



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113579645 A

(43) 申请公布日 2021.11.02

(21) 申请号 202110759878.3

(22) 申请日 2021.07.06

(71) 申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122号

(72) 发明人 朱春东 陈明超 余中全

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 朱宏伟

(51) Int. Cl.

B23P 15/00 (2006.01)

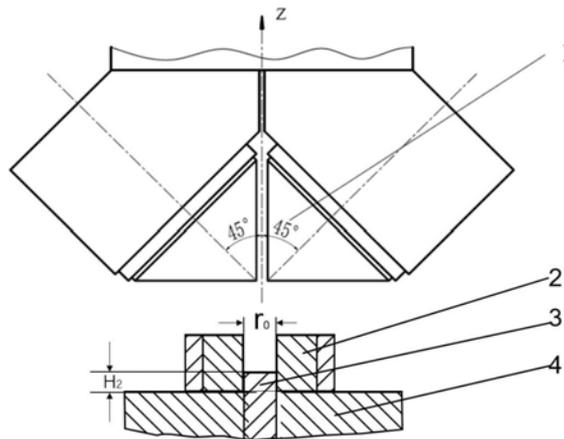
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,包括以下步骤:S1、制备半成品,采用真空电子束焊进行封装处理;S2、半成品定位:将封焊后的复合圆环件放在加热炉中加热至锻造温度区间,保温一段时间后迅速转移至成形设备的下模具的定位柱上;S3、半成品在双锥辊摆辗下成形;S4、成品制备完成:坯料在成形至目标高度后,下模具停止向上进给,双锥辊继续公转,从而使加工过程中造成复合圆环表面成形中凹凸不平的地方消失;S5、复合圆环件界面的愈合。本发明能够成形不同材料、不同厚度的大直径薄壁功能梯度圆环件,且成形后的复合圆环件在界面处力学性能优异,同时本发明同时具体省力、成形件表面质量好等优点。



1. 一种基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,包括,其特征在于,包括以下步骤:

S1、制备半成品:将圆环件A和圆环件B表面加工、打磨、酸洗,除去铁锈、油污,露出新鲜金属,将圆环件A和圆环件B装配,在装配时内层的塑性必须要比外层圆环金属的塑性要好,装配完成后,在真空室里面进行电子束封焊;

S2、半成品定位:将电子束封焊后的半成品放在加热炉中加热至锻造温度区间,同时保温一段时间 t_1 ,保温时间随圆环件尺寸而定,为了保证环件温度分布均匀, $t_1 \geq 15\text{min}$,之后迅速转移至成形设备的下模具中心的定位柱上;

S3、半成品在双锥辊摆辗下成形:双锥辊绕主轴中轴线公转,下模具带动坯料向上进给运动,当工件与双锥辊接触时,双锥辊在坯料摩擦力的作用下开始自转,坯料被双锥辊轴向碾压,随着下模具继续向上进给运动,坯料径向直径逐渐增大,轴向高度逐渐减少,同时异种金属圆环连接界面处逐渐粘合;

S4、成品制备完成:坯料在成形至目标高度后,下模具停止向上进给,双锥辊继续公转,直至复合圆环件表面成形一个平面且温度降低至室温;

S5、复合圆环件界面的愈合:将成形后的复合圆环件在加热炉中加热至一定温度,同时保温一定时间,使得界面处力学性能完全恢复。

2. 根据权利要求1所述的基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,其特征在于,对于复合圆环外径尺寸 $480 < D_0 \leq 1000\text{mm}$ 时,下模具的进给速度为 $0.8\text{mm/s} \leq v_1 \leq 1.2\text{mm/s}$,上模具的转速 n_1 为 $75 \sim 120\text{r/min}$;对于目标工件尺寸 $1000 < D_0 \leq 1500\text{mm}$ 时,下模的进给速度为 $1.0\text{mm/s} \leq v_1 \leq 2.2\text{mm/s}$,上模具的转速 n_1 为 $120 \sim 150\text{r/min}$ 。

3. 根据权利要求1所述的基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,其特征在于,对于双辊摆辗成形后的复合圆环件的保压时间 t_2 , $30 \leq t_2 \leq 60\text{s}$ 。

4. 根据权利要求1所述的基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,其特征在于,界面愈合保温时间 $t_3 \geq 18\text{h}$ 。

5. 根据权利要求1所述的基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,其特征在于,定位柱的高度 H_2 根据目标工件的高度 H_0 的变化而改变,其中两者关系需满足: $1\text{mm} \leq H_0 - H_2 \leq 5\text{mm}$,加工坯料 $H_1 \geq 20\text{mm}$ 。

6. 根据权利要求1所述的基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,其特征在于,定位柱的半径 r_0 与复合圆环最内层的内径尺寸 r_1 关系如下: $0.5 + L_1 \alpha \leq r_1 - r_0 \leq 1\text{mm}$,其中 L_1 为内层圆环的宽度, α 为内层圆环的线膨胀系数。

7. 根据权利要求1所述的基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,其特征在于,下模具中心的定位柱经加工后半径 r_0 是定值,另定做一系列厚度外径 r_6 不同但内径同为 r_5 的钛合金模具环,其中 $r_5 - r_1 \leq 0.2\text{mm}$,在加工复合圆环内径 r_1 大于 r_0 时,选取合适的厚度和外径的模具环进行配合,从而使定位柱和模具环两个组合体对大直径初始复合圆环起定位作用。

基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法

技术领域

[0001] 本发明涉及功能梯度圆环件的成形领域,更具体地说,涉及一种基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法。

背景技术

[0002] 随着科技进步和工业发展,人们对于材料的性能要求也越来越高,特别是航空航天、石油化工、船舶、电力、机械制造等各个领域,而具有梯度功能的金属复合圆环件由于不仅具有耐磨、耐腐蚀、抗氧化、使用寿命长等特点,还具有高冲击韧性、高强度、大的抵抗变形能力等优良力学性能,其应用也越来越广泛,同时鉴于金属复合圆环低成本和高性能的完美结合,而且还可以根据不同领域的使用要求调整复合层的材料和厚度,其市场潜力大,生产成本低,具有巨大的经济效益和社会效益。而且传统的一些复合金属圆环制造方法,如爆炸焊接法、钎焊连接法、轧制复合板再加工等这些方法,往往存在了连接界面强度低、复合制造过程时间久、制造过程复杂等问题。

[0003] 目前对于具有梯度功能的大直径薄壁金属复合圆环件,尤其是界面处组织和性能较好的复合件还没有较好的成形方法。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,提供一种基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,该方法能成形具备由内及外的梯度功能的大直径复合金属圆环件。同时,该方法可以达到成形和复合的同步完成效果,且连接界面处力学性能良好,成形质量优异等优点。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种基于双辊摆辗的大直径功能梯度圆环件的成形方法,包括以下步骤:

[0006] S1、制备半成品:将圆环件A和圆环件B表面加工、打磨、酸洗,除去铁锈、油污,露出新鲜金属,将圆环件A和圆环件B装配,在装配时内层的塑性必须要比外层圆环金属的塑性要好,装配完成后,在真空室里面进行电子束封焊;

[0007] S2、半成品定位:将电子束封焊后的半成品放在加热炉中加热至锻造温度区间,同时保温一段时间 t_1 ,保温时间随圆环件尺寸而定,为了保证环件温度分布均匀, $t_1 \geq 15\text{min}$,之后迅速转移至成形设备的下模具中心的定位柱上;

[0008] S3、半成品在双锥辊摆辗下成形:双锥辊绕主轴中轴线公转,下模具带动坯料向上进给运动,当工件与双锥辊接触时,双锥辊在坯料摩擦力的作用下开始自转,坯料被双锥辊轴向碾压,随着下模具继续向上进给运动,坯料径向直径逐渐增大,轴向高度逐渐减少,同时异种金属圆环连接界面处逐渐粘合;

[0009] S4、成品制备完成:坯料在成形至目标高度后,下模具停止向上进给,双锥辊继续公转,直至复合圆环件表面成形一个平面且温度降低至室温;

[0010] S5、复合圆环件界面的愈合:将成形后的复合圆环件在加热炉中加热至一定温度,

同时保温一定时间,使得界面处力学性能完全恢复。

[0011] 上述方法中,定位柱的高度 H_1 应该随加工坯料的加工目的高度 H_2 的变化而变化的,其中两者关系需满足: $1 \leq H_1 - H_2 \leq 5\text{mm}$,同时加工坯料 $H_2 \geq 20\text{mm}$ 。

[0012] 上述方法中,定位柱的半径 r_0 与复合圆环最内层的内径尺寸 r_1 关系如下: $0.5 + L_1 \alpha \leq r_1 - r_0 \leq 1\text{mm}$,其中 L_1 为内层圆环的宽度, α 为内层圆环的线膨胀系数。

[0013] 上述方法中,下模具中心的定位柱经加工后半径 r_0 是定值,另定做一系列厚度外径 r_6 不同但内径同为 r_5 的钛合金模具环,其中 $r_5 - r_1 \leq 0.2\text{mm}$,在加工复合圆环内径 r_1 大于 r_0 时,选取合适的厚度和外径的模具环进行配合,从而使定位柱和模具环两个组合体对大直径初始复合圆环起定位作用。

[0014] 上述方法中,异种金属圆环A和B通过双辊摆辗成形过程中,可以同时达到成形与复合的效果,而且得到的复合金属圆环可以达到内外性能不同的效果,如A为Q235,B为316L,加工完成后,就可以达到内层柔韧性好,而外层防腐蚀以及强度高的特点。此外A和B可以选择不同的材料,如高强度钢,不锈钢,普通碳素结构钢等,如若利用权利要求1工艺生产的,通过改变A和B材料的方法均在被保护范围之类。

[0015] 上述方法中,异种金属圆环A和B制备成的复合圆环件的整体厚度和内外层的直径是可调节的,调节的依据是基于目标工件的尺寸以及功能而设定。

[0016] 上述方法中,在成形过程中可以使连接界面达到粘合,同时若是同类金属成形后,通过后续保温处理,保温温度一般在同类金属的锻造温度区间内,保温时间随保温温度而定,从而可以使界面连接处力学性能得以恢复。

[0017] 上述方法中,复合圆环不仅仅限制于两种金属复合,可以三种或三种以上的金属连接,但在连接时,内层到外层金属的塑形要依次降低或相同,如最内层为Q235、中层为高强度钢,外层为不锈钢,这样复合后,就可以达到内层抗震性能好,同时中外层强度高,耐腐蚀的优点。

[0018] 上述方法中,封装好的半成品在加热炉中的加热温度 T_1 应在两种金属的热锻温度区间内且温度尽量大。

[0019] 上述方法中,对于复合圆环外径尺寸 $480 < D_0 \leq 1000\text{mm}$ 时,下模具的进给速度为 $0.8\text{mm/s} \leq v_1 \leq 1.2\text{mm/s}$,上模具的转速 n_1 为 $75 \sim 120\text{r/min}$ 。对于目标工件尺寸 $1000 < D_0 \leq 1500\text{mm}$ 时,下模的进给速度为 $1.0\text{mm/s} \leq v_1 \leq 2.2\text{mm/s}$,上模具的转速 n_1 为 $120 \sim 150\text{r/min}$ 。此外,对于整体塑形较差的复合金属环应当适当降低进给速度同时增大公转速度。对于复合圆环件内径相对较小的圆环件可以适当增大进给速度和转速。

[0020] 上述方法中,对于双辊摆辗成形后的圆环件的保压时间 t_2 , $30 \leq t_2 \leq 60\text{s}$ 。

[0021] 上述方法中,对于界面愈合的加热和保温温度 T_2 ,加热和保温温度 T_2 有最小值,需要控制 T_2 在锻造温度区间且尽可能高。界面愈合保温时间 $t_3 \geq 18\text{h}$ 。

[0022] 实施本发明的基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,具有以下有益效果:

[0023] 本发明能根据目标大直径薄壁圆环件的复合层的材料、内外层复合的高度以及尺寸,选取最佳的上模具的转速以及下模具的进给速度。能根据复合层的材料及成形下压率,选择最佳的界面愈合加热温度及保温的温度和时间,本发明能成形出具备特定结构和梯度功能且复合界面性能优异的大直径薄壁复合金属圆环件。

附图说明

[0024] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0025] 图1是本发明的目标复合金属圆环件的尺寸示意图;

[0026] 图2是本发明的半成品工件的尺寸示意图;

[0027] 图3是本发明的模具打开示意图;

[0028] 图4是本发明的工件成形时上、下模具的运动示意图;

[0029] 图5是本发明的工件成形完后的尺寸示意图;

[0030] 图6是本发明的钛合金模具环与定位柱以及复合加工圆环的装配关系图;

[0031] 其中:1为双锥辊、2为半成品、3为定位柱、4为下模具、5为成品、6为钛合金模具环。

具体实施方式

[0032] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0033] 本发明提供一种基于双辊摆辗的大直径功能梯度薄壁圆环件的成形方法,包括如下步骤:

[0034] S1、制备半成品2:将复合圆环件A和B表面加工、打磨干净,酸洗干燥后、露出新鲜金属,将A和B准备装配到一起后进行真空电子束封焊,如图2所示。

[0035] S2、半成品定位:将电子束封焊后的半成品2放在加热炉中加热至复合金属的锻造温度区间,同时保温一段时间,以保证复合界面间结合牢固以及半成品的整体温度的均匀性,之后迅速转移至成形设备的下模具中心的定位柱3上,如图3所示。

[0036] S3、半成品2在双锥辊1摆辗下成形:双锥辊1绕主轴中轴线公转,下模具4带动坯料向上进给运动,当工件与双锥辊1接触时,双锥辊1在坯料摩擦力的作用下开始自转,坯料被双锥辊1轴向碾压,随着下模具4继续向上进给运动,坯料径向直径逐渐增大,轴向高度逐渐减少。

[0037] S4、成品制备完成:由于双锥辊1与坯料的接触面积是螺旋面,且在较高温下界面间会存在一些反应和一些加工过程中形成的凹凸不平的缺陷,因此,坯料在成形至目标高度后,下模具4停止向上进给,双锥辊1继续公转,直至复合圆环件表面成形一个平面且温度降低至一定温度,如图4所示。

[0038] S5、复合圆环件界面的愈合:将成形后的圆环件在加热炉中加热至一定温度,同时保温一段时间,保温时间随复合材料不同而改变。

[0039] 经过以上步骤,完成大直径功能梯度薄壁圆环件的成形。

[0040] 进一步的,复合金属A和B可以是同种金属或者是异种金属的复合,但内层金属的塑形一定要比外层金属的塑形好或者相同。例如内层A材料为Q235,外层B材料为不锈钢316L,以实现同时具备耐腐蚀且高塑性的大直径薄壁复合圆环件,其次,根据圆环件的整体厚度和内外层的直径是可调节的。

[0041] 进一步的,A、B材料的选取包括但不限于以上2种材料,例如A为碳钢,B为不锈钢/镁合金/钛合金等,同时A、B材料的复合可以进一步推广到ABC三层或者更多层复合以实现特定结构和功能梯度,例如A为Q235,B为超高强钢,C为不锈钢可以实现圆环的中心大的柔韧性的同时,还可以保证外层的耐腐蚀性和中层的高硬度以及高强度。

[0042] 进一步的,半成品在加热炉中加热的温度 T_1 应该尽可能高一些, T_1 应该控制在锻造温度区间范围内,保温时间 t_1 长一些,一般应该保温15min及以上,以保证半成品整体温度达到所需温度,保证进一步的加工。

[0043] 进一步的,以成形直径为550mm的复合为圆环件为例,为了成形的稳定性和经济性,上模具的转速 n_1 (转/分钟)应该控制在 $75 \leq n_1 \leq 120 \text{r/min}$ 。下模具的进给速度 v_1 控制在 $0.8 \leq v_1 \leq 1.2 \text{mm/s}$ 之间,对于特殊材料需要根据材料的属性确定最佳的下模具进给速度和双锥辊的转速。对于塑形较差的材料应当选用较小的进给速度,控制 v_1 使得 $0.5 \leq v_1 \leq 1 \text{mm/s}$ 和较大的公转转速 $100 \leq n_1 \leq 180 \text{r/min}$ 。对于成形目标复合圆环件的直径更大的工件,应当适当增大下模具的进给速度和双锥辊的转速。

[0044] 进一步的,在成形完成后,双锥辊的保压时间也有一定的要求,保压时间 t_2 应该尽可能长一些,以使得成形后的工件的表面平整、残余应力小,一般应该使得 $t_2 \geq 30 \text{s}$ 。

[0045] 进一步的,界面间的愈合需要保证工件在较高的温度下,温度越高,保温时间越长,界面愈合的效果越好。保温的温度 T_2 和时间 t_3 均有最低值。以316L和Q235的复合为例,保温温度 T_2 应该在 $1200 \leq T_2 \leq 1300 \text{°C}$,保温时间 $t_3 \geq 18 \text{h}$,保温温度太低,界面愈合,无论多长时间都很难愈合。保温温度适当,保温时间少界面愈合也不充分。总的来说,下压成形率越大,一定温度范围内,保温温度越高,保温时间越长,界面间的愈合效果越好。

[0046] 本发明与现有技术相比,主要有以下几种优点:

[0047] 其一:本发明可以根据目标大直径薄壁圆环件的功能梯度的需求,制备出内外两层材料以及性能不同的复合圆环件。

[0048] 其二:本发明能够成形多层功能梯度的复合圆环件,且复合圆环件的结构和功能可根据需求精确设计。

[0049] 其三:本发明能够通过根据不同的复合环的材料和厚度以及内外直径给出最佳的上模具的进给速度范围和下模具的进给速度范围。

[0050] 其四:本发明能够在局部塑形成的过程中实现对异种金属连接界面的粘合,同时达到成形和复合的效果。

[0051] 其五:本发明能够利用在加热炉中加热和保温的方法使得复合圆环件的材料界面愈合,修复界面间的一些缺陷,使得组织更致密、性能更好。

[0052] 其六:本发明能够通过增加简单的钛合金模具环,使得一套模具能够成形不同内径的梯度功能圆环件。

[0053] 其七:本发明属于先进的局部累积塑性成形,在成形过程中不仅具有省力、材料利用率高、成形精度高等优点。

[0054] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,这些均属于本发明的保护之内。

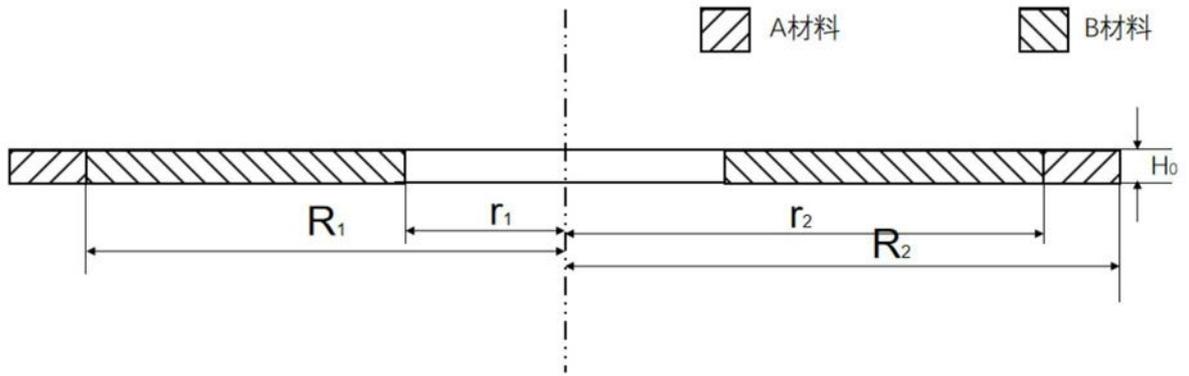


图1

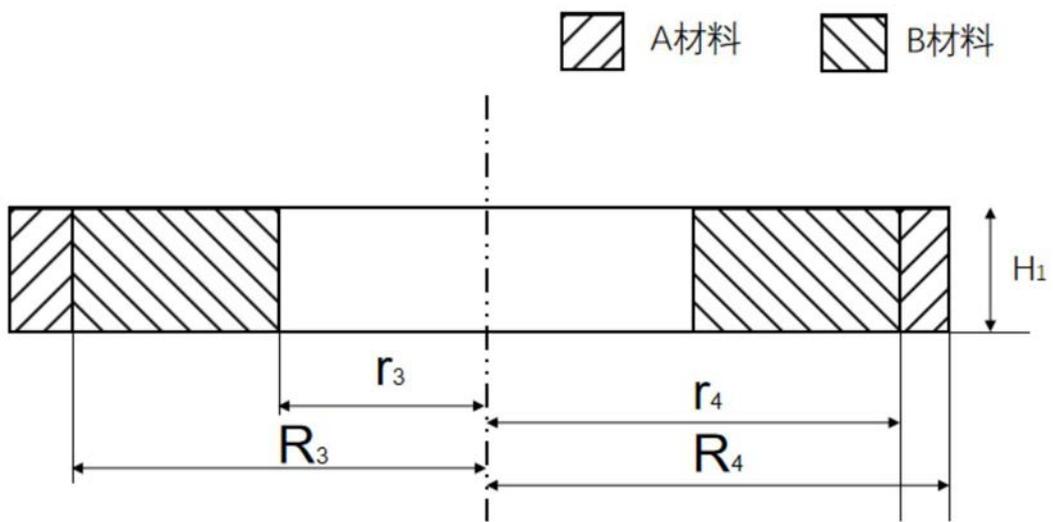


图2

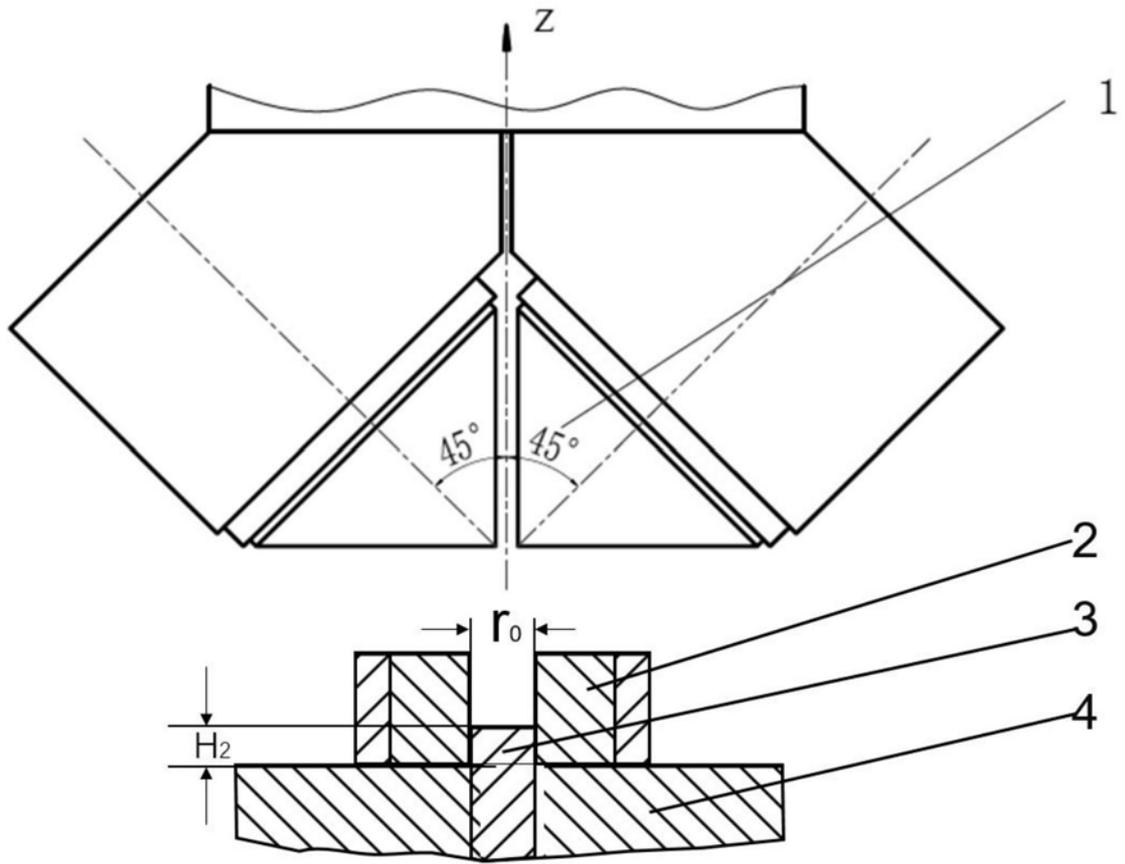


图3

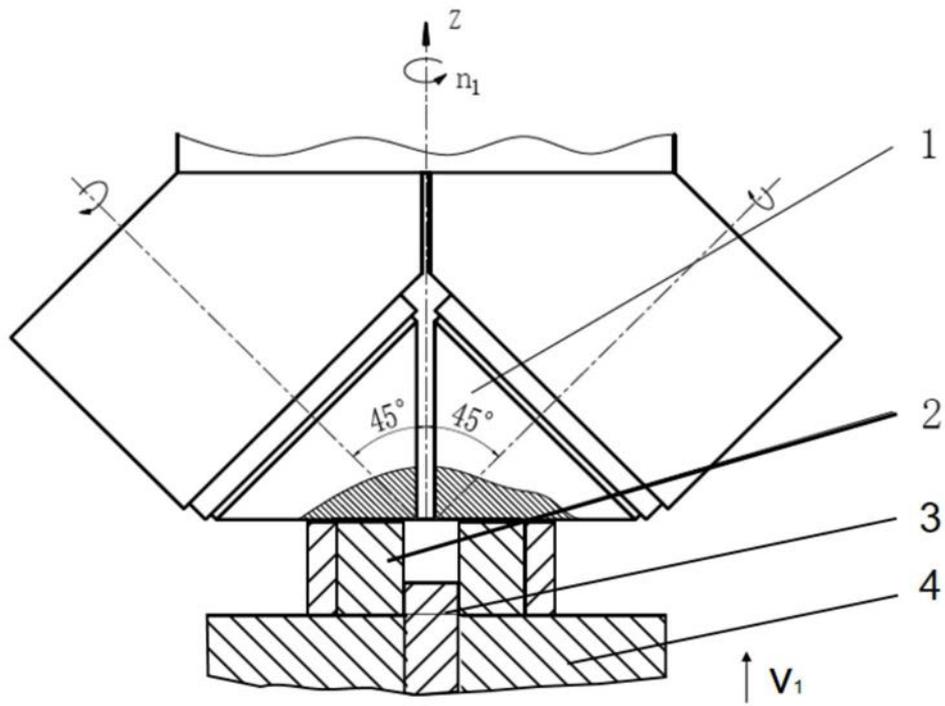


图4

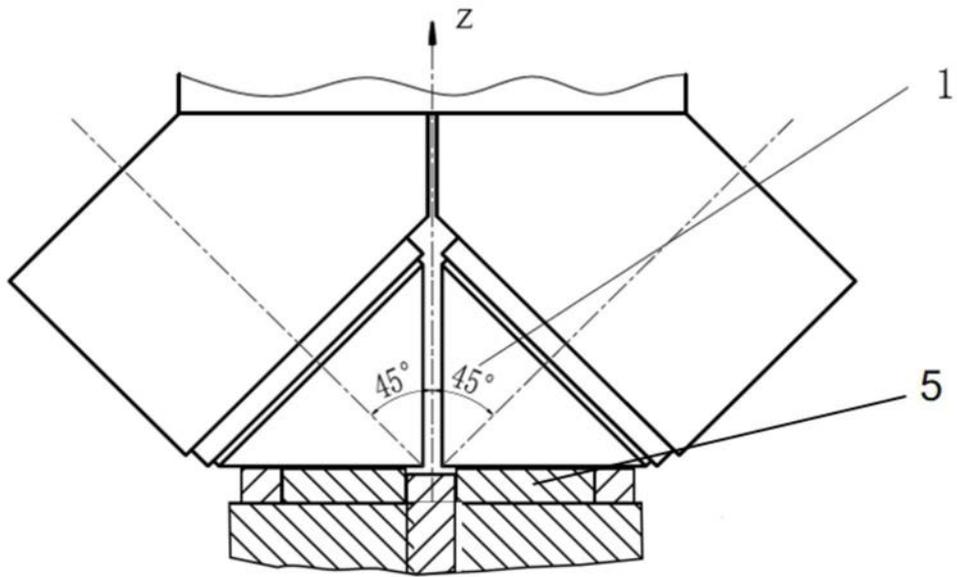


图5

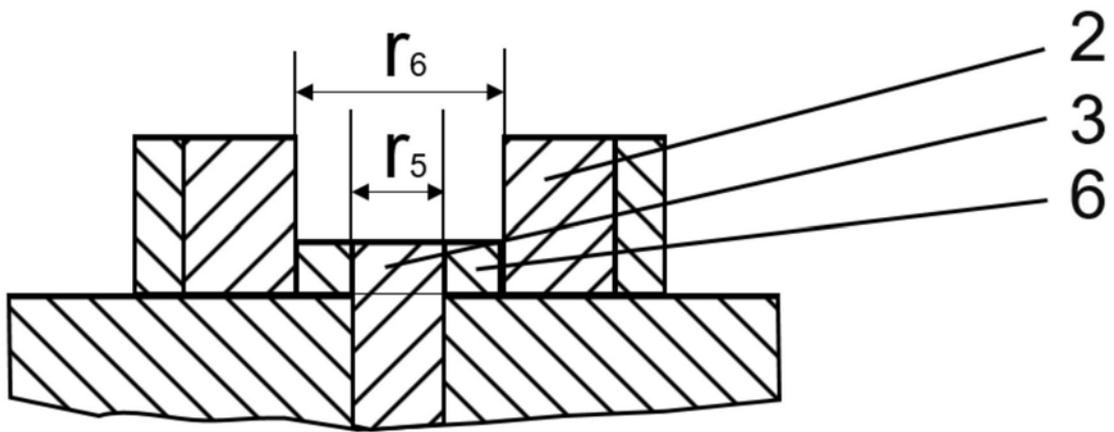


图6