将预锻件放入电炉内加热至 $850^\circ\text{C}\sim 900^\circ\text{C}$,保温 $10\text{min}\sim 30\text{min}$,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行开式正挤压终锻成

型,所用阴模的模膛在翼部的预置热缩率为1.000~1.005,其余部位的预置热缩率为1.003~1.008。

[0026] 步骤10中的真空退火工艺为,加热温度750℃,保温1h。

[0027] 本发明的有益效果是:

[0028] 本发明的锻造方法,通过科学合理的精密锻造工步设计,并合理设计镢头件、预锻件和终锻件的形状、尺寸等参数,能够实现钛合金胫骨平台人工关节植入物的杆部粗圆柱段、翼部以及底板上平面等关键承力部位的无切削加工成型,从而保证锻造金属流线沿工件轮廓完整顺畅的分布,提高工件的抗拉强度、屈服强度等力学性能,延长工件使用寿命,同时,本发明方法的工步简短,可缩短制造周期,提高生产效率,且由于大部分部位直接锻造成型,机加工量非常小,从而原材料消耗少,生产成本低。

附图说明

[0029] 图1为钛合金胫骨平台人工关节植入物的主视图;

[0030] 图2为图1的俯视图;

[0031] 图3为本发明方法的主要成型工步图;

[0032] 图4为本发明实施例1中制得的胫骨平台的晶相显微照片;

[0033] 图5为本发明实施例1中制得的胫骨平台的宏观扫描照片;

[0034] 图6为本发明实施例2中制得的胫骨平台的晶相显微照片;

[0035] 图7为本发明实施例2中制得的胫骨平台的宏观扫描照片;

[0036] 图8为本发明实施例3中制得的胫骨平台的晶相显微照片;

[0037] 图9为本发明实施例3中制得的胫骨平台的宏观扫描照片。

[0038] 附图标记:

[0039] 1-杆部;2-翼部;3-底板;4-细圆柱段;5-粗圆柱段;6-底板上平面;7-凸点;8-U形槽;

[0040] 11-棒料;

[0041] 12-镢头件;121-镢头件的底板;122-镢头件的杆部;124-镢头件的底板上平面;125-镢头件的底板侧面;

[0042] 13-预锻件;131-预锻件的底板;132-锥面段一;133-圆柱段一;135-预锻件的翼部;136-预锻件的底板上平面;137-预锻件的底板侧面;

[0043] 14-终锻件;141-终锻件的底板;142-锥面段二;143-圆柱段二;145-终锻件的翼部;146-终锻件的底板侧面;

[0044] 15-余料;

[0045] 16-飞边。

具体实施方式

[0046] 见图1至图3,本发明的一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其包括以下步骤:

[0047] 步骤1、下料,根据实际的胫骨平台的体积确定所需棒料的长度和直径,选择相应直径的医用Ti6Al4V合金棒料用圆盘锯下料至需要的长度,并将棒料11上下两端分别倒圆

角,且其圆角半径 $R_1=5\text{mm}$,倒圆角可避免加工过程中棒料产生折叠或者拉痕;

[0048] 步骤2、喷涂,将步骤1中的棒料11加热至 $150^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$ 后直接在表面喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为 $0.04\text{mm}\sim 0.10\text{mm}$;

[0049] 步骤3、闭式镦粗成型,将步骤2中的棒料11放入电炉内加热至 $920^\circ\text{C}\sim 940^\circ\text{C}$ (即加热至Ti6Al4V合金 β 相变温度下 $40^\circ\text{C}\sim 60^\circ\text{C}$),保温 $20\text{min}\sim 40\text{min}$,使棒料11受热均匀,然后取出立即放入预先喷好模具润滑剂(通常选用石墨作为模具润滑剂)的阴模中进行闭式镦粗成型获得镦头件12,所用阴模的拔模角为 $0.1^\circ\sim 0.3^\circ$,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$;使镦头件的底板121轮廓尺寸较预锻件的底板131轮廓尺寸小 $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$,镦头件的底板121厚度大于预锻件的底板131厚度,镦头件的底板121侧面U形槽的单侧开口角 θ_1 为 $100^\circ\sim 120^\circ$;镦头件的杆部122末端留有余料15,镦头件的杆部122直径较预锻件13的圆柱段一133的直径小 $0.1\text{mm}\sim 0.2\text{mm}$,镦头件的杆部122长度与预锻件13的锥面段一132的长度相等;镦头件的杆部122与底板121转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_2=5\text{mm}\sim 8\text{mm}$;镦头件的底板上平面124与侧面125倒圆角,且其圆角半径 $R_3=3\text{mm}\sim 5\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0050] 步骤4、通过钢砂抛丸去除镦头件12表面的防氧化涂层;

[0051] 步骤5、喷涂,将步骤4中的镦头件12加热至 $150^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$ 后直接再次在表面喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为 $0.04\text{mm}\sim 0.10\text{mm}$;

[0052] 步骤6、闭式正挤压预锻成型,将步骤5中的镦头件12放入电炉内加热至 $920^\circ\text{C}\sim 940^\circ\text{C}$,保温 $15\text{min}\sim 35\text{min}$,使镦头件12受热均匀,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行闭式正挤压预锻成型获得预锻件13,所用阴模的拔模角为 $0.1^\circ\sim 0.3^\circ$,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面 $0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$,使预锻件的底板131轮廓尺寸较终锻件的底板141轮廓尺寸小 $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$,预锻件的底板131厚度大于终锻件的底板141厚度,预锻件的底板131侧面U形槽的单侧开口角 θ_2 与终锻件14的相同,预锻件的底板上平面136为未形成凸点7的平面;预锻件的杆部末端留有余料15,预锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段一132和圆柱段一133,预锻件的杆部直径较终锻件的杆部直径小 $0.05\text{mm}\sim 0.1\text{mm}$,预锻件的杆部长度较终锻件的杆部长度小 $0.5\text{mm}\sim 1.5\text{mm}$;预锻件的翼部135与终锻件的翼部145一致;预锻件的杆部、翼部135与底板131转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_4=2\text{mm}\sim 5\text{mm}$;预锻件的底板上平面136与侧面137倒圆角,且其圆角半径 $R_5=2\text{mm}\sim 4\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0053] 步骤7、通过钢砂抛丸去除预锻件13表面的防氧化涂层;

[0054] 步骤8、开式正挤压终锻成型,将步骤7中的预锻件13放入电炉内加热至 $850^\circ\text{C}\sim 900^\circ\text{C}$,保温 $10\text{min}\sim 30\text{min}$,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行开式正挤压终锻成型获得终锻件14,所用阴模的模膛在翼部的预置热缩率为 $1.000\sim 1.005$,其余部位的预置热缩率为 $1.003\sim 1.008$,使终锻件的底板141底面一周形成飞边16,终锻件的底板侧面146一周拔模角($\gamma-90^\circ$)为 $1^\circ\sim 3^\circ$,其余与胫骨平台的底板3一致;终锻件的杆部末端留有余料15,终锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段二142和圆柱段二143,终锻件的杆部长度与胫骨平台的杆部1长度一致,圆柱段二143与胫骨平台的粗圆柱段5一致,锥面段二142的长度与胫骨平台的细圆柱段4的长度一致,锥面段二142的顶部直径与细圆柱段4的直径一致,底部直径与粗圆柱段5的直径一致;终锻件的翼部145与胫骨平台的翼部2一致;终锻件的杆部、翼部145与底板141转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_6=1\text{mm}\sim 2\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;由于开式正挤压终锻成型过程中工件的变形量小,故终锻加热温度低于镦粗和预锻时的加热

温度,低温可以减少工件 α 层和氧化皮的产生;

[0055] 步骤9、通过钢砂抛丸去除终锻件14表面的氧化皮;

[0056] 步骤10、真空退火处理,退火工艺为加热温度750℃,保温1h;

[0057] 步骤11、采用常规化学铣加工方式去除终锻件14表面的 α 层;

[0058] 步骤12、通过CNC加工设备去除终锻件的底板底面的飞边16以及杆部末端的余料15,并将锥面段二142加工成与胫骨平台的细圆柱段4一致,完成胫骨平台的精密锻造加工。

[0059] 图3中由左至右依次为下料工步、闭式镗粗成型工步、闭式正挤压预锻成型工步和开式正挤压终锻成型工步,同一工步中上方视图为下方视图的仰视图。

[0060] 本发明方法中,闭式镗粗成型、闭式正挤压预锻成型和开式正挤压终锻成型中使用的阴模和冲头各不相同,阴模中模膛的尺寸、形状等参数根据各工步中预成型的目标锻件形状设计。

[0061] 下面以几个具体实施例详细说明本发明的锻造方法。

[0062] 实施例1

[0063] 一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其包括以下步骤:

[0064] 步骤1、将医用 ϕ 40mm的Ti6Al4V合金棒料用圆盘锯下料,下料长度45mm,并将棒料上下两端分别倒圆角,且其圆角半径 $R_1=5\text{mm}$;

[0065] 步骤2、将步骤1中的棒料加热至150℃后直接在表面喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为0.04mm;

[0066] 步骤3、闭式镗粗成型,将步骤2中的棒料放入电炉内加热至920℃,保温40min,使棒料受热均匀,然后取出立即放入预先喷好石墨的阴模中进行闭式镗粗成型获得镗头件,所用阴模的拔模角为 0.1° ,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面0.1mm;使镗头件的底板轮廓尺寸较预锻件的底板轮廓尺寸小1mm,底板厚度大于预锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角为 100° ;镗头件的杆部末端留有余料,杆部直径较预锻件的圆柱段一的直径小0.1mm,杆部长度与预锻件的锥面段一的长度相等;镗头件的杆部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_2=5\text{mm}$;底板上平面与侧面倒圆角,且其圆角半径 $R_3=3\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0067] 步骤4、通过钢砂抛丸去除镗头件表面的防氧化涂层;

[0068] 步骤5、将步骤4中的镗头件加热至150℃后直接再次在表面喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为0.04mm;

[0069] 步骤6、闭式正挤压预锻成型,将步骤5中的镗头件放入电炉内加热至920℃,保温35min,使镗头件受热均匀,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行闭式正挤压预锻成型获得预锻件,所用阴模的拔模角为 0.1° ,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面0.1mm,使预锻件的底板轮廓尺寸较终锻件的底板轮廓尺寸小1mm,底板厚度大于终锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角与终锻件的相同,底板上平面为未形成凸点的平面;预锻件的杆部末端留有余料,预锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段一和圆柱段一,预锻件的杆部直径较终锻件的杆部直径小0.05mm,杆部长度较终锻件的杆部长度小0.5mm;预锻件的翼部与终锻件的翼部一致;预锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_4=2\text{mm}$;底板上平面与侧面倒圆角,且其圆角半径 $R_5=2\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0070] 步骤7、通过钢砂抛丸去除预锻件表面的防氧化涂层;

[0071] 步骤8、开式正挤压终锻成型,将步骤7中的预锻件放入电炉内加热至850℃,保温30min,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行开式正挤压终锻成型获得终锻件,所用阴模的模膛在翼部的预置热缩率为1.000,其余部位的预置热缩率为1.003,使终锻件的底板底面一周形成飞边,底板侧面一周拔模角为1°,其余与胫骨平台的底板一致;终锻件的杆部末端留有余料,终锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段二和圆柱段二,杆部长度与胫骨平台的杆部长度一致,圆柱段二与胫骨平台的粗圆柱段一致,锥面段二的长度与胫骨平台的细圆柱段的长度一致,锥面段二的顶部直径与细圆柱段的直径一致,底部直径与粗圆柱段的直径一致;终锻件的翼部与胫骨平台的翼部一致;终锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_6=1\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0072] 步骤9、通过钢砂抛丸去除终锻件表面的氧化皮;

[0073] 步骤10、真空退火处理,退火工艺为加热温度750℃,保温1h;

[0074] 步骤11、采用常规化学铣加工方式去除终锻件表面的 α 层;

[0075] 步骤12、通过CNC加工设备去除终锻件的底板底面的飞边以及杆部末端的余料,并将锥面段二加工成与胫骨平台的细圆柱段一致,完成胫骨平台的精密锻造加工。

[0076] 本实施例中加工制得的胫骨平台,其晶相显微照片如图4所示,从相图中可以看出,组织结构为均匀的两相组织(其中白色棉花团状的为 α 相,其余为 β 相), β 相边界无连续的网状 α 相,无有粗大的、被拉长的 α 相,工件晶粒结构相似,符合产品设计要求。

[0077] 图5为本实施例制成的胫骨平台使用EPSON perfection V850 pro扫描仪拍摄的宏观结构照片(刻蚀剂为Kroll试剂),可以看出,锻造金属流线沿工件轮廓完整顺畅的分布,无穿流和涡流,符合产品设计要求。

[0078] 对本实施例制成的胫骨平台进行力学性能检测结果见表1,可以看出,其力学性能明显高于设计要求,证明该胫骨平台具有优异的力学性能,使用寿命长。

[0079] 实施例2

[0080] 一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其包括以下步骤:

[0081] 步骤1、将医用 $\phi 40\text{mm}$ 的Ti6Al4V合金棒料用圆盘锯下料,下料长度45mm,并将棒料上下两端分别倒圆角,且其圆角半径 $R_1=5\text{mm}$;

[0082] 步骤2、将步骤1中的棒料加热至175℃后直接在表面喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为0.07mm;

[0083] 步骤3、闭式镦粗成型,将步骤2中的棒料放入电炉内加热至930℃,保温30min,使棒料受热均匀,然后取出立即放入预先喷好石墨的阴模中进行闭式镦粗成型获得镦头件,所用阴模的拔模角为0.2°,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面0.2mm;使镦头件的底板轮廓尺寸较预锻件的底板轮廓尺寸小1.5mm,底板厚度大于预锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角为110°;镦头件的杆部末端留有余料,杆部直径较预锻件的圆柱段一的直径小0.15mm,杆部长度与预锻件的锥面段一的长度相等;镦头件的杆部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_2=6.5\text{mm}$;底板上平面与侧面倒圆角,且其圆角半径 $R_3=4\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0084] 步骤4、通过钢砂抛丸去除镦头件表面的防氧化涂层;

[0085] 步骤5、将步骤4中的镦头件加热至175℃后再次在表面喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为0.04mm;

[0086] 步骤6、闭式正挤压预锻成型,将步骤5中的镢头件放入电炉内加热至930℃,保温25min,使镢头件受热均匀,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行闭式正挤压预锻成型获得预锻件,所用阴模的拔模角为 0.2° ,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面0.2mm,使预锻件的底板轮廓尺寸较终锻件的底板轮廓尺寸小1.5mm,底板厚度大于终锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角与终锻件的相同,底板上平面为未形成凸点的平面;预锻件的杆部末端留有余料,预锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段一和圆柱段一,预锻件的杆部直径较终锻件的杆部直径小0.075mm,杆部长度较终锻件的杆部长度小1.0mm;预锻件的翼部与终锻件的翼部一致;预锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_4=3.5\text{mm}$;底板上平面与侧面倒圆角,且其圆角半径 $R_5=3\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0087] 步骤7、通过钢砂抛丸去除预锻件表面的防氧化涂层;

[0088] 步骤8、开式正挤压终锻成型,将步骤7中的预锻件放入电炉内加热至875℃,保温20min,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行开式正挤压终锻成型获得终锻件,所用阴模的模膛在翼部的预置热缩率为1.002,其余部位的预置热缩率为1.005,使终锻件的底板底面一周形成飞边,底板侧面一周拔模角为 2° ,其余与胫骨平台的底板一致;终锻件的杆部末端留有余料,终锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段二和圆柱段二,杆部长度与胫骨平台的杆部长度一致,圆柱段二与胫骨平台的粗圆柱段一致,锥面段二的长度与胫骨平台的细圆柱段的长度一致,锥面段二的顶部直径与细圆柱段的直径一致,底部直径与粗圆柱段的直径一致;终锻件的翼部与胫骨平台的翼部一致;终锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_6=1.5\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0089] 步骤9、通过钢砂抛丸去除终锻件表面的氧化皮;

[0090] 步骤10、真空退火处理,退火工艺为加热温度750℃,保温1h;

[0091] 步骤11、采用常规化学铣加工方式去除终锻件表面的 α 层;

[0092] 步骤12、通过CNC加工设备去除终锻件的底板底面的飞边以及杆部末端的余料,并将锥面段二加工成与胫骨平台的细圆柱段一致,完成胫骨平台的精密锻造加工。

[0093] 本实施例中加工制得的胫骨平台,其晶相显微照片如图6所示,从相图中可以看出,组织结构为均匀的两相组织(其中白色棉花团状的为 α 相,其余为 β 相), β 相边界无连续的网状 α 相,无有粗大的、被拉长的 α 相,工件晶粒结构相似,符合产品设计要求。

[0094] 图7为本实施例制成的胫骨平台使用EPSON perfection V850 pro扫描仪拍摄的宏观结构照片(刻蚀剂为Kroll试剂),可以看出,锻造金属流线沿工件轮廓完整顺畅的分布,无穿流和涡流,符合产品设计要求。

[0095] 对本实施例制成的胫骨平台进行力学性能检测结果见表1,可以看出,其力学性能明显高于设计要求,证明该胫骨平台具有优异的力学性能,使用寿命长。

[0096] 实施例3

[0097] 一种钛合金胫骨平台人工关节植入物的锻造方法,其包括以下步骤:

[0098] 步骤1、将医用 $\phi 40\text{mm}$ 的Ti6Al4V合金棒料用圆盘锯下料,下料长度45mm,并将棒料上下两端分别倒圆角,且其圆角半径 $R_1=5\text{mm}$;

[0099] 步骤2、将步骤1中的棒料加热至200℃后直接在表面喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为0.10mm;

[0100] 步骤3、闭式镦粗成型,将步骤2中的棒料放入电炉内加热至940℃,保温20min,使棒料受热均匀,然后取出立即放入预先喷好石墨的阴模中进行闭式镦粗成型获得镦头件,所用阴模的拔模角为 0.3° ,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面0.3mm;使镦头件的底板轮廓尺寸较预锻件的底板轮廓尺寸小2mm,底板厚度大于预锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角为 120° ;镦头件的杆部末端留有余料,杆部直径较预锻件的圆柱段一的直径小0.2mm,杆部长度与预锻件的锥面段一的长度相等;镦头件的杆部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_2=8\text{mm}$;底板上平面与侧面倒圆角,且其圆角半径 $R_3=5\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0101] 步骤4、通过钢砂抛丸去除镦头件表面的防氧化涂层;

[0102] 步骤5、将步骤4中的镦头件加热至200℃后直接再次在表面喷涂玻璃-陶瓷防氧化涂层,涂层厚度为0.10mm;

[0103] 步骤6、闭式正挤压预锻成型,将步骤5中的镦头件放入电炉内加热至940℃,保温15min,使镦头件受热均匀,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行闭式正挤压预锻成型获得预锻件,所用阴模的拔模角为 0.3° ,阴模的模膛与冲头的配合间隙为单面0.3mm,使预锻件的底板轮廓尺寸较终锻件的底板轮廓尺寸小2mm,底板厚度大于终锻件的底板厚度,底板侧面U形槽的单侧开口角与终锻件的相同,底板上平面为未形成凸点的平面;预锻件的杆部末端留有余料,预锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段一和圆柱段一,预锻件的杆部直径较终锻件的杆部直径小0.1mm,杆部长度较终锻件的杆部长度小1.5mm;预锻件的翼部与终锻件的翼部一致;预锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_4=5\text{mm}$;底板上平面与侧面倒圆角,且其圆角半径 $R_5=4\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0104] 步骤7、通过钢砂抛丸去除预锻件表面的防氧化涂层;

[0105] 步骤8、开式正挤压终锻成型,将步骤7中的预锻件放入电炉内加热至900℃,保温10min,取出立即放入预先喷好模具润滑剂的阴模中进行开式正挤压终锻成型获得终锻件,所用阴模的模膛在翼部的预置热缩率为1.005,其余部位的预置热缩率为1.008,使终锻件的底板底面一周形成飞边,底板侧面一周拔模角为 3° ,其余与胫骨平台的底板一致;终锻件的杆部末端留有余料,终锻件的杆部包括自上而下同轴的锥面段二和圆柱段二,杆部长度与胫骨平台的杆部长度一致,圆柱段二与胫骨平台的粗圆柱段一致,锥面段二的长度与胫骨平台的细圆柱段的长度一致,锥面段二的顶部直径与细圆柱段的直径一致,底部直径与粗圆柱段的直径一致;终锻件的翼部与胫骨平台的翼部一致;终锻件的杆部、翼部与底板转接一周倒圆角,且其圆角半径 $R_6=2\text{mm}$;锻造方向沿杆部轴线向下;

[0106] 步骤9、通过钢砂抛丸去除终锻件表面的氧化皮;

[0107] 步骤10、真空退火处理,退火工艺为加热温度750℃,保温1h;

[0108] 步骤11、采用常规化学铣加工方式去除终锻件表面的 α 层;

[0109] 步骤12、通过CNC加工设备去除终锻件的底板底面的飞边以及杆部末端的余料,并将锥面段二加工成与胫骨平台的细圆柱段一致,完成胫骨平台的精密锻造加工。

[0110] 本实施例中加工制得的胫骨平台,其晶相显微照片如图8所示,从相图中可以看出,组织结构为均匀的两相组织(其中白色棉花团状的为 α 相,其余为 β 相), β 相边界无连续的网状 α 相,无有粗大的、被拉长的 α 相,工件晶粒结构相似,符合产品设计要求。

[0111] 图9为本实施例制成的胫骨平台使用EPSON perfection V850 pro扫描仪拍摄的

宏观结构照片(刻蚀剂为Kroll试剂),可以看出,锻造金属流线沿工件轮廓完整顺畅的分布,无穿流和涡流,符合产品设计要求。

[0112] 对本实施例制成的胫骨平台进行力学性能检测结果见表1,可以看出,其力学性能明显高于设计要求,证明该胫骨平台具有优异的力学性能,使用寿命长。

[0113] 表1 本发明3个实施例制得的胫骨平台力学性能

[0114]

力学性能	抗拉强度	屈服强度	延伸率	断面收缩率
	(Mpa)	(Mpa)	(%)	(%)
实施例 1	995	920	18.5	54
实施例 2	990	915	17.0	55
实施例 3	1000	925	18.5	54
要求	≥930	≥860	≥10	≥25

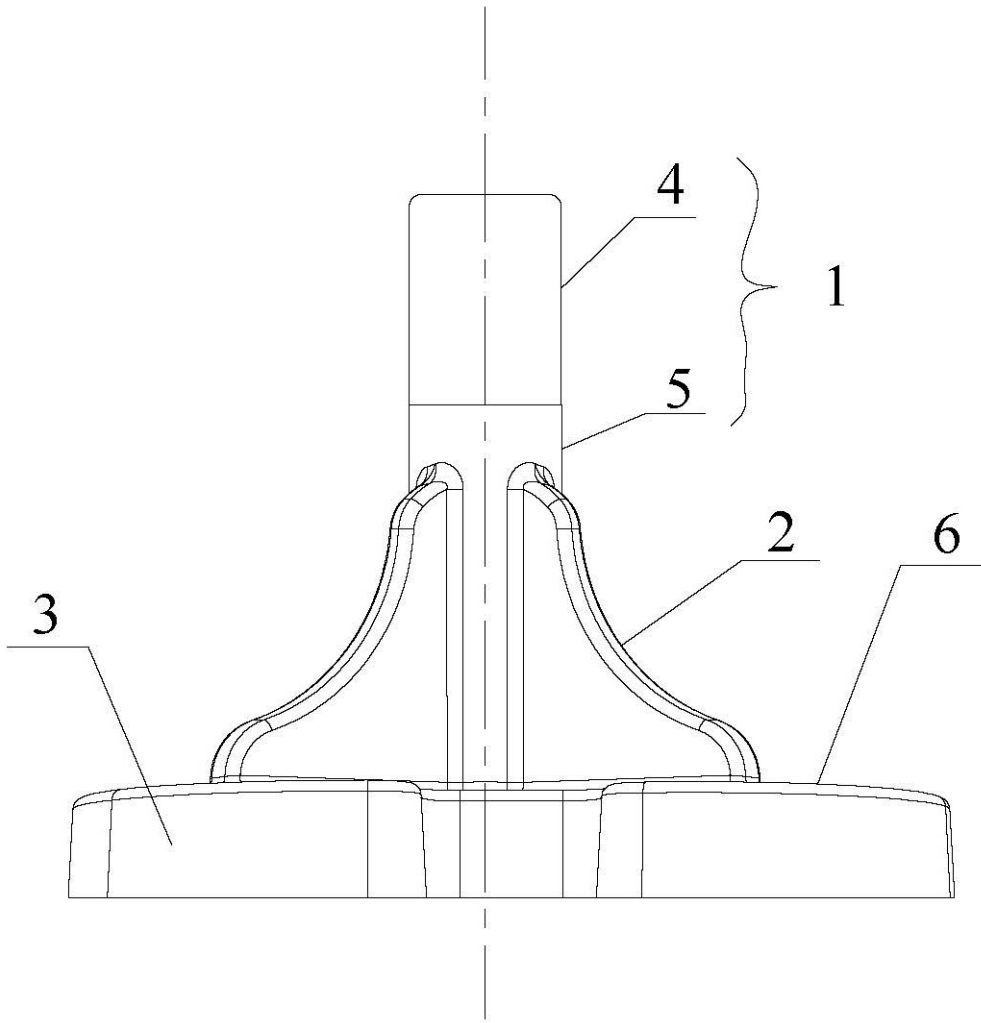


图1

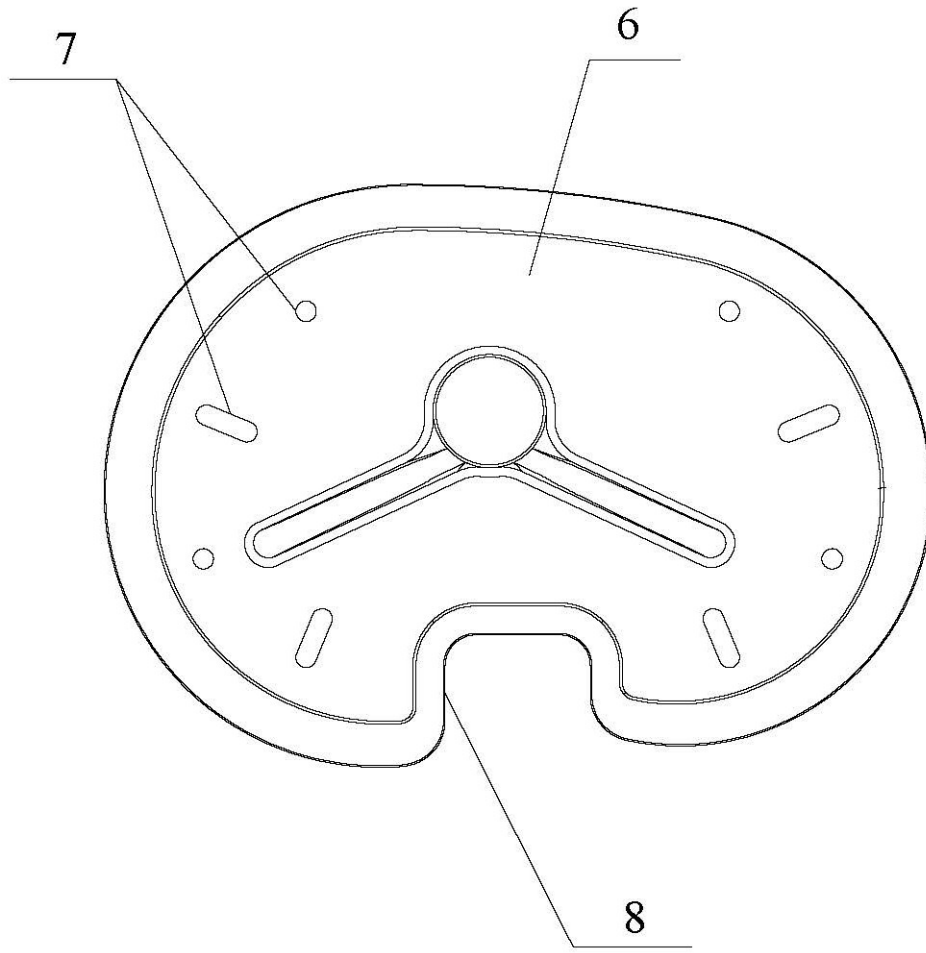


图2

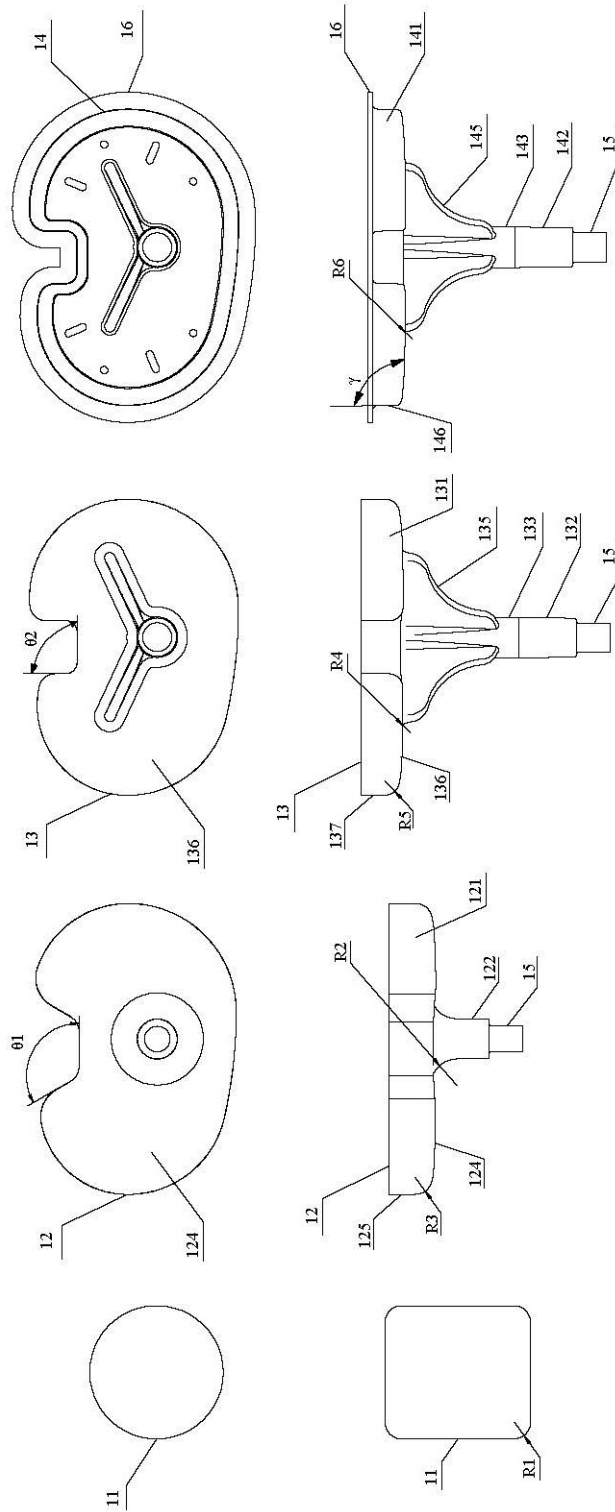


图3

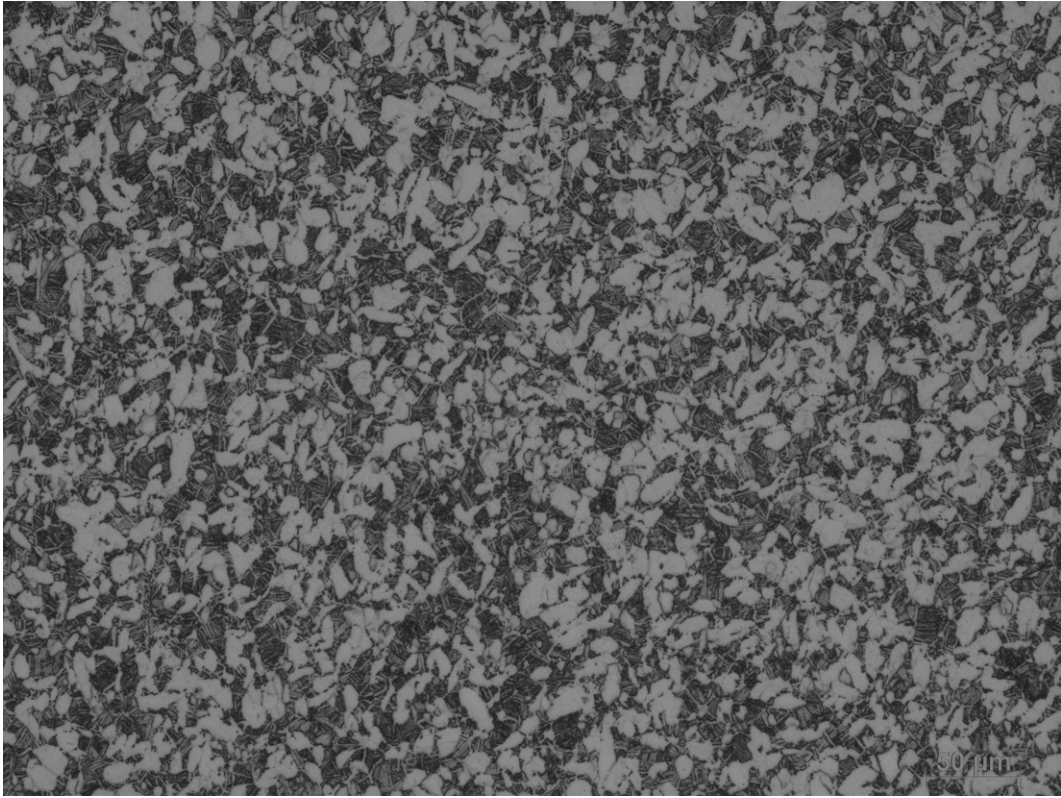


图4

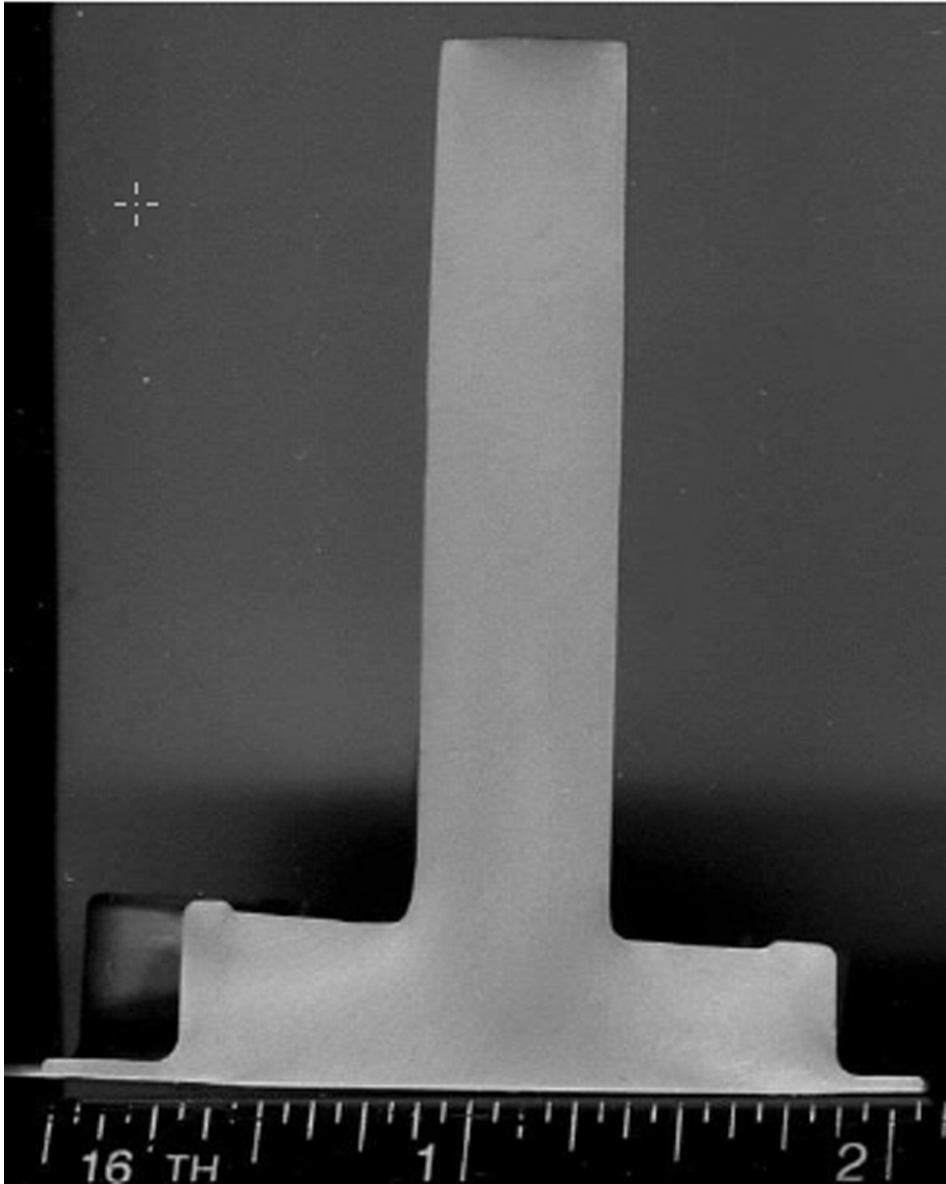


图5

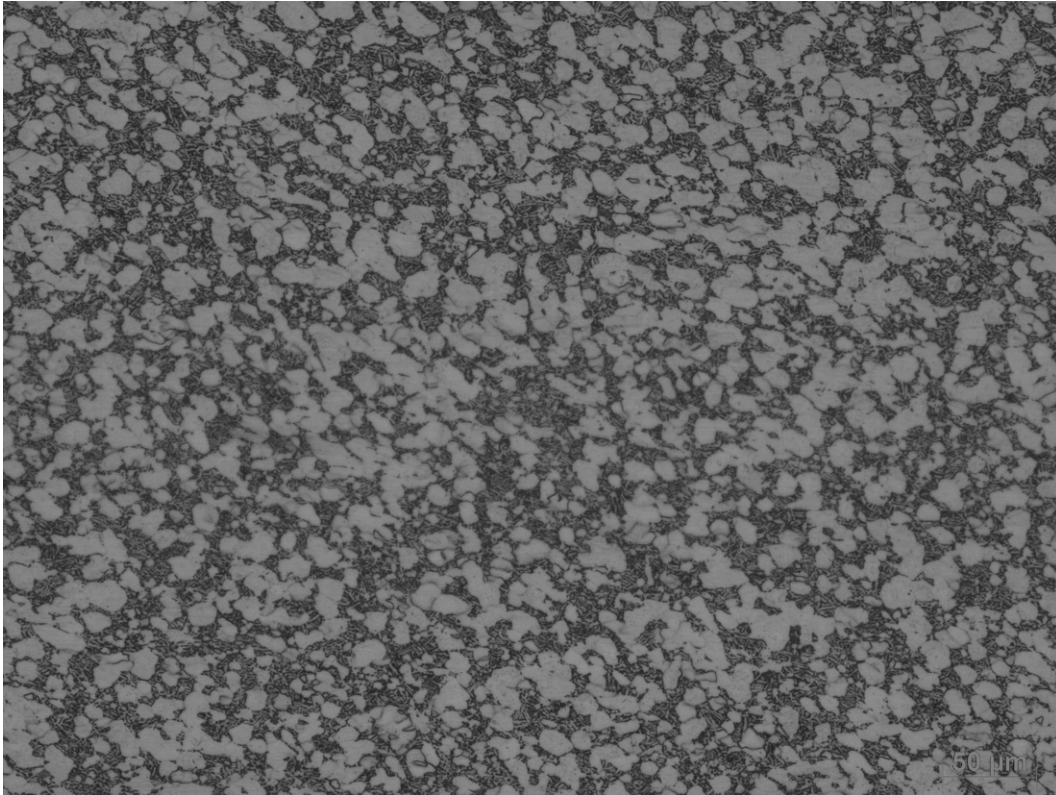


图6

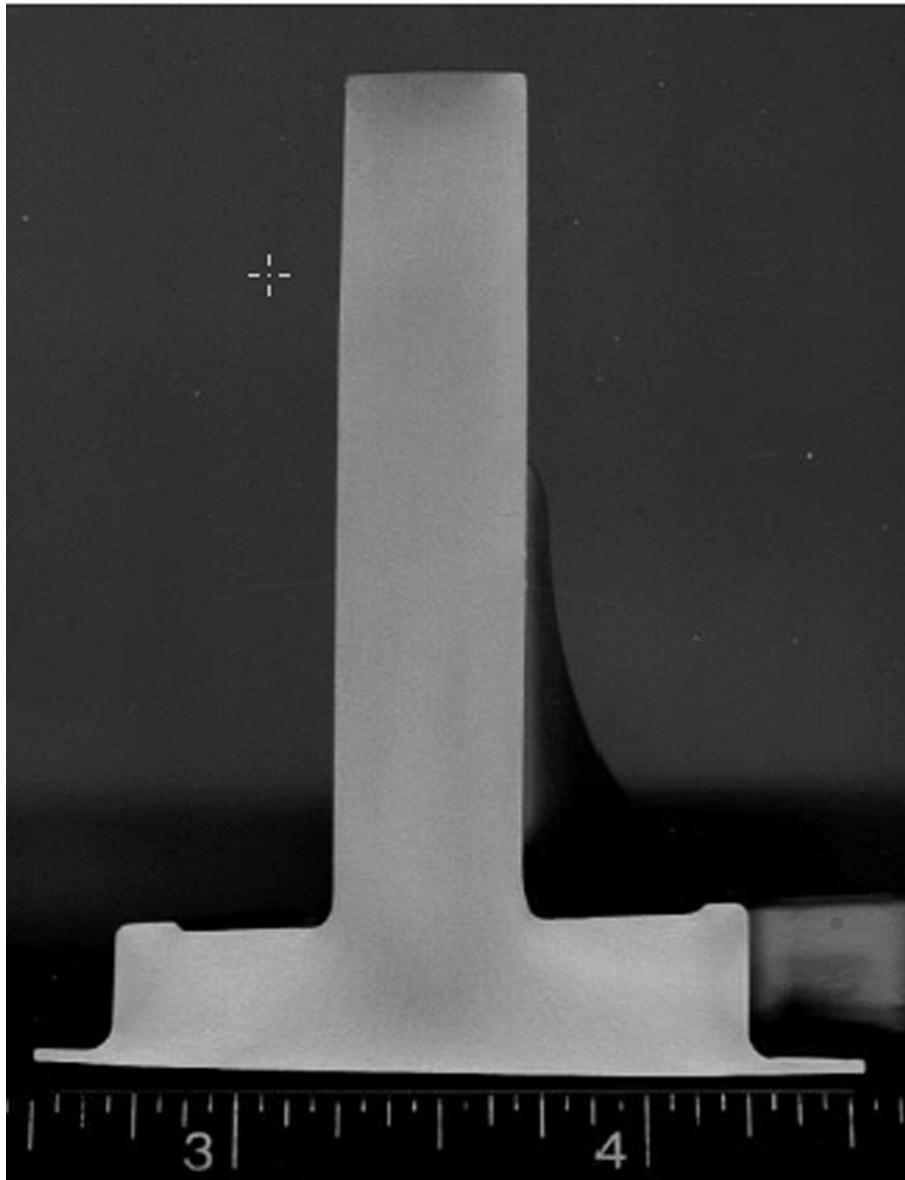


图7

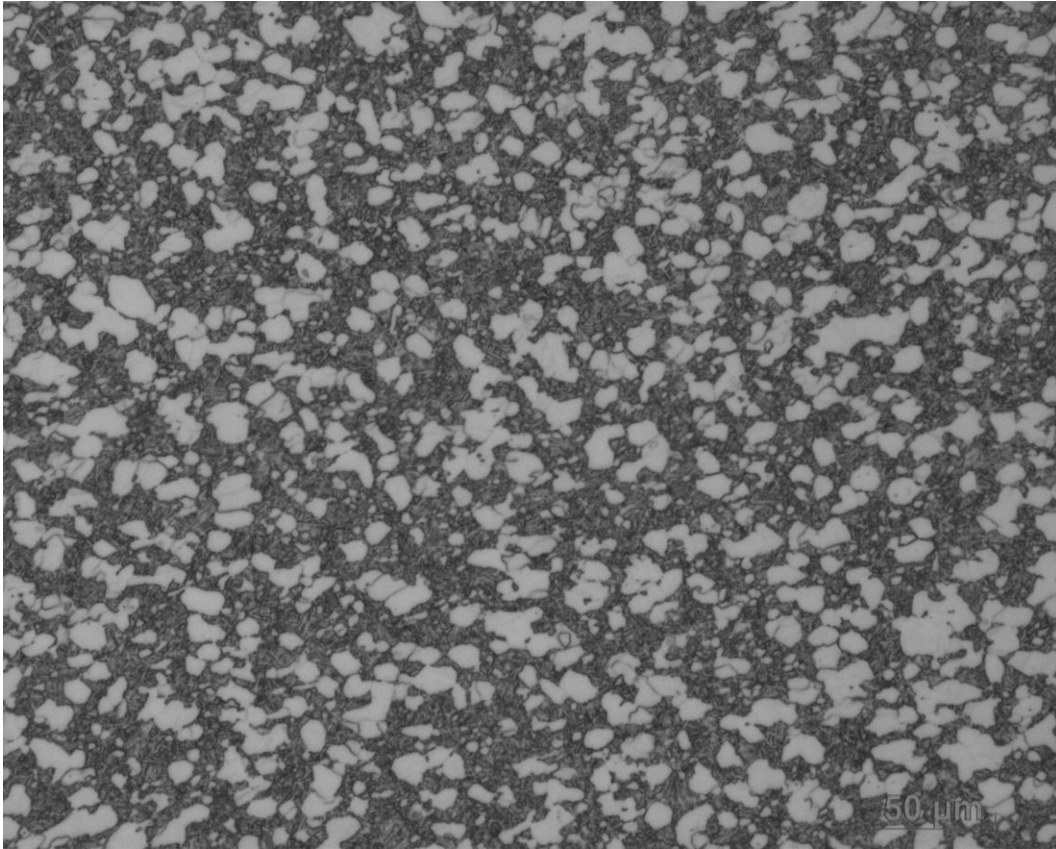


图8

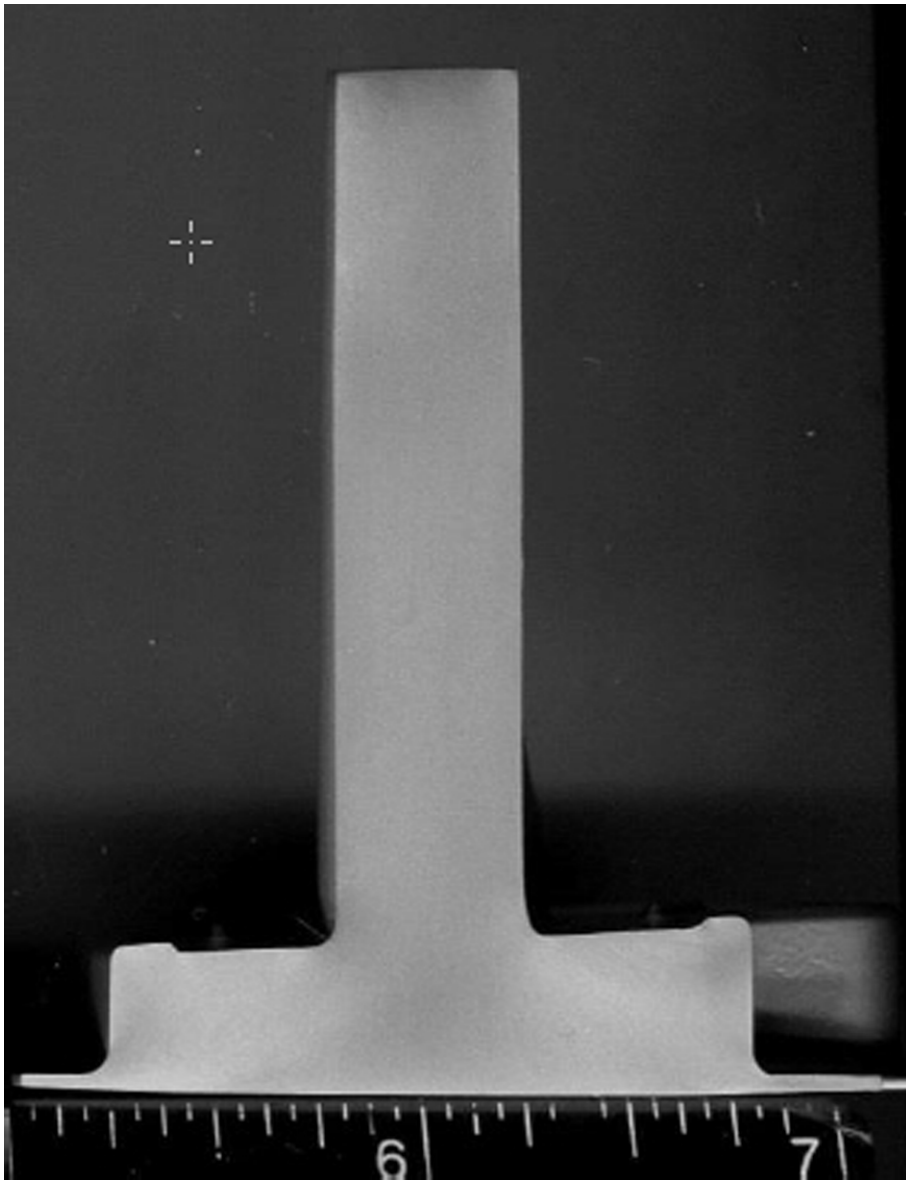


图9