

砂带磨削

[苏] Г.Б.鲁里耶若 著

7
9586

机械工业出版社

为45/55，这足以说明砂带磨削所处的重要地位。

在我国砂带磨削尚未普及，在砂带制造上和机床设备生产上与先进水平相比差距较大。

本书介绍了砂带磨削的基本知识，是一本很好的普及读物。可供我国机械加工的工程技术人员参考。

译者对砂带磨削的实践和翻译水平有限，不妥之处难以避免，敬请读者批评指正。

译 者 的 话

砂带磨削是六十年代发展起来的先进的机械加工方法之一。它有一系列的优越性。

效率高。有用的功可达到98%左右，是金属切削机床中机械效率最高的一种。它的切削加工效率也很高，比铣削约高10倍，比一般的砂轮磨削约高5~20倍。

适应性强。能加工平面、内圆柱面、外圆柱面和复杂的型面；能加工金属材料和非金属材料（如木材、橡胶、塑料、陶瓷、玻璃和皮革等）；能加工铸铁件、锻造件、焊接件、钢锭、钢板、管件、难加工的合金以及在机床上无法安装和加工的重型零件和大面积的薄板件；能进行强力切削、粗加工、半精加工、精加工和抛光，而且可得到较好的表面光洁度（较细的表面粗糙度），加工精度可达到微米级。

表面层质量高。由于切削温度低，能保持零件原始的晶体结构，能保持或增加表面层的微观硬度和压缩残余应力，从而能提高疲劳强度，没有烧伤和裂纹等缺陷。

设备简易，价值低，使用方便和安全，有利于推广。特别是还能代替钳工某些手工作业，其意义很大。

砂带磨削技术在国外机械加工领域内不仅广泛应用而且已发展到较高水平。在自动化程度上已有数控和适应控制的砂带磨床，切削速度正在试验的是100m/s，功率高达200kW，砂带最大宽度可达4.9m，砂带寿命已由2~4h提高到8~12h以上，砂带与砂轮的消耗量之比，在美国为19/51，西德

目 录

译者的话

一、砂带磨削的一般概念	1
二、砂带	4
1. 砂带的选择	4
2. 砂带的制造	10
3. 砂带的种类和应用范围	12
4. 砂带的测量方法	15
三、砂带磨削机床	17
1. 砂带磨削机床的种类	17
2. 砂带磨削机床的主要部件及其用途	28
四、砂带磨削的加工过程	41
1. 切削方式	41
2. 磨削力和功率	41
3. 影响金属切除强度的因素	42
4. 影响砂带磨损和工作能力的因素	44
5. 影响加工精度的因素	47
6. 影响表面粗糙度的因素	48
7. 影响表面质量的因素	49
8. 冷却液对砂带磨削过程的影响	50
9. 砂带磨削的应用范围和缺陷的形式	51
参考文献	52

一、砂带磨削的一般概念

在最近几年，砂带磨削广泛应用于平面、外圆的粗加工、精加工和光整加工，对于锻件、铸件、管件及薄板金属件的修整加工也获得了广泛的应用。它能代替钳工作业（锉、修边和其它工作）和复杂形状零件精加工的手工劳动。

实现砂带磨削加工有如下方法：砂带自由张紧法（图1a）带有接触辊的转动砂带法（图1b）和接触板法（图2）。砂带安装在弹性支座（接触辊）上，借此增加砂带和被加工表面之间的接触面积，最常用的是上面套着橡胶、聚氨酯类或氯丁橡胶的接触辊。

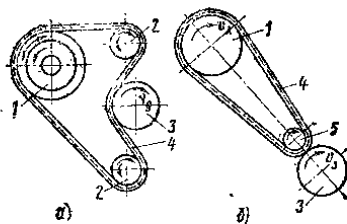


图1 砂带加工原理图

a) 砂带自由张紧法 b) 带有接触辊的转动砂带法

1—传动轮 2—张紧辊 3—加工零件 4—砂带 5—接触辊

砂带磨削——机械加工的先进方法之一。这是因为砂带磨削同砂轮加工相比较有以下优越性：

砂带和被加工零件之间接触面积较大，磨削产生的接触温度较低；

自由切削，能保证提高金属的切除量；

砂带旋转一周中，有较多的砂粒参加加工过程；

砂带的工作速度固定不变；

胶对金属的摩擦系数比砂轮的粘结剂小，从而降低了在切削区内的发热量；

对不规则表面和加工困难的部位可以进行磨削和抛光加工；

更换接触辊可改变砂带的切削特性；

可减小切削力和功率；

机床结构不复杂，机床价值低并且维修比较简单；

更换砂带（1~3 min）

和培训机床操作人员化费时间少，操作安全；

快速运转的接触辊在它的整个使用期内能保持平衡；

砂带有很大的弹性，因而整个系统有较高的抗振性；

加工表面有均匀的粗糙度；

机床容易实现组合化。

在现代机械制造条件下，砂带磨削过程还具有特别意义的是能代替钳工的手工工作，例如，在涅瓦河列宁机械厂

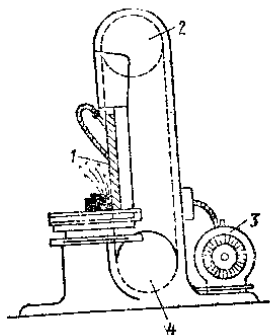


图2 用接触板的加工原理图

1—接触板 2—张紧辊 3—电动机
4—传动轮

由于使用了砂带磨床使百分之八十的繁重的手工操作实现了机械化并改善了产品质量。

砂带磨削的不足之处是：在加工过程中砂带增长，外形和尺寸达不到高精度，加工零件上的尖锐突出部和用细粒度磨料精磨困难，砂带的坚固性比较低，同时又不可能修正（在大多数的情况下）所以使用期限短。

二、砂 带

砂带是用粘结剂将磨料涂层固定在专门制造的织物或纸质基带上的挠性磨削工具，在使用冷却液润滑或干磨的条件下用于磨削和抛光各种材料。

砂带的切削性能和寿命取决于基带性能和磨料颗粒的粘结剂以及磨料的种类、牌号和粒度、涂层的密度、磨料颗粒涂在基带上的方法和其他的物理机械性能。

砂带的制造宽度是从6.3~2200mm或更大一些，砂带的长度是从280~15200 mm，基带一般的是用一定等级的纸（抗拉强度高于30kgf/cm²）和纺织物（棉制的或纤维的）。

在最近几年砂带质量有所提高。这是由于磨料的尺寸和外形得到完善的控制，新型合成胶（粘结剂）和浆料的应用以及研究出牢靠的接缝联接方法，制造出无接头砂带和提高了磨料在带子表面上分布的均匀性。

1. 砂带的选择

在选择砂带时要考虑到磨粒的种类和它在基带上的分布、磨粒的尺寸、基带的类型和粘结剂的种类以及涂敷磨粒的方法。

磨料的种类和选择 制造砂带的磨料有：标准电刚玉（15A）、白色的（24A，25A）和含铬的电刚玉、单晶电刚玉（43A，45A）、氧化铝和二氧化锆、绿色的（62C，63C）和黑色的（53C，54C）碳化硅。涂敷超硬磨料（氮化硼和

金刚砂)的砂带用于加工坚硬和脆性材料。

标准电刚玉(15A)磨料制造的砂带用于加工铸钢件、锻件、高强度铸铁件;白色电刚玉(24A, 25A)磨料制造的砂带用于加工合金钢的淬火零件、镀铬和渗氮的薄壁零件表面;难以加工的钢件和传热性能低的合金钢零件用单晶电刚玉(43A, 44A, 45A)来进行加工。

含有氧化铝和二氧化锆(25%和40%)添加剂的磨料砂带由于具有高的强度、硬度和锐利的切削刃,因而增加了寿命和提高了金属的切除量。

用绿色碳化硅(62C, 63C)磨料制造的砂带适用于最后加工铸铁、青铜和黄铜的铸件、硬质合金以及软的和韧性材料(黄铜, 铜)的最后工,而黑色的碳化硅(53C, 54C)磨料砂带适用于铸铁件、青铜件、铝件和塑料件的精加工。用碳化硅的磨粒代替电刚玉磨粒制造的砂带使切削力增加0.43倍。在选择磨料时要考虑到电刚玉可以增加金属切除量,获得比较粗糙的表面,因而对粗加工工序比较合适。而碳化硅的磨粒性脆,能承担较小的工作负荷并获得较好的加工表面粗糙度,因此,通常在精加工工序中被采用。

用氮化硼(ЛП, ЛО)和金刚砂(AC)磨料制造的砂带适用于难加工钢和合金钢件的精加工,也适于测量工具(卡规、样板、量规等)的工作面的加工和修复,更适合锻模、冲模和夹具的修整和抛光。

用氮化硼生产的耐水磨削砂带有:用薄纱作基带,静电法和机械法制造的,粒度为J14~J110的砂带;用薄纱作基带,粒度为J1M28~J1M40的耐水抛光砂带;用卡普纶作基带,粒度为J1M5~J1M20的砂带。用薄纱作基带时,砂带宽度为60mm和90mm,用卡普纶作基带时,宽度为100mm,而

长度为 500~2000 mm。为了保证达到淬火钢零件所需要的粗糙度，建议选择下列氮化硼的粒度值：

粒 度	Л18~Л4	ЛМ40~ЛМ10	ЛМ7~ЛМ3
粗糙度 R_a (μm)	0.63~0.16	0.16~0.04	$R_a=0.04-R_z=0.1$

当加工耐热钢 (ЭИ347) 的滚珠轴承零件表面时，用氮化硼制造的砂带的耐用度高于用人造金刚砂制造的同类砂带，并且可减少加工时间，表面粗糙度可达到 $R_a=0.08\sim0.05\mu\text{m}$ 。提高粘结剂的刚性，能增加金属的切除量，但在这种情况下表面粗糙度变坏。增加砂带速度可提高氮化硼砂带的磨削效率，因为加工表面的粗糙度受砂带速度的影响很小。

在汽车制造业中用氮化硼 ЛО8 制造的砂带用来抛光渗碳钢 (18X2H4BA-III) 的曲轴轴颈，能获得 $R_a=0.16\mu\text{m}$ 的表面粗糙度。

金刚砂砂带用弹性粘结剂制造，砂带的预应力为 10~12 kgf/cm，砂带的宽度为 20mm，粒度为 20/14~80/63，它具有很好的切削性能，适用于精整加工。在加工精密零件 (2~3 级精度[⊖]，粗糙度 $R_a=0.12\sim0.4\mu\text{m}$) 时，建议采用金刚砂砂带，其粘结剂为 P4 或 P1，磨料为 ACM20/14~ACO63/40，密度为 100%，在有冷却液润滑，砂带速度 $U_d=30\text{m/s}$ ，工件速度 $V_d=30\sim40\text{m/min}$ ，切削力 $P_t=2\sim3\text{kgf}$ 的条件下工作。为了精整加工表面粗糙度 $R_a=0.4\sim1.1\mu\text{m}$ 的零件，最好采用砂带粘结剂为 P9 或 P5，磨料为 ACO63/50~ACO80/63，密度为 100%，在有冷却液润滑，砂带速度 $v_d=30\text{m/s}$ ，

⊖ 根据 СЭБ144-75，145-75 标准相当于轴的精度 6~8 级，孔的精度 7~9 级。

工件速度 $v_n = 30 \sim 50 \text{ m/min}$ ，切削力 $P_v = 3 \sim 4 \text{ kgf}$ 的条件下工作。用于抛光的金刚砂砂带牌号是 АЛП，它的宽度为 25、32、40、60、75、80、100、125、150、160、180 mm。

粒度的选择 根据表面粗糙度的要求推荐的粒度为：80、50、40——用于粗磨；25、16、12、10——用于精磨；8、6、5、4、M40——用于精细的光整加工。

基带的种类 采用织物或纸为基带的砂带不仅用于干磨，而且还可以用于冷却液磨削或抛光。对于没有冷却液的磨削或用润滑油、煤油和白节油作冷却液的磨削应使用纸基带的砂带。对于有水乳浊液的作业，则应使用织物作基带的耐水砂带。

采用斜纹布作基带的有以下型号：特轻型粗纹的 (ЛО)，特轻型平纹的 (ЛОГ)，轻型 №1 粗纹的 (Л1)，轻型 №2 粗纹的 (Л2)，轻型 №2 平纹的 (Л2Г)，中型 №1 粗纹的 (С1)，中型 №1 平纹的 (Л1Г)，中型 №2 粗纹的 (С2)，中型 №2 平纹的 (С2Г)，重型 №1 粗纹的 (У1)，重型 №1 平纹的 (У1Г)，重型 №2 粗纹的 (У2)，重型 №2 平纹的 (У2Г)。

当砂带磨削时，在载荷的作用下会引起砂带织物基带的长度变化（被拉长）。这样就降低了磨削过程的效率，因此，砂带基带除了有较高的抗断强度以外，断裂时伸长量最小是织物基带的重要质量指标。织物基带在裂断时伸长量越短，砂带在机床上工作时伸长量也越少。

为了充填在织物基带上的孔隙，使它在反面不渗漏胶液，应在正面涂上一层薄而密实的底胶，以浸润织物基带（图3）。这样，在织物基带上固定磨粒的粘结剂就不会透过织物基带，而是滞留在它的表面上，以保证磨粒与织物基带表面间的必需的联结强度。非耐水砂带的底胶成分是用动物胶加入

白瓷上、滑石粉、松香、面粉废料、硅酸盐和其他材料。对于耐水砂带采用乳浆作底胶，在乳浆CBX—1和CKC—30的基础上加入灯黑和甘油。

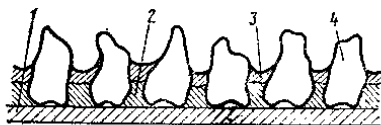


图3 双层粘结剂的砂带

1—织物品基带 2—底胶层 3—表面粘结剂 4—磨料颗粒

用纸基带制造的砂带，它的纸的牌号是：0—140(Π1)、0—200(Π2)、0—210(Π3)、0—235(Π4)、0—240(Π5)。以上是按苏联国家标准ГОСТ18277-72规定的牌号；БШ—140(Π6)、БШ—200(Π7)、БШ—240(Π8)和按标准ГОСТ10127—75规定的耐水纸（括号内的标记符号是按标准ГОСТ6456—75规定的）。纸牌号的数字部分表示质量（例如，0—235的纸，表示每一平方米的质量等于235 g）。

风干的防水砂带（纸基带的）强度按标准ГОСТ 10054-75的规定，在纵向不小于16kgf，横向不小于8kgf；潮湿的砂带在纵向不小于8kgf，在横向不小于4kgf。

粘结剂的种类 根据砂带的种类和用途不同，制造时采用不同的粘结剂。由于粘结剂使磨粒粘合在基带上，它应当具有必需的弹性，以便不降低砂带的总弹性。在制造干磨削砂带或用润滑油、煤油以及白节油作冷却液磨削的砂带时，在浓度为17.75%，温度为40℃的条件下，采用恩氏粘度不低于4°

的动物胶作粘结剂。制造织物基带的弹性砂带时，使用工业用的干酪素；制造耐水砂带时使用 ЯН-153型的漆，按专门技术条件生产的人造漆 ДФН-4，牌号为 ФМ3 和 ФМ4 的树脂以及其他材料合成的。

利用砂带不同的弹性可以加工零件的成形表面、难以接触的部位和窄槽。磨料层的裂纹将降低加工的质量。影响砂带弹性的因素有基带的厚度和弹性，涂在基带上的胶层和磨料层的厚度，基带的湿度，和基带保存、运输和包装的条件。

用动物胶制成的砂带和用人造胶制成的砂带相比较，前者磨料层的粘结强度比较低（特别是用静电植砂法制造的），但是在用光滑的接触辊磨削钢件时，它的效果比较好。动物胶砂带的自研能力比人造胶的高。用动物胶和人造粘结剂相配合制造的砂带（磨料层用动物胶固定在基带上，而表面层用人造胶固定）性能介于二者之间。

当用人造粘结剂的砂带磨削时，磨粒的切削及逐渐磨损（特别是加工钢件时），此时，这样的砂带应当用圆的金属丝刷子修整。圆刷子的直径为250mm，宽度为50mm，钢丝断面直径为0.4mm，当修整的砂带粒度为16以下时，可用200次，当砂带磨粒较大时用浮石修整。恢复砂带切削性能也可用三氯乙烯清洗的办法。

涂敷磨粒的方法 磨料的涂层有“封闭式”或“开放式”两种。“封闭式”涂层，基带上完全覆盖着磨粒，磨粒彼此紧密地排列着。“开放式”涂层，基带的表面有50~70%被磨粒所遮盖，磨粒彼此间呈一定距离散布着，并形成空隙。“开放式”涂层的空隙是用来收集磨下来的碎屑，以降低磨料涂层的阻塞。有时为了预防砂带表面阻塞，在它的表面上留

有不充填磨粒的部分(图4)

砂层的涂敷方法有两种:重力作用方法和静电方法。第一种方法是將磨粒从料斗里稠密地撒落在事先涂有胶液的、运动着的全部基带上,并用旋转辊压入胶层中。粘得不好或完全没有粘住磨粒的基带,有专门的清除装置把它移去。



用静电方法制造,磨粒的最大轴线方向垂直于基带面。图4 具有断续工作表面的砂带。这样在基带上就堆集成一层垂直的磨粒。同机械法相比这种方法制造的砂带有较大的切削能力。用静电方法制造时,带正电荷的磨粒位于传送带上,进入静电场时被吸向负电极,这时,磨粒通过空隙抛向沾有胶层的基带表面上并垂直的固定在上面,基带和传送带是同时通过静电场的,因为有相同而又互相靠近的电荷,一定尺寸的磨粒是相互排斥。由于磨粒的切削刃突出于基带表面上,因而,提高了砂带的切削性能和耐用度。磨粒在基带上均匀分布,从而能改善加工表面粗糙度。

磨粒涂敷在有胶层的挠性基带上以后,再在上面涂敷第二层胶液,它的厚度要根据磨粒的大小和砂带的用途,精确地控制。

2. 砂带的制造

不耐水的动物胶砂带是按下述工艺流程制造的。把压光的布卷或纸卷安装在退卷装置上,用双辊涂胶机在基带的工作面上涂敷胶层,涂敷层的厚度是用改变辊子间隙的方法进

行调节，然后带有胶层的基带穿过冷却箱进入落砂间或静电室，以便用钢辊子把磨料压入胶层中去。

把带有磨料层的基带在烘干机中烘干，然后进入第二台涂胶机，以便涂敷动物胶加固层。在第二台烘干机中，在30~40℃温度下对砂带进行最后烘干。烘干出来的砂带还要进行蒸气处理以便使它增添弹性。然后把砂带送入卷绕机卷成标准卷。

耐水人造树脂和漆的砂带是按下述工艺流程制造。把成卷的压光的耐水布或纸基带安装在退卷装置上，在双辊涂胶机上涂敷胶层。用改变两辊之间隙的办法调节涂层的厚度。基带从缝隙中进入落砂间（在重力作用下）或静电室，以便在基带上集结磨粒。

把带有磨料层的基带放在烘干机中烘干，然后，在第二台涂胶机上对基带涂敷树脂或漆的加固层。砂带是在第二台烘干机里进行最后烘干和聚合，温度为90~130℃，烘干后在卷绕机上卷成标准卷。

当用耐水砂带加工钢、铸铁和黄铜的零件时，采用乳浊液作冷却液，而用不耐水砂带加工时，采用矿物油。

基带用油浸透可增加弹性和提高砂带的耐久性，而用БФ-4胶浸透时可减少它的相对长度，从而可减少磨料的散落。用胶水浸透砂带也可以使它的抗断强度增加15~20%。

粘接连续砂带和无缝砂带的区分 靠粘接砂带的两端而达到砂带的连续性的为连续砂带。它是用БФ胶、酪素胶和高级的或一级的动物胶作为粘接剂的，量好尺寸的砂带的端部剪成45°角，接合的地方清除磨料层，涂上胶水并搭接起来。然后将联接的地方用手动或气动压力机压紧并保持5~10 min。在粘接处砂带的厚度和强度应当和其余部分一样，

因为若有加厚部分会形成砂带对主动轮和辊子的冲击。粘接处有接缝也是粘结砂带的缺陷，因为在粘结的地方均匀性受到破坏，并且降低了砂带接缝处的强度。

砂带的臃塞会使其自砺困难，这种现象常常是由于磨粒之间挤满碎渣所造成的。臃塞在磨削过程中会产生强烈的热量。砂带工作表面上磨粒分布过密也能引起砂带表面臃塞而失去磨削能力，直到磨粒完全磨损。如磨粒间的距离不足以容纳在切削过程中切下的碎屑，那么这些碎屑便停留在磨粒之间，从而引起摩擦力增加，碎屑熔化和砂带工作表面臃塞。

为消除臃塞现象采用裸露结构的砂带，这种砂带涂有不太坚固的胶层，砂粒在砂带工作面上按程序分布能改善有弹性基座的磨削工具的切削性能。为了减少砂带的臃塞最好将磨粒集结成为“人字齿”或“斜齿轮”形的图案。

3. 砂带的种类和应用范围

根据工作条件和对加工表面的要求，已生产的砂带有：织物或纸作基带的砂带——粘结剂用动物胶或其他粘结剂；织物或纸作基带的耐水砂带——用人造树脂和各种漆作粘结剂；强弹性织物（薄纱）作基带的弹性砂带——用油漆、酪素胶或增塑动物胶作粘结剂。

用动物胶作粘结剂的砂带适用于在砂带磨床上磨削（干磨削或用润滑油、煤油和白节油作润滑磨削），不能用水和水溶液作冷却液，因为动物胶在水中溶解。

用织物作基带的砂带按ГОСТ5009-75的标准规定成卷的生产，其宽度为725、760、775和820mm，其长度为30m（粒度为50和50以上）和50m（粒度为40和40以下）。

用纸作基带的砂带按ГОСТ6456-75标准的规定也是成卷的生产，其宽度为620、720、750、800和900mm，其长度为30m（粒度为50）、50m（粒度为40、32、25、20和16）和100m（粒度为12、10、8和更小）；宽度为1000mm，长度为30m（粒度为50和40）、50m（粒度为32、25、20、16、12和10）、100m（粒度为8和更小）；宽度为1250mm，长度20m（粒度为50）、30m（粒度为40、32、25、20、16）、50m（粒度为12、10、8和更小）。

根据用途不同，用纸作基带和用动物胶作粘结剂制造的砂带分为两类：

用机器和手工加工金属、木材和其他材料的砂带和用机器和手工加工非金属材料（橡胶、皮革和其他材料）的砂带。

用织物作基带的砂带分为三类：

用机器加工金属和非金属材料的砂带，它主要加工韧性的和坚固的材料；

以强力切削的方式用于机器和手工加工金属和非金属材料（硬品种的木材、硬塑料以及其他材料）的砂带，这种砂带加工时在单位时间内材料的切削量较大；

用机器和手工加工金属和非金属材料（木材、皮革和塑料等）的砂带，这种砂带加工时不用强力切削。

为了加工不同种类和牌号的材料，需要有不同粘结强度的砂带。为此，制造每种型号砂带时都备有三级耐磨度——A、B和B。砂带的耐磨度由它的粒度指标和脱粒度指标的比率来确定（按ГОСТ5009-75，6456-75标准）。

砂带的耐磨度（脱粒度）是在苏联磨料与研磨科学研究所设计的K3III型的仪器上进行试验。对于织物基带的砂带在