



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104325838 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 04

(21) 申请号 201410562310. 2

(22) 申请日 2014. 10. 22

(71) 申请人 雷帮荣

地址 450016 河南省郑州市郑州经济技术开
发区第九大街 167 号

(72) 发明人 雷帮荣

(51) Int. Cl.

B60B 17/00 (2006. 01)

B23P 15/00 (2006. 01)

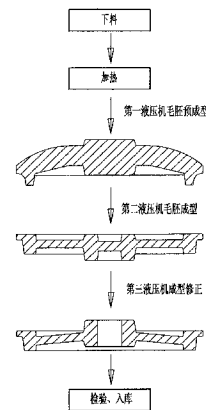
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种高铁车轮及其热挤压整体成型方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高铁车轮及其热挤压整体成型方法,由双成份金属钢组成,包括由低合金钢组成的轮缘、轮辋和踏面部分,以及由中碳钢组成的轮毂和轮辐部分。不仅保留了中碳钢部分韧塑性基本不变,还显著提高了低合金钢区域的强度和硬度,增加了耐磨性和抗接触疲劳性。加工过程中,通过三台液压机进行双金属钢热挤压整体锻造成型,通过下料→加热→第→液压机毛胚预成型→第二液压机毛胚成型→第三液压机成型修正→成品检验、入库等工艺步骤,实现了高效、快捷、可靠的热挤压加工过程,成品率高,性能稳定、可靠,其车轮特别适合在高速铁路上长期、广泛使用。



1. 一种高铁车轮,其特征在于,由双成份金属钢组成,具体包括:由低合金钢组成的轮缘、轮辋和踏面部分,以及由中碳钢组成的轮毂和轮辐部分。

2. 根据权利要求1所述的高铁车轮,其特征在于,所述低合金钢中的化学成分为:
C:0.17% -0.23%、Si:0.27% -0.35%、Mn:0.80% -0.90%、Cr:0.26% -0.30%、Ti:
0.06% -0.10%、S ≤ 0.01%、P ≤ 0.01%、Als ≤ 0.021%、V ≤ 0.05%、Mo ≤ 0.08%、
Ni ≤ 0.30%、Cu ≤ 0.20%。

3. 根据权利要求1所述的高铁车轮,其特征在于,所述踏面到轮辋的厚度为35mm。

4. 根据权利要求1所述的高铁车轮,其特征在于,所述中碳钢中的化学成分为:
C:0.46% -0.52%、Si:0.27% -0.35%、Mn:0.60% -0.90%、Cr:0.19% -0.30%、
Ti ≤ 0.01%、S ≤ 0.01%、P ≤ 0.01%、Als ≤ 0.021%、V ≤ 0.05%、Mo ≤ 0.08%、
Ni ≤ 0.30%、Cu ≤ 0.20%。

5. 一种权利要求1-4中任一所述高铁车轮的热挤压整体成型方法,其特征在于,具体步骤包括:

步骤一、下料

选用 \varnothing 400mm规格的双金属棒料,重量偏差 ± 2 kg,锯料斜度 ≤ 2 mm下料形成胚料,双金属棒料的中心为中碳钢,圆周方向覆盖有厚度为30mm的低合金钢;

步骤二、加热

胚料入炉加热,加热温度在 $1150 \pm 30^\circ\text{C}$,然后出炉送入下道工序;

步骤三、第一液压机毛胚预成型

选用压力为120000KN的液压机进行锻造热挤压预成型,定程定压,挤压速度为40-100mm/s,回程速度为100-160mm/s,经镦粗 \rightarrow 挤压预成型后,在上模回程中预成型工件顶出,送入下道工序;

步骤四、第二液压机毛胚成型

选用压力为80000KN的液压机进行热挤压成型制胚,采用定程定压方式,挤压速度为40-100mm/s,回程速度为100-160mm/s,经热挤压毛胚成型后,在上模回程中成型毛胚被自动顶出并送入下道工序;

步骤五、第三液压机成型修正

选用5000T级液压机进行成型修正,压力设定为30000KN,挤压速度为40-100mm/s,回程速度为100-160mm/s,定程定压,经冲孔、压弯、校正后,在上模回程中完成成品车轮自动顶出;

步骤六、对成品车轮进行检验,产品合格后入库,双金属高铁车轮加工完成。

6. 根据权利要求5所述的热挤压整体成型方法,其特征在于,所述步骤一下料后还可包括在车床上进行胚料的粗车纠偏。

一种高铁车轮及其热挤压整体成型方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高速铁路上使用的高铁车轮及高铁车轮的热挤压整体成型方法，属于铁路设备领域。

背景技术

[0002] 世界各国火车车轮的制造，除少量采用铸钢外，大多是用钢锭制坯，锻压、轧制后经机加工形成的辗钢轮。目前，我国高铁车轮全部依靠进口，国内车轮生产厂家依靠进口二手设备生产的辗钢轮，因技术工艺落后，没有用在我国的高铁上。

[0003] 随着我国高铁建设进入高峰期，高铁车轮成型工艺改进成为必然。其中，我国新建高铁车轮成形生产线的工艺流程主要为：钢坯先在三台水压机上经镦粗、压痕和模锻预成型等工步完成锻压过程，再在轧机上轧制扩径，最后在一台水压机上冲孔、压弯、校正，形成成品高铁车轮，如图 1 所示。而当前日、德、英、美等国家所采用的车轮成形工艺流程为：钢锭制成的坯料先在同一台水压机上经预锻和模锻两个工步锻压成锻件，经轧制扩径后，在另一台水压机上冲孔、压弯，完成高铁车轮制作。两种车轮成形工艺流程的后半部基本相同，不同的是前半部锻压部分，前者钢坯经四个工步分别在三台水压机上完成，后者钢坯经两个工步在同一台水压机上完成，前者生产率较高，但需要增加两台水压机并加大模锻水压机的吨位，设备投资和占地面积大；后者锻压工步和水压机台数少，生产率低，不能充分发挥后续工序设备的效能。虽各有利弊，但两种工艺都存在一个关键缺陷，即在轧制扩径过程中，延纵向发展的金属流线在扩径处会出现断层，而扩径成型区又出现了按轧制旋转方向扩展的金属流线，扩展区金属组织由致密组织向疏松组织发展，此金属流线成为了成品的最大安全隐患。

[0004] 如何避免上述辗钢轮内部存在的缺陷，提高高铁车轮的整体性能，就成为本发明想要解决的主要问题。

发明内容

[0005] 鉴于上述现有高铁车轮性能存在的不足，以及克服辗钢轮在锻造过程中存在的必然工艺缺陷，本发明旨在提供一种通过双金属热挤压整体成型技术生产的高铁车轮及其加工方法，以满足高铁车轮的特殊成型需要，保证高铁车轮的整体使用性能。

[0006] 高速车轮作为高速列车的重要零部件，起着支撑整个列车的重量并把驱动力和制动力传递给钢轨的作用，其使用质量直接关系到列车的运行安全和旅客生命财产的安全。下面，结合宏观和微观两个方向对高铁车轮在使用和受力磨损过程进行情况分析说明：

[0007] 在车轮金属表面，高铁车轮运行中由于轮轨接触面接触应力的作用，导致车轮踏面表层金属塑性变形并引发疲劳裂纹的萌生和发展，使车轮踏面很容易产生接触疲劳损伤。随着高铁速度超过每小时 300 公里，车轮的硬度偏低发生接触疲劳剥离的可能性越大，车轮磨损速度大幅增加。为保证高铁车轮的安全，必须要求车轮踏面有良好的综合机械性能，即较高的强度和硬度，以及良好的车轮抗接触疲劳性能和耐磨性。目前，高铁车轮是以

碳钢为主的辗钢轮,要获得良好的强度和硬度,靠增加碳含量不仅不能提高车轮的机械性能,还会牺牲钢的韧塑性,使车轮综合性能下降。合理的做法是:在轮缘、轮辋和踏面等部位采用低合金材料,轮毂、轮辐采用中碳钢,在保证车轮韧性的前提下增加车轮的整体强度和硬度,获得良好的车轮抗接触疲劳性能和耐磨性,并在相应熔锻工艺的配合下,完成双金属钢高铁车轮的加工,形成所需的性能完美的成品车轮,避免辗钢轮在锻造工艺中形成的必然工艺缺陷。

[0008] 在车轮内部的金属材料方面,研究发现,仅靠调整碳含量很难优化车轮钢材料的综合性能,无法满足高速列车车轮用钢的要求。在确定降低碳含量、提高铁素体、珠光体向奥氏体相变时的临界温度的原则下,还需要采用合适的合金化手段。其中,采用相容双金属成份的高铁车轮时,可在轮缘、轮辋和踏面采用低合金钢,在轮毂和轮辐处采用中碳钢。在低合金钢区域,Cr、Mn、Si 元素完全固溶于奥氏体中,提高了钢的淬透性;Ti 元素以碳化 TiC 形式钉扎于奥氏体晶界,阻止了奥氏体晶粒的长大;合金基体 (Cr、Mn、Fe) 和碳化物 TiC 同基体组织一起共同作用,使钢产生较高的强度、硬度与耐磨性,同时,还保持了良好的韧性。渗碳体中溶解有 Cr、Mn、Si 等合金元素,使合金渗碳体相更稳定。在奥氏体化过程中,渗碳体的溶解速率降低。在高速列车运行过程中,由于刹车产生摩擦热,导致车轮表面急剧升温,甚至达到奥氏体相变温度,但这一过程相对短暂,如果车轮钢原始组织中渗碳体相更稳定,将在一定程度上延缓原始组织向奥氏体的转变速率,降低在随后快冷过程中形成马氏体的可能。

[0009] 故,通过上述分析得出:为提高高铁车轮的整体性能,保证轮缘及踏面的高耐磨性以及硬度和强度,本发明所述的一种高铁车轮由以下技术方案来实现:

[0010] 一种高铁车轮,由双成份金属钢组成,包括:由低合金钢组成的轮缘、轮辋和踏面部分,以及由中碳钢组成的轮毂和轮辐部分。低合金钢中除 Fe 外的化学成分 (%) 为: C:0.17% -0.23%、Si:0.27% -0.35%、Mn:0.80% -0.90%、Cr:0.26% -0.30%、Ti:0.06% -0.10%、S ≤ 0.01%、P ≤ 0.01%、Als ≤ 0.021%、V ≤ 0.05%、Mo ≤ 0.08%、Ni ≤ 0.30%、Cu ≤ 0.20%。中碳钢中除 Fe 外的化学成分 (%) 为: C:0.46% -0.52%、Si:0.27% -0.35%、Mn:0.60% -0.90%、Cr:0.19% -0.30%、Ti ≤ 0.01%、S ≤ 0.01%、P ≤ 0.01%、Als ≤ 0.021%、V ≤ 0.05%、Mo ≤ 0.08%、Ni ≤ 0.30%、Cu ≤ 0.20%。其中,成品高铁车轮中,踏面到轮辋的厚度为 35mm。

[0011] 另外,在高铁车轮的加工方法上,针对我国及英、日、德等国现行火车车轮锻压工艺的模拟分析和比较,结合当前生产线运行状况,得出:现行工艺锻压工步多,生产效率低,且由于钢坯大小难以控制,端面不平,易出偏心,不得不加大机加工量,损耗严重;同时,由于压痕深度不易控制,镗粗环和模锻模腔的拔模斜度方向相反,模锻过程会出现充不满而报废现象。

[0012] 本发明所述高铁车轮的热挤压整体成型方法对各种制坯预成形工步进行了系统试验和比较,结果证明,用万吨级液压机整体成型生产工艺加工高铁车轮流程短,三个工步完成车轮锻造,成品率高,生产率可达每小时 120 个,对现有国内、外加工工艺有巨大技术进步和显著技术效果,其具体方法包括:

[0013] 步骤一、下料

[0014] 选用 ϕ 400mm 规格的双金属棒料,重量偏差 ± 2 kg,锯料斜度 ≤ 2 mm 下料形成胚料,

双金属棒料的中心为中碳钢,圆周方向覆盖有厚度为 30mm 的低合金钢。低合金钢中化学成分为 :C :0.17% -0.23%、Si :0.27% -0.35%、Mn :0.80% -0.90%、Cr :0.26% -0.30%、Ti :0.06% -0.10%、S ≤ 0.01%、P ≤ 0.01%、Als ≤ 0.021%、V ≤ 0.05%、Mo ≤ 0.08%、Ni ≤ 0.30%、Cu ≤ 0.20%。中碳钢中化学成分为 :C :0.46% -0.52%、Si :0.27% -0.35%、Mn :0.60% -0.90%、Cr :0.19% -0.30%、Ti ≤ 0.01%、S ≤ 0.01%、P ≤ 0.01%、Als ≤ 0.021%、V ≤ 0.05%、Mo ≤ 0.08%、Ni ≤ 0.30%、Cu ≤ 0.20%。

[0015] 所述下料后还可包括在车床上进行胚料的粗车纠偏,以保证下料尺寸和形状的准确性。

[0016] 步骤二、加热

[0017] 胚料入炉加热,加热温度在 $1150 \pm 30^{\circ}\text{C}$,然后出炉送入下道工序。

[0018] 步骤三、第一液压机毛胚预成型

[0019] 选用压力为 120000KN 的液压机进行锻造热挤压预成型,定程定压,挤压速度为 40-100mm/s,回程速度为 100-160mm/s,经镦粗→挤压预成型后,在上模回程中预成型工件顶出,送入下道工序。

[0020] 步骤四、第二液压机毛胚成型

[0021] 选用压力为 80000KN 的液压机进行热挤压成型制胚,采用定程定压方式,挤压速度为 40-100mm/s,回程速度为 100-160mm/s,经热挤压毛胚成型后,在上模回程中成型毛胚被自动顶出并送入下道工序。

[0022] 步骤五、第三液压机成型修正

[0023] 选用 5000T 级液压机进行成型修正,压力设定为 30000KN,挤压速度为 40-100mm/s,回程速度为 100-160mm/s,定程定压,经冲孔、压弯、校正后,在上模回程中完成成品车轮自动顶出。

[0024] 步骤六、对成品车轮进行检验,产品合格后入库,双金属高铁车轮加工完成。

[0025] 本发明所述的一种高铁车轮及其热挤压整体成型方法,通过在高速车轮的轮缘、轮辋和踏面处采用低合金钢,在轮毂和轮辐处采用普通中碳钢,不仅保留了中碳钢部分韧塑性能基本不变,还显著提高了低合金钢区域的强度和硬度,增加了耐磨性和抗接触疲劳性,使得双金属高铁车轮整体性能明显改善和提高,满足了高速铁路的使用需要。另外,采用三台万吨级液压机进行双金属钢热挤压整体锻造成型,毛胚镦粗充分,预成型过程稳定、可靠,成型和修正过程简单、方便,避免了以往工艺中扩径过程使金属流线出现断层的缺陷,同时,毛胚预成型和成型过程分别在两台液压机上完成,再经第三台液压机完成冲孔、压弯和校正,使三台液机构成的生产线可以充分发挥各台设备的功效,工艺流程短,成品率高,生产效率显著提高,每小时可生产 120 个成品车轮,大大降低了成本,节约了生产时间,降低了能源消耗,使成品高铁车轮不仅满足了使用需要,还提高了产品的竞争力,特别适合在高速铁路上长期、广泛使用。

附图说明

[0026] 图 1 为现有高铁车轮的加工工艺图;

[0027] 图 2 为本发明所述一种高铁车轮的结构示意图;

[0028] 图 3 为本发明所述高铁车轮热挤压整体成型方法的工艺流程图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明做进一步的详细描述：

[0030] 如图 2 所示,本发明所述的一种高铁车轮,由双成份金属钢组成,包括由低合金钢组成的轮缘 1、轮辋 3 和踏面 2 部分,以及由中碳钢组成的轮毂 5 和轮辐 4 部分。高铁车轮的整体尺寸需符合相关国家标准,同时,车轮中踏面 2 到轮辋 3 的厚度为 35mm。其中,为维持低合金钢区轮缘 1、轮辋 3 和踏面 2 的整体性能,低合金钢中的化学成分包括:Fe :97.989%、C :0.21%、Si :0.32%、Mn :0.81%、Cr :0.30%、Ti :0.08%、S :0.004%、P :0.005%、Als :0.011%、V :0.001%、Mo :0.02%、Ni :0.1%、Cu :0.15%。中碳钢区轮毂 5 和轮辐 4 中化学成分包括:Fe :97.654%、C :0.50%、Si :0.32%、Mn :0.85%、Cr :0.21%、Ti :0.004%、S :0.005%、P :0.002%、Als :0.015%、V :0.025%、Mo :0.035%、Ni :0.20%、Cu :0.18%。

[0031] 上述高铁车轮的一种热挤压整体成型方法,除前期正常的材料采购、验收外,包括:下料→加热→第一液压机毛胚预成型→第二液压机毛胚成型→第三液压机成型修正→成品检验→入库。如图 3 所示,具体步骤包括:

[0032] 步骤 1、下料选用 \varnothing 400mm 规格的双金属棒料,重量偏差 ± 2 kg,锯料斜度 ≤ 2 mm 下料形成胚料,双金属棒料的中心为中碳钢,圆周方向覆盖有厚度为 30mm 的低合金钢。

[0033] 每根双金属棒料下料前,必须确定棒料的尺寸规格,计算出车轮毛坯的下料尺寸。按工艺要求,选择下料规格 $> \varnothing$ 400mm 的锯床进行下料,车轮坯料按件计重。

[0034] 为保证下料尺寸,下料后的胚料还可以上车床粗车进行纠偏。

[0035] 步骤 2、加热将下好的胚料放入炉内加热,加热温度控制在 1150℃,然后出炉送入下道工序。

[0036] 步骤 3、第一液压机毛胚预成型选用压力为 120000KN 的液压机进行锻造热挤压预成型,定程定压,挤压速度为 40-100mm/s,回程速度为 100-160mm/s,经镦粗→挤压预成型后,在上模回程中预成型工件顶出,送入下道工序。

[0037] 受后续加工过程的影响和质量要求,在镦粗、挤压预成型过程中必须首先使用万吨级液压机进行充分镦粗,以形成完整、可靠的预成型毛胚。

[0038] 步骤 4、第二液压机毛胚成型选用压力为 80000KN 的液压机进行热挤压成型制胚,根据出料频率,采用定程定压方式,挤压速度控制在 60mm/s,回程速度控制在 130mm/s,经热挤压后毛胚成型,在上模回程中,成型毛胚被自动顶出后送入下道工序。

[0039] 此步骤为关键控制工序,这道工序决定着钢坯下料质量、机加工余量、材料特性的确定,以及变形速度、温度、摩擦条件、坯料形状、尺寸和模具结构等对成形过程产生的影响。其中,采用塑性有限元方法计算塑性加工过程的力能消耗,计算变形工步的材料分布,应力分布和金属流动,为优化工艺过程和设计模具型腔提供依据。通过反复试算,根据金属变形流动的信息不断修改调整坯料及模具尺寸,优选工艺参数和模具结构,最终得出高铁车轮成形的最佳工艺流程。

[0040] 步骤 5、第三液压机成型修正选用 5000T 级液压机进行成型修正,压力设定为 30000KN,挤压速度为 80mm/s,回程速度为 140mm/s,定程定压,经冲孔、压弯、校正后,在上模回程中完成成品车轮自动顶出。

[0041] 步骤 6、对成品车轮进行检验,产品合格后入库,双金属高铁车轮加工完成。

[0042] 对上述成品双金属高铁车轮的轮辋进行拉伸性能、硬度和冲击性能常规力学性能试验,得出结论为:与碳钢轮相比(碳钢轮的强度和硬度分别为 827MPa 和 HB237),含合金钢车轮钢材料的强度和硬度有了明显的提高,增量分别为 163MPa 和 HB44,尤其是距踏面 35mm 的轮辋处硬度在采用了合金钢后有了显著提高。具体试验数据为:

[0043]

试验车轮	试验温度/°C	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ /%	Ψ /%	踏面下35mm处断面硬度(HB)
合金钢	21.5	990	820	17.5	45	281
碳钢	21.5	827	525	18.0	54	237

[0044] 因此,Cr、Mn、Si、Ti 等合金元素在车轮钢中加入适量,可在一定程度上有助于提高车轮钢踏面的抗剥离性能、耐磨性,以及提高表面硬度和强度。轮毂、轮辐采用中碳钢,材料的耐滑动摩擦性能、耐滚动摩擦性能以及材料的耐接触疲劳性能降低,但材料的耐热疲劳性能显著上升。实践证明,轮毂、轮辐采用中碳钢,碳的含量为 0.5%左右可以获得较好的综合性能。

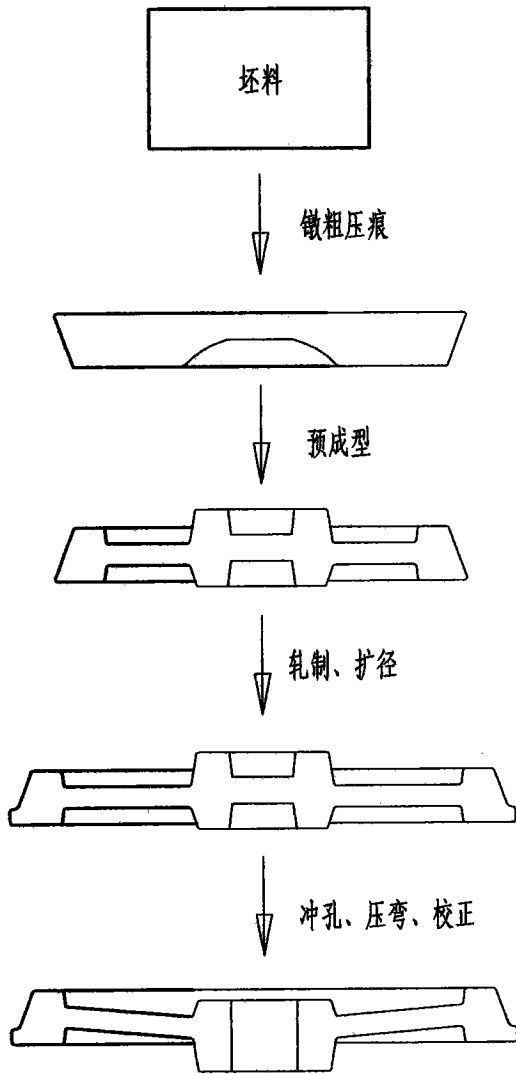


图 1

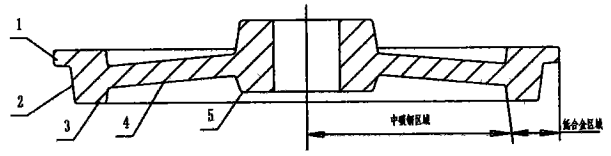


图 2

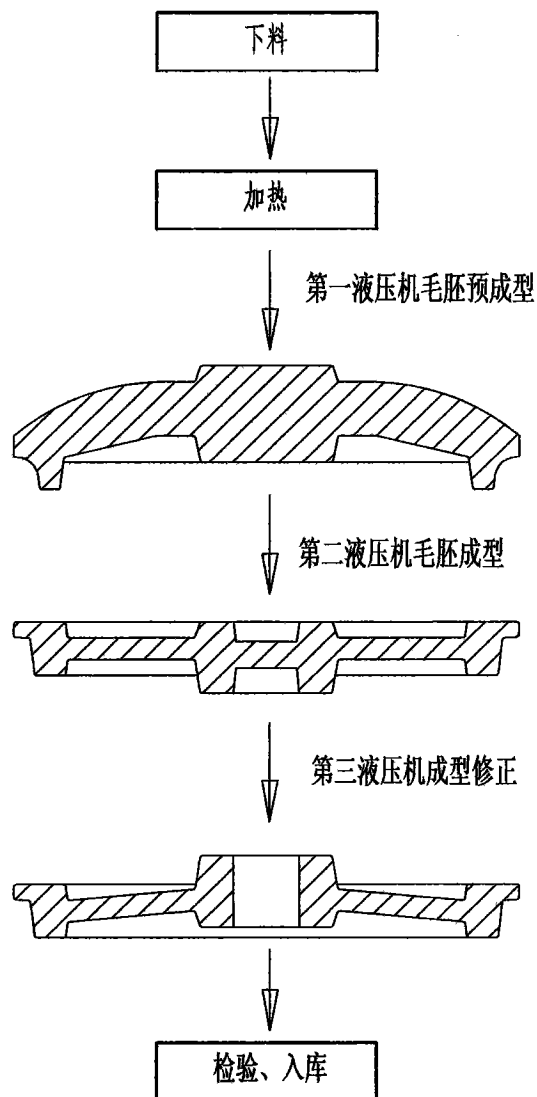


图 3