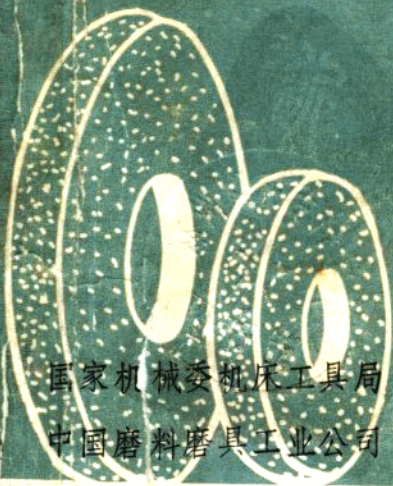


磨料磨具行业技工培训教材

# 陶瓷磨具制造

中 级 本



国家机械委机床工具局  
中国磨料磨具工业公司

# 工艺学

陶瓷,



042791

学

中级本

# 前 言

随着磨料磨具工业生产技术的日益发展，对操作工人的政治、文化、技术水平提出更高的要求，尤其在生产第一线，迫切需要建立和保持一支以中级技工为主体的技术工人队伍，提高产品质量，降低物质消耗，加强企业生产的适应能力。

根据中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》和机械部（86）教函字199号文件，关于“七五”开展工人中级技术培训的目标要求，中国磨料磨具工业公司成立教材编审组，组织磨料磨具磨削研究所、第一、二、三、四、五、六、七砂轮厂有经验的工程技术人员，在编写磨料磨具工人初级技术理论培训教材的基础上又编写出一套磨料磨具工人中级技术理论培训教材。包括《刚玉冶炼工艺学》、《碳化硅冶炼工艺学》、《磨料制粒工艺学》、《陶瓷磨具制造工艺学》、《超硬材料合成工艺学》、《超硬材料提纯、分选工艺学》、《硅碳棒成型、素烧工艺学》、《硅碳棒烧成工艺学》和《磨削技术基础》全书共九本，计一百七十万字。

这套中级技工培训教材，是根据磨料磨具行业《工人中级技术理论教学计划、教学大纲》的目标要求编写的。在初级技工培训的基础上，根据提高操作技能的需要，全书分工种以工艺技术理论为主，侧重应用，深入浅出，主要适用于工人中级技术培训对象，包括：经过统考合格达到初级技

术水平的初级工人和工资等级虽属中级工而应知应会尚未达到中级技术水平的中级技术工人，也可作为行业技术学校、职工业校、职业中学或其它岗位职工教育学习参考书。企业培训时，应按行业中级技术理论教学计划、教学大纲要求进行安排。理论教学应以工种工艺学为主，并学习必修的《磨削技术》基础理论、相应的文化知识以及《机械工业班组长培训教材》等科目。理论联系实际，培养解决生产实际问题的能力，以期收到切实效果。关于树脂磨具、金刚石磨具、涂附磨具和橡胶磨具等专业的中级技术理论培训，企业可根据教学计划、大纲要求，暂时采用《磨料磨具制造》丛书中有部分进行适当精选和补充。

本书《陶瓷磨具制造工艺学》，由第四砂轮厂刘炳基副总工程师主编负责撰写。磨料磨具磨削研究所马福全高级工程师审订了全书；伍乃训高级工程师对该书的编写提出过参考意见。对该书付出过辛勤劳动取得的编审成果及中磨公司人才开发部在编辑、出版、发行工作上的成就，谨向他们致以诚挚地敬意和感谢。这些显著成绩的取得，与部局的正确指导以及第四砂轮厂、三磨研究所领导同志、总师室、技术、教育等部门负责同志的热情关注和大力支持分不开的。这里一并表示诚恳的谢意。

由于我们水平有限，缺乏经验，书中难免有错误和不妥之处，在培训中，敬希工程技术教师、学员和教育工作者随时予以更正和补充，并希与中磨公司人才开发部及时联系，提出宝贵意见，以便再版订正，充实完善。

中国磨料磨具工业公司

一九八七年二月

# 目 录

## 第一章 概论

- § 1.1 磨具工业概述····· ( 1 )
- § 1.2 磨具的分类····· ( 3 )
- § 1.3 陶瓷磨具的主要性能····· ( 7 )

## 第二章 原材料

- § 2.1 磨料····· ( 24 )
- § 2.2 结合剂原材料····· ( 36 )
- § 2.3 粘结、湿润剂原料····· ( 47 )
- § 2.4 成孔材料····· ( 51 )

## 第三章 结合剂配制

- § 3.1 陶瓷结合剂的种类····· ( 53 )
- § 3.2 陶瓷结合剂主要性能及要求····· ( 57 )
- § 3.3 结合剂配比的选择····· ( 75 )
- § 3.4 原材料加工和结合剂混制····· ( 83 )

## 第四章 配方制订与成型料混制

- § 4.1 配方中各参数的确定····· ( 92 )
- § 4.2 磨具配方的制订····· ( 101 )

|       |        |         |
|-------|--------|---------|
| § 4.3 | 成型料的配制 | ( 113 ) |
|-------|--------|---------|

## 第五章 成型

|       |               |         |
|-------|---------------|---------|
| § 5.1 | 压制成型的工艺原理     | ( 126 ) |
| § 5.2 | 机压成型设备及模具     | ( 133 ) |
| § 5.3 | 压机成型工艺        | ( 157 ) |
| § 5.4 | 等静压成型         | ( 171 ) |
| § 5.5 | 压制成型废品类型及预防措施 | ( 173 ) |
| § 5.6 | 水浇注成型         | ( 180 ) |
| § 5.7 | 热腊注成型         | ( 188 ) |

## 第六章 干燥

|       |         |
|-------|---------|
| § 6.1 | 干燥机理    |
| § 6.2 | 干燥方法和设备 |
| § 6.3 | 干燥工艺    |
| § 6.4 | 磨具半成品整形 |

## 第七章 烧成

|       |                |
|-------|----------------|
| § 7.1 | 烧成窑炉           |
| § 7.2 | 燃料燃烧           |
| § 7.3 | 磨具烧成过程中的物理化学变化 |
| § 7.4 | 制品装窑           |
| § 7.5 | 烧成工艺及操作技术      |
| § 7.6 | 烧成过程的废品及原因分析   |
| § 7.7 | 烧成过程的检查        |

## 第八章 机械加工

§ 8·1 机械加工的设备及工具

§ 8·2 机械加工工艺

## 第九章 成品技术标准及检查方法

§ 9·1 几何形状及尺寸的检查

§ 9·2 外观缺陷的检查

§ 9·3 砂轮平衡度的检查

§ 9·4 砂轮强度的检查

§ 9·5 组织号的检查

## 第十章 磨具使用知识

§ 10·1 磨削概念

§ 10·2 磨具的选择

§ 10·3 砂轮的修正

§ 10·4 磨削用量

§ 10·5 安全使用知识

# 第一章 概 论

## § 1·1 磨具工业概述

磨具是一种磨削工具，用于加工各种金属与非金属材料。磨具的发展历史可以追溯到远古的石器时代。即人类刚接近人猿，开始进入文明时期，就知道利用天然的石头来磨削装饰用的动物骨和角、箭头及其它刀器等，也就是说，远在五千年前，人类就已经开始使用磨具；但那仅仅是天然的石头。经过很长的时期，仍然局限于利用石头之类的天然材料进行某些抛光和刃磨作业，直到十九世纪中叶（1859年）才出现了简单的磨削机器，并随之产生了用烧结方法将天然磨料制成的人造磨具。同时由于资本主义国家发生了产业革命，使机器生产代替了手工作业，继车床、钻床、刨床和铣床出现以后，于1864年出现了第一台可加工淬火钢材的外圆磨床，这时磨具才正式跨入工业的行列。

美国在1823年就已有一个天然油石制造厂，1885年正式建立用天然磨料生产陶瓷磨具的企业；英国于1872年开始生产磨具；德国于1871年开始制造磨具；日本于1914年才创立第一个砂轮制造厂；苏联1931年才开始有了第一个砂轮厂；其他国家则都是在获得解放和独立后才开始发展起自己的磨具工业。所以说，磨具工业至今只有一百年的历史，对于一般国家来说，它的历史还要短，但磨具工业的发展却是



迅速的。目前，磨具已经成为各行各业不可缺少的一种工具。

我国在解放前，只有苏家屯一家年产量为200吨左右的砂轮作坊，解放后获得迅速发展，不仅满足了国内的需要，而且还可以出口一部分。目前全国拥有一定规模的砂轮厂80余个，磨具总产量已经达到83,000吨左右，磨具的品种，质量也都具有相当的水平。在实现四化的进程中，磨具工业定将更加迅速的发展，赶上或超过世界先进水平，适应整个国民经济的需要。

磨具工业的发展与磨削加工技术是相辅相成的。随着磨削加工技术的进展，对磨具就有一个更高的要求 and 促进。反之，磨具技术水平的提高也必将会推动磨削加工技术的发展。磨具、磨削加工在现代化工业中的地位和作用正在日益提高，使用磨具的加工范围愈来愈广，不论粗加工或精加工，不论是金属材料或非金属材料，都能采用磨削加工来达到人们的要求。特别是精磨加工工序，在加工高硬度的工件及保证零件互换性方面、国防工业及大量生产的工业部门中，是无法用其它方法来代替的。这是由于磨削在现代化工业的切削加工中，具有以下独特的优点：

(1) 使用磨具来磨削加工工件，能完成车刀、铣刀等金属刀具难以实现的精度。例如，车削加工几何精度可达0.003~0.005毫米的话，用磨具作外圆磨削可达0.002毫米。

(2) 磨削加工能获得高的表面加工光洁度。如精磨、超精磨可达▽10—14级光洁度。

(3) 磨具可以加工一般金属刀具难以加工的高硬度金属材料(如淬火钢, 高钒高速钢、硬质合金等), 软质的材料(如皮革、橡胶、木材等)和其他非金属材料(陶瓷、玉器等)。

(4) 磨削加工的留量可以很小, 因而最适于精密毛坯的加工, 既节约材料, 又提高加工效率。

(5) 由于磨削具有加工留量很小的特点, 便于在加工过程中采用自动测量工件尺寸, 从而易于实现生产过程的自动化。

(6) 随着高速、强力、重负荷磨削技术的问世, 磨削还具有高效率这个明显的特点。

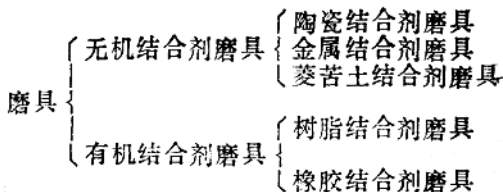
最近几十年来, 磨具又广泛地被利用到各个新的技术领域, 如原子能燃料铀和钚的精磨, 制造火箭和宇宙飞船所用的耐热硬质材料的加工等。因而在国民经济中, 例如飞机、火箭、汽车、机床、电机、仪表等的制造, 如果没有磨具的话, 那将不可设想。

## §1·2 磨具的分类

凡用结合剂将磨料粘结成不同的形状, 或粘附于一定的基体上, 用于磨削, 研磨和抛光的工具, 统称为磨具。

磨具如何分类或划分品种, 现尚无统一的准则。通常有以下几种分类方法: 按结合剂的不同, 按所用磨料不同, 按几何形状或按不同特性、专门用途。

### 1、按结合剂种类不同分类:



陶瓷结合剂是由粘土、长石等陶瓷原料组成，价格低廉、适用的范围较广、化学稳定性和耐热性能好，不易受磨削加工所用冷却液性质或加工区磨削高温的影响，弹性变形小，是采用得最多的一种结合剂。但用此种结合剂制造磨具须经高温烧成，生产周期长；对磨料质量要求高，若磨料含有较多杂质，会产生斑点，发泡等弊病；另外性脆，不能制造很薄的砂轮。

金属结合剂，主要用于制造金刚石磨具，其它磨料亦可采用，但用者极少。多用铜、锡、镍、铁等金属粉末配制成结合剂，用粉末冶金法或电镀法制成磨具。由于金属结合剂具有高的强度，从而能把金刚石颗粒牢固地把持住，有较长的使用寿命。

菱苦土结合剂是苛性碳酸镁与氯化镁溶液的混合物。制造过程简单，把混合料注入模中经固化即成。菱苦土结合剂磨具在磨削时使工件发热量小，但磨损快，耐水性差，强度低，使用范围受到限制。

树脂结合剂多采用酚醛树脂，价格较贵。但由于树脂结合剂磨具具有强度高，弹性好，抛光性能强，磨削时结合剂易烧毁而能减少工件的烧伤，生产周期短等优点，使用范围在不断扩大，仅次于陶瓷磨具。（在国外，树脂结合剂磨具

的比例已超过50%而占首位)利用树脂结合剂可以制成特薄、高速、重负荷,高光洁度等专用砂轮。缺点是抗碱性差,湿磨时对冷却液有专门要求;抗潮湿性差,存放时间不能过长。

橡胶结合剂,多采用人工合成橡胶。橡胶结合剂磨具具有强度高,弹性比树脂磨具更大,抛光性能强,磨削时不易烧伤工件,以及生产周期短等优点。但组织紧密,气孔小,不适宜于一般的粗加工,耐油性差,磨削时不能用油作冷却液。

除了上述几种结合剂外,还有使用量很少的硅酸钠结合剂,虫胶结合剂等,新近还发展了具有某种特殊性能的复合结合剂,如:橡胶树脂结合剂,陶瓷树脂结合剂,陶瓷石墨结合剂,陶瓷金属结合剂等等。

## 2、按磨料分类。

刚玉磨具 { 棕刚玉磨具  
          { 白刚玉磨具  
          { 单晶刚玉磨具  
          { 铬刚玉磨具  
          { .....

碳化硅磨具 { 黑碳化硅磨具  
              { 绿碳化硅磨具  
              { 金刚石磨具  
              { 立方氮化硼磨具等。

刚玉磨具是应用得最广泛的磨具,约占磨具总产量的70%以上。刚玉硬度比碳化硅低,但韧性高,能在磨削中承

受很大的压力，适用于抗张强度大的材料。

碳化硅磨具因其磨粒硬脆锋利，结晶容易在韧性金属切削压力下破碎，所以这种磨具适用于加工抗张强度小的材料。

金刚石、立方氮化硼都属超硬磨料，价格昂贵，一般制作特种用途的磨具。

### 3、按磨具的形状分类：

固结磨具——可分为砂轮、磨头、砂瓦、油石等。

涂附磨具——分为砂布、砂纸、砂带等。

研磨膏——无固定形状。

弹性磨具——如砂筋轮、不织布砂轮、PVA砂轮等。

#### (1) 砂轮

砂轮具有孔径，是装在旋转轴上的一种旋转体，当砂轮在磨床上工作时，以高速旋转。砂轮根据其形状不同，又可分为平形、杯形、碟形、筒形、专用等系列。

#### (2) 磨头

磨头也是一种旋转体，但有一个不通的孔，主要用于不能使用通孔砂轮的场合中，它紧固在机床或手提工具的主轴上。它的外径比砂轮要小，最大的直径仅40毫米。根据断面形状的不同可分为园柱形，截锥形，60°锥形，椭圆锥形，园头锥形，球形和平球形等几种。

#### (3) 砂瓦

砂瓦是一种瓦形的磨具。它夹紧于固定在机床主轴一端的卡盘上，形成了供磨削平面用的断续的平行环状面。按其断面形状的不同可分为平形、扇形、凸平形、平凸形和梯形

等几种。

#### (4) 油石

油石是沿长度方向截面相同的直边体。用手握住或者紧固在适宜的夹子里,供手动或机动操作,用其纵表面进行加工的一种磨具,按其断面形状可分为正方形、长方形、三角形、园柱形、半园形、刀形等几种。

#### 4、按磨具的其他特性或专门用途分类,

除一般通用的磨具外,还有一些专用磨具如高速砂轮、磨钢球砂轮、大气孔砂轮、牙医砂轮、超薄片砂轮等等。

### § 1.3 陶瓷磨具的主要性能

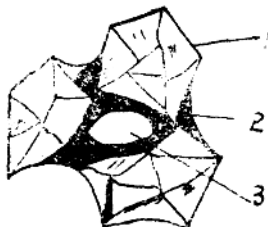


图 1—1 磨具结构示意图

1—磨粒      2—结合剂      3—气孔

陶瓷结合剂磨具结构通常包括磨粒、结合剂、气孔(图 1—1)磨粒是构成磨具的主体。由于暴露在磨具表面的众

多的磨粒，有如锋利的切削刃一样，从而产生磨削作用。结合剂把磨粒粘结在一起，使之成为具有一定的形状和强度的磨具。气孔是磨粒结合剂粘结后形成的空隙，磨削时，有助于磨屑的排除及散热作用。近年来，在陶瓷磨具气孔中加入填充剂或浸渍处理，以改善其磨削性能，对此，有人称为磨具结构的第四要素。

磨具磨削性能通常取决于磨料质量、结合剂性能和磨具的结构。磨具结构即如上述的磨粒、结合剂、气孔的组成关系。表现磨具主要性能的指标是硬度、组织平衡性等。强度是出于安全使用的需要，由于砂轮是在高速旋转的条件下进行磨削加工，所以必要的强度保证是一项前提条件，至关重要的质量指标。现将主要性能的概念叙述于下：

#### 1.3—1 磨具的硬度：

磨具的硬度通常系指磨粒与磨粒间被结合剂粘结的强度，或是说磨粒从磨具表面脱落的难易程度。换言之，即表示磨具耐机械磨耗性能的强弱程度，若磨粒易脱落的，其硬度就软；反之，硬度就高。

磨具的硬度一般取决于结合剂的性质、数量、磨具的密度、烧成温度等。

磨具的硬度与磨削加工有密切的关系。不同的硬度有不同的磨削作用、不同的磨损程度。不同的材料、不同的工件、不同的磨削方式、对硬度也有不同的要求。因此，统一的硬度测量方法和硬度标准对合理选择和使用磨具来说，有着十分重要的意义。

各国磨具硬度的检查方法和标准各不相同，检查方法有

手锥法、压入法、机械锥法、喷砂法、声频法等。但无论那一种方法都不够理想，不能精确地表达磨削时所产生的应力状况。由于各国测定磨具硬度的方法不同，所以硬度标准也不一致。各国硬度等级的划分情况和大致的对应关系如表 1—1 所示。

### 1.3—2 磨具的组织

磨具的组织是指磨具中磨粒、结合剂和气孔三者体积的相互关系。可表达为：

$$V_{\text{具}} = V_{\text{粒}} + V_{\text{结}} + V_{\text{气}} = 100\%$$

式中： $V_{\text{具}}$ ——磨具的体积%

$V_{\text{结}}$ ——结合剂的体积%

$V_{\text{气}}$ ——气孔的体积%

在磨具组织系统中，这三个体积以那一个体积作为组织系统的基础，还有不同的看法。有以磨粒体积作为组织系统的基础，有以气孔的体积作为组织系统的基础；一般认为磨粒在磨削过程中是起主要作用的因素，因此以磨粒体积作为组织系统的基础较为合适。目前，各个国家砂轮厂的样本绝大部分以磨粒体积来划分组织。这样磨具组织的定义即可表达为磨粒在磨具内所占的体积百分数。百分数的大小用编号来表示，一般编为 12 个号。1 号组织相当于磨粒体积 60%，2 号组织相当于磨粒体积 58%，组织每增加一号，则磨粒体积减少 2%，由此类推，如表 1—2 所示。

含磨粒量大的组织（1~4 号），为紧密组织，含磨粒少的组织（9~12 号）为疏松组织，两者之间的组织（5~8 号）为中等组织。



表 1-1 国内外磨具硬度等级及代号对照表

| 硬度等级 |                 | 中 国<br>(GB标准) | 苏 联<br>(ГОСТ<br>标准)                | 美国诺登<br>公司<br>(NORTON) | 美国环球公司<br>(UNIVERSAL) | 日 本<br>(JIS<br>标准) |
|------|-----------------|---------------|------------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| 大级   | 小级              |               |                                    |                        |                       |                    |
| 超软   | 超软              | D.E.F         | BM <sub>1</sub><br>BM <sub>2</sub> |                        |                       | E.F.G              |
| 软    | 软 <sub>1</sub>  | G             | M <sub>1</sub>                     | A.B.C                  | E.F.G                 | H.I.J<br>K         |
|      | 软 <sub>2</sub>  | H             | M <sub>2</sub>                     | D.E.F                  | H.I                   |                    |
|      | 软 <sub>3</sub>  | J             | M <sub>3</sub>                     | G.H                    |                       |                    |
| 中    | 中软 <sub>1</sub> | K             | CM <sub>1</sub>                    |                        | J.K.L                 |                    |
|      | 中软 <sub>2</sub> | L             | CM <sub>2</sub>                    |                        |                       |                    |

注① 西德纳索斯士利安公司，捷克联合磨具厂奥地利泰路利公司等磨具硬度等级划分及代号与日本相同。