

花岗石在精密仪器上的应用

彭书志

(中科院长春光学精密机械研究所 长春130022)

摘要 精密和超精密加工技术是机械制造最重要的发展方向之一。本文介绍了花岗石在高精密仪器上的应用情况,对其特点作了详细的介绍,同时对其加工方法及能达到的精度做了概述,同时简介了一种花岗石气浮导轨结构,这对于推广普及花岗石的应用具有一定的积极意义。

关键词 花岗石 精密仪器 气浮导轨

1 前言

精密和超精密加工技术是机械制造业最重要的发展方向之一,已成为衡量一个国家高科技水平的重要标志。一方面尖端技术和国防工业的发展离不开精密和高精密加工技术,当代精密工程,微细工程和纳米技术是现代制造技术的基础。另一方面很多新技术机电产品要提高加工精度,促进整个机械制造业的加工精度和技术水平的提高,使机械产品的质量和性能及可靠性得到大幅度的提高。此项技术是集光、机、电、计算机控制技术、新兴材料等多门学科的综合技术。在材料中,近几年,花岗石由于其自身的特性受到越来越多的重视。采用花岗石等优质石料做精密机械零部件,是精密测量仪器、精密机械发展的一个新的动向。世界上工业发达的国家,如美国、英国、日本、瑞士、西德、意大利、法国、俄国等都广泛地采用了花岗石做为精密机械的构件或量具。

2 花岗石的特性

以泰山产的“泰山青”为例,它的实测力学性能如下:

抗压强度: 262. 2MPa 抗弯强度: 374. 8MPa, 比重: 3. 07, 硬度: 肖氏硬度: 79. 8(相当于 HRC > 55), 为铸铁硬度的2~3倍, 吸水率: 一般在0. 5~0. 7%, 线膨胀系数: $57 \sim 73 \times 10^{-6}$, 为一般金属的1/3~1/4, 弹性模数: 128GPa。

花岗石有以下优点:

(1) 稳定性好。经过亿万年的天然时效处理,内应力早已消除,组织稳定,几乎不会变形,能长期保持稳定的精度。在使用5~6年后仍然不会失去精度,相比之下,铸铁做的工作台一般每年需修研一次。

(2) 加工简便。通过研磨、抛光很容易得到很高的表面粗糙度和精度,不象金属件需要复杂的翻砂、锻造或热处理工艺,因而加工设备简单,加工周期短,加工成品成本低。在表面干净的环境下,耐磨性为常用铸铁件的10倍。

(3) 对温度不敏感。导热系数和热膨胀系数都较小,而其热传导率也仅为一般金属的1/47,即使在没有恒温的环境下也能保持精度。在室内温度缓慢变化的条件下,产生的变形为钢的1/10,为铸铁的1/3。这个特性是花岗石受到广泛使用的重要原因,因为在高精密加工设备中,温度引起的变形导致精度降低所占的比重尤为严重,而温度控制要求越高,采用的设备越庞大,通常采用空调及喷油淋浴法,一是占地大,二是成本高,而花岗石对温度不敏感,对温度要求不严,故可达到较高精度。

(4) 保养简便。不生锈,不需油封,也不需涂任何防锈油脂,能抗一般酸、碱性气体和溶液的浸蚀。表面被划伤或碰撞后,最多掉几粒石渣而已,不产生毛刺,不会变形,故不影响精度。同时较小部分可用特种胶突起粘接,然后通过研磨达到精度。此简便修复工艺可减小最后工序的报废,对于减短加工周期,降低生产成本有重要的意义。

(5) 吸振性好。内阻尼系数比钢大15倍,不传递振动。振动是精密机械和超精密加工中的不利因素。内阻尼系数越大,在外力作用下引起振动的可能性越小。

(6) 不导电,抗磁,不会和金属产生粘和或磁化。

(7) 价格便宜。同样规格尺寸和精度的金属工、量具,其价格要高的多。如作为直角测量基准的花岗石方尺,其精度可比同规格的金属方尺高一倍以上,而其价格却仅为金属的1/2左右。而且由于使用寿命长,不需要每年刮研,可节约大量的维修费用。

(8) 易获得高而稳定的精度。如1000mm×750mm的平台,从毛坯到成品仅用一个月时间就可达到加工精度,平面度可达到 $3\mu\text{m}$,放置两年后再检测平台精度不变。而同样尺寸的其它材料要达到这样的精度至少需要一年到两年的时间。

它的主要缺点为脆性大,不能抗过大的撞击和敲打。但它的应用场合多为精密和超精密,故它的缺点表现的不太突出。

正是由于它的这些优点,它已广泛代替铸铁和钢材制作的精密测量基准零件,如:花岗石的检测平板、直角尺、方尺、V形块、平尺、平行规等。随着超精密加工的发展,它目前已广泛用于高精度量规量块、速控机床、激光测长机、三坐标测量机、图形发生器、印刷线路板的钻孔机、光刻机的工作台和导轨等等,它特别适用于作气浮导轨。

3 花岗石的加工

花岗石的毛坯要加工平面通常在经过改制的大型平面磨床上进行,其加工尺寸可达 $4\text{m} \times 3\text{m} \times 1\text{m}$,平面度加工精度为 $2\mu\text{m}$,更高精度必须通过手工研磨获得,平面度可达到 $0.2\mu\text{m}$,其检测手段有两种:a 借助精度为 $0.5\mu\text{m}$ 的电子水平仪,用位移法可检测直线度,用米制法可检

测平面度,将测的结果经过算法换算,可得到直线度和平面度的具体数值,其特点是:精度不太高,但测量数据可靠,无“0”点漂移问题,特别适合于在线测量与检测;直线度的检测也可通过精度为 $0.1\mu\text{m}$ 的电容测微仪用位移法测量,其表头的示值即为直线度的误差值,但此测量的缺点:由于电感测微仪自身的“0”点漂移较严重,需经过长达24小时的稳定后,其数值才可信,故使得加工与测量间的衔接时间增长。更高精度的加工必须有更高级精度的检测手段,目前常采用HP5528A或HP5529A动态校准仪,它的显示精度为 1nm ,可检测平面度、垂直度、直线度、时基即振动、角位移测量、对角测量等等。动态校准仪的特点:精度特高,但由于其复杂的光学系统,调试,尤其是光具返回光束的光强要保证在80%以上,否则光束被挡住,这对调试者来说调试较难,调试时间较长,调试方法不容易掌握。同时其要求的测量环境较高。

4 超精密加工机床的花岗石气浮导轨机构

超精密加工不仅仅要有超精密的回转运动,而且要有超精密的直线运动。实现直线运动超精密导轨的具体结构有滚动导轨、静压导轨、气垫导轨等形式,与其它形式的导轨相比,花岗石气垫导轨具有摩擦力小、不磨损、运动平稳、精度高、几乎没有热变形等优点,其缺点是刚度和承载小。但由于超精密加工切削力极小,通常为 $0.5\sim 1\text{kgf}$,此缺点表现不突出,故花岗石气浮导轨得到了广泛应用。

如以超精密镜面车削机床为例,其花岗石气浮导轨应用在刀具滑板上。滑板具有一平面导轨和“V”形导轨,如图1所示,设计时不仅要计算气膜刚度,而且要计算气垫块的结构刚性。在加工与装配时,其接触面应精密配研,平面气垫块在装配前应研磨,V形气垫是在装配球面支撑座后,装在滑板下与V形导轨配研。研磨后再将气垫浸渗至气膜厚度设计值。研磨剂采用Perchloroethylene。在设计时应有高灵敏度的压力传感器,当气压低于气垫所需的压力时应自动关机来保护导轨。在设计气源时,必须经过过滤水、油、空气中的大粒度的灰尘,同时应对过滤后空气进行干燥处理和温控处理,以达到精密和超精密加工的要求。

设计的花岗石导轨经HP5529A测量软件检测结果表明,如图2所示,气垫滑板的运动平稳性较其它形式的导轨要明显改善。

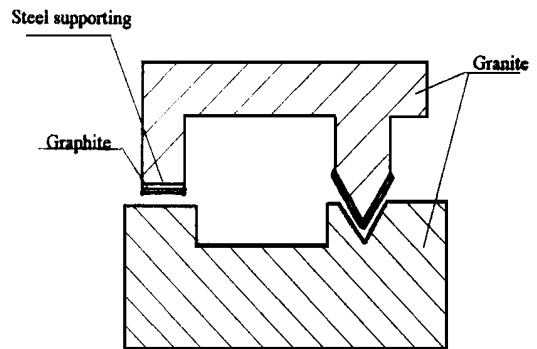


Fig. 1 The guide structure of granite

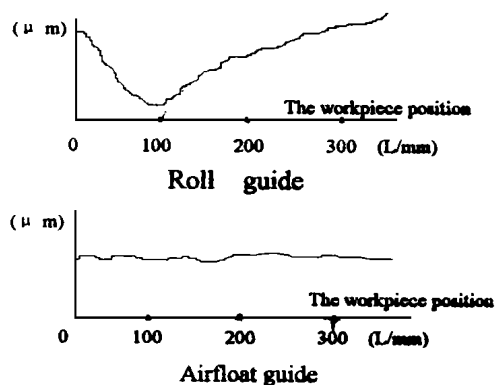


Fig. 2 The movement linear of workpiece slideplate

5 结 束 语

花岗石作为精密和超精密的工、量具和气浮导轨,在我国应用时间不长,但由于其无与伦比的优点在精密和超精密加工领域获得了极大的发展。尽管仍有一些如脆性大等问题需解决,但在没有其它材料能代替它之前,它仍是超精密加工中应用前景较广的材料。它是“石器时代和宇宙时代相结合”的产物,国内外都把花岗石进一步应用在精密和超精密加工领域作为首要任务。相信花岗石将获得更大的发展与应用。

参 考 文 献

- 1 邵星明. 用花岗岩做精密部件. 机床, 1995, (5): 25~27
- 2 郑阔熙. 国外超精密加工机床的气浮导轨结构. 机床, 1993, (7): 3~5

The Appliange of Granite in Fine Apparatus

PENG Shu-Zhi

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

Abstract

Fine and ultraprecision technology are one of the most development trend of machining. This paper describes the appliange of the granite in the high precision apparatus and its characteristics in details. The processing methods, the final finished accuracy and a kind of granite airfloat guides structure are briefly introduced. It will play a positive role for the granite spreading and application.

Key words: Granite, Precision instruments, Airfloat guides

彭书志 男, 1967年生, 1990年硕士毕业于吉林工业大学机械系, 现从事于超精密机械设计与加工。