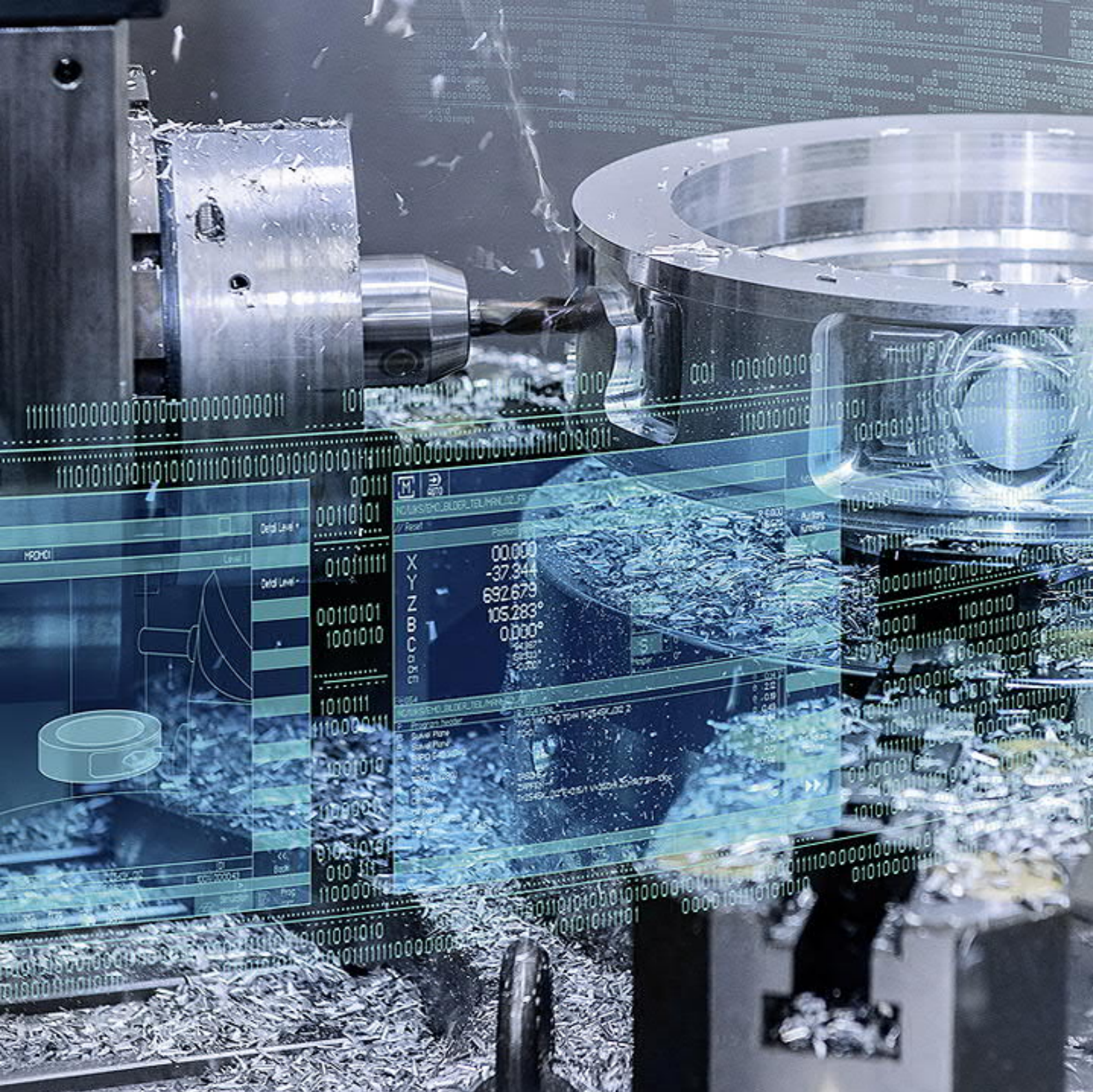




V1.0

SLC DF MC MTS APC

铣削加工典型问题分析 --竖纹

SINUMERIK 828D / 840D sl

铣削加工典型问题分析“竖纹”的分析与处理方法

目录

内容

1	概述问题现象	1
2	简要分析	1
3	常见问题	2
4	具体过程	3
5	案例	7
6	参考文献	12
7	作者/联系人	12
8	版本信息	12

免责声明

由于数控加工是个非常复杂和综合的问题，涉及控制系统，机床机械，程序，工艺，刀具等多方面因素。因此本文所列内容仅对部分遇到的典型问题进行分析，无法涉及所有问题。本文所涉及的加工问题均为日常工作中经验总结所得，仅供使用者参考借鉴，我们无法保证文中所介绍的方法和经验参数能百分之百解决您的问题，敬请谅解。

我们已对文章的内容进行检测，然而不排除存在偏差的可能性，因此我们不保证所有内容完全无误，必要的修正将包含在下一版本中。

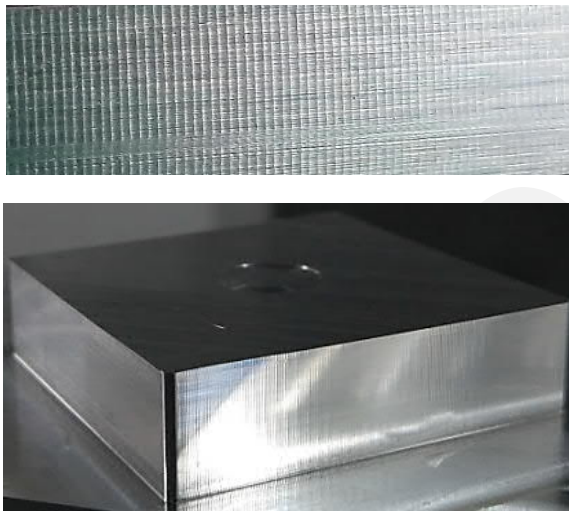
版权声明

本文著作权归作者所有，转载文本请注明文章出处及作者信息。

以上声明内容最终解释权归西门子（中国）有限公司所有，如有变动，恕不事先通知。

1 概述问题现象

侧刀铣削时，因机械传动、主轴、刀具、工艺、驱动调整等因素，导致切削面出现各种规则或不规则的竖纹，或其他表面问题。

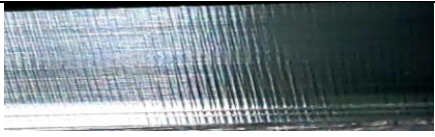
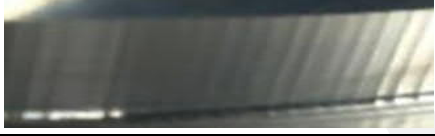


2 简要分析

出现问题首先需要判断哪些因素的影响，常见因素分成三部分：

- a. 机床本身机械因素：包含机床床身刚性结构，地基稳定与否，工作台和移动部件惯量计算，主轴振动等；
- b. 工艺因素：主轴转速，进给速度，加工余量，以及刀具选择是否合理，冷却液浓度，工件装夹是否稳固，加工程序公差和刀路是否合适；
- c. 系统调整因素：伺服驱动和电机选择是否合适，电机调整的速度加速度等等是否合适，对应的系统计算公差是否正确，系统响应跟随是否合适。

3 常见问题

NO.	常见问题	图片示意	分析原因	说明
1	侧面加工竖刀纹		机床机械因素，刀具或者主轴振动导致	均匀的振动纹路，属于非正常刀纹可以通过计算振动频率来反推出出现问题的方向
2	侧面加工倾斜振纹		机床机械因素，刀具或者主轴振动导致	由于机械或者刀具刚性不足导致加工表面振纹倾斜，不平行于刀具本身方向
3	侧面加工水波纹		机床机械因素，工作台和丝杠运动时振动导致	当机床运动时导致共振，产生加工明暗相间的规则纹理，可以通过参数尝试弥补
4	加工杂纹		机床机械因素，机械传动	丝杠不规则跳动或者工作台不平稳运行导致的振动
5	表面刀纹过粗		加工工艺问题	选择合适的工艺参数，包括主轴转速进给速度以及刀具，来选择合适的每齿进给
6	侧面(尤其是两轴插补)规则明暗纹		系统伺服调整	由于1FK电机的齿槽原因，需要对电机做力矩补偿
7	进退刀处接刀痕很明显		此类问题综合三个因素都有可能	反向间隙过大，余量不宜过大，加工速度不宜过快，系统因素方面压缩公差过大。
8	侧面有横纹		加工工艺问题	主要是刀具问题，刀刃磨损或者崩刃导致
9	侧面有白色或者麻点		加工工艺问题	冷却不充分，没有及时带走加工残屑，导致刮伤表面。或者冷却浓度问题影响冷却实际效果

4 具体过程

4.1 规律性竖刀纹

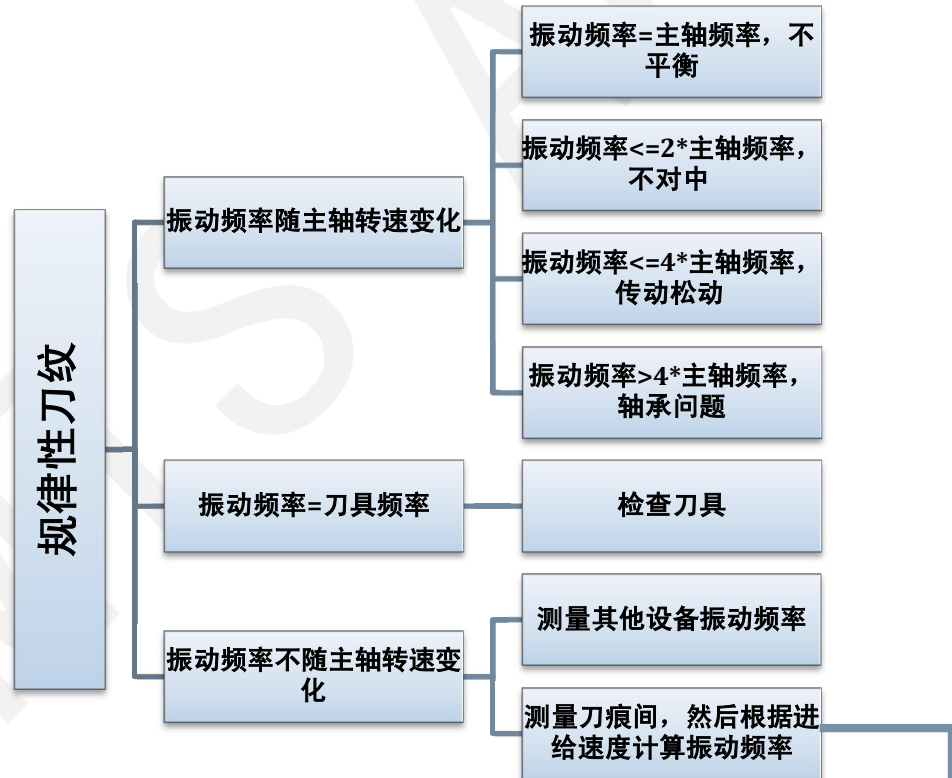
首先测量并计算频率

主轴频率(Hz)=主轴转速(r/min) / 60;

铣刀频率(Hz)=主轴频率 * 刀具齿数;

振动频率=进给速度(mm/min) / 60 / 振动间距

振动频率=主轴频率	主轴振动（主轴不平衡）
振动频率=刀具频率	刀具问题
振动频率=其他频率	尝试测量其他设备振动频率，如油冷机、空调、主轴风扇等



例如：测量 10 条振纹长度 2.5mm，单条振纹 0.25mm，进给速度 F2000，则振动频率=2000 / 60 / 0.25=133Hz，

设置所有轴 Jerktime，必须一致！

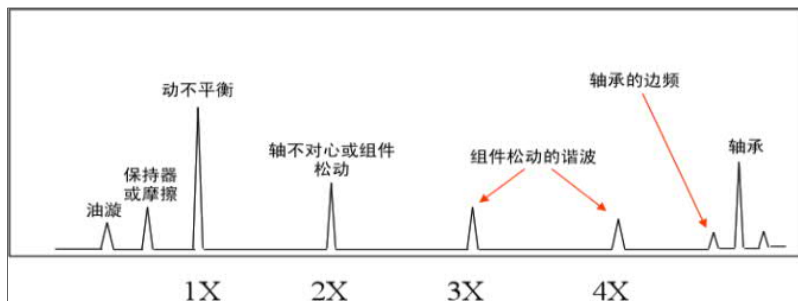
MD32410 \$MA_AX_JERK_TIME=1/振动频率(S)

MD32400=1，激活jerktime 功能

MD32402=2，滤波器类型为平均值

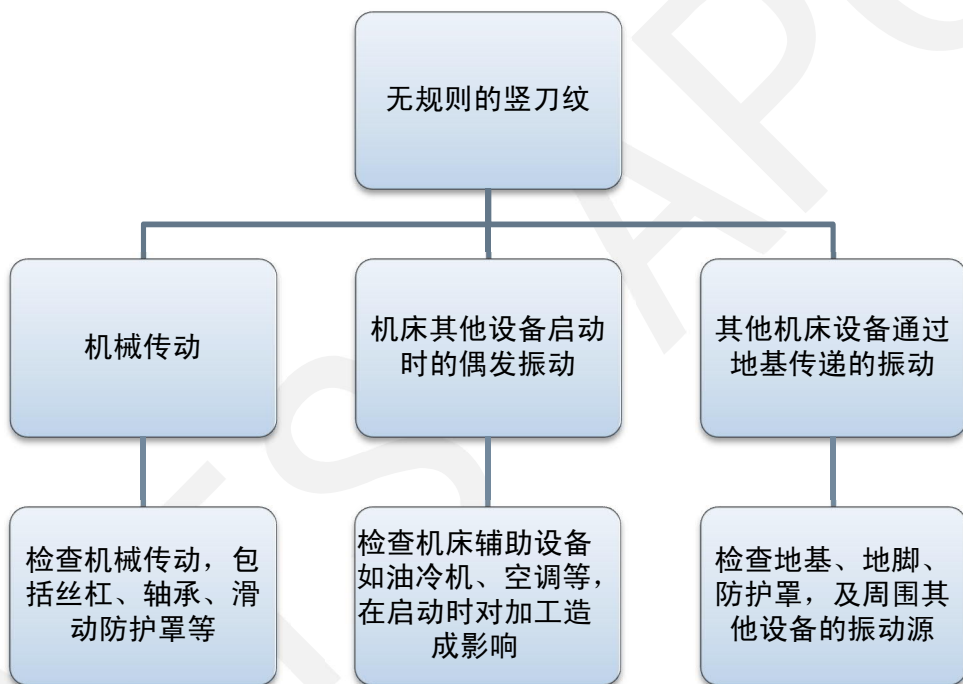
振动频率随主轴转速变化:

- 振动频率=主轴频率, 不平衡
- 振动频率 ≤ 2 *主轴频率, 不对中
- 振动频率 ≤ 4 *主轴频率, 传动松动
- 振动频率 > 4 *主轴频率, 轴承问题

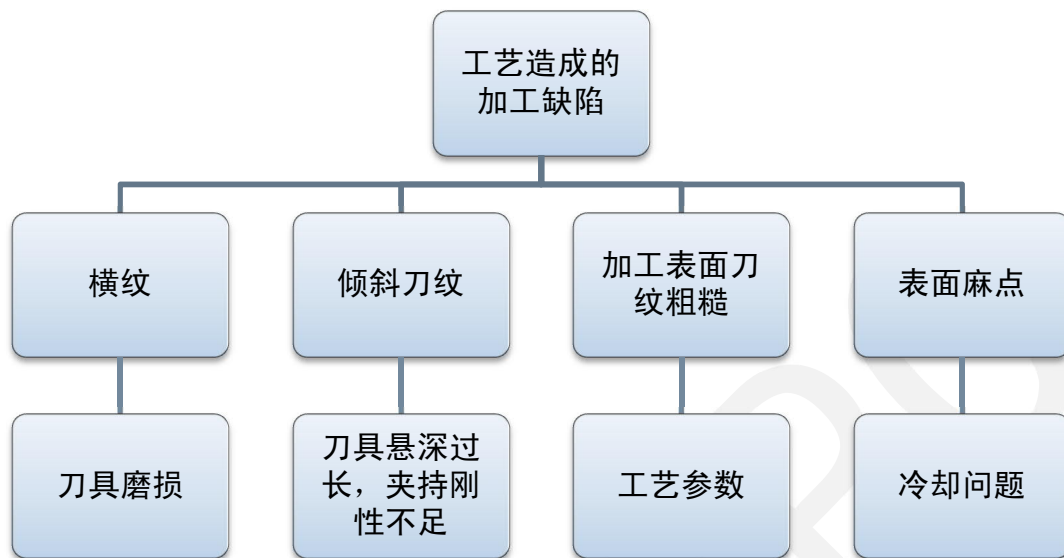


4.2 无规律的竖刀纹

对于无规则的刀纹, 原因来源分析:



4.3 工艺造成的加工缺陷



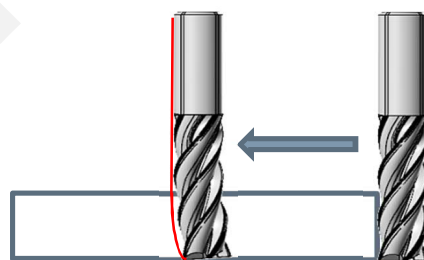
- 横纹主要是刀具问题，刀刃磨损或者崩刃导致；
- 倾斜刀纹：刀具悬深过长，夹持刚性不足，刀具悬伸尽可能小，夹持精度尽可能高，刀尖在加工时总跳动量是由主轴、基础柄、夹持端、夹套及切削刀具累积的结果



钢制刀具，悬深 $L \leq 4 \cdot D$

硬质合金，悬深 $L \leq 6 \cdot D$

当悬深过长，刀具会出现振动及变形，见下图，刀具在切削过程中发生变形，产生了倾斜刀纹。



- 加工表面刀纹粗糙：产生的原因是没有选择适合的工艺参数，每齿进给量没有掌握好，导致加工的表面有很深刀痕。而且此类问题会产生均匀很深的刀纹，掩盖了很多其他的问题。

每齿进给 = 进给速度(mm/min) / 主轴转速(r/min) / 刀刃数

4.4 插补时出现竖刀纹

- 产生原因是电机本身特性，需要对该类型电机做**齿槽力矩补偿**。该现象尤其是在两轴插补时候，加工表面体现很明显：

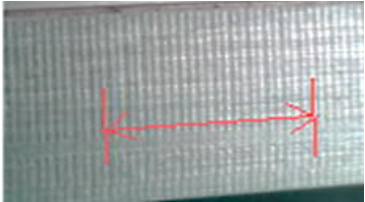


4.5 程序造成的加工影响

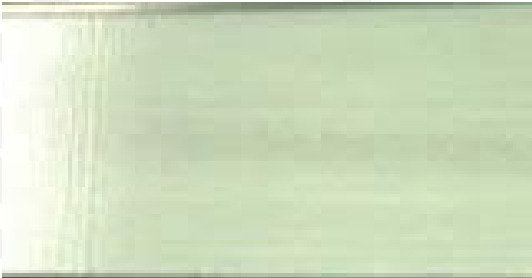
- CAM 生成程序时，错误的公差、步距、刀路，导致的加工缺陷
- 模型存在缺陷

5 案例

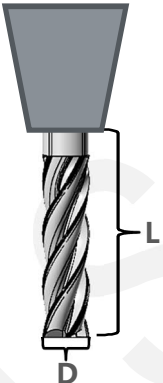
5.1 案例 1--主轴振动产生竖纹

现象描述	立式加工中心两刃立铣刀加工侧壁，主轴转速 9000rpm，进给 1800mm/min，效果如图
问题图示	
分析	 通过测量多组振纹计算，测量 30 条振纹长度 6mm，单条振纹 0.2mm； 主轴频率：9000/60=150Hz； 两刃立铣刀振动频率：150Hz*2=300Hz； 计算频率：1800(mm/min) /60/0.2=150Hz，与主轴频率相同。
解决方法	通过计算得到该振动由主轴影响导致。 之后通过改变主轴转速(进给速度保持不变)后再加工发现振动频率产生了变化，可以进一步推导出该振动源来自于主轴而非刀具振动和进给影响。 调整主轴降低振动后，再次切削，问题解决 
注：同样也可以通过改变进给加工速度来观察是否刀纹产生变化来推导出是否是进给产生的振动。	

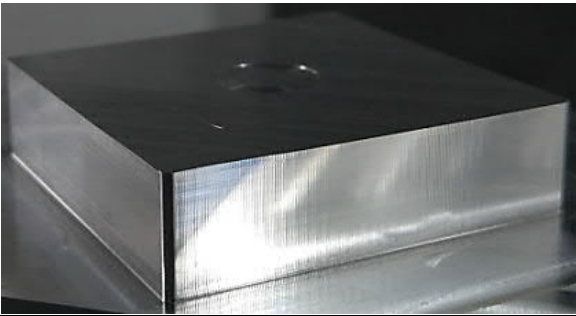
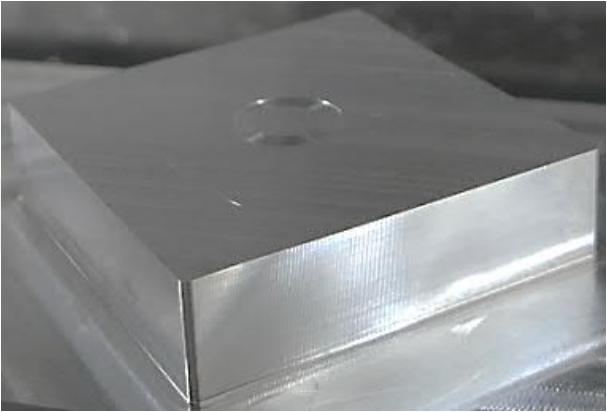
5.2 案例 2--进给轴振动产生竖纹

现象描述	加工中进给导致加工表面产生明暗相间的振动纹理，振动均匀而且一致，效果如图；
问题图示	
分析	可以逐个调整某个轴的进给速度，观察影响是否有改善，如果明显有改善那么可以反推出是某个进给轴运动产生的机械共振导致。如果没有条件改善机械共振，可通过 JerkTime 来尝试解决。 计算进给产生的表面振动频率： 例如：进给 F1800，30 条振纹一共测量 6mm 长度，那么振动频率为 $1800/60/(6/30)=150\text{Hz}$
解决方法	通过轴参数 MD32410\$MA_AX_JERK_TIME 作适当的调整： 设置所有轴 Jerktime 参数： MD32410\$MA_AX_JERK_TIME=1/150=0.0067s MD32400=1，激活 jerktime 功能 MD32402=2，滤波器类型为平均值； 参数生效后再次切削，问题解决 

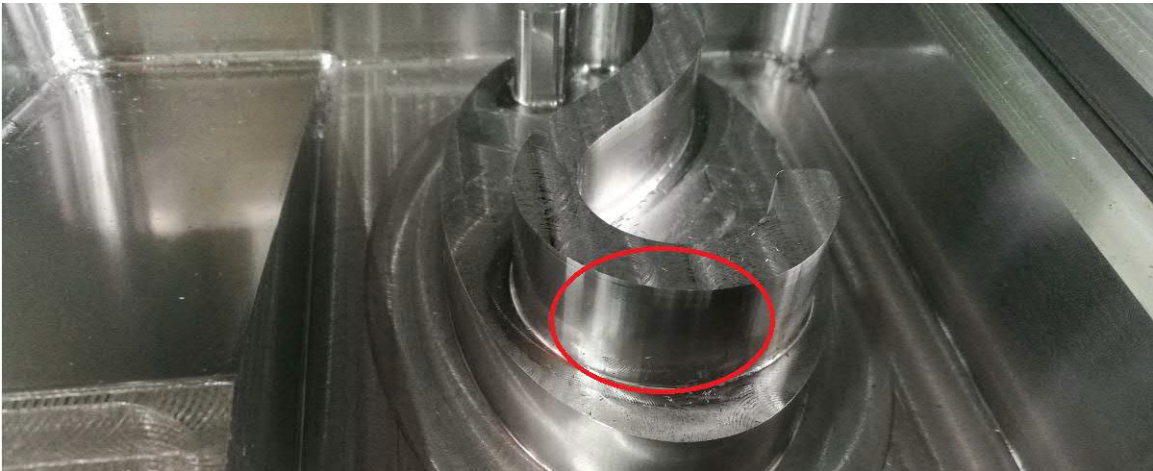
5.3 案例 3--刀具摆动造成竖纹

现象描述	立式加工中心立铣刀加工侧壁，产生了加工表面倾斜振纹的现象，效果如图 5-7
问题图示	
分析	导致该问题的主要原因来自于机械影响，由于加工中刀具摆动过大，产生加工刀纹和振动不平行于加工表面，从而产生了加工表面倾斜振纹的现象。 一般的影响因素：1，主轴刚性不够；2，刀具刚性不足过于伸长。  一般情况下，在保证正常加工的情况下，刀具悬伸尽可能小，夹持精度尽可能高； 刀尖在加工时总跳动量是由主轴、基础柄、夹持端、夹套及切削刀具累积的结果； 钢制刀具，悬深 $L < 4 \cdot D$ 硬质合金，悬深 $L < 6 \cdot D$
解决方法	调整刀具悬深，或更换夹持刚性更好的刀柄。 下图为更换刀具后切削效果 

5.4 案例 4--两轴插补侧刃铣削竖纹，力矩齿槽补偿

现象描述	立式加工中心铣方形的侧边，当两轴插补时，在侧边上有明显的竖楞。																																										
问题图示		自动伺服优化: 控制器参数浏览 专速环/速度环 通道: 1 驱动轴对组: DDS0 轴: AX2:MY1 轴数对组: 1 <table> <tr> <th></th><th>手动</th><th>自动优化</th><th>原始值</th></tr> <tr> <td>比例增益Kp:</td><td>3.375</td><td>3.375</td><td>3.5 Nms/rad</td></tr> <tr> <td>积分时间Tn:</td><td>0.00604</td><td>0.00604</td><td>6e-3 s</td></tr> <tr> <td>参考模型有效:</td><td>☒</td><td>☒</td><td>☒</td></tr> <tr> <td>参考模型频率:</td><td>80.47</td><td>80.47</td><td>78.06 Hz</td></tr> <tr> <td>参考模型阻尼:</td><td>0.7071</td><td>0.7071</td><td>0.7071</td></tr> <tr> <td>参考模型时间:</td><td>0</td><td>0</td><td>0 s</td></tr> <tr> <td>转速实际值滤波时间:</td><td>0</td><td>0</td><td>0 s</td></tr> <tr> <td>预估的总转动惯量:</td><td>0.009155</td><td>0.009155</td><td>0.009155 kgm2</td></tr> <tr> <td>电机转动惯量:</td><td>0.00147</td><td>0.00147</td><td>0.00147 kgm2</td></tr> </table>			手动	自动优化	原始值	比例增益Kp:	3.375	3.375	3.5 Nms/rad	积分时间Tn:	0.00604	0.00604	6e-3 s	参考模型有效:	☒	☒	☒	参考模型频率:	80.47	80.47	78.06 Hz	参考模型阻尼:	0.7071	0.7071	0.7071	参考模型时间:	0	0	0 s	转速实际值滤波时间:	0	0	0 s	预估的总转动惯量:	0.009155	0.009155	0.009155 kgm2	电机转动惯量:	0.00147	0.00147	0.00147 kgm2
	手动	自动优化	原始值																																								
比例增益Kp:	3.375	3.375	3.5 Nms/rad																																								
积分时间Tn:	0.00604	0.00604	6e-3 s																																								
参考模型有效:	☒	☒	☒																																								
参考模型频率:	80.47	80.47	78.06 Hz																																								
参考模型阻尼:	0.7071	0.7071	0.7071																																								
参考模型时间:	0	0	0 s																																								
转速实际值滤波时间:	0	0	0 s																																								
预估的总转动惯量:	0.009155	0.009155	0.009155 kgm2																																								
电机转动惯量:	0.00147	0.00147	0.00147 kgm2																																								
分析	● 检查机床地基支持; ● 检查刀具，主轴振动; ● Y 轴电机惯量比偏大，达到 5.2; ● 电机本身的齿槽效应造成																																										
解决方法	● 检查机床地脚支撑无问题; ● 检查刀摆，主轴震动无问题; ● 调整护罩后竖纹变淡; ● 使用齿槽力矩补偿功能，问题解决 本例由于无法更换电机，故使用齿槽力矩补偿，在调整了护罩并激活补偿后，斜边的数纹明显好转，如图 																																										

5.5 案例 5--外轮廓出现象限纹

现象描述	S 类型的样件有不规则的竖条纹，用手可以摸出来
问题图示	
分析	曲面出现竖条纹，首先查看加工程序模拟，发现问题如下图： 
解决方法	修改加工程序，缩短步距，问题解决

6 参考文献

《828D TC standard parameter_V1.0》— 胡令, 2018.12

《加工问题分析总结 V2.0》— 石璇, 2018.07

7 作者/联系人

Cao Peng

2019.1.1

8 版本信息

版本	日期	修改内容
V1.0	2019.1.1	