

# 金刚石研磨和加工精度的实现

## Diamond Lapping and Lapping Plate Control

英格斯公司 Mark Irvin

“金刚石”这个词使人想到是“昂贵”，但是用金刚石磨料进行研磨加工，却相对“低廉”——更少的金刚石研磨浆被消耗，每小时更低的运行成本，产生更少的废料，更短的加工时间，更低的废品率，更少的工序步骤。

金刚石研磨应用于精密加工，尤其适用于这些具有挑战性的案例：超大平面研磨、球面以及锥面研磨；改善接触面密封性、表面纹理；非同属材料的表面平坦化(例如层压制品、复合材料)处理；表面去毛刺，清除粘性物质；金刚石研磨也是超硬材料的唯一经济加工方法；减薄或抛光纵横比失常的零件。

金刚石研磨应用于常规的工业零件，包括机械密封件、密封环、阀类、冲压模具、泵体、切割刀片、块规(“Jo-模块”)、千分尺锭、燃料柱塞阀、模具/垫圈、CD模具、镜子、微电子机械零件(MEMS)。几乎任何材料都可以研磨，包括钢、不锈钢、铬合金、硬质合金、铝、纯铜、青铜、铝镍钴合金、陶瓷、玻璃、蓝宝石和塑料。

### 关于研磨

研磨就是将一种媒介(超硬磨料和相关膏剂,或液体载体)作用于零件表面和研磨盘之间。

当金刚石颗粒嵌入研磨盘时,颗粒相当于在进行超精磨削,而同时在研磨过程中有些颗粒可能会不断

地脱离研磨盘,成为自由颗粒在之间滚动,见图1。这样被研磨的零件表面没有方向性的纹理。研磨过程即金刚石颗粒切入工作表面去除细

微的材料。设想一下零件表面经过上百万次这种捏合和摩擦过程的重复,不仅有效地去除了材料,同时也实现了抛光(当金刚石磨料粒度细至

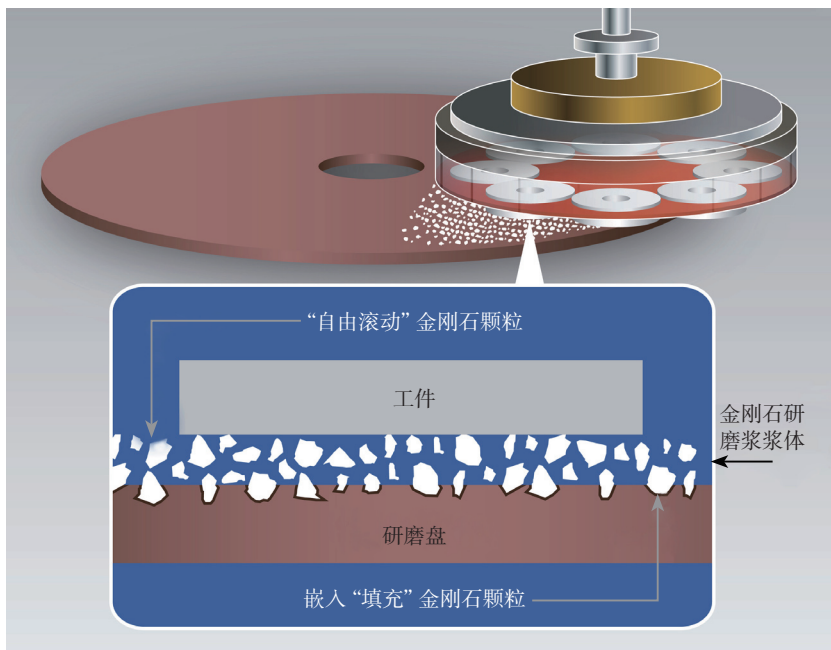


图1 嵌入的和自由的金刚石颗粒混合作用于研磨过程

表1 以陶瓷零件为例进行金刚石研磨与传统研磨分析

对比项目	传统研磨(非金刚石)	金刚石研磨
工序步骤	2	1
去除率,加工时间	0.033mm/h, 45min	0.1mm/h, 15min
磨料消耗	1.8927L/h	0.5683L/8h
产生的废料	15.1417L/8h	0.4732L/8h
零件表面状况	亚光	光亮表面
零件表面清洁度	暗淡,不洁净,需要两步清洗	相对洁净,需要一步清洗
磨料成本 / (8h·班 <sup>-1</sup> )	166 美元	47 美元

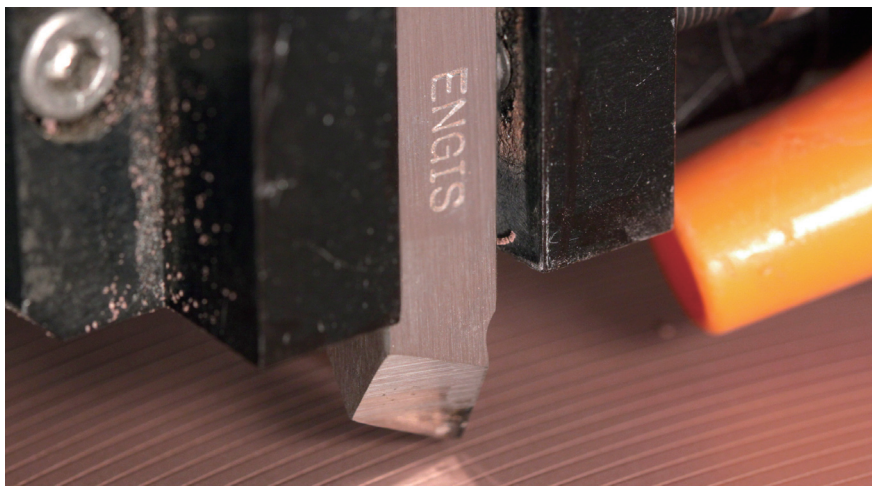


图2 修面机构用金刚石刀具切除研磨盘最上层(已磨损),并将研磨盘修至数微米内的平面度,简化了磨盘修复过程

50nm 时,抛光的作用更明显)。

为了获得金刚石磨料的固有强度优势,理想的研磨机床需具有高的向下压力或向下推力(34.475kPa 或更高),同时具有强有力的驱动系统,允许使用较大的压力负荷,可变速以及具有高转速的能力。

与传统研磨使用氧化铝磨料相比,金刚石超硬磨料研磨具有以下优势。

- 去除率高,实现更高的生产效率。
- 半个波长( $2.794 \times 10^{-5}$ cm),完美的边-边平整度,某些案例可达1/20波长的平整度。
- 表面粗糙度好于次微米级( $<R_a 0.5$ ),某些案例可达次纳米级。
- 可实现一步研磨和抛光方案,缩短加工时间。
- 减少浪费以支持绿色环保。

### 整体解决方案

为实现过程控制、节约与绿色环保,以及控制不断增长的成本压力,客户需要经常性地检验生产和加工流程。而谈到精磨和研磨工序时,正确的方法是考察整体解决方案,即检查机床工具系统、磨料系统、研磨盘或抛光垫、机床附件选项的配置与所要求零件的稳定加工精度、加工时

间、环保要求和总成本是否恰当和匹配。

表1为陶瓷零件的案例说明,金刚石研磨实现了更有效的解决方案,省去了手动抛光步骤,缩短了30min的加工时间,每小时节省14.87美元的研磨浆成本,减少了废料以及废料的成本,缩短了清洗时间,减少了清洁剂使用,研磨浆的减少使用也降低了运输和库存成本。

### 加工精度的实现和保证

金刚石研磨盘的维护不同于传统研磨的纯铸铁研磨盘。金刚石研磨常用复合金属研磨盘,典型的研磨盘包括锡(TX-10A),铜(HY Cu)和铁(X-08)盘。使用一段时间后,研磨盘表面因磨损而需要修复,重置磨盘平面度,满足零件的平面度和粗糙度的要求。磨损的研磨盘表面也会变得十分光亮,而原先相对恒定的余量去除率的下降也造成生产过程的失控。

修复复合金属研磨盘即修整研磨盘使之表面平整度提高,并再处理研磨盘表面纹理结构,使之适合金刚石磨料的嵌入。将金刚石磨料嵌入在研磨盘表面的过程叫磨料填充。

在英格斯研发FastLap在线修面机构前,修复复合研磨盘都使用电

的金刚石修整环,操作人员需要具有相当的经验,虽然结果也是令人满意的,但却是一项非常艰巨的任务,而且由于操作技巧而带来的不确定因素会造成机床停机时间过长而影响产出。并且通过光学显微镜以及影像软件分析显示了这个过程实际上生成了一种随机的表面纹理状态以及不均匀的表面接触率(零件表面与盘面接触面积的比例)。

在线修面机构用金刚石刀具切除研磨盘最上层(已磨损),并将研磨盘修至数微米内的平面度。

但是要使研磨盘达到一个要求的平面度和表面纹理,修面机构需要再切一次,形成如图2所示的凹槽纹理结构,作为金刚石磨料填充的基础。

控制研磨盘表面的凹槽(宏观纹理结构)和平面(微观纹理结构)可以实现稳定的去除率和零件表面粗糙度。一致的研磨盘表面接触率意味着稳定的单位负荷,可重复的去除率和较好的批次质量一致性。研磨盘凹槽减少了接触面积,增加了单位面积的负荷,因此提高了去除率,同时磨盘上的凹槽也有助于清除废屑。

在线修面机构的需求源于提高电子工业领域零件加工的初次合格率减少废料成本(想像一下蓝宝石光学零件和半导体零件的废件成本),但是精密机械工业也因此而受益。如果客户公司希望采用金刚石研磨工艺增加其收益,那么修面机构消除了寻找熟练操作工用传统技术维护研磨加工精度的忧虑,简洁研磨机床集成和智能性。

对于研磨而言,最重要成功关键是一致性。许多成功的公司努力致力于控制磨盘表面接触率、负荷、磨盘速度、磨料填充过程、研磨浆喷射。控制这些变量实现更加一致的零件粗糙度、去除率、平面度或要求的轮廓度、零件尺寸以及厚度、平坦化要求,最后达到客户的满意度。

(责编 良辰)