

层压工艺知识培训

工艺知识培训讲义

目 录

- 1.层压工序原理、主要工艺流程、环境要求；
- 2.层压工序主要设备、物料、测试工具；
- 3.层压控制要点（加工要求、参数、特殊控制等）；
- 4.层压工序安全生产要求、主要维护和保养；
- 5.层压工序常见质量缺陷、原因和对策
- 6.交流提问。

工艺知识培训讲义

1.层压工序原理、主要工艺流程、环境要求;

1.1层压工序主要原理介绍:

◆棕化的主要原理：利用 H_2O_2 的微蚀作用在铜面形成一个较粗的微观结构，同时沉积上一层薄薄的有机金属膜，由于金属膜的毛绒结构使其与半固化片的结合力提高，并能阻止铜与化片中的氨基发生反应。

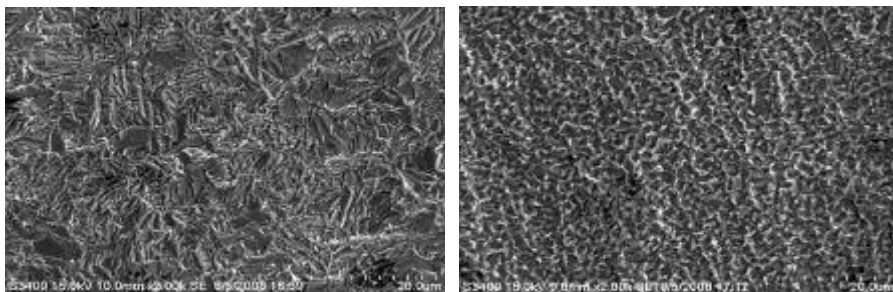


图1 微蚀的效果 (SEM) 结合力: 0.2N/mm (典型值)



通过对微蚀与棕化的效果对比明显可看出：
※棕化后的微观粗糙度更大；
※表面生成了一层金属有机膜。

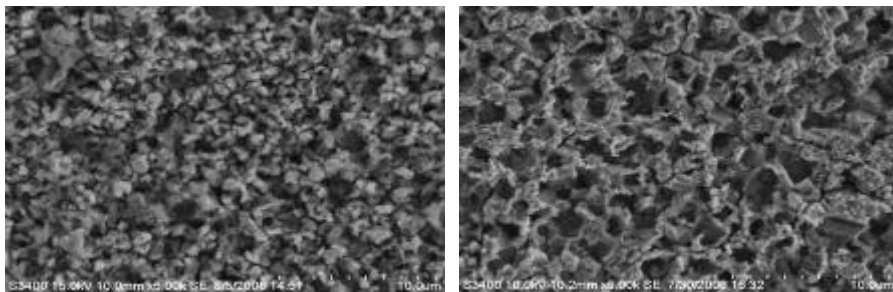
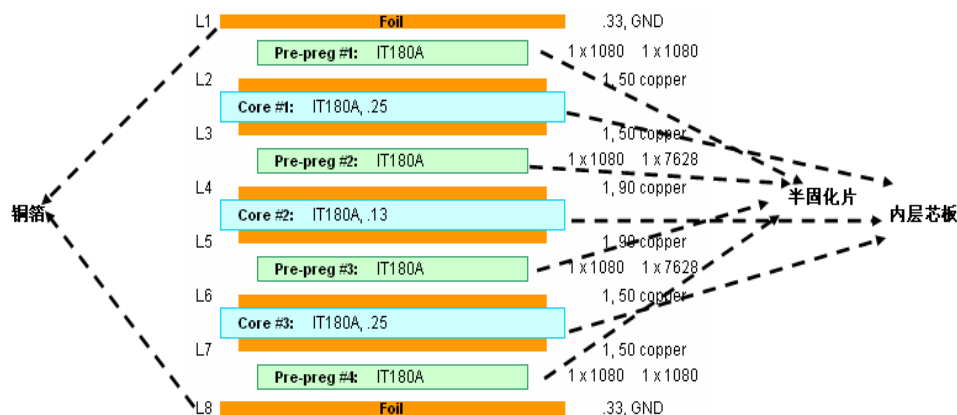


图2 棕化的效果 (SEM) 结合力: 0.7N/mm (典型值)

二者的共同作用大大提高了内层结合力，这也是层压前选择棕化处理而非微蚀的原因所在。

工艺知识培训讲义

◆层压的主要原理:在高温高压的条件下用半固化片将内层与内层、内层与铜箔粘结在一起，制成多层线路，是多层线路板制造工艺流程中不可缺少的重要工序。



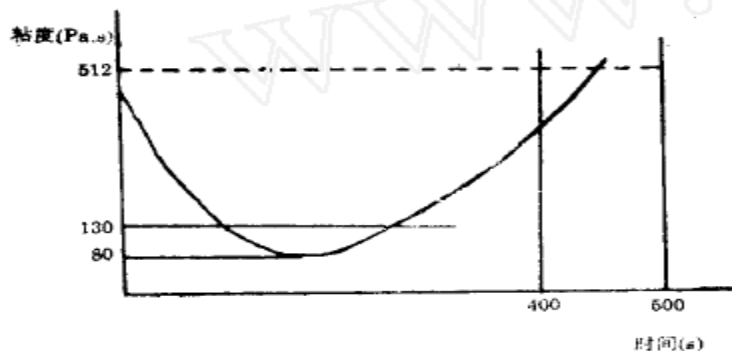
※铜箔：用于外层线路制作

※半固化片（PP片）：起粘结剂、绝缘层的作用, 将内层与内层、内层与铜箔粘结在一起

※内层芯板：作为电地层、信号层起电气连接等作用

图3 8层板的叠层结构

半固化片在高温下的变化见图4



半固化处于B-阶段，随温度升高熔融，粘度变小，流动性增大，开始对导线间的空隙进行填充，随着温度的升高，发生交联反应完成粘结。

在层压过程中树脂是经历了由B-阶段---粘弹态---粘流态---粘弹态---C-阶段的转变

工艺知识培训讲义

1.层压工序原理、主要工艺流程、环境要求;

1.2主要工艺流程介绍:

◇棕化工艺流程:

入板 \Rightarrow 酸洗 \Rightarrow 水洗 \Rightarrow 碱洗 \Rightarrow 水洗 \Rightarrow D.I水洗 \Rightarrow 预浸 \Rightarrow 棕化 \Rightarrow 水洗 \Rightarrow
D.I水洗 \Rightarrow 烘干 \Rightarrow 出板

※主要流程的药水、作用介绍:

酸洗 ($\text{H}_2\text{SO}_4\backslash\text{NaPS}$): 去除铜面氧化物, 露出新鲜、有一定粗糙度的铜面;

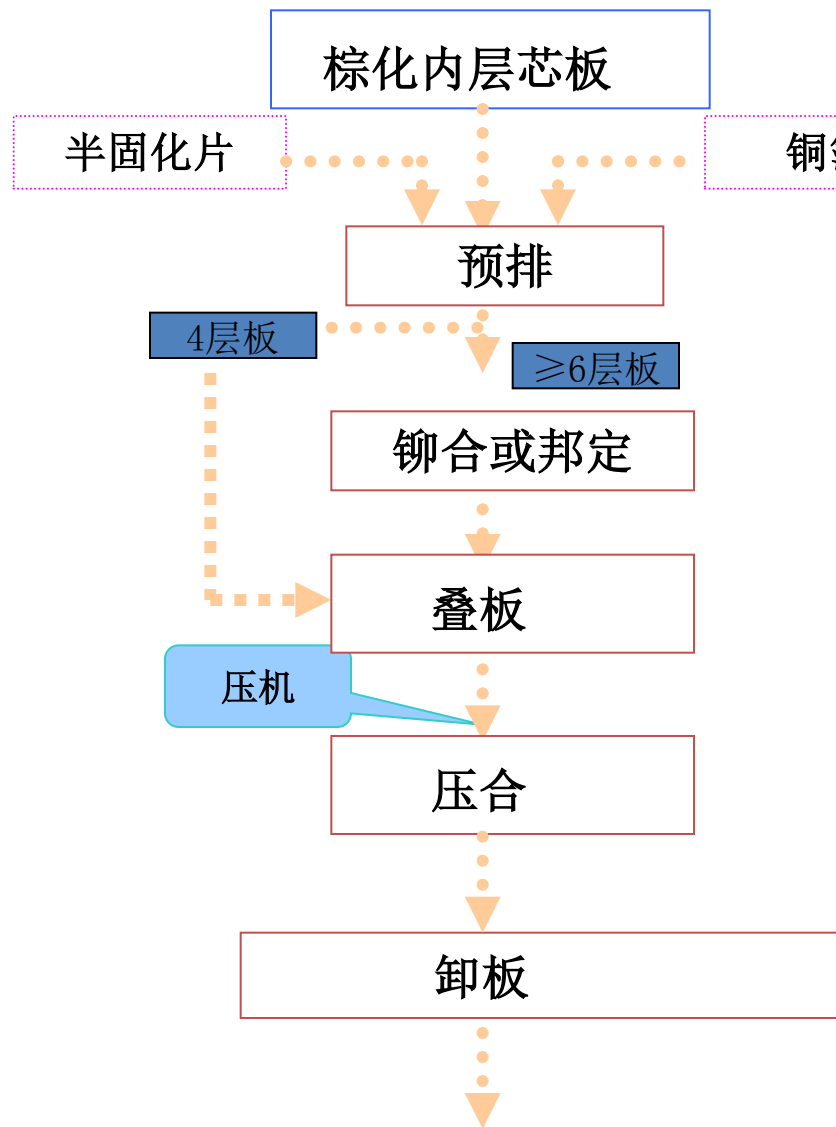
碱洗(除油剂ALK): 去除铜面的油污、手指纹;

预浸(BondFilm Activator): 使新鲜的铜面生产暗红色的预处理, 起活化作用;

棕化 ($\text{H}_2\text{SO}_4\backslash\text{H}_2\text{O}_2\backslash\text{MS-100}$): 形成粗的微观结构并沉积一层有机金属膜;

◇层压工艺流程:

工艺知识培训讲义



注意事项:

- ※高T_g、高频、厚铜板棕化后需烘板;
- ※棕化后到压板的放置时间不超过24h;

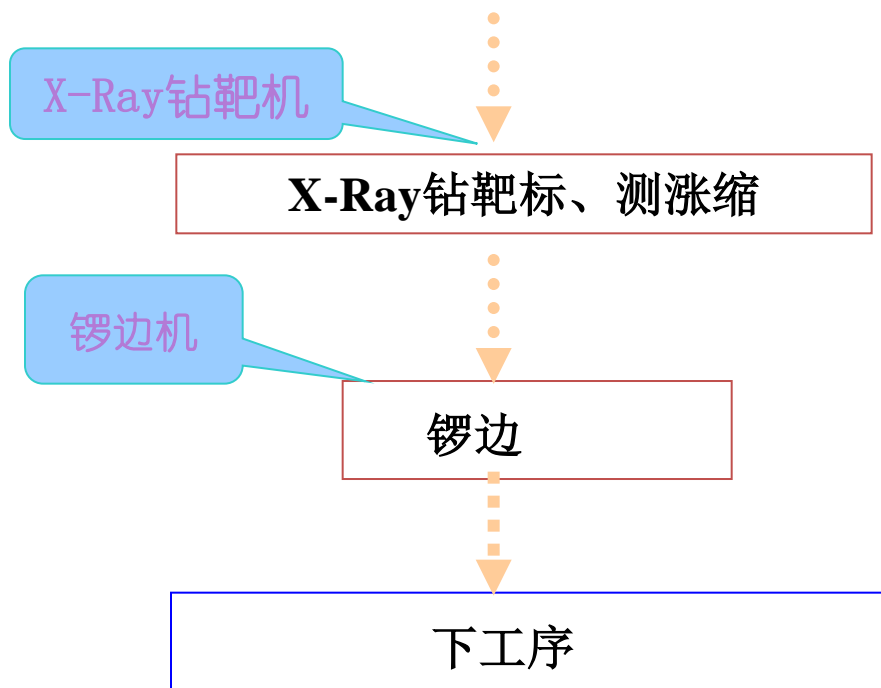
※各种叠合方法使用的优先级别为: 邦定方式 邦定+铆钉方式 铆钉方式

※铆钉选取原则为: 铆钉长度=理论板厚(不加外层PP与铜箔)+(1~2) mm;

※理论板厚=半固化片厚度+内层芯板厚度+铜箔厚度

※铆合后要检查是否层偏;

工艺知识培训讲义



※使用中央基准钻靶标；

※卸板后检查发现有以下严重缺陷的板可以考虑返工处理：严重擦花、厚度偏薄、偏厚、滑板等；

※锣边必须使用3定位孔，防止上反板

1.3 环境要求：

温度： $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；湿度： $55 \pm 8\%$

洁净度：1万级

工艺知识培训讲义

2.层压工序主要设备、物料、测试工具；

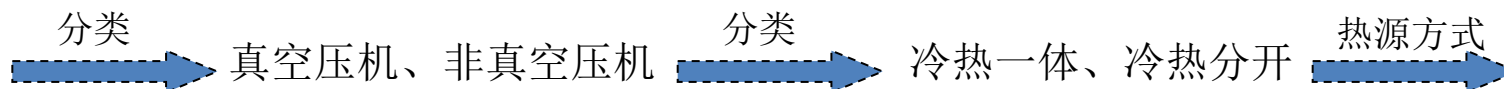
2.1主要设备：

棕化线、压机、烘箱、铆钉机（邦定机）、X-ray钻靶机、锣边机、板厚测试仪、不锈钢板、托盘



◆压机

热压机（包含加热系统，热压机、进料架、出料架及控制系统）



电加热、热煤油加热

- ※功能： 提供热能——将Prepreg熔化，促使Prepreg内的树脂发生固化反应；
- 提供压力——将压合材料中的气泡挤出，并促使其流动；
- 提供真空（真空压机）——促使Prepreg内的挥发成分蒸发。

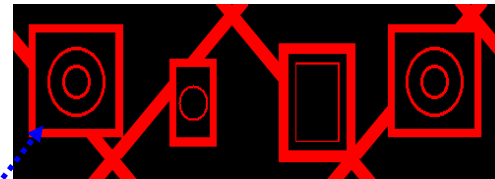
※程序控制压机内温度与压力的变化，电脑中设定的一个压板cycle，可以输入几个 Step，每个 Step中包括以下内容：

- A、热板温度。
- B、压机的液压系统提供的压力。
- C、该Step经历的时间。

工艺知识培训讲义

◆X-ray钻靶机

※主要原理：利用基材透光、铜不透光及X-ray的穿透性的原理，通过设计专门的光学靶标，抓取靶标的中心，来钻钻孔用定位孔及测试涨缩。



光学靶标

工艺知识培训讲义

2.2主要物料

主要物料：铜箔、半固化片、铆钉、牛皮纸

◆铜箔

※铜箔的种类：按照制作方法分为压延铜箔（Wrought Foil）与电解铜箔（ED-Foil）。

※刚性板一般使用电解铜箔，软板使用压延铜箔。

※铜箔规格

代码	意义	厚度/ μm
T	0.33 OZ/ ft^2	12
H	0.5OZ/ ft^2	18
1	1 OZ/ ft^2	35
2	2 OZ/ ft^2	70
3	3 OZ/ ft^2	105

※品质指标

电阻、抗拉强度、外观、抗氧化性、抗热性、焊锡性、表面粗糙度、剥离强度、耐酸性、抗焊性

工艺知识培训讲义

◆半固化片

半固化片是树脂与载体合成的一种片状粘接材料，主要成分为树脂及其添加剂和玻璃纤维布。

※树脂

树脂是热固性材料，应用到PCB业的有酚醛树脂、环氧树脂、聚四氟乙烯、聚酰亚胺等，目前常用的是环氧树脂。

由溴化的丙二酚制成的耐燃性环氧树脂称为FR-4环氧树脂。

树脂有三个阶段：A-Stage：是溴化丙二酚+环氧氯丙烷液体环氧树脂，又称为凡立水（Varnish）。

B-Stage：是用玻璃纤维浸润于A阶的树脂中，经过热风，或者红外线烘干，部分聚合反应，成为固体胶片，称为B-Stage。

C-Stage：在压板过程中，B-阶树脂经过高温熔化成为液体，然后发生高分子聚合反应，成为固体聚合物，将铜箔与基材粘结在一起，此种无法回头的全硬化树脂状态则称为C-Stage。

工艺知识培训讲义

※环氧树脂的组成成分及作用

单体：双酚A、环氧氯丙烷 与固化剂发生交联反应, 成为固体聚合物.

固化剂：双氰胺（dicy）潜伏型固化剂，在有促进剂下60℃开始缓慢和树脂发生固化反应，到达120℃后，反应速率开始加快，160℃左右反应达到高峰。

促进剂：2-甲基咪唑，加快单体与固化剂的交联反应。

溶剂：二甲基甲酰胺、丙酮等

填充物： 碳酸钙、氢氧化铝 增加阻燃效果、调整Tg和CET值。

◆玻璃纤维布

玻璃纤维布是一种无机物经过高温融合后冷却成为一种非结晶态的坚硬物，然后由经纱，纬纱纵横交织形成的补强材料。

常用的玻璃布规格有：106、1080、3313、2116、7628。

规格	厚度（mm）	基重(g/cm ²)	经纱	纬线
7628	0.173	203.4	44	31
2116	0.094	103.8	60	58
3313	0.081	84.8	60	62
1080	0.053	46.8	60	47
106	0.033	24.4	56	56

工艺知识培训讲义

◆半固化片的特性指标:

特性指标	意义	作用
树脂含量 (RC)	指胶片中除了玻璃布以外, 树脂成分所占的重量百分比	直接影响到树脂填充导线间空谷的能力, 同时决定压板后的介电层厚度
流动度 (RF)	指压板后, 流出板外的树脂占原来半固化片总重的百分比	反映树脂流动性的指标, 它也决定压板后的介电层厚度
凝胶时间 (GT)	指B-阶半固化片受高温后软化粘度降低, 然后流动, 经过一段时间因吸收热量而发生聚合反应, 粘度逐渐增大, 逐渐固化成C-阶的一段树脂可以流动的时间。	反映树脂在不同温度时的固化速度, 直接影响压板后的品质
挥发物含量 (VC)	指半固化片经过干燥后, 失去的挥发成分的重量占原来重量的百分比	直接影响压板后的品质

半固化片的特性参数, 是设定压板工艺条件的参考, RF%大时, 应通过控制升温速度来降低。凝胶时间反映树脂在不同温度时的固化速度。所有这四个指标将决定压板后C-阶树脂的特性:

- A. 厚度平均值
- B. 厚度分布及偏差
- C. 附着力
- D. 绝缘性

工艺知识培训讲义

※常用半固化片的特性指标汇总：

特性指标	106	1080	3313	2116	7628
RC%	70-74	60-66	52-58	50-56	41-47
RF%	32-42	30-40	21-31	21-31	15-25
GT	160+/-20	150+/-20	150+/-20	150+/-20	150+/-20
VC%	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
理论厚度	51.3 um	77.3um	103.4 um	118.5 um	195.1 um

压后的介质层厚度=理论厚度-铜厚*（1-残铜率）

半固化片的存放条件

（1）温度过高加快树脂的聚合反应，B-阶半固化片常温下较稳定。温度过低容易吸收水份进入半固化片中—吸附水加快固化反应，因此通常半固化片贮存的温度范为18—22℃.

（2）湿度：湿度 较大导致 VC% 变大，RF%变大，不利于固化反应，同时易出现分层起泡等品质缺陷。因此，贮存的湿度范围为：55+/-8%.

工艺知识培训讲义

◆铆钉、牛皮纸

※铆钉：6层以上板，需用铆钉固定以防压合时层间滑动，铆钉的选用原则：

铆钉长度=理论板厚（不加外层PP与铜箔）+（1~2）mm

※牛皮纸：因纸质柔软透气的性能，可达到均压均热的效果，且可防止滑动，在高温下，牛皮纸逐渐失去透气的特性，故使用3次后应更换

※牛皮纸数量为15-25张，新旧搭配，接近板的用新纸，远离板的为旧纸。

工艺知识培训讲义

3. 层压控制要点（加工要求、参数、特殊控制等）

◆棕化：微蚀量控制：1.1-1.7 μm 微蚀速率1.2-1.6 $\mu\text{m}/\text{min}$

棕化后烘板参数：120 $^{\circ}\text{C}$ /40min，温度不宜高于120 $^{\circ}\text{C}$

◆层压

压板是利用半固化片从B阶向C-阶的转换过程将各线线路层粘结成一体。
实现这个过程需要高温、高压。

决定压板的工艺条件的因素：

- * 升温速度
- * 最高加热温度
- * 压力
- * 时间
- * 温度、压力与时间三者之间的配合

※升温速度

升温速率会影响到树脂的流动性能和流动时间，升温速率过快，流胶过多，易造成缺胶、滑板、空洞等缺陷，升温速率过慢，流动性差，树脂浸润不佳，产生空洞等缺陷。

工艺知识培训讲义

升温速率	优点	缺点
快	填充较佳	胶流动速度大，流胶多
	空洞较小	滑板
	工作窗口较窄	固化快
	压合时间短	易造成白边角，织纹显露
	厚度不均	应力高
慢	滑板较少	流动差
	应力小	浸润差导致白点、干板、空洞
	厚度控制佳	易造成白边角
		压合时间长

对于FR-4 通常应控制80℃—130℃的升温速度在1.5-2.5℃/min，而对于NO-FLOW,宜控制在3℃/min以上。

工艺知识培训讲义

※压力

层压压力的大小是以树脂能否填充线间空隙，排尽层间气体和挥发份为基本原则。

加压方式：一段加压、二段加压和多段加压，一般非真空采用一段和二段加压，真空压机采用二段和多段加压，对高、精、细多层板通常才用多段加压。

※各阶段压力的作用：

初压：把板料压实，提高传热速率，驱赶层间夹杂空气，一般控制在 $5-8\text{kg/cm}^2$ 左右，不可太大，树脂尚未流动，压力太大，玻璃纤维将承受大的剪切应力，变形严重。

中压：使熔融的流动的树脂顺利填充并赶走胶内气体，防止一次压力过高带来的铜箔皱褶、空气通道封锁，一般控制在 $14-20\text{kg/cm}^2$ 左右，

高压：完成最后的填隙、赶气，使树脂与铜箔牢固结合。一般控制在 $20-30\text{kg/cm}^2$

※压力计算：

设定压力 $=k \cdot A$ (板子面积)*水平PNL数/活塞截面积

k为PP供应商提供的压力参考值。

低压时k取 100-150psi

中压 200-300psi

高压350-450psi

工艺知识培训讲义

※最高加热温度

温度过高，板内应力大，树脂固化过度，耐热性能下降，后工序易发生爆板分层；

温度过低，树脂固化不完全，结合力低，易吸湿，钻孔孔壁质量差，耐热性能不佳，后工序易发生爆板分层

要确定压板工艺的最高加热温度，首先应从半固化片供应商处了解到使用的半固化片的树脂体系，它的固化温度是多少，根据它来决定一个压板程序中应提供的最高加热温度是多少。

	最高加热温度/℃	固化时间
普通FR-4	160-170℃	反应>30min
高Tg	180-190℃	反应>45min

※时间

时间参数主要是层压加压时机的控制、升温时机的控制、凝胶时间等，对于多段加压来说，确定好打高压时间是控制好层压产品好坏的关键；

施高压太早，流胶太多，造成缺胶、板薄，甚至滑板等不良现象，太迟，则会造成层压黏结面不牢，空洞、气泡缺陷。

工艺知识培训讲义

※温度、压力、时间的有机匹配

压力和转压时间的设置主要是促进树脂流动，将板中挥发份、空气排除板外，并使铜箔与树脂在高压下很好地结合在一起。

转压时间应参考树脂在层压中的熔融粘度，理想的转压点在最低粘度点，而粘度的变化是受温度影响的我们可以利用温度与黏度的变化关系，实现温度、压力、时间的有机匹配。

当详细了解到半固化片的特性后，制定出以上5个条件，那么就可以编写一个层压程序。

工艺知识培训讲义

◆常规测试项目及测试方法、标准

测试项目	测试方法	标准
涨缩	以X-ray测试板两端的光学靶标，得到的距离与设计距离的差值。	控制在 $\pm 0.1\text{mm}$ 内为佳，超出则需拉伸钻带
板厚	板厚测试仪选5点进行测试取平均值：板边（距板边2inch）4点，中心1点。	板厚0.5-1.675mm，公差要求 $\pm 0.075\text{mm}$ 板厚1.675-2.564mm，公差要求 $\pm 0.1\text{mm}$
层间偏位	X-ray检查机查看同心圆	层间同心圆不相切
外观	压痕、划伤、铜皮起皱、起泡	/
内层剥离强度	取1OZ铜箔棕化，以1080+7628*3+1080压合，制作3.175mm的线，以剥离强度测试仪进行测试。	普通Tg: $\geq 0.7\text{N/mm}$ 高Tg: $\geq 0.45\text{N/mm}$
外层剥离强度	取1OZ铜箔，以1080+7628*3+1080压合，制作3.175mm的线，以剥离强度测试仪进行测试。	普通Tg: $\geq 1.8\text{N/mm}$ 高Tg: $\geq 1.4\text{N/mm}$
Tg	以DSC进行测试	普通Tg: $\Delta Tg \leq 3^\circ\text{C}$ 高Tg: $\Delta Tg \leq 5^\circ\text{C}$
微蚀量	取10*10cm覆铜板120℃烘30min，称重m1，棕化后120℃烘30min，称重m2	1.1-1.7 μm

工艺知识培训讲义

4. 层压工序安全生产要求、主要维护和保养；

◆安全生产要求

※所有油炉的阀门，未经设备部许可，不得随意旋动；

※严禁生产时触摸锅炉油管；严禁生产时站立于料架旁边及行车轨道上；

※控制室内应留有一名操作员，监控现场生产情况，发生紧急事故时按下紧急开关及时通知维修人员处理；

※除非紧急状况或特殊要求，严禁手动控制，应保证设备自动运行。

※注意按规范操作，戴好相应的防护用具以免受到药水伤害。

◆主要维护、保养

详见层压主要设备的操作与保养规范

工艺知识培训讲义

5.层压工序常见质量缺陷、原因和对策

层压的主要缺陷有：压痕、偏位、层压杂物、层压白斑、棕化不良、异常不合格，下面将对这些缺陷进行原因分析。

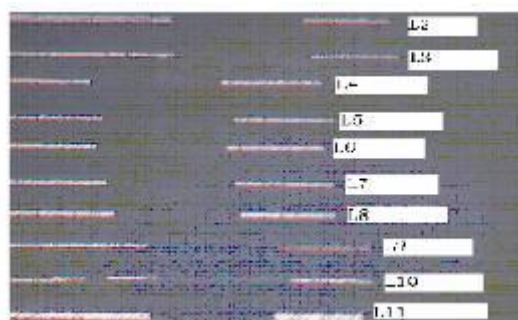
◆层压偏位

※原因：

- A. 压板时，树脂流动过大造成内层板滑移；
- B. 内层PE冲孔不良；
- C. 铆合倾斜用力、开花不均；
- D. 板材涨缩不一致。

※对策：

- A. 调节升温速率和增大树脂黏度降低其流动性，避免因为流动性过大带来的滑动。
- B. 内层冲孔时，对薄板的精度重点控制，防止破孔；
- C. 注意铆合操作的打钉方向垂直向下，不能倾斜用力，造成钉歪板
- D. 薄板及高层板使用邦定定位
- E. 优化内层预防系数



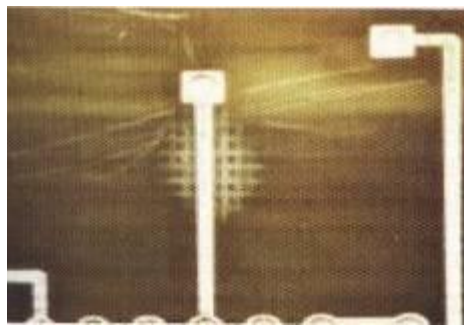
工艺知识培训讲义

◆ 白斑

板面玻璃纤维交织点处，树脂与纤维分开，成白色斑点状情况；此种情况出自基材表面内部的白点或十字形相连而成。

※原因：

- A. 白斑往往出现在热冲击或热处理后。是由于不当的热应力破坏了玻璃纤维与树脂的结合；
- B. 压力过大或升温速率过快造成玻纱“峰部”胶流往“谷部”或填补低洼蚀刻区。而造成“峰部”严重缺胶，蚀去铜箔后出现白点等；
- C. 半固化片吸湿或存放过久，粘结力变差。



※对策：

- A. 热冲击前，对板料进行烘烤处理；
- B. 合理选择半固化片、优化压合参数，防止局部缺胶
- C. 对半固化片的存放环境、时间严格控制。

工艺知识培训讲义

◆分层起泡

由于气泡未排尽，其对光散射，看起来呈白色，

- 原因：**
- A 升温速率过快和过慢，都会导致排气不良；
 - B 上高压太迟；
 - C 内层图形含大面积的无铜区，该区域易欠压；
 - D 半固化吸湿。



- 对策：**
- A 控制好升温速率、减少温差（温差会对树脂的流动造成影响）
 - B 选择合适大小的压力，分段打压，在最低黏度点上高压，提供瞬时变压
 - C 内层图形的优化（主要针对无铜区）
 - D 化片的选取，根据填充面积和铜厚选择合适含胶量和流动度的化片

工艺知识培训讲义

◆压痕

原因：钢板没打磨好：有粘污、杂物、凹坑、划伤等，铜箔上有杂物。

对策：按规定打磨好钢板

◆层压杂物

原因：压合过程中带入杂质，导致外观可见内层有杂物的现象，外层蚀刻后发现有可视杂物存在，主要层压过程中清洁不到位或者静电吸附导致。

对策：对烘干设备定期清洁检查，控制好无尘室的环境，进风口、出风口安装过滤网等吸尘系统。对员工实行宣导，保持良好工作状态，按规范操作。

交流提问