



1+X 职业技术·职业资格培训教材

热处理工

劳动和社会保障部教材办公室 组织编写 (中级)
上海市职业培训指导中心

RECHULIGONG



中国劳动社会保障出版社

圖書在版編目(CIP)數據

李海鹏、李望、李思、李林、李业、李

热处理工

(中级)

RECHULIGONG

主 编 薄鑫涛

编 者 杨敏知 颜志强 唐宗甲

胡月娣 薄鑫涛 冯世铭

审 稿 董驾龙 张 诚

11202043-010 : 古 書 部 本 籍 印 刷 部 本 籍

4411940 - 4410 高田洋子



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

热处理工：中级/薄鑫涛主编．—北京：中国劳动社会保障出版社，2006

职业技术·职业资格培训教材

ISBN 7-5045-5420-0

I. 热… II. 薄… III. 热处理—技术培训—教材 IV. TG156

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 002697 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

北京人卫印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 382 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

定价：30.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

内 容 简 介

本教材由劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心依据上海 1 + X 职业技能鉴定考核细目——热处理工（四级）组织编写。本教材从强化培养操作技能，掌握一门实用技术的角度出发，较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握中级热处理工的核心知识与技能有很好的帮助和指导作用。

本教材在编写中根据本职业的工作特点，从掌握实用操作技能，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。全书分为九个单元，主要内容包括：机械制造工艺常识，金属材料，金属材料检验，金属学原理，钢的热处理，钢的表面热处理，常用金属材料的热处理，热处理设备，热处理工艺、质量及环境保护等。每一单元着重介绍相关专业理论知识与专业操作技能，使理论与实践得到有机的结合。为方便读者学习掌握所学知识与技能，在每单元后还附有单元测试题及答案，全书最后附有知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，供读者巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材可作为热处理工（四级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供中高等职业学校热处理专业师生，以及相关从业人员参加中级热处理工职业培训、岗位培训、就业培训使用。

前 言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。每个模块单元所附单元测试

前 言

题和答案用于检验学习效果，教材后附本级别的知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，使受培训者巩固提高所学知识与技能。

本教材结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

本教材在编写过程中，得到上海市热处理协会的大力支持，在此表示衷心的感谢。

本教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业培训指导中心

目 录

第一单元 机械制造工艺常识	(1)
第一节 铸造、锻造、焊接基础知识.....	(1)
第二节 切削加工基础知识.....	(3)
第三节 工艺路线的拟定及加工余量的确定.....	(12)
单元测试题.....	(18)
单元测试题答案.....	(18)
第二单元 金属材料	(20)
第一节 金属材料和钢的分类.....	(20)
第二节 碳素钢.....	(22)
第三节 合金钢.....	(31)
第四节 铸铁.....	(46)
第五节 有色金属及其他.....	(52)
单元测试题.....	(64)
单元测试题答案.....	(64)
第三单元 金属材料检验	(65)
第一节 概况.....	(65)
第二节 宏观观察检验.....	(66)
第三节 显微观察检验.....	(72)
单元测试题.....	(78)
单元测试题答案.....	(78)
第四单元 金属学原理	(80)
第一节 金属学知识.....	(80)
第二节 热处理原理.....	(98)
单元测试题.....	(111)
单元测试题答案.....	(111)
第五单元 钢的热处理	(113)

目 录

第一节 钢的退火和正火	(113)
第二节 钢的淬火和回火	(119)
单元测试题	(136)
单元测试题答案	(136)
第六单元 钢的表面热处理	(139)
第一节 钢的表面淬火	(139)
第二节 钢的化学热处理	(152)
单元测试题	(165)
单元测试题答案	(165)
第七单元 常用金属材料的热处理	(168)
第一节 结构钢的热处理	(168)
第二节 工具钢的热处理	(180)
第三节 铸铁的热处理	(201)
第四节 特殊钢及有色金属的热处理	(204)
单元测试题	(211)
单元测试题答案	(212)
第八单元 热处理设备	(213)
第一节 热处理控制装置	(213)
第二节 筑炉材料	(220)
第三节 加热设备	(224)
第四节 辅助设备	(228)
单元测试题	(231)
单元测试题答案	(231)
第九单元 热处理工艺、质量及环境保护	(233)
第一节 工艺文件及其管理	(233)
第二节 质量、技术、设备管理	(239)
第三节 失效分析	(240)
第四节 环境保护	(247)
单元测试题	(250)
单元测试题答案	(251)
知识考核模拟试卷(一)	(252)
知识考核模拟试卷(二)	(257)

目 录

知识考核模拟试卷 (一) 答案·····	(261)
知识考核模拟试卷 (二) 答案·····	(262)
技能考核模拟试卷 (一) ·····	(263)
技能考核模拟试卷 (二) ·····	(267)
技能考核模拟试卷 (一) 答案·····	(271)
技能考核模拟试卷 (二) 答案·····	(272)

第一单元 机械制造工艺常识

在机械制造过程中，包含铸造、锻造、焊接、热处理、切削加工等诸多工种。通过铸造、锻造、焊接主要是为了获得毛坯（或零件），再通过切削加工成形得到所需的零件，而热处理则是为了改变材料的内在质量而获得所需要的性能。由于热处理与铸造、锻造、焊接、切削加工有着相互制约及密切相连的关系，例如，铸造、锻造、焊接的有些不良组织可以通过热处理得到改善，在铸造、锻造、焊接、切削加工中产生的内应力可采用热处理方法来消除；同时，铸造、锻造、焊接、切削加工的某些缺陷会对其后的热处理质量造成极大的影响。因此，热处理操作人员有必要了解这些工种的基础知识。

第一节 铸造、锻造、焊接基础知识

一、铸造

铸造是将金属加热到熔融状态，浇注、压射或吸入铸型型腔中，待凝固、清理后获得毛坯（或零件）的加工方法。

工业上常用“可铸性”来衡量金属材料的铸造性能。所谓可铸性，是指液体金属材料是否易于铸造成优质铸件的性能，其好坏主要取决于金属材料的流动性、收缩性以及偏析倾向。

流动性指液体金属充填铸型的能力。如果流动性太差，液体金属就无法填满铸型型腔，得不到所需形状的铸件。流动性的好坏与液体金属的温度及材料的化学成分有关。—

般液体金属温度越高,流动性越好;铸铁的流动性比钢好。

收缩性指液态金属在凝固过程时和凝固后体积收缩的程度,通常用收缩率来衡量。如收缩率较大时,铸件由于受到较大的内应力作用,容易产生裂纹,并且还会在铸件较厚处造成缩孔等缺陷,降低力学性能,因此希望铸件的收缩率越小越好。通常铸铁的收缩率为1%,铸钢的收缩率为2%。

综合以上两个因素,一般来说,灰铸铁的可铸性较好,易于获得形状复杂的铸件,而钢的可铸性相对较差。

偏析倾向指金属凝固过程中产生的化学成分和组织上的不均匀性,它与材料的化学成分、铸造工艺等有关。

铸造是生产毛坯件(或零件)的一种重要方法,适应性强,应用广泛,设备的投资费用小,生产成本低。但铸造生产工序复杂,铸件的结晶组织粗大、不均匀,铸件的力学性能低于锻件,有时质量不够稳定,常伴有一些铸造缺陷,如铸造裂纹(热裂、冷裂、缩裂),组织不良(气孔、缩孔、疏松、冷隔、夹杂物、夹渣、偏析等),外观缺陷(粘砂、麻点等),铸钢件还会出现魏氏组织等。这些缺陷对以后需热处理件的质量有很大影响。

铸铁件常需进行去应力退火($550 \sim 600^{\circ}\text{C}$, $2 \sim 4 \text{ h}$ 炉冷),个别也可采用自然时效方法处理(室温下放置一定的时间)。对于消除白口的铸铁件可进行高温退火($900 \sim 950^{\circ}\text{C}$, $2 \sim 5 \text{ h}$ 炉冷)。铸钢件可采用完全退火或正火消除缺陷。

二、锻造

锻造是通过对坯料(或铸锭)施加压力,使其产生塑性变形,以获得一定几何形状、尺寸和质量的锻件的加工方法。

工业上常用“可锻性”来衡量金属材料的锻造性能。所谓可锻性,是指金属材料在锻造压力的作用下改变其本身形状而不致破裂的性能。它与金属材料的塑性及变形抗力有关,即通常与金属材料的成分和加工条件有关。一般塑性好、变形抗力小的材料,其可锻性好,如钢的可锻性好。在钢中,低碳钢的可锻性比高碳钢好,合金钢的可锻性比碳钢差,含硫、磷量高的钢可锻性差。另外,坯料的温度越高,可锻性越好。

锻造不仅是毛坯件(或零件)的生产方法之一,而且对零件的最终组织和使用性能影响很大。通过锻造可以消除铸态组织缺陷,如锻合气孔,增加致密度,细化及破碎粗大的晶粒及碳化物,从而改善金属的组织 and 力学性能。但由于原材料的质量缺陷(非金属夹杂物、偏析)及锻造工艺不当会出现纤维组织(流线)及带状组织(前者为枝晶间富集的杂质和非金属夹杂物沿外力方向变形在宏观上见到的沿变形方向的一条条细线,后者为微观上见到的呈条状或层状分布的组织形态),引起力学性能的各向异性。另外会出现组织不良(过烧、过热、脱碳、增碳等)、锻裂及外观上的折叠、分层等缺陷。这些缺陷一旦带到热处理工序中,可能引发热处理缺陷,甚至使零件开裂、报废。

锻造后应针对不同材料及不同目的要求(如均匀组织、细化晶粒、减小锻造残余应力、去应力、调整硬度、改善力学性能以及为最终热处理做准备)对锻件进行退火(均匀

化退火、完全或不完全退火、去应力退火、预防白点退火、球化退火)及正火等。

三、焊接

焊接是通过加热或加压或两者并用,采用(或不采用)填充材料,使焊件产生原子间结合的一种加工方法。

工业上常用“可焊性”来衡量金属材料的焊接性能。所谓可焊性,是指在一定焊接工艺条件下获得优质焊接接头的难易程度,即金属材料是否容易焊接的性能。它受材料本身的特性和工艺条件的影响。导热性高、收缩性小的金属可焊性好,焊接时在其接头处不易产生裂纹、气孔、夹渣等缺陷,且焊缝有一定的力学性能。低碳钢具有好的可焊性。相反,高碳钢、高合金钢及铸铁可焊性差。

焊接广泛用于生产焊接组合件,不仅可以用于制造金属结构件,而且还可以用于制造机械零件以及用于零件的修补及喷涂。

焊接是一个局部快速熔化和凝固的过程,存在热影响区(分别为熔化区、过热区、正火区以及部分相变区),增加了焊缝及周围区域材料的不均匀性和内应力,并容易产生裂纹、气孔、夹渣、过热、过烧等缺陷,这些缺陷不但降低焊接区的力学性能,而且容易在以后的热处理中产生裂纹。

焊后通常要对焊接件进行去除焊接应力的处理,可以用热处理法(去应力退火、高温回火或正火)或振动时效法(通过应力松弛使应力重新分布,达到降低残余应力峰值的作用)进行处理。

第二节 切削加工基础知识

在现代机械制造中,切削加工是将金属毛坯加工成具有一定尺寸、形状和精度的零件的主要加工方法。只有少数零件采用精密铸造、精密锻造以及粉末冶金和工程塑料压制等方法直接获得,绝大多数零件主要都依靠切削加工来达到所需的加工精度和表面粗糙度。

零件的形状很多,但主要都是由外圆面、内圆面(孔)、圆锥面、平面和成形面组成的,由于这些表面的成形方法不同,因此需通过不同的切削加工方法来获得所需的形状。

切削加工是将工件和刀具安装在机床上,通过操纵机床来完成切削加工的。其主要的加工方式有车削、铣削、刨削、磨削、钻削及齿轮加工等,所用的机床有车床、铣床、刨床、磨床、钻床和齿轮加工机床等。随着科学技术的发展,各种新材料、新工艺和新技术的不断涌现,电火花、电解、超声波、激光等工艺已突破传统的依靠机械能、切削力进行切削加工的范畴,可以加工各种难加工材料、复杂的型面和某些具有特殊要求的零件。

一、车削加工

1. 简述

车削是工件旋转做主运动, 车刀做进给运动的切削加工方法。在车床上可以加工各种回转表面 (见图 1—1), 如圆柱体、圆柱孔、圆锥体、曲面、螺纹等。在车床上使用的刀具是车刀, 还可以采用各种孔加工刀具 (如钻头、扩孔钻、铰刀) 及螺纹车刀等。

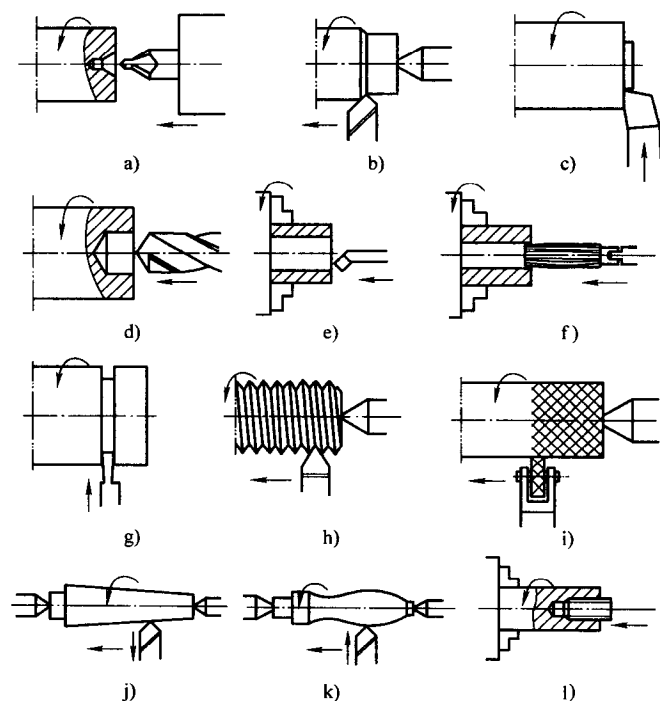


图 1—1 车削加工的主要应用范围

a) 钻中心孔 b) 车外圆 c) 车端面 d) 钻孔 e) 车孔 f) 铰孔 g) 车槽
h) 车螺纹 i) 滚花 j) 车锥面 k) 车成形面 l) 攻螺纹

(1) 车刀。在金属切削过程中, 刀具直接参与切削, 刀具在强力、高温和剧烈的摩擦条件下工作, 同时还要承受冲击和振动, 因此刀具切削部分的材料必须有高的硬度、足够的强度和韧性、高的耐磨性、耐热性和一定的工艺性。一般用来作为车刀切削部分材料的主要有高速钢和硬质合金两种。

高速钢刀具制造简单, 刃磨方便, 容易得到锋利的刃口, 且韧性好, 能承受较大的冲击力, 淬火后的硬度约为 62~66HRC。

硬质合金刀具能耐高温, 在 1 000℃左右还能保持良好的切削性能, 耐磨性也好, 常温下硬度为 89~93HRA, 而且具有一定的强度。缺点是性脆、怕振、坚韧性差, 可通过刃磨合理的角度来弥补。所以硬质合金是目前应用最广泛的一种车刀材料。

(2) 车床的运动。由图 1—1 可以看出, 为了加工出各种回转表面, 普通车床必须具备下列 3 种运动:

- 1) 工件的旋转运动。是切下切屑所需的最基本的运动（称为机床的主运动）。
- 2) 刀具做平行于工件轴线的纵向运动（称为机床的纵向进给运动）。
- 3) 刀具做垂直于工件轴线的横向运动（称为机床的横向进给运动）。

2. 车床的分类及主要部件

车床的种类很多，按其用途和结构的不同分为卧式车床、立式车床、转塔车床、仿形车床、自动车床以及各种专用车床等，其中应用最为广泛的是卧式车床，它适用于各种轴类、盘类及套类零件的单件和小批量生产。如图 1—2 所示为 CA6140 型卧式车床的外形图。机床主要由主轴箱 1、刀架部件 2、尾座 3、床身 4、溜板箱 5、进给箱 6 等部件组成。

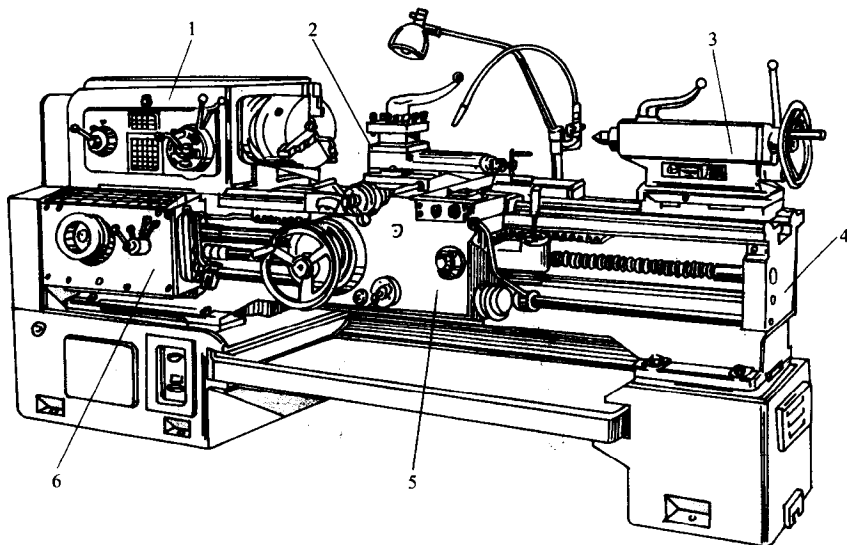


图 1—2 CA6140 型卧式车床的外形图

1—主轴箱 2—刀架部件 3—尾座 4—床身 5—溜板箱 6—进给箱

3. 工艺特点

(1) 适用范围广。车削是轴、盘、套等回转体不可缺少的加工工序。一般来说，车削加工可达到的精度为 IT13 ~ IT6（国家标准规定公差等级分为 20 级，IT01, IT0, IT1, IT2, ..., IT18，其中 IT01 公差值最小，IT18 公差值最大），表面粗糙度 R_a 为 $12.5 \sim 0.8 \mu\text{m}$ （表面粗糙度是指加工表面上具有的较小间距和峰谷所形成的微观几何形状误差，常用轮廓算术平均偏差 R_a 来表示， R_a 值越小，表面越光滑）。

(2) 容易保证零件加工表面的位置精度。由于车削各表面时均绕同一回转轴线旋转，故可较好地保证各加工表面间的同轴度、平行度和垂直度等位置精度要求。

(3) 适宜精加工有色金属零件。当有色金属的表面质量要求较高时，如采用磨削加工较困难，可采用精车完成。若采用金刚石车刀，以很小的切削深度、进给量以及很高的切

削速度精车, 可获得较高的尺寸精度 ($IT6$) 和较小的表面粗糙度 (R_a 为 $0.8 \sim 0.1 \mu m$)。

(4) 生产效率较高。车削时切削过程大多数是连续的, 切削力变化很小, 切削过程平稳, 因此可采用高速切削和强力切削, 使生产率大幅度提高。

(5) 生产成本较低。车刀是刀具中最简单的一种, 制造、刃磨、安装均很方便。车床附件较多, 可满足一般零件的装夹, 既适用于单件、小批量生产, 也适用于大批、大量生产。

二、铣削加工

1. 简述

铣削是铣刀旋转做主运动、工件或铣刀做进给运动的切削加工方法。铣削加工的应用范围较广, 其主要应用范围如图 1—3 所示, 在铣床上可用各种不同的铣刀加工平面、台阶、成形面和各种形状的沟槽 (如 T 形槽、燕尾槽、螺旋槽等)。

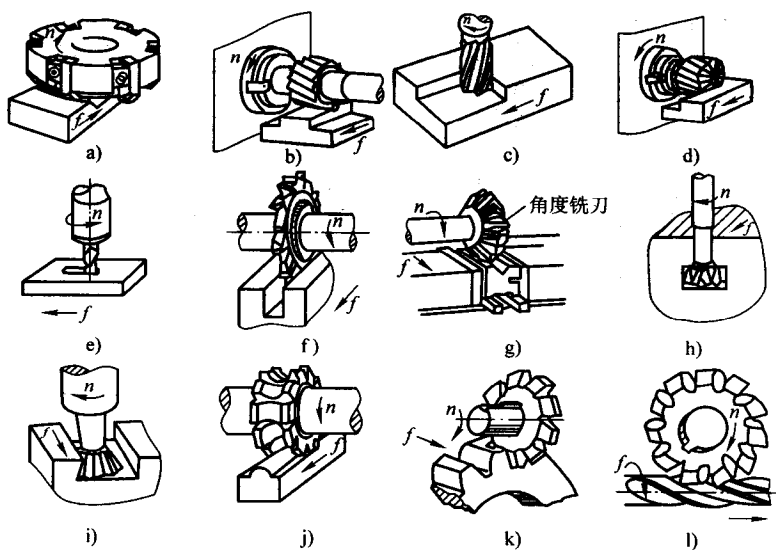


图 1—3 铣削加工的主要应用范围

- a) 用端铣刀铣削大平面 b) 用圆柱铣刀铣削平面 c) 用立铣刀铣削台阶面 d) 用套式端铣刀铣削平面
e) 用键槽铣刀铣削键槽 f) 用三面刃铣刀铣削直槽 g) 用角度铣刀铣削 V 形槽 h) 用 T 形槽铣刀铣削 T 形槽
i) 用燕尾槽铣刀铣削燕尾槽 j) 用成形铣刀铣削凸圆弧 k) 用齿轮铣刀铣削齿轮 l) 用成形铣刀铣削螺旋槽

(1) 铣刀。铣刀的种类繁多, 最常见的是按铣刀的用途来划分, 可分为加工平面用的铣刀、加工沟槽用的铣刀和加工成形面用的铣刀 3 类。按铣刀结构分有整体式铣刀和镶嵌式铣刀, 前者材料为高速钢, 后者刀头部分的材料多为硬质合金。

(2) 铣床的运动

1) 铣刀的旋转运动是机床的主运动。

2) 工件由工作台带动做纵向、横向或垂直运动是机床的进给运动。

2. 铣床的分类及主要部件

根据结构形式和用途不同, 铣床可分为卧式铣床、立式铣床、龙门铣床、工具铣床以及各种专用铣床。对于单件、小批量生产中的中、小型零件, 卧式铣床和立式铣床最为常用。前者的主轴与工作台台面平行, 后者的主轴与工作台台面垂直, 它们的基本部件大致相同。

如图 1—4 所示为 X62W 型万能铣床的外形图, 机床主要由床身 1、主轴 2、悬梁 3、工作台 4、升降台 5、底座 6 等部件组成。

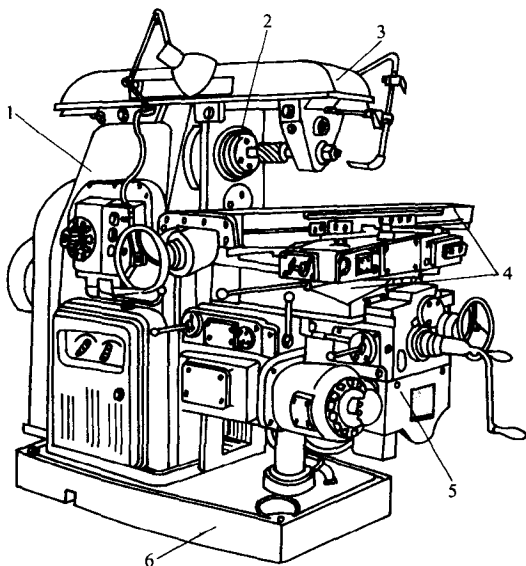


图 1—4 X62W 型万能铣床的外形图

1—床身 2—主轴 3—悬梁 4—工作台 5—升降台 6—底座

3. 工艺特点

(1) 铣削加工可达到的精度为 IT9 ~ IT7, 表面粗糙度 R_a 为 $12.5 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。

(2) 生产率较高。铣刀是典型的多齿刀具, 铣削时有几个刀齿同时参加工作, 并可利用硬质合金镶片铣刀进行高速铣削。铣削既适用于单件、小批量生产, 也适用于大批、大量生产。

三、刨削加工

1. 简述

刨削是用刨刀对工件做水平相对直线往复运动的切削加工方法。在刨床上可以刨削各种平面和沟槽, 如图 1—5 所示为刨削加工的主要应用范围。

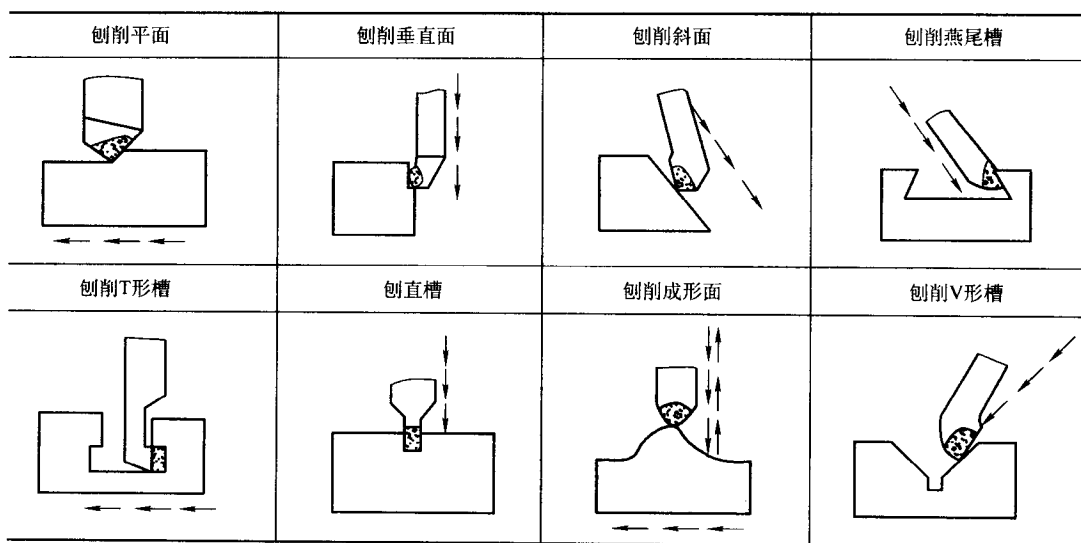


图 1—5 刨削加工的主要应用范围

(1) 刨刀。由于刨削时有空行程，且有冲击，切削速度较慢。所以刨刀一般采用高速钢材料，强度、韧性好，刃磨方便。

(2) 刨床的运动。刨削加工可在牛头刨床（见图 1—6）或龙门刨床（见图 1—7）上进行。

1) 在牛头刨床上加工时，刨刀的纵向往复直线运动为主运动；工件随工作台做横向间歇进给运动。它适合于加工中、小型工件。

2) 在龙门刨床上加工时，工件随工作台的往复直线运动为主运动；刀架沿横梁或立柱做间歇的进给运动。由于其刚度高，而且有 2~4 个刀架可同时工作，因此，主要用来加工大型工件或同时加工多个中、小型工件。

2. 刨床的主要部件

(1) 牛头刨床。牛头刨床的外形图如图 1—6 所示。牛头刨床由工作台 1、滑板 2、刀架 3、滑枕 4、床身 5 及底座 6 等组成。

(2) 龙门刨床。龙门刨床的外形图如图 1—7 所示。龙门刨床由床身 1、工作台 2、横梁 3、立刀架 4、顶梁 5、立柱 6、进给箱 7、主传动部分 8 及侧刀架 9 等组成。

3. 工艺特点

(1) 刨削精度低。刨平面时，尺寸精度一般为 IT9~IT7，表面粗糙度 R_a 为 12.5~1.6 μm 。在龙门刨床上用宽刃刨刀，以很低的切削速度精刨时，可以提高加工质量，表面粗糙度 R_a 可达 0.8~0.2 μm 。

(2) 机床与刀具简单，通用性好。刨床结构简单，调整、操作方便。刨刀制造和刃磨容易，加工费用低。