
| | |
|-------------------------------|----|
| 一、刀具的基本知识..... | 2 |
| 1.1 刀具材料..... | 2 |
| 1.2 刀具的几何形状..... | 5 |
| 1.3 刀具的几何参数..... | 7 |
| 二、现有生产刀具规格及工艺参数..... | 11 |
| 三、刀具的使用..... | 11 |
| 3.1 刀具的加工方式..... | 11 |
| 3.2 刀具的切削形式..... | 12 |
| 3.3 刀具的安装..... | 13 |
| 3.4 刀具角度的选取..... | 13 |
| 3.5 切削要素与切削层参数..... | 15 |
| 四、刀具磨损和刀具耐用度..... | 18 |
| 4.1 刀具的磨损..... | 18 |
| 4.2 刀具的耐用度..... | 19 |
| 4.3 刀具的磨损形式..... | 19 |
| 4.4 刀具的破损形式..... | 19 |
| 4.5 如何减少刀具磨损..... | 20 |
| 五、制定合理的切削用量..... | 20 |
| 六、刀具的选用..... | 21 |
| 6.1 材料的切削加工性..... | 21 |
| 6.2 金属切削刀具的选用及其特点..... | 22 |
| 6.3 有机材料刀具的选用..... | 24 |
| 6.4 专用刀具的选用及其特点..... | 25 |
| 七、如何引导客户使用成品刀具(为什么成品刀具贵)..... | 26 |
| 八、刀具磨制过程中的常见错误..... | 28 |
| 九、刀具使用过程中的常见错误..... | 28 |
| 十、对刀具的鉴别(讨论)..... | 29 |
| 十一、磨刀机的正确使用(车间实践)..... | 29 |
| 十二、讨论: 刀具部所生产刀具的优点与不足..... | 33 |

如何正确使用刀具和鉴别刀具

一、刀具的基本知识

目前雕刻机所使用的刀具，在刀具的分类中基本上都可以归结为铣刀中的立铣刀，相对直径较小，一般只有 $\phi 8\text{mm}$ 以下；使用转速较高，一般 16000~24000rpm；下面主要从刀具的材料，刀具的几何参数、刀具的加工方式、雕刻加工对刀具的特殊要求等方面为大家做一下介绍：

1.1 刀具材料

刀具的材料是生产和使用刀具至关重要的一环，一般刀具材料所具备的性能如下：

a、高的硬度和耐磨性：

硬度是刀具材料应具备的基本特性，刀具要从工件上切下材料，其硬度必须比工件材料的硬度大。刀具材料硬度一般在 60HRC 以上。

耐磨性是材料抵抗磨损的能力，一般情况下，刀具材料的硬度越高，耐磨性越好，材料晶粒越细、分布越均匀，则耐磨性越高。

b、足够的强度和韧性：

要使刀具在承受很大压力，以及在切削过程中出现冲击和振动的条件下工作而不产生崩刃和折断，刀具材料就必须有足够的强度和韧性。

c、高耐热性：

指刀具材料在高温下保持硬度、耐磨性、强度和韧性的性能。刀具材料的高温硬度越高，则刀具的切削性能越好，允许的切削速度也越高；除高温硬度外，刀具材料还应具有在高温下抗氧化的能力以及良好的抗粘结和抗扩散的能力。

d、良好的工艺性能：

为便于制造，要求刀具材料具有良好的工艺性能。

e、经济性：

经济性是刀具材料的重要指标之一。有的刀具材料虽然很贵，但因其寿命长，分摊到每个零件的成本不一定很高。

f、切削性能的可预测性。

随着加工自动化的发展,要求刀具磨损及刀具耐用度等切削性能具有良好的可预测性。

1.1.1 常用的刀具材料

工具厂家生产中所用的刀具材料以高速钢(如W18Cr4V)和硬质合金(如YG6X)居多。碳素工具钢(如T10A、T12A),工具钢(如9SiCr、CrWMn)因其硬耐热性差,仅用于手工刀具。硬质合金涂层刀具,陶瓷,金刚石,立方氮化硼材料以其优异的性能已在许多领域开始得到应用。

(1)硬质合金切削性能优良,早期的硬质合金比高速钢的抗弯强度低许多,随着技术的发展,其抗弯强度已接近甚至超过一般的高速钢。

目前我公司采用的刀具(包括外购刀具)都是整体硬质合金圆棒全磨制而成的。

我公司自产刀具选用的硬质合金材料为山特维克(SANDVIK)提供的H6FF,其主要成份为6%的Co和94%的WC,其性能参数如表1所示:

表1 SANDVIK —H6FF 性能参数

| 维氏 硬度 | 洛氏 硬度 | 洛氏 硬度 | 抗弯 强度 | 抗压 强度 | 密度 | 相当 ISO | 晶粒 度 |
|----------|----------|----------|-----------|-------------------|-----------|-------------|-----------|
| HV30 | HRA | HRC | N/mm 2 | N/mm ² | g/cm 3 | | |
| 1850 | 93.6 | 80.6 | 4400 | 7400 | 14.8 5 | K05/ K10 | 0.6 μm |

这种材料的特点硬度高,抗弯强度高。在加工钢料、有色金属材料时,因其脆性大,建议使用过程中要注意先低于正常走刀速度磨合一段时间(大约5分钟)后,再上正常速度,以利于刀具的稳定性,从而提高刀具的耐用度。

顺便介绍一下关于硬度的知识:

所谓硬度,通常可以理解为金属表面局部体积内抵抗外物压入而引起塑性变形的抗力。常用的试验方法有三种:布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HRA\HRB\HRC)、维氏硬度(HV)。

布氏硬度 (HB) 的含意：用一定直径的淬硬钢球，在一定的载荷 (p) 作用下，压入试件表面，停留一段时间，然后除去载荷，测量压痕的面积，压痕越小表示抵抗塑性变形能力 (即硬度) 越大，压痕越大硬度越小。

洛氏硬度 (HRA)：代表在试验载荷为 60kg 下，使用顶角为 120 度的金刚石圆锥压头；

洛氏硬度 (HRB)：代表在试验载荷为 100kg 下，使用直径 1/16” 淬硬钢球；

洛氏硬度 (HRC)：代表在试验载荷为 150kg 下，使用顶角为 120 度的金刚石圆锥压头；

维氏硬度 (HV)： 是利用顶角为 136 度的金刚石四方角锥体作压头，在一定的载荷下压入试件表面，留下方形压痕，根据对角线的长度，即可查出硬度值



HVS-50 型数显维氏硬度计



HBRV-187.5 型布洛维硬度计

高速钢材料与硬质合金材料性能对比如表 2 所示：

表 2 硬质合金、高速钢材料性能对比

| | | 维氏硬 | 洛氏硬 | 洛氏硬度 | 抗弯强度 | 密度 | 相当 ISO |
|------|--------------|------|------|----------|-------|-------|---------|
| | | 度 | 度 | | | | 牌号 |
| | | HV30 | HRA | HRC | N/mm2 | g/cm3 | |
| 硬质合金 | sandvik H6FF | 1850 | 93.6 | 相当于 80.6 | 4400 | 14.85 | K05/K10 |
| | 南昌 | 1515 | 91.5 | 相当于 76.7 | 2950 | 14.75 | K10 |
| | YG6 | 1315 | 89.5 | 相当于 73.9 | 1430 | 14.75 | K10 |
| | YG6X | 1460 | 91 | 相当于 76.2 | 1400 | 14.75 | K05 |
| 高速钢 | W18Cr4V | 820 | 83.7 | 63~66 | 3200 | 8.7 | |
| | W6Mo5Cr4V2A1 | 940 | 85.6 | 67~69 | 3500 | 9.12 | |

高速钢刀具的质量还要取决于刀具生产厂家的热处理工艺，淬火后刀具的性能；而且在高温下高速钢硬度会下降许多，如 W18Cr4V 在 500℃ 时 56HRC；600℃ 时 48.5HRC。

(2) 金刚石刀具

在有机材料切割和高光型面板行业开始使用金刚石刀具。金刚石具有极高的硬度和耐磨性，有资料显示其耐用度比硬质合金可提高及几倍到几百倍。金刚石刀具不适合加工黑色金属。公司已开始联系生产厂家生产，聚晶金刚石样刀(PCD)已开始在公司和客户试用，不久将能供应市场。

1.2 刀具的几何形状

目前公司供应的刀具主要有单刃螺纹刀具（图1），双刃螺纹刀具（图2），双刃螺纹球头刀具（图3），双刃直槽（平底、锥度）刀具（图4、4A），双刃直槽组合刀具（图5），双刃直槽锥度球头刀具（图6），棱形刀具（图7），开半刀具（图8）八大系列，几百种规格。还有多刃直槽螺纹刀具。根据不同的用途，衍生出更多刀型和尺寸，来满足市场需求。

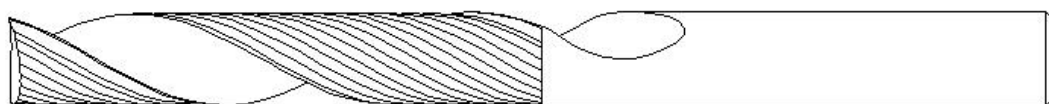


图 1



图 2

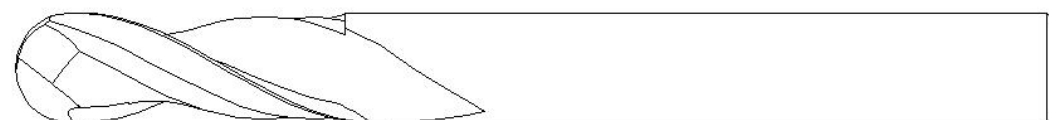


图 3

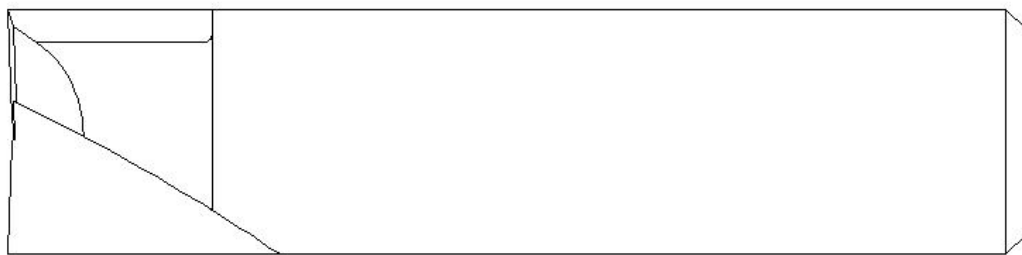


图 4

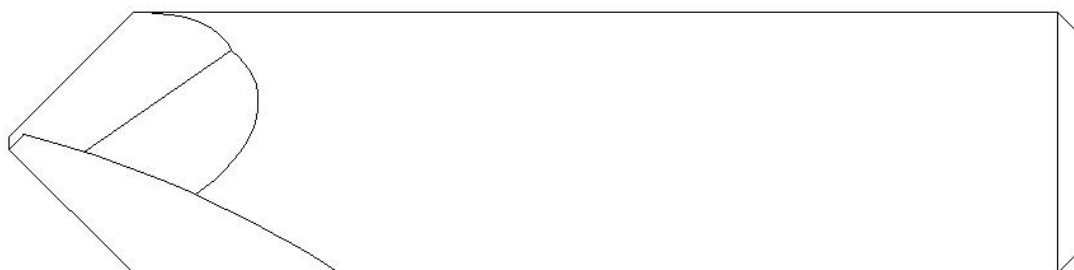


图 4A



图 5



图 6

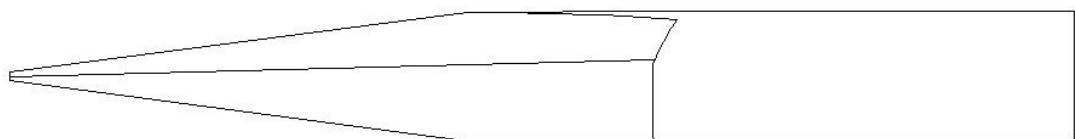


图 7



图 8

1.3 刀具的几何参数

刀具的几何参数包括刀具的切削角度（前角、后角），刀面的形式以及切削刃的形状（直线形、折线形），下面以双刃直槽，开半，单刃螺纹，双刃螺纹刀具为例来介绍刀具的几何参数。

1.3.1 双刃直槽(2B)刀具 (图 9):

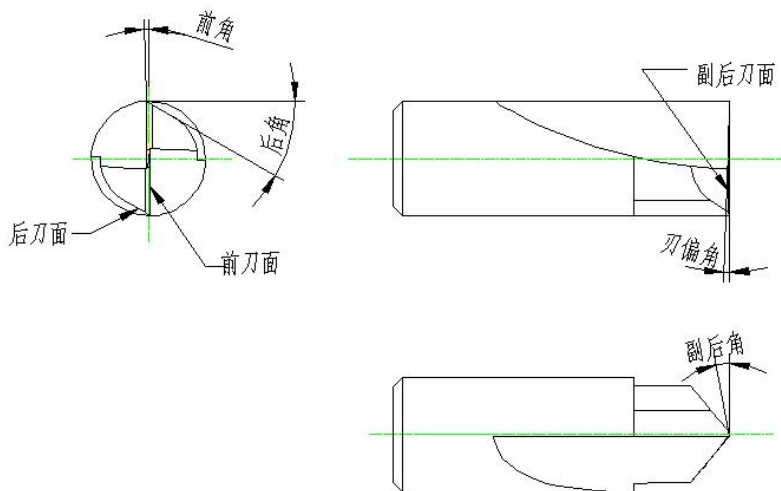


图 9

刀具的前角:

前角——前刀面（切屑沿其流出的表面）与中心线（两对称刃尖连线）的夹角。前角的大小决定刀刃的锋利程度和强固程度，它对切削过程有着重要影响。前角越大，刀刃则越锋利，切削越轻快，刀刃强度较弱；反之则正好相反。一般切削非金属选用较大前角，切削金属选用较小的前角。

刀具的后角:

后角——后刀面（与已加工表面相对的面）与切削平面间（刃尖外圆切平面）的夹角。后角的主要功用是减少切削过程中后刀面与加工表面之间的摩擦，后角的大小还影响作用在后刀面上的力、后刀面与工件接触长以及后刀面的磨损强度，因而对刀具耐用度和加工表面质量有很大影响。

1.3.2 开半刀具（单刃直槽 1B）(图 10)

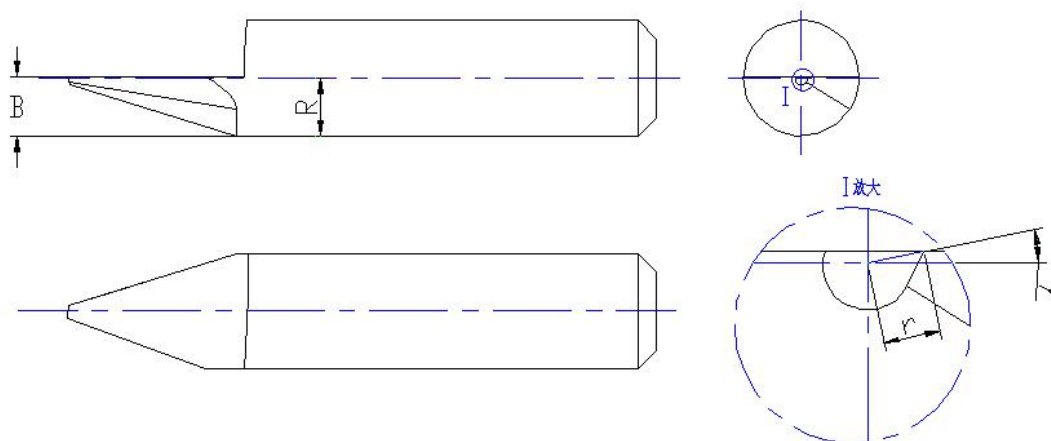


图 10

锥刀为了提高刀具整体强度，一般开半尺寸要大于刀杆半径尺寸，因此，锥刀前角在各部位因直径尺寸不同而不同的，开半径尺寸相同的情况下，直径越小，其负前角度数越大（相当于前角小）；直径越大，其负前角度数越小（相当于前角大）。例如：1.63 的开半尺寸，0.2 直径处，前角为 -11 度；3.175 直径处时前角为 -1.4 度。

前角计算公式

$$\text{TAN } \gamma = (B-R) / r$$

（ γ 为前角 B 为开半尺寸 R 为刀具柄部半径 r 为垂直轴线截面切削刃半径）

表3 锥刀推荐开半尺寸、角度

| 材料（锥刀带号） | B | 后角 |
|----------|-----|----|
| 广告（G） | .60 | 45 |
| 59Cu（T） | .63 | 30 |
| 钢材（M） | .65 | 20 |
| 纯铝 | .61 | 60 |
| 纯铜 | .62 | 45 |

开半刀具（锥刀）相对于轴线存在偏转，在高速旋转加工过程中，会产生离心力，对电机会产生震动，因此建议客户开半长度在满足需要的情况下尽可能短。目前公司刀具部所生产的刀具开半长度都控制在5mm以下。

1.3.3 单刃螺纹铣刀(1W)（图11）

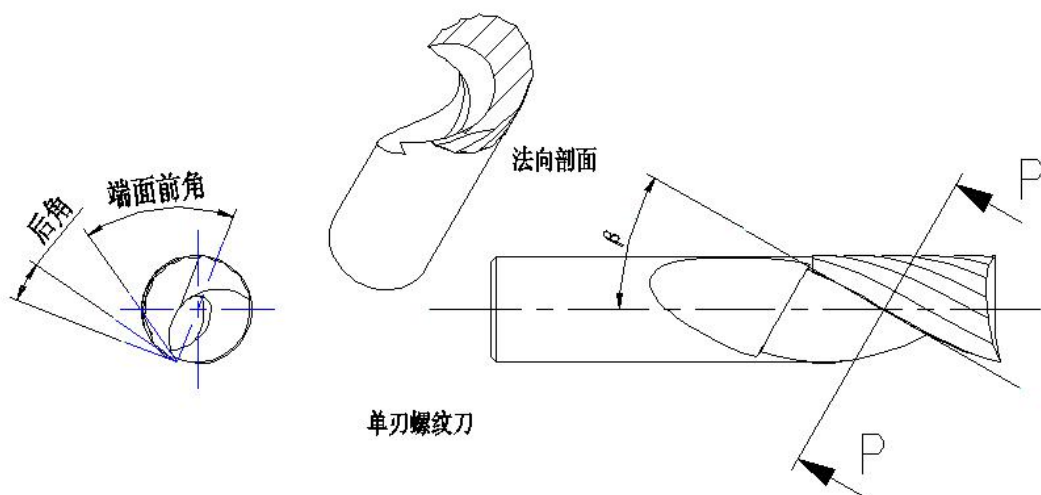


图 11

螺纹铣刀按照螺旋方向的不同分为正螺纹铣刀（右旋符合右手定则）和反螺纹（左旋符合左手定则）上图所显示的单刃螺纹刀具为正螺纹。

螺纹刀具的前角是在法剖面的 γ_n ，后角是在端剖面测量的 α 。

$$\tan \gamma_n = \tan \gamma \cos \beta \quad \beta \text{ 为刀具的螺旋角}$$

单刃螺纹刀具前角可以做的较大，最大可以达到 50 度，刀刃比较锋利；刀刃的截面积一般是刀杆截面积的 40%。比较适合切割加工非金属材料（亚克力、PVC、ABS、代木等）。通过调整刀具的角度，增大刀刃截面积，减小前角，也可适用于有色金属加工。

1.3.4 双刃螺纹铣刀(牛鼻)(2W) (图 12)

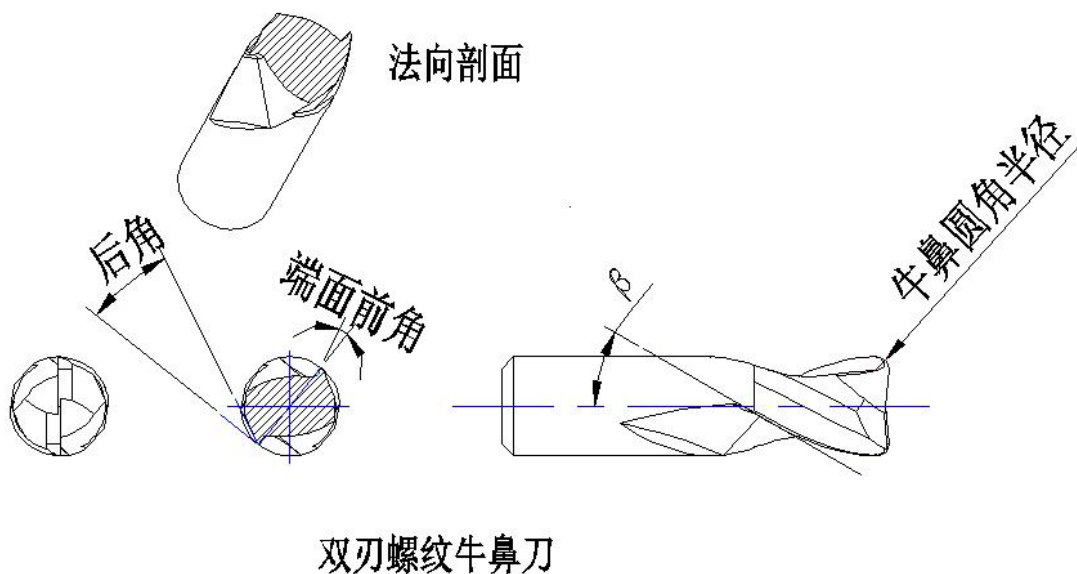


图 12

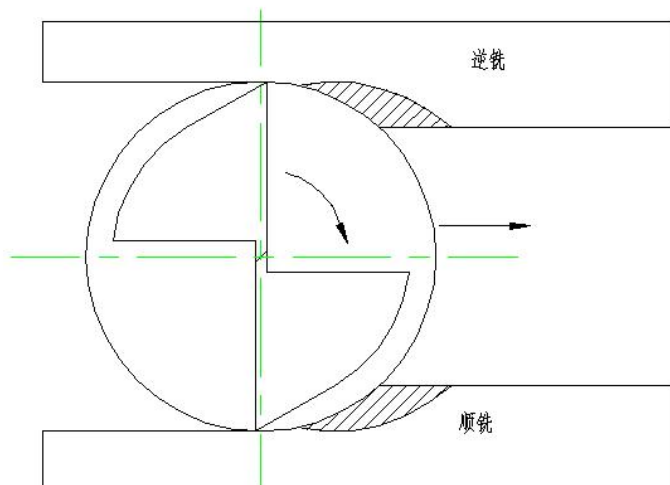
双刃螺纹刀具的刀刃相对轴线对称，属于平衡刀具，在高速旋转加工过程中，不会产生径向离心力，不会对电机产生震动。双刃螺纹刀具的强度较其他要好，刀刃截面积可达到刀杆的 60%。

二、现有生产刀具规格及工艺参数

三、刀具的使用

3.1 刀具的加工方式

加工方式因刀具旋转切入工件的方向与刀具进给方向的不同而分为顺铣和逆铣。如图：



逆铣、顺铣示意图

图 15

逆铣加工时，刀齿的切削厚度从 0 到最大，刀齿在工件表面上挤压和摩擦，刀齿较易磨损；顺铣则正好相反，刀齿的切削厚度从最大到 0，容易切下切削层，刀齿磨损较少，资料表明，顺铣可提高刀具耐用度 2~3 倍。目前，我公司生产的雕刻机丝杠都有预紧，因此，不会出现大的反向间隙，建议去大料时使用顺铣方式。顺铣加工时，要求工件侧边没有硬皮（一般锻造、磨削加工后的钢件表面会产生加工硬化），否则刀具很易磨损。

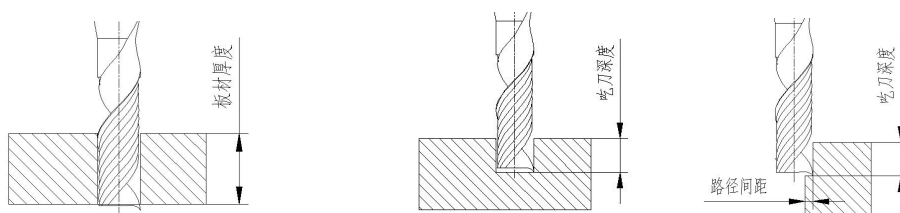
3.2 刀具的切削形式

刀具的切削形式只要有以下三种：如图

切割形式：一刀切透，双边切削，主要用于非金属材料切割；

开槽形式：双边切削，吃刀深度较浅，主要用于金属、非金属材料粗加工，刀具强度相对较弱的情况下；

单边切削：单边切削有两种情况，吃刀深度较浅，切削宽度较大；吃刀深度较深，切削宽度较小。主要用于金属、非金属材料粗加工，刀具强度相对较弱的情况下。



切割示意图

开槽示意图

单边切削示意图

图 16

3.3 刀具的安装

刀具安装的长短直接影响到工件的加工质量，建议刀具的悬出长度尽可能短。

刀具变形公式：

$$\omega = \frac{FL^3}{3EI} \quad I = \frac{\pi d^4}{64}$$

变形量 ω 刀具悬伸长度 L 刀具直径 D 刀具材料的弹性模量 E

径向作用力 F 惯性矩 I

有上述公式可以得出下面的结论：

刀具悬伸长度的三次方与变形量成正比，刀具悬伸长度越长变形量越大；

刀具直径的四次方与变形量成反比，刀具直径越细变形量越大。

刀具的装卡注意事项：

雕刻机采用的是弹簧卡头，由于弹簧卡头的槽内很容易积攒碎屑，加工有机材料时，应定期用有机溶剂（如氯仿）浸泡，加工金属用毛刷刷净。刀具装卡不正会出现刀具磨损不均匀，刀具易折断。

3.4 刀具角度的选取

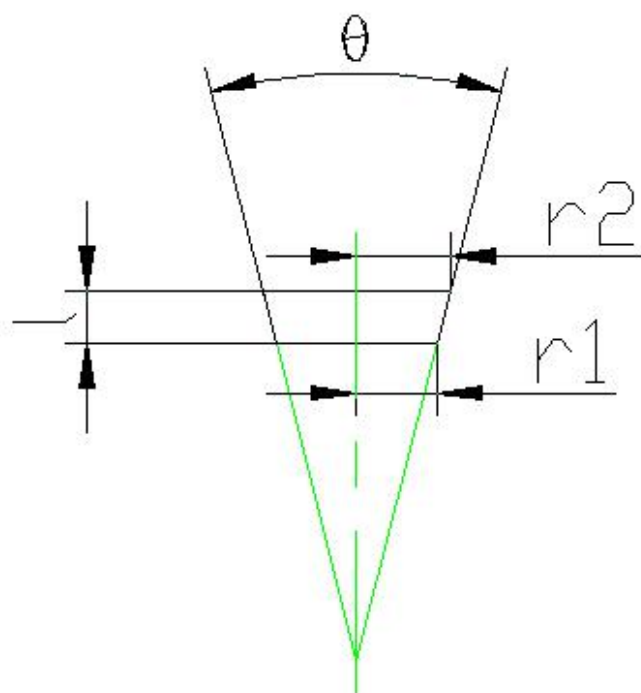
刀具截形面积公式：

$$S = \frac{1}{2} r^2 \sin \alpha \cos \alpha + \frac{(180 - \alpha)}{360} \pi (r \cos \alpha)^2$$

(r 为刀具半径， α 为刀具后角)

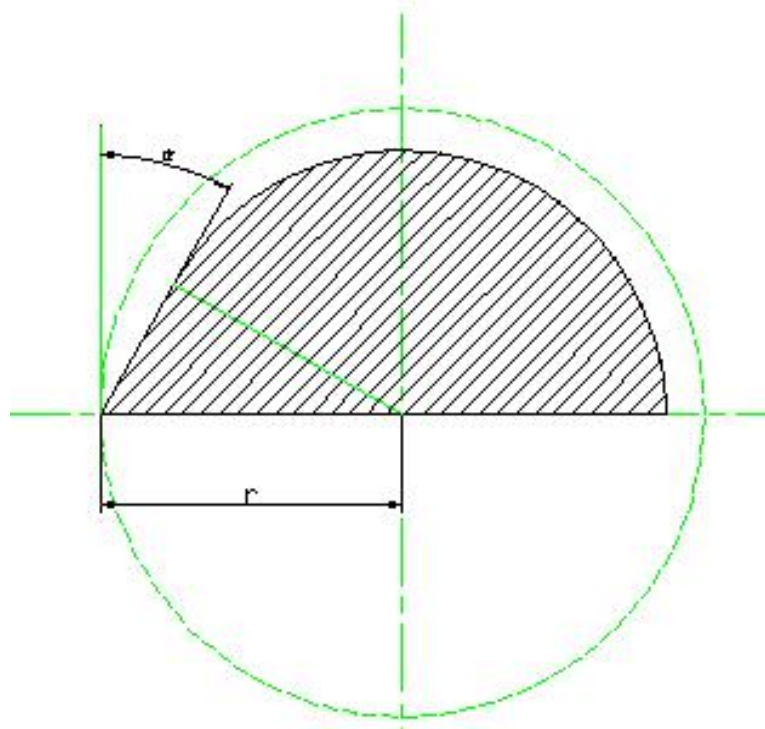
锥刀刃长与角度公式：

$$r_2 = r_1 + l * \tan(\theta / 2)$$



初始半径为 0，刃长为 0.1，后角不变，不同角度截面积如下表：

| 刃长 | 半径 | 锥度 | 后角 | 截面积 | 截面积比值 |
|-----|----------|----|----|--------|-------|
| 0.1 | 0.008748 | 10 | 30 | 0.0001 | 1 |
| 0.1 | 0.017631 | 20 | 30 | 0.0004 | 4 |
| 0.1 | 0.026793 | 30 | 30 | 0.0009 | 9 |
| 0.1 | 0.036394 | 40 | 30 | 0.0016 | 16 |
| 0.1 | 0.046627 | 50 | 30 | 0.0026 | 26 |
| 0.1 | 0.05773 | 60 | 30 | 0.0040 | 40 |



由上表可以得出这样的结论：角度越大，其截面积的增加的速率越快，刀具的强度越高。所以建议，在条件允许的情况下，尽可能选择大角度刀具。

3.5 切削要素与切削层参数

3.5.1 切削速度 V

刀具旋转时的线速度： $V = \pi DN/1000$ (m/min)

D: 刀具直径(mm) N (F₁): 刀具转速 (rpm)

表 4 切削速度 V 推荐参数

| 碳素钢 45 | 合金工具钢 Cr12 | 调质钢 45HRC | 铝 | 铜 59铜 |
|-----------|---------------|--------------|---------|----------|
| 60~100 | 50~70 | 35~60 | 150~300 | 120~200 |

表 5 刀具切削速度一览表

| | | m/min | | | | | | | | | |
|----------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 转速 刀尖 | 600 | 800 | 100 | 120 | 150 | 180 | 200 | 22 | 240 | 40 | |
| | 0 | 0 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 000 | 00 | 000 | |
| | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rpm | rp | rpm | rp | |
| | | | | | | | | | | | |

| 直径 | | | | | | | | m | | m |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| 0.1 | 1.8 | 2.5 | 3.1 | 3.7 | 4.7 | 5.6 | 6.2 | 6. | 7.5 | 12 |
| | 8 | 1 | 4 | 7 | 1 | 5 | 8 | 91 | 4 | .57 |
| 0.2 | 3.7 | 5.0 | 6.2 | 7.5 | 9.4 | 11. | 12. | 13 | 15. | 25 |
| | 7 | 2 | 8 | 4 | 2 | 30 | 57 | .82 | 08 | .13 |
| 0.3 | 5.6 | 7.5 | 9.4 | 11. | 14. | 16. | 18. | 20 | 22. | 37 |
| | 5 | 4 | 2 | 30 | 13 | 96 | 85 | .73 | 62 | .70 |
| 0.4 | 7.5 | 10. | 12. | 15. | 18. | 22. | 25. | 27 | 30. | 50 |
| | 4 | 05 | 56 | 07 | 84 | 61 | 13 | .65 | 16 | .27 |
| 0.5 | 9.4 | 12. | 15. | 18. | 23. | 28. | 31. | 34 | 37. | 62 |
| | 2 | 56 | 70 | 84 | 55 | 26 | 42 | .56 | 70 | .83 |
| 0.6 | 11. | 15. | 18. | 22. | 28. | 33. | 37. | 41 | 45. | 75 |
| | 30 | 07 | 84 | 61 | 26 | 91 | 70 | .47 | 24 | .40 |
| 0.8 | 15. | 20. | 25. | 30. | 37. | 45. | 50. | 55 | 60. | 10 |
| | 07 | 10 | 12 | 14 | 68 | 22 | 27 | .29 | 32 | 0.53 |
| 1 | 18. | 25. | 31. | 37. | 47. | 56. | 62. | 69 | 75. | 12 |
| | 84 | 12 | 40 | 68 | 10 | 52 | 83 | .12 | 40 | 5.66 |
| 1.2 | 22. | 30. | 37. | 45. | 56. | 67. | 75. | 82 | 90. | 15 |
| | 61 | 14 | 68 | 22 | 52 | 82 | 40 | .94 | 48 | 0.80 |
| 1.5 | 28. | 37. | 47. | 56. | 70. | 84. | 94. | 10 | 113 | 18 |
| | 26 | 68 | 10 | 52 | 65 | 78 | 25 | 3.67 | .10 | 8.50 |
| 1.8 | 33. | 45. | 56. | 67. | 84. | 101 | 113 | 12 | 135 | 22 |
| | 91 | 22 | 52 | 82 | 78 | .74 | .10 | 4.41 | .72 | 6.19 |
| 2 | 37. | 50. | 62. | 75. | 94. | 113 | 125 | 13 | 150 | 25 |
| | 68 | 24 | 80 | 36 | 20 | .04 | .66 | 8.23 | .80 | 1.33 |
| 2.5 | 47. | 62. | 78. | 94. | 117 | 141 | 157 | 17 | 188 | 31 |
| | 10 | 80 | 50 | 20 | .75 | .30 | .08 | 2.79 | .50 | 4.16 |
| 3 | 56. | 75. | 94. | 113 | 141 | 169 | 188 | 20 | 226 | 37 |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| | 52 | 36 | 20 | .04 | .30 | .56 | .50 | 7.35 | .19 | 6.99 |
| 4 | 75. | 100 | 125 | 150 | 188 | 226 | 251 | 27 | 301 | 50 |
| | 36 | .48 | .60 | .72 | .40 | .08 | .33 | 6.46 | .59 | 2.65 |
| 6 | 113 | 150 | 188 | 226 | 282 | 339 | 376 | 41 | 452 | 75 |
| | .04 | .72 | .40 | .08 | .60 | .12 | .99 | 4.69 | .39 | 3.98 |

3.5.2 走刀速度 f

走刀速度 f (F_2) 单位时间内刀具的相对位移 (m/min)

单刃吃刀量 f_a 刀具每转过 1 刀刃与工件的相对位移 (mm)

单刃吃刀量 $f_a = f / (60Z)$ Z 为刀具刃数

3.5.3 切削深度

切削深度 (吃刀深度) 刀具轴线方向的切削层尺寸 a_p

3.5.4 切削宽度

切削宽度 (路径间距) 刀具径向方向的切削层尺寸 a_c

表 6 单刃吃刀量一览表

单位 mm

| | | | | | | | | |
|-----------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 走刀速度 度 转速 | 0. | 0 | 0. | 0. | 1. | 1. | 2. | 3 |
| | 112 | .2 | 45 | 75 | 2 | 8 | 4 | .0 |
| | m/ | m | m/ | m/ | m/ | m/ | m/ | m/min |
| | min | /min | min | min | min | min | min | |
| 7000rp | 0. | 0 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0 |
| m | 016 | .029 | 064 | 107 | 171 | 257 | 343 | .429 |
| 10000 | 0. | 0 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0 |
| rpm | 011 | .020 | 045 | 075 | 120 | 180 | 240 | .30 |

| | | | | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 20000 rpm | 0. 006 | 0 .010 | 0. 023 | 0. 038 | 0. 060 | 0. 090 | 0. 120 | 0 .150 |
| 24000 rpm | 0. 005 | 0 .008 | 0. 019 | 0. 031 | 0. 050 | 0. 075 | 0. 100 | 0 .125 |
| 40000 rpm | 0. 003 | 0 .005 | 0. 016 | 0. 019 | 0. 030 | 0. 045 | 0. 060 | 0 .075 |

四 刀具磨损和刀具耐用度

4.1 刀具的磨损

铣削加工产生刀具磨损过程分为三个阶段：

a 初期磨损阶段 新刃磨的刀具刀面存在粗糙不平之处以及显微裂纹、氧化等缺陷，切削刃比较锋利，接触面较小，压应力较大。因此，这一阶段磨损较快。

b 正常磨损阶段 经过初期磨损后，刀具毛糙表面已经磨平，进入正常磨损阶段，这个阶段磨损比较缓慢均匀，随时间延长而成近似的正比例增加。因此，这一阶段时间较长。

c 急剧磨损阶段 当磨损带宽度增加到一定程度后，加工表面变得粗糙，切削力与切削温度迅速升高，磨损速度增加很快，以致刀具损坏而失去切削能力。生产中为了合理使用刀具，保证加工质量，应当避免达到这个磨损阶段。在这个阶段到来之前，就要及时换刀。

刀具的磨钝标准就是刀具磨损到一定程度不能继续使用，这个磨损限度称为**磨钝标准**。

4.2 刀具的耐用度

刀具耐用度 从开始切削一直到磨损量达到刀具磨钝标准所经过的总切削时间。

刀具的寿命不能片面的只提使用时间越长越好，而是达到一定的程度保证加工质量，及时更换刀具，刀具可以复磨几次来延长刀具的使用总体时间。

4.3 刀具的磨损形式

刀具作为生产消耗品，切削过程中刀具的前刀面和后刀面经常要与切屑和工件接触，产生剧烈摩擦，同时接触区内有相当高的温度和压力。因此前刀面和后刀面会发生磨损。其磨损的形式有三种：

a 前刀面磨损 切削塑性材料时，切屑与前刀面相互接触，以形成月牙洼磨损为主。

c 后刀面磨损 切削脆性材料时，切屑与前刀面接触长度短，而相对刀刃钝圆使后刀面磨损较大

c 边界磨损 切削钢料时，常在主切削刃

刀具磨损的原因

由于工件、刀具材料和切削条件变化很大，刀具磨损形式也各不相同。正常磨损主要是机械磨损和热、化学磨损。

4.4 刀具的破损形式

硬质合金刀具主要的破损形式分为脆性破损和塑性破损

a 崩刃 在切削刃上产生小的缺口，尺寸与进给量相当或者稍大一些，刀刃还能继续切削。

b 碎断 在切削刃上发生小块碎裂或大块断裂，不能正常切削。

c 剥落 在前、后刀面上几乎平行于切削刃而剥下一层碎片，经常连切削刃一起剥落，尤其是当刀具有切屑粘连在前刀面上再切入的时候，更明显。

d 裂纹破损 在较长时间断续切削时，由于疲劳而引起裂纹的。有因热冲击而引起热裂纹，或机械冲击引起的机械裂纹。当这些裂纹不断扩展合并，就会引起切削刃的碎裂或断裂。

e 塑性破损 在高温和高压的作用下，在刀具的前、后刀面和工件的接触层上，刀具表层材料发生塑性流动而丧失切削能力。

刀具的破损形式是典型的随机现象，硬质合金材料为粉末冶金烧结而成，内部含有随机分布的微观缺陷和夹杂物，在不同的切削条件下，刀具可能因不断受到大小和位置不同的冲击载荷的作用而破坏。

4.5 如何减少刀具磨损

- a 刀具的安装应保证刀夹清洁无异物，确保刀具的安装精度；
- b 选择刀具时，尽可能选用刚性好（大直径或柄径）的刀具；
- c 刀具安装时，悬出长度应尽可能短；
- d 刀具在开始使用时，首先应进行低速磨合，速度一般掌握在正常速度的 50%；
- e 粗加工时，应尽可能采用顺铣；
- f 加工过程中，遇振动加剧，应及时暂停，降低转速、走刀速度；
- g 使用切削液，充分冷却、润滑，不可中途加注或关闭；
- h 及时清理切削区域的切屑。

五 制定合理的切削用量

合理的切削用量，就是在充分利用刀具的切削性能和机床性能（功率、扭矩），在保证质量的前提下，获得高的生产率和低的加工成本的切削用量。

单位切削量=切削（吃刀）深度 a_p X 切削宽度（路径间距） a_c X 走刀速度 f
切削加工一般分为粗加工、半精加工和精加工。

粗加工时，尽可能切除全部余量。余量大时，确定切削用量要考虑机床功率和刀具强度，避免引起大的震动，而使刀具受到大的冲击而折断。

精加工时，主要考虑加工精度和表面粗糙度的限制。不能达到要求时，要考虑增加半精加工序。使精加工的之前的余量均匀，从而达到满意的效果。

确定切削用量要考虑机床功率和刀具强度，以及工艺系统刚性。

提高切削用量的途径:

- 1 采用切削性能更好的刀具材料;
- 2 改善工件材料的加工性;
- 3 改进刀具结构和选用合理的刀具几何角度;
- 4 提高刀具的刃磨和制造质量;
- 5 采用性能更优良的切削液和高效率的冷却方法。

六 刀具的选用

6.1 材料的切削加工性

切削加工性是指工件材料切削加工的难易程度。如粗加工时,要求刀具的磨损慢和加工效率高;而在精加工时,则要求工件有高的精度和较小的表面粗糙度。

表 7 切削加工性等级

| 加工性等级 | 名称和种类 | | 相对加工性 | 代表性材料 |
|-------|---------|--------|----------|----------------|
| 1 | 很容易切削材料 | 一般有色金属 | >3.0 | 铜铝合金、铜铝合金、铝镁合金 |
| 2 | 容易切削材料 | 易切削钢 | 2.5~3.0 | 退火 15 #钢 |
| 3 | | 较易切削钢 | 1.6~2.5 | 正火 30#钢 |
| 4 | 普通材料 | 一般钢及铸铁 | 1.0~1.6 | 45#钢、灰铸铁、结构钢 |
| 5 | | 稍难切削材料 | 0.65~1.0 | 2Cr13 调质 |
| 6 | 难切削材料 | 较难切削材料 | 0.5~0.65 | 45Cr、60Mn 调质 |

| | | | | |
|---|--|--------|----------|-------------------------|
| 7 | | 难切削材料 | 0.15~0.5 | 50CrV 调质 1Cr18Ni9Ti 未淬火 |
| 8 | | 很难切削材料 | <0.15 | 镍基高温合金 |

6.2 金属切削刀具的选用及其特点

6.2.1 双刃螺纹牛鼻刀(2WR)

目前随着 JDHMS, JDCaver 等大型机床的推出, 加工各类钢制模具的客户越来越多, 模具钢的粗加工成了一个很头疼的问题, 一般刀具装上没多久就磨损的无法继续使用了, 有的甚至只有几分钟。雕刻机粗开钢材刀具不耐磨, 主要是刀尖烧蚀严重, 机床的震动、声音随着刀具的磨损开始加大, 让人无法接受。

经过观察发现, 主要是刀尖过于薄弱, 刀尖在初期的加工中就很容易崩掉, 使刀具缺乏原有的锋利。因此在刀具刀尖处倒角或倒圆, 牛鼻刀就是平底刀刀尖倒圆, 使刀尖部分的得到了强化, 从而延长了刀具的耐用度。

刀具使用时间过长, 刀具磨损严重, 出现大的崩刃, 刀具就不易复磨。因此刀具的强化很有必要。加工钢材刀具开始阶段一定要低速磨合。

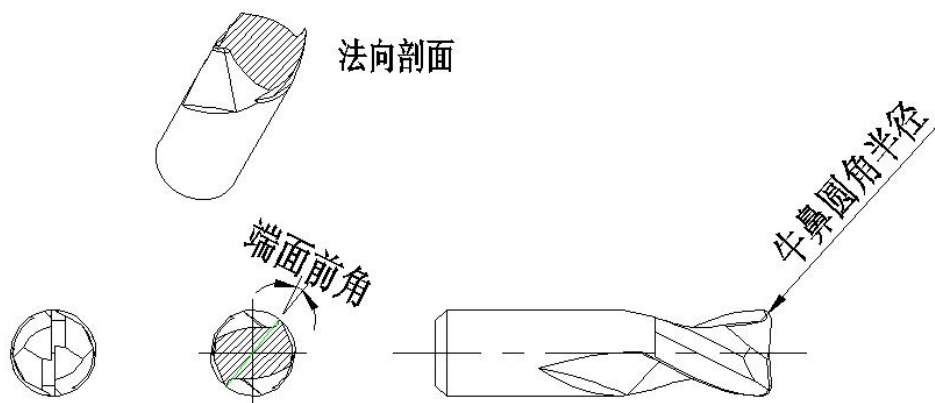


图 17

6.2.2 涂层刀具

涂层刀具是在韧性较好的硬质合金基体上, 涂覆一薄层耐磨性高的难熔金属化合物而获得的。常用的硬质合金涂层材料有 TiC、TiN、AlTiNC、Al₂O₃ 等。从而使涂层刀具具有比基体高的多得硬度。涂层具有高的抗氧化性能和抗粘结性

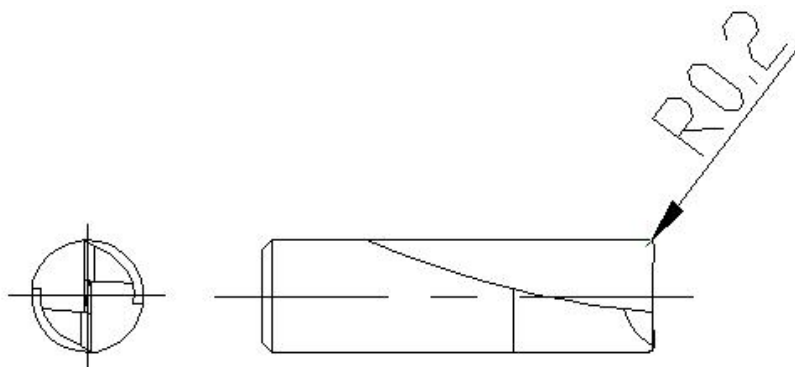
能，因而有高的耐磨性和抗月牙洼磨损能力。涂层具有低的摩擦系数，可降低切削时的切削力及切削温度，可大大提高刀具耐用度。

AlTiN、Al₂O₃涂层刀具不适合加工铝及其铝合金制品，涂层中含有Al与工件材料中的Al存在亲和力，涂层很容易破坏掉。

各种涂层性能对比

| 涂层种类 | 颜色 | 硬度 HV | 涂层厚度 μm | 摩擦系数 | 应用温度 $^{\circ}\text{C}$ | 特性 |
|---------------|---------|----------|--------------------|------|-------------------------|---------------------------------|
| TiAlN (单层) | 紫— 黑 | 3 500 | 1~4 | 0.5 | 800 | 高抗热、高性能。几乎适用于各种材料的高速切削及干切削。 |
| TiAlN (多层) | 紫— 黑 | 2 800 | 1~4 | 0.6 | 700 | 高抗热、高性能。几乎适用于各种材料的高速切削及干切削、重切削。 |
| TiCN | 兰— 灰 | 3 700 | 1~4 | 0.2 | 400 | 高韧性涂层。适用于铣削、攻丝和滚齿。 |
| TiN | 金 | 2 400 | 1~7 | 0.55 | 600 | 普通用途涂层。适用于低速铣削、铰削钢材。 |
| TiAlC N | 紫 | 2 800 | 1~4 | 0.25 | 500 | 特殊涂层，高韧性、高抗热、低摩擦系数。适用于铣削、攻丝和滚齿。 |
| AlTiN | 黑 | 3 800 | 1~4 | 0.7 | 800 | 特殊涂层，高铝元素含量、极高抗热性及高硬度。适用于高速加工。 |

6.2.3 双刃直槽牛鼻刀



双刃直槽牛鼻刀示意图

图 18

建议今后推广使用双刃直槽牛鼻刀，其优点如下：

- 1 浅吃深大侧向的粗开方式，直槽和螺纹槽没有区别；
- 2 修磨方便，在磨刀机上修磨很容易；
- 3 刀具旋转平稳，刀尖倒圆后，强度高、耐用。

6.2.4 1B.M 锥刀

1B.M 锥刀适用于黑色金属的精加工

6.3 有机材料刀具的选用

有机材料一般比较软，容易切削，要求刀具比较锋利，刀具强度可适当弱一些，不建议使用涂层刀具，涂层刀具刀刃会产生一圆弧，从而影响刀具了的锋利程度。

6.3.1 有机材料切割刀具

单刃螺纹刀具

双刃螺纹刀具

6.3.2 有机材料精加工刀具

1B.G 锥刀 （开半 1.60 后角 45 度）

双刃螺纹球头刀具

6.4 专用刀具的选用及其特点

6.4.1 组合刀的使用

切割手机面板、VCD、DVD 面板等有机板，根据其产品倒角的需要特生产组合刀，保证一刀切透倒角直接成型，从而提高了加工效率。

刀具形式如下：



图 19

切割面板截形如下：

刀具切割过程中，底刃可伸出板材 $0.02\text{mm} \sim 0.12\text{mm}$ ，保证切透后无残料。

例 1： $\phi 4$ 组合刀 $\phi 2.0+90$ 度 0.57

底刃直径 2.0 倒角角度 45 度 全角 90 度 可切割板材直侧面 0.5

最大倒角 1×45 度

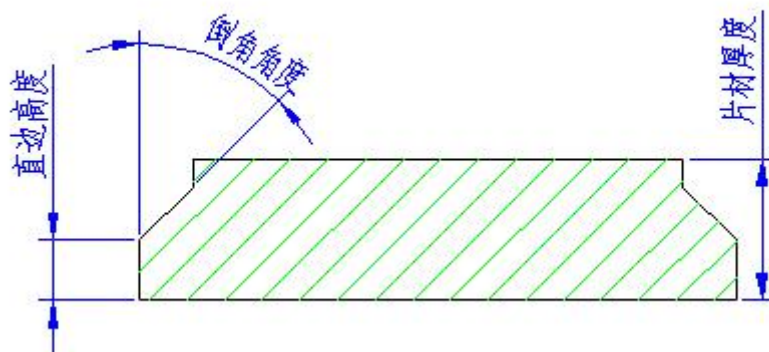


图 20

例 2： $\phi 6$ 组合刀 $\phi 2.0+90$ 度 0.57

底刃直径 2.0 倒角角度 45 度 全角 90 度 可切割板材直侧面 0.5

最大倒角 2*45 度

注：此刀具适用于采用真空吸盘，板材覆膜的 0.15mm 的低粘，从而保证板材完全切透，而膜不被切透，实现整版批量切削，提高加工效率。

规格尺寸依据客户生产的面板加工尺寸而定

七 如何引导客户使用成品刀具(为什么成品刀具贵)

目前，随着竞争日趋激烈，对所加工产品质量的要求越来越高，对效率的要求越来越迫切。使用成品刀具是解决上述问题一条好的解决途径。

1 成品刀具尺寸准确。目前我公司生产刀具都经过 100% 的严格检验，保证 100% 合格。刀具部配备有投影仪、万能工具显微镜等精密检验仪器，从而保证了产品的质量。

2 刀具材料为国际知名大公司 SANDVIK（山特维克）公司提供，质量稳定性高，从而保证了产品的可靠性。

3 磨刀工人都是经过严格培训上岗，生产设备经过严格调试，生产上采用全面质量管理体系，生产、检验、包装等环节严格控制，从而保证了产品的质量。

4 良好的技术支持。公司会根据客户的不同需求，针对不同产品、不同材料对刀具的参数值做优化处理，从而使刀具更加专业。

综上所述，成品刀具的优势，体现出一分钱一分货。相信价格因素对客户的影响会越来越小，主要是如何引导的问题。



JT12A-T ϕ 300 数字式投影仪



JX11B 数字式万能工具显微镜

八 刀具磨制过程中的常见错误

从磨刀的步骤上应注意以下常见错误：

1 刀具开半平面与刀杆轴线不平行

刀具开半平面与刀杆轴线不平行会造成刀具测量困难，前大后小或者前小后大，测量位置不同，尺寸就不同。开半不准确，从而造成刀具质量不稳定。

2 刀具开半速度、磨削锥度速度过快

刀具开半速度、磨削锥度速度过快对刀具材质、硬度不会造成大的影响，但是当速度过快时，磨削位置温度升高很快，刀具前后温差较大，特别容易形成微观裂纹（即温度裂），刀具使用过程中很很容易产生崩刃，造成损坏。

3 刀具偏心

磨刀机的收管不正，会使磨出的刀具直径出现偏大或偏小，使用 40X 放大镜就很难测量出准确值。偏小时，刀具排屑不好；偏大时，刀具强度减弱，易折断。

4 点尖问题

刀具的点尖出现的问题主要是角度点反。刃偏角点反会使刀具不排屑，底面不光滑，碎屑粘在槽内；刃偏角点的过大，底面残料过多，不平整。

副后角点反有两种情况，过大时会使刀具与工件剧烈摩擦，切削阻力加大，刀具很容易折断；点反较小时，加工底面金属劈花效果，非金属底面不平，会有熔屑粘在材料上。

副后角过大，刀具锋利，易磨损，寿命低。

以上这些问题都是在磨刀过程种经常出现的，尤其是点尖过程，新手掌握起来有一定的难度，为了保证点尖角度、尺寸的准确性，可以使用磨刀机磨削的方式，参照牛鼻刀具的修磨方式，从而能够保证刀具的精度。

九 刀具使用过程中的常见错误

总结几点供大家参考：

1 所有刀具都不是万能的，要根据其特性来选择，如刀具部生产为机床配发的锥刀，如：1B.G 用于广告行业，加工非金属；1B.T 适用于加工 59 铜；1B.M 适用于加工黑色金属

2 刀具也是有精度的，如 20—0.2 刀具，考虑到安装精度，刀具的锥度公差为 ± 0.5 度，直径公差为 -0.05 ，一般为 $0.17\sim 0.18$ 。这样的刀具使用 40 倍放大镜测量一般在 0.15，1B.G 刀具还要小一些。

3 刀具安装过长。尤其是加工深形腔，刀具一次就安装到不干涉的长度，这样会影响加工效率的，分几次安装或使用不同刃长的刀具比较好。

4 刀具的转速要适当，应当按照推荐的切削速度选择转速。

5 走刀速度要适当。

十 对刀具的鉴别(讨论)

刀具的正确使用首先要会鉴别刀具，总结以下几条为下面的刀具选用做一下参考。

任何刀具都有其适用范围，都不会是万能的。好的刀具应该具有如下特点：

- 1 刀具尺寸正确（符合材料加工要求，尺寸、角度准确无误）；
- 2 良好的外观（刀具表面光亮，刃口锋利，如有涂层涂层应均匀）；
- 3 良好的制造工艺性能（在 40 倍放大镜下观察刀刃无崩口、微观裂纹）；
- 4 良好的切削性能（包括对某种特定材料粗加工效率高、精加工已加工表面质量高，切削轻快声音小等）；
- 5 良好的性价比（包括刀具寿命长，单支去除量大等）；
- 6 良好的稳定性（每只刀之间一致性好）。

十一 磨刀机的正确使用（车间实践）

详细见《初级磨刀教程》

我公司使用的磨刀机基本上都采用的是昆铣 KXM10C 型手动磨刀机，功能较多。充分发挥其功能，可磨制许多种刀具，就目前公司生产的开半锥刀、双刃直槽锥刀、双刃直槽柱刀、双刃直槽牛鼻刀、双刃直槽球头刀、双刃直槽锥球刀等都可以完全在这种磨刀机上实现，而不必使用其它设备。

刀具部生产锥刀分为四道工序：开半、抛光、磨锥度、抛光点件。粗加工使用 400#金刚石砂轮，抛光使用 800#金刚石砂轮，均由上海砂轮厂生产，质量比较稳定。

用好磨刀机首先应该了解其功能，各磨刀机均配有使用说明书，仔细阅读对

用好磨刀机很有帮助。

其次就是注意保养，磨削硬质合金会产生大量较细粉尘，建议使用吸尘装置除尘，使用完后要擦拭干净，尤其是收管锥度配合位置，溅落的粉尘会影响其精度。

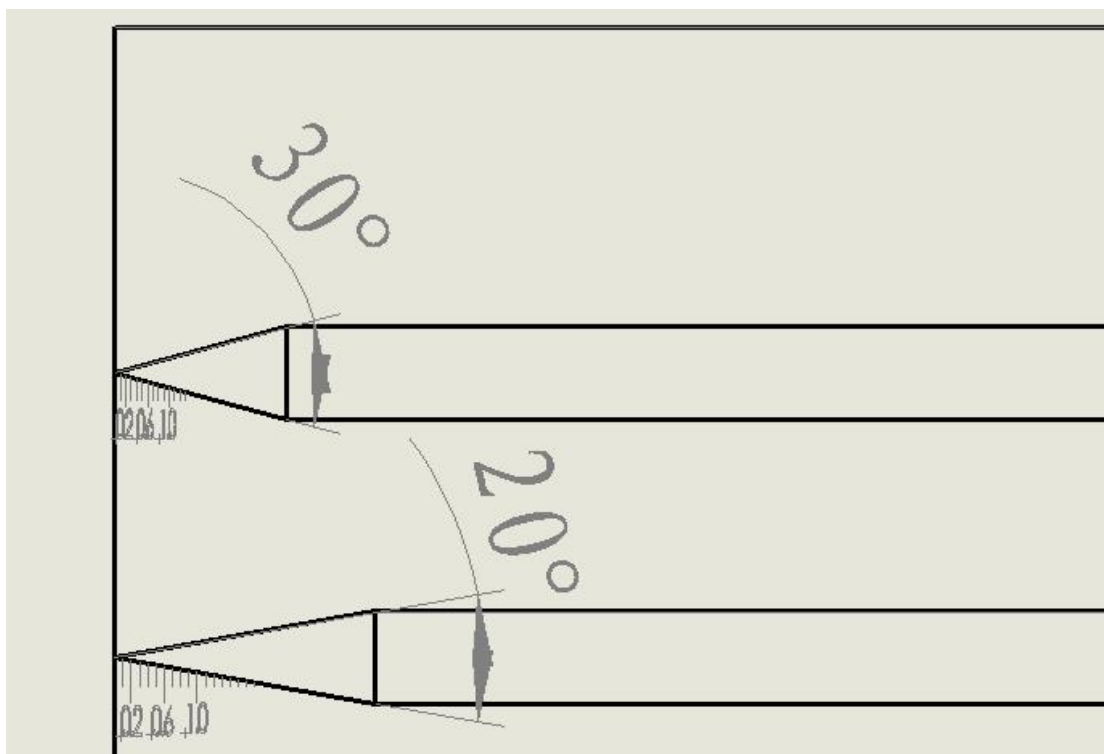
第三就是各注油孔加注机油润滑，一次不可过多，少量多次。

第四金刚石砂轮勤修磨，砂轮使用时间长了以后，表面发黑。这种现象是正常的，产生原因有两个方面：硬质合金粉末粘在砂轮缝隙里；金刚石砂轮内部金刚石和树脂结合剂烧蚀形成的。这些会影响砂轮的锋利程度，建议使用水砂纸修磨砂轮。（见砂轮的修磨方法）

分公司多数采用 40 倍放大镜测量刀具，这种方法很简便。对初学者来说测量有一定的难度，东莞培训部采用的量刀块法也挺好，不妨为大家介绍一下：

量刀块可以采用雕刻机加工如图所示：做成三维半圆，加上刻度更方便。

量刀块的使用



量刀块（带刻度）

由上图可以看出刀具直径是可以通过长度来表示,我们把这种表示方法称之为直径当量。这种表示方法比较适合于锥度较小的刀具。

在量刀块上直接刻出不同直径的直径当量位置,就可以清楚的显示出刀尖的大小以及实际刀尖与所需刀尖相差尺寸。使用磨刀机点尖时,利用直径当量计算,就可以非常容易的控制进刀量,精确达到刀具尺寸。

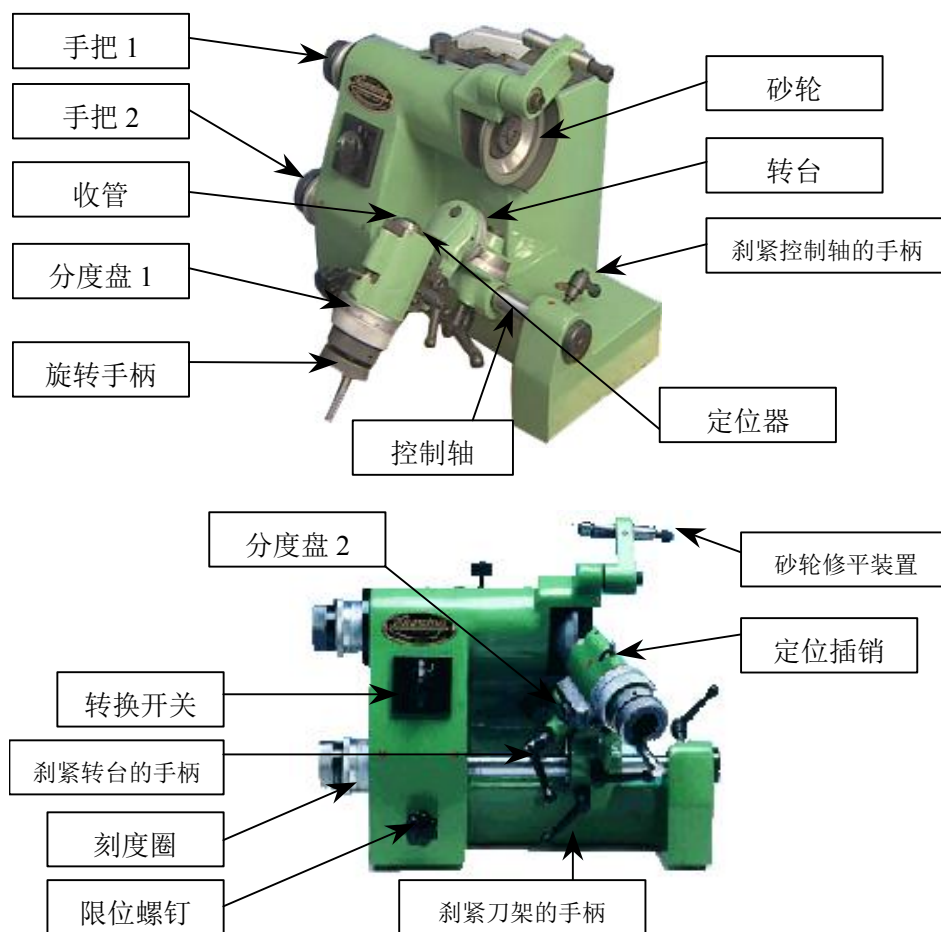
锥刀 直径当量一览表

单位: mm

| 全 角角度 刀尖 直径 | 1 | 15 | 20 | 25 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 |
|----------------------|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0度 | 度 | 度 | 度 | 0度 | 0度 | 0度 | 0度 | 0度 |
| 0.1m | 0 | 0. | 0. | 0. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| m | .57 | 38 | 28 | 23 | .19 | .14 | .11 | .09 | .05 |
| 0.2 | 1 | 0. | 0. | 0. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| mm | .14 | 76 | 57 | 45 | .37 | .27 | .21 | .17 | .10 |
| 0.3 | 1 | 1. | 0. | 0. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| mm | .71 | 14 | 85 | 68 | .56 | .41 | .32 | .26 | .15 |
| 0.4 | 2 | 1. | 1. | 0. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| mm | .29 | 52 | 13 | 90 | .75 | .55 | .43 | .35 | .20 |
| 0.5 | 2 | 1. | 1. | 1. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| mm | .86 | 90 | 42 | 13 | .93 | .69 | .54 | .43 | .25 |
| 0.6 | 3 | 2. | 1. | 1. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| mm | .43 | 28 | 70 | 35 | .12 | .82 | .64 | .52 | .30 |
| 0.8 | 4 | 3. | 2. | 1. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| mm | .57 | 04 | 27 | 80 | .49 | .10 | .86 | .69 | .40 |
| 1.0 | 5 | 3. | 2. | 2. | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| mm | .71 | 80 | 84 | 26 | .87 | .37 | .07 | .87 | .50 |
| 1.2 | 6 | 4. | 3. | 2. | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| mm | .86 | 56 | 40 | 71 | .24 | .65 | .29 | .04 | .60 |
| 2.0 | 1 | 7. | 5. | 4. | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| mm | 1.4 | 60 | 67 | 51 | .73 | .75 | .14 | .73 | .00 |
| 3.0 | 1 | 11 | 8. | 6. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| mm | 7.2 | .39 | 51 | 77 | .60 | .12 | .22 | .60 | .50 |
| 3.17 | 1 | 12 | 9. | 7. | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5mm | 8.2 | .06 | 00 | 16 | .92 | .36 | .40 | .75 | .59 |

昆铣 KXM10C 型万能磨刀机的结构及各部分的名称如图 2-1 所示：



十二 讨论：刀具部所生产刀具的优点与不足

希望能对刀具的生产开发有所帮助；

希望能给分公司对客户的服务有所帮助。

1 信息不灵

不能根据用户实际加工产品而为其提供最适合的刀具。