

精密加工过程管控

北京精雕集团



目录

Contents

1

刀具及其装夹

2

切削用量及余量的管控

3

切削液的管控

4

机床与安装环境

1 刀具及其装夹

1.1 刀柄的介绍及管控

1.2 刀具品质与尺寸管控措施

1.3 刀具管控措施总结

1.1.1 刀柄种类



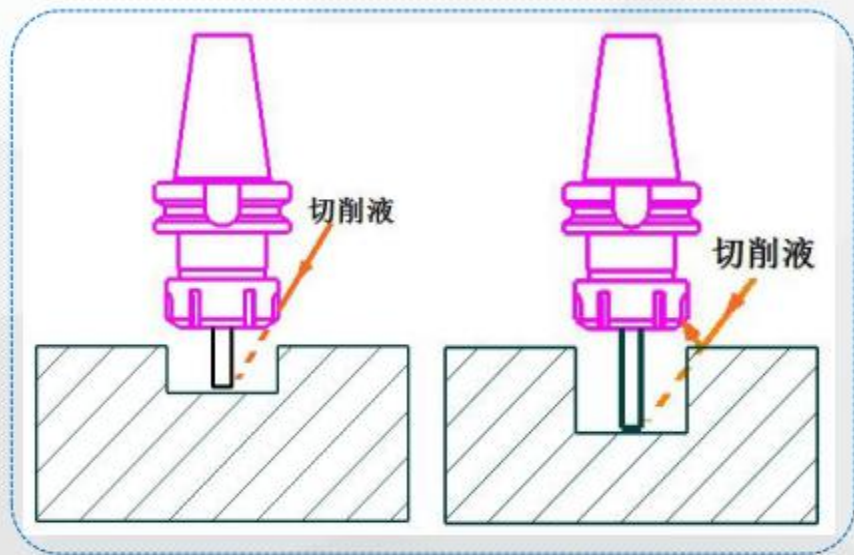
1.1刀柄的介绍及管控

(1) 普通ER刀柄

- 普通ER刀柄使用最广泛
- 夹持的刀具种类多
- 夹持刀具直径范围广
- **容易产生油雾**
- **夹持力小、精度低**



压帽大、沟槽易产生油雾



卡头规格	夹持范围
ER11	1-6mm
ER16	1-10mm
ER20	1-13mm
ER25	1-16mm
ER32	1-20mm

1.1刀柄的介绍及管控

(2) 无风阻刀柄

- 无风阻刀柄与普通ER刀柄的夹持原理相同
- 采用无风阻全圆压帽，有效控制油雾产生



1.1刀柄的介绍及管控

(3) 冷压刀柄

夹持原理

由刀柄、夹紧套和冷压装置组成。夹紧套外圆有很小的锥度，装入刀具后，借助冷压装置将夹紧套压入刀柄，夹紧刀具。卸刀时也需要使用冷压装置取出夹紧套。



夹紧套

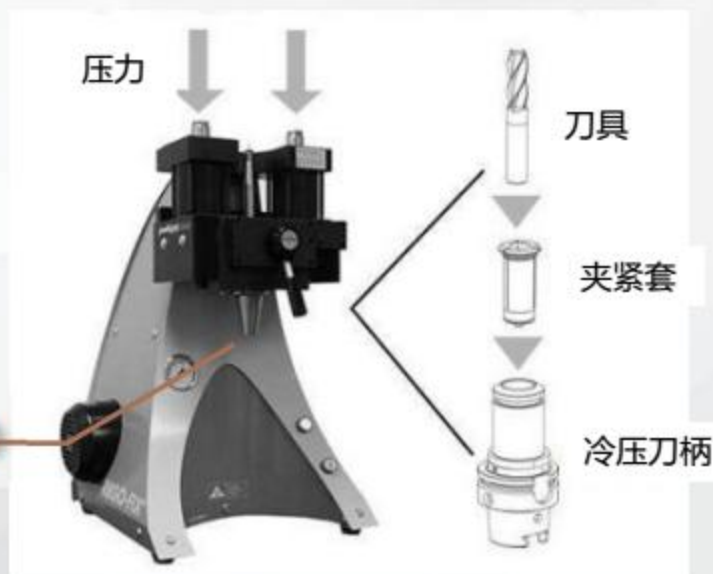


冷压刀柄

夹持力大，
最大传递扭
矩1100Nm

夹持精度高
<5 μ m

必须使用
冷压设备



推荐使用

常用于大刀具 (>10mm) 装夹，大切削量加工

(4) 液压刀柄

夹持原理

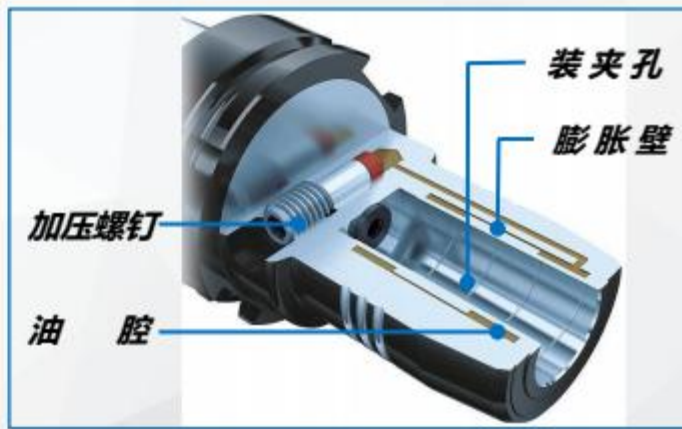
拧紧加压螺钉，活塞推动液压介质向油腔内挤压，使刀柄的膨胀壁膨胀，抱紧刀具，实现夹持



夹持精度高
<5 μ m

装夹快捷

减振



推荐使用

精度高、具有减振作用，常用于精加工

(5) 热缩刀柄

夹持原理

利用刀柄和刀具材料的热膨胀系数不同，通过加热进行刀具的装卸

刀具夹持部分小

只能夹持h6等级的
硬质合金刀具



必须使用
加热设备

推荐使用

常夹持6mm以内的小刀具，用于精密模具的精加工

1.1.2 刀柄选用

选用推荐

	弹簧夹头刀柄	高速刀柄	热缩刀柄	液压刀柄	后拉式刀柄	冷压刀柄
夹持精度(mm)	0.005-0.01	0.005	0.003	0.003	0.005	0.005
刀夹尺寸	一般	细	细	粗	较细	一般
刀具材料	通用	通用	硬质合金	通用	通用	通用
夹持力	一般	一般	强	较强	较强	强
高速加工能力	弱	好	好	好	一般	好
危险性	无	无	有	无	无	无
成本	低	一般	高	高	低	最高
使用寿命	一般	长	短(3000次)	长	一般	长(20000次)
操作性	良好	良好	差	好	一般	差
适用场合	使用广泛	高速精密加工；深腔、陡峭面加工	高速精密加工；深腔、陡峭面加工	高速精密加工，特别适合装卡大直径刀具	深腔和陡峭面加工场合	大直径、长刀具、高速精密切削加工

1.1.3 刀柄相关精度管控指标

- ◆ 刀柄与主轴的配合精度
- ◆ 刀柄与刀具的夹持精度

◆ 刀柄与主轴的配合精度

- 刀柄制造精度不合格，锥面生锈、凹坑现象
- 刀柄脏污



- 使用制造精度合格的刀柄
- 清洁、维护和保养

◆ 刀柄与刀具的夹持精度

刀柄、夹头、压帽脏污、生锈



刀柄、刀具的清洁、维护保养

1 刀具及其装夹

1.1 刀柄的介绍及管控

1.2 刀具品质与尺寸管控措施

1.3 刀具管控措施总结

刀具在切削状态的尺寸与NC编程的尺寸存在一定的偏差。刀具在切削状态时的尺寸误差包括：

- A、刀具与刀柄连接误差，直径变化5-15u。**
- B、刀柄和主轴连接误差，直径变化5-10u。**
- C、刀具旋转的动态误差，不同切削刃高差5u。**
- D、刀具的制造误差，直径误差5-15u。**

1.2 刀具品质与尺寸管控措施

我们一般只注重前三个因素，其实刀具自身的尺寸也是存在偏差的。在使用热缩刀柄时，刀杆本身的尺寸误差还会影响重复装刀精度。

不同厂家的刀具抽样检测结果对比（单位mm）：

刀具类型	进口品牌A				国产品牌B			
	实测直径范围	直径一致性	R角半径实测	R角一致性	实测直径范围	直径一致性	R角半径实测	R角一致性
Ø6R0.5牛鼻刀	5.998~6.01	0.012	0.499 ~ 0.515	0.016	5.974 ~ 5.988	0.014	0.493 ~ 0.502	0.009
Ø6球头刀	5.990 ~ 6.006	0.016	--	--	5.974 ~ 5.998	0.024	--	--
Ø8/Ø6平底刀	8.998 ~ 8.008	0.01	--	--	5.964 ~ 5.990	0.026	--	--

检测设备：ZOLLER genius 3s

1.2 刀具品质与尺寸管控措施

管控类别	过程要素名称	要素变化量	管控措施
刀具及其装夹	刀具选择	电极/普通模具钢/淬火模具钢	选用合适的刀具进行加工，淬火材料就要选用高硬度加工专用刀具，紫铜电极就要选用刃口锋利的刀具进行加工。
	刀具尺寸误差 (mm)	0.002-0.03	选用尺寸精度误差小的刀具或运用激光对刀仪进行刀具尺寸精度补偿。
	球刀具轮廓度 (mm)	0.002-0.010	采用激光对刀仪进行刀具轮廓度测量，选用轮廓极差小的刀具进行精加工，或利用系统中刀具3D圆角补偿功能进行补偿加工。
	刀具跳动(mm)	0.002-0.02	可以选用热缩刀刀柄，刀具装夹精度可稳定在0.002；对刀具刀柄进行清洁；选用柄径精度高的刀具等。
	刀具长度/直径比	1.0-10.0	刀具长径比控制的越小越好，可采用CAM软件中的碰撞检查功能精确算刀具的伸出长度，选用热缩刀柄，借助刀柄刚性提高刀具刚性。

1 刀具及其装夹

- 1.1 刀柄的介绍及管控
- 1.2 刀具品质与尺寸管控措施
- 1.3 刀具管控措施总结

1.4 刀具管控措施总结

总结刀具使用中的几个管控要点：



2 切削用量及余量管控

2.1 控制温度提升切削量均匀

2.2 精雕机切削用量对让刀量的影响

2.3 切削余量的控制

2.1 控制温度提高切削用量均匀

技术措施	管控项目
光栅尺和丝杠制冷技术	管控丝杠热伸长
高精度主轴制冷机、充分暖机	管控主轴热伸长
减小机床内部空间尺寸	管控机床内部温度
钣金隔热技术、采用微雾润滑	提高机床的热稳定性

2 切削用量及余量管控

2.1 控制温度提升切削量均匀

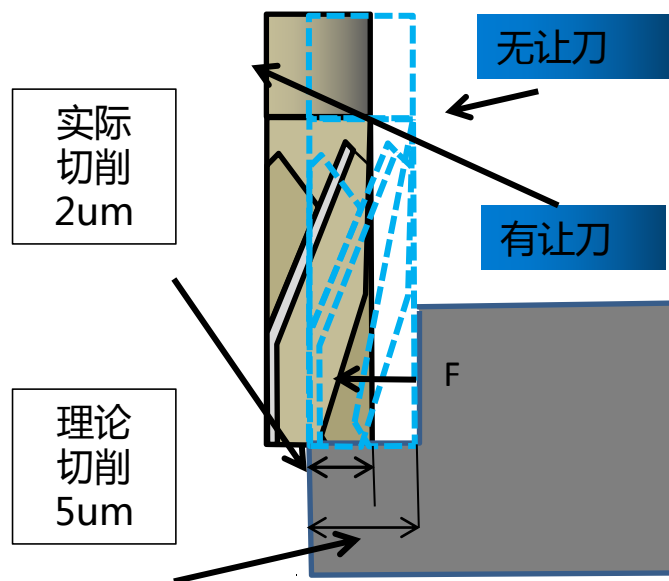
2.2 精雕机切削用量对让刀量的影响

2.3 切削余量的控制

2.2 精雕机切削用量对让刀量的影响

“数控加工的准确性”指实际切削量和理论切削量本一致，然而实际加工过程中常常存在让刀现象，其反映在工件上就是实际切削量小于理论切削量。

某客户在使用JDHGT400_A10SH加工精密USB冷冲模具时，精加工切削量0.005mm，实际加工切削量只有0.002mm。

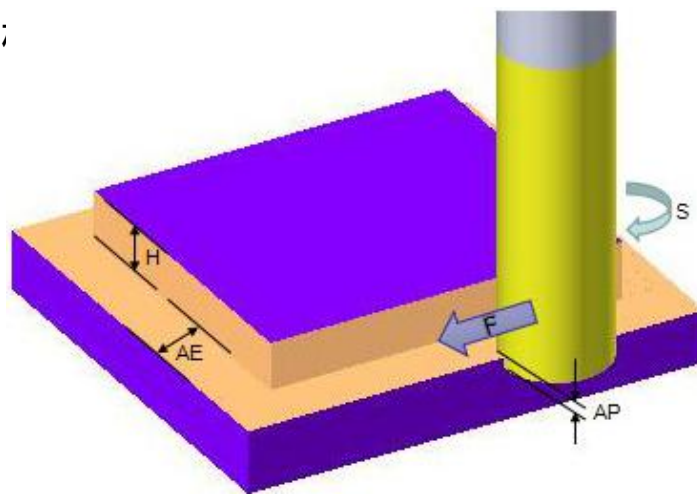


2.2 精雕机切削用量对让刀量的影响

让刀量大小不仅和机床整体刚性、刀具夹持刚性，刀具动态刚性，被切削材料的硬度和强度有关，还和**切削用量**有关。合适的切削用量是解决让刀量**最直接、最省成本**的方法。

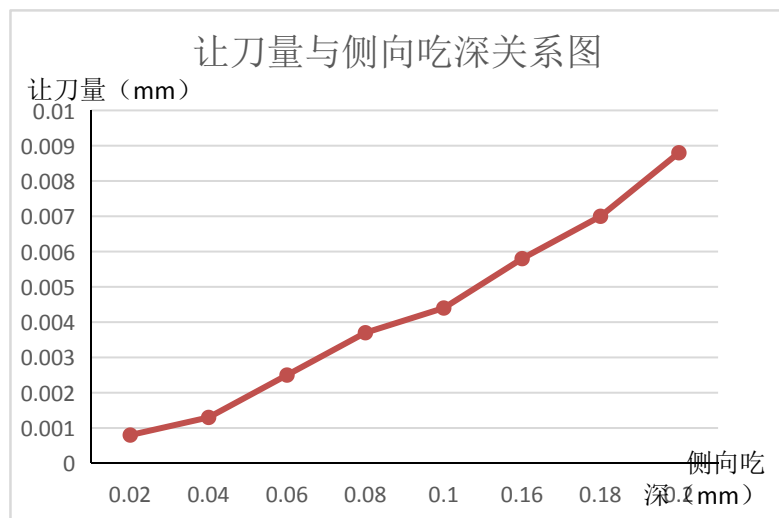
以JDHGT400_A8机床为例，通过实验研究**不同切削参数对让刀量的影响**。被切削材料为S136；

的牛鼻刀加工。

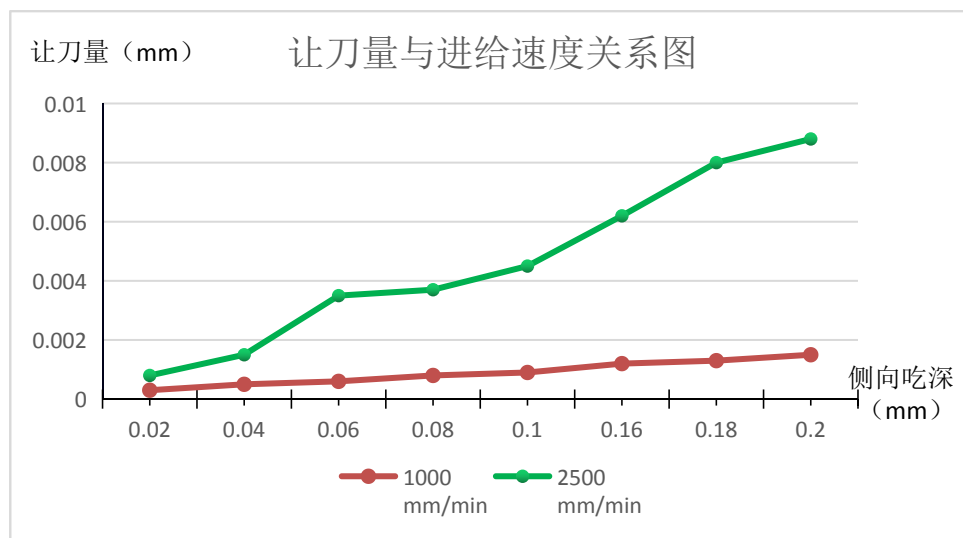


2.2 精雕机切削用量对让刀量的影响

让刀量与侧向吃刀量AE的关系



让刀量与进给速度的关系



2 切削用量及余量管控

- 2.1 控制温度提升切削量均匀
- 2.2 精雕机切削用量对让刀量的影响
- 2.3 切削余量的控制

问题提出：面轮廓度是衡量模具品质的一个重要指标，造成面轮廓度偏差的主要有四个：即机床精度、刀具尺寸误差、刀具磨损、让刀变形，对精雕机来说，**让刀变形和机床精度对余量的影响哪个更大？**

2.5 切削余量的控制

球面轮廓度加工验证：

使用机床	JDHGT400	加工示意图
加工刀具	株钻2mm球刀 激光对刀仪测量	 <p>直径25mm</p>
加工材料	S136模具钢/6061铝合金	
粗加工余量	0.05mm	
半精加工余量	0.02mm	

2.5 切削余量的控制

实验结果（单位mm）：

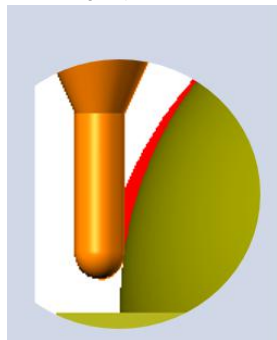
截面圆位置		测量点1	测量点2	测量点3	测量点4	测量点5	极差
S136	精加工后	+0.018	+0.016	+0.012	+0.004	0	+0.018
6061 铝合金	精加工后	+0.0003	+0.0004	+0.0004	+0.0005	+0.0006	0.0003
结果分析	1) 铝合金材料加工时，余量不均匀程度现象基本消失。 2) 再次证明，引起轮廓度变大的原因是刀具的让刀变形。						

2.5 切削余量的控制

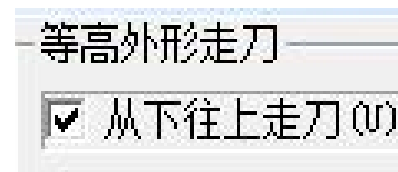
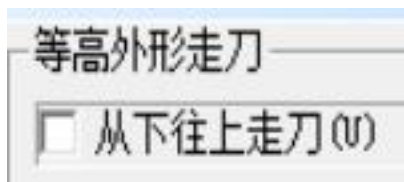
如何才能改善切削过程中的让刀量？

经过分析，我们准备从以下两个方面进行验证：

1、改变切削方式进行验证



2、使用热缩刀柄进行验证



2.5 切削余量的控制

改变切削方式为由下向上走刀

实际直径与理论直径的偏差（单位：mm）：

		测量点 1(Z=2)	测量点 2(Z=4)	测量点 2(Z=6)	测量点 2(Z=8)	测量点 2(Z=10)	极差
从上往下 走刀 ↓	半精加工后	+0.014	+0.013	+0.012	+0.01	+0.007	0.007
从上往下 走刀 ↓	精加工后	+0.014	+0.013	+0.012	+0.011	+0.005	0.009
从下往上 走刀 ↑	精加工后	+0.005	+0.005	+0.006	+0.006	+0.007	0.002

结果分析

1) 两者半精加工均使用从上向下走刀，半精后的尺寸基本一致。

2) 精加工从下向上加工，五个截面圆直径差为2um；从上往下加工，五个截面圆直径差为9um。**从下往上加工的效果明显优于从上往下加工。**

2.5 切削余量的控制

验证 2：使用热缩刀柄进行加工验证(从上往下)

实际直径与理论直径的偏差（单位：mm）：

	测量点 1(Z=2)	测量点 2(Z=4)	测量点 2(Z=6)	测量点 2(Z=8)	测量点 2(Z=10)	极差
半精加工后	+0.012	+0.012	+0.01	+0.008	+0.006	0.006
精加工后	+0.01	+0.008	+0.008	+0.007	+0.004	0.006
结果分析	使用热缩刀柄，半精加工和精加工后五个截面圆直径差值都缩小到6um（同样刀具，使用弹簧卡头为9um）， 有一定改善作用。					

2.5 切削余量的控制

要想获得更高的加工精度，就必须想方设法**提高切削余量的均匀性**

01

粗活精干：粗加工也是一个有精度要求的加工。其加工误差，会逐步传递到半精加工和精加工。粗加工可以采用**小吃深大进给、增加修边路径、控制顺逆铣方向**等手段提高余量均匀性

03

半精加工：精加工前，一定要有半精加工，必要时可根据刀具和余量分布情况多增加一次半精加工。**半精加工采用与精加工相同的刀具和加工方法，可以提高精加工余量的均匀性**

02

管控刀具：检查工件时，应更加注意检查每一步的刀具磨损情况

04

优化工艺：规划工艺线路，注意走刀方式对加工精度的影响

3 切削液的管控

3.1 切削液的管控

3.2 微量油雾润滑技术

3.1 切削液的管控



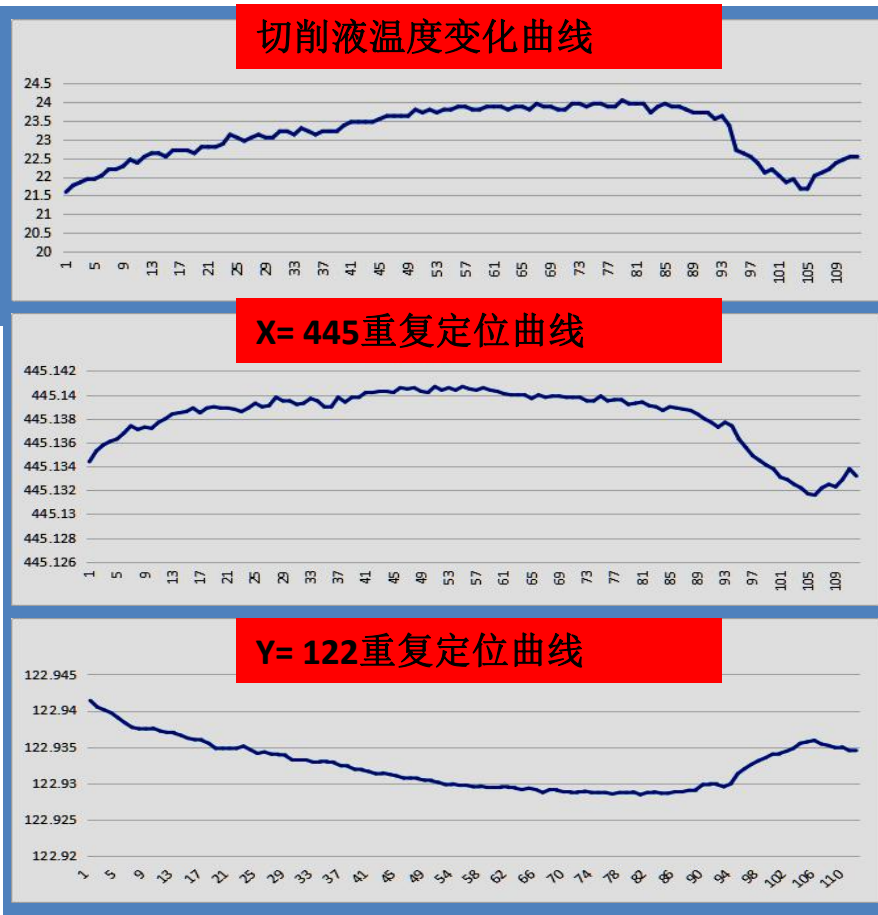
在高光加工中，我们已经体会到切削液在产品品质、刀具寿命方面重要性。在精密加工中，加工的表面粗糙度要达到100nm以内，刀具寿命要达到连续16个小时以上。要实现这样的目标，必须对切削液进行细致的管控。

3.1 切削液的管控

1) 切削液对机床精度的影响：

机 床：JDHGT600
水泵功率：800W水泵
测试方法：测试前暖机
切削液在整个机床内循环
机床三轴15m/min运动
测试持续24小时

	X定位精度 变化 最大值	Y定位精度 变化 最大值
切削液 开启	0.0142	0.0104
切削液 关闭	0.0009	0.0012



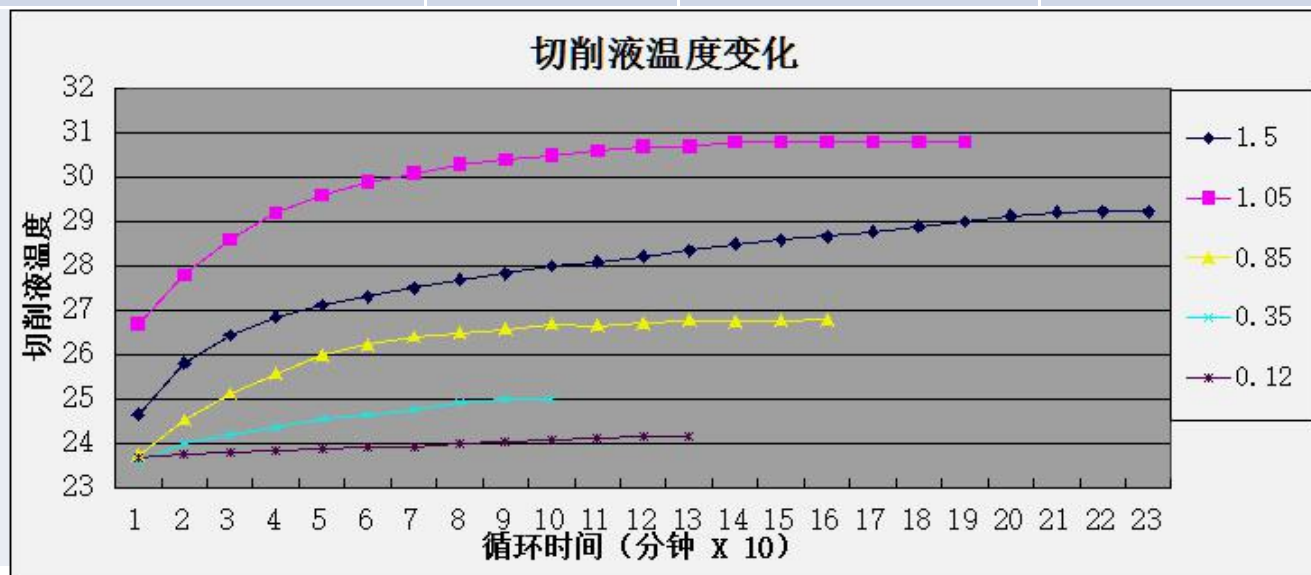
温度变化的曲线与X/Y轴定位精度的变化趋势十分接近

3.1 切削液的管控

2) 切削液温升与水泵功率的关系：

序号	水泵型号	功率 (KW)	最大温升 (°C/h)	稳定时间 (小时)
1	STAIRS SBK 5-10/10 SUUV	1.5	4.57	3
2	Rocoi LDPB 2V-90-TP	1.05	4.1	2.5
3	Rocoi LDPB 2V-60-TP	0.8	3.06	2
4	Rocoi LDPB 4-18-TP	0.35	1.43	1.5
5	Rocoi LDPB 2-18-TP	0.12	0.47	1.5

温度
变化
曲线



3.1 切削液的管控

3) 油雾分离器对机床内部温度的影响 (单位 $^{\circ}\text{C}$) :

机床内顶部		机床内底部 (台面)		
油雾分离器 关闭	与环境温度 差值	油雾分离器 开启	与环境温度 差值	油雾分离器开启/关闭 温度差值
20.38	4.38	16.67	0.67	-3.71
21.76	5.76	17.36	1.36	-4.41

油雾分离器开启后，机床内部温度更加接近环境温度 (16°C)

3.1切屑液的管控

4) 油雾分离器对机床精度的影响 (单位mm) :

		X轴	Y轴
油雾分离器关闭	最大偏移量	0.0116	0.0098
	2 σ 重复误差	± 0.0061	± 0.0065
油雾分离器开启	最大偏移量	0.0060	0.0050
	2 σ 重复误差	± 0.0036	± 0.0030

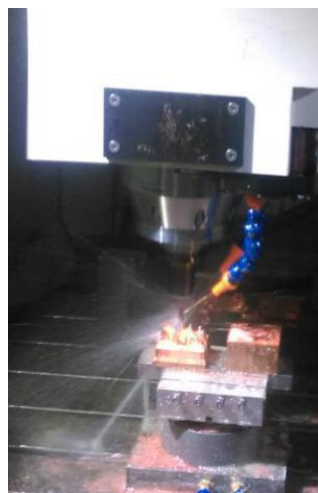
3.1切削液的管控

油雾管控措施：



切削液流量过大，
喷射角度不合适导致大量的油雾产生，
不合理！

精密电极加工，
使用高速刀柄，
产生的油雾较小，
合理！



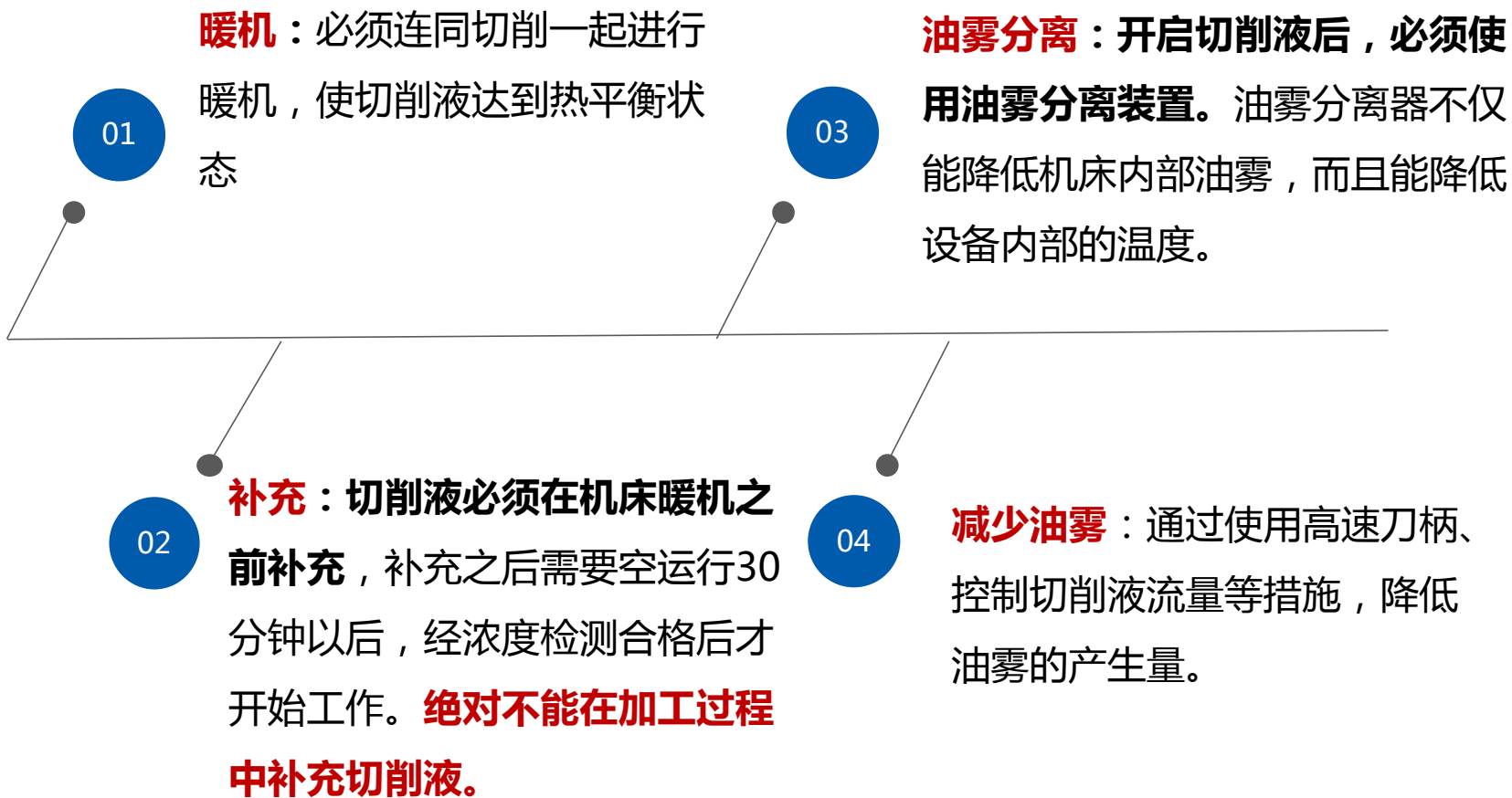
油雾分离器进
风口积液，**不**
合理！

按照操作规程进行
日常维护，检查，
合理！



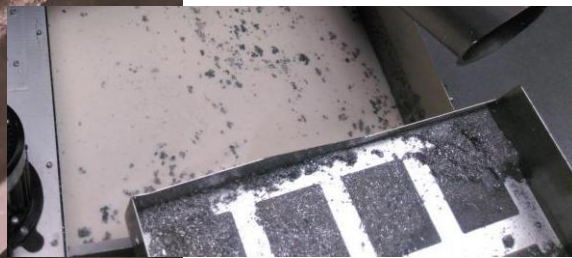
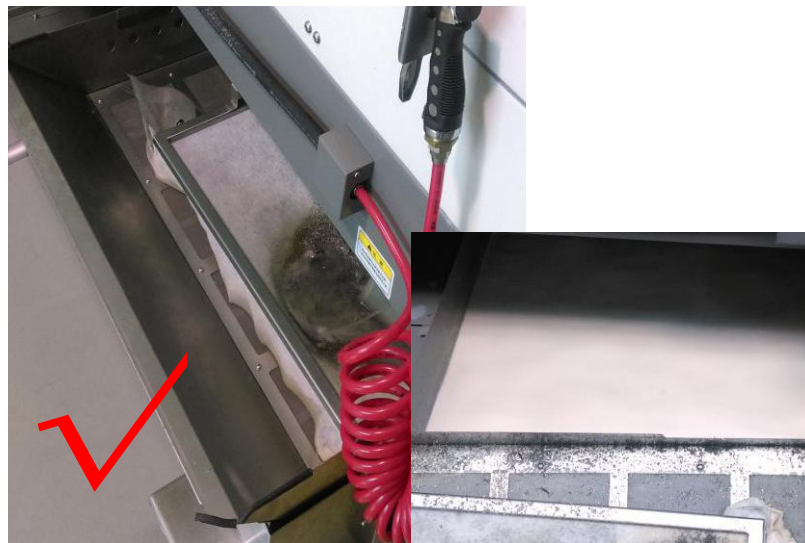
3.1 切削液的管控

切削液温度管控措施：



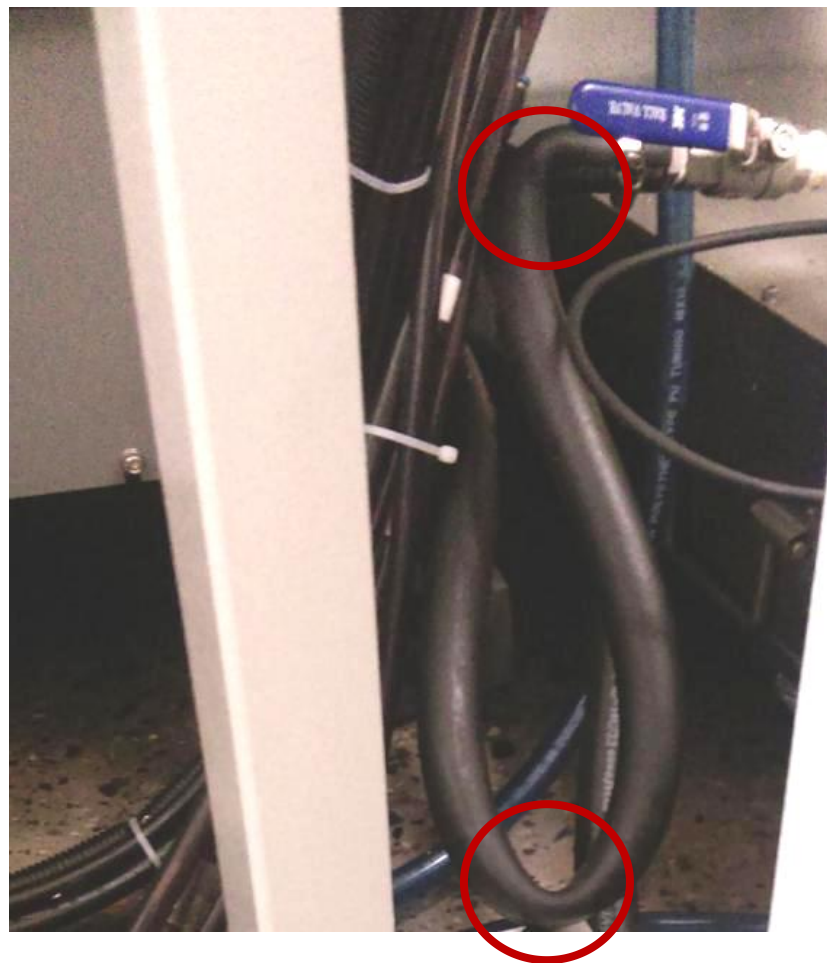
3.1 切削液的管控

切削液洁净度的管控，重点是切削液中杂质的过滤，保证切削液过滤系统工作正常。



3.1 切削液的管控

切削液流量的管控，避免管路弯折，保证切削液畅通。



3 切削液的管控

3.1 切削液的管控

3.2 微量油雾润滑技术

3.2微量油雾润滑技术

微量油雾润滑系统是一种准干式切削方法，使用高速气流将润滑油滴喷碎成微小的油粒，经过重力自然筛选，选出更为细小的油粒与高速气流混合成油雾，喷射在加工区域，实施冷却、润滑、排屑等作用。

- ✓ 高速油雾增加润滑剂的渗透性，提高冷却润滑效果；
- ✓ 油液粘结在刀具和工作表面，形成油膜，改变刀具摩擦状态；
- ✓ 微量润滑系统耗油量为传统方式的1%，降低成本；
- ✓ 切削系统外保持干燥，避免处理废液；
- ✓ 根据使用需要调整润滑剂的最佳浓度，增加油雾分离系统，改善环境；
- ✓ 安装方便，占空间少；
- ✓ 耗油量4-12ml/小时，建议专用油；
- ✓ 适用于模具钢、不锈钢、铝及铝合金等，半精加工和精加工中，镁、锰、石墨等材料由于有易爆特性而不适于这种润滑方式。



4 机床与安装环境

4.1 影响要素

4.2 要素变化量及基本管控措施

4.3 典型案例

4.1 影响要素

序号	涉及项目	类别	对工件的影响
1	机床定位精度	机床	影响尺寸精度
2	机床几何精度		影响尺寸精度
3	地基基础	安装环境	影响机床水平和表面粗糙度
4	主轴振动与检测		影响刀具寿命和表面粗糙度
5	环境温度波动		影响尺寸精度和工件中心漂移量
6	机床周围作业环境（震源等）		可能存在多重影响

4 机床与安装环境

4.1 影响要素

4.2 要素变化量及基本管控措施

4.3 典型案例

4.2

要素变化量及基本管控措施

管控类别	过程要素名称	要素变化量	管控措施
机床与安装环境	机床定位精度 (mm)	0.002~0.008	根据模具尺寸精度要求选择合适的机床，精密模具一般选择JDHGT系列的全闭环机床，普通要求的模具可以选择JDCT系列的机床；模具表面效果要求高，就要选用振动量小的A8或者A10H主轴，有一定去除量的要选择A13S或A15SH主轴。
	机床几何精度 (mm)	0.005~0.02	
	主轴振动速度 (mm/s)	0.03~0.30	
	地基基础厚度 (cm)	15~100	对机床的安装地基基础厚度进行加厚，精密模具加工时地基厚度要求不能低于60cm，普通模具加工时地基厚度不能低于15cm。
	环境温度波动 (°C/8h)	1.0~6.0	温度波动的管控就是要建设恒温车间，模具尺寸精度要求越高，对恒温车间温度波动量也越高，一般精密加工中要求车间温度波动要小于2~3°C/8h。
	周边振源	/	车间要远离火车轨道、大型冲压、开粗设备等振源地，确保加工过程没有周边振动的影响

4 机床与安装环境

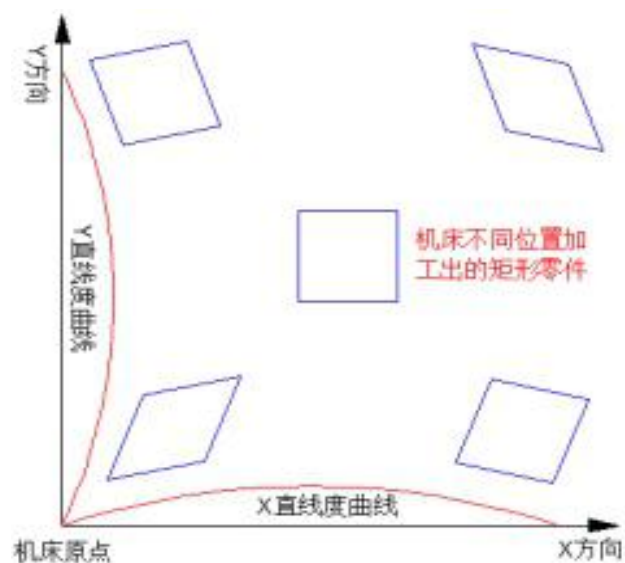
4.1 影响要素

4.2 要素变化量及基本管控措施

4.3 典型案例

4.3 典型案例

部分加工误差是机床几何精度造成的，如机床X/Y直线度与X/Y垂直度有问题，会造成加工出的产品变形。在模具加工领域，表现为动静模合模误差偏大，如下图所示。

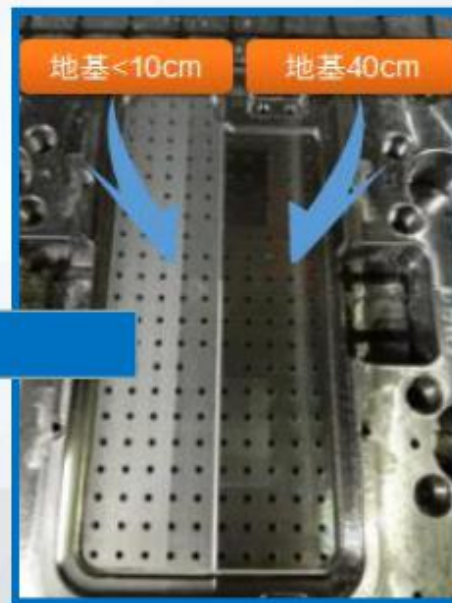


4.3 典型案例

东莞某五金客户在加工手机后盖模具时，出现了发白不亮、拉丝的效果，将该设备转移至万江加工厂（地基水泥厚度40cm）后加工的效果变好。后证实为客户处未做地基处理（地基水泥厚度<10cm），整个地板下面都是粉末沙土的缘故。



原地基



同一设备在不同地基下加工效果

4.3 典型案例

检查机床附近是否有震源，比如大型机械、冲床、天车等



大型机械



冲床



天车

案例一



苏州某客户模具车间在加工时常可感觉到隔壁设备组装公司运输物件传来的振动。当时在使用HGT600-A13S加工这款捷豹模具时，连续3次振动导致产品产生了几个小坑，不得已拿去补焊。

Thank You