

六、钻孔

6.1 制程目的

单面或双面板的制作都是在下料之后直接进行非导通孔或导通孔的钻孔, 多层板则是在完成压板之后才去钻孔。传统孔的种类除以导通与否简单的区分外, 以功能的不同尚可分: 零件孔, 工具孔, 通孔(Via), 盲孔(Blind hole), 埋孔(Buried hole) (后二者亦为 via hole 的一种)。近年电子产品'轻. 薄. 短. 小. 快.' 的发展趋势, 使得钻孔技术一日千里, 机钻, 雷射烧孔, 感光成孔等, 不同设备技术应用于不同层次板子。本章仅就机钻部分加以介绍, 其它新技术会在 20 章中有所讨论。

6.2 流程

上 PIN→钻孔→检查

6.3 上 PIN 作业

钻孔作业时除了钻盲孔, 或者非常高层次板孔位精准度要求很严, 用单片钻之外, 通常都以多片钻, 意即每个 stack 两片或以上。至于几片一钻则视 1. 板子要求精度 2. 最小孔径 3. 总厚度 4. 总铜层数。来加以考量。因为多片一钻, 所以钻之前先以 pin 将每片板子固定住, 此动作由上 pin 机 (pinning machine) 执行之。双面板很简单, 大半用靠边方式, 打孔上 pin 连续动作一次完成。多层板比较复杂, 另须多层板专用上 PIN 机作业。

6.4. 钻孔

6.4.1 钻孔机

钻孔机的型式及配备功能种类非常多, 以下 List 评估重点

- A. 轴数: 和产量有直接关系
- B. 有效钻板尺寸
- C. 钻孔机台面: 选择振动小, 强度平整好的材质。
- D. 轴承(Spindle)
- E. 钻盘: 自动更换钻头及钻头数
- F. 压力脚
- G. X、Y 及 Z 轴传动及尺寸: 精准度, X、Y 独立移动
- H. 集尘系统: 搭配压力脚, 排屑良好, 且冷却钻头功能
- I. Step Drill 的能力
- J. 断针侦测
- K. RUN OUT

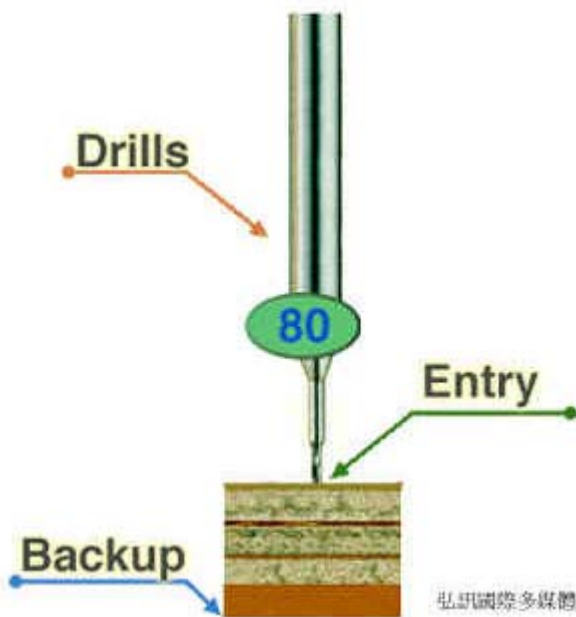
6.4.1.1 钻孔房环境设计

- A. 温湿度控制
- B. 干净的环境
- C. 地板承受之重量

- D. 绝缘接地的考量
- E. 外界振动干扰

6.4.2 物料介绍

钻孔作业中会使用的物料有钻针(Drill Bit), 垫板(Back-up board), 盖板(Entry board)等. 以下逐一介绍: 图 6.1 为钻孔作业中几种物料的示意图.



6.4.2.1 钻针(Drill Bit), 或称钻头,

其品质对钻孔的良窳有直接立即的影响, 以下将就其材料, 外型构、及管理简述之。

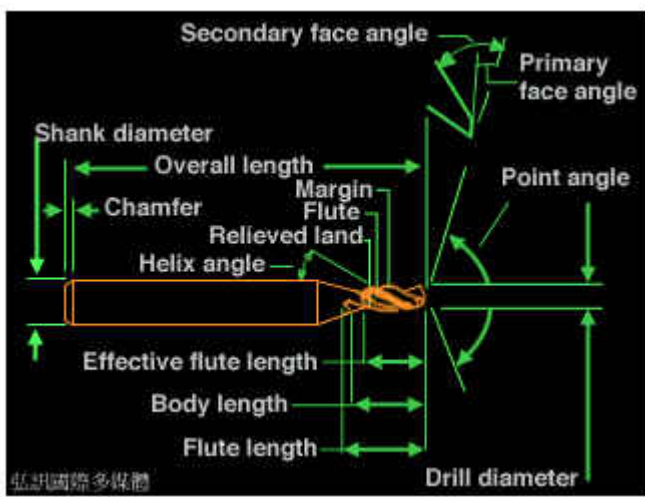
A. 钻针材料 钻针组成材料主要有三:

- a. 硬度高耐磨性强的碳化钨 (Tungsten Carbide ,WC)
- b. 耐冲击及硬度不错的钴 (Cobalt)
- c. 有机黏着剂.

三种粉末按比例均匀混合之后, 于精密控制的焚炉中于高温中在模子中烧结 (Sinter) 而成. 其成份约有 94% 是碳化钨, 6% 左右是钴。耐磨性和硬度是钻针评估的重点其合金粒子愈细能提高硬度以及适合钻小孔. 通常其合金粒子小于 1 micron.

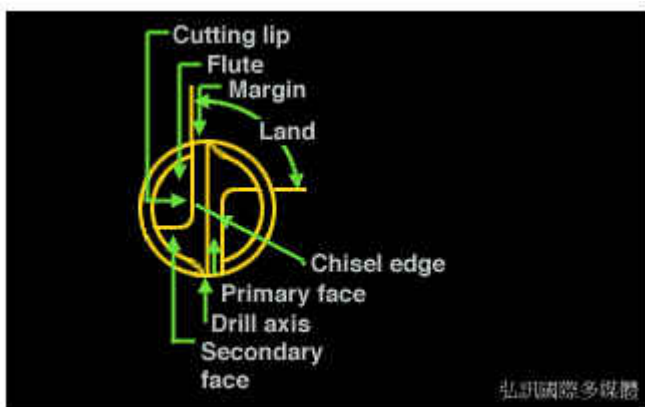
B. 外型结构

钻针之外形结构可分成三部份, 见图 6.2, 即钻尖 (drill point)、退屑槽 (或退刃槽 Flute)、及握柄 (handle, shank)。



以下用图标简介其功能:

a. 钻尖部份 (Drill Point)- [图 6.3](#)



- (1) 钻尖角 (Point Angle)
- (2) 第一钻尖面 (Primary Face)及角
- (3) 第二钻尖面 (Secondary face)及角
- (4) 横刃 (Chisel edge)
- (5) 刃筋 (Margin)

钻尖是由两个窄长的第一钻尖面 及两个呈三角形钩状的第二钻尖面 所构成的, 此四面会合于钻尖点, 在中央会合处形成两条短刃称为横刃 (Chisel edge), 是最先碰触板材之处, 此横刃在压力及旋转下即先行定位而钻入 stack 中, 第一尖面的两外侧各有一突出之方形带片称为刃筋 (Margin), 此刃筋一直随着钻体部份盘旋而上, 为钻针与孔壁的接触部份. 而刃筋与刃唇交接处之 直角刃角 (Corner) 对孔壁的品质非常重要, 钻尖部份介于第一尖面与第二尖面之间有长刃, 两长刃在与两横刃在中间 部份相会而形成突出之点是为尖点, 此两长刃所形成的夹角称钻尖角 (Point angle), 钻纸质之酚醛树脂基板时因所受阻力较少, 其钻尖角约为 $90^{\circ} \sim 110^{\circ}$, 钻 FR4 的玻纤板时则尖角需稍钝为 $115^{\circ} \sim 135^{\circ}$, 最常见者为 130° 者。第一尖面与长刃之水平面所呈之夹角约为 15° 称为第一尖面角 (Primary Face Angle), 而第二尖面角则约为 30° , 另有横刃与刃唇所形成的夹角称为横刃角 (chisel Edge Angle)。

b. 退屑槽 (Flute)

钻针的结构是由实体与退屑的空槽二者所组成。实体之最外缘上是刃筋, 使 钻针实体部

份与孔壁之间保持一小间隙以减少发热。其盘旋退屑槽 (Flute) 侧断面上与水平所成的旋角称为螺旋角(Helix or Flute Angle), 此螺旋角度小时, 螺纹较稀少, 路程近退屑快, 但因废屑退出以及钻针之进入所受阻力较大, 容易升温造成尖部积屑积热, 形成树脂之软化而在孔壁上形成胶渣 (smear)。此螺旋角大时钻针的进入及退屑所受之磨擦阻力较小而不易发热, 但退料太慢。

c. 握柄 (Shank)

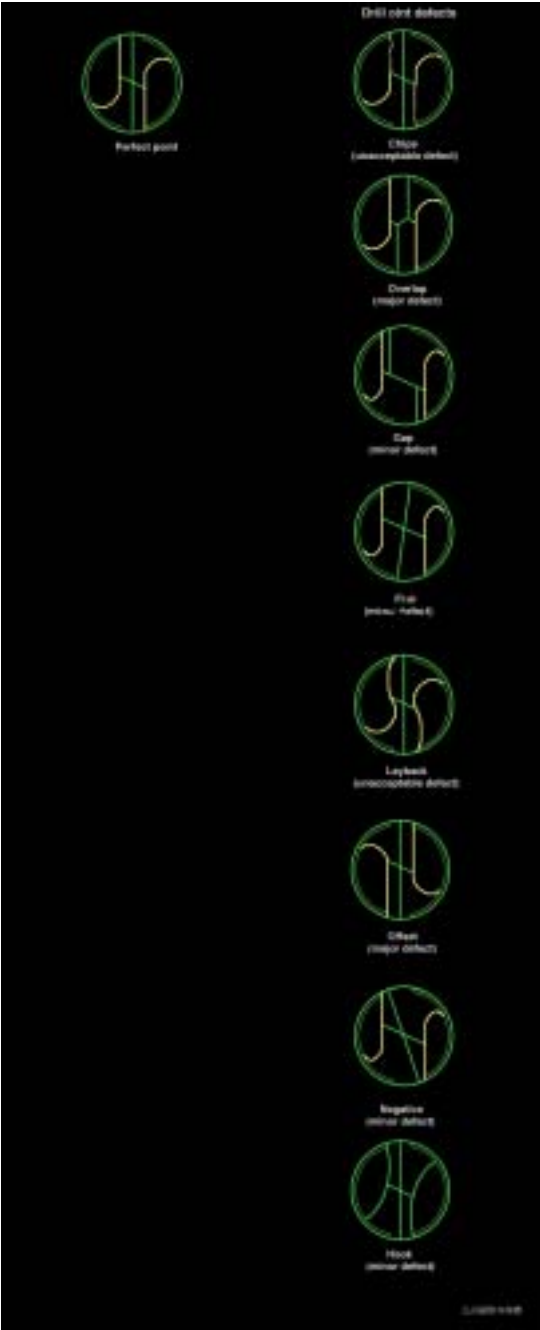
被 Spindle 夹具夹住的部份, 为节省材料有用不锈钢的。

钻针整体外形有 4 种形状:

- (1) 钻部与握柄一样粗细的 Straight Shank,
- (2) 钻部比主干粗的称为 Common Shank。
- (3) 钻部大于握柄的大孔钻针
- (4) 粗细渐近式钻小孔钻针。

C. 钻针的检查与重磨

- a. 检查方法 20~40 倍实体显微镜检查, [见图 6.4](#)



b. 钻针的重磨 (Re-Sharping) 为孔壁品质钻针寿命,可依下表做重磨管理。一般钻针以四层板之三个叠高 (High) 而言, 寿命可达 5000-6000 击(Hit), 总 共可以重磨三次。[\(应重磨击数表\)](#)

板類	疊落層數	應重磨之擊數
單面板	3 High	3000 Hits
雙面板	3 High	2000-2500 Hits
一般多層板	2~3 High	1500 Hits

6.4.2.2. 盖板 Entry Board(进料板)

A. 盖板的功用有:

- a. 定位
- b. 散热
- c. 减少毛头
- d. 钻头的清扫
- e. 防止压力脚直接压伤铜面

B. 盖板的材料: 以下简述其种类及优缺点

a. 复合材料- 是用木浆纤维或纸材, 配合酚醛树脂当成黏着剂热压而成的。其材质与单面板之基材相似。此种材料最便宜。

b. 铝箔压合材料 是用薄的铝箔压合在上下两层, 中间填去脂及去化学品的 纯木屑。

c. 铝合金板 5~30mil, 各种不同合金组成, 价格最贵

上述材料依各厂之产品层次, 环境及管理, 成本考量做最适当的选择。其品质标准 必须: 表面平滑, 板子平整, 没有杂质, 油脂, 散热要好。

6.4.2.3 垫板 Back-up board

A. 垫板的功用有:

- a. 保护钻机之台面 ,
- b. 防止出口性毛头(Exit Burr)
- c. 降低钻针温度。
- d. 清洁钻针沟槽中之胶渣。

B. 材料种类:

a. 复合材料-其制造法与纸质基板类似, 但以木屑为基础, 再混合含酸或盐类的黏着剂, 高温高压下压合硬化成为一体而硬度很高的板子。

b. 酚醛树脂板 (phenolic) 价格比上述的合板要贵一些, 也就是一般单面板的基材。

c. 铝箔压合板 与盖板同

VBU 垫板 是指 Vented Back Up 垫板, 上下两面铝箔, 中层为折曲同质的纯铝箔, 空气可以自由流通其间, 一如石棉浪一样。垫板的选择一样依各厂条件来评估。其重点在: 不含有机油脂, 屑够软不伤孔壁, 表面够硬, 板厚均匀, 平整等。

6.4.3 操作

6.4.3.1 CNC 控制

现有 CAD/CAM 工作站都可直接转换钻孔机接受之语言只要设定一些参数如各孔号代表之孔径等即可。大部分工厂钻孔机数量动辄几十台因此多有连网作业由工作站直接指示。若加上自动 Loading/Unloading 则人员可减至最少。

6.4.3.2 作业条件

钻孔最重要两大条件就是 "Feeds and Speeds" 进刀速度及旋转速度, 以下做一叙述

A. 进刀速度 (Feeds): 每分钟钻入的深度, 多以吋 / 分 (IPM) 表示。上式已为 "排屑量" (Chip Load) 取代, 钻针之所以能刺进材料中心须要退出相同体积的钻屑才行, 其表示的方法是以钻针每

旋转一周后所能刺进的吋数(in/R)。

$$CL = \frac{\text{in/min}}{\text{R/min}}$$

B. 旋转速度(Speeds) — 每分钟所旋转圈数(Revolution Per Minute RPM)

$$\text{RPM} = \frac{\text{鑽針線性速度 (呎/分)} \times 12}{\text{鑽針直徑} \times 3.14}$$

通常转数约为 6 万—8 万 RPM, 转速太高时会造成积热及磨损钻针。当进刀速度约为 120 in/min 左右, 转速为 6 万 RPM 时, 其每一转所能刺入的深度为其排屑量

$$\text{Chip load 排屑量} = \frac{120 \text{ in/min}}{60,000 \text{ R/min}} = 0.002 \text{ in/R}$$

排屑量高表示钻针快进快出而与孔壁接触时间短, 反之排屑量低时表示钻针进出缓慢与孔壁磨擦时间增长以致孔温升高。

设定排屑量高或低随下列条件有所不同:

1. 孔径大小
2. 基板材料
3. 层数
4. 厚度

6.4.4 作业注意事项

- A. 转数、进刀数的设定, 应依实际的作业状况, 机器所附手册上的条件仅为参考, 仍须修正。
- B. 定期测量转数、进刀数, Run out 等数值。
- C. 真空吸尘极为重要, 设计时应 over 实际需要, 以达 100%效率, 定期更换。
- D. Spindle 及夹头需随时保持清洁
- E. Run out 一定要保持在 0.0005" 以下
- F. 台面上尘屑要用吸尘器去除, 切勿用吹气的方式。

6.5 小孔钻

6.5.1 小孔定义:

直径 0.6 mm 以下称小孔, 0.3 mm 以下称微孔(micro hole)

6.5.2 小孔加工现有机钻及非机钻, 现就机钻加以探讨

小直径钻孔加工

小直径钻头的规格依使用人、厂商而略有不同，一般 0.3mm 的称极小径钻头，由于表面黏着技术(Surface Mount Technology)大量应用，小径、极小径的钻孔也日益增多，因此 PC 板钻头与钻孔机的问题就油然而生；而怎样来防止钻头的折断是钻孔加工最主要的症结，其折断的主要原因如下：

1. 钻头的形状和材质
2. 钻头的外径与纵横比(Aspect)
3. PC 板的种类(材质、厚度与层数)
4. 钻孔机的振动和主轴的振动
5. 钻孔条件(转数与进刀速度)
6. 盖板、垫板的选择

A 小孔径钻孔机

实施小孔径钻孔时必须考虑到机械的精度，而其最主要在于位置的精度；一般通称的位置精度包括以下几个因素而言：

1. 程序设计的位置与实际工作台上位置精度的误差。最近的新机种通常亦有 $\pm 10\sim 15\mu\text{m}$ 左右的误差。
2. 因主轴振动所造成的误差。(尤其必须考虑到运转时的误差)
3. 钻头钻入 PC 瞬间的偏差，大时可达 $10\mu\text{m}$ ，其原因很复杂；主轴、钻头、压板等等都有关连。
4. 钻头本身的弯曲；钻入的点至穿透止之间的弯曲度即孔位弯曲精度。[孔位曲的原因经归纳如表所示。](#)

因素		1	2	3	4
鑽孔機	工作台的位置精度	○			
	主軸的振動		○		
	Z 軸的垂直精度			○	
PC 板的材料					○
壓板的材料				○	
鑽頭的形狀				△弘訊國際	○某體

为了提高孔位精度，只归因于钻头是不合理的，钻孔机等其它的因素也应加以改善：一适当条件：如进刀速、转速的调整，分段钻的作业等。一STACK 的置放 在生产线上做小径钻孔加工时，以操纵大直径的方法来处理小径时，常会有忽略的问题产生；其实最重要的是将 PCB 牢牢的固定于工作台上，使其成为一个整体，钻头在刚开始钻孔时，若 PC 板固定不牢则易滑动，造成钻头易折断的可能，为了防止钻折断，以下几点要特别注意：

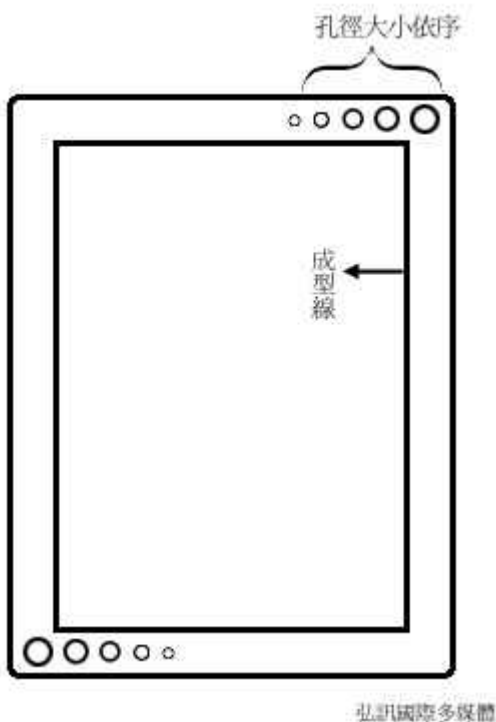
1. 将压板、PC 板、垫板用胶布贴牢后，于指定地方用固定针钉牢。
2. 尽量避免使用变形的 PC 板。
3. 压板尽量使用厚度为 0.15~0.2mm 的铝板或 0.3~0.4mm 的合成树脂板为主。
4. 垫板并非取质硬，而是需追求厚度的一致。

6.6 检查及品质重点

6.6.1 品质重点

1. 少钻
2. 漏钻
3. 偏位 (上述以底片 check)
4. 孔壁粗糙
5. 钉头 (切片)
6. 巴里(burr)

6.6.2 钻孔结束板边 coupon 设计(见图 6.5)



板边设计 coupon 的用意如下:

1. 检查各孔径是否正确
2. 检查有否断针漏孔
3. 可设定每 1000, 2000, 3000 hi t 钻一孔来检查孔壁品质.

钻孔制程至此告一段落, 下一步骤将进行孔壁金属化即所谓镀通孔.



资料收集: <http://www.maihui.net>
电子邮件: killmai@163.net