



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101537466 B

(45) 授权公告日 2010.10.13

(21) 申请号 200910138403.1

(22) 申请日 2009.04.30

(73) 专利权人 西南铝业(集团)有限责任公司
地址 401326 重庆市九龙坡区西彭镇

(72) 发明人 钟诚道 王献文 曹贤跃 林海涛
钟彬 罗顺成 吴锡伟 王华

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 孙长龙

(51) Int. Cl.

B21H 1/06 (2006.01)

B21B 37/00 (2006.01)

审查员 魏珊珊

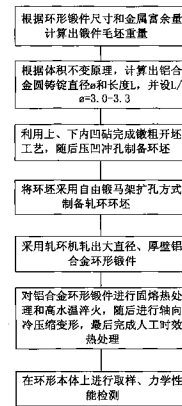
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

高性能、小残余应力铝合金环件生产方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高性能、小残余应力铝合金环件生产方法,包括如下工艺步骤:1) 根据环形锻件尺寸和金属富余量计算出锻件毛坯重量;2) 根据体积不变原理,计算出铝合金圆铸锭直径 ϕ 和长度L;3) 利用上、下内凹砧完成锻粗开坯工艺,随后压凹冲孔制备环坯;4) 将环坯采用自由锻马架扩孔方式制备轧环坯;5) 采用轧环机轧出大直径、厚壁铝合金环形锻件;6) 进行固熔热处理和高水温淬火,随后进行轴向冷压缩变形,最后完成人工时效热处理;7) 环件按标准要求进行超声波探伤,符合标准要求的环件在本体上进行取样、力学性能检测。该方法不仅金属利用率高,而且环件从表面到芯部都充分、均匀变形,具有高性能、小残余应力等优点。



1. 一种高性能、小残余应力铝合金环件生产方法,包括如下工艺步骤:

1) 根据铝合金环形锻件尺寸和金属富余量计算出锻件毛坯重量;

2) 根据体积不变原理,计算出铝合金圆铸锭直径 ϕ 和长度 L,并设

$$L/\phi=3.0-3.3;$$

3) 利用上、下内凹砧完成镦粗开坯工艺,随后压凹冲孔制备坯;

4) 将坯采用自由锻马架扩孔方式制备轧坯;

5) 采用轧环机轧出大直径、厚壁铝合金环形锻件;

6) 对铝合金环形锻件进行固熔热处理和高水温淬火,随后进行轴向冷压缩变形,最后完成人工时效热处理;

7) 铝合金环形锻件按标准要求进行超声波探伤,符合标准要求的铝合金环形锻件在主体上进行取样、力学性能检测;

其特征在于,所述步骤(3)中,首先将上、下内凹砧定位,确保上、下内凹砧中心线重合;再将长度与直径比大于3的铝合金圆铸锭吊放在下内凹砧上,调整位置确保铝合金圆铸锭中心线与上、下内凹砧中心线重合;调整完毕后,由动力机构驱动上内凹砧下移,缓慢给铝合金圆铸锭施压:开始铝合金圆铸锭上下端面的外沿发生变形,随着上内凹砧不断下降,铝合金圆铸锭两端面与内凹砧之间的空腔逐步填满,内凹砧对铝合金圆铸锭端面的作用力方向也逐渐与其轴心线重合;随着上内凹砧的进一步下降,铝合金圆铸锭长度与直径比也随镦粗过程的进行,其比值不断变小;然后将已经被镦粗到一定程度的铝合金圆铸锭用锻造夹具定位,下工作台移动,将下内凹砧更换成平砧并将该铝合金圆铸锭吊放在下平砧上,上内凹砧进一步下降,使铝合金圆铸锭形成的弧形下端被镦平;将完成上述工步的铝合金圆铸锭,吊往另一台安装有上下平砧的更大压机上,然后进一步下降,使铝合金圆铸锭形成的弧形上端被镦平至所要求的坯高度尺寸,最终完成长度与直径比大于3的铝合金圆铸锭镦粗。

2. 根据权利要求1所述的高性能、小残余应力铝合金环件生产方法,其特征在于,所述上、下内凹砧分别开设有键槽,并通过上、下键锁紧,确保上下内凹砧中心线重合。

3. 根据权利要求1所述的高性能、小残余应力铝合金环件生产方法,其特征在于,所述动力机构采用锻锤、压机,通过活动横梁驱动上内凹砧下降。

4. 根据权利要求1所述的高性能、小残余应力铝合金环件生产方法,其特征在于,所述上、下内凹砧的内凹面呈弧形或锥形。

5. 根据权利要求1所述的高性能、小残余应力铝合金环件生产方法,其特征在于,所述上、下内凹砧的内凹面具有多种不同半径的弧度且弧面之间平滑过渡。

6. 根据权利要求1所述的高性能、小残余应力铝合金环件生产方法,其特征在于,所述步骤(6)中,将铝合金环形锻件加热到该合金的固溶温度530-540℃,按金属温度240分钟保温,使可溶解组份进入固溶体,此固溶体在60-70℃的水中冷却,以保持过饱和状态,完成淬火,随后按2-4%冷变形率进行铝合金环形锻件轴向冷压缩变形,减少和消除这种大截面铝合金环形锻件的残余应力,最后在炉内空气温度170-180℃下保温19小时,达到这种大截面铝合金环形锻件的合金元素能均匀地在固溶体中沉淀,实现性能均匀且提高。

高性能、小残余应力铝合金环件生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铝合金环形锻件的生产工艺,属铝合金加工领域。

背景技术

[0002] 目前,要获得高性能、小残余应力铝合金环件,特别是壁厚 $> 150\text{mm}$ 的铝合金环件,必须从变形和热处理两方面入手解决。

[0003] 从变形来讲,传统的马架扩孔方法,变形虽然能深入锻件芯部,但存在变形不均和金属利用率低的不足,轧环机扩孔方法虽然变形均匀、金属利用率高,但存在表面累积变形问题。

[0004] 从热处理来讲,相关标准和规程可以提供的热处理制度仅适用于壁厚 $< 150\text{mm}$ 的锻件,对于 $> 150\text{mm}$ 厚的锻件,考虑到残余应力的不利影响,总是以牺牲强度为代价换取尽量小的残余应力的热处理,实质上这一问题一直没有得到解决。

发明内容

[0005] 针对上述两方面问题,本发明旨在提供一种高性能、小残余应力铝合金环件生产方法。

[0006] 本发明采用的技术方案是:

[0007] 一种高性能、小残余应力铝合金环件生产方法,包括如下工艺步骤:

[0008] 1) 根据环形锻件尺寸和金属富余量计算出锻件毛坯重量;

[0009] 2) 根据体积不变原理,计算出铝合金圆铸锭直径 ϕ 和长度 L ,并设 $L/\phi=3.0-3.3$;

[0010] 3) 利用上、下内凹砧完成镦粗开坯工艺,随后压凹冲孔制备坯;

[0011] 4) 将坯采用自由锻马架扩孔方式制备轧环坯;

[0012] 5) 采用轧环机轧出大直径、厚壁铝合金环形锻件;

[0013] 6) 对铝合金环形锻件进行固熔热处理和高水温淬火,随后进行轴向冷压缩变形,最后完成人工时效热处理;

[0014] 7) 环件按标准要求进行超声波探伤,符合标准要求的环件,在环件上进行取样、力学性能检测。

[0015] 所述步骤(3)中,首先将上、下内凹砧定位,确保上、下内凹砧中心线重合;再将长度与直径比大于3的圆铸锭吊放在下内凹砧上,调整位置确保铝合金圆铸锭中心线与上、下内凹砧中心线重合;调整完毕后,由动力机构驱动上内凹砧下移,缓慢给铝合金圆铸锭施压:开始铝合金圆铸锭上下端面的外沿发生变形,随着上内凹砧不断下降,圆铸锭两端面与内凹砧之间的空腔逐步填满,内凹砧对圆铸锭端面的作用力方向也逐渐与其轴心线重合;随着上内凹砧的进一步下降,圆铸锭长度与直径比也随镦粗过程的进行,其比值不断变小;然后将已经被镦粗到一定程度的圆铸锭用锻造夹具定位,下工作台移动,将下内凹砧更换成平砧并将该锭吊放在下平砧上,上内凹砧进一步下降,使圆铸锭形成的弧形下端被镦平;将完成上述工步的铸锭,吊往另一台安装有上下平砧的更大压机上,然后进一步下降,使圆

铸锭形成的弧形上端被锻平至所要求的锻胚高度尺寸,最终完成长度与直径比大于 3 的铝合金圆铸锭锻粗。

[0016] 所述上、下内凹砧分别开设有键槽,并通过上、下键锁紧,确保上下内凹砧中心线重合。

[0017] 所述动力机构采用锻锤、压机,通过活动横梁驱动上内凹砧下降。

[0018] 所述上、下内凹砧的内凹面呈弧形或锥形。

[0019] 所述上、下内凹砧的内凹面具有多种不同半径的弧度且弧面之间平滑过渡。

[0020] 所述步骤(6)中,将铝合金环件加热到该合金的固溶温度 530-540℃,按金属温度 240 分钟保温,使可溶解组份进入固熔体,此固熔体在 60-70℃的水中冷却,以保持过饱和状态,完成淬火,随后按 2-4%冷变形率进行环件轴向冷压缩变形,减少和消除这种大截面环件的残余应力,最后在炉内空气温度 170-180℃下保温 19 小时,达到这种大截面铝合金环件的合金元素能均匀地在固熔体中沉淀,实现性能均匀且提高。

[0021] 该方法的核心是从变形上既能达到高金属利用率,又能使环件从表面到芯部都充分、均匀变形,为获得均匀、高性能环形件创造条件,在热处理上,根据不同环件壁厚,提出不同固熔保温时间和淬火水温,突破了环件壁厚 > 150mm 时只能以牺牲强度为代价换取尽量小的残余应力的热处理弊端,并通过冷变形等一系列措施达到获得高性能、小残余应力铝合金环件的目的,通过上述方法生产的大直径、厚壁铝合金环件,其力学性能超过美国宇航材料标准,且残余应力相对较小,为机械加工厂能加工出尺寸、公差均满足设计要求的超大直径、薄壁、异形回转体零件创造了宽松的环境。

附图说明

[0022] 图 1 为本发明的工艺流程图;

[0023] 图 2 为本发明步骤(3)中锻粗法及锻粗砧的示意图;

[0024] 图 3 为本发明步骤(3)中锻粗砧的背面示意图;

[0025] 图 4 为本发明步骤(3)中锻粗砧的正面示意图;

[0026] 图 5 为本发明步骤(3)中下锻粗砧的第二种结构示意图;

[0027] 图 6 为本发明步骤(3)的锻粗过程示意图。

具体实施方式

[0028] 下面结合实施例和附图对本发明作进一步详细的说明。

[0029] 附图标记说明如下:

[0030] 1——上弧形砧

[0031] 2——下弧形砧

[0032] 3——铝合金锭坯

[0033] 4——键槽

[0034] 5——起重孔

[0035] 如图 1 所示,该方法的第一步:根据环形锻件尺寸和金属富余量计算出锻件毛坯重量,锻件毛坯重量 $G_{\text{毛坯}} = \Delta \times G_{\text{锻}}$,其中 Δ 为金属富余量,各个企业、各种生产方式不同其值也不一样,但必须大于 1。

[0036] 第二步:根据体积不变原理,计算出铝合金圆铸锭直径 ϕ 和长度L,并设 $L/\phi=3.0-3.3$,锻件毛坯重量 $G_{\text{毛坯}}=\text{铸锭重量 } G_{\text{锭}}$,

[0037]

$$G_{\text{锭}} = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 \times H \text{ (或L)} \times \gamma$$

[0038] 其中 ϕ ——圆锭直径、H(或L)——圆锭长度、 γ ——比重,通过多次计算,确定圆铸锭直径 ϕ ,长度L,且要满足 $G_{\text{锭}}$ 重量要求,和 $L/\phi=3.0-3.3$ 。

[0039] 第三步:利用上、下内凹砧完成镦粗开坯工艺,随后压凹冲孔制备坯,内凹砧能减少变形死区,达到镦粗过程中均匀变形,使坯不存在残留铸造组织,对提高最终坯性能大有益处,坯压凹冲孔制备坯主要是提高金属利用率,而传统的方法是钻孔、车孔,金属利用率低。

[0040] 如图2-6所示,对圆铸锭进行镦粗时,要求上弧形砧1、下弧形砧2必须用上下键锁紧,上、下弧形砧的四边均设有向里延伸的键槽4,确保上下弧形砧中心线重合,弧形砧两侧开设有起重孔5。生产时把铝合金锭坯3吊放在下弧形砧1上,调整位置确保铝合金锭坯3的中心线与上下弧形砧中心线重合(见图6a),此时,上、下砧间距为2325mm,待调整完毕后,再将水压机活动横梁下移,缓慢给铝合金锭坯3施压,开始铝合金锭坯3上下端面的外沿发生变形,随着上弧形砧1不断下降,铝合金锭坯3两端面与弧形砧之间的空腔逐步填满,弧形砧对铝合金锭坯端面的作用力也逐渐与铝合金锭坯的轴心线重合,即弧形砧对铝合金锭坯端面作用力方向与轴心线o-o的夹角从 θ 度不断地、逐渐地减小为0,最终弧形砧作用力方向与铝合金锭坯轴心线重合,没有形成扭矩的条件,避免了铝合金锭坯镦粗时失稳现象发生,与此同时,铝合金锭坯长度与直径比也随镦粗过程的进行,其比值不断变小,这就更有利于防止被镦粗铝合金锭坯失稳(见图6b),此时上、下砧间距为900mm,将下内凹砧更换为平砧,已经被镦粗到一定程度的铝合金锭坯吊放在下平砧上(见图6c),此时上、下砧间距为1220mm,上内凹砧进一步下降,使铝合金锭坯在上述步骤中形成的弧形下端被镦平(见图6d),此时上、下砧间距为1100mm,将上内凹砧更换为平砧(见图6e),此时上、下砧间距为1420mm,然后上内凹砧进一步下降,使铝合金锭坯在步骤(3)、(4)中形成的弧形上端被镦平,上内凹砧持续下降至上、下砧间距为570mm(见图6f),完成长度与直径比大于3的铝合金锭坯镦粗。根据生产近三吨重的铝合金环形锻件的金属富余量需要,采用 $\phi 820 \times 2700\text{mm}$ 的铝合金圆铸锭就足够了,即 $\phi 820\text{mm}$ 圆铸锭从 $3\phi=2460\text{mm}$ 增至 $3.3\phi=2700\text{mm}$,重量增加360kg,试验证明,采用此方法,选用 $\phi 820 \times 2700\text{mm}$ 的铝合金圆铸锭能成功完成镦粗开坯工序,轧制出尺寸合格的铝合金环形锻件,此方法是对近百年来自由锻镦粗规则的突破,为利用现有直径铸锭生产大锻件拓展了一条新路,适用于圆铸锭、圆棒料、圆形锻棒等各种圆形柱状材料的镦粗。

[0041] 当圆铸锭直径较小时,若仍然采用弧度较大的内凹面,圆铸锭两端面与弧形砧之间的空腔便很小,不能很好地限制圆铸锭的变形,其效果等同于平砧,针对这种情况,可以将上、下内凹砧设计成如图5所示的形状,其内凹面具有四种不同半径的弧度且弧面之间平滑过渡,以适应不同尺寸的圆铸锭。

[0042] 该镦粗法的核心是为铝合金圆铸锭镦粗创造一个镦粗过程中不出现失稳的环境,在镦粗过程中稳定进行,不出现弯曲、折叠等缺陷,突破了近百年来铝合金镦粗不可逾越的规则,使铝合金圆铸锭长度与直径比大于3,达到3.3($\phi 820 \times 2700\text{mm}$),也就是把

ø820mm圆铸锭从 2460mm 增加到 2700mm 以后,长度增加 240mm,重量增加 360kg,为铝合金环形锻件的研制提供了足够的金属富余量,创造了宽松的环境。

[0043] 第四步:将环坯采用自由锻马架扩孔方式制备轧环坯,马架扩孔方法每一锤变形量大,使变形能深入环件芯部,让环件充分变形,但这种方法锻出的环件尺寸精度差,本方法是利用它的优势,去其劣势,仅让它锻一个环坯而不是最终环件。

[0044] 第五步:采用轧环机轧出大直径、厚壁铝合金环形锻件,轧环机轧制环件的优势是能轧出近成品尺寸的环件,不但金属利用率高而且沿整个圆周变形均匀,为获得沿圆周变形均匀的锻造组织大有益处,也为最终获得整个环件各处高性能、均匀性能创造条件;

[0045] 通过第四、五步就能获得充分变形的锻造组织(从表到里,在环件 360 度的每一个断面上,变形都是充分、一致的),为获得高性能、低残余应力环件材料打下了基础。

[0046] 第六步:对铝合金环形锻件进行固熔热处理和高水温淬火,随后进行轴向冷压缩变形,最后完成人工时效热处理,将铝合金环件加热到该合金的固溶温度 530-540℃,按金属温度 240 分钟保温,使可溶解组份进入固熔体,此固熔体在 60-70℃ 的水中冷却,以保持过饱和状态,完成淬火,随后按 2-4%冷变形率进行环件轴向冷压缩变形,减少和消除这种大截面环件的残余应力,最后在炉内空气温度 170-180℃ 下保温 19 小时,达到这种大截面铝合金环件的合金元素能均匀地在固熔体中沉淀,实现性能均匀且提高。

[0047] 第七步:环件按标准要求进行了超声波探伤,符合标准要求的环件在本体上切取力学性能试样(切向、轴向、径向),在拉力试验机上测试其力学性能值。

[0048] 由于采用上述技术,使外径**ø5000mm**级、壁厚 > 150mm、环高 ≥ 400mm 的铝合金环件,可加工出高性能、薄壁、异形回转体零件,且尺寸精度满足设计要求。

[0049] 本发明不局限于上述最佳实施方式,任何人在本发明的启示下都可得出其他各种形式的技术方案。但不论在其形状或结构上作任何变化,凡是与本发明相同或相近似的技术方案,均在其保护范围之内。

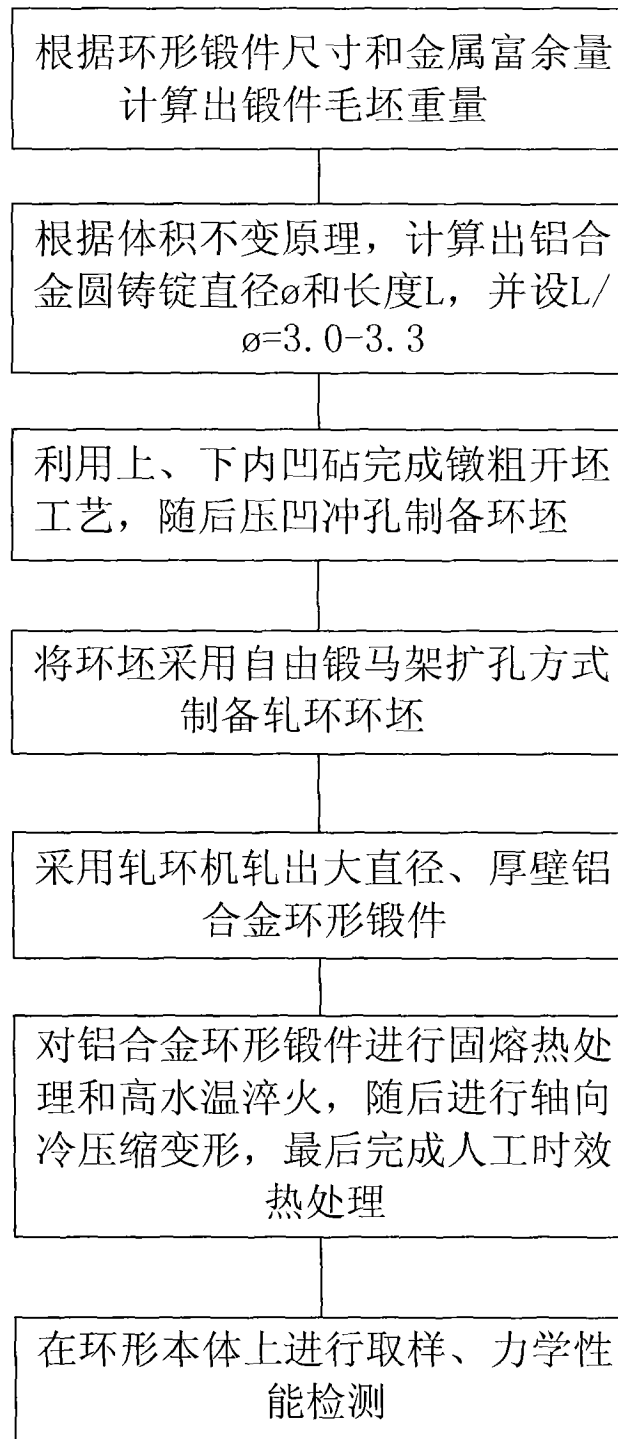


图 1

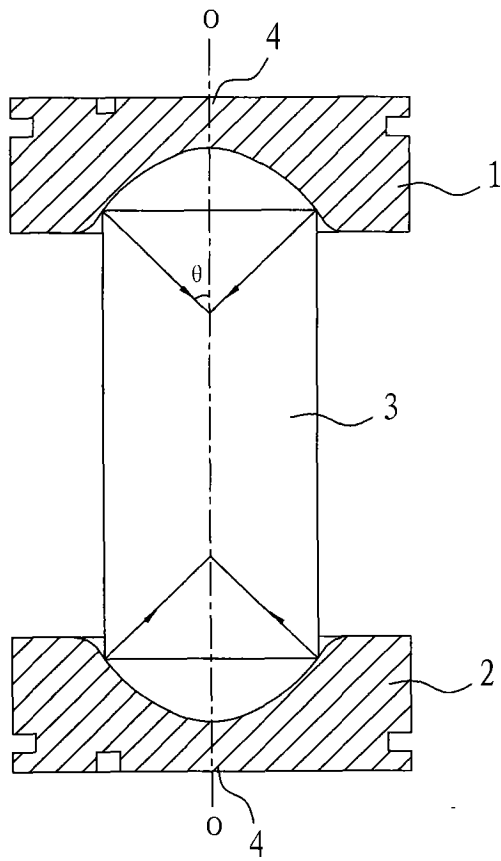


图 2

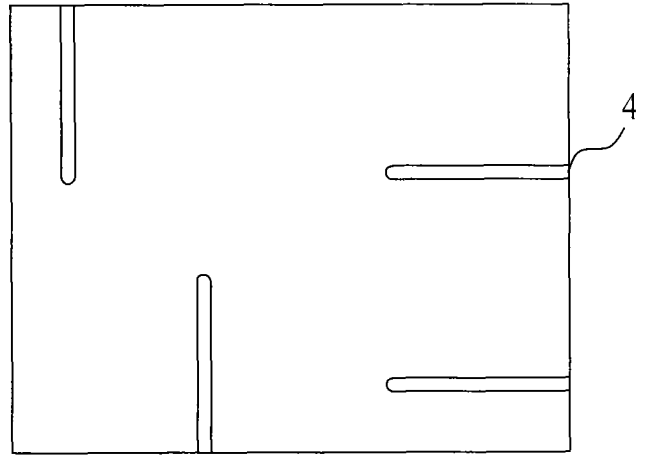


图 3

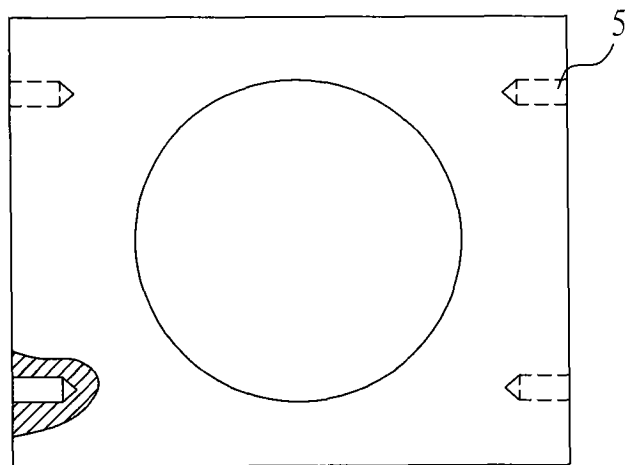


图 4

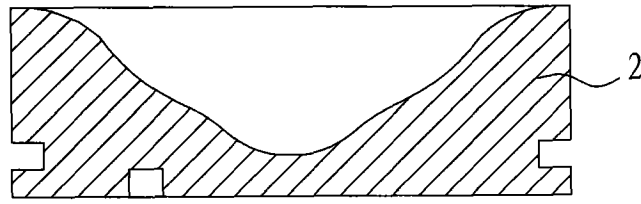


图 5

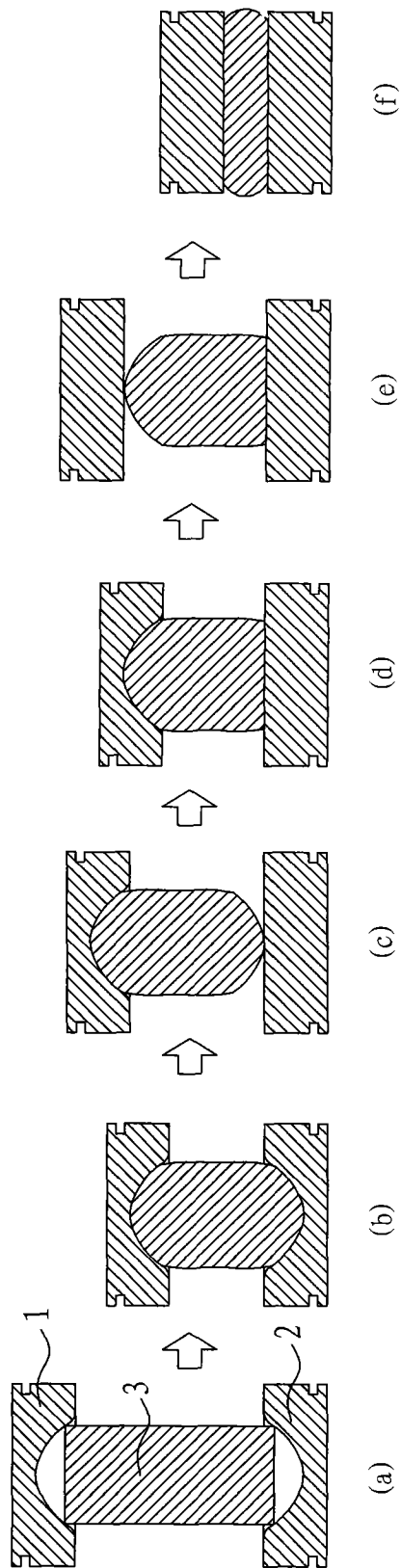


图6