

# 砂轮切割机划切超薄玻璃的工艺研究

## The Technology Research of Cutting Ultra-thin Glass by Dicing Saw

闫伟文 王英杰 王亚君

Weiwen Yan Yingjie Wang Yajun Wang

北京中电科电子装备有限公司 中国·北京 100176

CETC Beijing Electronic Equipment Co., Ltd., Beijing, 100176, China

**摘要:** 论文对硬脆材料的划切机理及超薄玻璃材料的特性进行分析, 通过实验验证, 得出了切割超薄玻璃时采用分段切割的方式可以明显的减少裂纹及崩边。

**Abstract:** In this paper, analyzed the cutting mechanism of rigid and brittle materials and the properties of ultra-thin glass materials, through cutting experiment, it is concluded that the method of step cutting can obviously reduce the crack and edge collapse when cutting the ultra-thin glass.

**关键词:** 硬脆材料; 玻璃; 切割工艺

**Keywords:** rigid and brittle materials; glass; the cutting process

**DOI:** 10.12346/etr.v3i7.3956

## 1 引言

当今科学技术的发展日新月异, 任何行业都出现很多变化, 由原来单一的产品变得多样化, 并且更符合人们的需求, 玻璃行业也不例外。一般 0.1~1.1mm 厚度的玻璃称为超薄玻璃, 它不仅厚度薄, 而且具有透光率强、化学稳定性好、可镀膜性好等很多特殊性能, 比一般玻璃更具有的高透明性、电绝缘性、耐热性、化学稳定性和抗气性等, 还具有质量轻、耐高温、耐冲击、柔性的特点。因此在手机摄像头、安防监控、数码相机、柔性显示基板、智能表面、OLED 照明和柔性太阳能电池等领域具有广泛的应用前景, 将为下一代电子产品带来外观以及形式的全方位变革。

但超薄玻璃加工要求高, 难度大, 尤其在切割过程中容易产生崩裂、崩边现象, 本研究从硬脆材料切割工艺出发, 探索砂轮划片机切割超薄玻璃改善划切质量的工艺。

## 2 超薄玻璃材料特性

玻璃属于典型的硬、脆材质, 易裂易碎, 难加工, 普通玻璃的化学组成是  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 、 $\text{CaSiO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  或  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $6\text{SiO}_2$  等, 主要成分是硅酸盐复盐, 是一种无规则结构的非晶态固体。玻璃材料的原子结构是离子键、共价键或离子键和共价键的混合键, 其  $E/HV$  (弹性模量 / 维氏硬度) 值为 20, 在压缩时的延伸率一般在 2%~5% (拉伸时变形更小), 理论抗拉强度与理论抗剪强度比值小, 脆性大。超薄玻璃更是带来了显而易见的弊端, 那就是力学强度的降低, 在减小体积、降低质量的同时, 杂质、缺陷以及任何降低玻璃强度的负面因素都会被放大。例如, 一个小小的裂纹或崩边对于普通厚度的玻璃来说只是表面上一个微不足道的瑕疵, 但相对于超薄玻璃来说, 同样大小的裂纹却可能已经深入玻璃内部, 对其强度造成无法忽视的破坏。这直接造成

【作者简介】闫伟文 (1987-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事砂轮划片机相关工作与研究。

了超薄玻璃在抗折强度、表面硬度等力学性能指标上明显落后于普通的平板玻璃，这给超薄玻璃的实际应用带来了巨大的阻碍<sup>[1]</sup>。

### 3 硬脆材料划切

#### 3.1 材料划切机理

材料去除机理一般分为脆性断裂、塑性变形和脆塑性共同作用3种方式。如图1所示，材料的脆性去除是通过空隙和裂纹的形成或扩展、剥落及碎裂等方式来完成；如图2所示，塑性去除机理是以切屑的剪切变形来产生材料的塑性流，塑性去除一般分为3个阶段，划擦耕犁和切屑形成，材料是以切屑方式去除的。

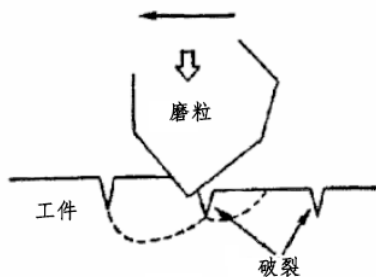


图1 脆性去除机理

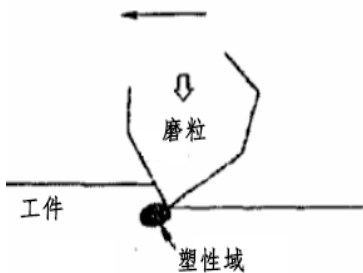


图2 塑性去除机理

在脆性去除时，裂痕是发生在金刚砂粒后方的接触边界附近往侧向成长而形成破片去除；在塑性变形去除时，塑性区域在金刚砂粒的前下方，扩大而形成剪切区，产生切屑去除材料，得到较好的表面状态。

#### 3.2 硬脆材料切割脆塑转变机理

硬脆材料划切机理与金属材料划切机理有着显著区别，硬脆材料一个最突出的提点就是脆性高，断裂韧性低，弹性极限与强度非常接近。加工时，当材料承受的载荷超过弹性极限，就会发生断裂破坏，在已加工表面形成裂纹和凹坑，严重影响其表面质量和性能，所以硬脆材料的可加工性极差，是典型的难加工材料。

通过硬脆材料的压印实验，当采用尖锐压头（磨粒）压

入玻璃等硬脆材料表面时，压应力的作用使压头正下方的材料发生不可逆的塑性流动，如果压头载荷足够小，则卸载后压痕保留，材料无裂纹产生。因此即便是硬脆材料，在很小的载荷作用下，仍会产生一定的塑性变形。而且产生的裂纹的长度与施加的载荷存在下列关系：

$$P = aH_a^2$$

其中， $P$ 为垂直于材料表面施加的载荷； $a$ 为与压头几何形状相关的常数； $H$ 为材料的硬度； $a$ 为裂纹长度的一半。当载荷增加到一个临界值 $P_c$ 时，材料将有塑性变形向脆性破坏转变，在材料内部和表面产生脆性裂纹。 $P_c$ 值与材料硬度和断裂韧性的关系为：

$$P_c = \lambda K_c^4 / H^3$$

其中， $H$ 为材料硬度； $K_c$ 为材料的断裂韧性； $\lambda$ 为一个综合影响因子。

因此，硬脆材料的塑性加工完全可以实现，关键是寻找脆性向塑性转化的条件并促使其转化，使脆性材料在塑性状态下切削<sup>[2]</sup>。

### 4 超薄玻璃划切实验

#### 4.1 刀具选择

切割刀具按结合形式主要分为树脂刀、金属刀和电镀刀。砂轮刀具的磨损可分为磨耗磨损和破碎磨损，砂轮刀具磨耗磨损的特征是磨粒一层层被磨掉，是磨粒与工件间的摩擦引起的。如图3所示，B—B线表示磨粒的破碎，A—A线表示结合剂的破碎，它们都属于金刚砂刀具的破碎磨损。

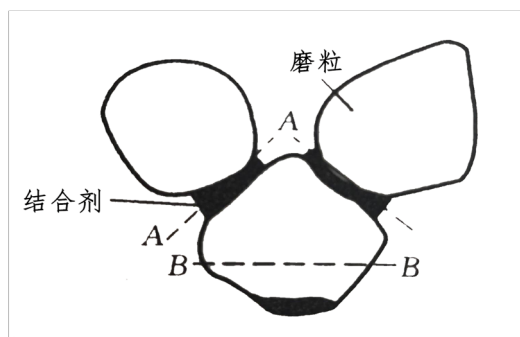


图3 金刚砂刀具磨粒机理

破碎磨损的强烈程度取决于磨削力的大小和磨粒或结合剂的强度。相比之下，破碎磨损消耗砂轮刀片的重量要大于磨耗磨损。就砂轮刀具而言，结合剂的破碎多于磨粒的破碎。从磨损后的影响看，磨耗磨损影响大些。因为磨耗磨损直接影响刀具磨损表面的大小及切削力的大小，而它们又反过来影响破碎磨损，从而影响砂轮耐用度、磨削区温度及工件表

面质量。此外磨削下来的磨屑嵌入砂轮刀片磨粒的空隙中，使刀片表面被堵塞，也会使刀片失去磨削能力。

针对超薄玻璃的材料特性，划切过程中应尽量减小刀具的破碎损耗，以减少破碎金刚砂及脱落金刚砂对玻璃工件表面的影响，所以超薄玻璃的切割，优先选用对金刚砂把持力较强的金属结合剂刀具。

但正是由于金属结合剂对金刚砂把持力较强，因此此种刀具的自锐性较差，刀具磨损后若继续使用就会使切割效率降低，切割表面质量下降，并产生振动和噪声。金属结合剂刀具磨损后应及时进行修整，以消除钝化的磨粒和堵塞层，恢复刀具的切削性能及正确形状。因此在使用金属结合剂刀具划切超薄玻璃材料过程中，一定要根据玻璃的切割品质及刀具的损耗情况制定合理的修刀工艺。

#### 4.2 实验过程及结果

根据硬脆转换机理，减少脆性去除的因素主要为切削深度。对于超薄玻璃，尤其镀膜玻璃，在生产的过程中，普遍存在翘曲变形，造成玻璃内部存在复杂的应力，所以在切割超薄玻璃时，在尽可能减少脆性去除过程时还应注意材料内应力的影响。因此切割超薄玻璃材料应合理设定切割深度，如一次切透出现严重的裂纹及崩边现象时，应选用多次切透。本次我们选用 BG62 型号 0.21mm 厚度的蓝玻璃进行切割对比实验，一种为 1 刀切透，即划切深度为 0.21mm，划切效果如图 4 所示，有明显的裂纹及较大的崩边现象；另一种为分段切透，第一刀切深材料的 1/3，即切割深度为 0.07mm，划切效果如图 5 所示，解决了裂纹问题并减小了崩边现象。

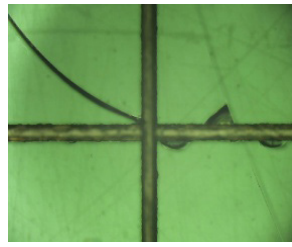


图 4 一刀切割效果

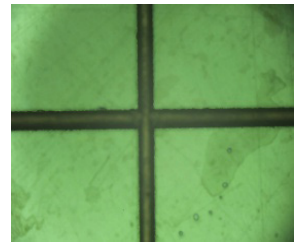


图 5 分段切割效果

由于不同成分、不同尺寸及不同厚度的玻璃特性不同，切削速度、切割刀片的金刚砂颗粒大小等也都会对玻璃的脆塑加工转变产生影响，因此针对具体的玻璃材料切割的具体方法，仍需通过大量实验数据去验证并总结，然后制定相应的划切工艺<sup>[3]</sup>。

## 5 结语

近年来随着电子产品向小型化、轻量化、薄型化方向发展，对相应零部件材料的加工带来了更高的要求，尤其对超薄玻璃的加工。很多学者围绕硬脆材料产生脆塑变形转变的临界条件做了大量的理论与实验研究。虽然硬脆材料的切割工艺对实验和经验的依赖性较强，主要在定性分析上，定量分析的难度较大，准确性较差，缺乏相应理论支持，但是这些理论与实验的研究结果对实际加工仍有着重要的参考及指导意义。

## 参考文献

- [1] 甄万财.砂轮划片机划切硬脆材料的工艺研究[D].武汉:华中科技大学,2006.
- [2] 孙春华.脆硬材料加工工具开发及磨削机理研究[D].哈尔滨:哈尔滨科学技术大学,1991.
- [3] 高伟,刘镇昌.超硬磨料在硬脆材料切割中的应用[J].金刚石与磨料磨具工程,2001(3):26-29.