

调偏心小摆幅平面金刚石精磨工艺

裴 庆 魁

摘要：我们以平面均匀磨削原理为基础，得到了调偏心小摆幅平面金刚石精磨工艺方案。由此设计了磨盘，确定了磨盘的制造工艺，做了大量试验，收到了良好工艺效果。

一、引 言

精磨（细磨）是粗磨和抛光的中间工序，精磨的目的是把粗磨后表面的凸凹层深度减小，保证工件达到抛光前所需要的尺寸精度和表面光洁度。因此精磨后的质量效果对抛光十分重要。

近年来，精磨除用散粒磨料外，正在发展采用金刚石精磨片进行高速精磨。精磨这种方法加工效率高，操作简单，加工表面质量可达到用光圈计量的精度，表面光洁度可达到初抛光的程度。由于上述特点高速精磨受到国内外光学工艺者的关注。目前，在国内金刚石高速精磨工艺多用在球面零件生产中，而且已经建立了一套比较完善的生产流程，得到了令人满意的结果。然而在平面零件加工中，尤其较高精度的平面加工中应用不多，其主要原因是由工艺本身的难度，使得推广存在一定的问题。

我所近年来在完善环形浮动分离器抛光的基础上，开展了这一工艺课题的试验研究。以便使粗磨铣磨、平面高速精磨、环形浮动分离器抛光形成一条比较完整的高精度平面加工的新工艺线，形成一套新的平面加工工艺方法。

二、工艺理论基础

在平面光学零件高速精磨过程中，为了保证磨盘在磨削过程中工作表面面形稳定，国内外均采用环形磨盘，并在镜盘定点偏心不摆动的前提下进行磨削；在这种情况下，镜盘表面的面形依靠磨盘初始工作表面的面形来保证，而磨盘工作表面面形的稳定性是依靠环形磨盘在加工中各点的总磨削量相等来保证的。

从普雷斯顿（Preston）的光学表面成型理论的假设可知，磨去玻璃层的厚度由下式表示：

$$h_i = A \int_0^T p_i V_i dt$$

式中 h_i ——工件 i 点磨去玻璃层厚度

A ——与加工过程有关的参数

p_i ——工件 i 点的瞬时压力

V_i ——工件 i 点的相对瞬时速度

T ——加工时间

在平面加工中, $p_i = \text{常数}$

对于环形磨盘面上任意点 i 上的速度,

$$V_{\text{磨盘}} = \omega(R_0 + r)$$

工件自转形成点 i 的速度为:

$$V_{\text{工件}} = \Omega \times r$$

环形磨盘与工件间的相对速度:

$$\begin{aligned} V_i &= \omega(R_0 + r) - \Omega r \\ &= \omega R_0 + r(\omega - \Omega) \end{aligned}$$

当 $\omega = \Omega$ 时, $V_i = \text{常数}$

所以在一定的工艺条件下 h_i 为常量, 从而可以获得均匀磨损条件。

当环形磨盘定点偏心磨削时, 加工工件在环形磨盘上运动轨迹是均匀的, 如图 2 所示:

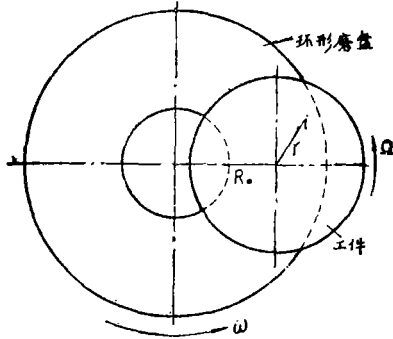


图1 盘面运动分析图

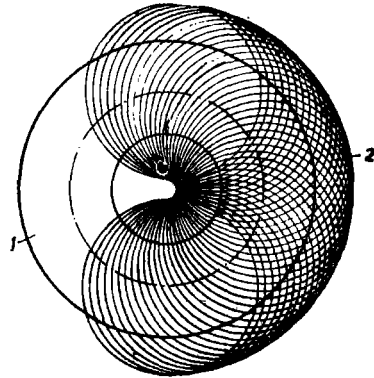


图2 定点偏心时工件在磨盘上的连续运动轨迹线示意图

1—环形磨盘 2—定点偏心工件在磨盘上的连续运动轨迹线

从图 2 可知环形磨盘对具有偏心安装的加工工件相对运动时, 工件在环形磨盘中心区和磨盘外露区的过密轨迹区直接影响磨削的均匀性, 而这两部分恰好被环形磨盘所去掉。为此, 为了得到均匀磨削, 使磨盘工件表面各点的总磨损量相等, 而采用环形磨片盘排列。从保证磨盘面形稳定性的角度出发, 采用定点偏心高速精磨加工比动摆高速精磨加工更容易满足上述条件。所以, 平面光学零件高速精磨加工目前多采用上盘偏心不摆动加工方式。但定摆加工磨盘上各精磨片在镜盘表面磨削轨迹的包络线往往不能组成均匀平面(精磨片按同心圆排列, 镜盘表面磨削轨迹为圆, 精磨片按螺旋线排列, 镜盘表面磨削轨迹为螺旋线)。采用动摆加工、当上、下盘角速度仍近似相等时, 磨盘上某点在镜盘上的轨迹就不再是一个圆或螺旋线, 而是分布在 $\pm L \sin \phi_0$ 的范围内(式中 L 为摆臂长度, ϕ_0 为摆角的一半)。当主轴转速很高时, 磨削轨迹在 $L \sin \phi_0$ 的范围内就分布得非常密, 进一步提高磨削轨迹的均匀性。

鉴于上述分析, 我们在研究平面均匀磨削原理的基础上, 综合上述定、动摆平面高速精磨的优点, 我们采用了定点偏心小摆幅平面高速精磨工艺方案。在加工中, 由于不同大小口径玻璃的偏心不同, 为此我们的工艺方案确切地说是调偏心小摆幅平面高速精磨工艺。经过

大量的工艺试验和生产实际，得到了令人满意的效果。

三、环形磨盘的设计制造工艺

光学平面加工中，工件面形精度是由磨盘的面形精度决定的，在精磨中用金刚石精磨片作磨削工具，虽然金刚石本身比玻璃硬，但由金刚石微粉加铜结合剂组成的精磨片比玻璃的硬度低得多，所以加工中磨具本身也要被玻璃磨损，大致为14面/0.01mm的磨损量。这就要求磨具经过一次修平后，在以后加工过程中始终保持原来的面形精度。为此，磨盘在使用过程中必须保持均匀磨耗。

从工艺理论基础的 analysis 中可知，对于环形磨盘在定点偏心小摆幅的平面高速精磨中，由于 $p_i = \text{常数}$ ，当 $\omega = \Omega$ 时， $V_i = \text{常数}$ ，所以在一定的工艺条件下，环形磨盘上各点的磨损量是相等的。为此，磨盘设计的关键是在考虑诸因素的影响前提下，按均匀磨削原理的分析，设计计算一个理想的环形磨盘。（环形磨盘的具体设计计算从略）。

磨盘具体制造工艺

把PJM—320机床 $\phi 400\text{mm}$ 铜基盘用280*砂、302*砂磨平，平度以用刀口尺检查无缝隙为准（不平度在 $5\mu\text{m}$ 左右）。

为了一次性精磨就把粗磨、铰磨、抛光连接起来，选用 W_{14} 或 W_{10} 。粒度的金刚石精磨片（郑州荥阳县金刚石厂生产），为防止精磨片边棱的锋刃对玻璃表面光洁度的破坏，采用内径为 $\phi 8\text{mm}$ 紫铜管把精磨片套上，然后修平精磨片基面，并把所有精磨片修等厚，厚度差小于 $5\mu\text{m}$ 。

按均匀磨削条件设计的螺旋线型精磨片排列图案划线，将基盘和精磨片除油清洗干净，用501胶按要求粘固。

粘固的精磨片盘用302*砂修磨平整，平度在 $1\mu\text{m}$ 内为宜。

精磨片磨盘装机后，用 $\phi 320\text{mm}$ 玻璃多次修整磨盘，达到磨盘精磨光圈满意为止。

四、工艺试验

工艺试验的目的是找出精磨片盘的理想工作温度、压力、加工时间、冷却液的浓度、偏心距对不同口径工件精度的影响等。

经大量试验表明，为了保证加工面形稳定，室温必须相对稳定，而且同环抛机室加工温度趋于一致；另一个重要因素是冷却液的温度必须保持与室温相同；不然精磨后零件面形变化大，经大量试验表明冷却液温度与室温相差不大于 0.5°C 为宜。

压力和加工时间同精磨的去除量成正比。为了保证加工面形规整，压力不能过大，高压一般选在 $1.2\sim 1.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 为宜。在这种压力下，为了保证工件完全去除粗磨的磨痕深度，保证光洁度，保证精磨片的自锐效果，高压时间 1min 至 1.5min 为宜。

冷却液采用水与三乙醇胺的混合液，经试验表明，纯水冷却可提高精磨后的表面光洁度，但纯水易使精磨片表面纯化，影响铰磨去除量能力，机床易锈蚀，水中加入三乙醇胺可使加工表面光洁度下降，但精磨片自锐作用好。经实践我们选用水与三乙醇胺之比为 $400\sim 800:1$ 为宜。

为了使加工中磨盘均匀磨耗，要尽量减少带动盘（工件）被带动时的摩擦力影响，为此必须减小止推轴承的摩擦力。

为使环形磨盘加工出不同口径的理想平面，加工中环形磨盘与加工工件间的偏心距必须随加工工件的口径的不同而变化。即玻璃口径大，偏心距要小；玻璃口径小偏心距逐渐加大。为了得到各种工件口径的最佳偏心距，经上千次试验，得如下数据。

不同口径玻璃加工的最佳偏心距（单位：mm）

口 径	φ170	φ180	φ200	φ220	φ240	φ260	φ280	φ300	φ320
偏 心	137.25	135.25	132.25	129.25	126.25	122.25	118.25	114.25	109.25

摆幅12mm左右。

注：非圆形零件尽应可能组成正方形，偏心距取（1.25~1.3）边长为宜。

压 力	初压1kgf/cm ²	高压（1.2~1.5）kgf/cm ²	延时1kgf/cm ²
时 间	15s	60~90s	15s

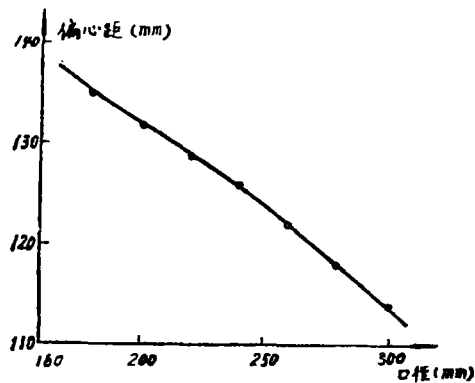


图3 不同口径玻璃加工的最佳偏心距曲线

五、工艺效果及效益

采用调偏心小摆幅平面高速精磨工艺完全可以代替现有方法的平面细磨和初抛光工序。

加工表面面形精度可小于 $\frac{1}{2}\lambda$ 以内（用φ150mm口径样板检验）。

加工表面光洁度（表面粗糙度） $R_a = 0.022 \sim 0.025 \mu\text{m}$ ，相当于光洁度 $\nabla 12c$ 以上，测试曲线见图4。

加工时间1.5min~2min，相当于现有工艺方法8~10h的工作量。为此加工效率提高240倍以上。

本工艺方法对 $\phi 320\text{mm}$ 口径以下光学平面玻璃可单片、多片成盘、封腊上盘、灌腊上盘加工。对于平板玻璃平行度可控制在 $10''$ 之内。

此工艺方法可直接用于工程光学玻璃选料，均匀性可测量到 $2\sim 3 \times 10^{-6}$ 的精度。从而大大地降低了选料的时间和成本。

此工艺方法加工的光栅毛坯可直接用于光栅复制，大大降低复制光栅的加工成本。

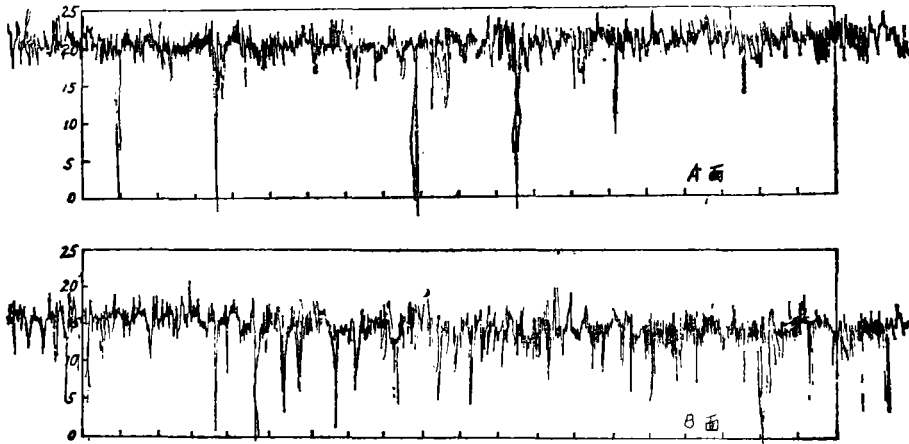


图4 垂直放大10万倍 水平放大100倍

A面 $R_a = 0.022\mu\text{m}$ 为 $\nabla 12c$

B面 $R_a = 0.025\mu\text{m}$ 为 $\nabla 12c$

用于花岗岩平台及花岗岩贴面加工、面形精度可达 $0.5\mu\text{m}$ 以内，光泽度达 120° ，是国内光泽度最高的。

Plano Diamond Smoothing Technology by Adjusting Bias Center and Small Wobble Amplitude

Pei Qingkui

Abstract

The plano diamond smoothing technology by adjusting bias center and small wobble amplitude has been obtained based on the plano homogeneous cutting principle. The smoothing tool block was designed and the working technology of smoothing tool block was determined. A lot of tests has been conducted and good results have been got.