

普通高等教育材料科学与工程专业“优培工程”规划教材

有机磨具

YOUJIMOJU

● 主编 彭进 邹文俊



非外借

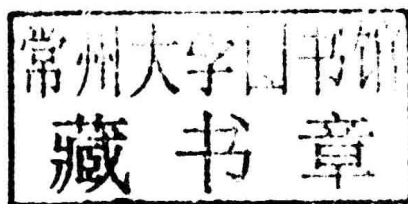
 郑州大学出版社


普通高等教育材料科学与工程专业“优培工程”规划教材

有机磨具

YOUJIMOJU

●主编 彭进 邹文俊



 郑州大学出版社
郑州

内容简介

本书系统地阐述了有机磨具涉及的高聚物结构与性能和粘接理论,并对有机磨具制造过程中的磨料、胶黏剂、辅助材料等原材料的性能、合成和改性技术及作用机制进行了详细论述,着重叙述了普通磨具制造原理、超硬材料树脂磨具制造原理和橡胶磨具制造原理。特别是对有机磨具的配方设计、成型工艺与设备、质量检测和应用领域进行了详细讨论。

本书将有机磨具制造理论与高分子化学与物理、粘接技术、有机磨具制备技术和磨削工艺与选择相结合,构建了比较完善的有机磨具制造理论体系。为有机磨具新产品的开发,新材料、新工艺、新设备的应用提供了理论基础。该书可作为高等学校本科教材,同时可供磨料磨具行业、超硬材料行业、涂附磨具行业及磨削加工领域的技术人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

有机磨具/彭进,邹文俊主编. —郑州:郑州大学出版社,2017. 10
ISBN 978 - 7 - 5645 - 4419 - 5

I. ①有… II. ①彭… ②邹… III. ①有机材料 - 磨具
IV. ①TG74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 113620 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

郑州龙洋印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:25.5

字数:604 千字

版次:2017 年 10 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

印次:2017 年 10 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 5645 - 4419 - 5

定价:86.60 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

编写指导委员会

名誉主任 张 元

主 任 邹文俊

委 员 (以姓氏笔画为序)

左宏森 李 颖 陈 艳

陈金身 彭 进 邹文俊

本书作者

主 编 彭 进 邹文俊

编 委 (以姓氏笔画为序)

李亚萍 邹文俊 张琳琪

夏绍灵 彭 进 韩 平

程文喜

前言

有机磨具是工业生产应用的重要磨削工具之一,它广泛应用于钢铁、汽车、航空、机床、仪表、量具刀具、化工、建筑、机械等方面的磨削加工。特别在精磨、抛光加工领域具有优越的加工特性。成为磨削加工中不可替代的工具。

随着高分子材料工业的发展,新型胶黏剂的合成与应用,使有机磨具的品种、产量、质量得以迅速扩展和提高。高效率、高精度、高速度、超硬材料有机磨具与数控磨床的成套使用,极大地促进了现代机械加工业的整体发展,在经济建设中起到重要作用。

本书系统地介绍了有机磨具制造基本理论,对普通树脂磨具、超硬材料树脂磨具、橡胶磨具制造进行了专门阐述。重点介绍了有机胶黏剂结构和性能、黏胶理论,有机磨具原材料的物化性能及作用,有机磨具制造的生产工艺、基本配方、工艺装备及产品质量检测。对各种有机磨具产品的应用范围和使用领域,特别是对有机磨具的新材料、新工艺进行了详细介绍,突出了应用。本书吸收了磨料磨具及相关领域的新技术、新成果,反映了有机磨具制造技术的发展趋势。

本书由河南工业大学彭进和邹文俊任主编。全书共分9章,其中第1,9章由邹文俊编写,第2章由夏绍灵编写,第3,4章由彭进编写,第5章由彭进、程文喜编写,第6章由张琳琪编写,第7章由邹文俊、韩平编写,第8章由李亚萍、韩平编写。全书由邹文俊统稿。

本书由燕山大学博士生导师廖波教授主审,在编写过程中得到河南工业大学、郑州磨料磨具磨削研究所、郑州白鸽(集团)股份有限公司的领导和专家大力支持,特别是郑州磨料磨具磨削研究所的张长伍高级工程师的热忱帮助。在此谨表以衷心感谢。

本书力求全面系统地反映近代有机磨具制造最新理论技术,由于内容涉及面广,谬误之处请广大读者批评指正。

编者

2017年2月

目录

1	有机磨具概论	1
1.1	绪论	1
1.2	树脂磨具的结构与性能	5
2	聚合物结构与性能	13
2.1	聚合物基本概念、命名与分类	13
2.2	聚合反应	21
2.3	聚合物的结构	27
2.4	聚合物的热性能	35
2.5	聚合物的力学性能	41
2.6	聚合物的高弹性和黏弹性	49
2.7	高聚物的溶解性	52
2.8	聚合物的老化和防老化	57
2.9	聚合物的改性	58
3	粘接理论	73
3.1	胶黏剂分类及选择	73
3.2	粘接理论	75
3.3	粘接工艺	84
3.4	粘接破坏机制	93
3.5	影响粘接强度的因素	97
3.6	粘接强度的测试方法	102
4	磨料	105
4.1	概述	105
4.2	磨料的分类	105
4.3	磨料的性质	112
4.4	磨料的处理	117
5	结合剂	123
5.1	概述	123
5.2	酚醛树脂	125
5.3	环氧树脂	161
5.4	聚酰亚胺树脂	180
5.5	聚氨酯	186

5.6	氨基树脂	199
5.7	聚乙烯醇和聚乙烯醇缩醛胶黏剂	204
5.8	不饱和聚酯树脂	206
5.9	聚酰胺	209
5.10	聚砒	211
6	辅助材料	213
6.1	填料	213
6.2	偶联剂	227
6.3	润湿剂	233
6.4	润滑剂	235
6.5	脱模剂	236
6.6	着色剂	237
6.7	增强材料	239
6.8	造孔剂和发泡剂	244
7	普通树脂磨具制造	248
7.1	配方设计	248
7.2	成型料的配制	252
7.3	树脂磨具成型	263
7.4	树脂磨具的硬化	274
8	超硬材料树脂磨具制造	284
8.1	超硬材料树脂磨具的一般特性	284
8.2	制造工艺流程	286
8.3	配方设计	287
8.4	配混料工艺	297
8.5	成型工艺	302
8.6	硬化工艺	306
8.7	废品分析与加工检查	309
9	橡胶磨具制造	313
9.1	概论	313
9.2	橡胶结合剂	316
9.3	橡胶配合剂	334
9.4	磨料	352
9.5	橡胶磨具的配方	355
9.6	原材料的加工准备	358
9.7	混料	367
9.8	橡胶磨具成型	373
9.9	橡胶磨具的硫化	380
9.10	橡胶磨具废品分析	394
	参考文献	396

1 有机磨具概论

树脂磨具是工业生产过程中应用的重要工具之一,它是随着整个工业的发展而发展起来的。在古代人们用可磨削物质、硬矿石和粗磨粒作为磨锐工具、用具和武器的简易手段。这就是最早的磨削。随着社会的发展,磨削工艺逐渐复杂,对磨具的要求越来越高。1825年印度人开始用天然树脂虫胶做结合剂,以金刚砂作为磨料制造出天然树脂磨具,并用它来研磨钢材。随着化学工业和冶炼工业的发展,1901年棕刚玉冶炼成功,1910年白刚玉也开始生产。1907年发明工业酚醛树脂,1923年将酚醛树脂作为结合剂,制备成酚醛树脂磨具。1946年制成环氧树脂结合剂,20世纪50年代初实现了工业生产化,它具有强度高、种类多、适应性强等优点,至今有机磨具结合剂仍以酚醛树脂和环氧树脂为基础,随着化学工业中高分子材料工业的发展,使人工合成树脂在磨具制造工业得到应用,从而开创了树脂磨具迅速发展的时期。如今树脂磨具品种繁多、规格齐全、应用领域广泛,在许多工业发达国家树脂磨具的产量已超过陶瓷磨具。

1.1 绪论

有机磨具是指以有机高分子化合物做结合剂,将一颗颗磨粒固结在一起,形成一种具有一定刚性(强度和硬度)的磨削工具。有机磨具包括以天然树脂和合成树脂做结合剂所制成的树脂磨具,以及由天然橡胶或合成橡胶结合剂所制成的橡胶磨具。

1.1.1 有机磨具的特性

有机磨具使用范围广,具有一定的弹性和较高的结合强度,并具有良好抛光性能。

1.1.1.1 树脂磨具的特点

在粗、精、细、抛等磨削工艺中均得到应用,其树脂磨具具有下列特点:

(1)结合强度高 与陶瓷结合剂相比,树脂结合剂结合强度高,其树脂砂轮磨削线速度达 $80 \sim 120 \text{ m/s}$,并可承受较大的磨削压力。重负荷砂轮磨削压力高达 $1\,000 \sim 4\,000 \text{ kg}$ 。它广泛应用于钢铁工业,如钢铁工业中各种钢锭、钢坯等荒磨工序。使用的高速重负荷专用砂轮等粗磨加工具有操作安全,适合高速磨削和大进给磨削,磨削效率高。

(2)具有一定的弹性 陶瓷磨具脆性大,韧性差;而树脂磨具具有良好的韧性,有一定的可塑性和延展性。其弹性模量(E)比陶瓷低得多,相差几十倍。所以,树脂磨具弹性较高,适宜于制备各种规格的薄片砂轮和高速切割砂轮。同时,由于有一定的弹性变形,可以缓冲磨削力的作用。因而磨削效果好,有抛光效果,能提高加工表面的光洁度。

(3)能制成各种复杂形状和特殊要求的磨具 由于树脂结合剂磨具硬化温度低,可常温硬化,收缩率较小,可制成各种复杂形状和特殊要求的磨具。如采用玻璃纤维增强的树脂砂轮,易排屑、散热性好的多孔树脂砂轮和带沟槽砂轮;改善磨削工艺条件的螺栓

紧固砂轮、电解磨削砂轮、抛光砂轮,以及筒形、碗形、蝶形等异形砂轮。

(4)适用范围广 由于新型树脂结合剂品种多,可以制成各种强度和性能的树脂磨具。因而,可广泛用于荒磨、粗磨、切割、半精磨、精磨、抛光等工序。树脂磨具结合强度大,使用速度快,耐冲击,适于粗磨和荒磨加工;树脂磨具具有良好的韧性,适用于切割加工工序;树脂磨具弹性好,有一定的抛光性,可用于精磨和抛光加工,树脂磨具耐热性较低,易磨损,适用于平面磨和精磨加工。

(5)有利于防止被磨削工件产生烧伤 树脂结合剂耐热性较低,可减少或避免烧伤工件现象。工件在磨削过程中产生的热量,首先使树脂炭化,促使钝化了的磨料自动脱落,露出新的锋利的磨粒,降低了磨削区域的热量,避免了工件烧伤。

(6)有利于专业化生产 树脂磨具硬化温度低,生产周期短,设备简单,有利于专业化生产。

1.1.1.2 树脂磨具的不足之处

(1)树脂磨具耐碱性、耐水性较差,易老化。一般有效存放期仅为一年,不能长期存放。

(2)树脂磨具耐热性较低,磨削加工时,磨耗较大,不太适合于成形磨削。

(3)树脂磨具气孔率低,磨削加工有气味,应注意环境污染问题。

1.1.2 有机磨具的应用

树脂磨具主要用于钢铁、汽车、轴承、铁道、车辆、造船、化工、仪表、航空航天、建材及其他机械加工工业。可用于加工各种非金属材料 and 金属材料。如木材、橡胶、塑料、玻璃、陶瓷、石材、铜、铝、铸铁、钢材等,以及硬质合金、高速钢高钒、钛钢、不锈钢等。此外,在粮食加工、医学及地质勘探等领域都得以应用。

根据加工目的和用量不同,可以进行荒磨、粗磨、半精磨、精磨、细磨和高精度高光洁度磨削。同时,可根据加工对象的不同,进行外圆磨削、内圆磨削、平面磨削、工具磨削、专用磨削、电焊磨削、珩磨、超精加工、研磨及抛光等。

1.1.2.1 粗磨加工应用

粗磨是指以高效切削大量多余材料为主要特征的磨削方法。荒磨则是许多种粗磨加工广泛使用的俗称。

粗磨加工应用领域:

(1)用树脂荒磨砂轮和高速重负荷树脂砂轮,粗磨退火或不退火优质合金钢或不锈钢坯的精整加工。用于表面外观缺陷(焊缝、裂纹、氧化层等)的磨削加工。

(2)用树脂荒磨砂轮对铸件的浇口、冒口和坯缝进行磨削加工和一般性精整加工。

(3)用树脂荒磨砂轮对模锻、锻件的大毛刺或浇口整修后留下来的飞边,进行彻底地磨除。

(4)在焊接操作时,残留在焊件表面上的焊缝要采用荒磨平整焊缝和倒圆磨削。

(5)对大型板材气割成圆形或其他复杂形状时,气割所产生的熔渣,要采用便携式荒磨机磨除。如大型热轧建筑型钢和管切的粗切加工等。

1.1.2.2 手持磨削加工应用

手持磨削是磨削方法的综合概括。它们的共同特征是:无论是工件还是磨削机械的

支承使工件与磨具相接触,制导和移动等均直接依靠手工进行。

手持磨削又分为固定式手持磨削和移动式手持磨削。将磨削机械固定,手持加工工件进行磨削的方式,称为固定式手持磨削。加工时采用的手持砂轮机进行可移动的磨削方式,称为移动式手持磨削。

手持磨削主要应用领域:

(1)用手提式树脂荒磨砂轮,加工庞大而笨重难以在磨床上安装的工件。如大型铸件的粗磨。

(2)用高速钹形砂轮或钢纸磨片,加工已装配有其他零件的工件。如重型建筑构件和船舶构件。

(3)对小型部件调整时需要进行的磨削加工。如在常见大型部件的有限部位上校正装配件。

(4)用高速钹形砂轮等,对工件最终成形或对工件与邻接部位接合处的倒圆,对已经装配或已经焊接的工件进行磨削。如对汽车车体的加工。

(5)用于形状不规则表面上的雕塑加工。如模具的加工。

(6)工件光整加工。即要求对工件进行倒圆或光整磨削,使其表面美观、性能满意,而对形状和尺寸无严格要求的程度。如用可弯曲钹形砂轮加工不锈钢制品,用PVA砂轮加工石材等。

(7)在工件表面的有限面积上做少量磨削,以便形成一种特殊的形状。例如各种刀具的锐磨等。

1.1.2.3 切割加工应用

树脂薄片砂轮主要用于冶金工业的钢棒、钢管、扁钢、角铁、槽钢、钢轨、钢板等金属材料的切割加工;半导体工业的硅、锗、蓝宝石、铁素体、石墨、陶瓷、石英等金属和非金属材料的精密超薄切片加工;建筑材料工业、化学工业、航空航天工业、机械工业、汽车工业、船舶工业的金属材料和非金属材料的切割加工。

在金属材料切割加工中,采用树脂薄片砂轮切割,具有以下优点:

(1)切割速度快。在切割金属材料时,切割砂轮的切割速度是其他切削方法(如锯、车切)的10倍。

(2)切割尺寸精度高。采用砂轮切割,其切口宽度和切割面的平整度,一般来说比金工锯切要好。

(3)切割表面平滑。砂轮切割后其表面经常无须进行精加工,而锯切后的切断面很明显。

(4)可用于硬质材料的切割加工。如淬硬钢和金属碳化物以及硬脆非金属材料的切割加工。

(5)磨具使用过程中,自锐性好,不需要修整。

(6)成本低、使用砂轮切割所需成本明显低于其他切割方法。

(7)其他方面的应用。如窄槽切口,或者淬硬钢或超硬非金属加工件的切缝等。

树脂磨具切割加工所具有的这些特性,使其在许多金属和非金属加工业,以及在工业生产的其他领域得到广泛应用。

1.1.2.4 常规磨削加工应用

(1)用树脂砂轮在外圆磨床或万能磨床上对轴类、套筒以及其他类型零件的圆柱面、圆锥面和肩端面进行磨削加工。

(2)用树脂砂轮外圆周面或砂轮端面。如螺栓紧固砂轮、大气孔砂轮、开槽砂轮、多孔砂轮和多孔带沟槽砂轮,以及杯形砂轮、筒形砂轮等,对机械零件的各种平面进行磨削加工,以满足平直度、表面粗糙度和平面之间相互位置精度等要求。

(3)用树脂砂轮的外圆面或树脂磨头,在内圆磨床、万能磨床或专用磨床上,对表面质量要求较高的通孔、盲孔、台阶孔、锥孔和轴承内沟道等部件进行内圆磨削加工。

(4)用树脂砂轮、树脂和橡胶导轮,在无芯磨床上,采用柔性定位的方式,使用砂轮的外圆周面,对旋转对称的内圆或外圆表面进行无心磨削加工。

(5)用专用树脂砂轮磨螺纹砂轮。在螺纹磨床上,对高精度及表面粗糙度的传动螺纹、测量机件的螺纹、工量具螺纹和淬硬处理的螺纹部分进行螺纹加工。如螺纹、蜗杆、丝锥、滚刀、量规等带锥螺纹、多头螺纹、平行螺纹等磨削加工。

(6)用环氧树脂珩磨轮,及双锥面、蝶形、双蝶形、蜗杆式砂轮等,在齿轮磨床上,对经淬硬处理的齿轮进行齿轮磨削加工。

(7)用树脂强力磨砂轮,在工具磨削上,对具有较高的硬度、热硬性、耐磨性与足够的强度和韧性的切削工具材料,如碳素工具钢、合金工具钢、高速钢、硬质合金等,进行工具磨削加工。以达到理想的精度、表面粗糙度和正确的几何形状,使切削刃具具有较高的锋利性和耐用度。

1.1.2.5 其他专用磨削加工中的应用

(1)用树脂磨钢轨砂轮,在专用钢轨修磨列车上,对钢轨进行修磨加工。

(2)用导电树脂砂轮,在电解磨床上,对一些高硬度的零件,如各种硬质合金刀具、量具、挤压拉丝模具、轧辊等,以及普通磨削很难加工的小孔、深孔、薄壁筒、细长杆零件和复杂型面的零件,进行电解磨削加工。其中电解作用占加工量的95%。磨料的机械加工作用仅占5%。因此,电解磨削比普通磨削加工效率高。

(3)用PVA抛光轮、PU抛光轮、无纺布抛光轮等,在抛光机上,对石材、玻璃、不锈钢等进行抛光加工。

(4)磨录音机磁头、钟表、仪器行业所用的精磨抛光砂轮。如FBB砂轮等。

1.1.3 有机磨具的发展

我国树脂磨具的生产起始于原沈阳第一砂轮厂,1953年开始生产液体酚醛树脂磨具,六十多年来,经过磨料磨具行业广大工程技术人员的共同努力,其树脂磨具在产量上、产品规格和生产技术上都有很大的发展,为国民经济建设和发展起到了重要作用。

根据国内外发展情况,为了及时调整树脂磨具产品结构和提高产品质量,应从以下几个方面来考虑。

1.1.3.1 发展高效、高韧性磨料及其相应的磨具

重点生产和发展锆刚玉、单晶刚玉、微晶刚玉和烧结刚玉磨料以及相应的磨具。生产出质量优良的高速重负荷砂轮、磨钢轨修磨砂轮、整体磨削刀具用强力磨砂轮等。发

展锆刚玉、烧结刚玉、微晶刚玉,是为了制备高速重负荷砂轮和强力磨砂轮。发展微晶刚玉是解决轴承钢的磨削问题。烧结刚玉主要用于磨不锈钢的重负荷砂轮。锆刚玉用于钢轨修磨砂轮以及磨合金钢、不锈钢和钛钢。

1.1.3.2 发展精密磨具

提高磨削齿轮、螺纹、丝杆、轧辊、内孔、导轨、样板、刀具、发动机轴、销类、轴承、钢球等系列化砂轮,以及超精、珩磨等精密磨具品种加工的先进性、适应性、稳定性和成套性。特别是精加工数控磨床使用的精密磨具的标准化、系列化与互换性,提高精加工整体水平。

1.1.3.3 发展超硬材料树脂磨具

随着高品质人造金刚石与立方氮化硼及其聚晶体的生产应用,超硬材料树脂磨具发展迅速,特别是立方氮化硼树脂磨具,在平面磨削、外圆磨削、工具磨削和内圆磨削中得到应用,且效果良好,应用速度较高(如45~60 m/s)。随着砂轮速度提高,法向磨削力相应减小,砂轮磨损下降,磨削比增大,加工表面光洁度好,所以,立方氮化硼树脂砂轮逐渐采用高速磨削。镀衣金刚石树脂砂轮提高了树脂对金刚石的黏结力。砂轮耐用度高,在加工硬质合金方面得到广泛应用。

1.1.3.4 加强工艺设备的研究

为提高树脂磨具的平衡性、硬度均匀性以及几何尺寸精度,加强对工艺设备的研究。

(1) 研究成型料混制均匀的新型混料机。

(2) 研究松散成型料的配方与混料工艺。

(3) 研究成型料混料均匀的检测方法,成型过程的工模具结构及推料装置。

(4) 研究成型工艺和压机精度及其辅助装置的结构,参数对砂轮平衡和硬度均匀性的影响。

(5) 研究砂轮加工工艺,钻孔材料及钻孔方法。提高砂轮尺寸精度。

1.1.3.5 注重有机磨具产品的相关性能

(1) 先进性 有机磨具产品在产品结构和产品性能方面,要达到国际先进水平具备国际市场竞争能力,和国内市场产品一定的占有率。

(2) 适应性 根据用户不同磨加工发展的需要,在提高基本系列产品质量的基础上,要发展专用系列产品和多种复合型系列产品。

(3) 稳定性 在同类型的批量产品之间的各个产品,要求质量均匀一致,稳定、可靠,重复性好。

(4) 成套性 首先要使产品满足各类磨床,特别是数控精密磨床,以及新型磨削工艺的配套需要。积极为汽车、轴承、冶金、机床工具、农机、航空、航天、军工、建材、交通、轻纺机械制造等工业,提供高质量的产品。

总之,随着高分子材料工业的发展,新型树脂结合剂不断涌现,以及数控磨床专用磨床的不断更新,树脂磨具的应用范围将越来越广,已成为机械加工行业必不可少的重要加工工具。

1.2 树脂磨具的结构与性能

树脂磨具是利用树脂做结合剂,将磨料黏结在一起形成具有不同形状的磨削工具,树

脂磨具属于固结磨具之一。根据树脂磨具的形状可分为砂轮、砂瓦、油石、磨头、抛磨块。

1.2.1 树脂磨具的结构与磨具组织

树脂磨具是由磨料、结合剂、辅助材料和气孔四要素所构成的,如图 1-1 所示。

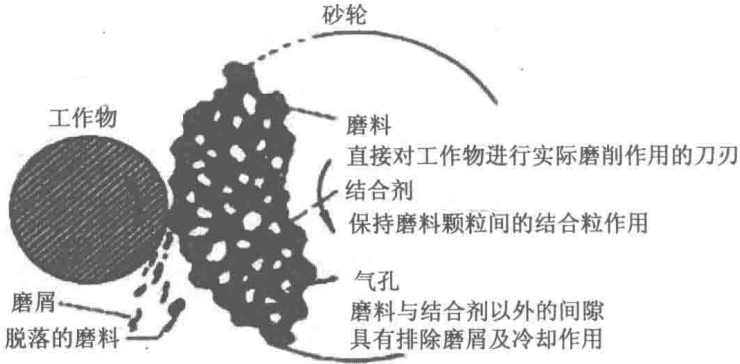


图 1-1 树脂磨具的结构示意图

(1)磨料 磨料的切削刃同车刀、铣刀的刀刃一样,是磨削主导因素。磨具实际上就是磨粒的集合体,能进行切除工件表面的切屑,达到磨削的目的。

(2)结合剂 结合剂将磨粒与辅助材料黏结在一起,经过固化,成为具有一定形状和强度的磨具。并且,磨削过程中,磨粒的切削刃尖端钝化,磨削力增加。当磨削力超过磨粒的强度或结合剂的把持力时,磨粒出现破碎或脱落现象。生成新的切削刃,产生自锐作用。

(3)辅助材料 为了改善磨具某些性能,如增加强度、提高磨削性等。以适应某些特殊磨削加工需要。

(4)气孔 气孔起排屑或冷却作用。

树脂磨具内部结构的复杂性决定了树脂磨具的性能不但与结合剂和磨料有关,还与两者的体积分数、磨料的粒度、磨具的组织、密度、混料及固化工艺条件等有关。

实际生产和应用中可以制造紧密程度不同、密度不同的砂轮,以适应不同的研磨状态,使砂轮的磨料颗粒磨钝后能迅速破碎,而露出新磨刃以便继续研磨。所谓磨具组织,就是反映在磨具内起主要磨削作用的磨粒分布的疏密程度,也可以说是磨粒在磨具中的体积分布,以磨粒占磨具体积百分比来表示,也称为磨粒率。

根据国家标准 GB/T 2484 规定,磨具组织号按磨粒率从大到小顺序为 0~14,其磨具组织号与磨粒率的关系式如式(1-1)所示,具体数值见表 1-1:

$$V_g = 2 \times (31 - N) \tag{1-1}$$

式中 V_g ——磨粒率,%, 允差为 $\pm 1.55\%$;

N ——组织号(从 0~14 或更大)。

表 1-1 组织号与磨粒率关系

组织号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
磨料率/%	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34

磨具组织松紧与磨粒粒度有关,粗粒度磨具,由于磨粒颗粒尺寸大,所占体积百分比也大,即磨粒率高,所以一般粗粒度磨具组织比较紧密,组织号为 0~5。反之,细粒度磨具,其颗粒尺寸小,表面积大,同样硬度时,所用结合剂量要比粗粒度磨具多,单位体积内

磨粒所占体积较少,故组织比较疏松,组织号较大。不同用途的砂轮其合适的组织号也不一样,例如硬而脆、导热性好的工件材料适合紧组织的磨具,大面积以及粗加工适合松组织磨具,如表 1-2。

表 1-2 砂轮组织和适用范围关系

砂轮组织	适用范围
紧(0~3)	①高速重负荷磨削和磨钢球砂轮;②成型磨削和高精密磨削;③用于切沟槽
中(4~7)	用于一般磨削场合
松(8~10)	①韧性大而硬度不高的工件;②热敏感性强的工件;③易烧伤工件;④磨削区域大的场合

1.2.2 树脂磨具的主要性能

1.2.2.1 树脂磨具的机械性能

(1)力学性能 磨具强度包括抗拉强度、抗折强度、抗压强度和抗冲击强度。

抗拉强度也称为拉伸强度,反映磨具在最大张力下的强度。它是磨具制造、使用上的一个重要指标,直接与磨具在高速旋转时可能产生破裂的程度有关,为保证磨具的使用安全,磨具抗拉强度是磨具十分重要的性能。

抗折强度反映磨具的最大弯曲应力或弯曲极限。它与磨具磨削中成型磨削性能有关,例如螺纹磨削、曲轴磨削及各类型的切入磨削等,都要求磨具有较好的抗折强度。

抗拉强度小于抗折强度,它又是反映磨具在高速旋转时的抗破裂能力。

抗压强度反映在压力作用下磨具的强度极限,磨具在增大径向负荷磨削时磨粒磨钝断裂及磨具发生破裂程度与抗压强度有关。

抗冲击强度反映磨具在动负荷下抵抗冲击力的性能。

磨具强度取决于磨具制造工艺、结合剂性能和磨具规格。影响磨具强度的因素有:磨料的种类、粒度,结合剂种类及性能,磨具的硬度、组织、密度、混料及固化工艺条件,磨具形状,砂轮外径与孔径之比等。其中在磨具特性及规格给定之后,结合剂性能及固化工艺条件最重要。

(2)回转强度 砂轮的回转强度反映了砂轮抗张应力的能力和回转速度的高低。抗拉强度是通过拉力试验机把“8”字块试样拉断测定的,砂轮的破裂速度则是在砂轮回转过程中造成砂轮破裂时的速度。根据平均应力学说其关系式如下:

$$P = \frac{1}{3}(R^2 + Rr + r^2) \frac{\rho v^2}{gR^2} \quad (1-2)$$

式中 P ——最大抗拉强度值, kg/cm^2 ;

R ——砂轮半径, cm ;

r ——砂轮内孔半径, cm ;

ρ ——砂轮密度, g/cm^3 ;

v ——砂轮破裂速度, m/s ;

g ——重力加速度, $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$ 。

一般在同样条件下,砂轮的抗拉强度值越高,其破裂速度也越高。因此,可以通过实验室“8”字块试样测出的抗拉强度,近似计算出砂轮回转破裂速度。有利于砂轮制备工

艺配方设计。

砂轮的回转试验方法按国标 GB/T 2493 和 GB/T 2494 进行安全速度试验和破裂速度试验。安全速度指由制造商试验的线速度,破裂速度指磨具在回转离心力下破裂时的线速度。GB/T 2494 规定了不同类型和用途的磨具进行回转试验时采用的安全试验速度系数和破裂速度系数,见表 1-3。

表 1-3 回转强度试验速度系数

机器类型	磨具类型	最高工作速度 $v_s/(m/s)$	安全试验速度系数 f_{pr}	破裂速度系数 f_{br}
固定式设备	切割砂轮 ($510\text{ mm} \leq D \leq 750\text{ mm}$)	≤ 125	1.1	1.41
	切割砂轮($D > 750\text{ mm}$)	≤ 125	1.1	1.32
	所有其他类型	全部	1.3	1.73
移动式设备	磨削和切割砂轮	≤ 100	1.3	1.73
手持式设备	磨削和切割砂轮	≤ 100	1.3	1.73

安全试验速度系数是安全试验速度与最高工作速度之比值: $f_{pr} = v_{pr s}/v_s$;破裂速度系数是最小破裂速度与最高工作速度之比: $f_{br} = v_{br min}/v_s$ 。

(3)树脂磨具的硬度 硬度是指磨粒在外力作用下从磨具表面脱落的难易程度。一般而言,硬度高的磨具,磨粒难以脱落,自锐性较差;硬度低的磨具,磨粒容易脱落,自锐性好。由于磨具在磨削时主要是磨粒对工件产生力的相互作用,当磨粒受外力作用后,必然使结合剂同时受到一定的外力作用。因此,磨具硬度是磨粒和结合剂受外力的综合反映,以结合剂把持磨粒从表面脱落的难易做判断。所以,决定磨具硬度主要不是磨粒本身的硬度,而是结合剂把持磨粒的能力。硬度不高的磨粒,可以制成硬度高的磨具;硬度高的磨粒,也可以制成硬度低的磨具。

磨具硬度是衡量磨具质量的重要指标之一,在磨具的所有物理机械性能中,它较能正确地反映磨具磨削的性能。目前,国内外测定磨具硬度的方法很多,其中手锥法、机械锥法、喷砂法和洛氏法是应用最广泛的方法。此外,还有声频法、超声法等测定方法。

根据机械行业标准 JB/T 7992 磨具的检查方法,粒度为 $36^\# \sim 150^\#$ 树脂结合剂磨具,用喷砂硬度机检验硬度,精度为 $180^\# \sim W5$ 树脂结合剂磨具,用洛氏硬度计检验硬度。

根据 GB/T 2484 规定,磨具硬度代号按软至硬顺序分为 A、B、C、D、E、F、G、H、J、K、L、M、N、P、Q、R、S、T、Y,共 19 级。我国的磨具硬度和其他国家和组织的对比如表 1-4。

表 1-4 磨具硬度对照表

硬度等级	中国 GB/T 2484	美国(诺顿公司)	日本 JIS	ISO
极软	A、B、C、D	A、B、C、D、E、F、G	A、B、C、D、E、F、G	A、B、C、D、E、F
很软	E、F、G	H、I、J、K	H、I、J	G、H、I
软	H、J、K		K、L	J、K
中软	L、M、N	L、M、N、O	M、N	L、M
硬	P、Q、R、S	P、Q、R、S	O、P、Q	N、O、P
很硬	T		R、S	Q、R
极硬	Y	T、U、V、W、X、Y、Z	T、U、V、W、X、Y、Z	T、U、V、W、X、Y、Z

但是,对于树脂结合剂磨具来说,由于本身具有较大的弹性,直接影响到硬度测定的

准确性。特别是对于弹性较大的树脂结合剂磨具,现行磨具硬度测定方法已不能真实反映出磨具硬度。

(4)侧向负荷 手持磨削的纤维增强钹形砂轮(27型,28型)、纤维增强平形切割砂轮(41型)和纤维增强钹形切割砂轮(42型)由于有时会进行侧向磨削,因此需要考察其在侧向力情况下最高工作速度时的抗侧向负荷能力和侧向抗冲击负荷能力。

单点侧向负荷指砂轮以最高工作速度转动时,侧面承受一个压轮加载时的最大负荷,如图1-2所示。

三点侧向负荷指砂轮以最高工作速度转动时,侧面除压轮外,在砂轮另一侧面安装两个被动托轮加载时的最大负荷,如图1-3所示。

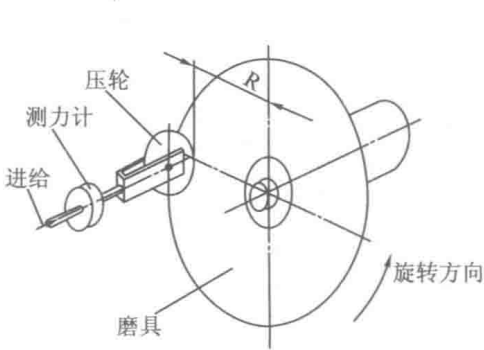


图1-2 单点侧向负荷示意图

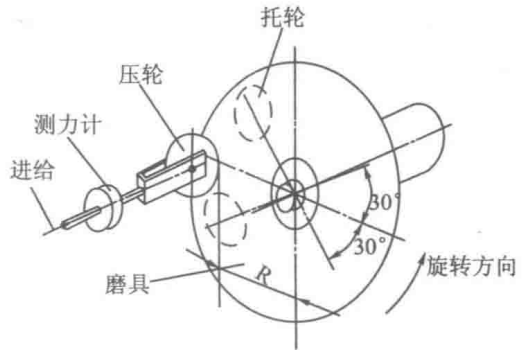


图1-3 三点侧向负荷示意图

试验中当砂轮转速达到最高工作速度时,压轮以3 mm/s的进给速度开始加压直到砂轮破碎,此过程中最大的压力值即为砂轮的单点、三点侧向负荷。

侧向抗冲击负荷通过在砂轮侧向抗冲击试验机上当砂轮以最高工作速度转动时,采用钢制冲击撞针撞击到砂轮的一个侧面,如无相应的如图1-4所示的明显的可视损伤,对于切割砂轮提高一级冲击试验机的冲击力再做冲击试验。如果仍不出现图1-5所示的损失,则再次提高冲击力直至产生明显损伤或破裂。此时标称势能值即为砂轮的最大侧向抗冲击负荷。

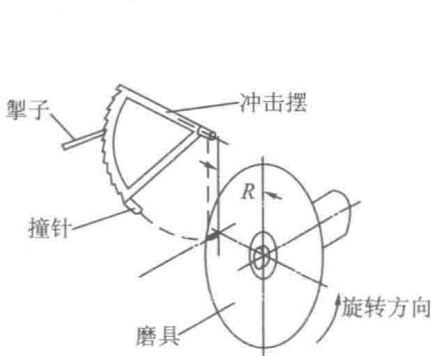


图1-4 砂轮侧向抗冲击负荷试验机原理

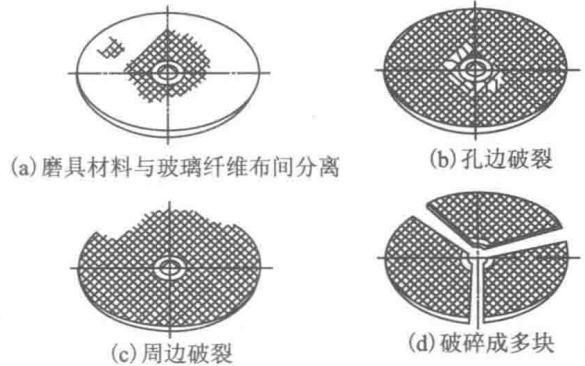


图1-5 冲击试验的损伤类型

(5)砂轮的不平衡 砂轮在旋转或运动时,由于本身的质量中心和它的旋转轴中心不相重合,而引起振动,称为砂轮不平衡。振动力的大小,以(克)来表示,称为不平衡值。砂轮的不平衡分为静不平衡、动不平衡和综合不平衡三类。

静不平衡:是指砂轮的重心与旋转中心线在同一平面上,但位于该中心线的一侧。