SINUMERIK
在模具加工中的应用

Unrestricted © Siemens AG 2018

内容

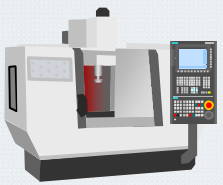
SIEMENS
Ingenuity for life

- 模具加工的发展及要求
- 数控系统硬件及功能
- 加工应用案例
- 工艺链对加工的影响
- 操作便利性
- 西门子模具应用包

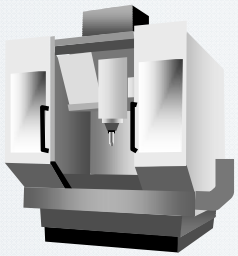
Unrestricted © Siemens AG 2019

模具机床 – 用于高速铣削加工的机床

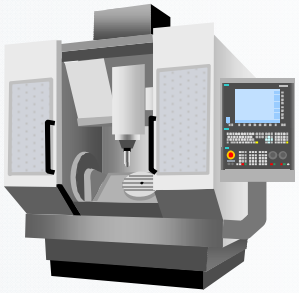
SIEMENS
Ingenuity for life



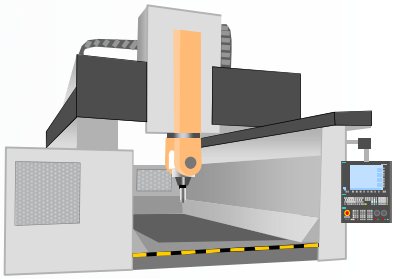
标准立式
加工中心



高精度立式
加工中心



高精度 5 轴
立式加工中心



高精度5 轴
龙门加工中心

高速铣削加工机床覆盖了从标准立式加工中心到 5 轴龙门加工中心的众多机床类型

Unrestricted © Siemens AG 2019

模具加工应用的行业类型

SIEMENS
Ingenuity for life

- 部分用于模具加工
- 3 轴应用
- 标准模具（例如日常消费品塑料模具）

标准立式
加工中心

- 常用于模具加工
- 3+2 轴应用
- 高精度模具（例如**汽**车车**灯模具** / 手机模具）

高精度立式
加工中心

- 专门用于模具加工
- 高动态的5轴应用
- 高精度模具（例如光学部件 / 医用）

高精度 5 轴
立式加工中心

- 专门用于大型模具加工
- 高动态 5 轴应用
- 汽车车身模具 / 航空航天部件

高精度5 轴
龙门加工中心

应用范围非常广泛 – 从日常消费产品到面向电子或汽车市场的高精度模具

Unrestricted © Siemens AG 2019

模具加工行业关键商业问题

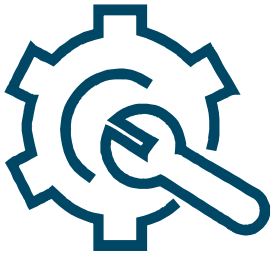
SIEMENS
Ingenuity for life

全球竞争	如何赢得更多业务、提高产品价格优势并缩短交付时间？
产品越来越复杂，简单的业务已经无利可图	如何在复杂业务中取得成功？
消费者追求高品质	如何满足高品质需求？

Unrestricted © Siemens AG 2019

模具加工对数控系统的要求

SIEMENS
Ingenuity for life

表面质量	加工效率	加工精度	便捷操作
			

Unrestricted © Siemens AG 2019

内容

SIEMENS
Ingenuity for life

- 模具加工的发展及要求
- **数控系统硬件及功能**
- 加工应用案例
- 工艺链对加工的影响
- 操作便利性
- 西门子模具应用包

Unrestricted © Siemens AG 2019

SINUMERIK 828D
– 面向高端模具加工的数控系统

SIEMENS
Ingenuity for life

SINUMERIK 828D

硬件:
- 镁铝合金面板，全尺寸键盘
- 无电池、无风扇，免维护
- 10MB NC程序内存
- 1GB网口、USB3.0、CF卡插槽

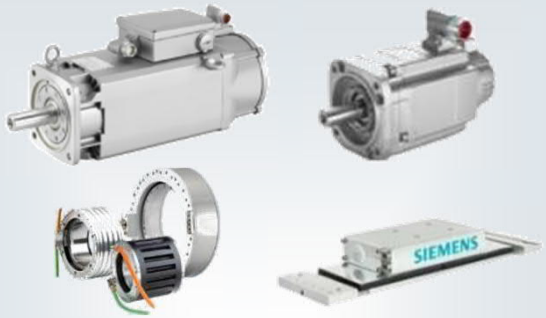
功能:
- 80位浮点数纳米计算精度
- Top Surface 臻优曲面
- 600 段程序预读
- 模具程序快速预览

SINAMICS S120 驱动器

高效:
- 面向高速机床提供3倍过载性能
- 380V供电提供更高能效，减少15% 热能耗
- 电网直接供电，无需变压器
- 馈电制动，节能环保
- 直接控制电机抱闸，断电时Z轴几乎无下落

高可靠性:
- 适合潮湿环境
- 适用恶劣电网供电

SIMOTICS电机



1PH主轴电机:
- 广阔的功率和转速范围，最高24000rpm
- 可选水冷，冷却效率高，温度稳定

1FK进给电机:
- 高分辨率编码器
- 机械绝对值编码器，免维护

力矩电机和直线电机:
- 动态响应快，实现高加速度
- 为机床提供高刚性，实现高精度

Unrestricted © Siemens AG 2019

西门子电主轴
– 为模具机床提供数控系统加电主轴的完整方案

SIEMENS
Ingenuity for life

2SP120 – 同步电主轴

高转速 高动态
HSK-A63刀具接口
主轴直径 200 mm

型号1:
- 主轴直径: 200 mm
- 额定功率: 15.5 kw
- 额定扭矩: 42 Nm
- 额定转速: 3500 rpm
- 最大转速: 18000 rpm

型号2:
- 主轴直径: 200 mm
- 额定功率: 35 kw
- 额定扭矩: 78 Nm
- 额定转速: 4300 rpm
- 最大转速: 18000 rpm

2SP125 - 异步电主轴

大扭矩 高刚性
HSK-A63刀具接口
主轴直径 250 mm

型号1:
- 主轴直径: 250 mm

	星型	三角形
额定功率:	13.2 kw	13.2 kw
额定扭矩:	70 Nm	32 Nm
额定转速:	1800 rpm	4000 rpm
最大转速:	15000 rpm	15000 rpm

型号2:
- 主轴直径: 250 mm

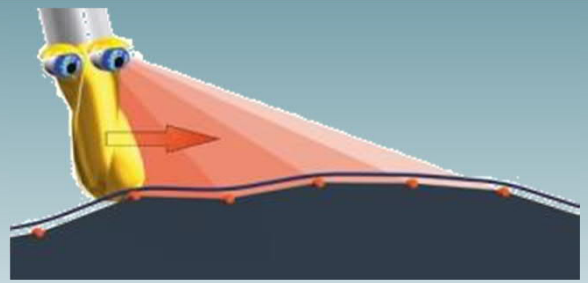
	星型	三角形
额定功率:	11.7 kw	11.7 kw
额定扭矩:	140 Nm	62 Nm
额定转速:	800 rpm	1800 rpm
最大转速:	15000 rpm	15000 rpm

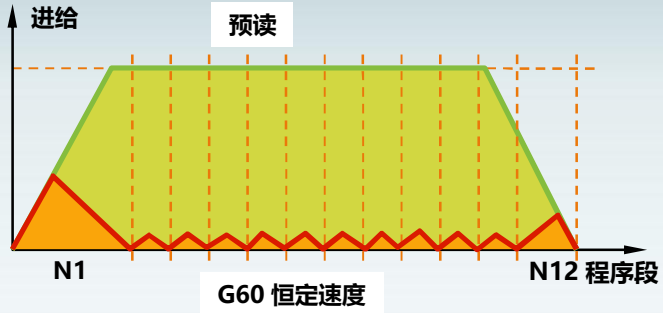
Unrestricted © Siemens AG 2019

模具加工6大必备功能
– 程序预读和动态压缩器功能保证平滑表面

SIEMENS
Ingenuity for life

1. Look Ahead 程序预读功能

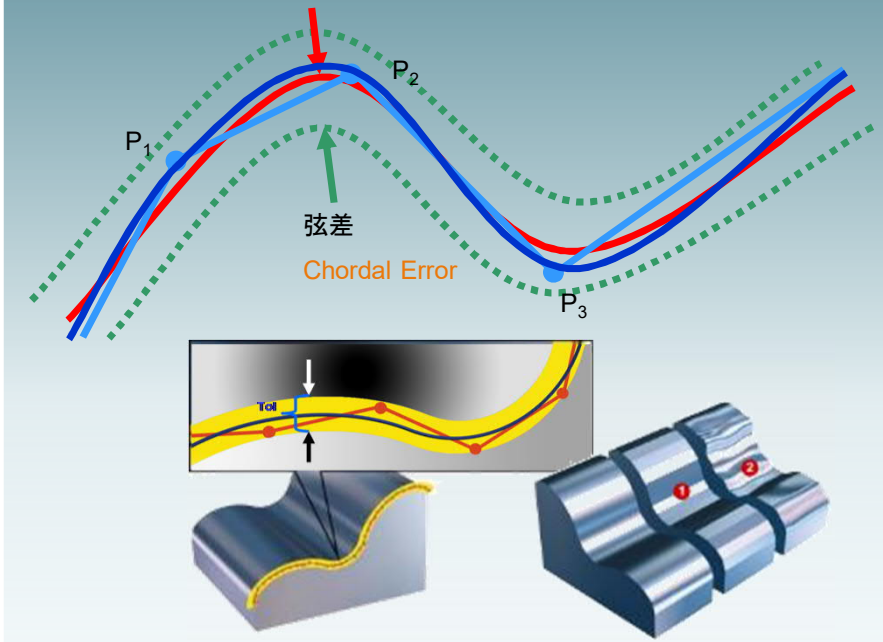




程序预读功能：

- 避免程序段转换时的停顿
- 平滑速度以达到最佳表面质量

2. Compressor 动态压缩器



精准的路径优化：

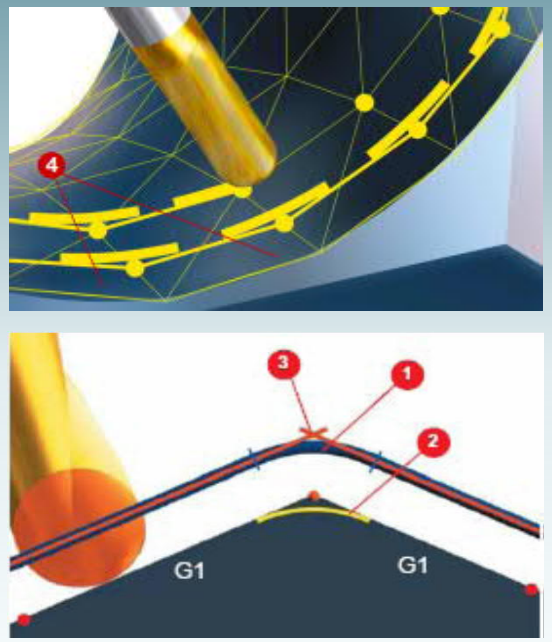
- 在指定公差内将G0/G1/G2/G3程序段压缩成5次多项式样条曲线
- 以恒定曲率平滑加工路径

Unrestricted © Siemens AG 2019

模具加工6大必备功能
– 连续路径模式和加加速度控制保证极致速度

SIEMENS
Ingenuity for life

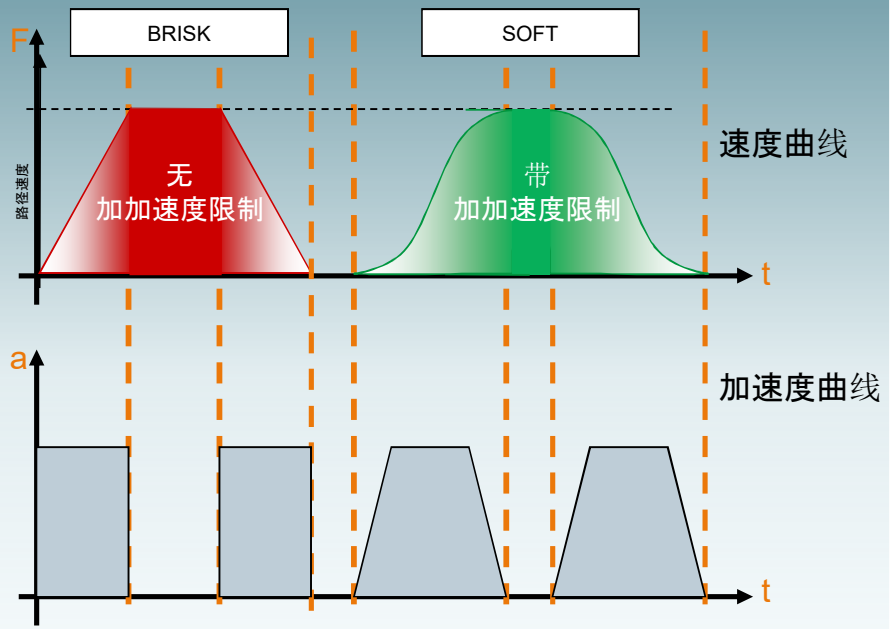
3. 连续路径模式



完美的轨迹平滑：

- 平滑过渡程序段转换时的轨迹
- 通过消除停顿来减少加工时间

4. 加加速度控制



平稳的加加速度控制：

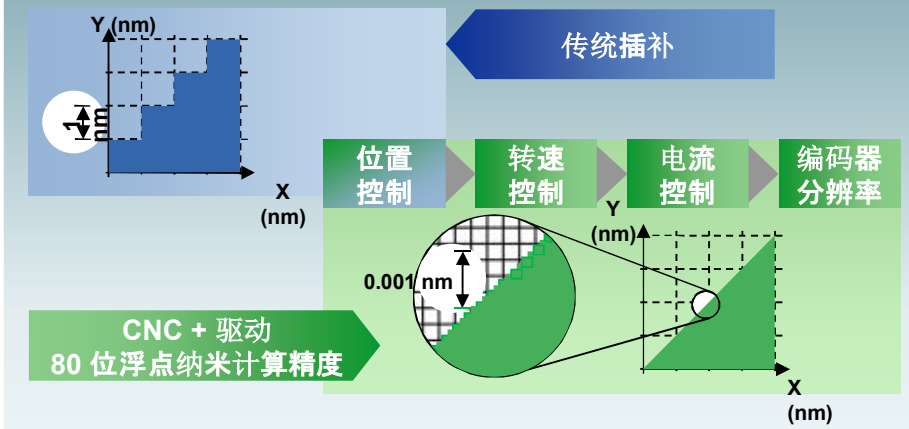
- 以恒定比率加速直到进给速度
- 保证机床运行稳定，避免共振

Unrestricted © Siemens AG 2019

模具加工6大必备功能
– 80位浮点纳米计算精度和动态前馈控制保证加工精度

SIEMENS
Ingenuity for life

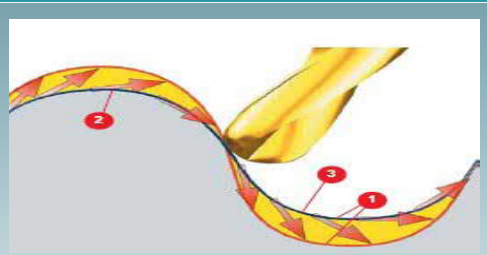
5. 80位浮点纳米计算精度

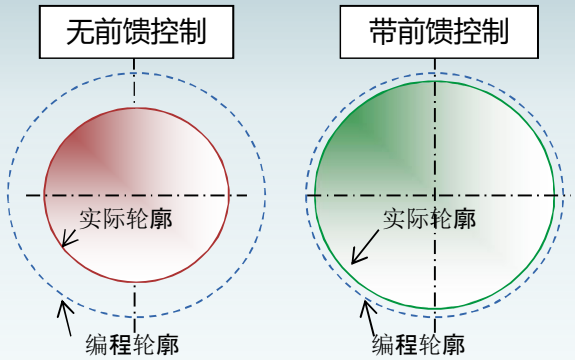


极高的计算精度：

- 在整个控制链上达到0.001纳米级别的计算精度
- 避免取整带来的误差

6. 动态前馈控制





最高的轮廓精度：

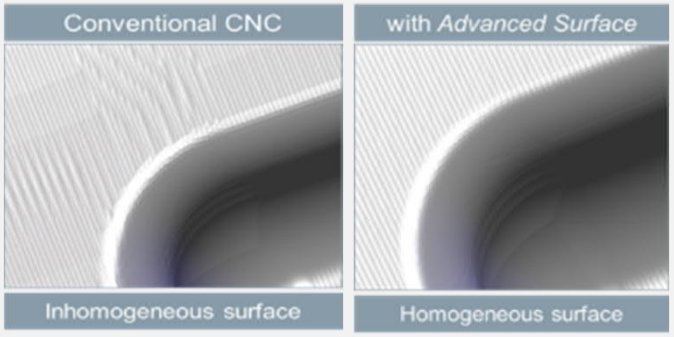
- 避免因补偿随动误差而造成的轨迹偏差
- 不因提高速度而损失精度

Unrestricted © Siemens AG 2019

Advance Surface 精优曲面（标准功能）
– 包含模具加工6大必备功能，输入一个指令即可满足大部分模具要求

SIEMENS
Ingenuity for life

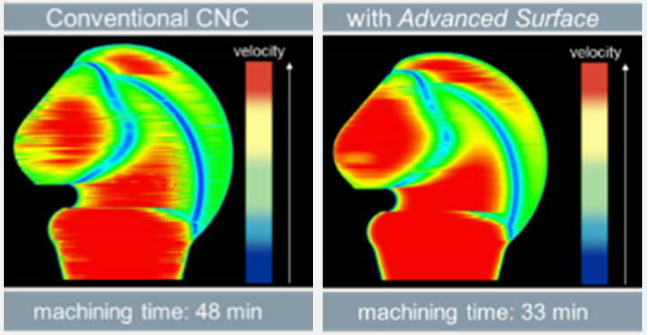
更好表面



1. 程序预读功能
避免程序段转换时的停顿，实现恒定路径速度

2. 动态压缩器
在指定公差内将直线圆弧程序段压缩成5次多项式样条曲线，以恒定曲率平滑加工

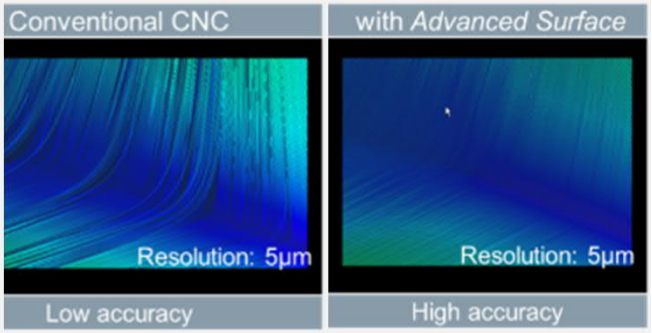
更快速度



3. 连续路径模式
智能控制程序段交界处的轨迹，消除停顿来减少加工时间

4. 加加速度控制
达到最高的加速度且不会造成机床振荡

更高精度



5. 80位浮点纳米计算精度
整个控制链上达到0.001纳米级别的计算精度，避免取整带来的误差

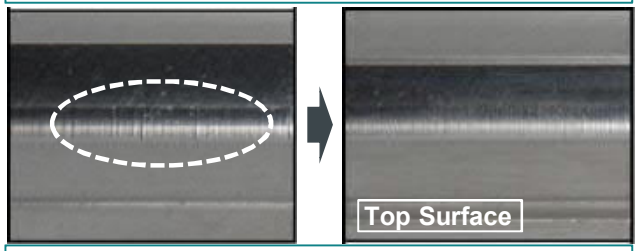
6. 动态前馈控制
不因提高速度而损失精度

Unrestricted © Siemens AG 2019

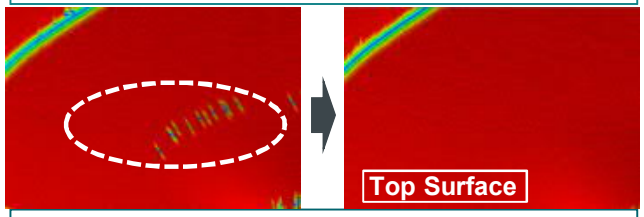
Top Surface 臻优曲面（选项功能S17）
– 表面质量、速度和精度全面提升，满足高端模具终极要求

SIEMENS
Ingenuity for life

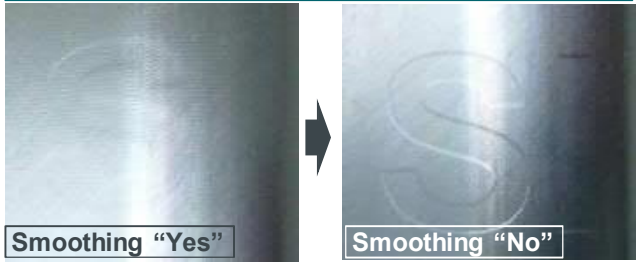
表面质量



速度



精度



特点/功能	收益
对CAD/CAM软件生成的不规律点位分布的程序更平滑的压缩处理	**显著提升工件表面质量**
相邻路径不依赖于方向的路径平滑	
更稳定的加加速度控制，避免发生不期望的停顿	
预设轮廓公差值几乎适用于所有加工程序	**更高的易用性和更高效的操作**
提升路径轨迹的平滑度	**确保铣削加工的总体平滑**
更高精度的位置轮廓控制，<=0.005mm的精细轮廓清晰可见	**进一步提高模具加工的精度**

Unrestricted © Siemens AG 2019

内容

SIEMENS
Ingenuity for life

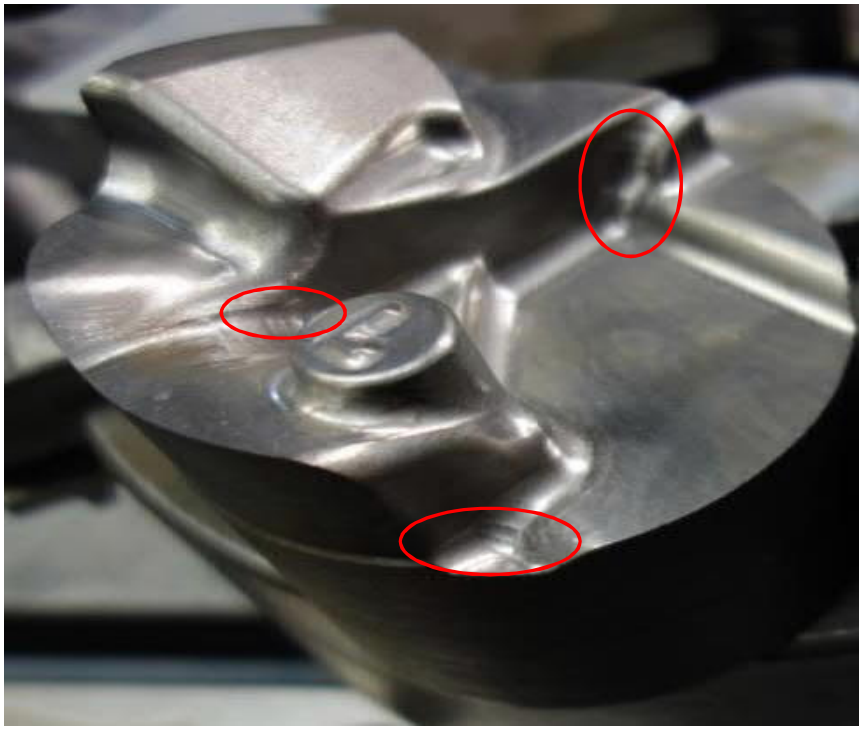
- 模具加工的发展及要求
- 数控系统硬件及功能
- **加工应用案例**
- 工艺链对加工的影响
- 操作便利性
- 西门子模具应用包

Unrestricted © Siemens AG 2019

应用案例1
– 开启前馈功能可以提高加工精度，减少拐角处的过切

SIEMENS
Ingenuity for life

未开启前馈功能



开启前馈功能

Unrestricted © Siemens AG 2019

应用案例2
– 精优曲面是模具加工的必备功能

SIEMENS
Ingenuity for life

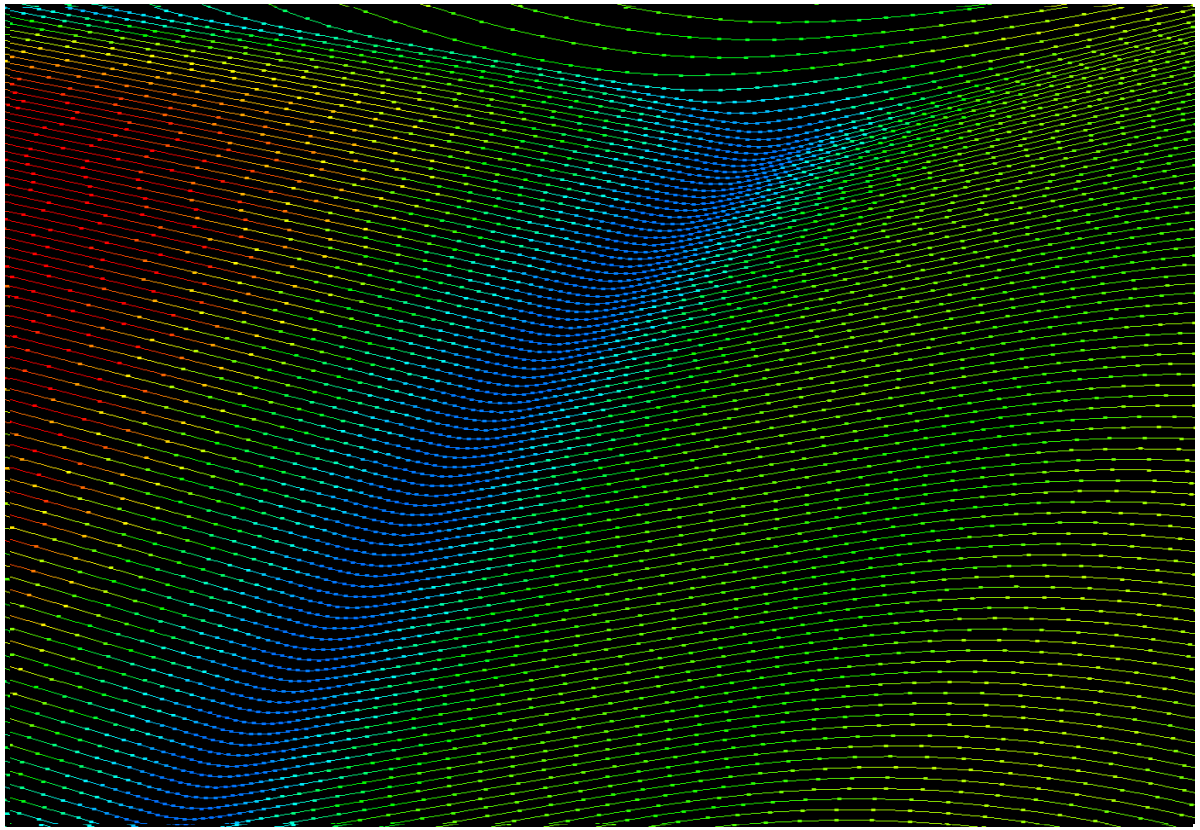
未开启精优曲面

开启精优曲面

Unrestricted © Siemens AG 2019

应用案例3
– 臻优曲面使用更优秀的压缩器，表面质量明显提升

SIEMENS
Ingenuity for life



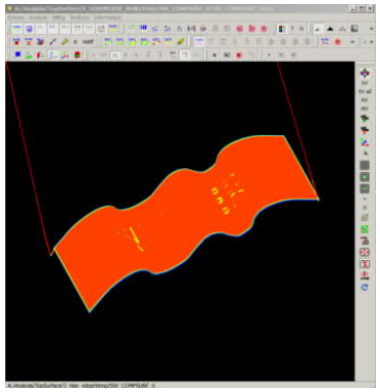
未激活Top Surface

激活Top Surface

Unrestricted © Siemens AG 2019

应用案例4
– 臻优曲面开启，关闭平滑功能，浅纹轮廓清晰可见

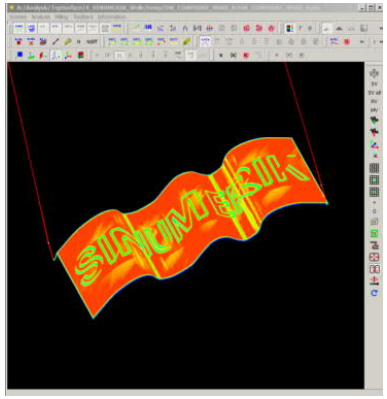
SIEMENS
Ingenuity for life



Top Surface 功能激活
平滑功能 “Yes”

浅纹轮廓非常模糊

加工时间：3274 秒



Top Surface 功能激活
平滑功能 “No”

浅纹轮廓清晰可见

加工时间：3646 秒

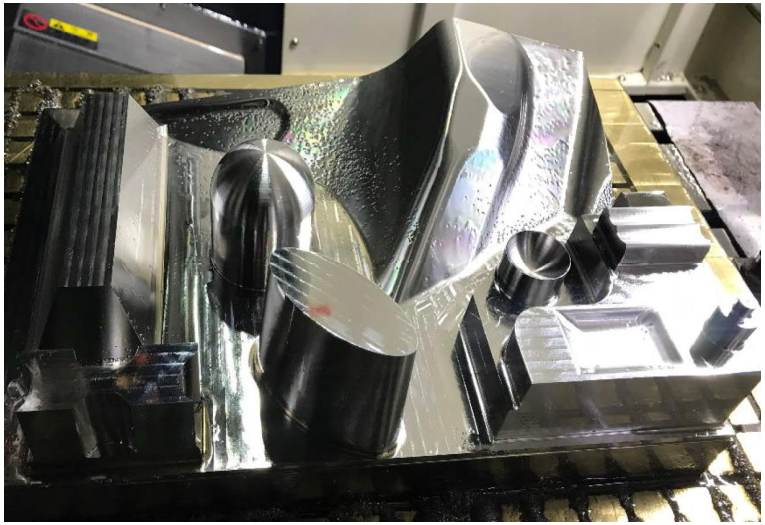
精加工球刀R3; 浅纹轮廓深度0.005mm; 进给率2400mm/min

Unrestricted © Siemens AG 2019

应用案例5
– 使用西门子电主轴，实现高端模具加工

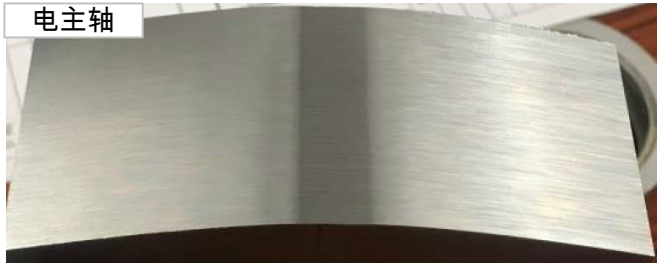
SIEMENS
Ingenuity for life

毛坯：320*220，模具钢
精加工刀具：R4球刀
主轴S15000, 进给F3000
精加工时间：3小时52分

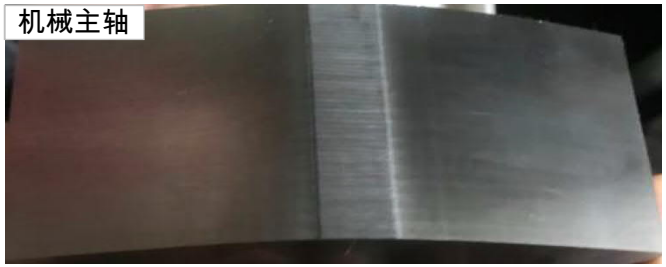


毛坯尺寸：100*40 ，模具钢
精加工刀具：R3球刀
主轴S10000, 进给F2300
精加工时间：19分35秒

电主轴



机械主轴



使用2SP1同步电主轴 (15.5kw, 18000rpm) 可以实现机械主轴无法达到的高转速高进给加工，提升加工效率。
即使在低转速加工，电主轴的加工效果也明显优于机械主轴，得益于电主轴的机械振动和热伸长更小。

Unrestricted © Siemens AG 2019

内容

SIEMENS
Ingenuity for life

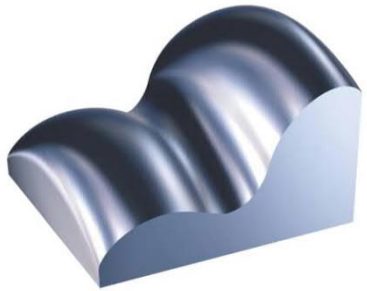
- 模具加工的发展及要求
- 数控系统硬件及功能
- 加工应用案例
- **工艺链对加工的影响**
- 操作便利性
- 西门子模具应用包

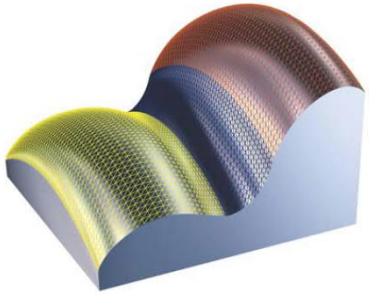
Unrestricted © Siemens AG 2019

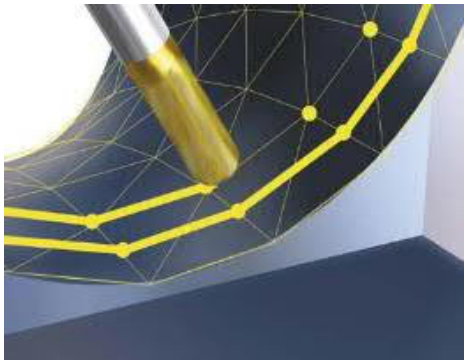
CAD-CAM-CNC工艺链与表面加工质量紧密相关

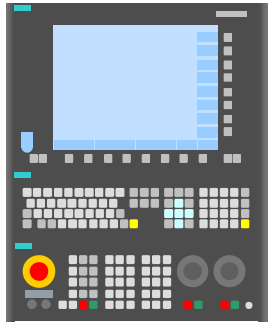
SIEMENS
Ingenuity for life

CAD	CAM	Post processor 后处理	CNC数控加工









理想自由曲面 → 微小平面组成的多面体 → 直线段刀具轨迹路径 → CNC速度及路径控制

与理想自由曲面的偏差

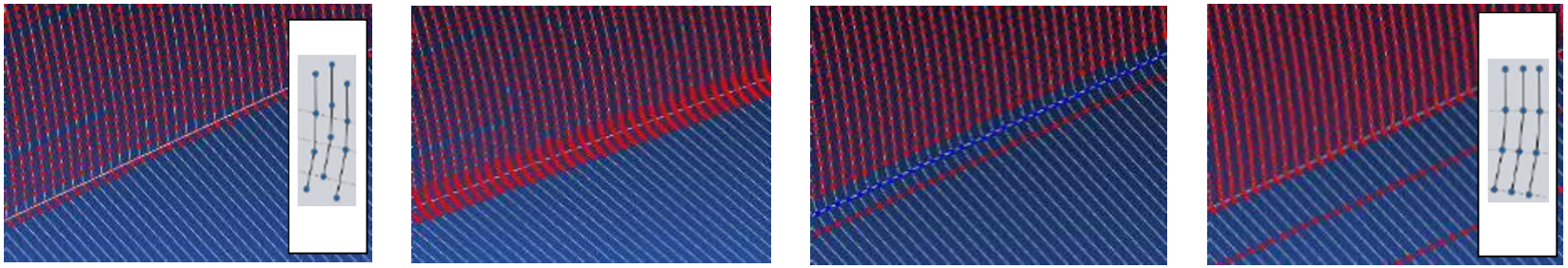
在进行自由曲面加工时， CAD-CAM-后处理输出的程序质量对最终表面加工质量有直接的影响

Unrestricted © Siemens AG 2019

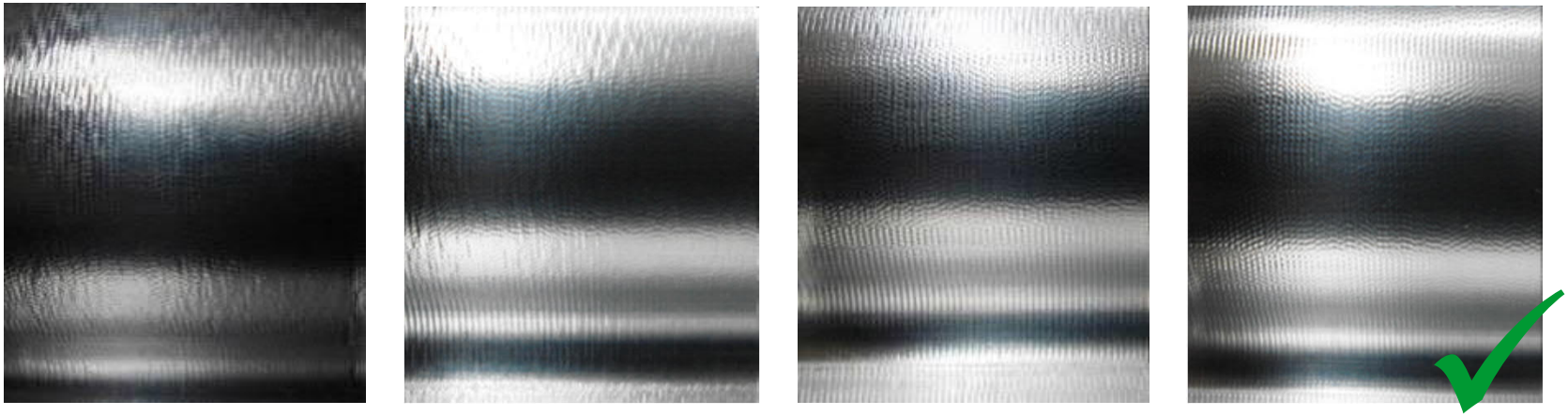
NC程序点位分布均匀有助于提升表面质量

SIEMENS
Ingenuity for life

点位分布



表面质量



点位分布均匀

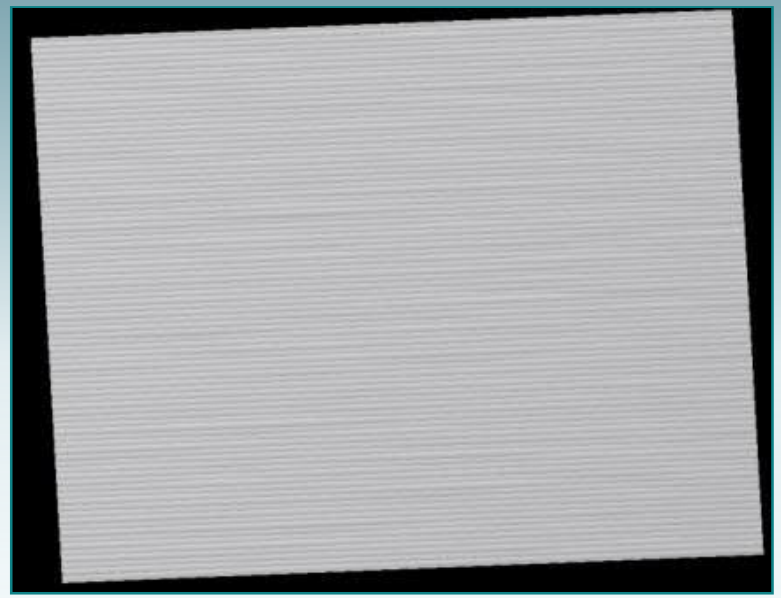
Unrestricted © Siemens AG 2019

提高程序小数点后位数可帮助提升表面质量

– 推荐使用小数点后4位程序，表面效果明显提升，并不会延长加工时间

SIEMENS
Ingenuity for life

CAM生成程序（小数点后3位）



表面刀路有明显拉丝

CAM生成程序（小数点后4位）

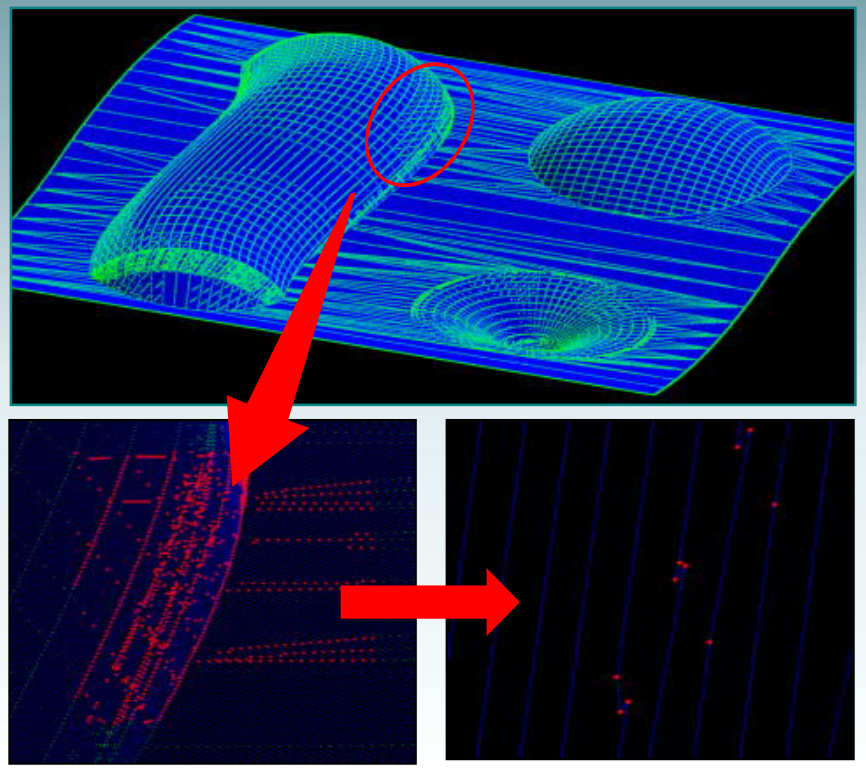
表面刀路均匀，无拉丝

Unrestricted © Siemens AG 2019

西门子Analyze My Workpiece软件
– 加工前进行程序质量分析，保障最佳加工效果，减少返工

SIEMENS
Ingenuity for life

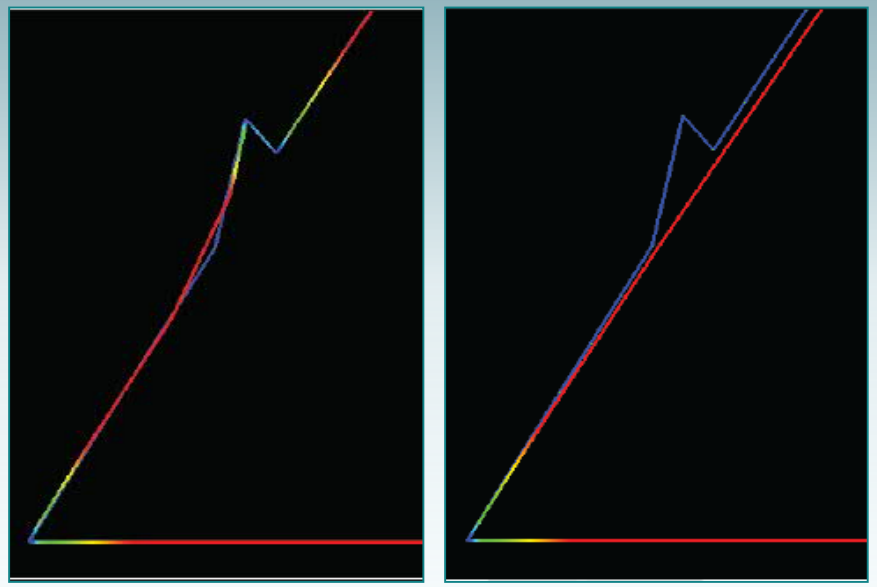
程序点位分析



程序速度分析

坏点造成速度明显变化

正常点位速度平稳



“坏点”可能导致机械震动，影响表面质量

Unrestricted © Siemens AG 2019

Analyze MyWorkpiece Toolpath使用手册 :http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/808

内容

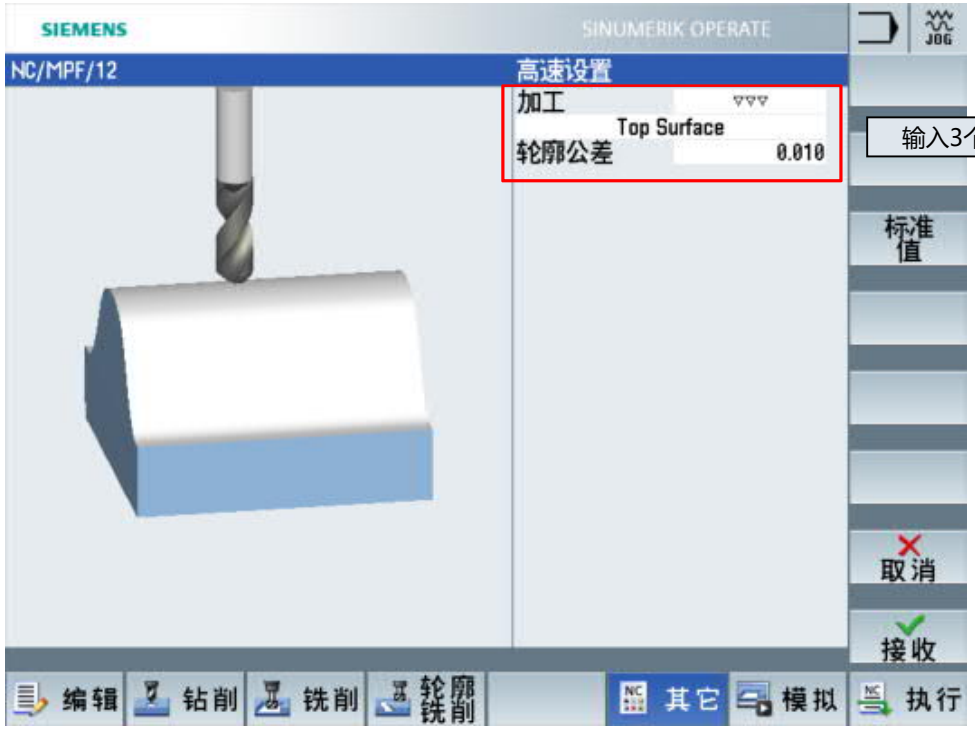
SIEMENS
Ingenuity for life

- 模具加工的发展及要求
- 数控系统硬件及功能
- 加工应用案例
- 工艺链对加工的影响
- **操作便利性**
- 西门子模具应用包

Unrestricted © Siemens AG 2019

CYCLE832高速高精循环
– 在对话编程界面里输入3个参数，轻松开启模具功能

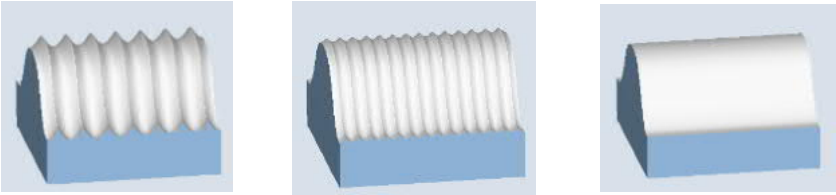
SIEMENS
Ingenuity for life



输入3个参数

1. 加工类型：

▽ 粗加工 ▽▽ 半精加工 ▽▽▽ 精加工



2. 模具功能选择：

Advance Surface精优曲面

Top Surface 臻优曲面

3. 轮廓公差：

粗加工 0.1mm

半精加工0.05mm

精加工0.01mm

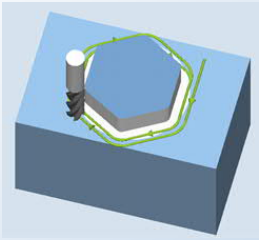
强大的精优曲面和臻优曲面功能只需调用CYCLE832循环，输入3个参数即可

Unrestricted © Siemens AG 2019

从3轴到5轴加工轻松进阶
– 西门子数控系统适合各种机型和各种加工场合

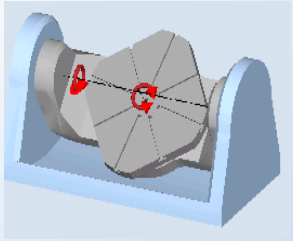
SIEMENS
Ingenuity for life

3 轴加工 （828D）



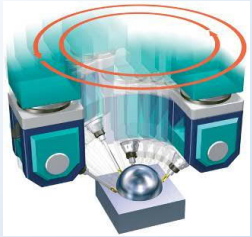
- 动态程序段压缩器
- 预读和前馈
- 快速预览程序

3+2 轴加工 （828D）



- 刀具定向回转循环 CYCLE800
- 以恒定刀具角度进行切削，保证最佳切削条件

5轴联动加工（840Dsl）



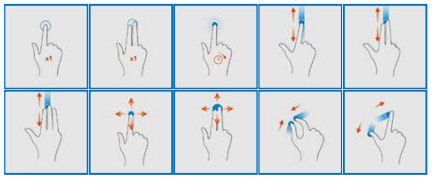
- 5轴联动刀尖跟随 – TRAORI
- 定向平滑 – ORISON
- 3D刀补 -- CUT3DF

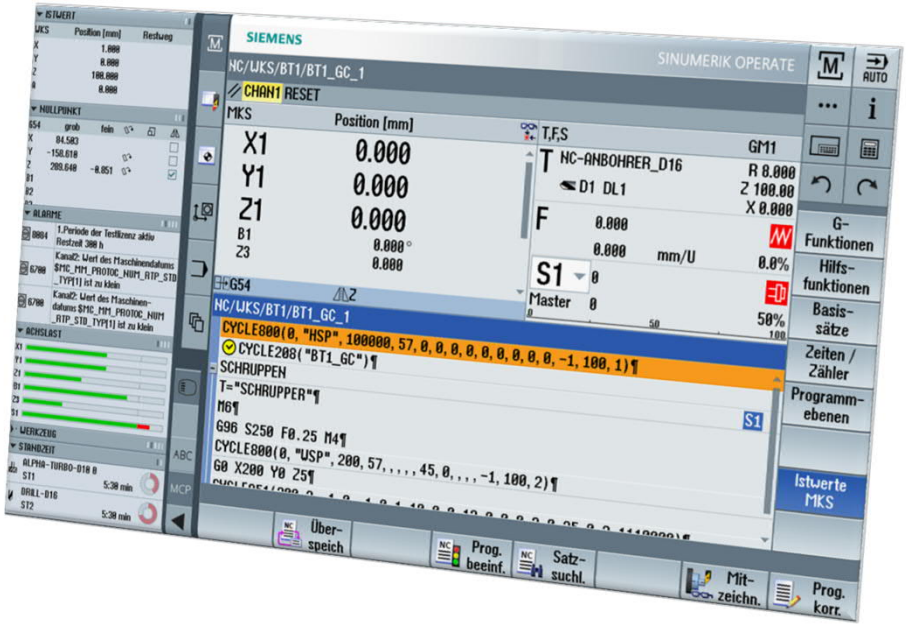
SINUMERIK 828D和840Dsl系统使用相同的HMI操作界面，可实现从3轴到5轴无缝衔接

Unrestricted © Siemens AG 2019

SideScreen 边屏技术
– 多种信息在边屏中一览无余，加工时无需切换屏幕

SIEMENS
Ingenuity for life





结合PPU290 15.6寸宽屏显示器，“边屏”技术可以进一步让操作变得更加简单高效！

Unrestricted © Siemens AG 2019

程序内存扩展
– 根据用户需求，可将CNC内存扩展至100MB，甚至无限

SIEMENS
Ingenuity for life

CNC 标准内存

- SW 24 → 3MB
- SW 26 → 5MB
- SW 28 → 10MB

CNC 内存扩展(P77)

NC 内存扩展到 100MB

EES(P75)

无限CNC 内存

- 本地网络
- 服务器
- USB
- CF 卡

CNC 扩展内存:

根据用户需求选择内存扩展

Features:

- 标准字符调用外部程序(无需 EXTCALL)
- 可以使用GOTOF, GOTOB指令
- 可在程序停止时修改程序
- 断电后仍可找到断点

充分灵活的CNC内存扩展以达到无限的内存容量

Unrestricted © Siemens AG 2019

程序段搜索
– 大型程序快速返回到中断位置

程序段搜索：

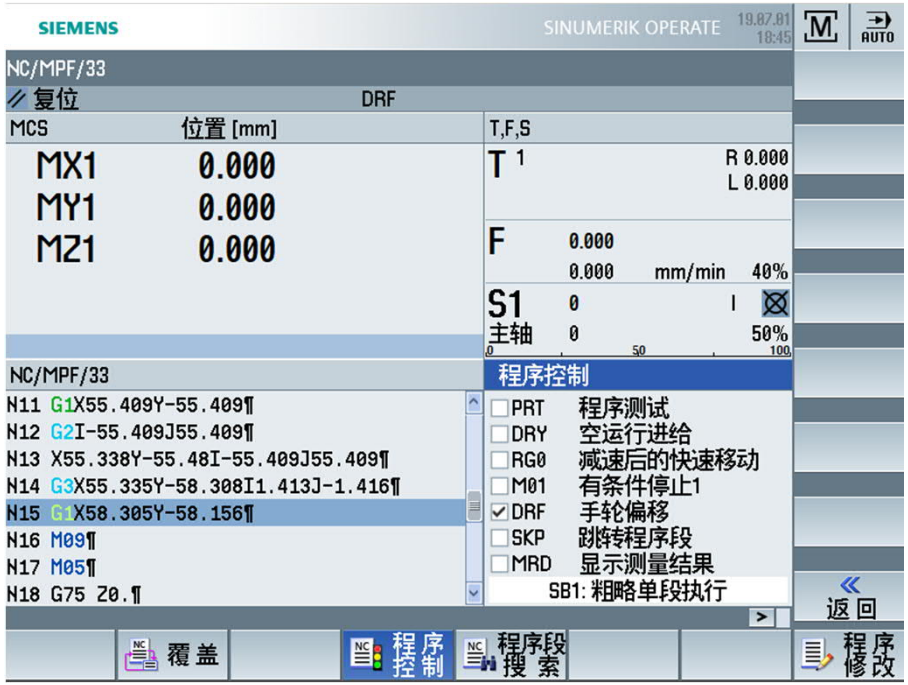
支持对目标位置进行搜索

- 支持输入文本进行搜索
- 支持中断位置搜索
- 支持在USB/CF卡中进行搜索
- 支持带计算或不带计算的搜索

断电后依然可以搜索到断点，包括NC内存和USB/CF卡上的程序

Unrestricted © Siemens AG 2019

DRF手轮偏置功能
– 在自动加工时可以使用手轮进行微小移动量坐标偏移



在程序暂停时更换新刀具后，还可轻松找回起刀点继续加工，完美消除接刀痕

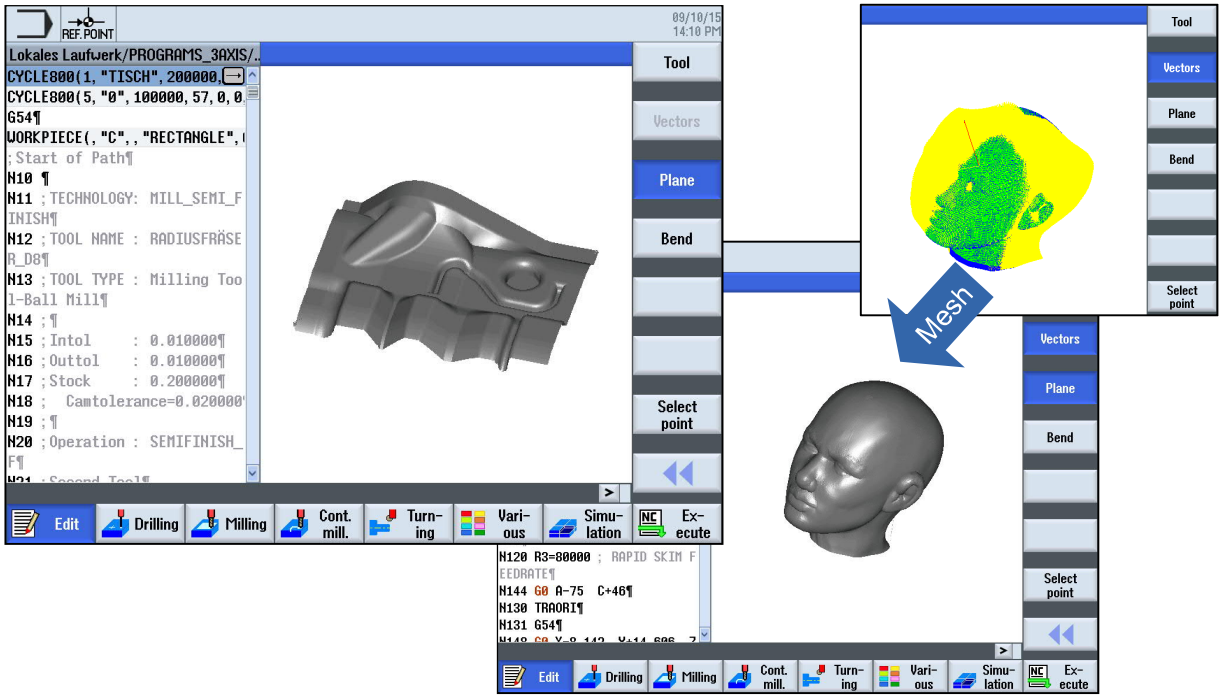
Unrestricted © Siemens AG 2019

模具程序快速浏览
– 轻松查看大型程序对应的工件图形

SIEMENS
Ingenuity for life

快速:
一键快速查看模具程序对应图形

细节:
方便的缩放功能查看图形细节



SINUMERIK 模具加工快速浏览功能让用户快速安全的查看自由曲面加工的图形，无需漫长等待CNC程序的模拟

Unrestricted © Siemens AG 2019

内容

SIEMENS
Ingenuity for life

- 模具加工的发展及要求
- 数控系统硬件及功能
- 加工应用案例
- 工艺链对加工的影响
- 操作便利性
- **西门子模具应用包**

Unrestricted © Siemens AG 2019

西门子模具应用包
– 提供整个模具加工链的应用指导

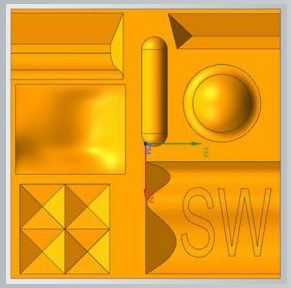
SIEMENS
Ingenuity for life

Unrestricted © Siemens AG 2019

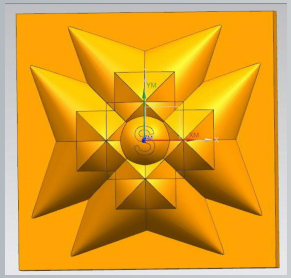
SINUMERIK模具加工应用包 :http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Article/823

验证模具加工的标准样件
– 针对不同模具加工的要求提供机床测试程序，确保机床性能达标

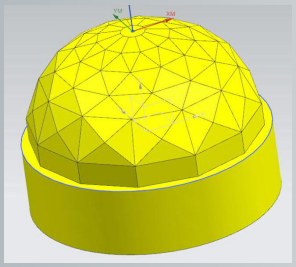
SIEMENS
Ingenuity for life



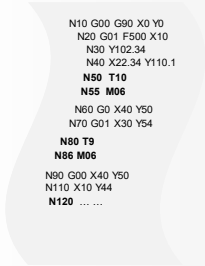
综合测试件
- 验证优化结果
- 发货前检查机床性能



多锥台测试件
- 面向通用模具
- 测试表面质量，交界线有无过切，棱角锋利，“S”型刻字轮廓清晰



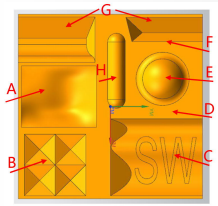
车灯测试件
- 面向特定行业
- 测试灯模反光表面效果，交接棱角锋利



```
N10 G00 G90 X0 Y0
N20 G01 F500 X10
N30 Y102.34
N40 X22.34 Y110.1
N50 T10
N55 M06
N60 G0 X40 Y50
N70 G01 X30 Y54
N80 T9
N86 M06
N90 G00 X40 Y50
N110 X10 Y44
N120 ... ...
```

测试程序包：粗加工，半精加工，精加工程序

相关工艺信息，刀具信息，毛坯信息



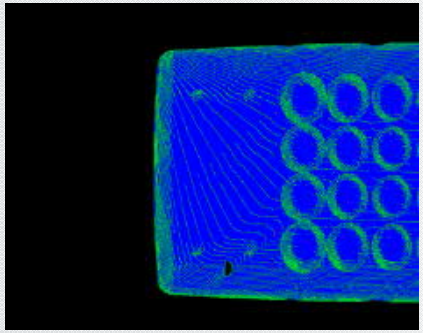
表面质量要求，检测点要求

综合测试样件： http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/805
多锥台测试件： http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/803
车灯测试件： http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/804

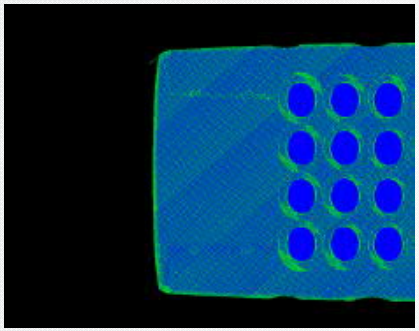
生成高质量程序的优化指导和后处理使用说明
– 指导生成高质量加工程序

SIEMENS
Ingenuity for life

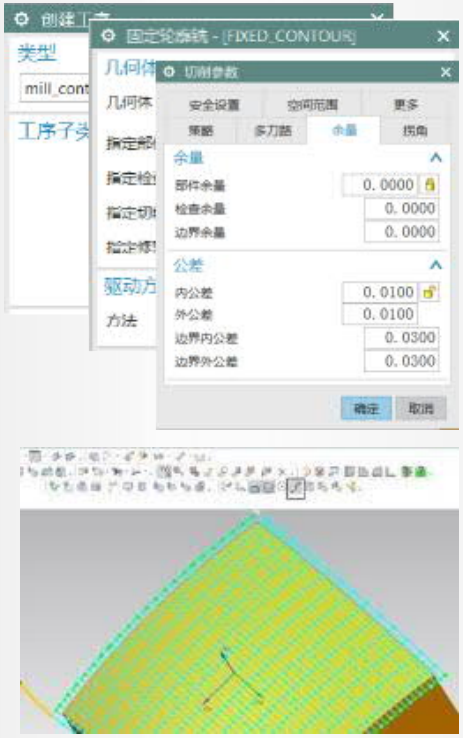
高质量程序可以提高模具表面质量



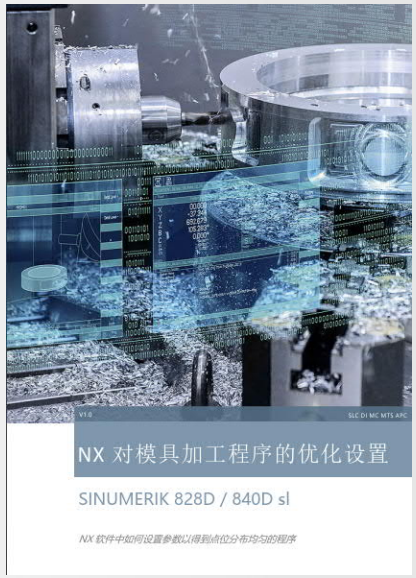
点位分布不均匀



点位分布均匀



模具程序生成指导和后处理使用说明



NX软件对模具加工程序的优化设置：http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/809

加工准备阶段程序分析避免质量问题
– 借助各种工具软件分析并解决问题

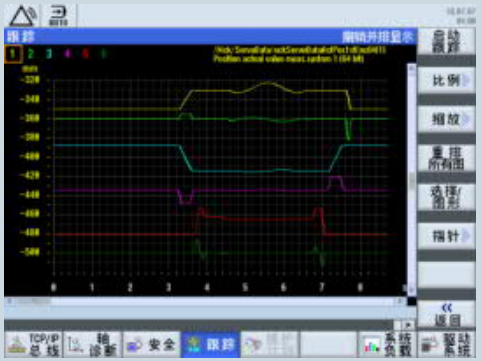
SIEMENS
Ingenuity for life

SINUTRAIN仿真软件

- 检查NC程序
- 模拟加工时间
- 监控系统的设定点位

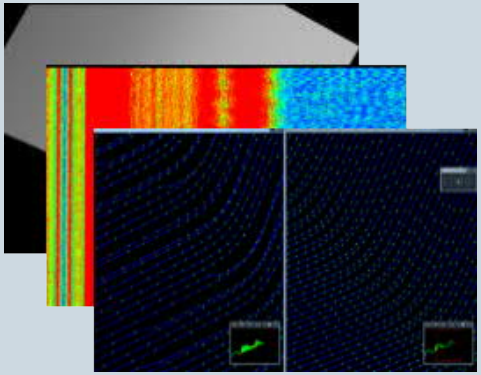
在线监控功能

- 监控系统参数和变量
- 监控轴的位置和速度



程序分析软件

- 检查程序点位质量
- 比较程序路径和实际路径
- 模拟切削效果



其他工具

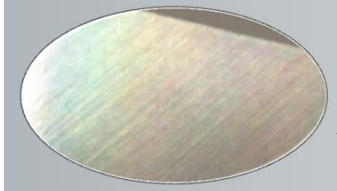
- 工业显微镜检查表面质量
- 频谱分析软件找共振频率
- 振动测量仪检查机械问题

模具加工问题的分析方法和工具： http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/807

典型模具加工问题的优化指导
– 积累多年加工优化经验，提供最有效的处理方法

SIEMENS
Ingenuity for life

典型切削问题



拉丝

⋮

表面质量

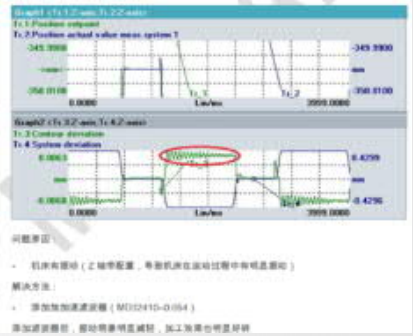
水波纹

⋮

过切

拉丝： http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/798
水波纹： http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/800
表面质量： http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/801
过切： http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/Home/Document/802

典型切削问题案例



相关优化参数

感谢您的关注！

SIEMENS
Ingenuity for life

Thank You !

西门子趣味数控网

西门子数控技术应用
微信公众号：
Siemens_CNC_TAC

http://www.ad.siemens.com.cn/CNC4YOU/

Unrestricted © Siemens AG 2019