

法兰接管马鞍曲面的加工方法研究

赵学^{1,2} 吴凯¹ 冯立杰³ 魏泰²

(兰州理工大学数字制造技术与应用省部共建教育部重点实验室¹, 兰州 730050; 机电工程学院², 兰州 730050;

上海航天精密机械研究所³, 上海 201600)

摘要 针对目前法兰接管裙边的马鞍曲面加工方法进行研究。在对马鞍曲面特点深入分析的基础上,提出了一种简单可行的加工方案。使现存的加工方法不能实现最佳切削速度有很大改进。

关键词 大型压力容器 法兰接管裙边 马鞍形曲面 车削加工 铣削加工

中图分类号 TG543; **文献标志码** A

在炼油工业中加氢反应器是一个必备的设备。是由于加氢反应器要在高温、高压、临氢和硫腐蚀的苛刻条件下工作,而且其介质氢气易燃、易爆,危险性高。随着加氢反应器容积的增加,使反应器壁厚、结构尺寸增加及整体重量成倍增加,这一变化对反应器的制造装备提出了新的要求^[1]。其中之一是在反应器加工过程中的筒体焊接接管的加工。由于接管焊接裙边实际为马鞍形曲面,随着接管的尺寸、壁厚加大,使得加工接管裙边更加困难^[2]。探讨研究合适的加工方法,替代现有的加工方法,以应对接管裙边尺寸变化,适应新形势下的接管焊接裙边马鞍形曲面的加工。

1 目前国内的加工工艺的分析

如图 1,法兰接管是由两个圆柱相贯并的相贯线由圆弧 R 过渡而形成的空间曲线呈马鞍曲面。

接管裙边上表面马鞍形曲面 (1) 现用的加工方法是在一台重型刨床上进行刨削加工,上表面圆弧曲面形状由靠模形成。在加工零件前,先制做出靠模,在刨床上的进刀深度则按照靠模曲线控制,仿形出所需的马鞍曲面。

1.1 加工方法存在的缺点

(1) 不同圆弧曲面需要不同靠模,靠模制造不仅浪费材料,增加成本,且靠模制造过程困难。

(2) 刨削是不连续的切削运动,效率比较低。

(3) 刨削过程为断续切削,刀具容易损坏。

接管裙边下表面马鞍形曲面 (2) 现用的加工方法是对卧式车床的刀架进行改造,采用自制液压仿形刀架,进行仿形车削加工。工作原理是由一个探头直接与已经加工好的上表面圆弧曲面接触,刀具由液压跟踪系统控制,实现随动运动完成轴向进给。

1.2 工艺过程存在的缺点

(1) 工件旋转一周,刀具轴向往复 2 次;曲面加工中,圆周切削点变化,刀具实际切削刃的前后角也发生变化;

(2) 曲面轨迹的形成由工件的旋转运动与刀具轴向进给复合组成,由于刀具轴向往复跟踪速度有

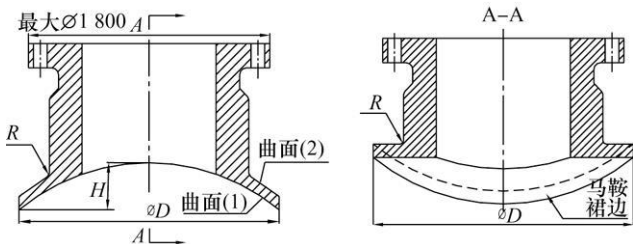


图 1 法兰接管结构

2011 年 1 月 27 日收到

第一作者简介:赵学(1961-),甘肃平凉人,兰州理工大学副教授,硕士生导师,研究方向:数控技术及精密制造装备。

限, 制约工件旋转速度很低 (主轴转速 $3-4 \text{ r/min}$), 使主切削速度很低:

(3) 由于传动原理的限制, 加工过程无法较好满足切削用量要求, 加工效率低 (加工一个接管裙边下表面约需要 6 个工作日);

(4) 对于厚壁压力容器的接管, 由于马鞍形曲面的曲率半径小, 刀具轴向往复距离长, 主轴转速降至更低才能实现刀具跟踪; 这种加工方法会使刀具实际切削刃的前后角变化更大, 使切削要素更加恶化, 无法完成加工过程。

就国内来说, 目前马鞍形法兰曲面加工常用仿形车床、刨床、数控铣床加工等方法完成, 这些方法对于壁厚不大的马鞍形裙边法兰加工是比较适合的^[3]。但随着尺寸, 壁厚的不断大型化, 目前的加工方法已经不能适应法兰由于壁厚和尺寸的增加引起的法兰接管曲面加工问题, 因此本着这些问题进行开发和研究马鞍形接管法兰焊接裙边表面的加工专用设备是必要的。

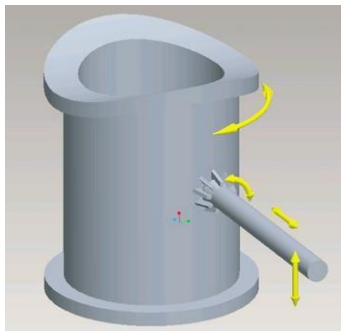


图 2 刀具和工件的相对运动图

2 铣削加工的运动控制方案

采用车削加工主切削速度由工件旋转与刀具轴向运动合成产生。工件旋转与刀具轴向运动是内链转动, 避免车削方法中存在的问题, 最有效的手段是主切削速度不受曲线形状的制约。根据被加工对象的结构及特征分析, 加工采用铣削, 其刀具和工件的相对运动关系要求如图 2 所示。该铣削方式在内链传动上只有铣刀杆的上下与工件旋转为内链传动。控制系统构成简单, 且可有效地解开

主切削速度与工件线形的关系, 使得主切削运动不受接管法兰壁厚、外形尺寸的影响, 有利于达到最佳主切削速度, 可有效提高加工效率。

3 铣削加工中的内链控制方式

根据图 2 所示的相对运动关系, 马鞍曲面是由工件旋转与铣刀盘轴线上、下运动配合, 形成一个环形曲线所组合产生。加工前的起点应在曲线的最下方。

设所加工的马鞍曲面对应的焊接筒体半径为 R , 当前所加工的环形马鞍曲线对应的半径为 r , 起始点为 A 点, 工件顺时针旋转, 如图 3 所示 (图 a 为所要加工工件的主视图, 图 b 为仰视图, 图 c 为右侧图)。

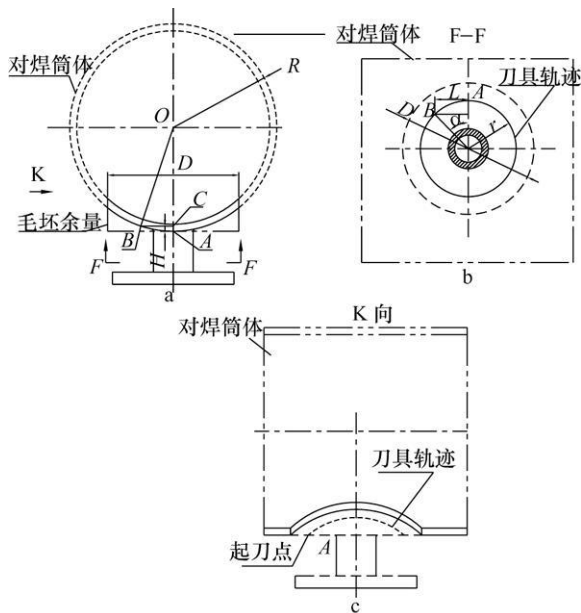


图 3 刀具位置关系图

设工件由起始点 A 点旋转到 B 点, 对应旋转角度为 α , 对应铣刀盘轴线上、下运动的距离为 H 。根据图 3 的几何关系, 可得到以下的方程式:

根据图 3b 有

$$L = r \sin \alpha \quad (1)$$

根据图 3a 有

$$H = R - \sqrt{R^2 - L^2} \quad (2)$$

$$\begin{cases} L = r \sin \alpha; \\ H = R - \sqrt{R^2 - L^2}. \end{cases}$$

求得 $H = R - \sqrt{R^2 - (r \sin \alpha)^2}$ (3)

由式(3)可知,在以图2的运动关系进行加工时,刀轴上下运动和工件的旋转运动在 α 一定时,随径向吃刀的移动,环形马鞍曲线半径 r 也发生变化,对应的刀轴上下运动量也发生变化;式(3)所表示的线形既不是直线,也非圆弧。在加工过程执行前必须进行数字化预处理。

4 结束

(1)本文给出了马鞍形接管法兰焊接裙边曲面采用盘形铣刀的加工方法,有效地解开了主运动与曲线形状的关系,使实现最佳切削速度成为可能。

(2)采用图2所示的运动控制,以被加工件的特点,把一个空间复杂曲面的加工变为由一个旋转运动与一个直线运动合成实现,大大简化了控制系统。

(3)把现有的一个复杂仿形传动机械变为可由全数字控制传动系统实现,简化了传动结构,提高了传动可靠性。

参 考 文 献

- 1 《压力容器实用技术丛书》编写委员会. 压力容器制造和修理. 北京: 化学工业出版社. 2004
- 2 王 强. 加氢反应器制造质量因素. 科技资讯. 2006; (24): 25-25
- 3 陈云雪, 张慧范, 娄 力. 大直径多曲面相切马鞍形曲面的加工. 机床与液压, 2004; (9): 185-186

Research on Processing Methods of the Saddle Surface of Flange Connection

ZHAO Xue^{1,2}, WU Kai¹, FENG Li-jie³, WEI Tai²

(Key Laboratory of Digital Manufacturing Technology and Application, The Ministry of Education¹,

Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, P. R. China; School of Mechanical and

Electronical Engineering², Lanzhou 730050, P. R. China; Shanghai Spaceflight Precision

Machinery Research Institute³, Shanghai 201600, P. R. China)

[Abstract] Processing methods of saddle surface at the connecting edge between pipe and flange and raised a simple and feasible processing proposal on the basis of deep analysis on the saddle surface characteristics are researched. Improved a lot on that the existing machining method can not achieve the best cutting speed.

[Key words] large pressure vessel flange connection edge the saddle surface turning milling