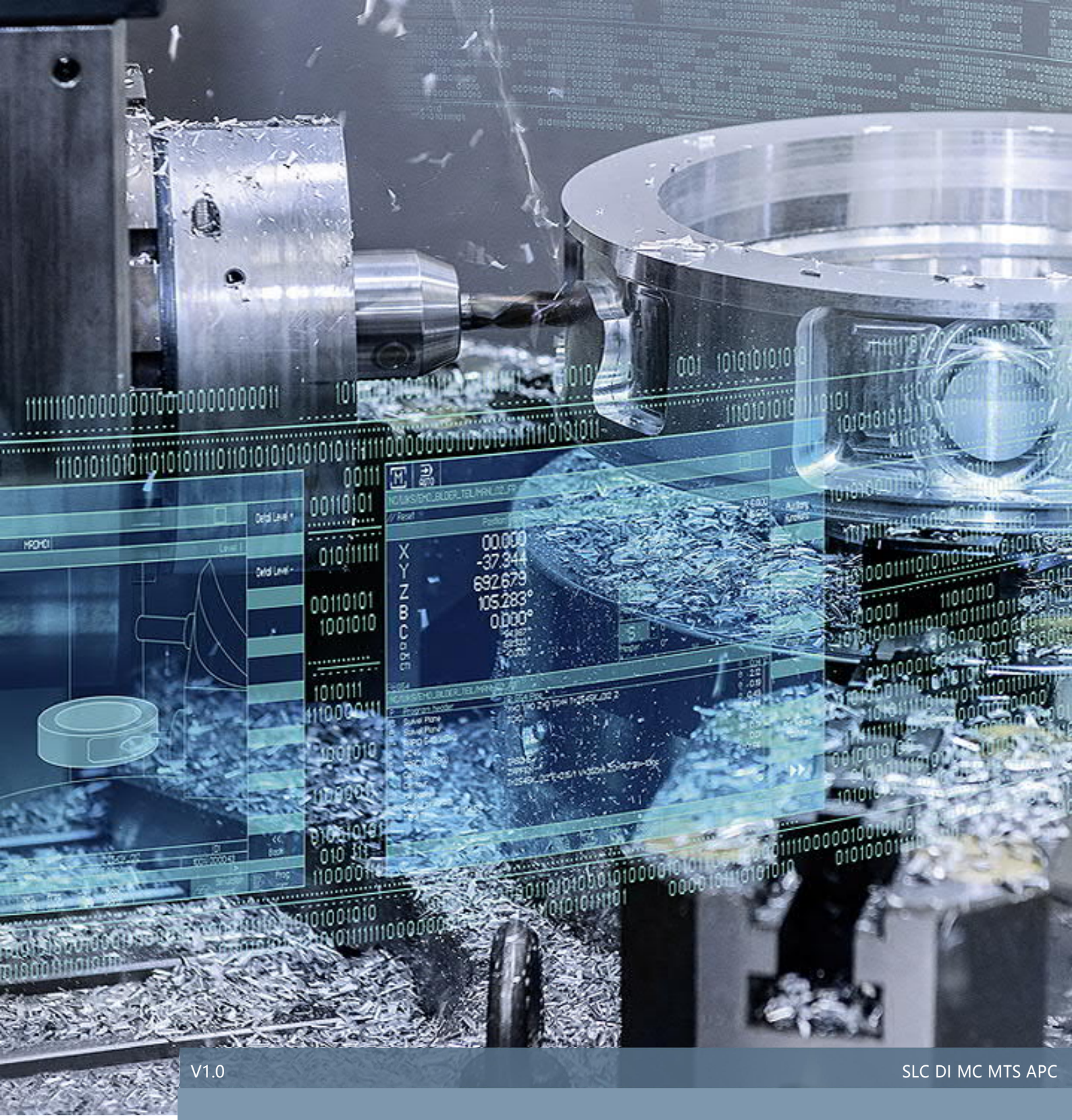


V1.0

SLC DI MC MTS APC

SINUMERIK 模具加工应用包

--振纹问题处理方法

SINUMERIK 828D / 840D sl

模具加工中典型问题“振纹”的分析与处理办法

目录

内容

1 问题概述 1

2 问题分析 2

3 处理流程 3

4 调试方法 4

5 案例举例 6

6 参考文献 12

7 作者/联系人 12

8 版本信息 12

免责声明

由于模具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查。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

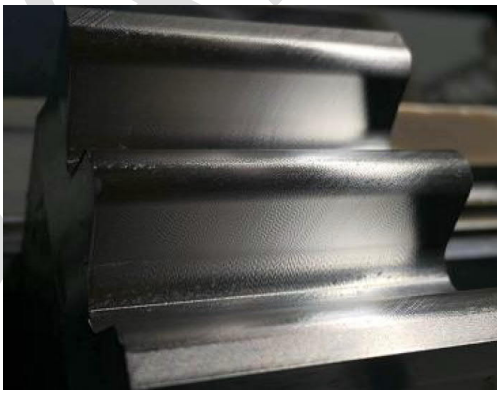
本文著作权归作者所有，转载本文请注明文章出处及作者信息。

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

MTS APC

1 问题概述

在模具加工中我们经常会遇到一些表面质量问题。工件表面刀路不直，排布不整齐，整体呈波浪状或橘皮状，我们称之为“振纹”。顾名思义振纹由振动引起，但不同原因所造成的振动实际反映在工件上的效果也有所不同，如下为一些常见的振纹效果。



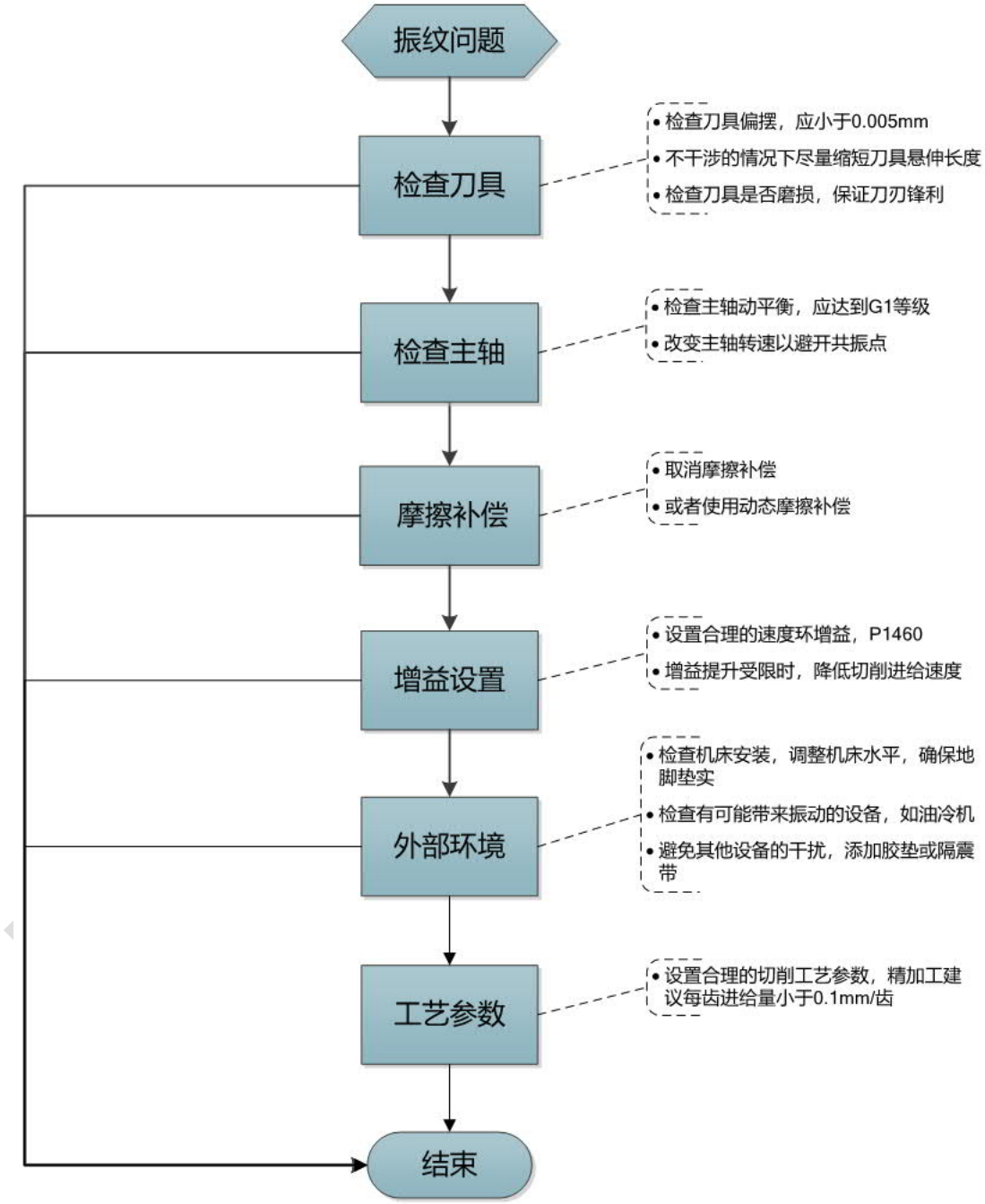
2 问题分析

造成振纹的原因主要来自于振动。整个机床的刚性或是切削系统的刚性不足都会引起振动，尤其是主轴振动，刀具，环境振动影响等。不合理的切削参数也会造成表面纹理粗糙，刀纹看起来不够整齐，呈波浪状。

常见原因，分析及处理办法如下表：

原因	影响因素	分析	处理办法
振动	主轴	主轴动平衡不好，在运转过程中有明显振动，使工件表面产生振纹	• 检查并调整主轴动平衡，应达到 G1 等级 • 改变主轴转速以避开共振点（频率）
	刀具	刀具装夹不好，偏摆过大导致动平衡变差；切削系统整体刚性不足，造成振动；刀具磨损导致导致工件表面变差	• 检查刀具偏摆，应小于 0.005mm • 不干涉的情况下尽量缩短刀具悬伸长度 • 检查刀具是否磨损，更换新刀具保证刀刃锋利
	外部环境	周边环境带来的振动，如油冷机，其他机床；机床安装地脚不实；机床地基不好等都会对加工带来影响	• 检查机床安装，调整机床水平，确保地脚垫实 • 检查其他有可能带来振动的设备，如油冷机等 • 避免将用于模具加工的机床安装在开粗机床旁边 • 地脚添加胶垫用于减震，对于高要求的机床，地基应增加隔震带
参数	静摩擦补偿	机床设置了过大的静摩擦补偿，从而影响表面质量	• 取消摩擦补偿 • 使用动态摩擦补偿功能
	增益设置	参数设置中轴的速度环增益过低，导致传动系统刚性不足，在高速运动中导致振动或增益设置过高，导致整个系统不稳定引起振动	• 修改参数设定，设置合理的增益 • 机械决定增益设置受限，则需降低切削速度
工艺	工艺参数	采用的每齿进给量与刀具不对应或过大，导致工件表过粗形成波浪纹理	• 针对使用的刀具和材料选择合适的每齿进给量，精加工建议应小于 0.1

3 处理流程


振纹问题
检查刀具
• 检查刀具偏摆，应小于0.005mm
• 不干涉的情况下尽量缩短刀具悬伸长度
• 检查刀具是否磨损，保证刀刃锋利
检查主轴
• 检查主轴动平衡，应达到G1等级
• 改变主轴转速以避开共振点
摩擦补偿
• 取消摩擦补偿
• 或者使用动态摩擦补偿
增益设置
• 设置合理的速度环增益，P1460
• 增益提升受限时，降低切削进给速度
外部环境
• 检查机床安装，调整机床水平，确保地脚垫实
• 检查有可能带来振动的设备，如油冷机
• 避免其他设备的干扰，添加胶垫或隔震带
工艺参数
• 设置合理的切削工艺参数，精加工建议每齿进给量小于0.1mm/齿
结束

4 调试方法

对于非参数设置因素所造成的问题，我们可根据上述流程和分析表格逐一检查。对于参数调整可参照本章节进行调试。

1. 摩擦补偿

机床制造商通常会使用静摩擦补偿功能补偿机床在过象限时产生的误差，一般都是在特定速度和半径下进行测试，如雷尼绍球杆仪测试半径为 100mm/150mm，测试速度为 1000mm/min。

模具加工对机床的刚性和动态响应能力要求较高，过象限时的误差较小，一般不需要使用摩擦补偿。模具加工中工件轮廓曲率复杂、速度变化大。为了达到一个稳定平滑的路径速度，系统精优曲面功能会在加工路径中生成样条曲线。当路径上的某个轴处于静止状态时，静摩擦补偿的生效可能会导致不期望的运动。过大的补偿值更会导致表面质量变差。因此对于模具加工我们建议取消静摩擦补偿，或者使用动态自适应摩擦补偿。

2. 增益调整

轴的速度环控制直接影响驱动控制系统的刚性和动态响应能力。如果增益过低，则会使控制刚性过低，当在高速运行中则会引起振动；如果增益过高，而机械刚性不足则会导致整个系统不稳定从而引起振动。

西门子数控系统提供在线自动优化功能，可帮助客户自动找出零点极点位置并添加对应的滤波器，设置合适的增益值。但如果用户进行手动修改则有可能出现问题。

- 增益大小的简单评估办法

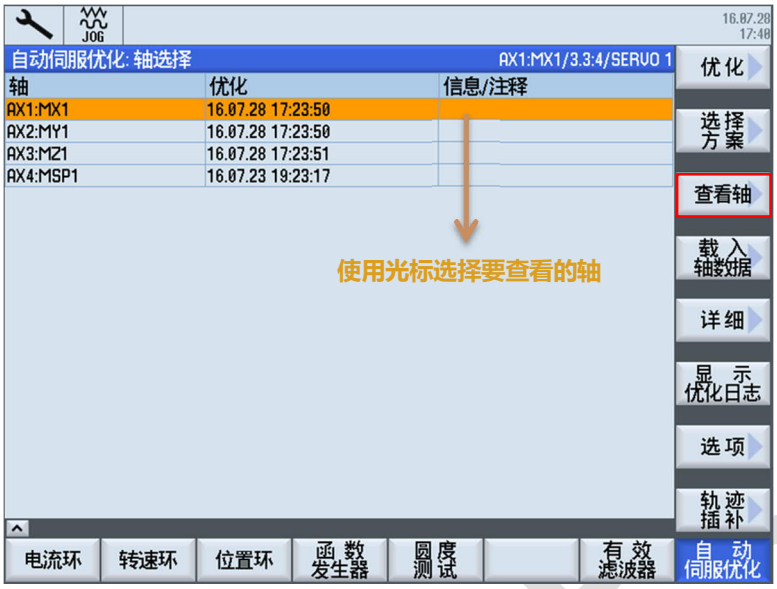
速度环的增益和电机惯量成一定比例关系，因此我们可以简单的通过电机惯量大致判断增益大小是否合理。对于一般的应用，速度环增益为电机惯量的 1200 倍，对于动态性能好的轴，速度环增益可达到电机惯量的 2000 倍。电机惯量可通过驱动参数 P341 进行查看。

- 通过波特图判断增益大小

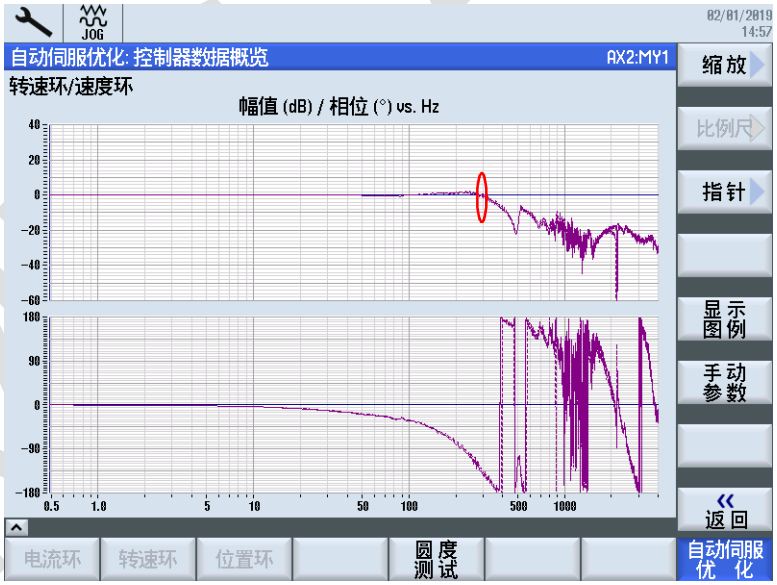
以上只是大致评估增益大小的办法，如果想准确得知增益是否合适，则需查看波特图。

我们可直接在自动优化的查看轴功能里找到波特图。具体操作步骤如下：

MTSAPC



速度环的波特图中，随着增益的提高，幅频曲线会沿着 0db 线逐渐延长（带宽变宽）；但是增益过高则会引起超调，导致系统的不稳定，一般建议幅频曲线不超过 4db。幅频曲线的带宽越宽代表动态响应能力越好。对于一般的机床至少要达到 100Hz 以上。从下图红圈可看出，该轴带宽达到 300Hz，具有良好的动态响应能力。



5 案例举例

5.1 主轴振动

VMC1060 立式加工中心加工圆球，工件表面质量较差，刀路不整齐，沿刀具路径呈波浪状，表面整体看起来有橘皮感，如下图所示：

分析原因：

- 主轴动平衡不好，有振动
- 激活了摩擦补偿

处理办法：

- 检查主轴振动，重新做动平衡
- 取消摩擦补偿或使用动态摩擦补偿

该机床重新做了主轴动平衡并取消摩擦补偿后，表面质量明显提升，如下图中左边圆球：

MTSPC

5.2 刀具

工件表面刀路不整齐，有振刀纹，如下图红圈处所示

分析原因：

- 主轴振动，动平衡不好
- 刀具装夹问题，偏摆过大

解决办法：

- 检查刀具装夹，减小刀具偏摆（刀具偏摆应小于 0.005mm）
- 检查主轴振动，调整主轴动平衡

由于本例还发现刀具底刃磨损，在重新更换刀具，调整刀具装夹确保偏摆符合要求后，工件表面的振刀纹明显改善，如下图所示：

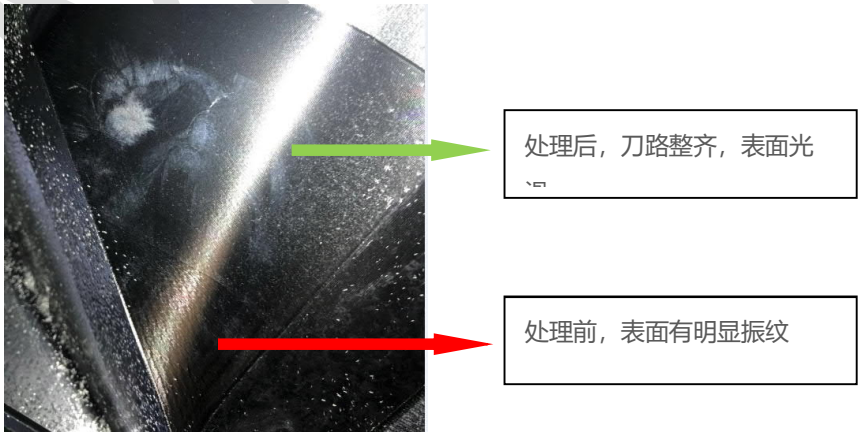
刀具磨损如下图所示：

MTS AIC

5.3 增益过小

龙门加工中心，工件表面有明显的振纹，如下图所示：

现场问题分析：现场发现该机床周围有开粗设置正在加工，震动明显。检查优化数据，发现三轴的速度环增益明显偏小，X/Y/Z 分别为 6.2/5.8/5.23，重新优化后，获得合理的增益值 11.23/13.2/12.12。重新加工，对比效果如下：



5.4 加工工艺

例 1：

加工奔驰测试件，采用两刃 R4 球刀，主轴转速为 8000RPM，进给率为 2500mm/min。工件表面刀路不清晰，所有刀路排列在一起看起来呈波浪，如下图：

分析原因：

观察表面纹路效果，可看出每条刀路是笔直的，但排列在一起后刀路之间不清晰，整体呈波浪感。此种纹理与加工工艺相关，应为每齿进给量过大造成。通过如下公式可算出每齿进给量为 0.156 mm/齿。对于模具精加工建议每齿进给量小于 0.1 mm/齿。

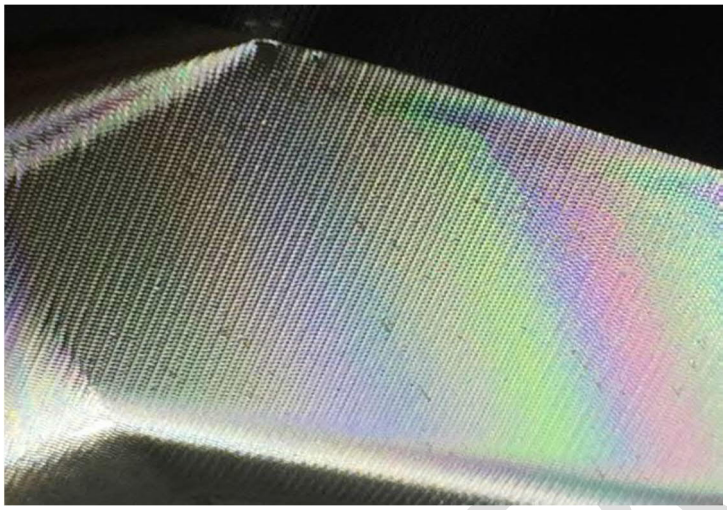
$$\text{每齿进给量} = \frac{\text{进给率}}{\text{主轴转速} * \text{刀具齿数}}$$

解决办法：

修改加工工工艺，使每齿进给量保持在 0.1。提高主轴转速到 8400RPM，降低进给率到 1750mm/min 每齿进给量为 0.104（机床主轴转速限制，最大转速为 10000RPM）。采用新的工艺参数进行加工后，表面质量明显提升，刀路排列秦楚，波浪感消失。

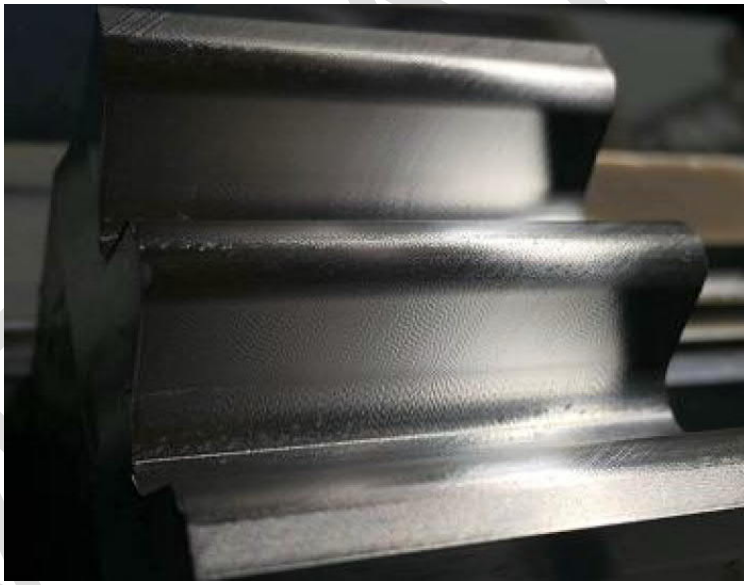
注：检查刀具信息，刀具制造商推荐的每齿进给量为 0.063mm/齿

MTS



例 2：

工件表面整体粗糙度较差，表面纹路呈波浪状。



分析原因：工艺参数设置不合理，每齿进给量过大，NX CAM 软件中设置每齿进给量达 0.222mm/齿。

解决办法：提高主轴转速到 10000RPM，以减小每齿进给量。推荐每齿进给量小于 0.1mm/齿。

修改工艺参数后再次进行加工，工件表面质量显著提升。

进给率和速度
自动设置
设置加工数据
表面速度 (smm)
84.0000
每齿进给量
0.2222
更多
主轴速度
主轴速度 (rpm)
4500.000
更多
进给率
切削
2000.000
mmpm
进给率和速度
自动设置
设置加工数据
表面速度 (smm)
188.0000
每齿进给量
0.1000
更多
主轴速度
主轴速度 (rpm)
10000.00
更多
进给率
切削
2000.000
mmpm

6 参考文献

- 《加工问题分析总结 V2.0》— 石璇，2018.07
- 《Milling and Mold&Die cutting knowledge and experience》— 赵伟，2018.12
- 《黄岩服务报告》— 赵朋泽，2018.03

7 作者/联系人

Shi Xuan
2019.3.14

8 版本信息

版本	日期	修改内容
V1.0	2019.03.14	第一版

MTS APC