

超精研抛技术

姜学文 著

国防工业出版社

责任编辑 张仁杰

装帧〔正文〕 郝宝芝

装帧〔封面〕 施志军

超精研拋技術

姜學文 著

國防工業出版社

内 容 简 介

超精研抛技术集研磨、抛光和超精加工的优点于一体,用以解决传统加工方法难以解决的高质量的镜平面加工问题。其加工表面粗糙度可达 $R_a \leq 0.008$ ($\nabla 14b$)。该项技术具有世界先进水平。

书中介绍了超精研抛机理,详细讨论了各运动参数的匹配及其对加工粗糙度的影响,最终给出了最佳研抛区表。据此可设计超精研抛机床。

本书介绍的超精研抛技术,其特点是:较通常的超精加工效率提高15倍左右;研抛头材料为脱脂木材,成本低廉;可用于金属、陶瓷和玻璃等的加工,应用范围较广。

本书适用于镜平面加工的工艺和机床设计人员。

超 精 研 抛 技 术

姜学文 著

责任编辑 张仁杰

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京密云华都印刷厂印装

850×1168 1/32 印张4¹/₄ 106千字

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷 印数:0,001—3080册

ISBN7-118-00077-9/TG6 定价:1.65元

推荐者的话

姜学文同志研制及发明的镜平面超精研抛技术，及据此制造的超精研抛机床，将光整加工中抛光和研磨两种工艺方法的优点综合在一起，并有所发展。此种技术在国内属首创，在国外也未见有公开报道。这一技术的特色是可以在较廉价的机床上用简便的工艺达到 $\nabla 14b$ 那样高的镜面光洁度。与传统的研磨方法相比，效率提高10倍以上，并能获得较好的表面完整性。数年来在生产中应用的经验证明，此种工艺方法应用范围较广，已为各工业部门包括国防工业部门，解决了一些重大的工艺关键，还可以继续发展用于各种大型平面的镜面加工。所以，此一技术具有较大的经济效益和社会效益。

清华大学精密仪器系副教授

朱耀祥

八五年五月二日

姜学文同志发明的“超精研抛工艺与设备”是经过多年的辛勤劳动而取得的重大成果，它是把研磨和抛光两种工艺方法结合起来，取得了高精度和高表面光洁度（ $\nabla 14b$ ）的加工质量，比传统方法提高效率10倍以上，并有显著的经济效益。这项发明在国内是首创，在国外尚未发现有报导。这一成果自一九八二年开始，已陆续在国内许多单位推广使用，均取得了显著成效，不仅解决了许多单位的关键问题，而且有较大的经济效益，并对我国机械工业和国防工业的发展做出了贡献。现在不仅能加工精密线纹尺平面，并能加工大型镜平面；从加工黑色金属材料，而且发

IV

展到加工陶瓷、玻璃、有色金属等材料的高表面光洁度平面，因此有很大的使用价值。

清华大学精密仪器系工艺教研组副教授

王先逵 易锡麟

八五年四月二十七日

前 言

随着科学技术不断的发展，光整和精整加工技术有了很大的发展。

本书介绍一种新运动形式的镜平面超精研抛技术。这是一种高效率、低成本和高质量的镜平面加工方法。

这种超精研抛技术的运动轨迹所形成的网纹非常复杂、均匀而又细密，并且从运动原理上消除了“中间白带”、“大头鱼”、划痕与麻点等各种表面缺陷。超精研抛加工同时具有研磨、抛光和超精加工的特性。与传统的精整和光整加工比较，超精研抛加工方法有运动原理先进、机床结构合理、加工质量高、工步少、生产效率高、操作简单和成本低廉等优点。

国外加工这种高质量的镜平面，一般是采用平面超精加工方法，即使用昂贵的专用油石加工，或采用超精密研磨的方法，又必须是通过多工步的加工来实现的。我们研究成功的超精研抛技术加工这种高质量镜平面，是采用新的先进的旋摆运动加工原理，只需使用一种特制的高效能的超精研抛具就可以达到同样或更高的效果，同时成本非常便宜。

超精研抛加工技术的重要特点之一，是能够极其容易地直接获得高质量的镜平面，因此深受用户欢迎。此外，超精研抛加工的另一个特点是不受工人技术等级和技术熟练程度的影响，工人除装卸工件外，对机床加工不需特殊的照顾，机床本身就能保证加工出高质量的镜平面。例如，某厂过去制造高质量高光洁表面的精密胶带压制模具，完全是依靠高级技工的熟练技巧采用手工研磨方法加工模具的镜平面的，劳动强度很大，而最后加工出来的表面粗糙度只能达到 $R.0.02 \sim 0.04$ ($\nabla 12$)，根本达不到图纸表面粗糙度 $R.0.01$ ($\nabla 14$)的要求。由于制造出来模具表面

VI

的光洁程度不够高,用此模具压制工件时,出现粘模现象,压制不出合格品。该厂自从引进了本书介绍的超精研抛技术后,只要由低等级的普通青工开动机床就可以很容易地达到表面粗糙度 $R_{\text{a}}0.01(\nabla 14a)$ 的技术要求。用这种模具压制的工件件件合格,而且实现了镜平面加工的半自动化,生产工效提高了15倍左右,解决了生产上的关键问题。

超精研抛技术已被公认为是一项操作容易、经济实用的高效高质量加工高级镜平面的先进技术,可以用于加工自动控制气体分析仪的直角电极、磁带涂布机的涂布平板、精密机床和精密仪器的精密金属线纹尺、镜平面的精密模具等。

本书比较系统全面地阐述了超精研抛技术,介绍了超精研抛的机理及其应用,超精研抛运动参数组合规律及其超精研抛区表、最佳超精研抛轨迹运动参数的选择等。

本书可供从事精密机械、精密仪器及机械设计、机械加工的科学研究和工程技术人员、大专院校师生和广大工人参考。

本书得到清华大学精密仪器系梁晋文教授、池去病、朱耀祥、王先逵、易锡麟副教授、中国科技大学研究生部殷涌泉副教授、航空工业部傅信国工程师的指导和帮助,在此表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有缺点和错误,诚恳地希望读者提出宝贵意见和指正。

机械工业部北京机床研究所

姜学文

目 录

第一章 超精研抛概述	(1)
一、超精研抛技术的发展	(1)
二、超精研抛概念	(7)
三、超精研抛运动原理	(11)
四、超精研抛特性	(14)
五、超精研抛加工的特点	(18)
六、超精研抛技术与国内外同类技术的比较	(22)
第二章 超精研抛机理	(25)
第三章 超精研抛轨迹与超精研抛区表	(32)
一、超精研抛轨迹	(32)
二、超精研抛区表的讨论	(38)
三、超精研抛轨迹特征曲线	(76)
四、超精研抛轨迹各点的线速度与方向	(91)
五、超精研抛区表与最佳超精研抛轨迹的选择	(92)
第四章 超精研抛表面粗糙度与精度	(94)
一、超精研抛表面粗糙度	(94)
二、超精研抛加工精度	(101)
第五章 超精研抛工艺	(103)
一、超精研抛具	(103)
二、研抛头材料	(105)
三、研抛头的形状与尺寸	(111)
四、超精研抛头的修整	(112)
五、超精研抛液	(114)
六、超精研抛加工用量	(117)
七、超精研抛注意事项	(121)
第六章 超精研抛运动方案的比较	(123)
参考文献	(126)

第一章 超精研抛概述

一、超精研抛技术的发展

1962年以来，机械工业部机床研究所为填补我国加工精密金属线纹尺的技术空白，寻求新的镜平面加工途径，对超精研抛技术作了大量的试验研究工作。1967年，机床研究所研究出一种超精研抛的旋摆运动，并研制成功了新的旋摆运动机构。这种新的旋摆运动同时具有研磨、抛光与超精加工的特性。运用这种超精研抛原理设计制造成功了半自动双头镜平面超精研抛机床（图1-1）。这种超精研抛机床一问世，就一直连续高效地加工出高

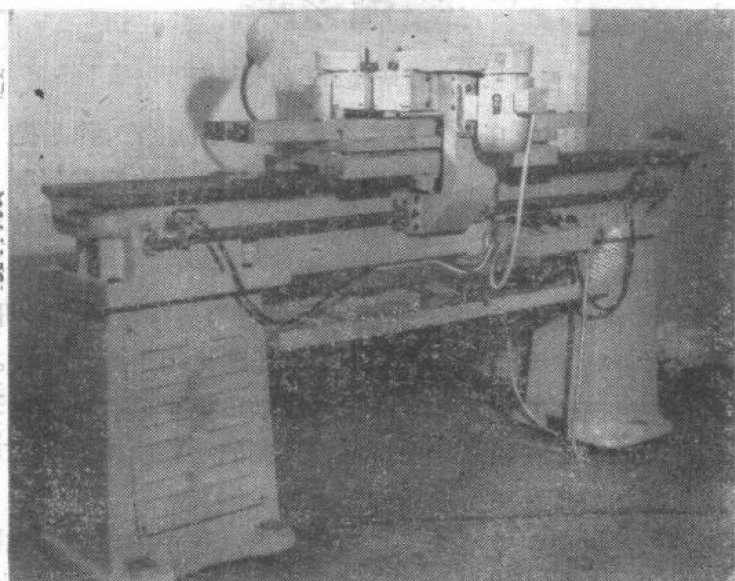


图 1-1 半自动双头镜平面超精研抛机床

质量的镜平面,根除了传统加工的各种表面缺陷,生产达到件件高效优质。超精研抛机床所以产生这种优异效果是必然的,因为这是由超精研抛原理本身所保证的。现在机床研究所已经淘汰了传统的抛光机,全部采用了超精研抛机进行生产,机床研究所用这种研抛机成批制造精密金属线纹尺,获得全尺表面上表面粗糙度为 $R.0.063 \sim 0.008$ (相当 $\nabla 14b$)的高质量镜平面(图1-2)。其生产效率比传统的研磨提高20倍左右。

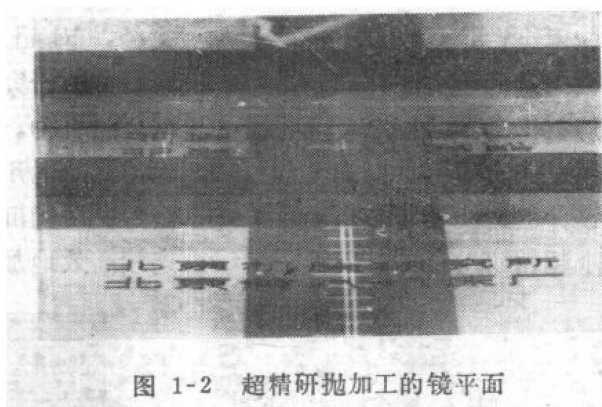


图 1-2 超精研抛加工的镜平面

1969年,机床研究所结合精密金属线纹尺的生产,作了提高超精研抛旋摆机构的加工特性的试验研究,使机床的旋摆频率由原来的 $f=60$ 次/min,提高到 $f=183$ 次/min,使超精研抛效率提高了30~40%。

1972年,机床研究所作了超精研抛具结构与特性的试验研究,提出了超精研抛“壳膜化”理论,并将此理论用于生产实践。结果证明:使用预制的壳膜化超精研抛头加工镜平面,能够显著提高超精研抛质量和研抛效率。使用预制的超精研抛头比使用未经壳膜化的超精研抛头研抛效率提高10~60%。

1977年,机床研究所总结了超精研抛过程中的超精研抛时间对超精研抛机理和超精研抛用于宽幅镜平面加工的可能性理论。

1978年, 该超精研抛技术用于加工某厂压制精密胶带模具的宽幅镜平面, 在 $40 \times 400\text{mm}$ 整个表面上表面粗糙度达 $R.0.008 \sim 0.01$ ($\Delta 14a$)。加工压制精密胶带模具的镜平面超精研抛双头半自动机床见图1-3。

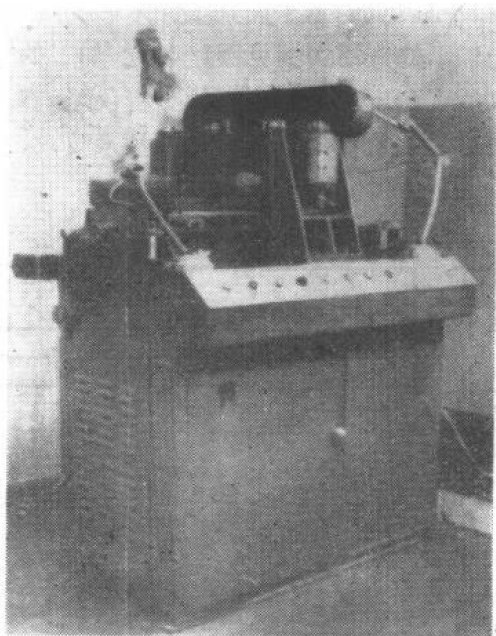
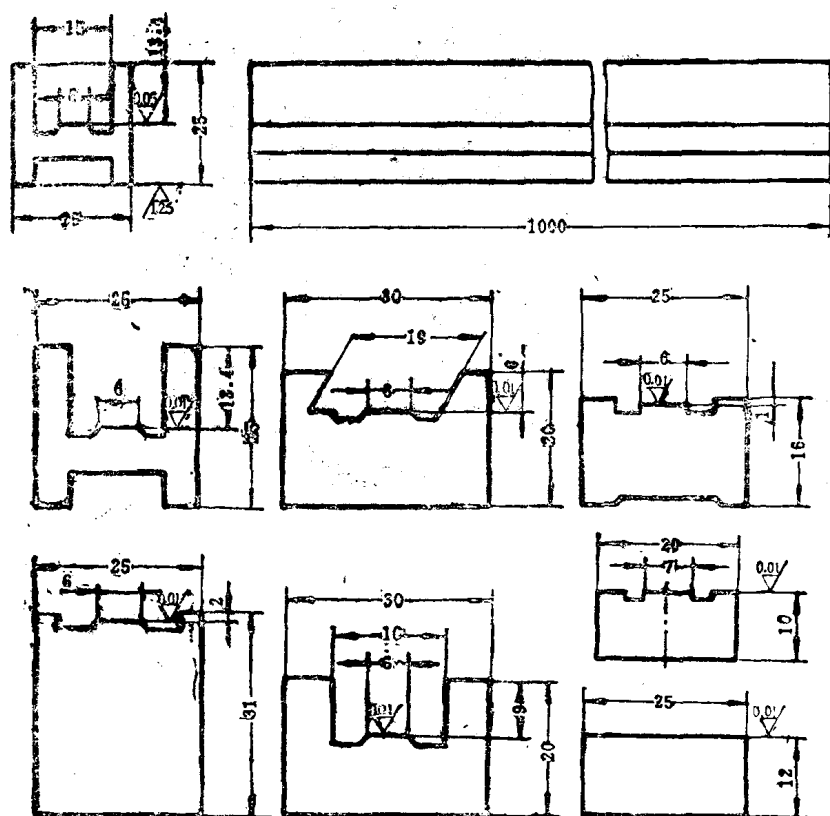


图 1-3 压制精密胶带模具的半自动超精研抛机床

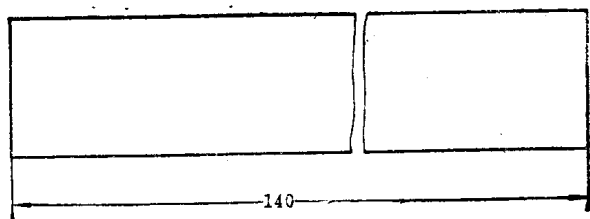
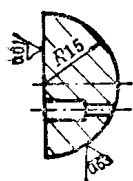
1981年, 机床研究所推导出超精研抛运动方程式, 作了超精研抛运动参数组合规律的研究, 提出了超精研抛区表及最佳超精研抛运动的参数组合。经生产实践证明, 用理论上的超精研抛运动方程式所绘制的超精研抛运动轨迹, 与在生产中使用的超精研抛机床上自动绘制出来的超精研抛运动轨迹完全一致; 超精研抛区表所揭示的最佳超精研抛运动参数组合的轨迹同实际生产用的超精研抛机的最佳超精研抛运动轨迹完全一致, 在定量上发现了超精研抛规律。从而可以直接按超精研抛区表设计具有最佳超精研抛运动轨迹的高质量高效能的超精研抛机床。

近年来，超精研抛技术已扩大应用于各类型胶带的制造及其它各种镜平面的制造中。我们研制的超精研抛旋摆运动机构，至今为止，国外尚未发现有这种运动机构。多年来，超精研抛技术在各工业领域的实际应用已经完全证明了超精研抛技术是一项有效的经济的高表面质量的镜平面加工技术。

超精研抛加工的应用实例见图1-4。从加工的精密零件可知，如气体分析仪的直角电极是精密气体分析仪中直接影响气体变化灵敏度的关键零件，如果制造达不到技术要求，就会使控制气

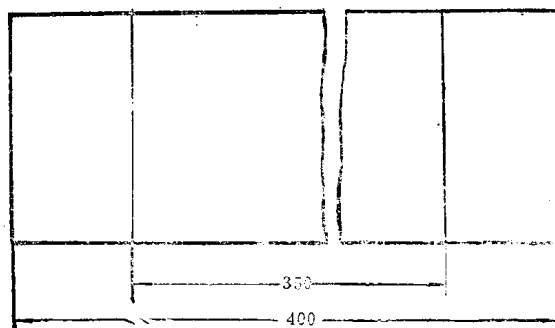
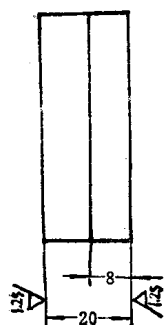


(a) 精密金属线纹尺

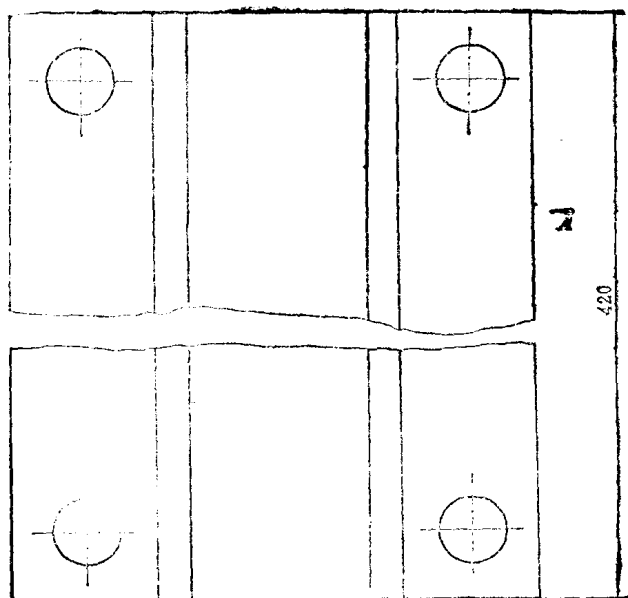


其余 $\sqrt{2}$

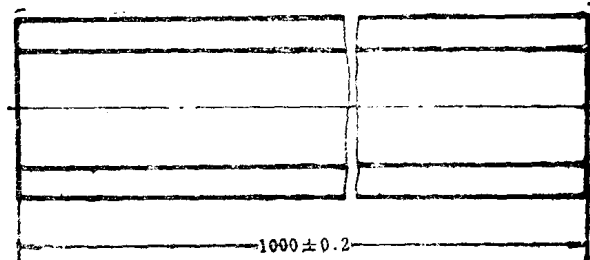
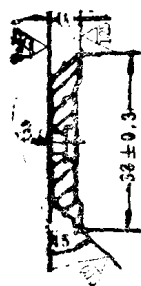
(b) 精密气体分析仪的直角电极



(c) 磁带涂布机的涂布平板



(d) 精密皮带压制模具



(e) 斜面测绘尺

图 1-4 超精研抛技术的应用实例

体变化的动作失灵。目前，这种精密零件采用超精研抛加工是轻而易举的，用其它加工方法是达不到要求的。

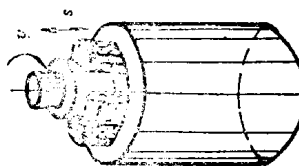
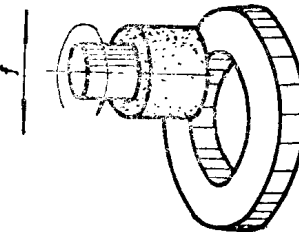
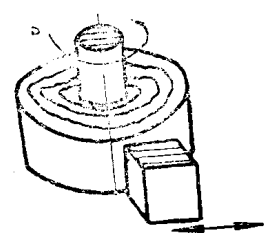
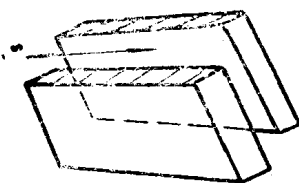
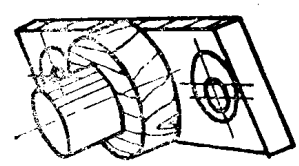
二、超精研抛概念

超精研抛加工方法是一种具有均匀复杂轨迹的光整加工方法。超精研抛加工的运动原理是：磨具在含有自由磨粒的研抛液中，紧压在工件被加工表面上，作高速旋转运动；工件固定安装在工作台上。工作台由两个作同向同步旋转运动的立式偏心轴带动，作纵向直线往复运动（工作台这两种运动的合成运动称为旋摆运动）。磨具的高速旋转运动与旋摆运动合成（相当于磨具在工件表面上，沿着一种旋摆运动轨迹作另一种旋摆运动）了极其复杂、均匀、而又细密的运动轨迹。

超精研抛加工是一种新运动形式的复合光整加工技术。由于超精研抛加工技术同时具有研磨、抛光和超精加工的特点，因此称这种加工方法为“超精研抛”；关于超精研抛的这门科学技术称为“超精研抛技术”。

超精研抛同常用的几种传统精整、光整加工方法的比较见表1-1。

表1-1 超精研抛同常用的几种精整、光整加工方法的比较

加工方法 比较项目	磨	超精加工	抛	研	磨	超精	研抛
简图							
运动原理	珩磨头的磨条面压在工件上, 作旋转与低速往复运动, 在有冷却润滑液条件下作精整加工	超精头的油石面压在旋转的工件上, 作高速微小往复振动, 在大量冷却润滑液条件下作光整加工	柔性抛光具, 以胶或油脂附着磨料, 作高速旋转的一种光整加工 (主要用以得到光滑表面或镜面光泽, 有时也用以消光)	适当形状的研具, 有一定刚性的研具, 以自由磨粒面压在工件表面, 去除微量切屑, 得到高尺寸形状精度和低粗糙度的一种精整加工	高速、低压的旋转研具面压在复合旋摆运动的工件上的一种液中光整、精整加工		

运动轨迹	螺旋线	正弦曲线	直线或近似正弦曲线	往复折线、正弦曲线、周摆线、内摆线、外摆线	由两种宽幅次摆线合成的复合曲线	
速度 (m/min)	圆周速度: 15~30 (钢), >50(铸铁, 有色金属); 往复速度<15~20	圆周速度 0~700	>1200; 一般为 2100~2200	湿研: 20~120; 干研: 10~30	30~70	
主要运动参数	压力 (N/cm ²)	5~30	<10	粗研: <30 精研: 1~5	1~6	
	振幅 (mm)	—	—	—	0.5~6	
频率 (次/min)	—	300~3000	—	—	60~300	
磨具	名称	砂轮头	超精头	抛光轮	研具	超精研抛具
	头部材料	—	—	棉布、木材、皮革、毛毡、沥青、橡胶、塑料	木材、铝、铜、黄铜、青铜、铸铁、钦铜	脱脂木材 细毛毡
磨料	固结方式	固结磨粒	固结磨粒	半固结磨粒	自由磨粒	自由磨粒