

## 面铣削异常刀纹问题分析

陈磊, 郭燕武\*

江铃汽车股份有限公司 江西南昌

**【摘要】**在顶面铣削过程中, 进刀位置、走刀路径改变时, 容易产生异常刀纹, 部分手指触摸无凹凸感, 严重的时候会产生刀纹台阶, 手指触摸有明显凹凸台阶感, 难以消除。刀纹台阶的存在, 影响产品表面质量, 严重的影响产品的密封效果, 容易导致产品漏油。因此, 消除异常刀纹台阶, 保证产品质量十分重要。本文就面铣削异常刀纹产生的原因及消除办法进行交流。

**【关键词】**顶面铣削; 异常刀纹; 刀纹台阶

### Analysis of abnormal knife pattern in surface milling

Lei Chen, yanwu Guo\*

Jiangling Automobile Co., Ltd. Jiangxi Nanchang

**【Abstract】** in the process of milling the top surface, it is easy to produce abnormal knife lines when the position of the feed and the path of the walking knife are changed, some fingers touch without concave and convex feeling, and when it is serious, it will produce knife grain steps, and the finger touch has obvious concave and convex platform step feeling, which is difficult to eliminate. the existence of knife grain steps affects the surface quality of the product, seriously affects the sealing effect of the product, and easily leads to the oil leakage of the product. Therefore, it is very important to eliminate the abnormal knife grain step and ensure the product quality. In this paper, the causes and elimination methods of abnormal knife pattern are discussed.

**【Keywords】** Top milling; Abnormal knife pattern; Knife pattern step

引言: 面铣削加工工艺过程中, 接刀纹、震刀纹等异常刀纹情况出比较频繁, 尤其是薄壁件加工, 严重影响产品表面质量, 困扰各个工艺人。如何在众多因素中, 快速找到关键因子, 快速解决问题是我们不懈的追求。以下以摇臂室座顶面铣削为例异常刀纹产生的可能因素进行剖析。

#### 1 摇臂室座顶面加工工艺简介

1.1 摇臂室座毛坯材质为 Aisi9Cu,HBS 80,顶面铣削余量 1.0mm.最终成品主要要求: 顶面粗糙度 Ra3.2, 平面度 0.12。

#### 1.2 加工工艺介绍

(1) 设备: 卧式加工中心, 带 B 轴形式立式夹具。

(2) 刀具:  $\phi 80\text{mm}$  硬质合金 9 刃铣刀进行粗加工,  $\phi 80\text{mm}$  PCD 材质 6 刃铣刀进行精加工。

(3) 定位及装夹: 自动液压夹具, 采用底面三个硬支撑点、三个液压辅助支撑点及 375、396 铸造孔进行定位, 三个硬支撑点为夹具夹紧点。

(4) 设计加工余量为 1.0mm, 铸造坯缝要求不高于 0.8mm, 精铣余量为 0.5mm。

#### 2 异常刀纹产生的原因分析

正常加工加工面刀纹如下左图示, 异常刀纹或刀纹台阶如下图 1 示。摇臂室座顶面加工整个工艺过程中, 影响因素比较多, 设备、夹具、刀具、工件、切削液等均会影响加工表面质量, 我们从人、机、料、法、环五个方面逐一进行分析:

##### 2.1 人的因素

现场实际生产过程中, 也存在人为因素导致加工过程出现异常刀纹情况。原因简单、明确, 往往分析过程中容易被忽略, 从而造成人力、物力的浪费, 造

作者简介: 陈磊 (1987-) 男, 江西南昌, 本科, 助理工程师, 主要工作方向为发动机制造工艺。

\*通讯作者: 郭燕武 (1989-) 男, 江西吉安, 本科, 中级工程师, 主要工作方向为发动机制造工艺。

成生产的损失。主要从以下三个方面分析:

(1) 上料不到位、导致工件定位不准确; 可通过判断工序其他加工内容, 例如孔位置度进行辅助判断。经目视确认及三坐标检测确认, 位置度无问题, 可排除该因素。

(2) 人为疏忽, 漏安装粗铣刀或精铣刀, 两把

刀具安装顺序错误; 直接检查确认机床刀具, 无漏装、无错装情况。实际检查确认, 刀具安装无异常, 可排除该因素。

(3) 刀具刀补值测量、修改错误, 导致粗、精加工余量分布不均<sup>[1]</sup>; 可直接核对刀补信息确认。重新复测刀具长度、刀补值等均无异常, 可排除该因素。

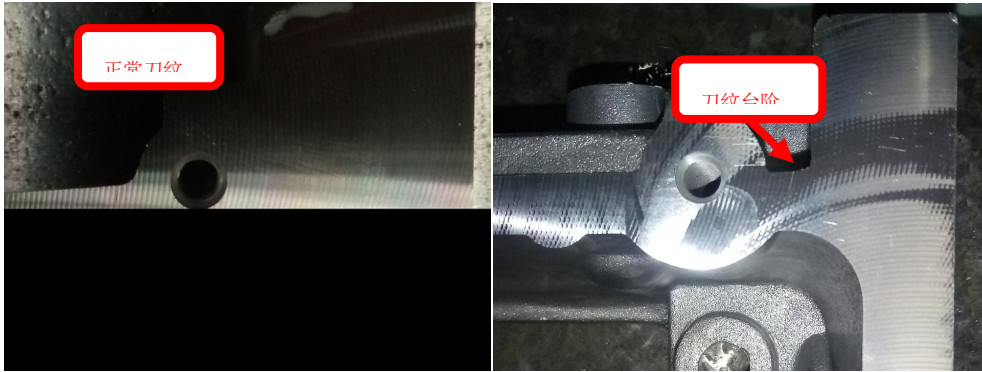


图 1

### 2.2 机的因素

设备是加工的主要载体, 设备的主轴、夹具、刀具等均直接影响产品加工质量。现场实际生产过程中, 加工出现质量问题等异常情况, 百分之八十是因为设备上出现问题导致, 主要在以下三个方面

(1) 设备主体因素

①主轴拉紧力不符合要求, 主轴拉紧力低, 导致刀具转动过程中晃动大, 加工不稳定; 可通过拉紧力测量仪直接测量判断, 实测拉紧力 20.5KN, 满足设备出厂规范, 可排除该因素。

②主轴跳动过大; 可直接使用芯棒及表座打表确认主轴跳动情况, 直接判断, 也可通过本工序其他精加工孔直径情况辅助判断。实际检测本工序其他铰孔孔径非常稳定, 变差在 0.004 以内, 且实际检测主轴跳动 0.003, 符合设备出厂规范, 可排除该因素。

③主轴存在上下倾斜裁刀或左右倾斜情况; 可通过刀纹样式进行辅助判断, 进刀位置或出刀位置有刀纹台阶, 或者刀具整体参与铣削的表面无刀纹台阶, 刀具部分参与铣削的有台阶, 则主轴存在倾斜情况可能性比较大。也可直接通过芯棒及表座测量主轴上母线、侧母线进行最终确认。实际检测主轴上母线、侧母线均小于 0.005, 可排除该因素。<sup>[2]</sup>

④Z 轴存在反向间隙; 可通过芯棒及表座打表测量确认, 也可直接检查 Z 轴联轴器、锁紧螺母是否松

动进行最终确认。实际检查 Z 轴联轴器、锁紧螺母无松动, 打表测量反向间隙 0.0, 不存在问题, 故排除该因素。

⑤设备 A、B 轴有间隙; 可直接通过芯棒及表座打表测量进行确认。更进一步的检查方式, 安装好测量表, 使用撬棍等工具稍微用力撬动 A、B 轴, 观察间隙情况。实际检测发现 B 轴间隙达到 0.12mm, 该因素为影响因素。

⑥Z 轴滑台抖动; 可快、慢速移动 Z 轴, 手触摸滑台感受是否有震动, 快慢速切换是否顺畅进行辅助判断, 也可打表判断。实际触摸滑台无震动感, 且打表进行确认也无异常, 可排除该因素。

⑦设备地脚螺钉松动; 可逐一拧紧确认即可。实际检查确认十个地脚螺钉, 其中有 6 个存在松动情况, 该因素为影响因素。

(2) 夹具因素

①夹爪隐蔽裂痕, 实际上工件没有夹紧; 可手动夹紧工件后, 用力掰动判断或目视检查确认。实际检查无异常, 可排除该因素。

②夹具油缸行程不足, 实际未夹到工件; 可采用着色法判断, 在夹爪与工件接触点着印泥, 手动装夹工件后松夹, 目视检查夹紧点有无着色印记。实际检查着色印记明显, 且有夹紧印记, 可确认夹紧接触无异常, 可排除该因素<sup>[3]</sup>。

③定位块存在松动情况;逐一进行点检,拧紧确认即可。实际检查无异常,可排除。

④辅助支撑行程不足,未支撑到工件;可采用着色法判断,在辅助支撑点上着色,手动装夹工件后松开,目视检查支撑点有无着色印记。或手动夹紧工件,使用塞尺检查辅助支撑点与工件接触部位是否有间隙进行判断。实际检查着色印记明显,0.02mm 塞尺无法塞入,可确认辅助支撑无间隙,该因素可排除。

### (3) 刀具因素

铣刀刀片高低差过大;可拆下刀具上对刀仪检查确认各刀片高度,确认是否符合调刀要求。刀片未拧紧;可逐一对紧固螺钉进行拧紧确认。刀片崩刃;直接使用对刀仪检查确认即可。刀具跳动过大;可直接在对刀仪上检测刀具跳动,或直接在主轴上检测刀具跳动。

### 3.3 料的因素

实际分析过程中,一般会优先确认物料是否异常,物料可直接检测判断,确认以下两个方面,比较容易识别。毛坯加工余量、铸造坯缝过大;参照毛坯图纸,直接检测确认毛坯余量进行判断。毛坯材质不符合要求;直接取样送理化室检测。

### 3.4 法的因素

生产线初始就存在刀纹缺陷,很可能原因在于工艺设计之初存在缺陷。需要对余量分布、刀具参数、加工路线方面重点进行分析。

(1)粗、精加工余量分布不合理;可单步加工,完成顶面粗铣后,目测刀纹、检测顶面尺寸判断。实际加工验证,粗铣后测量,实际留给精铣的余量为0.52mm,符合设计要求。

(2)刀具加工参数不合理,吃刀量、进给量过大;可直接查看加工程序有无改动,计算进给量是否符合设定要求。或者调整参数,试用快进给量与慢进给量加工对比,若刀纹能够消除,则优化加工参数,若刀纹无明显变化,则排除该因素。通过多次各类切削参数的调整试验,异常刀纹没有明显改善,可排除该因素。<sup>[4]</sup>

(3)刀具铣削的走刀路线设计不合理;可调整走刀路线进行试验,从不同的部位进刀加工,不同的方向铣削进行验证。原则上铣削进刀点应位于硬支撑点,夹爪夹紧处附近,铣削时工件受力方向与夹具夹紧方向一直效果最佳。通过修改走刀路线,从不同的部位进刀进行验证,异常刀纹没有改善,可排除该因

素。

(4)设备数控系统参数不合理,速度环增益值不合理;可以调整增益值加工验证,观察工件表面刀纹是否变化进行判断。与电气工程时一同进行验证,异常刀纹还是没有改善,故排除该因素。

### 3.5 环的因素

(1)加工过程中无冷却水或内冷压力过小;可在加工过程中从观察窗目视,同时检查内冷压力表读数是否符合要求。或者手动开启内冷、外冷进行验证。直接目视观察,加工过程中内、外冷喷液正常,压力显示也正常,可排除该因素。

(2)切削液浓度过低,刀具粘屑严重;可直接拆下刀具检查是否粘屑,或使用浓度测量仪检测切削液浓度,加液跟踪加工效果是否改善。要求浓度为5-8,实测切削液浓度7.5,检测PH值等均无异常,符合要求,加液后浓度提升至9,试加工验证,异常刀纹仍未消除,故可排除该因素。

综合以上分析,加工产生异常刀纹的主要影响因素为设备B轴间隙大,达到0.12mm,以及设备地脚螺钉松动。通过进一步检查,发现B轴与夹具体联接的紧固螺母存在松动情况,重新进行紧固后打表测量,间隙仅0.005,符合设备出厂要求,加工5台验证,摇臂室顶面异常刀纹仍然存在,但手指触摸台阶感较之前明显减轻。对地脚螺钉进行紧固后再次试加工验证,摇臂室顶面异常刀纹消除。故可确认B轴与夹具体联接的紧固螺母存在松动导致B轴间隙大,地脚螺钉松动是该异常刀纹产生的根本原因。

## 4 如何有效避免顶面异常刀纹的产生

实际生产过程中,人、料、环三个因素比较容易识别,可以快速分析判断并采取相应的措施进行解决。机、法因素是加工过程中产生振动,导致异常刀纹产生的主要原因,振动轻微时,产生异常刀纹,振动明显时,会产生异常刀纹台阶。尽量避免切削工件时的振动,才能有效避免异常刀纹、异常刀纹台阶产生。提高整个工艺系统的刚性,是解决振动问题的主要办法,主要从以下四方面着手:

### 4.1 机床的刚性

在动态、静态情况下,对设备的X、Y、Z轴进行精度检测,保证机床的各轴精度,间隙在0.015-0.025mm,定位精度0.008mm,重复定位精度在0.005mm。主轴锥孔、端面、锥面无磨损,拉刀力符合设备出厂规范。主轴远端、近端跳动、上母线、

侧母线精度均符合出厂规范。另设备 A 或 B 轴本体也需进行紧固、检查确认, 保证与机体连接、反向间隙等均符合设备出厂规范。

#### 4.2 刀具系统的刚性

在满足加工的情况下, 选择刀杆截面更大、刀杆悬深更短的刀具, 同时刀具直径较加工面直径稍大, 能够一次走刀完全覆盖加工区域即可。将现使用的  $\phi 80\text{mm}$  铣刀盘换为  $\phi 50\text{mm}$  铣刀盘进行加工, 异常刀纹明显改善。

#### 4.3 工件的刚度

确保各定位点高低差在  $0.03\text{mm}$  以内, 夹具夹紧受力点与定位点同心, 同时可以考虑增加辅助支撑点, 避免工件悬伸过长, 另辅助支撑点需确保行程足够, 能够有效起到支撑作用。

#### 4.4 吃刀量和进给量

采用合适的进给量、吃刀量及切削速度, 避免切削时工件, 整个工艺系统受力过大造成明显振动。另铣削力方向与工件夹持力方向保持一致, 也能够有效的减少振动。

结语: 本文结合现场遇到的实际问题的处理经历, 详细介绍了整个分析过程。实际生产过程中, 遇到这类加工面异常刀纹问题时, 能够协助现场分析解决实际问题。

### 参考文献

- [1] 孙莹. 基于 FANUC Robodril 加工中心工件表面刀纹问题的解决[J]. 制造技术与机床, 2015(3): 128-130
- [2] 侯晓林, 吴健. 异常刀纹产生的原因 [J]. 机床与液压, 2005(4): 192-199
- [3] 郭兴. 加工中心刀纹故障设备侧检查清单[J]. 设备管理与维修 2010(3): 66-67
- [4] 沈怡琳. 车床切削加工表面异常波纹分析[J]. 广西机械, 2000(1): 50-52

**收稿日期:** 2021 年 7 月 9 日

**出刊日期:** 2022 年 9 月 6 日

**引用本文:** 陈磊, 郭燕武, 面铣削异常刀纹问题分析[J]. 国际机械工程, 2022, 1(2): 15-18  
DOI: 10.12208/j. ijme. 20220012

**检索信息:** 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

**版权声明:** ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**