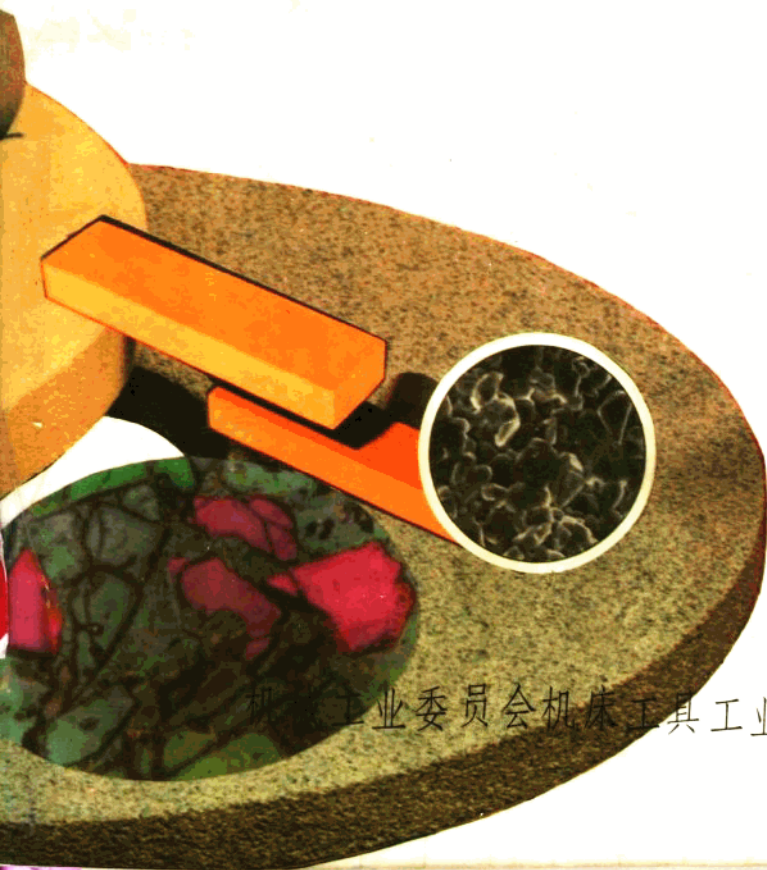


《磨料磨具制造》丛书之七

陶瓷磨具制造

上



机械工业委员会机床工具工业局

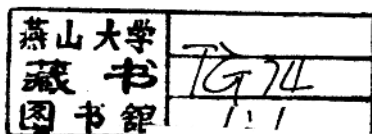
022086

陶瓷磨具制造

上

编 著

黄秉麟 伍瑾琛



0064309

前 言

在国家劳动总局和机械工业部的倡导下，为适应四化建设的需要，开展全员培训，我们组织郑州磨料磨具磨削研究所，第一砂轮厂、第二砂轮厂、第四砂轮厂、第六砂轮厂和第七砂轮厂等科研与生产单位中有丰富实践经验和相当理论水平专业工程师和高级工程师撰稿，并经行业中专家和专业人员会审，编写了这套《磨料磨具制造》丛书。全书共八卷，包括《刚玉制造》《碳化硅制造》《陶瓷磨具制造》上、下册《金刚石制造》《金刚石磨具制造》《树脂磨具制造》《涂附磨具制造》和《橡胶磨具制造》，计三百廿万字。

这套丛书着力于全面反映我国建国以来磨料磨具生产的全貌，总结这方面的经验和科技成果，展示我国磨料磨具工业的发展趋势，为我国磨料磨具生产工艺的发展和进一步现代化打下基础。编者试图以生产工艺为中心，以及工艺理论和工艺设备，进行较为详尽的阐述。这套丛书既是磨料磨具制造工艺学的统一体，又是各辑自成系统的专著；可用于大、中专院校和职工学校的专业教学，也可作为生产工艺人员的必备工具书和进修读物；同时，对石油、采矿、化工、冶金、耐火材料、地质勘探、电瓷、陶瓷、玻璃、建筑材料等工业部门也有一定参考价值，已广为流传，发行全国。

本丛书是由第二砂轮厂负责主持完成的。在编写过程中，承蒙中国磨料磨具工业公司支持，各有关单位积极配合，在此谨表谢意。鉴于时间仓促，经验不足，书中缺点错误在所难免，我们诚恳希望同志们批评指正，以期修订再版。

机械工业委员会机床工具工业局

一九八七年二月

026/1/41/05

序

陶瓷磨具始创于1877年，距今已有一百多年历史。目前，它已广泛应用于机床、钢铁、轴承、工具、宇航、飞机、轮船、汽车、火车、电工、建筑、食品、日用化工等各个行业领域，其用量占普通磨具的50%以上，是磨具中占主导地位的品种之一。陶瓷磨具已成为国民经济建设不可缺少的工具。

新中国成立后，才建立起磨料磨具工业，陶瓷磨具生产逐步得到发展，至今全国产量约在六万吨以上，品种繁多、陶瓷砂轮最小外径1毫米，最大外径达1600毫米，最厚为600毫米。全国陶瓷磨具生产厂家有一百个以上，遍布全国各省市，其中以郑州的第二砂轮厂规模最大，品种最多。

陶瓷磨具制造生产技术属于硅酸盐工艺学范畴，但陶瓷磨具制造的专著在国内外都很少，为了普及和提高陶瓷磨具生产技术，编著者根据多年工作经验和实践，参阅有关资料，以我国工厂实际积累的理论和具体工艺为基础，编著了国内第一部系统介绍陶瓷磨具制造工艺的书。

本书共分上、下两册。上册包括概论、第一至第六章：第一章系统叙述磨具特性，第二章阐述陶瓷磨具的原材料，第三章为陶瓷结合剂，第四章为陶瓷磨具配方制订，第五章陶瓷磨具原材料加工及配制，第六章陶瓷磨具压制成型。下册包括第七至第十三章：第七章为陶瓷磨具浇注成型，第八章干燥，第九章窑前加工，第十章陶瓷磨具烧成，第十一章制品加工，第十二章陶瓷磨具检查，第十三章专门详述特种磨具的制造。

本上册的概论、第一章、第五章为黄秉麟同志编著，第二、

三、四章为伍瑾琛同志编著；第六章为黄秉麟、蒋蒙宁同志合作编著。

下册第七、八章为钟淑蓝同志编著，第九、十一章为楚茂春同志编著，第十章为王砚同志编著，第十二章为杨隆仁同志编著，第十三章为杨真如同志编著。第八、十一、十二、十三章经黄秉麟同志审校，第七、九、十章经伍瑾琛同志审校。

本书既着重原理阐明，又详述具体实践，意图基本能指导陶瓷磨具生产，但由于编著者水平有限，错误之处，在所难免，祈望同行们多加指教。至于陶瓷磨具当今世界先进的工艺及装备，包括微机编程控制等，由于在我国还刚刚起步，没有形成系统，故本书暂不列入，待再版时增加。

本书编著过程中，承蒙郑州磨料磨具磨削研究所马福全高级工程师、中国磨料磨具工业公司黄彬麟工程师、第一砂轮厂何觉工程师审稿，提出宝贵意见，机械工业部第六设计院荣德心工程师提供了陶瓷磨具成型料、结合剂自动配混系统资料，在此一并致谢。

黄秉麟于第二砂轮厂
一九八五年十一月

目 录

前言

序

概论	(1)
第一章 磨具特性	(20)
第一节 磨具的特性	(20)
一、磨具特征的标记	(20)
二、特征标记中各项目的内容	(20)
(一) 磨料的种类及代号	(20)
(二) 粒度号	(22)
(三) 磨具的硬度	(25)
(四) 磨具结合剂代号	(30)
(五) 磨具的组织	(30)
(六) 磨具形状	(34)
第二节 磨具的结构	(40)
一、磨粒在磨具表面上分布的理论分析	(41)
二、结合剂在磨具中的分布	(44)
三、气孔在磨具中的分布	(46)
第三节 砂轮的不平衡	(47)
第四节 磨具强度	(51)
一、磨具强度的概念	(51)
二、抗拉强度	(52)
三、砂轮的使用速度	(56)

第二章 原材料	(60)
第一节 概述	(60)
第二节 磨料	(62)
一、磨料的性质	(63)
二、天然磨料	(84)
三、人造磨料	(85)
(一)刚玉系人造磨料	(86)
(二)碳化物系人造磨料	(91)
(三)氮化物系人造磨料	(96)
第三节 结合剂原材料	(101)
一、粘土	(101)
二、黄土	(126)
三、长石	(129)
四、石英	(135)
五、滑石	(141)
六、硼砂及硼玻璃	(145)
七、莹石	(148)
八、锂灰石	(149)
第四节 湿润剂	(149)
一、水玻璃	(150)
二、糊精	(158)
三、纸浆废液	(159)
四、聚乙烯醇	(163)
第五节 着色剂	(164)
一、氧化铬	(164)
二、氧化钴	(164)
三、氧化铁	(164)
第三章 陶瓷结合剂	(166)

第一节 结合剂的主要性能	167
一、可塑性	(167)
二、悬浮性	(170)
三、收缩率	(172)
四、耐火度	(176)
五、热膨胀系数	(180)
六、反应能力	(188)
七、流动性	(193)
八、高温湿润性	(198)
九、烧结范围	(202)
十、弹性模量	(206)
十一、机械强度	(214)
(一) 抗拉强度	(215)
(二) 抗折强度	(227)
(三) 抗冲击强度	(230)
第二节 结合剂的种类与特性	(234)
一、烧结结合剂及烧熔结合剂	(234)
(一) 烧结结合剂	(234)
1. 烧结结合剂的特性	(234)
2. 烧结过程机理	(235)
3. 影响结合剂烧结的因素	(239)
(二) 烧熔结合剂	(240)
1. 烧熔结合剂的特性	(240)
2. 烧熔过程机理	(242)
3. 烧熔结合剂磨具的烧成冷却问题	(246)
二、刚玉磨具常用结合剂	(246)
(一) 对结合剂性能的要求	(246)
(二) 结合剂的种类及其主要性能	(247)

1. 粘土——长石类	(248)
2. 粘土——长石——硼玻璃类	(257)
3. 硼玻璃——石英——纯碱类	(276)
三、碳化硅磨具常用结合剂	(278)
(一) 碳化硅磨具结合剂的特性	(278)
(二) 结合剂的种类及其性能	(291)
1. 粘土——长石——石英类	(292)
2. 粘土——长石——石英——滑石类	(297)
3. 粘土——长石——硼玻璃——石英类	(302)
四、细粒度磨具结合剂	(304)
(一) 水浇注成型结合剂的特性	(304)
(二) 结合剂的种类及其主要性能	(307)
1. 粘土——长石——黄土类	(308)
2. 粘土——长石——硼玻璃——滑石类	(312)
五、低熔结合剂	(316)
(一) 磨具采用低熔结合剂、低温烧成的特点	(316)
(二) 低熔结合剂的种类	(318)
1. 一般低熔结合剂的类型	(318)
2. 低熔结合剂举例	
硼玻璃——石英——刚玉粉——固体水玻璃类	(318)
第四章 磨具配方的制订	(322)
第一节 配方概述	(322)
一、配方的作用	(322)
二、配方的分类与形式	(322)
第二节 制订配方的基本要求	(328)
一、磨削性能好	(328)
二、工艺性能好	(328)
第三节 配方的基本内容	(330)

一、配方的基本内容	(330)
(一) 结合剂用量	(330)
(二) 湿润剂的选择与用量	(333)
(三) 成型压强及成型密度	(339)
(四) 磨具的组织	(345)
(五) 坯体留量	(355)
二、影响磨具硬度的其他因素	(357)
第四节 配方计算及其有关的测定	(365)
一、结合剂用量的计算	(365)
(一) 常用试验算法	(365)
(二) 函数算法	(369)
二、湿润剂加入量的计算	(373)
(一) 湿润剂加入量的测试方法	(374)
(二) 湿润剂加入量的计算方法	(375)
三、成型密度的计算	(378)
(一) 定压成型成型密度的计算	(378)
(二) 定密度成型成型密度的计算	(379)
(三) 水浇注成型成型密度的计算	(379)
(四) 用函数式计算压制成型的成型密度	(384)
四、磨具组织的计算及有关测定	(384)
第五节 磨具特性综合图	(389)
一、试验方法	(389)
二、绘图步骤	(389)
三、综合图的作用	(391)
第五章 结合剂原材料的加工及配制	(393)
第一节 概述	(393)
一、加工配制的目的和意义	(393)
二、粉碎的基本知识	(395)

(一) 鄂式破碎机	(397)
(二) 辊式破碎机	(404)
(三) 球磨机	(408)
(四) 悬辊式粉磨机 (雷蒙机)	(418)
(五) 圆锥式破碎机	(425)
(六) 振动磨	(430)
(七) 风选机	(432)
第二节 长石的加工	(436)
第三节 粘土的加工	(443)
第四节 玻化法配制结合剂原料	(451)
一、玻化法特点	(451)
二、熔练工艺和特点	(453)
三、玻化料的加工处理	(454)
四、玻化料制造工艺要点	(456)
第五节 结合剂配制	(456)
一、结合剂的配料计算	(456)
二、配料工艺和设备选型	(459)
三、结合剂及磨具成型料自动混配系统	(462)
四、结合剂技术要求和质量检查	(467)
第六章 磨具的机压成型	(469)
第一节 压制成型	(470)
一、机压成型	(470)
二、手捣成型	(471)
三、等静压成型	(472)
四、振动成型	(473)
第二节 成型料的配制	(473)
一、配料计算 (包括磨具体积计算)	(474)
二、湿润剂的制备	(487)

三、配料方法和质量要求	(491)
四、成型料的混料工艺	(491)
五、混料设备	(495)
(一) 逆流混料机	(497)
(二) 双轴S叶片混料机	(502)
(三) 轮碾机	(508)
(四) 筛松振动筛	(512)
六、成型料质量检验	(512)
第三节 机压成型	(514)
一、成型原理	(514)
(一) 成型料特性分析	(515)
(二) 机压成型压强与成型密度分布	(524)
(三) 成型密度与磨具性能关系	(535)
二、成型方法及其特点	(549)
(一) 定模法	(549)
(二) 定压法	(550)
三、机压成型设备	(553)
(一) 压力机	(553)
1. 机械传动压力机	(554)
2. 油压机	(559)
3. 等静压成型机	(563)
4. 气动压机	(565)
(二) 压力机的选择	(567)
(三) 机压成型辅助设备	(572)
1. 摊料转盘	(572)
2. 投料和刮料装置	(574)
3. 卸模装置	(579)
4. 真空吸盘	(581)

四、成型用工模具	(582)
(一) 模具	(582)
(二) 垫铁	(586)
(三) 手动搅料, 刮料工具	(595)
五、成型工艺	(598)
(一) 装模	(598)
(二) 称料	(604)
(三) 投料	(604)
(四) 摊料与刮平	(605)
(五) 加压压制	(607)
(六) 卸模	(609)
(七) 防止干燥废品在成型工序中采取的措施	(610)
六、异型磨具成型的特点	(612)
七、湿坯的质量要求及检查项目	(615)
八、压制成型工序常见废品及其预防	(618)

概 论

磨具、广义地说：“凡是在加工工序中起磨削、研磨、抛光作用的工具，都叫磨具。”如果两个表面硬度不一致的物体在一定压力下进行相对运动，就会发生研磨、磨削、抛光等作用，所以，磨具是一种十分广泛的通用的加工工具。早在远古时代，即人类开始懂得使用工具进行劳动时，就已经出现磨具，新石器时代母氏社会开始有石针、石斧。石针磨细、石斧磨锋，以及我国秦汉时代的铜镜磨亮，都是采用天然的磨料和磨具进行加工的。目前一些资料略知，外国在一百多年前已开始人工制造磨具：1760年法国出现用天然磨料制造砂纸的作坊；1825年印度出现用虫胶结合剂作磨具；1846年出现第一台外国磨床，所用砂轮是用天然矿石作成的；1857年比利时采用天然橡胶结合剂作成砂轮；1877年美国用粘土作结合剂制成天然磨料的陶瓷砂轮；1880年美国采用树脂作结合剂制成树脂砂轮。但是，那时人类仍然以天然磨料作为制造磨具的主要材料。直至1891年，美国卡普伦登公司(CARBORUNDUM Co.)生产出碳化硅，进入天然磨料转为人造磨料的新阶段，1897年，美国诺顿公司(NORTON Co.)生产刚玉磨料。这样，磨料磨具开始了新的发展。1900年，磨床已进入基本加工车间，磨具应用渐趋广泛。1901年批量生产电弧炉冶炼的棕刚玉，人造磨料进入工业性生产。1910年生产了白刚玉。为淬火的合金钢和刀具刃磨创造了良好的磨加工条件。此时，内圆磨床、外圆磨床、轧辊磨床、万能工具磨床都已相继出现。1920年，磨床的液压传动已基本成熟，螺纹磨床出现，用陶瓷结合剂制成的磨螺纹砂轮使丝锥、塞规等螺纹工具精度大大提高。1924年，

绿色碳化硅在卡普伦登公司研制成功，为硬质合金的磨加工初奠基础。1925年，第一台磨齿机制成，出现马克（MAAG）齿轮磨床。1930年磨具生产开始控制组织，特别是陶瓷磨具开始了组织号的使用选择，同年还生产了天然金刚石的树脂砂轮，并且出现了无心磨床。1934年美国生产了硬度高于碳化硅的碳化硼（ B_4C ），1936年制成天然金刚石的金属结合剂磨具，1940年出现砂带磨床和陶瓷金刚石砂轮，1946年美国研制成功单晶刚玉，使含有钒、钛、钨、铝等元素的合金钢材磨加工效率得到提高。此时，陶瓷磨具占磨具生产的主要地位。1948年生产加强纤维树脂砂轮，树脂磨具在打毛刺、修理焊缝等工序上得到广泛应用。1953—1954年瑞士和美国分别研制成功人造金刚石，1957年，美国首先工业性生产人造金刚石，同年还研制成立方氮化硼，超硬磨料进入磨加工领域。1962年出现铬刚玉和烧结刚玉。1963年制成锆刚玉，到1970年产生三种不同 ZrO_2 含量的锆刚玉系列，钢铁行业的钢坯修磨逐步发展采用高速高负荷树脂磨具，1976年已经使用锆刚玉制成80米/秒，负荷达500公斤的树脂磨钢坯砂轮。七十年代，陶瓷磨具与树脂磨具产量比例达1:1，七十年代苏联发展钛刚玉，我国生产锆钽刚玉，八十年代还出现钨刚玉、钒刚玉等，但在实际生产上还未推广，在八十年代初期，陶瓷磨具最高使用速度达125米/秒并用于轴承工业。

磨料磨具的发展，促使一系列磨削加工的迅猛扩展，而磨削加工在各个工业领域的广泛应用，又反过来促使磨料磨具品种和质量的不断扩大与提高。二十世纪五十年代是磨料磨具与磨加工工艺发展最快并达到比较完整的年代，磨床约占金属切削机床20%，六十年代美国约占38%，苏联为25%左右，七十年代期间，磨床占金属切削加工机床仍为25—35%左右，而其间又大量发展了涂层磨具——砂带、磨片、磨圈等，到八十年代初期、美国平均每三台磨床就有一台砂带磨床或砂带抛光机。

我国解放前，没有磨料磨具工业，只有一个由日本吴制砥所在东北苏家屯遗留下来的砂轮生产作坊。新中国成立后，磨料磨具随着我国工业的迅速发展而发展起来，首先在东北苏家屯原有的砂轮旧厂上扩建了第一砂轮厂，自行研制并生产了棕刚玉和碳化硅，以后在苏联专家的帮助下陶瓷磨具由水浇注成型改为半干法机压成型生产，大大提高了生产效率。1953年，我国筹建综合性的磨料磨具企业，由德意志民主共和国提供成套设备与工艺，1956年厂址在郑州破土动工，1964年建成，是我国规模最大的砂轮厂，命名为第二砂轮厂。它生产棕刚玉、白刚玉、绿碳化硅、黑碳化硅、陶瓷磨具、树脂磨具、橡胶磨具，涂附磨具、研磨膏，以及后来自行建设并生产的人造金刚石及其制品。在第一个五年计划期中，还在山东建成第四砂轮厂，以后在贵州新建第三砂轮厂、第七砂轮厂和人造金刚石及其制品的专业化工厂——第六砂轮厂，1958年由第二砂轮厂的中心实验室改为第一机械工业部磨料磨具磨削研究所，同时第一机械工业部建立了郑州机械专科学校磨料磨具班培养中专人才，到1982年全国除西藏外，各省都建有省、市、县级的磨料或磨具工厂，磨具全国总产量在六万五千吨左右。磨料磨具品种已能满足国内需要，且由进口转为出口。陶瓷磨具品种中除通用磨具外，高速砂轮，大气孔砂轮、磨钢球砂轮、磨螺纹砂轮，缓进给强力磨砂轮等均经过我国第一个五年计划成长起来的磨料磨具工程技术人员自行研制成功并达到批量生产，促进了各种专用磨加工工艺的发展。七十年代末期，我国已具备了完整的磨料磨具生产体系。

磨具和磨削加工近一百年内发展如此迅速，有下列几个原因：

一、磨具能适应高硬度材料的加工

自从瓦特发明蒸汽机，产生了十八世纪工业革命以来，机器

运转速度越来越高,这样就产生机器另件的磨损问题,于是,机器另件材料朝着高硬度、耐磨损方向发展,钢材的热处理工艺大大提高了钢材表面硬度。一般来说,材料表面硬度超过洛氏硬度HRC35,就适宜选用磨削加工。同时,又出现了各种类型的合金钢以及钨钴、钛钴等硬质合金,需要加工的材料表面硬度不断提高,使其他金属切削加工工具无法达到切削加工的目的。但是,由于磨料具有更高硬度的特性,用人造磨料制成的磨具能达到加工要求,所以,车、铣、刨、铰等加工形式被磨削加工形式所代替就越来越多。

磨具中磨料的表面硬度高于被加工材料的硬度,才能起磨削加工的作用,通常磨料硬度与被加工材料硬度之比,即 H_A/H_W ,在1.3以上磨削效果较佳,而 $H_A/H_W \geq 2.0$,磨削效果最佳。表1列出各类磨料及典型钢材的显微硬度值。可以看出,被加工材料表面硬度不断提高,要求不同硬度的磨料予以选择,以解决其加工效果,如采用棕刚玉磨具加工一般45钢材,淬火碳素钢等,可以有较好的效果,而加工碳化钨等材料,采用碳化硅或人造金刚石有较好的加工效果。

表1 各类磨料及典型钢材表面硬度

材料名称	显微硬度(kg/mm ²)
金刚石	8000~10000
立方氮化硼	7000~9000
碳化硼	3700~5000
碳化硅	≈3300
单晶刚玉	2400
白刚玉	2300
棕刚玉	2200