

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B21H 1/06 (2006.01)

B21J 1/04 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810068723.X

[43] 公开日 2008年10月8日

[11] 公开号 CN 101279346A

[22] 申请日 2008.4.23

[21] 申请号 200810068723.X

[71] 申请人 贵州安大航空锻造有限责任公司

地址 561005 贵州省安顺市 22 号信箱

[72] 发明人 刘峰 魏志坚 杨勇 张小林

江锦权 周寅元 苏春民 邹伟

杜正荣 兰宝山

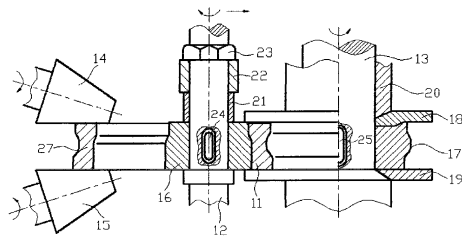
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形方法

[57] 摘要

本发明公开了一种镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形方法，为获得组织和性能优良的该合金异形环锻件和实现精确轧制，该方法包括以下步骤：合金棒料经加热镦粗变形 60% ~ 65% 制成实心圆饼再冲孔使其孔径尺寸是其外径尺寸的 30% ~ 35% 后制成空心圆饼；空心圆饼经加热被环轧变形 20% ~ 25% 后得到矩形环坯，矩形环坯经加热再次被环轧变形 20% ~ 25% 后得到矩形预轧坯；预轧坯经加热装进轧环机辗轧模具并在该模具的异形孔型内被辗轧变形 40% ~ 45% 后成形为异形环锻件。辗轧时，上述预轧坯沿径向的展宽速度是 2mm/s ~ 15mm/s，受到的径向轧制力是 40000kg ~ 220000kg。该方法主要用于航空发动机或燃气轮机异形环锻件的成形，采用该方法可以获得沿零件外形呈流线分布的异形环锻件。



1、一种镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形方法，其特征在于，包括以下步骤：

把按规格下料的镍基高温合金棒料加热到 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 的变形温度，经镦粗使其变形 $60\%\sim 65\%$ 得到实心圆饼；把所述实心圆饼冲孔使其孔径尺寸是其外径尺寸的 $30\%\sim 35\%$ 后得到空心圆饼；

加热所述空心圆饼到上述变形温度后使其被轧环变形 $20\%\sim 25\%$ 后得到矩形环坯；把所述矩形环坯加热到上述变形温度后再次被轧环使其变形 $20\%\sim 25\%$ 后得到矩形预轧坯；

加热所述预轧坯到上述变形温度，把所述预轧坯装进轧环机辗轧模具，所述预轧坯的纵向截面在辗轧模具的异形孔型内被轧环机辗轧并按所述孔型产生连续局部塑性变形，所述预轧坯壁厚减小并沿径向展宽被辗轧变形 $40\%\sim 45\%$ 后成为异形环锻件。

2、按照权利要求 1 所述的辗轧成形方法，其特征在于：所述辗轧模具的异形孔型是可以依环锻件的截面形状来调整的。

3、按照权利要求 1 所述的辗轧成形方法，其特征在于：所述预轧坯沿径向的展宽速度是 $2\text{ mm/s}\sim 15\text{mm/s}$ 。

4、按照权利要求 1 所述的辗轧成形方法，其特征在于：所述预轧坯受到的径向轧制力是 $40000\text{ kg}\sim 220000\text{kg}$ 。

镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形方法

技术领域

本发明涉及一种环形锻件的轧制成形方法，特别是涉及了镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形方法。

背景技术

采用镍基高温合金（如 GH4169 等材料牌号）制造的航空发动机或地面燃气轮机的异形环锻件，如机匣等零部件由于长期在恶劣的环境下工作，要求锻件具有较好的性能及组织稳定性。

2005年3月2日公开的中国发明专利说明书 CN 1586754A 公开了一种外台阶截面环件轧制成形的方法，所述环件的纵向截面是一种非矩形的外台阶形状，即所述环件属于异形环锻件的一种特殊形状。该方法包括下料、制坯、轧制及后续加工，采用该方法轧制的异形环件是由轧环机的主辊（即驱动辊）和芯辊直接形成的孔型来实现异形环件的变形成形。采用该工艺轧制不同形状的异形环件时，需要重新更换辊型，而频繁更换辊型将会增加制造成本、延长生产周期和不利于设备的维护保养。

上述环件轧制成形方法并未公开轧制镍基高温合金异形环锻件的具体工艺步骤，轧制镍基高温合金异形环锻件时，从合金棒料到最终轧制成异形环锻件，合金的变形量对环锻件的组织 and 性能影响很大，其变形量选择不准，将会造成环锻件晶粒粗大、轧伤、轧裂、易产生飞边等缺陷，从而影响锻件的交付和使用。

有鉴于此，本发明提供了一种镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形方法。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种准确的变形量来实现镍基高温合金异形环锻件在辗轧模具内成形的方法，采用该方法精确轧制的环件具有优良的组

织和性能。

为解决上述技术问题，本发明所述镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形方法，其技术方案包括以下步骤：

把按规格下料的镍基高温合金棒料加热到 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 的变形温度，经镦粗使其变形 $60\%\sim 65\%$ 得到实心圆饼；把所述实心圆饼冲孔使其孔径尺寸是其外径尺寸的 $30\%\sim 35\%$ 后得到空心圆饼；

加热所述空心圆饼到上述变形温度后使其被轧环变形 $20\%\sim 25\%$ 后得到矩形环坯；把所述矩形环坯加热到上述变形温度后再次被轧环使其变形 $20\%\sim 25\%$ 后得到矩形预轧坯；

加热所述预轧坯到上述变形温度，把所述预轧坯装进轧环机辗轧模具，所述预轧坯的纵向截面在辗轧模具的异形孔型内被轧环机辗轧并按所述孔型产生连续局部塑性变形，所述预轧坯壁厚减小并沿径向展宽被辗轧变形 $40\%\sim 45\%$ 后成为异形环锻件。

当采用上述方法辗轧成形不同形状的异形环锻件时，只需把辗轧模具的孔型按环锻件的截面形状来调整，更换相应的模具模块便可。

辗轧时，上述预轧坯沿径向的展宽速度是 $2\text{ mm/s}\sim 15\text{ mm/s}$ ，受到的径向轧制力是 $40000\text{ kg}\sim 220000\text{ kg}$ 。

与现有技术相比，本发明的有益效果如下：

本发明把按规格下料的镍基高温合金棒料从镦粗、冲孔、制矩形预轧坯、到辗轧成异形环锻件的整个工艺过程，通过选用准确的变形量和使用辗轧模具来使异形环锻件成形，获得了组织均匀和性能优良的异形环锻件。以牌号为 GH4169 的镍基高温合金为例，经检测该合金异形环锻件不同部位的金相低倍组织，未发现有粗晶、裂纹、伤痕、缩孔等缺陷；经检测该合金异形环锻件的室温拉伸性能，其抗拉强度为 $1420\text{ MPa}\sim 1430\text{ MPa}$ （大于使用要求的 1275 MPa ），其伸长率为 0.2% 时的屈服强度为 $1280\text{ MPa}\sim 1290\text{ MPa}$ （大于使用要求的 1035 MPa ），断后伸长率为 $18\%\sim 25\%$ （大于使用要求的 12% ），断面收缩率为 $33\%\sim 36\%$ （大于使用要求的 15% ）；经检测该异形环锻件在 650°C 的拉伸性能，其抗

拉强度为 1190MPa (大于使用要求的 1000MPa), 其伸长率为 0.2%时的屈服强度为 1030MPa~1050MPa (大于使用要求的 862MPa), 其断后伸长率为 28%~29% (大于使用要求的 15%); 经检测该合金异形环锻件的布氏硬度为 409 (大于使用要求的 363); 经检测该合金异形环锻件的高温拉伸持久性能, 该异形环锻件在试验温度为 650℃、试验应力为 690MPa、持续时间在 67.2h~69.8h (大于使用要求的 25h) 内均增载三次, 均断于光滑处, 断后伸长率为 26%~30% (大于使用要求的 5%)。从该合金异形环锻件的理化检测结果可知, 采用上述方法辗轧成形的该合金异形环锻件取得了预料不到的技术效果, 大大满足了其使用要求。

本发明还通过在轧环机上安装辗轧模具来实现镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形, 即在轧环机的芯辊上安装芯辊模, 在其主辊上安装主辊模, 芯辊模与主辊模合模后能够形成用于辗轧异形环锻件的异形孔型, 从而把异形环锻件的成形方式由主辊、芯辊和锥辊辗轧成形改进为主要由模具辗轧成形, 当辗轧不同截面形状的异形环锻件时, 只需更换辗轧模具上形成所述异形孔型的模块即可, 而不必更换轧环机的主辊、芯辊等部件, 从而可以降低异形环锻件的制造成本、缩短生产周期并有利于设备的维护保养。并且, 采用本方法辗轧镍基高温合金异形环锻件, 可以获得沿零件外形呈流线分布的异形环锻件, 提高了异形环锻件的尺寸精度, 从而可以实现精确轧制, 减少异形环锻件的机械加工余量和贵重高温合金材料的浪费。

附图说明

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

图 1 是矩形预轧坯的制坯工艺流程图。

图 2 是预轧坯装进辗轧模具的结构图。

图 3 是预轧坯辗轧成异形环锻件的工艺过程图。

图 4 是图 3 所示的辗轧工艺过程的俯视方向示意图。

图 5 是辗轧成形的异形环锻件沿其中心线的纵剖面图。

图 6 (a) 是图 5 所示 a 部位的金相低倍组织图。

图 6 (b) 是图 5 所示 b 部位的金相低倍组织图。

图 6 (c) 是图 5 所示 c 部位的金相低倍组织图。

具体实施方式

实施本发明所述的镍基高温合金异形环锻件的辗轧成形方法需要提供锻造加热炉、压力机、轧环机、机械手等设备。下面以牌号为 GH4169 的变形镍基高温合金为例来详细说明该方法的具体实施方式：

该合金的主要化学元素含量（重量百分比）为：含 Cr 量 17.0%~21.0%、含 Ni 量 50.0%~55.0%、含 Mo 量 2.80%~3.30%、含 Ti 量 0.75%~1.15%、含 Al 量 0.30%~0.70%、含 C 量 \leq 0.08%、含 Co 量 \leq 1.0%、此外还含有其他微量元素、余量为 Fe。

该合金从棒料到生产出合格的异形环锻件的工艺步骤如下：

步骤 1：矩形预轧坯的制坯。如图 1 所示，把按规格下料的 GH4169 合金棒料 1 在锻造加热炉内加热到 1000℃~1050℃的变形温度，在锻压机上镦粗使其变形 60%~65%得到实心圆饼 2，接着把实心圆饼 2 用冲头 4 冲出中心孔得到空心圆饼 3，所述空心圆饼 3 的内径尺寸是其外径尺寸的 30%~35%；把空心圆饼 3 再加热到上述温度后装进轧环机轧环使其变形 20%~25%后第一次被环轧成矩形环坯 5；把矩形环坯 5 再加热到上述温度后装进轧环机轧环使其变形 20%~25%后第二次被环轧成矩形预轧坯 10。

在上述步骤 1 中，采用上述变形方式制作的矩形预轧坯 10 能够获得均匀的组织，特别是两次环轧采取小变形量成形的方式，可以避免该合金在轧环时产生晶粒粗大和裂纹等缺陷，从而有利于使终轧异形环锻件获得良好的组织和性能。

步骤 2：异形环锻件的辗轧成形：

先把预轧坯 10 在锻造加热炉内加热到 1000℃~1050℃的变形温度后装进由主辊模和芯辊模组成的辗轧模具，如图 2 所示，把该预轧坯 10 用机械手装在芯

辊模的内型模块 16 上并平放在轧环机的底盘上（图中未示出），所述芯辊模由内型模块 16、芯套 21、压环 22 通过螺母 23 和芯辊键 24 固定在芯辊 12 上；启动轧环机使其主辊 13 按图 2 所示方向旋转，然后使芯辊 12 向主辊 13 方向平移靠近主辊 13 后芯辊模与主辊模合模，所述主辊模山下端盖 19、外型模块 17、上端盖 18 通过主辊套 20 和主辊键 25 固定在主辊 13 上，所述内型模块 16 和外型模块 17 的外周面与所述上、下端盖 18 和 19 围成异形孔型 11，预轧坯 10 的纵向截面处于该异形孔型 11 内；同时由轧环机驱动上、下锥辊 14 和 15 按图 2 所示方向转动并准备夹持住预轧坯 10 的上、下端面，使轧环机的两个抱辊 26（如图 4 所示）扶持住预轧坯 10 的外环周面；

主辊 13 驱动预轧坯 10、芯辊 12 和两个抱辊 26 按图 3 和图 4 所示的方向转动，这时转动的上、下锥辊 14 和 15 夹持住转动的预轧坯 10 的上、下端面与其一起转动；芯辊 12 沿径向朝主辊 13 方向作进给运动使芯辊 12 和主辊 13 以 40000kg~220000kg 的轧制力在其异形孔型 11 内辗轧预轧坯 10，预轧坯 10 以 2mm/s~15mm/s 的速度沿径向展宽，其壁厚逐渐减小，上、下锥辊 14 和 15 以及两个抱辊 26 随着预轧坯 10 的径向展宽而外移；

预轧坯 10 在异形孔型 11 内被辗轧产生连续局部塑性变形，最后预轧坯 10 在异形孔型 11 内变形 40%~45%后成为异形环锻件 27，所有转动部件停止后移开主辊 13、锥辊 14 和 15、两个抱辊 26 以及压在芯辊 12 顶部的轧环机悬臂，从芯辊顶部取出异形环锻件 27。

在上述步骤 1 和步骤 2 中，该合金的终锻或终轧温度不小于 930℃。

如图 5 所示，异形环锻件 27 的外环面是由其上部 c 的外环直面、中部 b 的外环圆弧面以及下部 a 的外环直面通过圆弧自然过渡连接在一起的曲面，其内环面是由其上部 c 的内环直面、中部 b 和下部 c 的内环直面通过圆弧自然过渡连接在一起的曲面。

按照 GBn187.2-82《高温合金横向低倍组织酸浸试验法》检测，该异形环锻件的金相低倍组织如图 6 (a)、图 6 (b) 和图 6 (c) 所示，其中图 6 (a)、图 6 (b) 和图 6(c)的试样分别是取自图 5 中的 a、b 和 c 部位，在上述低倍组织图上

均未发现有粗晶、裂纹、伤痕、缩孔等缺陷。

按照 GB/T 228 《金属材料室温拉伸试验方法》检测，该合金异形环锻件的室温抗拉强度为 1420MPa~1430MPa，其伸长率为 0.2%时的屈服强度为 1280MPa~1290MPa，断后伸长率为 18%~25%，断面收缩率为 33%~36%。

按照 GB4338-84 《金属高温拉伸试验方法》检测该异形环锻件在 650℃的拉伸性能，其抗拉强度为 1190MPa，其伸长率为 0.2%时的屈服强度为 1030MPa~1050MPa，断后伸长率为 28%~29%。

按照 GB231-84 《金属布氏硬度试验方法》检测，该异形环锻件的布氏硬度为 409。

按照 GB6395 《金属高温拉伸持久试验方法》检测，该异形环锻件在试验温度为 650℃、试验应力为 690MPa、持续时间在 67.2h~69.8h 内均增载三次，均断于光滑处，断后伸长率为 26%~30%。

上述理化检测结果表明，采用上述方法辗轧成形的 GH4169 异形环锻件具有优良的内部组织和性能，完全满足了该合金锻件的使用要求。

采用本发明提供的方法辗轧成形的异形环锻件并不限于上述实施方式，对于不同形状的异形环锻件，只需改变辗轧模具的内型模块 16 和外型模块 17 的外周面形状，按照上述方法便可辗轧出不同截面形状的异形环锻件。本发明所述的辗轧成形是把环锻件的预轧坯通过辗轧模具轧制成环锻件的成形方式。

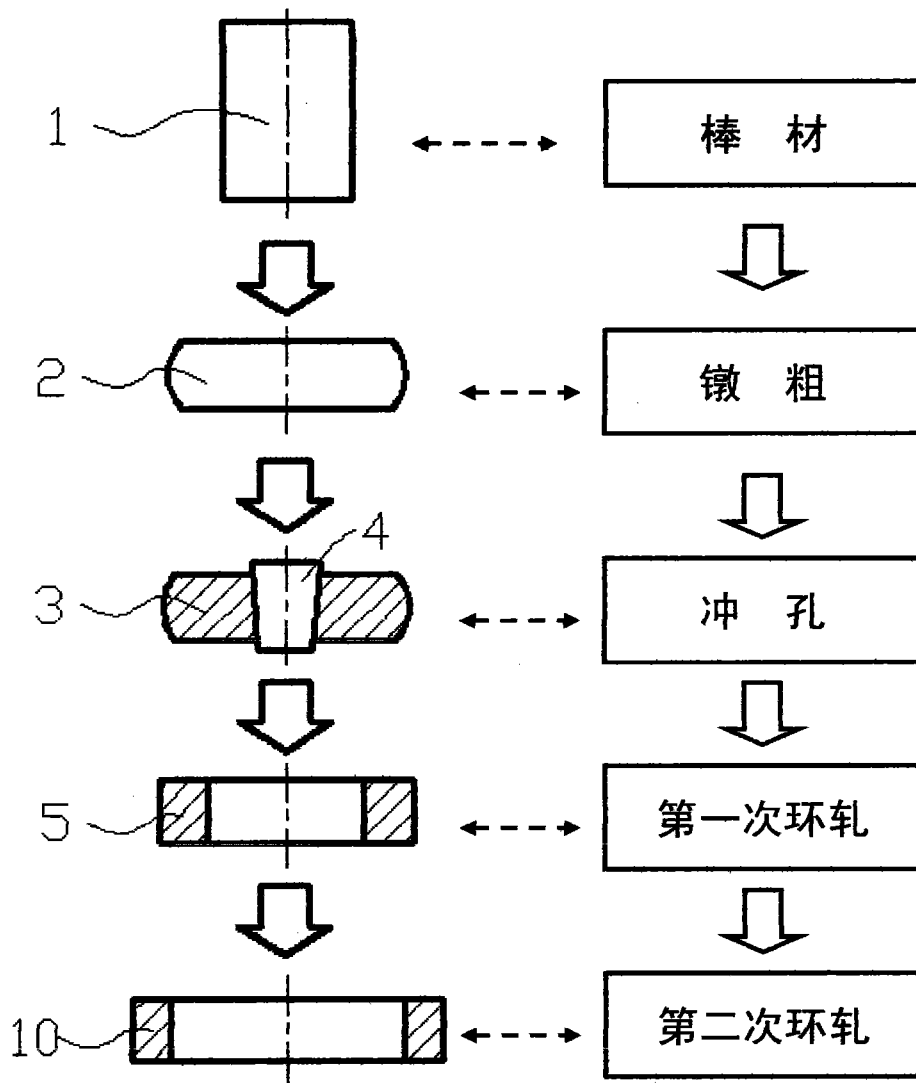


图 1

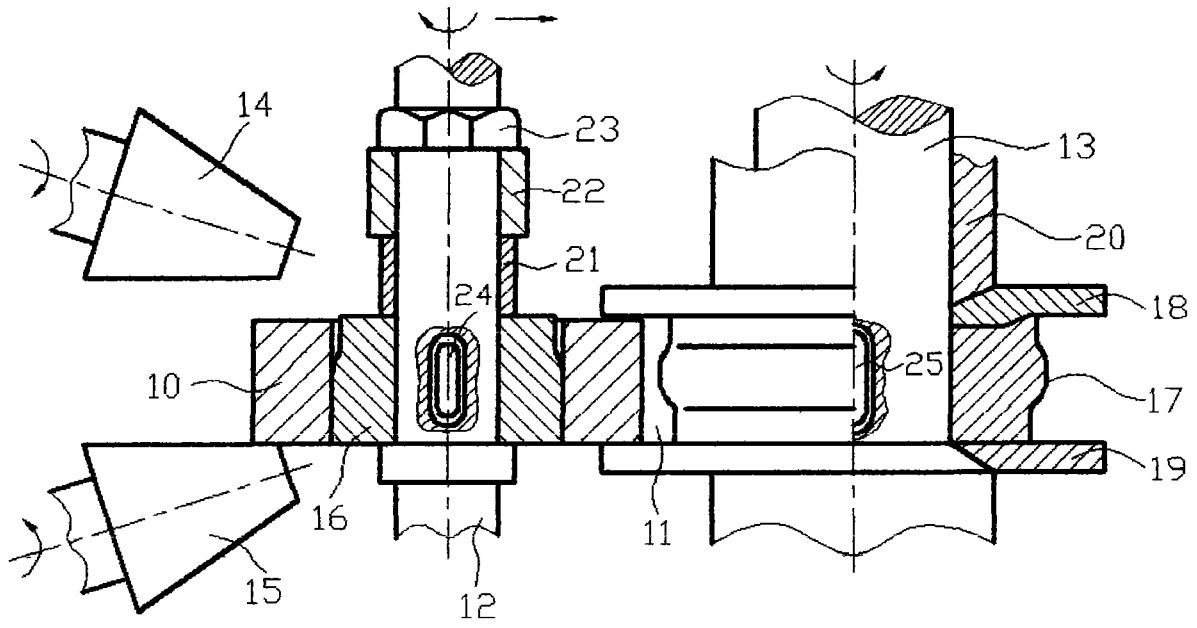


图 2

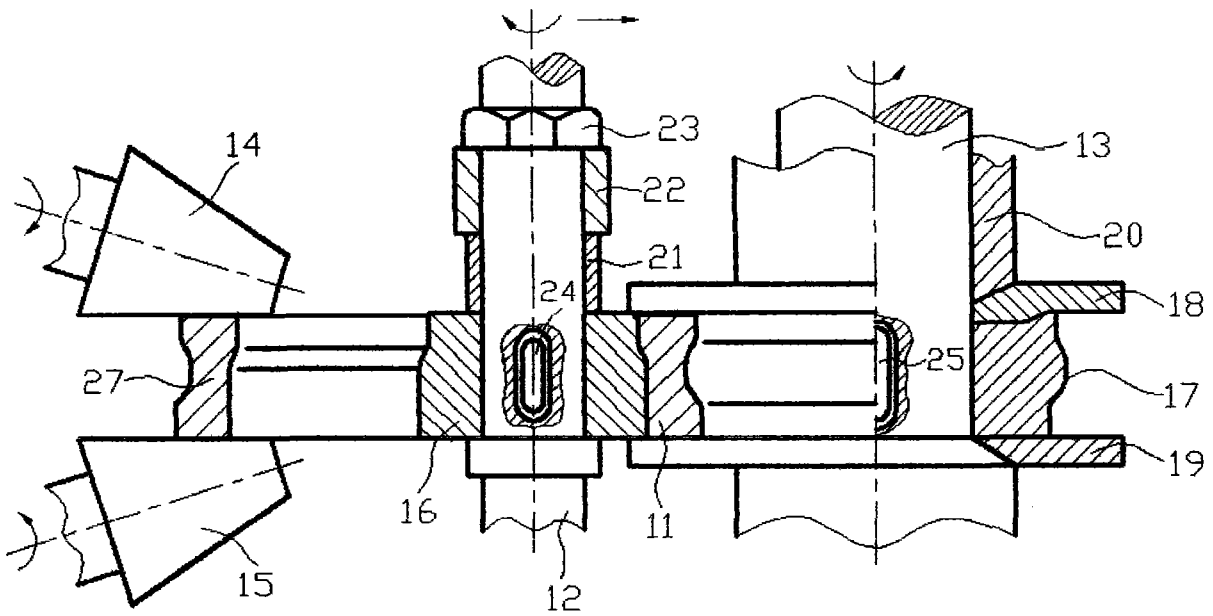


图 3

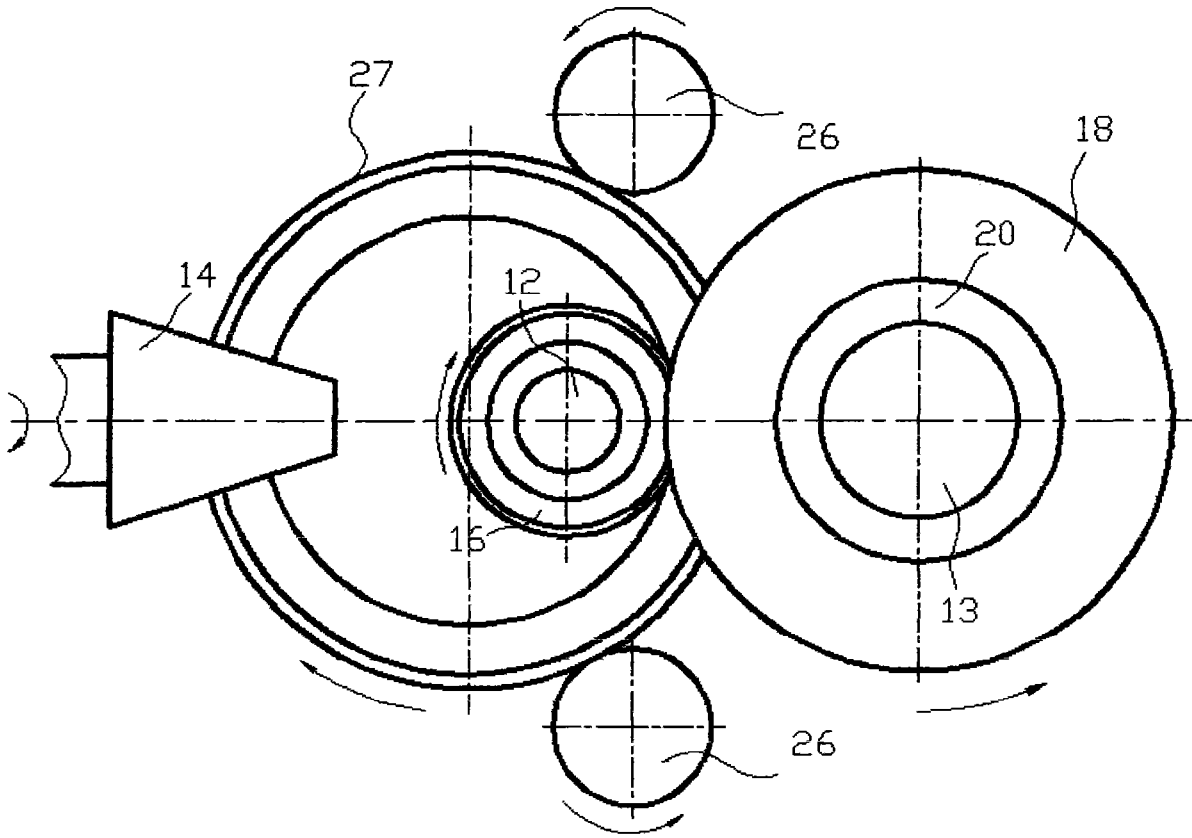


图 4

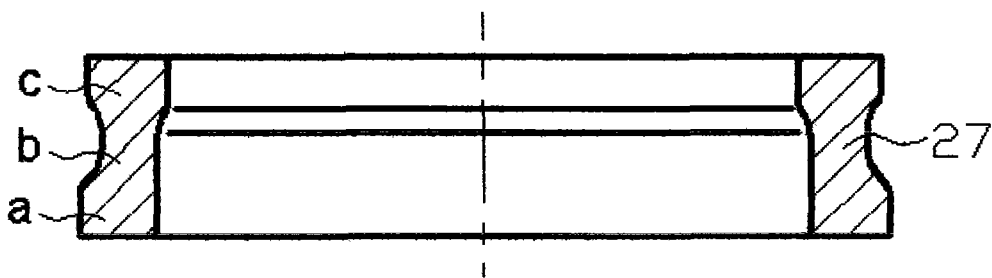


图 5



图 6 (a)

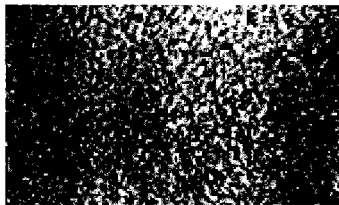


图 6 (b)

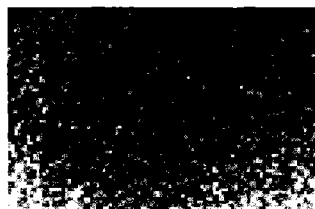


图 6 (c)