

现代光学玻璃工业用的金刚石 磨具和磨床

本文叙述了为光学玻璃元件球面磨削和研磨专门设计的磨床所用之金刚石磨具的发展。对这些光学元件要求精度的水平非常高。报导了实际获得最佳结果的加工参数和金刚石磨具规格的选择。

仅仅几年前看起来不可能的事情现在已经成事实：今天，在光学玻璃元件的制造中，大约百分之八十的工序正在使用金刚石磨具来完成。这就意味着光学玻璃加工机床的设计与制造必须达到最精确的要求。

“用金刚砂研磨”的旧方法已由金刚石磨具的加工所代替。这种磨具可制成各种形状、技术条件规格和尺寸。因为今天的光学玻璃元件要具有在尺寸公差上不超过微米的精密度，所以现代化的光学玻璃加工机床必须达到精密度水平很高的工作能力。

使用什么类型的磨具？

为了制做球面的、圆柱形的、平面的和圆形的工件表面形状，要求一份工具形状和尺寸的分析目录。

德国DAMA商行的光学机床在这些制造方面有三十多年的经验。由于他们必须能够向他们的顾客提供精确的机器加工技术，所以他们认为在他们所造的机床范围内，不算其它的特殊机床，必须有二十多种光学玻璃加工机床。这些机床经过特殊设计，以使用金刚石磨具来获得最大效率。

想要使用，这些机床可以装上金刚石锯片、空心钻、半径铣头、球面磨削具、辊砂轮或球形磨具。根据具体要求，磨具粘结料可以用青铜、钢或树脂，或者还可以用电镀

的形式。金刚砂粒的尺寸要介于5至300微米之间（大致达到50/70尺寸小的筛孔），金刚石密度在30到60之间。

磨具嵌满金刚石的部分可以同磨具坯件压缩在一起。或者还可以单独地制备，随后再用铜焊接或环氧胶粘剂，或用机械方法固定到工具坯件上。使用现代的金刚石磨具，圆周速度是重要的，能介于15—40米/秒之间。目前，有500多种不同牌号的光学玻璃。每一种玻璃都有一种获得最佳结果的最宜工具运转速度。实际上，没有长期的研究，要确定最佳的工具速度往往是困难的，因为象工件的最初表面状况、供给速度、工件旋转速度和冷却剂成分这样的因素是互相联系的。这些因素都影响着工件磨去速度和达到的最终表面光洁度。

光学公司最新的科学测定明确地证明：对待机床操作者是近乎一名工匠，就是说不保证最佳效果的话，允许他随便地决定所有的机器参数。一般最好把工件旋转速度、供给速度和冷却剂流动速度这些参数保证恒定，但另一方面可小量地改变其它参数来研究它们的效果。

如涉及成本时，可依据总的磨具寿命、工件磨去速度和达到的表面光洁度来评价金刚石磨具效率。虽然用于磨具制造的金刚石磨料受所有订购者严格的质量控制，但是，

使用同样的磨料也能由于粘结料的成分和不同工具制造者所使用的制造方法而引起工具性能的变化。

透镜毛坯使用碗状或者圆盘状嵌入金刚石的工具的铣削或造型是光学工业中进行的主要工序之一。目前，经过精细研磨后，球面、圆柱或平面表面半修琢的元件一般都能用丸片工具磨得很光滑。对这些制造过程中每一道工序都发展了专用机器。

磨削工具和机床

在光学工业中，最普通型的金刚石磨具是球面磨削机或“半径铣磨具”。这种工具用来把圆柱形的毛坯加工成球面表面。图1示出了这种操作形式。用一个碗状的金刚砂轮来研磨固定在底盘上的几块透镜毛坯。这种操作形式的工具圆周速度一般约为20米/秒。毛坯上获得的表面光洁度不仅仅是金刚石砂粒尺寸和粘结料技术条件规格的功能：除非机器本身非常坚固及在操作中自由振动，象图2中示出的FSK400模型那样，不然就得不到好的结果。这台球面磨削机承受直径达400毫米的毛坯，垂直主轴的设计简化了大型透镜或底盘的固定。

曲面磨削工具一般有烧结在钢心上的青铜粘结料嵌满金刚石部分。如同所有的金刚石机器加工操作一样，确保加工区域冷却剂

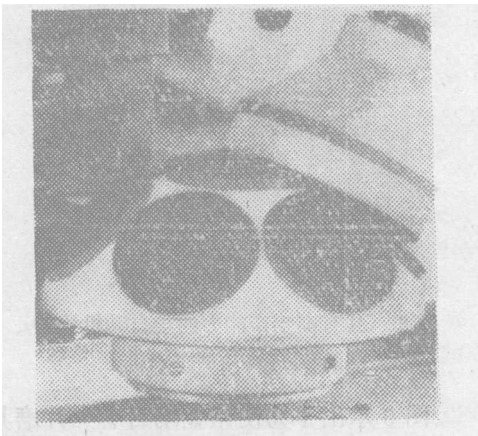


图1 球面磨削金刚石碗状砂轮加工固定在托盘上的若干透镜。



图2 FSK400型球面磨削机床。它有垂直主轴，能容纳直径达400毫米的透镜。

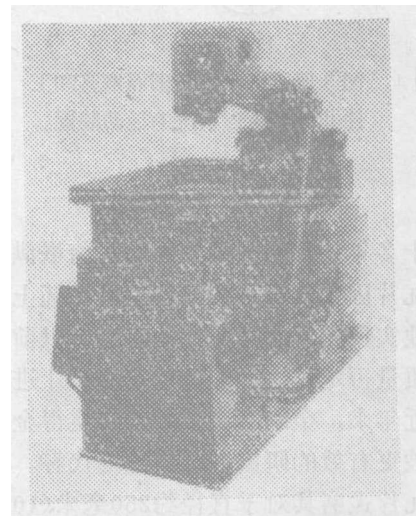


图3 ASG600型非球面磨削机床，它可承受直径达650毫米的平面镜和透镜。

的适当供应是重要的。球面磨削最合适类型的冷却剂是高燃点（最低120℃）低粘度的纯油，或是乳液液。用这样的冷却剂能达到最佳的工件表面光洁度和最长的金刚石磨具寿命。但是对全自动机器用的乳液液还没有介绍。

碗状金刚砂轮中用青铜粘结的金刚石磨

料的砂粒尺寸一般在150和180微米之间（大致80/100尺寸小的筛孔）。这种砂轮广泛地应用到特殊设计的机器上来磨削直径达650毫米的球面镜和透镜（图3）。这里示出的ASG600样机是按照DAMA多靠模加工系统工作。图4示出了用ASG600曲线磨削机磨削球面表面的金刚石磨具和工件的运动装置。

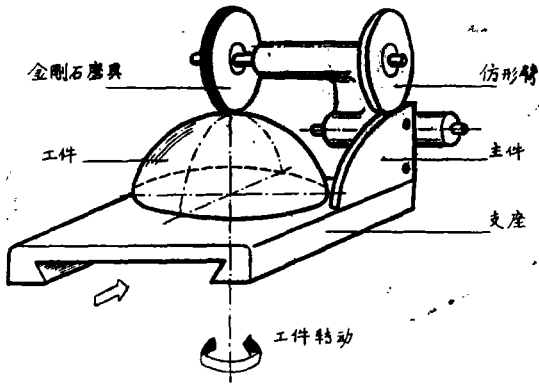


图4 图3所示机床的金刚石磨具和工件非球面仿形系统的运动装置。

丸片盘研磨

十多年前的研究表明，将嵌满金刚石的丸片固定在合适的靠模工具毛坯上能够最佳地实现光学玻璃元件的研磨。以前，丸片的质量否定了这种方法的普遍引进；但是，近年来，金刚石磨具的改善使得金刚砂研磨被更有效的研磨方法广泛地代替。

丸片式磨具对于直径约250毫米（10吋）的工件是无效的，但是除了限制这个尺寸外，再也没有更好更廉价的研磨方法了。用丸片研磨获得的约0.5—1.5微米的表面光洁度不能用任何其它的方法经济地获得。因此有效地缩短了以后用氧化物粉抛光过程所要求的时间。精加工后，立刻能看到干涉条纹（牛顿环），精加工是另一个优点。

微米金刚石粉被用在粘结的磨具中来研磨透镜表面。对于大部分品种的玻璃，青铜采用平均尺寸大约15微米的金刚石颗粒粘

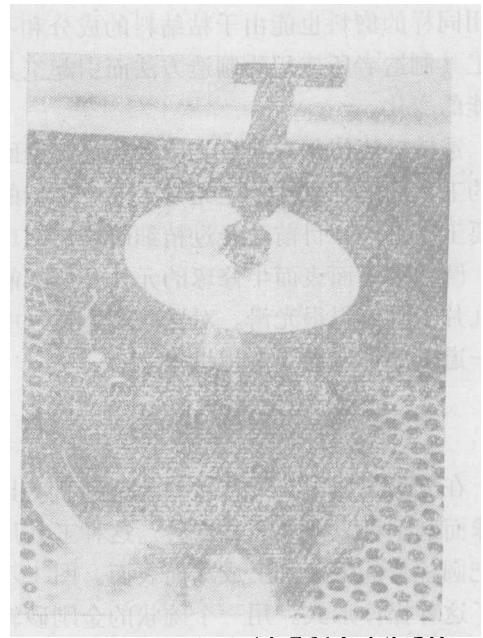


图5 用丸片金刚石磨具研磨玻璃透镜。

结。而树脂粘结磨具，金刚石颗粒尺寸一般约为10微米。

图5示出了典型的透镜研磨操作。磨具旋转和致力于工件底盘元件的振动运动提高了削除效率。



图6 具有高生产能力的半自动机构特点的LM150-2型研磨机。

图6示出了为使用金刚石小丸片磨具经专门发展的LM150-2型细磨机。这台机器的半自动化操作保证了高生产效率。冷却剂

通过主轴和球枢输送到加工面。研磨程序将玻璃表面研磨到足以快速抛光的高度。

成功的研磨要求冷却剂充分的流动。一般冷却剂是温度20℃的水。控制适当,保证冷却剂中没有大的颗粒或杂质能流到玻璃表面并造成损坏。

在制造圆柱形表面的眼镜中用金刚石研磨具效率高。图7示出了使用两个所谓托里

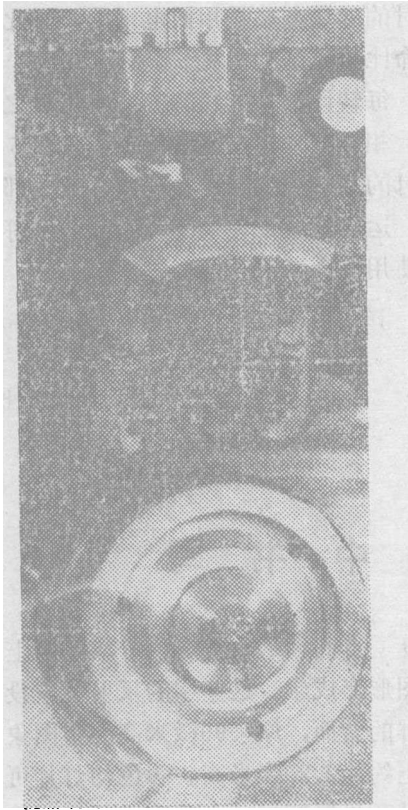


图7 使用九片状金刚石磨具加工固定在“托里环”工件托盘上的透镜。

环的同时机械加工状况。托里环载有若干透镜附在环的周围。通过环的旋转和磨具的振动则完成透镜的表面几何图形。

今后的趋势

参考文献中报导的用精铣磨具的实验还没有成功,其最终目的实际上是用金刚石进行最后的抛光。这种方法并没有达到现代光学制造的要求。

但是就抛光来说,将来可能会更合理化。现在,使用金刚石工具能在很短时间内(往往不到一分钟)完成球面铣磨,并达到比迄今更好的精密度,结果将大大地缩短抛光时间。

使用小于1微米尺寸的细金刚石粉抛光的实验还没有圆满地完成。一般说来,在目前,用这种操作达到成功地步,金刚石成本太高。

使用电镀的金刚石工具在光学玻璃上所做的广泛的实验工作表明,必须进一步改进工具的寿命。所有DAMA球面铣具一般使用青铜粘结剂。而对于预知的将来,可能仍保留这种状况。

最后,应该指出,光学玻璃工业中使用金刚石工具将来可能会更进一步增加,进而降低设备生产成本,以及更大地改善元件精加工的精度。

杜等译自“Optical World”1978.8.