

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H02K 1/27

H02K 21/22



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03103047.5

[43] 公开日 2004 年 8 月 11 日

[11] 公开号 CN 1520005A

[22] 申请日 2003.1.23 [21] 申请号 03103047.5

[71] 申请人 万德鸿

地址 330024 江西省南昌市新溪桥 4 区 40 栋
2 楼 8 号

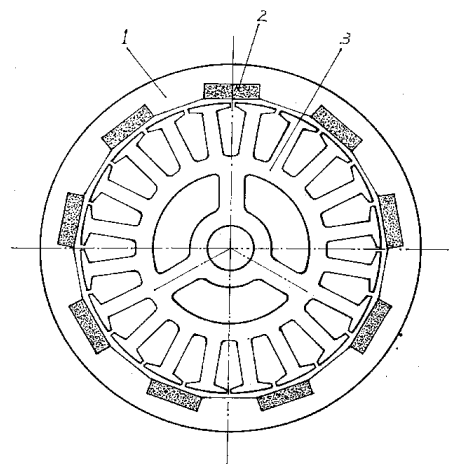
[72] 发明人 万德鸿

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 7 页

[54] 发明名称 变频轮毂电机

[57] 摘要

一种变频轮毂电机，它是根据永磁同步梯形波反电势无刷电机，在结构上改制为正弦波原理运行，利用外转子铁芯硅钢片冲制成等极距的矩形槽。槽中嵌入矩形永磁体，未冲槽等极距的铁芯边也为直边（将弧改制成弦），永磁体的矩形边与铁芯的弦，共同构成交于外转子内园周上的多边形结构，永磁体为显极；铁芯为隐极，使得电机气隙分布不均匀，造成正弦分布的永磁磁密，当外加正弦波变频（V/F）电流，则具有良好的变频调速特性。



ISSN 1008-4274

1、一种变频轮毂电机，它属于永磁同步电机领域，根据永磁无刷梯形波结构，改制为正弦波原理运行，方法是利用外转子硅钢片铁芯，冲制有等极距的矩形槽，槽中嵌入矩形永磁体，造成电机气隙正弦分布的永磁磁密，通入正弦波变频(V/F)电流，可获得良好的调速特性，其特征是：

a、在外转子铁芯(1)的冲片上，冲制有等极距的矩形槽，每槽嵌入一块稀土永磁体(2)，并保持永磁体极性方向都向着轴心方向，造成气隙中永磁体为显极，铁芯为隐极，并使显极和隐极矩形边的连接点交于外转子内园上，成多边形结构；

b、外转子铁芯(1)的冲槽数，按铁芯内园周长除以极数的一半，冲槽宽为该槽弧所对的弦长，即为永磁体矩形的长边，而弦至矩形冲槽底的垂直距离等于矩形永磁体的短边，铁芯冲片的总叠厚度等于永磁体的长度。

2、根据权利要求1所述的变频轮毂电机，其特征是：矩形稀土永磁体(2)制成刚好嵌入电机外转子铁芯冲槽中，并要求永磁体紧贴铁芯槽。

3、根据权利要求1所述的变频轮毂电机，其特征是：稀土永磁体(2)的磁极数与电机定子(3)的槽数为分数槽绕组，如三相24槽，28极；36槽40极；五相20槽18极；40槽36极。

变频轮毂电机

本发明涉及一种用于电动车上的变频轮毂电机，属稀土永磁正弦波同步电机，由外加正弦波变频(V/F)电流控制器，直接驱动轮毂电机行走。

目前，已有的直流无刷电机也属于永磁同步电机的一种，它的反电势为梯形波，通以方波电源运行，这是目前电动自行车和电动摩托车上普遍使用的无刷电机。这种电机普遍存在的缺点是：1.采用的是方波电源或叫方波驱动模式，电机绕组按一定的规律顺序循环通电，电枢磁场在 360° 内分成若干个磁场状态，每种状态下磁场大小方向恒定，所以电机运行一个周期电枢磁场为非连续性跳跃式，易造成低速大转矩时的转矩波动，给骑行者带来明显的不舒适^[1]；2、需要位置传感器，从电机内部位位置传感器引出线太多，易引入干扰，尤其在环境恶劣条件下使用，会降低可靠性^[2]；3、使用的稀土材料多，因要用瓦形磁体贴满外转子内圆周，加工繁、制造成本高，所用稀土材料约占电机总造价的 $1/2$ ^[3]。

本发明的目的是提供一种具有良好低速运行特性，无位置传感器、高性价比的变频调速电机。

本发明的实现方法是：在外转子电机铁芯(1)的冲片上，冲制有等极距的矩形槽，每槽嵌入一块稀土永磁体(2)，并保持永磁体极性方向都向着轴心方向，造成气隙中永磁体为显极，铁芯为隐极，并使显极和隐极矩形边的连接点交于外转子内园上，成多边形结构；如附图 1、2 所示。而外转子铁芯(1)的冲槽数，按铁芯内园周长除以极数的一半，冲槽的宽度为该槽弧所对的弦长，即为永磁体矩形的长边，而弦至矩形冲槽底的垂直距离等于永磁体的短边，铁芯冲片总叠厚度等于永磁体的长度。

稀土永磁体(2)制成刚好嵌入电机外转子铁芯冲槽中,并要求永磁体紧贴铁芯槽,不能采用任何隔磁材料隔开永磁体与铁芯槽的两个侧面,生产中永磁体与冲槽应采用过渡尺寸配合公差。而在现有技术的永磁体电机设计中,把外转子冲片槽的两个侧面要嵌入非磁性材料,用非磁性材料(多为胶木板)把永磁体与冲槽铁芯两个侧面隔开^[4]。

在变频轮毂电机中,稀土永磁体(2)的磁极数与电机定子(3)的槽数为分数槽绕组^[5],如三相 24 槽、28 极;36 槽、40 极;五相 20 槽、18 极;40 槽、36 极等。

在电机外转子上应把嵌入的稀土永磁体的同极性 N (或 S 极),都向着电机的园心(即定子铁芯)方向,则形成永磁体为 N 极(或 S 极),而相邻的冲片铁芯为 S 极(或 N 极),铁芯为隐极,永磁体为显极。

为减少齿槽效应,提高电机效率,简化绕线工艺,提高工效,本发明电机的实例中,应采用分数槽电枢绕组^[5],即稀土永磁体(2)的磁极数与电机定子(3)的槽数为分数槽绕组。

下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

图 1 是三相 24 槽 28 极分数槽设计的外转子和内定子铁芯冲槽平面示图,图中 1. 外转子铁芯 2. 稀土永磁体 3. 电机定子。

图 2 是五相 20 槽 18 极分数槽设计的外转子和内定子铁芯冲槽平面示图,图中 1. 外转子铁芯 2. 稀土永磁体 3. 电机定子。

图 3 是放大单个矩形磁极断面示图。

图 4 和图 5 为 150W 电动自行车用三相 40 极(外转子冲片图)和 36 槽(内定子冲片图)。

图 6 和图 7 为 500W 电动摩托车用三相 40 极(外转子冲片图)和 36 槽(内定子冲片图)。

在图 1 和图 2 中可以看出:每块矩稀土永磁体是相等间隔均匀分布在外转子冲片铁芯槽中,而且永磁体矩形的宽度(即铁芯冲片宽度)与未冲出缺口的弦长是相等的。

在单块永磁体放大图 3 中, 可以明显看出: 矩形永磁体(或叫显极)表面所对的定子中线处间隙(定、转子间气隙)最小, 而永磁体两端面对定子铁芯处间隙(定、转子间气隙)最大, 而隐极也是相同情况, 形成每个磁极(包括显极和隐极)所对定子间的气隙是不均匀的^[6], 因此可获得永磁磁密波形为正弦波。

本发明实施例如下:

样机 1、采用三相 36 槽 40 极, 试制一台 150W、36V 直流电池供电的电动自行车用轮毂型电动机, 其外转子图 4 和内定子图 5 所示。在图 4 中是直接用 30#钢材车制后再线切割加工完成; 图 5 由 0.5mm 厚度硅钢片叠压后, 经线切割加工, 还须另配轴套、轴、轴承、端盖、绕组、引出线及稀土永磁体(NaFeB)组装。照片 2 为样机拆开后的外转子及内定子, 电枢绕组的节距 $Y=1$, 即每个齿上绕制一个集中线圈, 这种绕制方式与现有电动自行车上普遍使用的整数槽轮毂电机, 如三相 12 极、36 槽和三相 16 极 48 槽相比较, 由于整数槽的外转子内园周, 采用 12 块或 16 块 3mm 厚的瓦形(须经线切割加工完成)稀土永磁体(NaFeB)贴满, 绕组的节距 $Y=4$, 即第 1 至第 4 槽嵌绕。

样机的主要优点是:

(1)、相同的稀土永磁体, 矩形与瓦形相比较, 不仅加工方便, 不浪费材料, 而且每台相同体积和容量的电机, 可使稀土永磁材料用量减少, 成本降低约 40%; 这不仅是由于该样机采用了矩形永磁体, 使加工时较瓦形材料浪费少, 且因电机多极化设计也是降低成本的有效手段^[7]。

(2)、因绕组节距短, 定子铁芯槽与槽之间的跨线短, 不仅可每台节省铜线约 30%, 而由于跨线缩短后, 相同绕组导线总长度也短, 电机内阻、漏抗减小, 有利于增加电机出力, 提高灵敏度和效率。

照片 1 为样机在发电状态下的输出波形(反电势波形), 从照片正弦波曲线看出, 该曲线已逼近正弦波, 而负半波出现了一

些平顶现象，是由于样机为简化试制工艺，采用了简单车加工，铁芯磁极(隐极)不为多边形而是园形，因此才出现了平顶的正弦负波(这在生产中是不存在的)，同时亦可证明多边形不均匀气隙磁密可以形成正弦波反电势。

照片 2 为样机拆开后的结构，从照片中可以看出永磁体是相间隔等极距嵌入外转子内园上，并均匀分布的，定子绕组为分数槽集中绕制方式。样机 1 为 150W、36V 电动自行车用，其测试效率达到 80%以上；而重量仅为现有无刷电机的 80%左右，对比现有无刷电机附页 2。

样机 2 为三相 40 极 500W、36V 电动摩托车轮毂型变频调速电机，具有优良的外特性(参考附页 3)，其结构尺寸铁芯如附图 6 和附图 7 所示。

通过样机的试制和测试，说明采用本发明的变频轮毂电机可以达到正弦波反电势，并具有良好的变频调速特性。

实施本发明在一般电机生产厂家都可以进行。

本发明提供的原始资料有：一、样机试制冲片图纸 4 页(附图 4、5、6、7)；二、照片 2 张；三、测试参数和曲线 3 页；四、参考资料复印件 23 页。

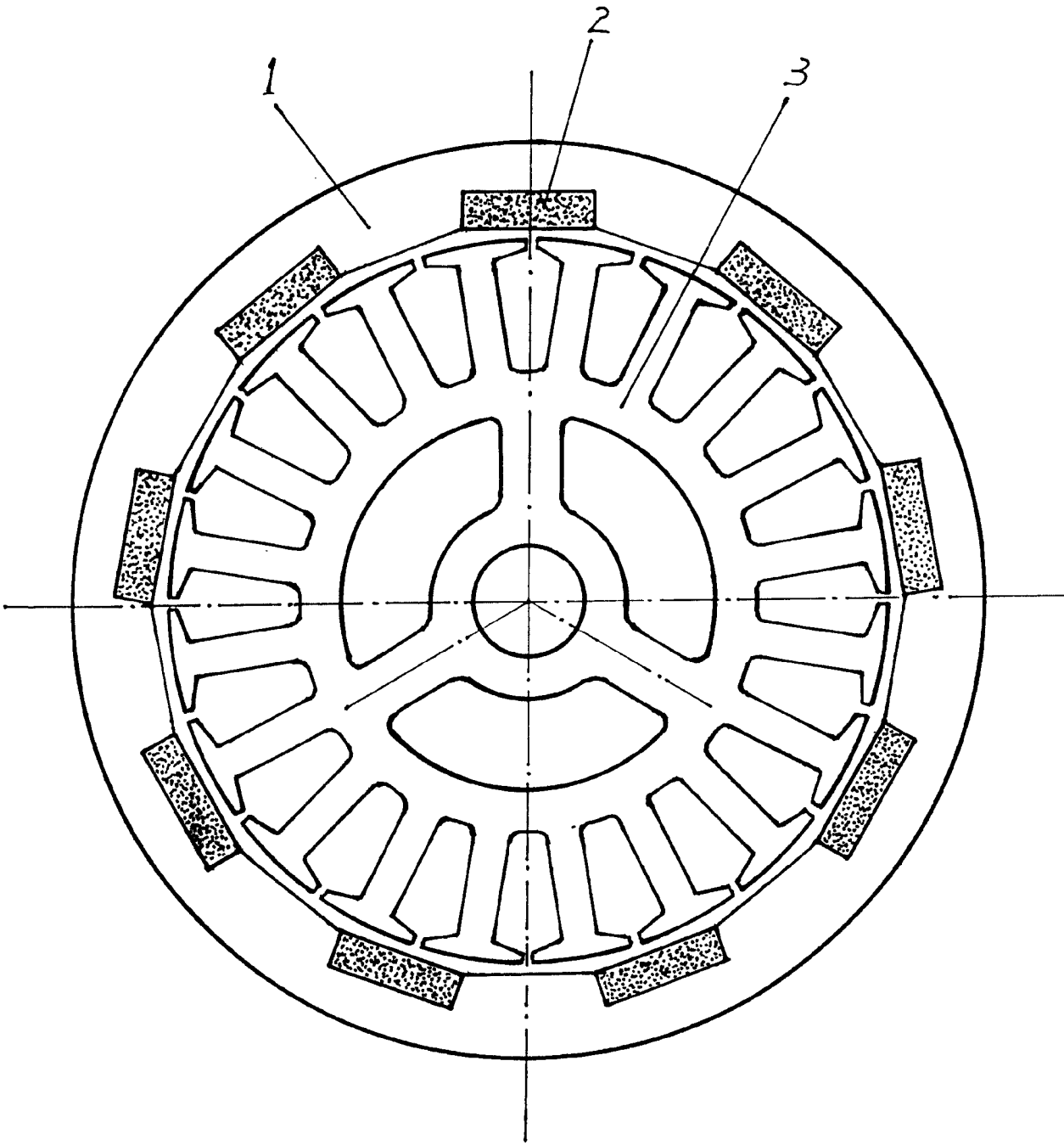


图 1

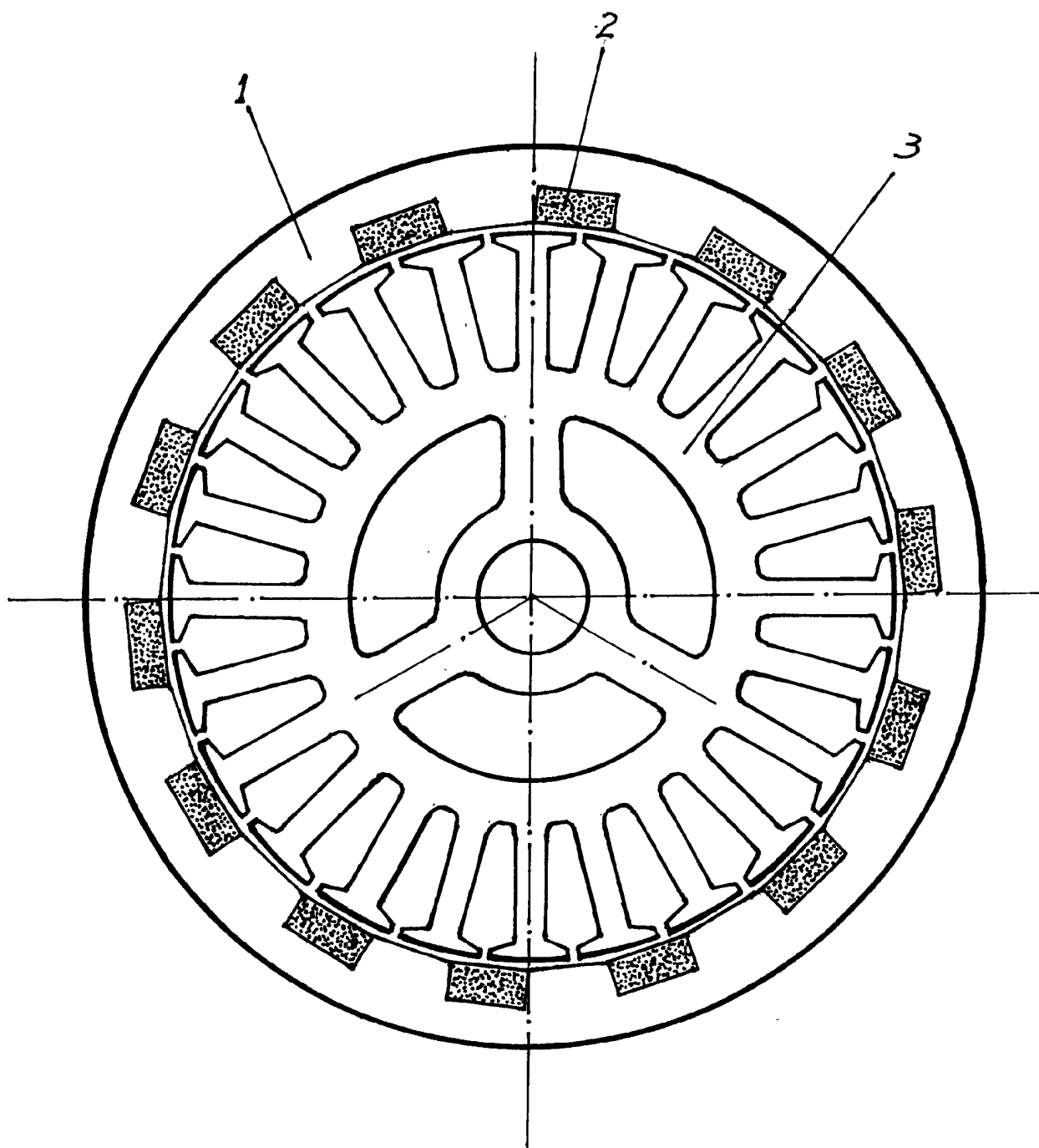


图 2

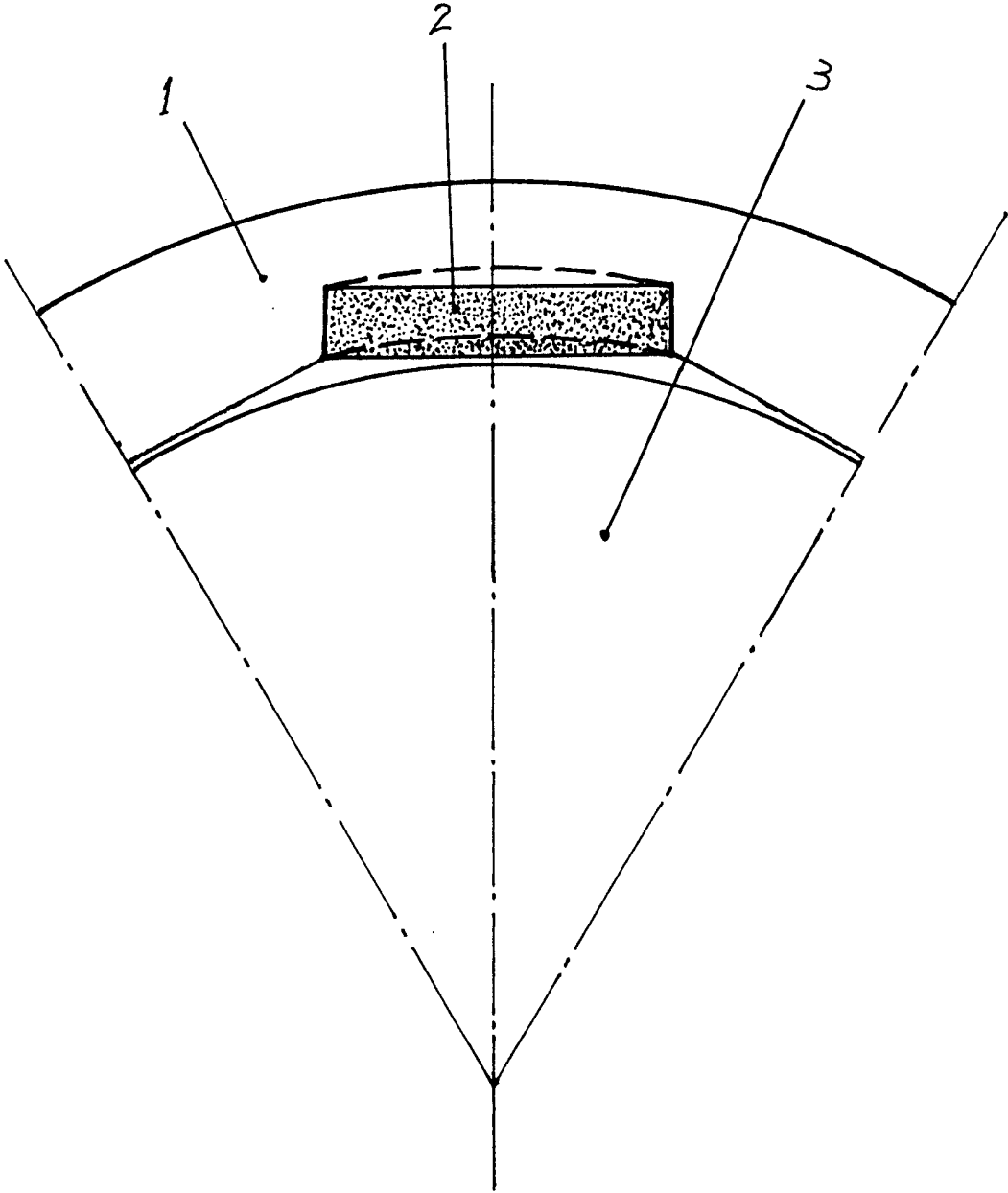


图 3

