

超精密研磨与抛光技术

超精密研磨与抛光技术是超精密加工技术的一种。超精密加工技术指的是超过或达到本时代精度界限的高精度加工。超精密加工其实是个相对概念,而且随着工艺技术水平普遍提高,不同年代有着不同的划分界限,但并不严格统一的标准。从现在机械加工的工艺水平来看,通常把加工误差小于 $0.01\mu\text{m}$ 、表面粗糙度 Ra 小于 $0.025\mu\text{m}$ 的加工称为超精密加工。超精密加工技术起源于20世纪60年代初期——美国于1962年首先研制成功了超精密加工车床。这一技术是为了适应现代高科技发展需要而兴起的,它综合运用了新发展的机械研究成果及现代电子、计算机和测量等新技术,是一种现代化的机械加工工艺。超精密加工拥有广阔的市场需求。例如,在国防工业中,陀螺仪的加工涉及多项超精密加工技术,因为导弹系统的陀螺仪质量直接影响其命中率——据有关数据,1kg的陀螺转子,其质量中心偏离其对称轴 $0.0005\mu\text{m}$ 就会引起100m的射程误差和50m的轨道误差;在信息产业中,计算机上的芯片、磁盘和磁头,录像机的磁鼓、复印机的感光鼓、光盘和激光头,激光打印机的多面体,喷墨打印机的喷墨头等都要靠超精密加工才能达到产品性能要求:在民用产品中,现代小型、超小型的成像设备,如微型摄像机、针孔照相机等同样依赖于超精密加工技术。

我们所说的超精密加工技术,除了超精密研磨和抛光技术外,还包括超精密磨削、超微细加工、光整加工和精整加工等。这几种超精密加工方法能加工出普通精密加工所无法达到的尺寸精度、形状精度及表面粗糙度。

但是,超精密切削、超精密磨削等的实现在很大程度上依赖于加工设备、加工工具,同时还受加工原理及环境因素的影响和限制,所以,现在如果想从这些方面提高加工精度,那是十分困难的。而超精密研磨和抛光技术由于具有独特加工原理,可以实现纳米级甚至原子级的加工,已成为超精密加工技术中的一个重要部分。所以,超精密研磨与抛光技术如今备受关注。

研磨、抛光是历史最悠久的传统工艺。古代石器、玉器及古铜镜等就是通过研磨、抛光制造出来的。自古至今,研磨抛光一直是精密的加工手段,但很多年来其发展是很缓慢的。直到上世纪五十年代,飞速发展的电子工业才为古老的研磨抛光技术带来新的曙光。

超精密研磨和抛光技术，一般特指选用粒径只有几纳米的研磨**微粉**作为研磨磨料，将其注入研具，用以去除微量的工件材料，以达到一定的几何精度（一般误差在 $0.1\mu\text{m}$ 以下）及表面粗糙度（一般 $Ra \leq 0.01\mu\text{m}$ ）的方法。

其技术目标主要有两类，一是为追求降低表面粗糙度或提高尺寸精度为目标，二是为实现功能材料元件的功能为目标，要求解决与高精度相匹配的表面粗糙度和极小的变质层问题。另外，对于单晶材料的加工，同时还要求平面度、厚度和晶相的定向精度等。对于电子材料的加工，除了要求高形状精度外，还必须达到物理或结晶学的无损伤理想镜面。

随着科学技术的发展，光学、机械、电子等学科交叉的各种系统被制造出来，为保证系统中关键元件的高质量和高性能，人们对加工精度的要求也越来越高。运用超精密研磨和抛光技术不仅可以获得电子、光学、计算机元件的高性能，制造出大规模集成电路的硅片、水晶振子基片等晶体基片，满足特殊材料极小的表面粗糙度、极高的平面度和超平滑的表面的要求，还可达到材料两端面严格平行、表面无变质层等高性能，并且最终达到纳米级或更高的加工精度和无损伤的表面加工质量。正是由于其独特的长处，众多材料的最终加工均采用超精密平面研磨抛光技术。

超精密平面研磨和抛光技术发展到现在，关于研磨方式，研磨原理，以及研磨设备等的研究，已经有重大突破，现在加工精度已经达到亚纳米级甚至纳米级精度，并且针对不同材料不同要求已经开发了很多创新的研磨和抛光方法以及设备工具。但是，不能把超精密研磨和抛光技术看成是一种孤立的加工方法和单纯的工艺问题，在现代化加工中，应该从工程整体的角度来把握问题。要实现超精密平面研磨和抛光，不仅需要超精密的设备和工具，超稳定的环境条件，还需要有经验的工人和熟练的加工技术，只有将各个领域的技术成就集结起来，才有可能实现我们预期的要求。