

高等学校教学用书

金工实习

(第5版)

董光明 主编

Jingong Shixi

中国矿业大学出版社

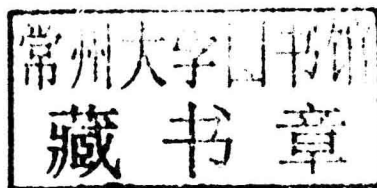
China University of Mining and Technology Press

金工实习

(第5版)

主 编 董光明

副主编 罗洪波 刘兴华 张 伟 李四欣



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是根据教育部新颁布的“高等学校工科金工实习教学基本要求”,在高顶等主编的《金工实习》2006年修订版的基础上改编而成的。全书主要包括材料及成形加工、切削加工和先进加工技术三大部分内容。具体内容包括工程材料、铸造、锻压、焊接、热处理、金属切削加工基础知识、车削加工、铣、刨削加工、磨削加工、钳工、数控加工技术、特种加工等。

本书可作为高等工科院校机械类和近机类专业的教材,还可供有关工程技术人员和技术工人阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习/董光明主编. —5版. —徐州:中国
矿业大学出版社, 2011. 12
ISBN 978-7-81040-723-6

I. ①金… II. ①董… III. ①金属加工—实习—高等
学校—教材 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 193130 号

书 名 金工实习
主 编 董光明
责任编辑 钟 诚 孟 茜 章 毅
责任校对 张海平
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 19 字数 474 千字
版次印次 2011 年 12 月第 5 版 2011 年 12 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本次修订是在本书第五版(2011年7月)基础上进行的。修订的依据是以原国家教委高教司颁发的《高等学校工科本科金工实习教学要求》为基础,结合高等学校工科金工实习的实际情况修订、改编而成。

此次修订工作的主要方面如下:

(1) 突出本教材内容的实践性质,精简了部分理论性较强的内容,如对材料的性能等内容进行了精简。

(2) 重视和充实了新材料、新工艺、新技术的内容。如增加了超声波加工、激光加工等方面内容等。

(3) 对内容进行了充实和完善,对部分图表进行了调整和改正,书中材料的牌号、机械设备型号和名词术语采用最新国家标准。

此次修订主编由董光明担任。参加修订工作的有罗洪波、刘兴华、张伟、李四欣等。

由于编者水平有限,难免存有谬误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2011年9月

目 录

绪论	1
第一章 工程材料基础知识	3
第一节 工程材料的分类	3
第二节 材料的性能	3
第三节 常用金属材料	4
第四节 非金属材料简介	7
第二章 铸造	9
第一节 砂型铸造	9
第二节 特种铸造	27
第三章 锻压	29
第一节 锻造	29
第二节 冲压	43
第四章 焊接	47
第一节 手工电弧焊	47
第二节 气焊与气割	56
第三节 其他焊接方法简介	61
第五章 钢的热处理	65
第一节 概述	65
第二节 钢的普通热处理	66
第三节 钢的表面热处理	67
第四节 热处理的主要设备	68
第六章 机械制造基础知识	70
第一节 机床的切削运动和切削用量	70
第二节 零件加工的技术要求	72
第三节 金属切削刀具	75
第四节 量具及测量基础知识	79

第七章 车削加工	82
第一节 概述	82
第二节 普通车床	83
第三节 车刀	85
第四节 车床附件及工件安装	87
第五节 车床操作要点	92
第六节 车削加工的基本方法	95
第七节 典型零件车削工艺简介	104
第八章 铣削和刨削加工	109
第一节 铣削加工概述	109
第二节 铣床	111
第三节 铣刀、铣床附件及用途	113
第四节 铣削方法	119
第五节 刨削加工概述	124
第六节 其他刨削类机床简介	127
第九章 磨削加工	129
第一节 磨削加工概述	129
第二节 磨床	131
第三节 砂轮	133
第四节 磨削基本方法	136
第十章 钳工	140
第一节 概述	140
第二节 划线	142
第三节 锯削、锉削和錾削	146
第四节 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	153
第五节 攻螺纹与套螺纹	156
第六节 装配	158
第十一章 数控加工技术	165
第一节 数控机床简介	165
第二节 数控加工编程概述	169
第三节 FANUC 系统数控车床编程常用代码	177
第四节 FANUC 数控数控车系统操作	186
第五节 SIENENS 数控车系统操作	191
第六节 综合实例	198
第七节 FANUC 加工中心(数控铣)简介	209

第八节 西门子 802C 雕铣机操作简介	215
第十二章 特种加工	224
第一节 概述	224
第二节 电火花加工	225
第三节 超声波加工	241
第四节 激光加工	252
第五节 快速原型制造	266
第十三章 陶艺	273
第一节 概述	273
第二节 陶艺基础知识	275
第三节 陶艺制作的设备及工具	277
第四节 陶瓷制作工艺流程简介	281
第五节 陶艺成形技法	282
第六节 陶艺的装饰技法	293
第七节 陶艺烧成技术	293
参考文献	296

绪 论

一、金工实习的性质和任务

金工实习是一门实践性的技术基础课,是机械类各专业学生学习“工程材料及机械制造基础”等课程必不可少的先修课,也是其他工程类专业教学计划中重要的实践教学环节之一。

金工实习的任务是:

(1) 了解机械制造的一般过程,熟悉机械零件的常用加工方法及其所用主要设备的工作原理及典型结构以及安全操作技术,了解机械制造工艺知识和有关新工艺、新技术在机械制造中的应用。

(2) 对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力。在主要工种上应具有独立完成简单零件加工制造的实践能力。

(3) 通过了解机械产品的生产过程,加强对其他工业生产过程的理解和认识。

(4) 在劳动观点、质量意识、安全意识、理论联系实际和科学作风等工程技术人员应具备的基本素质方面受到培养和锻炼。

二、机械制造的一般过程和金工实习内容

任何机器都是由相应的零件装配而成的,只有制造出符合要求的零件,才能生产出合格的机器。零件可以直接用型材经机械加工制成,如某些尺寸不大的轴、销、套类零件。一般情况下,则要将原材料经铸造、锻压、焊接等方法制成毛坯,然后由毛坯经机械加工制成零件。因此,一般的机械生产过程由毛坯制造、机械加工和装配调试三个阶段组成。

毛坯的制造方法有铸造、锻压和焊接等。机械加工的方法有车、铣、刨、磨、钻和镗等。毛坯一般要经过若干道机械加工工序才能成为成品零件。随着现代制造技术的发展,数控加工设备层出不穷,有些十分复杂的零件已可以在同一台数控加工设备(如加工中心等)上完成所有的机械加工工作,生产效率大大提高。

在毛坯制造和切削加工过程中,为便于加工和保证零件的性能,有时还需在某些工序之前或之后对工件进行热处理。

随着对机械产品要求的不断提高和科学技术的不断进步,上述传统的机械制造方法、工艺已不能满足社会的需求,特种加工技术已成为机械工业发展的重要方向。

金工实习的内容就是按照上述各种加工方法分成铸造、锻压、焊接、热处理、车削、铣削、刨削、磨削、钳工、数控车削、数控铣削、激光加工、电火花加工、超声波加工等工种安排的。

三、金工实习守则

(1) 实习时要穿工作服;头发长的同学要戴工作帽,并将头发塞入帽内;夏天不准穿凉

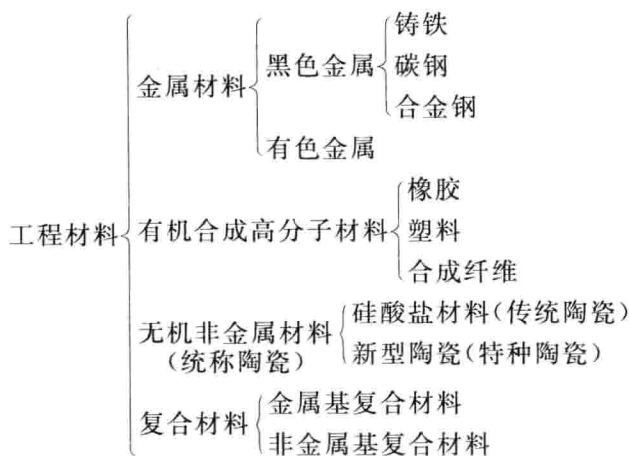
鞋实习；在机床上操作不得戴手套；在实习现场要注意前后、左右、上下是否安全，不得打闹、乱跑和串岗；在未经指导老师同意的情况下，不得擅自动用机床、设备、仪器、仪表、工具和量具等。

- (2) 遵守劳动纪律，服从管理。
- (3) 爱护公物，注意节约水、电、油和原材料，实习产品不得私自带出厂。
- (4) 专心听讲，细心观察，认真操作，不怕苦、脏、累。
- (5) 严格遵守各实习工种的安全规程，保证实习安全。

第一章 工程材料基础知识

第一节 工程材料的分类

工程材料是指各类工程建设中所用的材料。根据固体材料化学键的特点,工程材料可分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料和复合材料四大类:



第二节 材料的性能

材料性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在某种工作条件下表现出来的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能等;工艺性能是指材料在某种加工过程中表现出来的性能,如铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能等。本节仅介绍材料的主要力学性能。

材料的力学性能是指材料在外力作用下表现出来的性能,又称机械性能,包括强度、塑性、硬度、冲击韧性等。

1. 强度

材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力称为强度。按外力作用的方式不同,可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等。工程上最常用的金属材料的强度指标有屈服强度(符号 σ_s)和抗拉强度(符号 σ_b)等。屈服强度表示材料抵抗微量塑性变形的能力;抗拉强度表示材料抵抗断裂的能力。

2. 塑性

材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的性能称为塑性。常用的塑性指标有延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 。 δ 和 ψ 的数值越大,表示材料的塑性越好。工程上一般把 $\delta > 5\%$ 的材料

称为塑性材料,如低碳钢、退火铝合金等;把 $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料,如铸铁等。良好的塑性可以提高工件工作的可靠性,防止工件因超载而突然断裂;此外,金属材料具有一定的塑性是进行压力加工的必要条件。

3. 硬度

材料局部抵抗其他物体压入其表面的能力称为硬度。它表征材料在局部范围内抵抗弹性变形、塑性变形及破断的能力,是材料性能的一个综合物理量。硬度还直接影响到材料的耐磨性和切削加工性。最常用的硬度表示方法是布氏硬度(所测量的硬度值用符号 HBS 或 HBW 表示)和洛氏硬度(所测量的硬度值用符号 HRA、HRB、HRC 表示)。

4. 冲击韧度

冲击韧度是金属材料抵抗冲击载荷的作用而不破坏的能力。通常用一次摆锤冲击试验来测量材料的冲击韧度。冲击韧度值一般作为选材的参考。

第三节 常用金属材料

金属材料可分为黑色金属和有色金属两大类。钢和铸铁属于黑色金属,其他金属统称有色金属。常用的金属材料主要有钢、铸铁、铜合金及铝合金等。

一、钢

根据化学成分的不同,钢可分为碳素钢和合金钢两大类。

1. 碳素钢

碳素钢是以铁和碳为主要组成元素而常含硅(Si)、锰(Mn)以及硫(S)、磷(P)等杂质的铁碳合金。通常将含碳量小于 0.25% 的钢称为低碳钢;含碳量为 0.25%~0.60% 的钢称为中碳钢;含碳量为 0.60%~2.11% 的钢称为高碳钢。磷、硫的含量越低,钢的质量越好。常用碳素钢的牌号如表 1-1 所列。

表 1-1 常用碳钢牌号

分类	编号方法		常用牌号	用 途
	举例	说明		
碳素结构钢	Q235—A、F	屈服强度为 235 MPa, 质量为 A 级的沸腾钢	Q195、Q215A、Q235A、Q235B、Q255B、Q275 等	一般以型材供应的工程结构钢件, 制造不太重要的机械零件及焊接件, 如螺栓、键、法兰
优质碳素结构钢	45	表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢	08F、10、20、35、40、45、50、55、60、65	用于制造曲轴、传动轴、齿轮、连杆、弹簧等重要零件
碳素工具钢	T9A	表示平均含碳量为 0.9% 的碳素工具钢, A 表示高级优质	T7、T8Mn、T9、T10、T11、T12、T13	制造需要较高硬度和耐磨性, 又能承受一定冲击的工具, 如手锤、冲头

续表 1-1

分类	编号方法		常用牌号	用 途
	举例	说明		
铸造碳钢	ZG200—400	表示屈服强度为 200 MPa、抗拉强度为 400 MPa 的碳素铸钢	ZG230—45、ZG270—500、ZG310—570、ZG340—640	形状复杂的、需要采用铸造成形的钢质零件,如机座、箱体

2. 合金钢

合金钢是在碳素钢的基础上,有意识地加入一种或数种合金元素而形成的具有更好性能的钢。常用的合金元素有锰(Mn)、铬(Cr)、镍(Ni)、钨(W)、钼(Mo)、钒(V)、钛(Ti)、硅(Si)、硼(B)、稀土元素等。

合金钢按用途可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢三类。

合金结构钢是用来制造各种机械结构零件的,如 40Cr、60Si2Mn 等。合金工具钢主要用于制造各种切削刀具和模具等,如 9SiCr、Cr12、W18Cr4V。特殊性能钢是指具有特殊性能的钢,包括不锈钢、耐热钢和耐磨钢等,如奥氏体不锈钢 1Cr18Ni9Ti、耐热钢 0Cr23Ni13、耐磨钢 ZGMn13。

二、常用铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11%的铁碳合金。铸铁除含铁、碳元素外,还含有硅、锰、硫和磷等元素。根据碳的存在形态、组织及性能不同,铸铁可分为白口铸铁、灰口铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁等。

三、铝合金

纯铝强度很低,一般只用做电器材料。为了提高其强度(做结构材料),改善切削加工性,往往加入铜、镁、锌、硅等合金元素,制成不同性能和用途的铝合金。根据铝合金的成分及加工特点,铝合金分为形变铝合金和铸造铝合金两种。

1. 形变铝合金

形变铝合金具有良好的塑性变形能力,适于压力加工。形变铝合金分为防锈铝合金、硬铝合金、超硬铝合金及锻造铝合金。防锈铝合金主要用于管道、容器、铆钉及日用装饰品。硬铝合金和超硬铝合金是飞机的重要结构材料,如制造大梁、隔框、螺旋桨叶及铆钉等。锻造铝合金主要用做航空上复杂的大型锻件。

2. 铸造铝合金

铸造铝合金一般含合金量较多,熔点低,流动性好,铸造性能好。工业上铸造铝合金有铝硅合金、铝镁合金、铝铜合金及铝锌合金。铸造铝合金一般用于生产质轻、耐蚀、形状复杂及有一定力学性能要求的构件。

四、钢铁材料的简易鉴别方法

对钢铁材料进行鉴别,最可靠的方法是化学分析法。但这种方法设备复杂,所需时间长,费用高,操作麻烦。在现场,通常用看断面和火花等简易方法进行鉴别。

1. 断口鉴别法

把需要鉴别的钢铁材料,先凿或锯一缺口,然后垫空敲断,根据断口的颜色和粗糙度等用肉眼观察来鉴别材料。

常用钢铁材料断口特征如下:

(1) 低碳钢

低碳钢的塑性好,敲击时不易折断,断口处有明显塑性变形,断口呈银白色,能清晰看到均匀的结晶颗粒。

(2) 中碳钢

中碳钢折断时塑性变形不如低碳钢明显,断口结晶比低碳钢细致。

(3) 高碳钢

高碳钢折断时塑性变形不明显,甚至没有变形现象,断口呈鼠灰色,结晶颗粒致密。

(4) 灰铸铁

灰铸铁在被敲击时容易折断,断口呈暗灰色,结晶颗粒粗大。

(5) 白口铸铁

白口铸铁被敲击时比灰铸铁更容易折断,断口白亮,结晶细,有时不易见到结晶颗粒。

2. 火花试验鉴别法

这是利用砂轮机磨削材料所产生的火花特征来判断化学成分的方法。

(1) 火花的各部分名称简介

钢铁材料在砂轮机上磨削时,磨削出的颗粒被加热至熔融状态,并被离心力作用甩出,所经过的途径称为流线。在流线中途颗粒产生爆裂,形成火花。所产生的全部火花总称火束。火束各部分名称如图 1-1 所示。流线中途发出稍粗而明亮的点称为节点,火花在爆裂时所射出的线条称为芒线,由节点和芒线组成的火花形状称为爆花,分散在爆花之间和流线芒线附近所呈现的明亮小点称花粉。

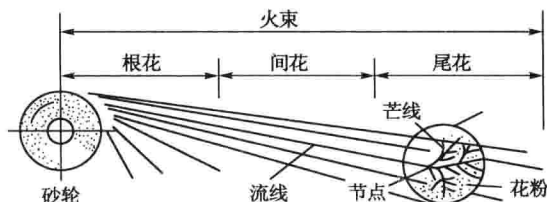


图 1-1 火束各部分名称

(2) 钢铁材料中化学元素对火花的影响

碳元素是引起火花爆裂的主要因素。其规律是:流线增多,火束长度缩短,芒线细而短,由一次爆花转向多次爆花,花的数量和花粉逐渐增多,光辉度增加。在砂轮磨削时,手的感觉也由软逐渐变硬。

其他元素与碳共存时,有的会助长碳素爆裂(锰、铬等),有的则阻止碳素爆裂(钨、硅、镍、钼等)。不同的合金元素还能使流线和尾花具有不同的特征,如镍铬钢和高速钢的流线呈断续或波纹状流线,锰元素生成狐尾尾花,钼元素生成枪尖尾花等。

常见钢和铸铁的火花特征如图 1-2 所示。

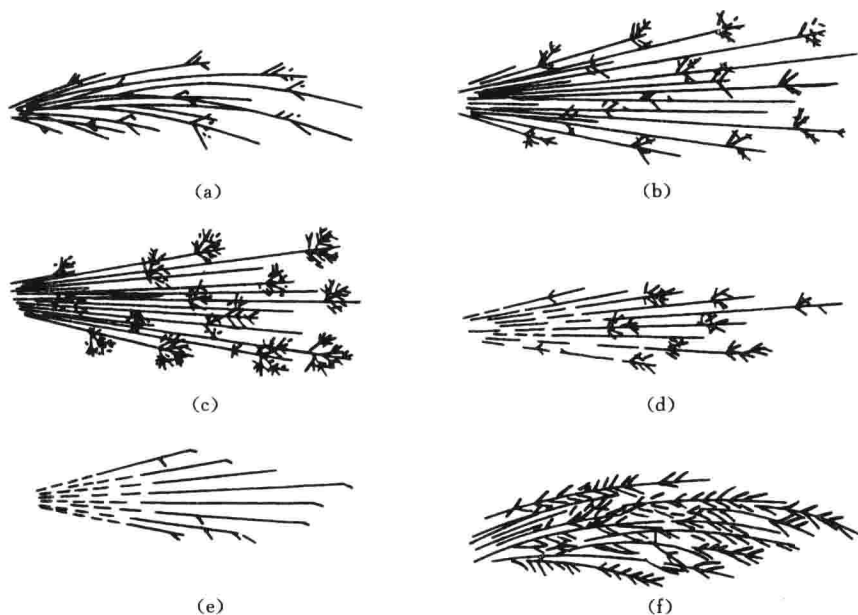


图 1-2 常见钢和铸铁的火花图

- (a) 低碳钢: 火束细长, 呈白色至稻黄色, 火花很少; (b) 中碳钢: 火束较纸碳钢略短, 但有很多白色火花;
 (c) 高碳钢: 火束细、短而暗, 呈黄色, 火花多且分叉; (d) 钨铬工具钢: 火束细, 火花很少, 呈暗红色至白色;
 (e) 高速钢: 火束直而密, 断续发生, 呈暗红色, 几乎没有火花;
 (f) 灰口铸铁: 火束短而细, 流线呈暗红色, 尾端下垂, 有羽毛状尾花, 光辉度增强

第四节 非金属材料简介

工程上常用的非金属材料有工程塑料、陶瓷和复合材料等。

一、工程塑料

塑料是一种人工合成的高分子材料, 主要成分是合成树脂。合成树脂是低分子化合物经聚合反应而获得的高分子化合物, 如聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂等。它是塑料的主要组成部分, 对塑料的性能起决定性作用。绝大多数塑料是以所用树脂名称来命名的。为改善塑料的性能, 还常加入一些填料和添加剂, 如加入着色剂可使塑料着色, 加入稳定剂可防止塑料过早老化等。

塑料具有质轻、绝缘、隔热、耐蚀、耐磨、透光、消音、抗振、美观、价廉、易成形等优点。塑料最主要的缺点是易老化, 易变形, 线膨胀系数大, 导热系数低, 不耐热, 易燃烧, 这些缺点使塑料的使用受到一定的限制。

目前, 在机械制造中塑料主要用于制作各种罩壳、手轮、轻载齿轮、轴套、阀门及在腐蚀介质中使用的耐蚀件等。

塑料的成形方法主要有注射成形、挤出成形、吹塑成形、压制成形和浇铸成形等。

二、陶瓷材料

陶瓷材料是无机非金属材料的总称,包括陶器、瓷器、玻璃、搪瓷、耐火材料等。陶瓷材料分为普通陶瓷和特种陶瓷两大类。普通陶瓷以硅酸盐(如高岭土、长石等)为原料制成。普通陶瓷常用做日用陶瓷(如器皿、卫生设备等)、建筑陶瓷和电瓷。特种陶瓷是以人工化合物(如氧化物、氮化物、碳化物、硼化物、硅化物等)为原料制成的。常用的特种陶瓷有氧化铝瓷、氮化硅瓷、碳化硅瓷等,主要用于机械、冶金、化工、电子等领域。

陶瓷材料硬度高,刚性大,耐热性好,具有优良的绝缘性和抗腐蚀性,广泛用做高温材料,如内燃机火花塞、活塞、冶金坩埚、飞机发动机材料等,用于制作高性能金属切削刀具,还可用做绝缘材料等。

三、复合材料

复合材料是指用两种或两种以上物理、化学性质不同或组织结构不同的物质,以微观或宏观的形式组合而得到的多相固体材料。

复合材料一般是以强度低、韧性好的材料做基体,以强度高、脆性大的材料做增强剂组成的。它克服了单一材料的某些性能的不足,综合了多种材料的优点。

复合材料的性能比其组成材料要好得多。

按照构件的结构和受力要求,对复合材料构件进行最佳设计,可最大限度地发挥材料的潜力。材料的复合工艺是改善材料性能的重要手段,也是今后材料研究的方向之一。

复合材料还具有良好的减摩性、耐磨性和自润滑性,常用于制造滑动轴承等零件。

纤维增强复合材料是目前应用最广泛的复合材料。它的比强度和比刚度在各类材料中最高。玻璃纤维树脂复合材料俗称玻璃钢,它具有密度小、强度高、耐蚀性好等优点,可用来制作车身、船体,直升飞机旋翼,石油化工行业的管道、阀门等。

第二章 铸 造

将熔融金属浇注到铸型中,凝固后获得一定形状和性能铸件的成型方法叫铸造。铸造的主要工艺过程有熔炼金属、制造铸型、将熔融金属液浇入铸型型腔、凝固冷却和清理。铸造的实质是液体金属流动成型。用铸造方法得到的金属件称为铸件。铸件一般是毛坯,经切削加工后才能成为零件。但如果采用精密铸造的方法,或者对零件的精度和表面质量要求不高,铸件也可不经切削加工而直接作为零件使用。

用于制造铸件的各种合金统称为铸造合金。常用的铸造合金有铸铁、铸钢、铸铝及铸铜等。

铸造生产的适应性强,可以制造各种尺寸、形状、重量、生产批量及各种合金的铸件,有些具有复杂内腔的毛坯只能用铸造方法生产。

铸造生产的成本低。铸造用原材料来源广;废品、废料可以重熔利用;设备投资少;铸件的形状和尺寸接近于零件,节省金属材料 and 切削加工工时。

但铸造生产的工序繁多;铸件质量不够稳定,废品率较高;铸件的力学性能较低;劳动条件较差。

铸造常用于制造形状复杂、受力不大的零件毛坯。

铸造生产的方法很多,按铸型材料、造型方法和浇注工艺等方面的不同可分为砂型铸造和特种铸造两大类,其中砂型铸造是最基本、应用最普遍的铸造方法。

第一节 砂 型 铸 造

砂型铸造是指用型砂紧实成形的铸造方法。砂型铸造的工艺过程如图 2-1 所示。其主要工序为制造模样和芯盒、制备型砂及芯砂、造型制芯、熔炼合金、合型浇注、落砂清理及质量检验等。

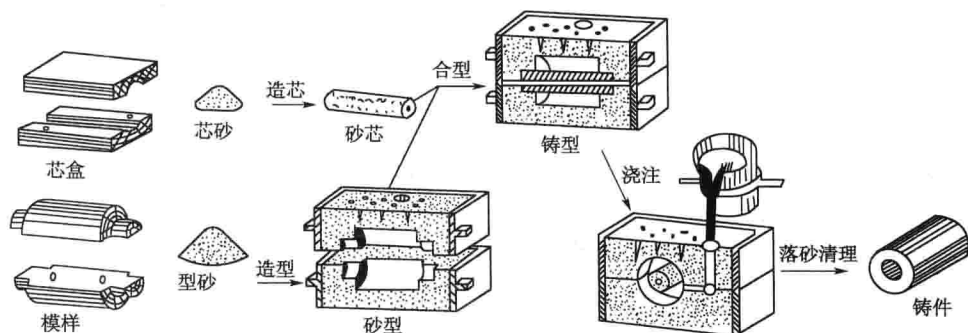


图 2-1 套筒铸件的砂型铸造工艺过程

一、砂型制造

铸型是用型砂、金属或其他耐火材料制成,包括形成铸件形状的空腔、型芯和浇冒口系统的组合整体。用型砂制成的铸型称为砂型。砂型用砂箱支撑时,砂箱也是铸型的组成部分,它是形成铸件形状的工艺装置。图 2-2 所示为两箱造型时制造的砂型,其各组成部分的作用如表 2-1 所列。

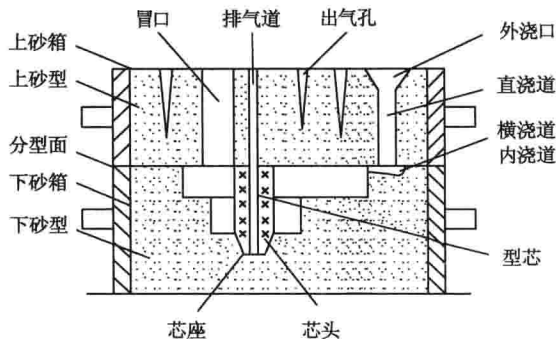


图 2-2 砂型装配图

表 2-1

砂型各组成部分的名称与作用

名称	作用与说明
上砂型	浇注时铸型的上部组元
下砂型	浇注时铸型的下部组元
分型面	铸型组元间的接合面
型砂	按一定比例配合的造型材料,经过混制,符合造型要求的混合料
浇注系统	为填充型腔而开设于铸型中的一系列通道,通常由外浇口、直浇道、横浇道和内浇道组成
冒口	在铸型内储存供补缩铸件用熔融金属的空腔。该空腔中充填的金属也称为冒口。冒口有时还起排气集渣的作用
型腔	铸型中造型材料所包围的空腔部分,型腔不包括模样上芯头部分形成的相应空腔
排气道	在铸型或型芯中,为排除浇注时产生的气体而设置的沟槽或孔道
型芯	为获得铸件的内孔或局部外形,用芯砂或其他材料制成的、安放在型腔内部的铸型组元
出气孔	在砂型或砂芯上,用针或成形扎气孔板扎出的通气孔,出气孔的底部要与模样离开一定距离

1. 型砂和芯砂

型砂和芯砂是制造砂型的主要材料,其性能对造型、制芯工艺和铸件质量有很大影响。

(1) 型砂和芯砂应具备的主要性能

① 强度。指型砂、芯砂抵抗外力而不破坏的能力。强度过低,易造成塌箱、冲砂、砂眼等缺陷;强度过高,易使型砂和芯砂透气性和退让性变差。黏土砂中黏土含量越高,紧实度越高,则强度越高。含水量应与黏土含量适应,含水量过多或过少都使型砂和芯砂的强度下降。

② 可塑性。指型砂、芯砂在外力作用下变形,去除外力后能完整地保持已有形状的能