

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610125473.X

[51] Int. Cl.

B23C 5/18 (2006.01)

B23P 15/02 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 6 月 27 日

[11] 公开号 CN 1986127A

[22] 申请日 2006.12.15

[21] 申请号 200610125473.X

[71] 申请人 武汉船用机械有限责任公司

地址 430084 湖北省武汉市青山区武东街九号

[72] 发明人 董洪林 王益知 汤 敏 吴红琼

[74] 专利代理机构 武汉荆楚联合知识产权代理有限公司

代理人 王 健

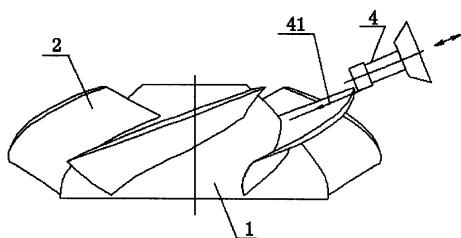
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

整体叶轮叶片的插铣刀加工方法

[57] 摘要

整体叶轮叶片的插铣刀加工方法，采用数控机床加工，刀具采用插铣刀 4，插铣刀 4 在叶片 3 上的走刀方向 41 为叶轮径向。插铣刀 4 的走刀方向为刀具轴向，切削时的径向分力很小，有效抑制了工件和刀具的振动，使切削平稳，叶片变形量小且易于控制，加工质量容易保证；而且生成的刀具路径短，可加大切削用量，从而提高了加工效率。不仅可以应用于轴流式整体叶轮自由曲面叶片的加工，也可以应用于离心式整体叶轮自由曲面叶片的加工，完全满足了大直径、高精度叶轮产品加工的需要。



- 
1. 整体叶轮叶片的插铣刀加工方法，采用数控机床加工，其特征在于：刀具采用插铣刀（4），插铣刀（4）在叶片（3）上的走刀方向（41）为叶轮径向。
  2. 根据权利要求 1 所述的整体叶轮叶片的插铣刀加工方法，其特征在于：插铣刀（4）数控加工完叶片（2）后，采用抛光砂轮去除相邻两刀间的残脊高度。

## 整体叶轮叶片的插铣刀加工方法

### 技术领域

本发明涉及一种整体叶轮叶片的切削加工方法，具体地涉及可加工整体叶轮自由曲面叶片的整体叶轮叶片的插铣刀加工方法。

### 背景技术

在压缩机、鼓风机、泵等机械中叶轮是不可缺少的关键部件，叶轮旋转时，叶片对流体做功，使流体的方向、速度或压力得到改变，实现其机械功能。根据流体的流动方向，叶轮可分为轴流式和离心式两种，两种叶轮的结构都由轮毂和叶片组成，轮毂为类似球缺的锥形壳体，轮毂上均匀分布着叶片，叶片的形状有直纹形或自由曲面形两种，自由曲面叶片的几何形状没有一定规律，加工难度大，但流体动力学性能好，运行效率高。参见图 1，如轴流式整体叶轮的自由曲面叶片 2 主要由顶面 25、压力面 22、吸力面 21、进水边 23、出水边 24 和过渡圆角 26 组成，顶面 25 为锥面，压力面 22 和吸力面 21 为自由曲面，进水边 23 为椭圆角过渡，出水边 24 为直纹面，叶片 2 至轮毂 1 之间的过渡圆角 26 半径由小到大呈线性变化。这种叶片的空间扭曲、重叠度大且变化不规则。鉴于整体式叶轮叶片的结构特点和材料特性，合适的数控加工方法和加工工艺对保证产品质量和提高加工效率尤为重要。由于叶片空间重叠度大，需采用多轴加工。参见图 2，传统的加工方法一般是采用球刀 3（或圆刀片铣刀）对叶片 2 进行切削加工，其走刀方向 31 是沿叶轮的轴向生成刀具运行的加工路径，即刀具在叶轮的轴线方向上作环绕式的走刀运动。该方法主要存在以下弊端：

1、由于刀具的走刀方向基本平行于叶片的顶面，叶片在受力状态上类似悬臂结构，加工时叶片的根部承受一定的弯矩，易变形，刚性差；而球刀加工时切削力的径向分力大，加上球刀自身直径小，刀杆刚性差，在加工过程中振动较大，加工质量难以控制；而且，由于径向分力大，叶片和刀具的让刀现象使叶片各处

的变形量难以控制，使加工质量难以保证。

2. 刀杆长度和刀具运动的范围对调整工件与刀具干涉的约束较大。球刀的直径较小，但其运动的范围和刀杆的长径比较大，在调整工件与刀具互不干涉的过程中，制约因素较多，特别是当叶片高度较高时，避免工件与刀具干涉的难度较大。

3. 球刀加工生成的刀具路径较长，加上刀具的刚性不足，进给率和切削量都无法增加，延长了切削时间，降低了加工效率。

## 发明内容：

本发明的目的是克服现有技术的缺陷和不足，提供一种刀具进给量大，叶片变形小，走刀路径短，切削效率高的整体叶轮叶片的插铣刀加工方法

本发明的技术解决方案是：整体叶轮叶片的插铣刀加工方法，采用数控机床加工，刀具采用插铣刀，插铣刀在叶片上的走刀方向为叶轮径向。

本发明还可以在插铣刀数控加工完叶片后，采用抛光砂轮去除相邻两刀间的残脊高度。

本发明所述的插铣刀又名 Z 向进给铣刀，在加工自由曲面整体叶轮的叶片时，采用插铣刀并选择基本垂直于叶片顶面弧线的进给方向进行切削加工，通过调整刀具倾角使刀具与工件不产生干涉，并保持一定的安全距离，其它参数根据加工余量和加工精度按普通的方法设定即可。

与传统的加工方法相比，本发明的主要优点在于：

1. 采用插铣刀加工，走刀方向为刀具轴向，切削时刀具的径向分力很小，从而有效抑制了工件和刀具的振动，使切削平稳，叶片变形量小且易于控制，加工质量容易保证；而且振动减少后，可加大切削用量，从而提高了加工效率。

2. 由于是轴向进刀，刀具在叶片曲面上的运动范围小，长径比小，刀杆长度对加工时的振动和变形影响小，调整刀具与工件干涉现象的余地较大，即使插铣刀直径较粗，刀具与工件也不易产生干涉现象。

3. 插铣法加工生成的刀具路径短，因此提高了加工效率。本发明方法不仅可以应用于轴流式整体叶轮自由曲面叶片的加工，也可以应用于离心式整体叶轮自由曲面叶片的加工。

## 附图说明：

图 1 是轴流式整体叶轮的结构示意图

图 2 是传统球刀 3 加工的走刀路径图

图 3 是本发明插铣刀 4 加工的走刀路径图

## 具体实施方式：

以下结合附图说明和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明：

参见图 1，图 3，本发明整体叶轮叶片的插铣刀加工方法，采用数控机床加工，刀具采用插铣刀 4，插铣刀 4 在叶片 3 上的走刀方向 41 为叶轮径向。

### 实施例 1：

采用本发明方法加工轴流式整体叶轮的自由曲面叶片 2，叶轮材料为超低碳双相不锈钢，叶轮最大直径为 800—1000 毫米，叶片 2 最大高度为 240—260 毫米。在五坐标数控加工机床上进行加工。其插铣刀加工方法的创建及程序的生成包含下列步骤：

1 在 UG NX2.0 /CAD 模块中建立叶轮的实体模型。

1. 1 根据设计图纸给出的设计点，将同一截面的点用 NURB 样条（非均匀有理 B 样条）连接成封闭曲线，并进行光顺处理。

设计图纸给出的点为叶片 2 截面上的离散点，为了生成叶片 2 的自由曲面，须将这些点拟合成线，为了使生成的线光顺，通过使用绘制样条曲线命令，选用 NURB 样条，将这些点首尾连接成一封闭曲线；并利用软件的曲线分析命令对曲线各处的曲率进行调整，使各处光顺无拐点。

1. 2 通过扫掠的方法，将同一叶片 2 的所有截面线生成曲面。

通过以上操作，叶片 2 的所有截面点生成各个截面线，再调用软件的扫掠命令，按顺序选择每个截面线为扫掠曲线，注意所有截面线的方向须一致，生成单个叶片 2 的曲面。

1. 3 将叶片 2 曲面封闭，通过填充操作生成实体。

叶片 2 的自由曲面生成后，由于顶面 25 及毂面处没有截面线，自由曲面向内须延伸到毂面处，向外须延伸到顶面 25 处。这一过程是通过软件的曲面扩大命令来完成，两端均按曲率方向自由延伸。然后通过毂面的锥面和顶面，利用缝合命令将叶片 2 各面缝合成一封闭曲面；再使用软件的填充命令将封闭曲面填充成一实体。

1. 4用软倒角操作生成叶片2与轮毂1间的过渡圆角26，并通过阵列等操作完成整个叶轮的实体模型。

单个叶片2实体生成后，通过环形阵列命令，阵列角为60度，在轮毂1圆周生成6个等分叶片2；叶片2与轮毂1间的过渡圆角26，通过软倒角操作，选择起始倒角为R17，终止倒角为R26，中间为线性变化，生成过渡圆角26，从而完成整个叶轮三维模型的建立。

2. 在UG NX2.0/CAM模块中，创建叶轮的加工方法。

2. 1创建加工刀具。

在多轴加工的软件环境里创建参数插铣刀4的参数，具体参数为插铣刀4刀具的直径63毫米，刃长10毫米，刀尖圆角R0.2毫米，柄部直径50毫米，长度275毫米。

2. 2创建插铣刀4的加工方法，重点是将走刀方向41的方式选为叶轮径向，其它参数根据加工余量和加工精度设定。

创建加工方法时，调用多轴铣模块。首先选择加工几何（实体）为单个叶片2实体，干涉几何为相邻的两个叶片2及轮毂1体，加工刀具选上面创建的插铣刀；上述选择完成后，进入驱动面的设置和选择菜单，也是编程中的主要加工参数设置处，主要有以下几个参数：驱动面选择、驱动面的大小、切削余量、切削方向、切入和切出精度、残脊高度、刀具投影方向、进给量及进退刀等。下面就这些参数做进一步说明：

驱动面选择既可以选择加工表面为驱动面，也可以选择另外单独建立的面，这里单独设置了等参曲面为驱动面，使刀具的运动轨迹较平稳。

驱动面大小选为0%-100%。

切削余量根据工艺需要可适当选择，这里采用粗加工为3.5mm，半精加工为1.5mm，精加工分两刀进行，由0.5mm至完成。

切削方向为插铣加工方法的重要选项，在软件给出的多个进给方向中，选择指向叶轮轴心的方向，即叶轮径向为切削方向。

切入和切出精度可根据粗、精加工的精度不同及零件的精度要求而设置，一般粗加工设置低，精加工设置高，这里精加工设置切入精度为0.02mm，切出精度为0.03mm。

---

残脊高度为相邻两刀间加工产生的波峰与波谷的高度，也根据粗、精加工的不同而设置，这里精加工设置为0.02mm。

刀具投影方向选为叶轮的轴向。

进给量这里选500毫米/分，进退刀及其它参数按通常的加工工艺设置即可。

2.3所有参数设定后，软件自动计算出刀具路径，这时须仔细检查刀具路径，是否有突变和不正常，否则须对参数进行调整，然后进行动态仿真和干涉检查。

2.4选用机床后处理器，生成用于加工的数控程序（G代码），并在VERICUT软件中对G代码进行仿真加工，从而得到最终的加工程序。

插铣刀4数控加工完叶片2后，采用抛光砂轮去除相邻两刀间的残脊高度。残脊高度是指插铣刀4进给后相邻的两切削弧在叶片2上所留下的径向条状加工刀痕。同时也可采用抛光砂轮打磨出叶片2根部与轮壳1之间的过渡圆角26。

实施例2：

采用球刀加工方法和本发明方法对上述同一整体叶轮叶片2进行加工并作比较：先采用球刀加工，每件整体叶轮叶片的加工周期约17天（每天20小时），共约340小时；后采用插铣刀按本发明方法加工，每件整体叶轮叶片的制造周期约7天，约140小时。本发明方法的加工效率较球刀加工提高2倍以上，且生产的整体叶轮产品精度大大提高，质量得到稳定控制，完全满足了大直径、高精度叶轮产品加工的需要。

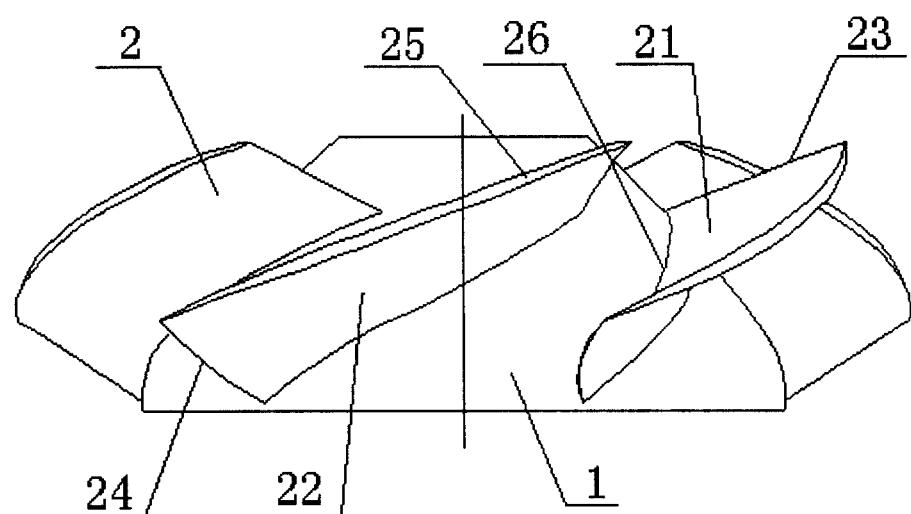


图1

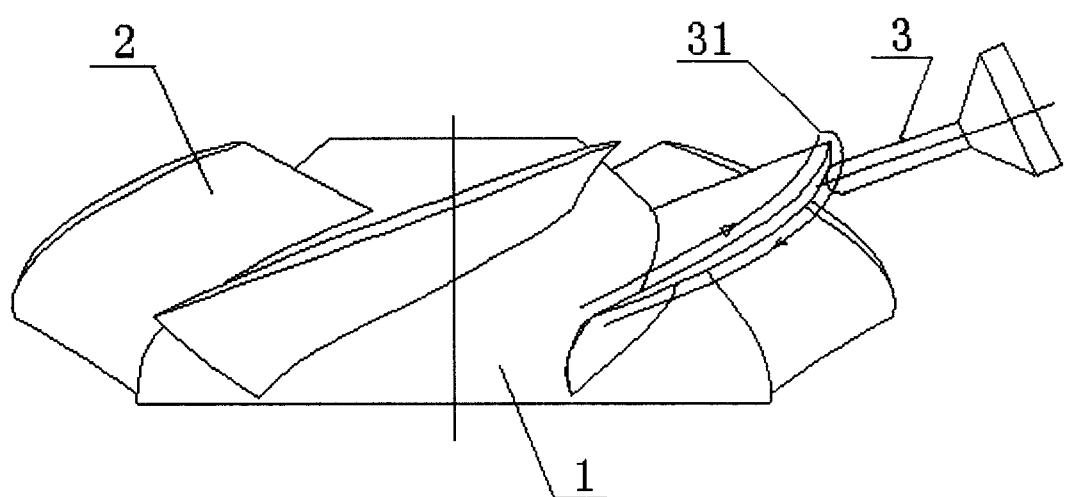


图2

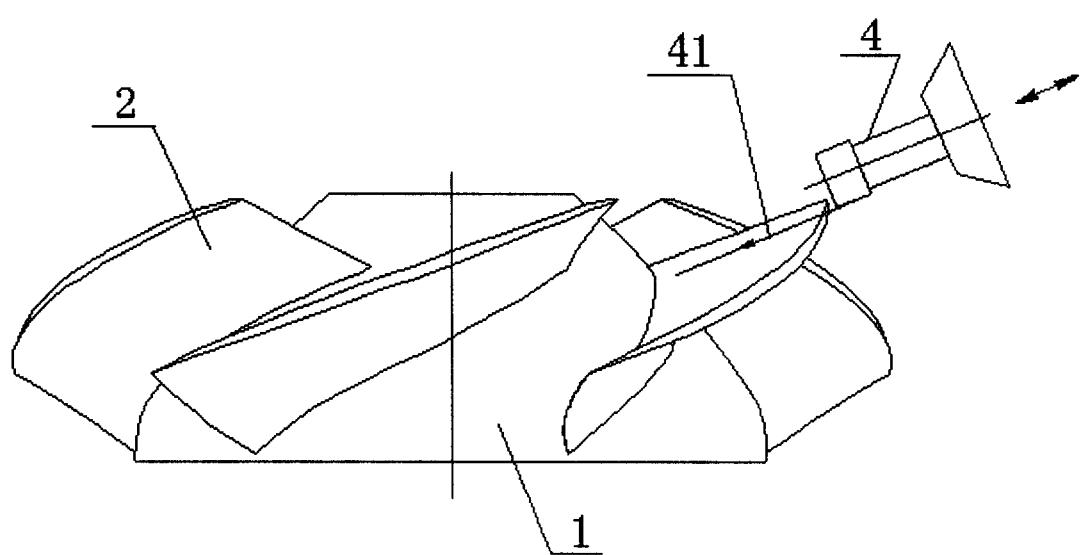


图3