

全国工人中级技术考核培训教材

磨工

中国劳动出版社

本书是为了贯彻《工人考核条例》，根据原机械工业部颁发《工人技术等级标准》的应知、应会要求，由劳动部培训司组织编写的全国工人中级技术考核培训教材。

本书内容包括两部分：第一部分为磨工技术基础，主要有磨削新工艺及精密量具，中等复杂零件的磨削，磨床。第二部分为试题及答案。

本书可作晋级考核前的自学和培训教材，也可供其它有关人员参考。

本书由王荣彬、王方、何方旭编写，王荣彬主编，何方旭审稿。

磨 工

劳动部培训司组织编写

责任编辑 王绍林

中国劳动出版社出版

（北京市和平里中街12号）

怀柔县东茨坞印刷厂印刷

新华书店北京所发行

787×1092毫米 32开本 10.875 印张 244 千字

1990年8月北京第1版 1990年8月北京第1次印刷

印数：5000册

ISBN 7-5045-0563-3/TG·057 定价：3.95元

前 言

为了适应工人岗位培训和贯彻《工人考核条例》，建立工人培训、考核、使用相结合的制度，推动职业技术培训，提高工人队伍素质的需要，我们组织编写了这套《全国工人中级技术考核培训教材》。首批编写出版的有车工、钳工、铣工、刨工、磨工、气焊工、电焊工、热处理工、化铁工、维修电工等十种教材。以后将陆续编写出版其他工种教材。

《全国工人中级技术考核培训教材》，在内容编排上突破了文化课、技术基础课、专门工艺学的模式。从工人岗位生产技术的实际出发，内容少而精，文字通俗易懂，图文并茂，理论联系实际，突出操作技能训练。全书分两部分，第一部分着重阐明本工种中级技术的生产工艺、设备调整与维修等操作技能和技术理论知识及新技术、新工艺、新设备的有关知识。第二部分内容汇集了本工种的数百例试题与答案。因此，这套教材紧密结合在职工人岗位培训需要，可供组织升级考核复习和学员练习使用，也可供有关行业的人员自学使用。

在编写这套教材过程中，得到辽宁省劳动局、沈阳工业学院、沈阳第一机床厂等单位的大力支持，在此深表谢意！

参加本套书编写组织工作的人员有：王佐明、胡呈祥、魏学良、吴景彦、王福山、金文魁、张荣恒、牛忠祥、王耀恩、赵景藩、邹孝慈、李宝忠、吴阳、赵容、李全治。

编写全国工人技术考核培训教材仅仅是初次尝试，由于

经验和水平有限，不足之处在所难免，恳切欢迎各单位和个人提出宝贵意见和建议。

劳动部培训司

1989年12月

目 录

第一部分 磨工技术基础

第一章 磨削新工艺及精密量具	(1)
§ 1—1 磨削新工艺	(1)
§ 1—2 特种材料的磨削方法	(12)
§ 1—3 精密量具	(29)
第二章 中等复杂零件的磨削	(42)
§ 2—1 成型磨削	(42)
§ 2—2 细长轴的磨削	(58)
§ 2—3 偏心轴的磨削	(62)
§ 2—4 薄壁、薄片零件的磨削	(68)
§ 2—5 花键的磨削	(73)
§ 2—6 螺纹磨削	(80)
§ 2—7 刀具的刃磨	(86)
§ 2—8 典型零件的工艺分析	(115)
第三章 磨床	(129)
§ 3—1 液压传动的基本原理	(129)
§ 3—2 M1432A型万能外圆磨床的结构、原 理和调整方法	(146)
§ 3—3 磨床的加工精度	(177)
§ 3—4 磨床几何精度检验	(191)
§ 3—5 磨床常见故障及其排除方法	(197)

第二部分 试题与答案

试题	(206)
答案	(252)
附录	(335)

第一部分 磨工技术基础

第一章 磨削新工艺及精密量具

§ 1-1 磨削新工艺

一、超精密磨削与镜面磨削

1. 概念

(1) 超精密磨削 工件表面粗糙度为 $R_{\text{a}}0.025 \sim 0.012$ 的磨削称为超精密磨削。

(2) 镜面磨削 工件表面粗糙度为 $R_{\text{a}}0.01$ 的磨削称为镜面磨削。

2. 超精密磨削与镜面磨削对砂轮的要求

(1) 高表面粗糙度的形成 在一般磨削中，磨粒的形状及其在砂轮中的位置都是很不规则的，因而在磨削过程中各个磨粒的切削情况不完全相同，棱角较锋利的则能从工件表面切下一定厚度的金属，如果磨粒棱角比较钝，则只能在工件表面刻划出凹痕。同时，在磨削过程中，砂轮表面的磨粒数目极多，砂轮的圆周速度又比工件的圆周速度高很多，因此在工件表面上的任意一块小面积上，均受到很多磨粒的切削与刻划，使工件表面形成光滑的表面。高表面粗糙度的形成，与一般磨削有相似之处，也有自身的特点。

1) 微刃和微刃等高性 高表面粗糙度磨削时，必须用

较小的走刀量 s 和切削深度 t ，精细修整砂轮，使磨粒产生较细微的破碎。由于这种较细微的破碎，使每一颗磨粒均产生了许多形状不同细微的切削刃，此刃称为微刃。

为了获得高表面粗糙度的表面，不仅要有许多微刃，而且要求微刃在砂轮表面上呈现等高分布，即分布在砂轮表层同一深度的微刃数要多，即微刃等高性。如果砂轮具有许多微刃，但微刃等高性不好，也不能获得高的表面粗糙度。

2) 高表面粗糙度的形成 高表面粗糙度磨削时，砂轮经选择和精细修整，使砂轮表面产生很多等高性好的微刃。参加磨削的不是磨粒而是微刃，参加切削的切刃面积大于砂轮表面积的10%以上，则参加切削和刻划作用的微刃很多。

在磨削过程中，开始进入磨削时，微刃的切削作用很强，经过几次行程后（即光磨），锋利的微刃逐渐被磨损，微刃的切削作用降低，摩擦和抛光作用加强。这种半钝状态的微刃，在工件表面滑动摩擦，一方面可把工件表面辗平，另一方面也可产生滑移挤压作用使工件表面凸起的金属去除，使工件表面变得光洁，即获得高的表面粗糙度。

（2）超精密磨削和镜面磨削对砂轮的要求

1) 磨料的选择 在磨削中，刚玉砂轮用于抗拉强度高的材料，如各种碳钢、合金钢；碳化硅砂轮用于抗拉强度低的材料，如铸铁、黄铜和铝。但这个规律不适用于超精密磨削和镜面磨削。

超精密磨削和镜面磨削用的磨料，不是根据工件材料进行选配，而是选择能获得等高性好的微刃磨料。

对钢料和铸铁零件进行超精密磨削和镜面磨削时，均宜选用刚玉砂轮。在几种刚玉磨料中，单晶刚玉和铬刚玉为最佳，单晶刚玉和铬刚玉为磨料的砂轮，即使在较大的修整用

量下，只能产生微细的破碎，因而能保证砂轮的微刃性和微刃等高性。

2) 硬度的选择 在磨削中，一般规律是磨削软材料时，选择较硬的砂轮；磨削硬材料时，选择较软的砂轮。

超精密磨削和镜面磨削是一种磨削用量很小的磨削加工，从工件表面去掉的金属很少，磨削力也很小。因此，砂轮表面的磨损基本上只在磨粒顶端，而不会使整个磨粒脱落。所以，选择中软硬度砂轮为好。

超精密磨削一般选用硬度等级为 $R_3 \sim 7R_2$ 。

镜面磨削一般选用硬度等级为 CR 。

3) 粒度的选择 砂轮粒度对磨削的表面粗糙度和磨削效率有很大的影响。在一般磨削中，通常认为，磨粒越细，加工工件的表面粗糙度值越小。在一般磨削中，磨粒起切削作用，而不是通过微刃起切削作用，因此，磨粒越细，参加切削的磨粒就越多，加工出的工件表面粗糙度值就越小。

在超精密磨削和镜面磨削中，是通过微刃起切削作用。选用 $60^\circ \sim 80^\circ$ 粒度的砂轮，经过精细修整后，采用微量切削，表面粗糙度可达到 $R_{a0.01} \sim 0.025$ 。如果选用 240° 粒度的砂轮，经过精细修整和采用微量磨削，加工效果与 $60^\circ \sim 80^\circ$ 砂轮所获得的工件表面粗糙度差异不大，这是因为它们都不是磨粒起切削作用，而是通过磨粒的微刃起切削作用的缘故。因此在超精密磨削和镜面磨削时，磨粒不必选得很细。

在超精密磨削时，表面粗糙度的值为 $R_{a0.025}$ 时，可选用 $60^\circ \sim 280^\circ$ 粒度砂轮。表面粗糙度值为 $R_{a0.012}$ 时，可选用粒度 $W20$ 的砂轮。

在镜面磨削时，选用粒度在 $W20$ 以下，同时加入石墨作填料的砂轮。石墨可增强抛光作用，表面粗糙度可达到 $R_{a0.005}$ 。

0.01。

4) 结合剂的选择 超精密磨削时, 一般采用陶瓷结合剂(A)来制做砂轮; 在镜面磨削时, 为了保证砂轮具有适当的弹性和抛光作用, 宜选用树脂结合剂(S)来制做砂轮。

5) 组织的选择 对于超精密磨削和镜面磨削来说, 选用的砂轮组织要致密均匀。因为在磨削时, 从工件表面去掉的金属很少, 所以要求砂轮表面的微刃有良好的保持性, 这样才能使砂轮对工件的摩擦抛光作用和微刃切削作用更能充分的发挥。

3. 超精密磨削和镜面磨削对机床的要求

(1) 砂轮主轴具有较高的旋转精度 砂轮主轴旋转精度是指主轴跳动的大小, 它直接影响工件的表面粗糙度和精度。因此, 在超精密磨削和镜面磨削时, 必须保证砂轮主轴有较高的旋转精度。通常采用下面三项措施:

1) 合理的轴承结构 常用的轴承有短、长三块瓦油膜轴承、整体多油楔式滑动轴承和静压轴承。以上几种轴均能满足超精密磨削和镜面磨削的要求。

静压轴承的优点是旋转精度高, 旋转精度可达0.3微米, 但刚性较差。滑动轴承: 合理调整间隙, 间隙调整在0.01~0.015之间, 精密外圆磨床的砂轮主轴的旋转精度可达0.002毫米, 高精度外圆磨床的砂轮主轴的旋转精度可达0.001毫米, 而且这种轴承刚性好。

2) 提高主轴制造精度

3) 注意装配时清洁度

(2) 工作台低速运动时无爬行现象 磨床工作台在作微量周期进给或低速连续运动时, 常产生运动速度不均匀的

现象（俗称爬行），严重时出现抖动或大距离的跳动。工作台爬行时影响工件的精度和表面粗糙度，特别是在进行超精密磨削和镜面磨削时，影响更大，在工件表面产生螺旋纹和波纹。

产生爬行的原因是传动系统刚性差、导轨面上的摩擦阻力大和摩擦力变化大。

（3）砂轮架相对工作台的振幅小于0.001毫米。

（4）横进给机构灵敏度和重复精度要求高，误差＜0.002毫米；刻度值达到0.0025毫米。

（5）切削液一般可选用纸质过滤或涡旋分离器

（6）头、尾架的系统刚性好

4. 超精密磨削及镜面磨削的磨削用量选择

（1）砂轮圆周速度的选择 在超精密磨削及镜面磨削时，砂轮通过修整，在砂轮工作面上形成等高性好的微刃，使单位时间内参加切削的微刃数大大增加。砂轮速度 v_s 增高时，砂轮的切削能力提高，但 v_s 高时，磨削热增大，容易使工件产生烧伤。此外当 v_s 高时，机床振动较大，在工件上容易产生振纹和多角形缺陷。因此，为了保证工件质量，在超精密磨削和镜面磨削时应采用较低的砂轮圆周速度，一般采用15~20米/秒（m/s）的圆周速度。

（2）工件圆周速度的选择 在超精密磨削或镜面磨削时，工件圆周速度在一定范围内对工件表面粗糙度无明显影响，但对工件产生多角形缺陷和烧伤有一定影响。当工件的圆周速度过大时，工件容易产生振动，产生多角形缺陷。当工件转速过低时，工件表面可产生烧伤，并可能出现螺旋纹等缺陷。因此，选择工件圆周速度时应根据加工情况来确定。在超精密磨削和镜面磨削时，一般可采用速比（工件表

面的圆周速度与砂轮的圆周速度比 $q = \frac{\text{砂轮线速度}}{\text{工件进给速度}}$ 来选

表1-1 外圆超精密磨削及镜面磨削工艺参数

工艺参数	超 精 密 磨 削	镜 面 磨 削
砂轮粒度	80 ^μ ~W20	W20以下
砂轮圆周速度 m/s(米/秒)	15~20	15~20
修整时横进给量 mm/单行程	0.002~0.003	0.002~0.003
修整工具	单颗粒金刚石、金刚石 片状修整器(锋利)	锋利单颗 粒金刚石
修整时横进给次数 次/单行程	2~4	2~4
修整时导程 mm/r (毫米/转)	0.01~0.02	0.008~0.012
光磨次数 次/单行程	1	1
工件圆周速度 m/min (米/分)	10~15	<10
磨削时工作台速度 mm/min (毫米/分)	50~150	50~100
磨削时横进给次数 次/单行程	2~3	3~4 ^①
光磨次数 次/单行程	4~8	20~30

注：① 镜面磨削时一次进给后，如果磨削压力稳定，可以不再进给。

择，在镜面磨削时宜取较大的速比。

超精密磨削和镜面磨削的其它工艺参数可参照表1-1。

5. 超精密磨削实例

镜面磨削高精度磨床砂轮主轴（图1-1）。高精度磨床砂轮主轴精度要求高，表面粗糙度 $R_a 0.025$ ，零件材料为38CrMoAlA，氮化处理后的硬度HV774以上，所以应当选用高精度外圆磨床MG1432进行磨削加工。磨削步骤如下：

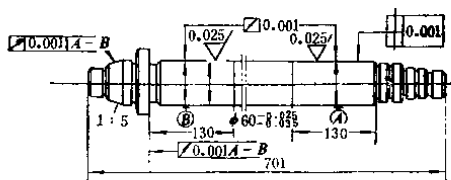


图 1-1 砂轮主轴

(1) 研磨主轴两端中心孔，表面粗糙度 $R_a 0.8$ 用涂色检验，接触面积不小于60%。

(2) 选用GB60*ZR₁AP砂轮，砂轮圆周速度20米/秒，工件圆周速度10米/分，横进给量0.03毫米/单行程，工作台移动速度100毫米/分。

(3) 粗磨各外圆，留精磨余量0.1毫米。

(4) 粗磨1:5圆锥。

(5) 去应力定性处理。

(6) 氮化处理硬度HV 774以上，氮化层深度0.3毫

米。氮化后磁力探伤。

(7) 研磨中心孔, 表面粗糙度 $R_a 0.4$, 接触面积不小于 80%。

(8) 半精磨外圆, 留精磨余量 0.02 毫米。两 $\phi 60 \begin{smallmatrix} -0.025 \\ -0.035 \end{smallmatrix}$ 轴颈的圆跳动量不大于 0.005 毫米。

(9) 半精磨 1:5 圆锥。

(10) 磨螺纹 (在螺纹磨床上进行, 此处从略)。

(11) 精磨外圆, 横进给量 0.003 毫米/单行程。轴颈尺寸达公差上限。

(12) 精磨 1:5 圆锥。

(13) 超精磨 $\phi 60$ 轴颈外圆:

1) 选用 GGW20ZR₁AP 砂轮。

2) 超精磨前必须精修砂轮, 工艺参数如下:

① 砂轮圆周速度 20 米/秒。

② 工作台速度 20 毫米/分。

③ 横进给量 0.002 毫米/单行程。

④ 横进给次数 (砂轮修圆为止) 一般 2~4 次/单行程。

程。

⑤ 光修整次数 1~2 次/单行程。

3) 超精密磨削用量, 工艺参数如下:

① 砂轮圆周速度 20 米/秒。

② 工件圆周速度 10 米/分。

③ 工作台速度 100 毫米/分。

④ 横进给量 0.001 毫米/单行程。

⑤ 横进给次数, 一般 3~4 次/单行程。

⑥ 无火花光磨次数为 4~8 次/单行程。

按照上述方法进行磨削加工，可以达到高精度磨床主轴的技术要求。

二、高速磨削

1. 高速磨削

一般说砂轮圆周速度高于45米/秒 (m/s) 的磨削，称为高速磨削。

2. 高速磨削的特点

(1) 提高生产率 砂轮圆周速度提高后，单位时间进入磨削的磨粒数目成比例地增加，使磨屑厚度变薄。如果保持每颗磨粒切去的磨屑厚度与普通磨削一样，则进给量可以成比例增加，磨削时间可以相应缩短，生产效率显著提高。

(2) 提高砂轮耐用度 砂轮圆周速度提高后，随着磨屑厚度的减少，每颗磨粒所承受的切削负荷减小。这样每颗磨粒的切削能力可相对提高，从而可以减小修整砂轮次数，提高砂轮耐用度。

(3) 提高工件的加工精度和减小表面粗糙度 由于每颗磨粒的切屑变薄，使工件表面残留面积减小，表面粗糙度一般可以相应减小。另外，作用在工件上的磨削力也相应减小，故可以提高工件的加工精度。

3. 高速磨削对砂轮的要求

(1) 砂轮强度高 作用在砂轮上的离心力与砂轮速度平方成正比，随着砂轮圆周速度的提高，作用在它上面的离心力也增加，因此必须增加砂轮强度，以防砂轮碎裂，是实现高速磨削的重要条件。所以高速磨削用砂轮一般在陶瓷结合剂中加入适量氧化物（如硼等），以提高砂轮强度。

(2) 砂轮粒度细 高速磨削时，虽然进给量较大，但砂轮粒度要选得细一些。因为细粒度砂轮，工作表面的磨粒

数目多，每颗磨粒的平均切削负荷可减小，一般为 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。

4. 高速磨削对机床的要求

(1) 加大砂轮电动机功率 砂轮电动机功率一般要加大75~100%；

(2) 保证砂轮主轴正常运转 由于砂轮主轴转速的提高，主轴表面与轴承间的摩擦热增加，温升高，致使主轴容易“抱轴”。为此，应适当增大砂轮主轴与轴承的间隙，一般为0.04~0.05毫米。同时应选用粘度小的润滑油(常用2[#]~3[#]专用主轴油)。

(3) 机床减少振动提高机床刚性 采取一些消除振动的措施，减小砂轮高速旋转时的振动。

(4) 改进砂轮防护罩 为防止砂轮在高速旋转时破裂而造成事故，必须加厚砂轮防护罩，并减小防护罩的开口角度。

(5) 采用特殊的喷嘴并增加切削液的供应 高速磨削

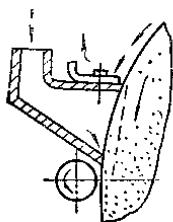


图 1-2 切削液喷嘴 喷嘴上有一块横板紧贴砂轮圆周，使强大的气流沿板上面流出，避免气流进入磨削区域，两侧的挡板可防止切削液飞溅。

三、强力磨削

1. 强力磨削

强力磨削是继高速磨削之后发展起来的一种新型高效率磨削工艺。强力磨削采用较大的磨削深度（一次磨削深度可达6毫米以上）和缓速进给的磨削方法。在机床运动形式上，这种磨削方式又类似于传统的铣削工艺，所不同的是砂轮代替铣刀，所以又称铣磨法。强力磨削主要是通过增大砂轮的磨削深度和降低工作台纵向进给速度的方法来实现的，所以，强力磨削又称缓进深切磨削。

2. 强力磨削的特点

（1）磨削深度较大 强力磨削的磨削深度一次可达6毫米。由于磨削深度大，砂轮瞬间参加磨削的磨粒数大大增加，可充分发挥砂轮和机床的潜力，所以磨削效率高。

（2）切入工件的速度慢 强力磨削时工作台纵向行程速度为20~300毫米/分，由于砂轮切入工件的速度较缓慢，则减少了对砂轮的冲击，可较长时间保持砂轮的轮廓形状，提高了砂轮的耐用度。同时，由于切入工件的速度慢，磨削时不易产生振动，工件表面的波纹度小。

（3）磨削热较大 强力磨削时磨削力大，磨削热高。为了减少磨削热，除要求切削液供应充分外，还应选用硬度低、粒度粗、组织疏松的大气孔砂轮。

（4）适宜加工各种成型面和沟槽 特别适宜磨削某些难加工材料（如高镍耐热合金）的各种成型表面。

3. 强力磨削对机床的要求

（1）增大机床功率，机床功率一般应在20千瓦以上。

（2）工作台纵向进给速度应在20~300毫米/分内无爬行现象，并有快速返程装置。

（3）切削液供应充分，切削液压力应在0.3~0.8兆帕，