

砂带磨削原理 及其应用

黄 云 朱派龙 编著



重 庆 大 学 出 版 社

砂带磨削原理及其应用

19.08元

砂带磨削原理及其应用

黄 云 朱派龙 编著

重庆大学出版社

砂带磨削原理及其应用。

黄 云 朱派龙 编著

责任编辑 蒋怒安

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆大学印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 424 千

1993 年 11 月第 1 版 1993 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—4000

ISBN7-5624-0712-6/TH·13 定价: 14.00 元

(川) 新登字 020 号



目录

内容简介

本书较为全面和系统地阐述了砂带磨削的基本原理，其中包括砂带的构造、砂带磨削机理与磨削过程的各参数间相互关系以及砂带磨床的设计和使用原则等基本理论知识，介绍了砂带磨损及磨削温度的数学模型的建立及优化过程、砂带磨削的适应控制及磨床自动化方面的理论，书中还给出了砂带磨削常用磨削参数及用量的选择规范，提供了大量砂带磨削设备的实物图片资料，并对国内外砂带磨削技术的现状与最新发展动态进行了综述，最后还对砂带磨削在难加工材料的磨削与精密加工方面的应用以及电解砂带磨削、超声砂带磨削等新工艺作了较为详细的叙述。

本书可供从事机械制造（金属与非金属行业切削加工）的工程技术人员、科研人员及大专院校的有关师生参考。

Brief Introduction

This work relates systematically the basic knowledge about abrasive belt and the theory of abrasive-belt grinding, the current situation at home and abroad, the main points of abrasive-belt machine tool design, typical and common-used techniques of abrasive-belt grinding, implementation principle and designing methods and steps on machining techniques for various kinds of work-pieces, including the choices of grinding parameters and relevant grinding fluids, the foundation of mathematic models for abrasive-belt wear as well as grinding temperature, optimum design and the fundament theory of adaptive control for abrasive-belt grinding machine tool. The last part introduces abrasive-belt grinding combination technology with some other special machine methods, such as electrochemical abrasive-belt grinding and ultrasonic abrasive-belt grinding etc. and techniques of abrasive-belt grinding some kinds of difficult-to-machine materials.

Therefore, it owns important reference or using value for those who are engaged in mechanical machining, scientific researchers of abrasive-belt grinding and teachers or students in college or polytechnic school.

前言

先进的机械加工方法之一——砂带磨削经过近三十年的发展，现已成为一项较完整且自成体系的新的加工技术。砂带磨削因其加工效率高，应用范围广、适应性强、使用成本低、操作安全方便等特点而广受青睐。在国外，砂带磨削技术已有了很大的进步，其加工对象和应用领域日趋广泛，它几乎能加工所有的工程材料，从一般日常生活用具到大型宇航器具无所不可应用，并已成为获取显著经济效益的一种重要手段。在国内，人们对砂带磨削技术及其优越性的认识越来越深刻，并开始引起重视，因而对其研究和应用也初具规模，相应地涌现了一些研究机构及应用单位。为此，本书的问世必将为砂带磨削这一新技术在我国的推广起到积极促进作用，这也正是编写本书的主要目的。

本书取材广泛，内容丰富，既包括了作者长期从事砂带磨削研究及应用的经验和体会，又吸收了国内外有关方面的最新成果。全书共分七章，前三章着重阐述砂带磨削的基础知识；四、五章重点介绍砂带磨削设备的设计及应用知识，并赋以典型实例；最后两章主要介绍了砂带磨削的最新发展和典型难磨材料的高效、精密砂带磨削工艺。全书体现了砂带磨削技术的系统性和独立性，特别是理论与实际应用并重，伴有大量实验数据、图表及典型实例。书末附有目前国内外砂带及砂带磨床有关制造单位的产品目录以及有关研究单位的研究成果。本书对机械、冶金、化工、航空航天、造船及轻工等行业中从事金属及非金属加工的工程技术人员及实际操作人员都有重要的参考及使用价值，也可供从事砂带磨削研究的科研人员及对砂带磨削感兴趣的大(中)专院校师生参考。

本书整个编写过程中得到重庆大学机械工程一系徐发仁教授的关怀和指导，并负责了全书的审稿工作。在此表示衷心的感谢。此外，重庆一中谢蓉同志及重庆大学马秀馥同志为本书的顺利出版付出了辛勤的劳动，重庆大学海达砂带磨床公司杨彪同志，郑州中国第二砂轮厂砂带公司也为本书的出版给予了大力支持，在此一并表示感谢。

限于作者的水平，书中难免有错误和欠妥之处，希望读者批评指正。

作者

1993. 6 于重庆

符号及意义

A 面积	N 电机功率;加工工件数
a_p 磨削深度	N_s 砂带磨削的功率
a_{pm} 实际磨削深度	N_c 接触面积上的磨粒总数
B 砂带宽度	n_d 驱动轮转速
b_s 磨削宽度	n_w 工件转速
C 切除单位材料所消耗成本	p 接触轮接触应力;静压力;超声频率交变力
c_s 临界阻尼	$P(\delta)$ 在深度为 δ 的切刃参与磨削活动的概率
C_L 劳动成本和管理费用	Q 电量;热容量
D 接触轮直径	Q_s 不平衡值
D_1 驱动轮直径	R_a 加工表面粗糙度(轮廓算术平均偏差)
D_s 当量圆直径	R_r 加工表面粗糙度(显微不平度十点高度)
D_i 导轮直径	R_N 切向磨削力与法向磨削力之比值
d_A 张紧轮和驱动轮(或接触轮)之间的中心距	R_w 磨削热传入工件的比例
d_w 工件外径	T 工件温度
e 偏心距;零件不平衡重心对转动轴线的剩余偏移量	t 磨削时间
F 张紧力	t_0 砂带经济寿命
F_f 砂带的驱动拉力(有效圆周力)	t_{er} 砂带有效寿命
F_n 法向磨削力	U_{ca} 单位切屑形成能
F_{n0} 滑擦停止,切削开始时法向力的临界值;不考虑砂带磨损情况的法向磨削力	U_{μ} 单位耕犁能
F_t 切向磨削力	U_s 比磨削能
F_{t0} 不考虑砂带磨损情况的切向磨削力	U_d 单位滑擦能
f 振动频率,轴向窜动	V_g 工作电压
f_s 轴向进给量	V_r 径向进给速度
f_r 径向进给	V_s 砂带磨削速度
G 重量	V_w 工件运动速度
G_s 单位面积上的砂带重量	W_t 稳定磨损期间的磨损率
$g(x)$ 磨粒沿砂带厚度方向的分布密度函数	W_r 磨损率
H_s 邵氏橡胶硬度	X 振幅
J 电流密度	x 接触轮槽棱比
J_0 热功当量	V_T 砂带有效寿命期内材料切除总量(即累积材料切除量)
J_s 导电面积	Z 开槽数
K 弹性系数	Z_s 磨粒钝化速率
K_a 磨削刚度	Z_w 材料切除率
$K_{..}$ 比磨削能系数	Z'_w 单位宽度材料切除率
L 砂带周长	α 砂带绕驱动轮的有效包角;接头砂带断面坡度
l 磨削长度	β 沟槽导角;砂带接头角
l_c 接触长度	A 电极极间间隙
	δ 磨损高度;磨料磨损后的高度(量)

δ_0 初期磨损高度(量)

δ_b 砂带厚度

ε 法向力与切向力之比值

η 机械效率

η_{cr} 临界磨损面积率

η_b 磨损面积比率;切削刃比

η_s 磨削效率

A_w 工件切除参数

λ_s 剪切能传入工件的比例

μ 摩擦系数

σ 残余应力;标准偏差

σ_s 被磨材料屈服强度

σ_{rs} 橡胶与金属粘结强度

ω 角速度

ω_s 工件系统固有频率

目 录

第一章 砂带磨削概述	1
§ 1-1 砂带磨削的基本概念	1
§ 1-2 砂带磨削的主要特点及应用范围	4
§ 1-3 国内外砂带磨削应用与发展概况	7
第二章 砂带	12
§ 2-1 砂带的组成要素及砂带的种类	12
§ 2-2 基材及其种类和应用	18
§ 2-3 磨料及其种类和应用	22
§ 2-4 粘结剂及其种类和应用	29
§ 2-5 砂带接头处理与砂带尺寸规格划分	33
§ 2-6 砂带的制造过程简介	37
§ 2-7 砂带的质量标准及测试	43
第三章 砂带的磨削过程	49
§ 3-1 砂带磨削的运动及其磨削机理	49
§ 3-2 砂带磨削性能的评定指标及其影响因素	59
§ 3-3 砂带磨削的磨削液	89
§ 3-4 接触轮弹性变形对砂带磨削的作用机理	94
§ 3-5 砂带磨削过程参数的模型建立及优化	103
第四章 砂带磨床设计	110
§ 4-1 砂带的传动及受力分析	110
§ 4-2 砂带磨床的结构设计	112
§ 4-3 常用砂带磨头简介	141
第五章 砂带磨削设备分类介绍	147
§ 5-1 外圆砂带磨削与磨床结构	147
§ 5-2 内圆砂带磨削与磨床结构	160
§ 5-3 平面砂带磨削与磨床结构	168
§ 5-4 异形曲面砂带磨削与磨床结构	179
§ 5-5 手动砂带磨削及其设备	190
第六章 难加工材料的砂带磨削	199
§ 6-1 不锈钢的砂带磨削	199
§ 6-2 钛合金的砂带磨削	204
§ 6-3 高硬脆磁盘涂层材料的砂带磨削	207
第七章 砂带磨削的新发展	213
§ 7-1 超声振动精密砂带磨削	213
§ 7-2 电解砂带磨削	218
§ 7-3 砂带磨削的加工自动化	225

§ 7-4 砂带的新发展	234
附录 1 国内外磨料代号及粒度对照表	238
附录 2 国内有关单位科研成果及产品一览表	241
附录 3 国外部分产品技术参数一览表	250
参考文献	259

第一章 砂带磨削概述

砂带磨削是一种高效、经济、用途广泛,并有“万能磨削”之称的新型磨削工艺。在现代工业中,砂带磨削技术已被当作是与砂轮磨削同等重要的一种不可缺少的加工方法。在工业发达国家,砂带磨削应用已十分普遍,各种高精度、高效率、自动化程度很高的砂带磨床被广泛应用于航天、航空、舰船、汽车、冶金、化工及能源设备等制造行业,并成为国际上名牌机床公司竞争的一个领域,同时也是历届国际机床博览会中展销的重要组成部分。

§ 1-1 砂带磨削的基本概念

一、砂带磨削技术的产生

砂带磨削属于涂附磨具磨削的一种形式,其产生源于砂纸的出现,即 1760 年。但当时只局限于手工操作,直到 1900~1910 年才进入机械使用砂纸的时代,并开始应用于木材行业。1930 年后,砂带磨削逐步向金属加工方面发展,第二次世界大战中美国率先在兵器制造中使用砂带磨削,取得明显效果。本世纪 50 年代初,静电植砂方法的研制成功把砂带磨削推到了一个新的阶段,砂带磨削应用逐渐普遍。以后欧洲几个工业国和日本也相继开展了砂带磨削技术的研究和应用,逐步使砂带磨削发展成为一个较为完整和自成体系的加工技术领域。

二、砂带磨削的基本要素和特征

1. 砂带磨削的基本要素

如图 1-1 所示。

1)砂带 与一般机床切削相同,要实现切削首先必须要有刀具,而砂带磨削的“刀具”就是砂带。

2)驱动轮(或驱动机构) 驱动轮是驱动砂带运动进行磨削的直接动力传递件。

3)张紧轮(或张紧机构) 如同平皮带机械传动原理一样,要让砂带能够稳定地作磨削运动,仅有驱动轮不行,还必须有张紧轮使砂带张紧,形成一定的初张力。

4)接触方式 砂带以何种方式接触工件进行磨削,这是砂带磨削的一个十分重要的因素。

5)磨削参数 指砂带磨削过程中为达到磨削的目的所必须满足的条件。它包含了砂带的线速度 V_s 、工件运动速度 V_w 、磨削深度 a_p 等。

6)磨削对象 即工件。

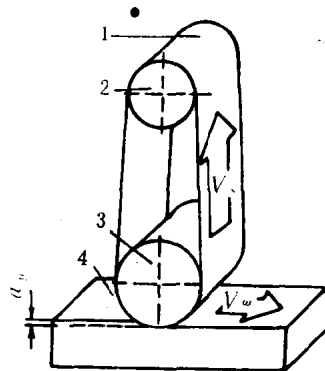


图 1-1 砂带磨削基本要素

1—砂带 2—张紧轮 3—接触轮
4—工件 V_s 、 V_w 、 a_p —磨削参数

2. 砂带磨削的基本特征

从图 1-1 可以知道,砂带磨削是由砂带、驱动轮、张紧轮、接触方式、磨削参数以及工件所构成的一个加工过程,因而其基本特征可以概括为:将砂带套在驱动轮和张紧轮(间或使用导轮、压磨板、接触带等辅助结构)的外表面上,并使砂带张紧和运动;根据工件形状和加工要求以相应的接触方式和一定的磨削参数对工件进行磨削或抛光。

三、砂带磨削的基本形式

从不同角度,砂带磨削的形式有不同的划分标准。以下是常见的几种分类方式。

按基本结构形式,砂带磨削总的可以分为闭式和开式两类,如图 1-1 和图 1-2 所示。闭式砂带磨削在高效强力磨削和精密磨削两方面都有极为广泛的应用,它是砂带磨削的主流。

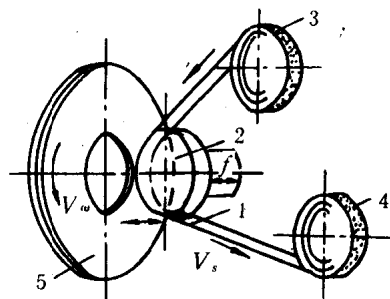
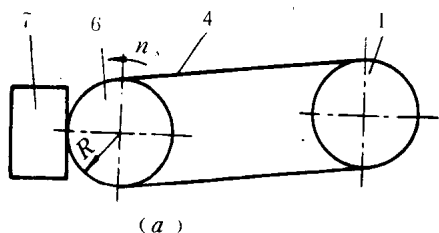
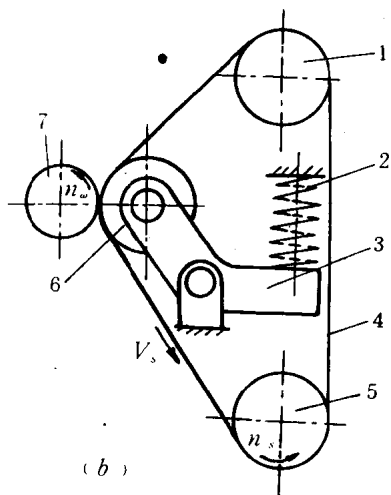


图 1-2 开式砂带磨

1—砂带 2—接触轮 3—砂带轮
4—卷带轮 5—工件



(a)



(b)

图 1-3 接触轮式砂带磨削

1—张紧轮 2—拉簧 3—浮动机构 4—砂带
5—驱动轮 6—接触轮 7—工件

开式砂带磨削多用于精密加工和超精密加工之中,砂带的使用周期长,可以省去许多换带的时间。但由于开式砂带磨削速度主要靠工件的高速运动得到,故对于一些不能够高速运动的工件来说使用上将受到一定的限制。

闭式和开式砂带磨削均可进行外圆、内孔、平面和型面等各种表面加工,应用范围十分广泛。在这两大类方式中又可以分为接触轮式、压磨板式和自由式几种基本形式。

1. 接触轮式

如图 1-3(a)、(b)所示,砂带通过接触轮与工件接触进行磨削。在砂带磨削的几种方式中,接触轮式应用最为广泛。它可以加工工件的外圆、孔、平面,又可以将接触轮制成一定的形状对工件曲面进行成形加工。图中(b)为浮动接触轮磨削,主要用于对不规则型面的随行加工。

2. 压磨板式

如用 1-4(a)、(b)所示,磨削时砂带通过压磨板与工件接触。压磨板起加压作用,一般用于平面加工,可增大接触面积,提高磨削效率和工件几何精度,特别是平面度。

图 1-4(b)所示的是在压磨板与砂带之间设计有一层具有弹性的填充材料和耐磨衬垫,这种磨削方法目前多用于片状零件去除平面毛刺和飞边,也可用于诸如卷带、薄片材料的抛光加工。

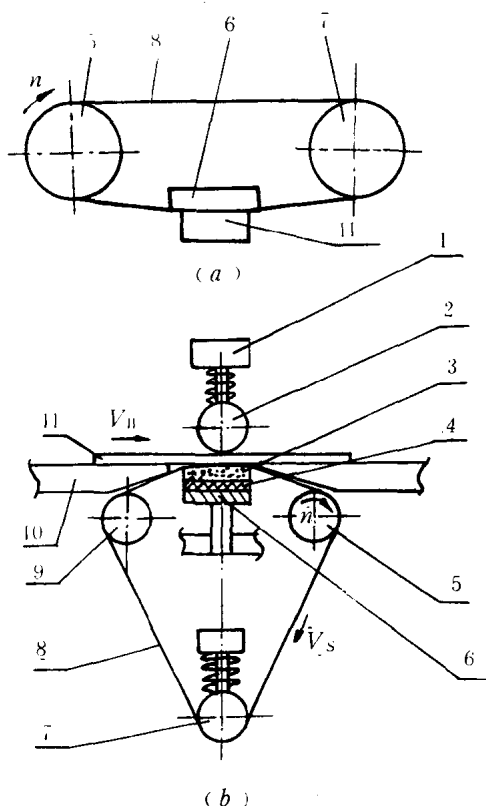


图 1-4 压磨板式

- 1—支架 2—压轮 3—耐磨垫 4—橡胶
5—驱动轮 6—压磨板 7—张紧轮 8—砂带
9—支承轮 10—托板 11—工件

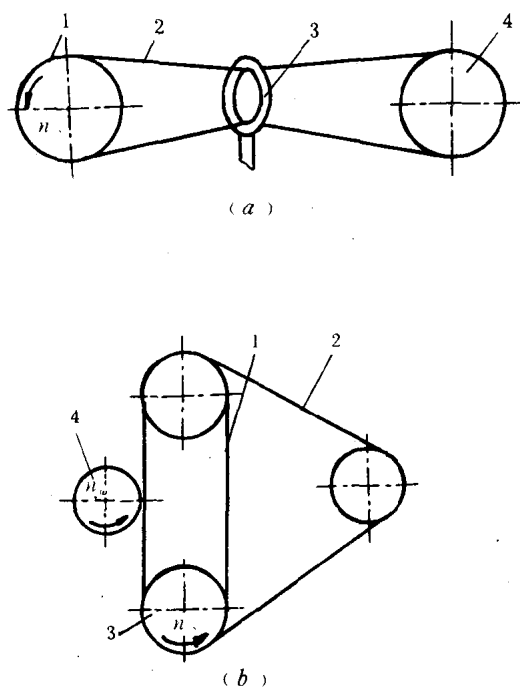


图 1-5 自由式

(a)自由式砂带磨削

- 1—驱动轮 2—砂带 3—工件 4—张紧轮

(b)自由式接触带磨削型

- 1—接触带 2—砂带 3—驱动轮 4—工件

3. 自由式

如图 1-5(a)、(b)所示,工件直接与柔性的砂带接触,中间不用任何物体支承砂带,它是利用砂带张紧后自身的挠性对工件进行磨削或抛光。这种方式在一定范围内很容易适应工件的轮廓,尤其是不规则形状的工件,故多用于加工外成型表面和倒棱、去毛刺、抛光等工序中。大多数情况下自由式砂带磨削的材料切除率较小,但抛光的效果较好。为了改善这种情况,可设计如图 1-5(b)所示的接触带自由式砂带磨削。接触带多采用类

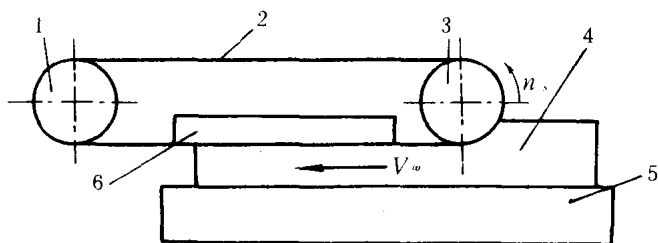


图 1-6 复合型砂带磨削

- 1—张紧轮 2—砂带 3—接触轮
4—工件 5—工作台 6—压磨板

似于平皮带或其它传动带的材料和形式,当其被张紧后,中间悬空部分比单一的砂带张力要大得多,对工件的磨削压力增大,效率自然提高。

实际应用中,上述三种形式并非孤立地被采用,而是结合具体加工情况,设计一种、二种甚至三种复合在一台设备上使用,进而大大发挥砂带磨削的多重作用,如图 1-6 所示。它采用接触轮式与压磨板式复合的形式,集中了接触轮式磨削效率高和压磨板式平面磨削精度高的优点。

此外,按操作方式,砂带磨削可以分为手动磨削和机动磨削。

按磨削力的外加方式,砂带磨削可以分为恒力磨削和恒切除率磨削。

恒力磨削是指砂带在磨削过程中与工件始终保持恒定的磨削力(即接触压力),如图 1-7 所示。管材、棒材外圆表面的除锈抛光,工业搪瓷罐内壁焊缝打磨与整体除锈等等都属于这类。

恒切除率磨削是指在整个磨削过程中,砂带磨削去除的材料在每一个单位时间内都是恒定的。其值的大小取决于磨削深度和工件在纵横两个方向的进给量(见图 1-1 所示)。按给定磨削参数进行的平面磨削,内、外圆磨削等都是恒切除率磨削的形式。

按磨削过程中有无冷却液,砂带磨削还可以分为干磨和湿磨两种情况。

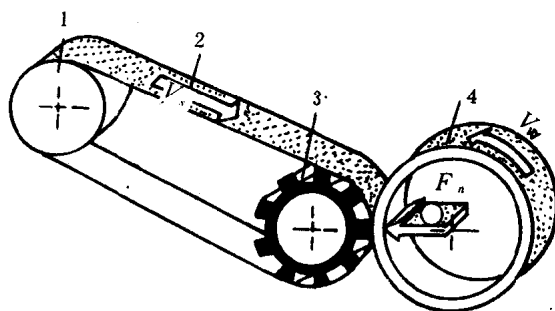


图 1-7 恒力砂带磨削

1—张紧轮 2—砂带 3—接触轮 4—工件

§ 1-2 砂带磨削的主要特点及应用范围

一、砂带磨削的主要特点

砂带磨削作为一种加工技术之所以受到人们日益广泛的重视,得到迅速发展,是因为它具有以下一些重要的特点所决定的。

1) 砂带磨削是一种弹性磨削,因而砂带磨削是一种具有磨削、研磨、抛光多种作用的复合加工工艺。

2) 砂带上的磨粒比砂轮磨粒具有更强的切削能力,所以砂带磨削的效率非常高。砂带的磨削效率高表现在它的切除率、磨削比(切除工件重量与磨料磨损重量之比)和机床功率利用率三个方面都很高。目前已知的砂带磨削对钢材的切除率已达到 $700 \text{ mm}^3/\text{mm} \cdot \text{s}$,甚至超过了车削或铣削等。砂带的磨削比大大超过了砂轮,高达 $300:1$,甚至 $400:1$,而砂轮才 $30:1$ 。砂带磨床的功率利用率,远在砂带磨削发展初期就已达 80% ,领先于其它切削机床,而今则高达 96% ,几乎将全部的输入功率转化成了有用功率。相比之下,砂轮磨床只有 52% ,铣床 57% ,车床 65% ,所以砂带磨削还是一种很好的节能加工技术。

3) 砂带磨削工件表面质量高。这除了因为砂带磨削具有磨削、研磨和抛光的多重作用外,还因为:

(1)相对砂轮磨削而言,砂带磨削有“冷态”磨削之称,即磨削温度低,工件表面不易出现烧伤等现象。

(2)砂带磨削系统振动小且稳定性好。

由于砂带本身质量轻,其磨削工艺结构系统的平衡状态易于控制,所有的回转部件(如接触轮、驱动轮、张紧轮等)磨损极小,不会出现象砂轮那样的动不平衡因素。

此外,砂带的弹性磨削效应能够大大减轻或吸收磨削时产生的振动和冲击。

(3)磨削速度稳定,砂带驱动轮不会象砂轮一样越磨直径越小速度越慢。

砂带磨削工件表面质量高主要表现在表面粗糙度值小,残余应力状态好以及表面无微观裂纹或金相组织变化等现象。

从表面粗糙度来看,砂带磨削目前已可达 $R_a 0.01\mu\text{m}$,达到了镜面磨削的效果,而对于粗糙度值在 $R_a 0.1\mu\text{m}$ 以上的情况,砂带磨削则非常容易达到。

砂带磨削工件表面残余应力多呈压应力状态,其值一般在 $-60 \sim -5\text{kg/mm}^2$,而砂轮磨削则多是张应力,所以这非常有利于强化工件表面,提高工件疲劳强度。

使用砂带磨削极少出现工件表面烧伤,微观金相组织变化及裂纹等现象,特别是在磨削耐热难加工材料时,效果更加明显。

4) 砂带磨削精度高。由于砂带制作质量和砂带磨床生产水平的提高,砂带磨削早已跨入精密和超精密加工的行列,最高精度已达到 $0.1\mu\text{m}$ 。

5) 砂带磨削成本低。这主要表现在:

(1)砂带磨削设备简单。与砂轮磨床相比,砂带磨床简单得多,这主要是因为砂带质量轻,磨削力小,磨削过程中振动小,对机床的刚性及强度要求都远低于砂轮磨床。

(2)砂带磨削操作简便,辅助时间少。不论是手动还是机动砂带磨削,其操作都非常简便。从更换调整砂带到被加工工件的装夹,这一切都可在很短时间内完成。此外,砂带磨削不需平衡和修整等工作。

(3)砂带磨削比大,机床功率利用率高,切削效率高。

这使得切除同等重量或体积的材料所消耗的工具和能源费用减少,占用时间短。

图 1-8 是对铸铁离合器片的加工情况,要求加工余量是 2mm ,车削所达的材料切除率为 $80\text{mm}^3/\text{mm} \cdot \text{s}$,砂带磨削时,使用的是粗粒度锆刚玉磨料,基材采用聚酯棉织底材,由图可

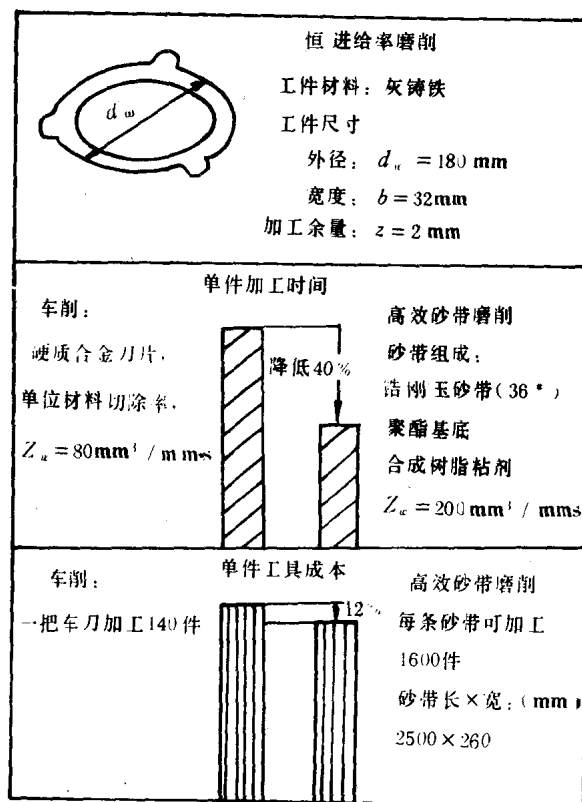


图 1-8 高效砂带磨削同车削对比图

见砂带磨削比车削加工时间节约 40%，材料切除率达 $200\text{mm}^3/\text{mm} \cdot \text{s}$ ，成本降低 12%。图 1-9 是对 50 钢材料的钢板焊前倒角加工，要求斜切的钢板边缘，最大余量为 11mm。铣削采用 8 片硬质合金镶嵌式端铣刀，砂带磨削仍采用粒度为 36# 的锆刚玉砂带，由图可见砂带磨削比铣削加工时间节约 34%，而成本降低 20%。

6) 砂带磨削非常安全，噪音和粉尘小，且易于控制，环境效益好。

由于砂带本身质量很轻，即使断裂也不会出现象砂轮那样有伤人的危险。砂带磨削时不象砂轮那样脱砂严重，特别是干磨时，磨屑构成主要是被加工工件的材料，很容易回收和控制粉尘。由于采用橡胶接触轮，砂带磨削不会象砂轮那样形成对工件的刚性冲击，故加工噪音很小，特别是在磨削诸如锅炉、钢圈等工件时，其噪音仅相当于砂轮磨削的 1/2，即 60~70dB(A)。由此可见从环保角度来看，砂带磨削也是十分值得推广的。

7) 砂带磨削工艺灵活性大、适应性强，这表现在：

(1) 砂带磨削可以十分方便地用于平面、内、外圆和复杂曲面的磨削。设计一台砂带磨头装置，作为功能部件可以装在车床上进行车后磨削，也可以装在刨床上使用，同时还

可以设计成各种专用的磨床。利用砂带磨削的这种特点能够很容易地解决一些难加工零件，如超长、超大的轴类和平面零件的精密加工。

(2) 砂带的基材、磨料、粘结剂均有很大的选择范围，能适应各种用途的需要。砂带的粒度、长度和宽度也有各种规格，并有卷状、环状等多种形式可供选用。

(3) 对同一种工件，砂带磨削可以采用各种不同的磨削方式和工艺结构进行加工。

二、砂带磨削的应用范围

砂带优越的磨削性能和灵活的工艺特性决定了它有极其广泛的应用范围。从日常生活到工业生产的各行各业，砂带磨削几乎遍及所有领域。其应用形式之多样，范围之广泛是其它任何一种加工方法所不能比的。具体表现在：

1) 砂带磨削几乎能磨削所有的材料。除了砂轮磨削能加工的材料外，砂带磨削还可以加工诸如铜、铝等有色金属和木材、皮革、塑料等非金属软材料。特别是砂带磨削的“冷态”磨削效应使之在加工耐热难磨削材料时更显出独特的优势。

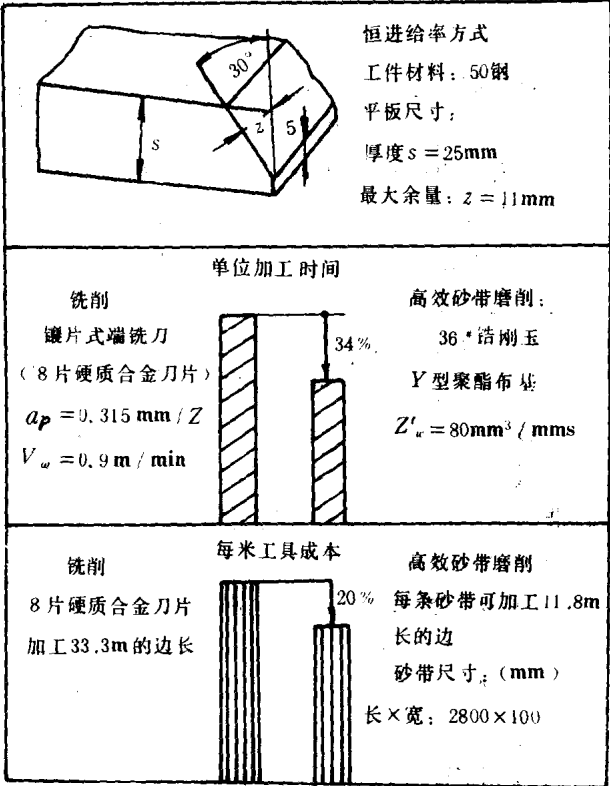


图 1-9 铣削同砂带磨削的比较

2) 砂带磨削能够加工表面质量及精度要求高的各种形状的工件。砂带磨削不但可以加工常见的平面、内外圆表面的工件,还能以极高的效率加工表面质量及精度要求都较高的大型或异型工件。例如:

(1)大面积板材的抛磨加工。砂轮的宽度最大仅 1000mm,而砂带可以做到 2500mm 以上。目前已知的最宽的砂带磨床所使用的砂带宽达 4900mm。实际使用中砂带磨削常见的加工宽度为 50~2000mm,加工厚度 0.4~150mm。其生产率高达 1000m²/h。这种宽砂带磨削可广泛用于钢板、不锈钢板、硅钢片、铝板、铜板、刨花板、胶合板、中密度纤维板、整张皮革、绝缘板、陶瓷板以及宇航器具、舰船和核物理研究装置上使用的各种高精度低粗糙度的大型板材等的表面加工。发动机变速器箱体端面等断续平面的精密加工也可以用宽砂带磨削一次成形,并能保证比传统铣、刨加工的表面有更好的密封性。

(2)金属带材或线材的连续抛磨加工。由于宽砂带磨削的发展,使薄型带材在整个宽度上都有相同的磨削条件,不致于发生局部受力过大,产生应力和变形,故冷轧钢带、铜、铝带及其它合金带材等的表面都适合于用砂带连续抛磨。其加工宽度为 600~2100mm,加工厚度 0.1~2.2mm,表面粗糙度值 R_a 3.2~0.1 μ m。带材运行速度为 3~80m/min。行星式砂带磨削为不锈钢或其它材料的成卷线材的抛磨提供了一种十分有效和经济的加工方法。已知的线材抛磨直径在 ϕ 0.8~ ϕ 20mm。连续运行速度 6~150m/min。

(3)长径比很大的工件内、外圆抛磨。现代工业中各种大型的、长径比很大的轴类工件的外圆和管类工件的内圆表面的加工利用砂带磨削十分方便。一般可在大型标准设备上增加一个砂带磨削装置便可实现。批量大的则可采用专用的砂带磨床。如大型发电机转子、轧辊、造纸烘缸等工件的外圆和汽缸、石油管道、压力容器等工件的内圆表面加工。

(4)复杂异型工件的抛磨。曲面工件的成型磨削,难度较大。然而利用砂带的柔性可方便地加工各种复杂曲面,曲率半径仅为 3mm 的内圆角,砂带亦可对其进行抛磨。如飞机发动机叶片、汽轮机叶片、导航叶片、聚光镜灯碗、反射镜、餐具、手柄、水暖器具等等都可用砂带进行高效率高质量的抛磨加工。

3) 砂带磨削设备形式多样,品种繁多。砂带磨削可在各种通用型和专用型砂带磨削设备上进行。通用型砂带磨削设备小的有手提式砂带机,万能砂带机,台式砂带机;大的有外圆砂带磨床,平面砂带磨床,无心磨床和内圆磨床等等。专用的砂带磨床有凸轮轴砂带仿形磨床,工业搪瓷罐砂带抛磨机,汽车轮胎钢圈端面砂带抛磨机,摩托车油箱砂带抛磨机等等。总之,无论是通用型还是专用型的砂带磨削设备,形式多样、品种繁多。

§ 1-3 国内外砂带磨削应用与发展概况

砂带磨削作为一种独立而自成体系的加工技术从它的产生到现在,经历了由仅限于手工粗磨、机械半精磨到机械化、自适应控制精密或超精密加工的发展过程。特别是近二三十年来,砂带磨削得到了很大的发展,应用范围越来越广泛,早已超越了砂带磨削产生之初所形成的只能用于粗加工的陈旧概念。随着砂带制造技术水平的提高以及新的高强度磨料的出现,显著地提高了砂带磨削效率、磨削精度和砂带使用寿命,使砂带磨削进入了一个新的发展阶段。目前,国内外都非常重视砂带磨削的基础理论研究和应用研究,并出现了一些新的发展方向,如电解复合砂带磨削,超声砂带磨削以及电镀金钢石金属带砂带磨削等,使砂

带磨削技术继续不断地向新的方向发展,充分显示了砂带磨削在未来制造业中的强大生命力。

一、国外砂带磨削概况

国外砂带磨削发展非常迅速,现已达到相当高的水平。特别是欧、美及日本等工业发达国家,从事砂带磨削技术研究,开发的研究机构和砂带、砂带磨床制造厂家(或集团)数量很多且实力雄厚,其成果和产品代表了当今世界砂带磨削技术的最高水平。以下主要就这些国家在砂带磨削技术方面的情况作适当介绍。

1. 美国应用砂带磨削的情况

美国在砂带磨削方面作了大量开创性的工作,并一直走在世界前列。仅诺顿(Norton), 3M, 卡普伦敦(Carborundum)三大著名砂带集团就开发了数万余种不同规格的砂带。近 60 家企业和公司向各制造业提供了数百种型号的砂带磨床。在美国,平均每 4 台磨床中就有 1 台砂带磨床,足以说明其普及程度。比较著名的砂带磨床制造厂家有:森德斯特兰(Sundstrand)机床公司,哈蒙德(Hamond)机械制造公司,希尔艾克姆(Heil Acme)公司,马蒂逊机床厂,Emerson Electric 公司以及 Dynabrade 公司等。所生产的砂带磨床从大型传送带平面砂带磨床、无心砂带磨床、宽砂带平面磨床直到微型手枪式砂带机等无所不有。3M 公司还专门成立了 CAM 中心为使用砂带磨削技术提供咨询服务。

砂带磨削在美国如此普及,还与各大砂带制造集团在研制开发新型高品质砂带方面所取得的成就有密切关系。诺顿、3M 公司相继开发成功的长寿命高切除率的锆刚玉砂带为大型重载高效砂带磨削提供了条件。3M 公司研制的聚脂树脂薄膜研磨砂带为砂带的精密和超精密磨削加工奠定了基础。

在高速磨削方面,美国也试制成功了 100m/s 高速砂带磨床。随着砂带制造工艺的改善,机床结构刚度的提高,机床功率的增加使砂带磨床的金属切除率逐步提高,1974 年比 1972 年提高 50%,而 1978 年比 1975 年又提高 40%。美国在强力磨削研究方面也很活跃,Emerson Electric 公司利用砂带强力磨削齿轮箱平面,一次加工铸铁件的余量为 6.35mm,其生产效率比用端面铣刀铣削高 10 倍。3M 公司生产的一种安装在直径为 1.73m 的回转工作台及四个工作主轴的砂带平面磨床(见图 5-35),每小时可产生 272kg 切屑,砂带每 cm 宽度每分钟可切除金属 650cm³,功率达 90KW。1976 年美国芝加哥举办的国际机床博览会上,森德斯特兰厂展出的希格灵立式砂带磨床(四工位,粗、精磨削)加工 38cm² 铸铁缸盖,金属切除量达 900kg/h。每小时可磨 200 个缸盖,加工尺寸精度可达 0.03mm,平直度可达 0.01mm,砂带寿命为 8 小时,而磨削一般工件寿命为 10 小时;美国屋卢森机床公司生产电机转子同心度要求 0.005mm,尺寸误差要求为 ±0.012mm,用无心砂带磨床加工,一小时可加工 200 件。美国西屋电气公司用无心砂带磨床加工 60 马力的电机转子,每小时高达 1000 件。此外,美国还把砂带磨削应用于汽车制造业的 FMS 生产线上,自动化程度已达相当高的水平。

2. 英国应用砂带磨削状况

英国应用砂带磨削技术也是比较积极的,除生产平面、外圆和万能砂带磨床外,着重发展输送带式砂带磨床、内圆砂带磨床及涡轮叶片砂带磨床。布鲁克厂生产的内圆砂带磨床能对长达 15m,直径为 25~250mm 的长管件内孔进行加工。英国的施利亚当斯厂(Cyril-Adams)生产的窄涡轮叶片砂带磨床和罗尔罗伊斯公司(Rolls-Royce)生产的涡轮叶片宽砂带