



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104493033 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 08

(21) 申请号 201410605834. 5

(22) 申请日 2014. 10. 31

(71) 申请人 西北有色金属研究院

地址 710016 陕西省西安市未央路 96 号

(72) 发明人 周伟 葛鹏 李倩 辛社伟 陈军

赵彬

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213

代理人 谭文琰

(51) Int. Cl.

B21J 5/02(2006. 01)

B21J 1/06(2006. 01)

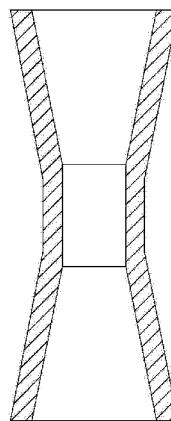
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺

(57) 摘要

本发明提供了一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,包括以下步骤:一、将 TC4 钛合金棒坯锯切下料;二、将 TC4 钛合金棒坯加热后放入预锻模具内,利用液压机对 TC4 钛合金棒坯进行模锻成型,得到锻坯;三、在锻坯两端加工压窝作定位孔;四、将锻坯加热,底部放置垫块一后放入终锻模具内,然后利用液压机进行第一次冲压成型,得到半成品一;五、将装有半成品一的终锻模具翻转,并采用垫块二进行填充,然后利用液压机进行第二次冲压成型,得到半成品二;六、机加工,得到 TC4 钛合金喷管。本发明能够显著提高 TC4 钛合金喷管的整体性能和可靠性,具有设备投资少、工艺简单、操作方便、制造成本低的特点。



1. 一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,其特征在于,该工艺包括以下步骤:

步骤一、将形状为圆柱状的 TC4 钛合金棒坯锯切下料;

步骤二、将锯切下料后的 TC4 钛合金棒坯置于加热炉中加热,再将加热后的 TC4 钛合金棒坯放入预锻模具内,然后将预锻模具放置在液压机的下砧上,利用液压机对 TC4 钛合金棒坯进行模锻成型,得到两端粗、中间细的锻坯 (1);

步骤三、在步骤二中所述锻坯 (1) 的两端均加工出压窝 (7) 作为定位孔;

步骤四、将步骤三中加工有压窝 (7) 的锻坯 (1) 置于加热炉中加热,再将加热后的锻坯 (1) 底部放置垫块一 (3) 后放入终锻模具 (2) 内,然后将装有锻坯 (1) 和垫块一 (3) 的终锻模具 (2) 放置在液压机的下砧上,同时将冲压头 (4) 装在液压机的上砧上,并通过压窝 (7) 进行定位调节,之后进行第一次冲压成型,在锻坯 (1) 上冲压出凹状空腔一,得到半成品一 (6);

步骤五、将装有半成品一 (6) 的终锻模具 (2) 翻转 180° ,采用垫块二 (5) 对半成品一 (6) 的凹状空腔一进行填充,然后将装有半成品一 (6) 与垫块二 (5) 的终锻模具 (2) 放置在液压机的下砧上,同时将冲压头 (4) 装在液压机的上砧上,并通过压窝 (7) 进行定位调节,之后进行第二次冲压成型,在半成品一 (6) 上冲压出凹状空腔二,脱模后得到半成品二;

步骤六、采用机加工的方法将半成品二上的凹状空腔一与凹状空腔二相连通,得到 TC4 钛合金喷管。

2. 根据权利要求 1 所述的一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,其特征在于,步骤一中所述 TC4 钛合金棒坯的截面直径为 $200\text{mm} \sim 300\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,其特征在于,步骤二中所述加热的温度为 $(T_{\beta}+30)^{\circ}\text{C} \sim (T_{\beta}+50)^{\circ}\text{C}$,所述加热的时间为 $t = 0.6D \sim 0.8D$,其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度, T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$, D 为钛合金棒坯的截面直径, D 的单位为 mm 。

4. 根据权利要求 1 所述的一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,其特征在于,步骤四中所述加热的温度为 $(T_{\beta}-20)^{\circ}\text{C} \sim (T_{\beta}-30)^{\circ}\text{C}$,所述加热的时间为 $t = 0.6D \sim 0.8D$,其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度, T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$, D 为钛合金棒坯的截面直径, D 的单位为 mm 。

一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺

技术领域

[0001] 本发明属于钛合金材料加工技术领域,具体涉及一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺。

背景技术

[0002] 钛及钛合金具有密度小、比强度高、耐腐蚀性能好、耐热性能优异、无磁性等一系列特点,被广泛用于航空航天、兵器、核能、石油、化工、冶金、机械、舰船等行业。

[0003] 薄壁喷管是用于宇航姿控发动机的重要零件,此类产品体多由曲线段、直筒段、锥形段复合而成,一般采取分体模锻与拼焊组合的成型工艺。复杂的产品关键部位的焊接质量将直接影响整个部件的性能和工作的可靠性。随着航天、航空飞行器以及高铁、重载机车技术的飞速发展,其主要关键重要部件:球体导流罩、喇叭口进风道、喇叭口风筒等薄壁空心回转体部件要求整体成型,不允许拼焊成型。采用等温模锻整体成形所需设备的吨位大,模具制造周期长,锻模的成本高,投资大。目前,国内外同类产品多采用精密铸造,铸件的优点是可以完全满足设计对零件特殊型面整体成型的要求。但是采用铸造工艺生产其主要问题是铸件中存在气孔和夹杂物,这些缺陷的存在降低了铸件的各项力学性能,同时该部件系承压件,铸件中存在较严重的组织疏松导致零件气密性差,容易出现渗漏现象而使产品报废。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术的不足,提供一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺。该工艺能够有效避免现有宇航姿控发动机等结构件用 TC4 钛合金喷管须分体模锻再焊接和精密铸造成型中的问题,提高喷管的整体性能和可靠性,该工艺具有设备投资少,工艺简单,操作方便,制造成本低的特点。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,其特征在于,该工艺包括以下步骤:

[0006] 步骤一、将形状为圆柱状的 TC4 钛合金棒坯锯切下料;

[0007] 步骤二、将锯切下料后的 TC4 钛合金棒坯置于加热炉中加热,再将加热后的 TC4 钛合金棒坯放入预锻模具内,然后将预锻模具放置在液压机的下砧上,利用液压机对 TC4 钛合金棒坯进行模锻成型,得到锻坯;所述锻坯的形状为两端粗、中间细的沙漏状;

[0008] 步骤三、在步骤二中所述锻坯的两端均加工出压窝作为定位孔;

[0009] 步骤四、将步骤三中加工有压窝的锻坯置于加热炉中加热,再将加热后的锻坯底部放置垫块一后放入终锻模具内,然后将装有锻坯和垫块一的终锻模具放置在液压机的下砧上,同时将冲压头装在液压机的上砧上,并通过压窝进行定位调节,之后进行第一次冲压成型,在锻坯上冲压出凹状空腔一,得到半成品一;

[0010] 步骤五、将装有半成品型一的终锻模具翻转 180°,采用垫块二对半成品型一的凹状空腔一进行填充,然后将装有半成品型一与垫块二的终锻模具放置在液压机的下砧上,

同时将冲压头装在液压机的上砧上,并通过压窝进行定位调节,之后进行第二次冲压成型,在半成型品一上冲压出凹状空腔二,脱模后得到半成型品二;

[0011] 步骤六、采用机加工的方法将半成型品二上的凹状空腔一与凹状空腔二相连通,得到 TC4 钛合金喷管。

[0012] 上述的一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,其特征在于,步骤一中所述 TC4 钛合金棒坯的截面直径为 200mm ~ 300mm。

[0013] 上述的一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,其特征在于,步骤二中所述加热的温度为 $(T_{\beta}+30)^{\circ}\text{C} \sim (T_{\beta}+50)^{\circ}\text{C}$,所述加热的时间为 $t = 0.6D \sim 0.8D$,其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度, T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$, D 为钛合金棒坯的截面直径, D 的单位为 mm。

[0014] 上述的一种 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,其特征在于,步骤四中所述加热的温度为 $(T_{\beta}-20)^{\circ}\text{C} \sim (T_{\beta}-30)^{\circ}\text{C}$,所述加热的时间为 $t = 0.6D \sim 0.8D$,其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度, T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$, D 为钛合金棒坯的截面直径, D 的单位为 mm。

[0015] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0016] 1、与现有技术相比,本方法设计的模具材料采用普通碳钢即可,大大降低了等温模锻所需模具钢材及辅助加热设备的成本,同时操作简单。

[0017] 2、采用本发明制备的 TC4 钛合金喷管能够有效避免分体模锻再焊接和精密铸造成型中的问题,提高喷管的整体性能和可靠性。

[0018] 3、本发明设备投资少,工艺简单,操作方便,制造成本低。

[0019] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步详细说明。

附图说明

[0020] 图 1 为本发明实施例 1 至 4 两端加工有压窝的锻坯的结构示意图。

[0021] 图 2 为本发明实施例 1 至 4 进行第一次冲压成型的状态图。

[0022] 图 3 为本发明实施例 1 至 4 进行第二次冲压成型的状态图。

[0023] 图 4 为本发明实施例 1 至 4 成型得到的 TC4 钛合金喷管的剖面结构示意图。

[0024] 附图标记说明:

[0025] 1—锻坯; 2—终锻模具; 3—垫块一;

[0026] 4—冲压头; 5—垫块二; 6—半成型品一;

[0027] 7—压窝。

具体实施方式

[0028] 实施例 1

[0029] 结合图 1、图 2、图 3 和图 4,本实施例 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺,包括以下步骤:

[0030] 步骤一、将形状为圆柱状且截面直径为 220mm 的 TC4 钛合金棒坯锯切下料;

[0031] 步骤二、将锯切下料后的 TC4 钛合金棒坯置于加热炉中加热,再将加热后的 TC4 钛合金棒坯放入预锻模具内,然后将预锻模具放置在液压机下砧上,利用液压机对 TC4 钛合金棒坯进行模锻成型,得到两端粗、中间细的锻坯 1;所述加热的温度为 $T_{\beta}+40^{\circ}\text{C}$,所述加热的时间为 154min (满足 $t = 0.7D$,其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度, T_{β} 的单位

为 $^{\circ}\text{C}$, D 为钛合金棒坯的截面直径, D 的单位为 mm);

[0032] 步骤三、在步骤二中所述锻坯 1 的两端均加工出压窝 7 作为定位孔;

[0033] 步骤四、将步骤三中加工有压窝 7 的锻坯 1 置于加热炉中加热, 再将加热后的锻坯 1 底部放置垫块一 3 后放入终锻模具 2 内, 然后将装有锻坯 1 和垫块一 3 的终锻模具 2 放置于液压机下砧上, 同时将冲压头 4 装在液压机上砧上, 并通过压窝 7 进行定位调节, 之后进行第一次冲压成型, 在锻坯 1 上冲压出凹状空腔一, 得到半成品一 6; 所述加热的温度为 $T_{\beta}-25^{\circ}\text{C}$, 所述加热的时间为 154min (满足 $t = 0.7D$, 其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度, T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$, D 为钛合金棒坯的截面直径, D 的单位为 mm);

[0034] 步骤五、将步骤四中所述将装有半成品一 6 的终锻模具翻转 180° , 采用垫块二 5 将半成品一 6 的凹状空腔一进行填充, 然后将装有半成品一 6 与垫块二 5 的终锻模具 2 放置在液压机下砧上, 同时将冲压头 4 装在液压机上砧上, 并通过压窝 7 进行定位调节, 之后进行第二次冲压成型, 在半成品一 6 上冲压出凹状空腔二, 脱模后得到半成品二;

[0035] 步骤六、采用机加工的方法将半成品二上的凹状空腔一与凹状空腔二相连通, 得到 TC4 钛合金喷管。取样分析其性能实测为: R_m 975MPa, $R_{p0.2}$ 922MPa, A 15%, Z 43%。

[0036] 实施例 2

[0037] 结合图 1、图 2、图 3 和图 4, 本实施例 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺, 包括以下步骤:

[0038] 步骤一、将形状为圆柱状且截面直径为 250mm 的 TC4 钛合金棒坯锯切下料;

[0039] 步骤二、将锯切下料后的 TC4 钛合金棒坯置于加热炉中加热, 再将加热后的 TC4 钛合金棒坯放入预锻模具内, 然后将预锻模具放置在液压机下砧上, 利用液压机对 TC4 钛合金棒坯进行模锻成型, 得到两端粗、中间细的锻坯 1; 所述加热的温度为 $T_{\beta}+30^{\circ}\text{C}$, 所述加热的时间为 200min (满足 $t = 0.8D$, 其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度, T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$, D 为钛合金棒坯的截面直径, D 的单位为 mm);

[0040] 步骤三、在步骤二中所述锻坯 1 的两端均加工出压窝 7 作为定位孔;

[0041] 步骤四、将步骤三中加工有压窝 7 的锻坯 1 置于加热炉中加热, 再将加热后的锻坯 1 底部放置垫块一 3 后放入终锻模具 2 内, 然后将装有锻坯 1 和垫块一 3 的终锻模具 2 放置于液压机下砧上, 同时将冲压头 4 装在液压机上砧上, 并通过压窝 7 进行定位调节, 之后进行第一次冲压成型, 在锻坯 1 上冲压出凹状空腔一, 得到半成品一 6; 所述加热的温度为 $T_{\beta}-30^{\circ}\text{C}$, 所述加热的时间为 200min (满足 $t = 0.8D$, 其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度, T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$, D 为钛合金棒坯的截面直径, D 的单位为 mm);

[0042] 步骤五、将步骤四中所述将装有半成品一 6 的终锻模具翻转 180° , 采用垫块二 5 将半成品一 6 的凹状空腔一进行填充, 然后将装有半成品一 6 与垫块二 5 的终锻模具 2 放置在液压机下砧上, 同时将冲压头 4 装在液压机上砧上, 并通过压窝 7 进行定位调节, 之后进行第二次冲压成型, 在半成品一 6 上冲压出凹状空腔二, 脱模后得到半成品二;

[0043] 步骤六、采用机加工的方法将半成品二上的凹状空腔一与凹状空腔二相连通, 得到 TC4 钛合金喷管。取样分析其性能实测为: R_m 975MPa, $R_{p0.2}$ 914MPa, A 15.5%, Z 38%。

[0044] 实施例 3

[0045] 结合图 1、图 2、图 3 和图 4, 本实施例 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺, 包括以下步

骤：

[0046] 步骤一、将形状为圆柱状且截面直径为 280mm 的 TC4 钛合金棒坯锯切下料；

[0047] 步骤二、将锯切下料后的 TC4 钛合金棒坯置于加热炉中加热，再将加热后的 TC4 钛合金棒坯放入预锻模具内，然后将预锻模具放置在液压机下砧上，利用液压机对 TC4 钛合金棒坯进行模锻成型，得到两端粗、中间细的锻坯 1；所述加热的温度为 $T_{\beta}+50^{\circ}\text{C}$ ，所述加热的时间为 168min（满足 $t = 0.6D$ ，其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度， T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$ ， D 为钛合金棒坯的截面直径， D 的单位为 mm）；

[0048] 步骤三、在步骤二中所述锻坯 1 的两端均加工出压窝 7 作为定位孔；

[0049] 步骤四、将步骤三中加工有压窝 7 的锻坯 1 置于加热炉中加热，再将加热后的锻坯 1 底部放置垫块一 3 后放入终锻模具 2 内，然后将装有锻坯 1 和垫块一 3 的终锻模具 2 放置于液压机下砧上，同时将冲压头 4 装在液压机上砧上，并通过压窝 7 进行定位调节，之后进行第一次冲压成型，在锻坯 1 上冲压出凹状空腔一，得到半成品一 6；所述加热的温度为 $T_{\beta}-20^{\circ}\text{C}$ ，所述加热的时间为 168min（满足 $t = 0.6D$ ，其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度， T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$ ， D 为钛合金棒坯的截面直径， D 的单位为 mm）；

[0050] 步骤五、将步骤四中所述将装有半成品一 6 的终锻模具翻转 180° ，采用垫块二 5 将半成品一 6 的凹状空腔一进行填充，然后将装有半成品一 6 与垫块二 5 的终锻模具 2 放置在液压机下砧上，同时将冲压头 4 装在液压机上砧上，并通过压窝 7 进行定位调节，之后进行第二次冲压成型，在半成品一 6 上冲压出凹状空腔二，脱模后得到半成品二；

[0051] 步骤六、采用机加工的方法将半成品二上的凹状空腔一与凹状空腔二相通，得到 TC4 钛合金喷管。取样分析其性能实测为： R_m 986MPa， $R_{p0.2}$ 929MPa， A 15.5%， Z 45%。

[0052] 实施例 4

[0053] 结合图 1、图 2、图 3 和图 4，本实施例 TC4 钛合金喷管的整体成型工艺，包括以下步骤：

[0054] 步骤一、将形状为圆柱状且截面直径为 300mm 的 TC4 钛合金棒坯锯切下料；

[0055] 步骤二、将锯切下料后的 TC4 钛合金棒坯置于加热炉中加热，再将加热后的 TC4 钛合金棒坯放入预锻模具内，然后将预锻模具放置在液压机下砧上，利用液压机对 TC4 钛合金棒坯进行模锻成型，得到两端粗、中间细的锻坯 1；所述加热的温度为 $T_{\beta}+50^{\circ}\text{C}$ ，所述加热的时间为 240min（满足 $t = 0.8D$ ，其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度， T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$ ， D 为钛合金棒坯的截面直径， D 的单位为 mm）；

[0056] 步骤三、在步骤二中所述锻坯 1 的两端均加工出压窝 7 作为定位孔；

[0057] 步骤四、将步骤三中加工有压窝 7 的锻坯 1 置于加热炉中加热，再将加热后的锻坯 1 底部放置垫块一 3 后放入终锻模具 2 内，然后将装有锻坯 1 和垫块一 3 的终锻模具 2 放置于液压机下砧上，同时将冲压头 4 装在液压机上砧上，并通过压窝 7 进行定位调节，之后进行第一次冲压成型，在锻坯 1 上冲压出凹状空腔一，得到半成品一 6；所述加热的温度为 $T_{\beta}-30^{\circ}\text{C}$ ，所述加热的时间为 240min（满足 $t = 0.8D$ ，其中 T_{β} 为 TC4 钛合金棒坯的 β 相转变温度， T_{β} 的单位为 $^{\circ}\text{C}$ ， D 为钛合金棒坯的截面直径， D 的单位为 mm）；

[0058] 步骤五、将步骤四中所述将装有半成品一 6 的终锻模具翻转 180° ，采用垫块二 5 将半成品一 6 的凹状空腔一进行填充，然后将装有半成品一 6 与垫块二 5 的终锻模具

2 放置在液压机下砧上,同时将冲压头 4 装在液压机上砧上,并通过压窝 7 进行定位调节,之后进行第二次冲压成型,在半成型品一 6 上冲压出凹状空腔二,脱模后得到半成型品二;

[0059] 步骤六、采用机加工的方法将半成型品二上的凹状空腔一与凹状空腔二相连通,得到 TC4 钛合金喷管。取样分析其性能实测为:Rm 995MPa, Rp0.2 953MPa, A 13.5%, Z 49%。

[0060] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制。凡是根据发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

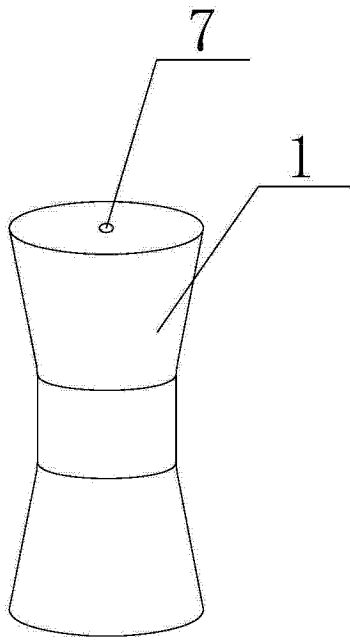


图 1

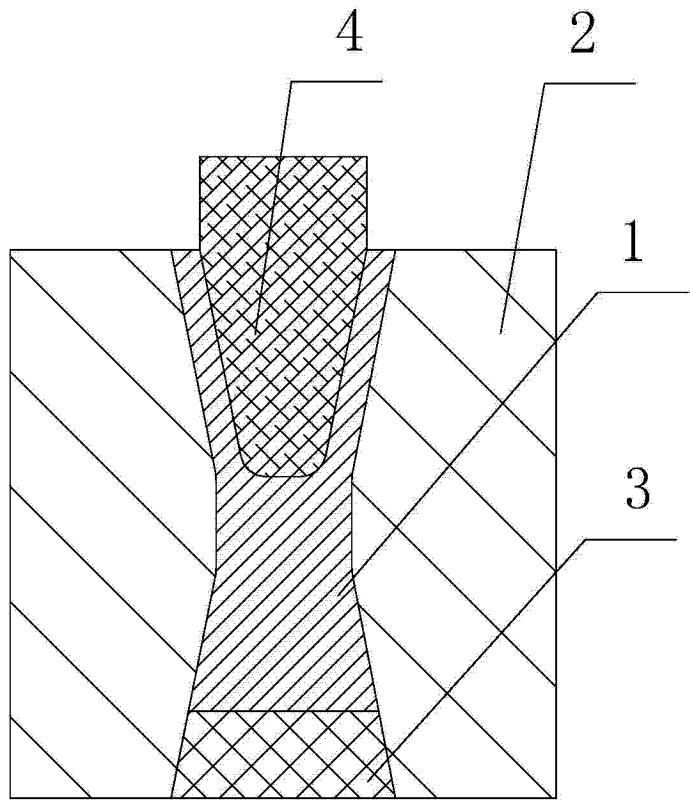


图 2

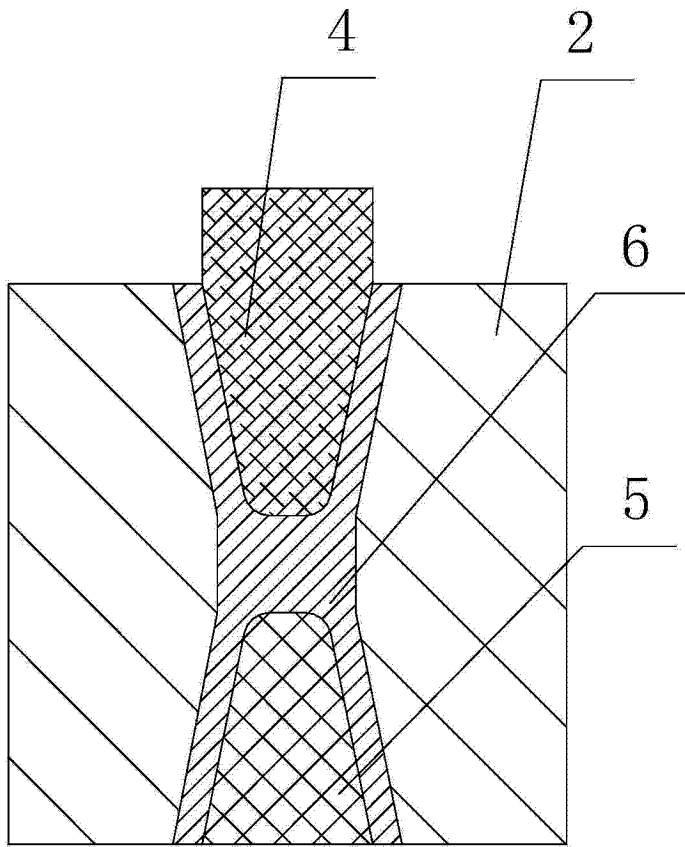


图 3

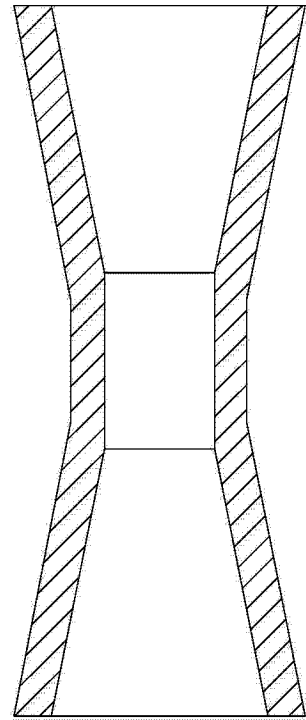


图 4