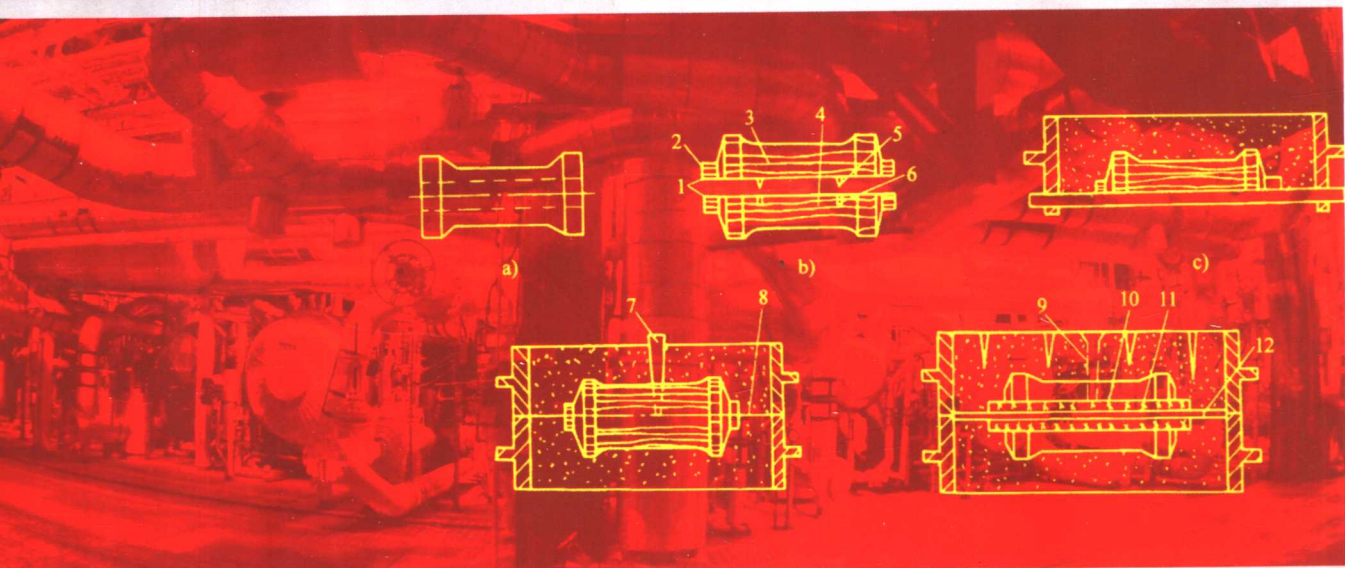




21 世纪全国高校应用人才培养机械类规划教材



金工实习教程

钱继锋 主 编
刘占东 副主编
焦建民 主 审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高校应用人才培养机械类规划教材

TG-45

17

2006

金工实习教程

钱继锋 主 编

刘占东 副主编

焦建民 主 审

傅 强 杨甫勤

刑文华 路学成 参编

李志勇 张建业

郭 维



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本教材是根据教育部高教司高校应用人才培养的文件精神,本着“突出技能,重在实用”的指导思想,结合本课程的具体情况、教学实践、教学经验和教学成果编写而成的。

本教材的内容包括:铸造、锻造、焊接、钢的热处理及钢材鉴别、切削加工基本知识、车削加工、磨削加工、钳工、铣削加工、刨削加工、插削加工、拉削加工、钻削和镗削加工及数控加工等,每章后面附有复习思考题,以便学生对所学知识进一步巩固和提高。

本教材可作为高等职业教育学校机械类及近机械类各专业本科、专科的金工实习教材,同时可供成人高校、电视大学、职工大学、函授大学选用,也可供机械制造行业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习教程/钱继锋主编. —北京:北京大学出版社, 2006.8

(21 世纪全国高校应用人才培养机械类规划教材)

ISBN 7-301-10857-5

I. 金… II. 钱… III. 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(2006)第 072966 号

书 名: 金工实习教程

著作责任者: 钱继锋 主编

责任编辑: 黄庆生 张学贤

标准书号: ISBN 7-301-10857-5/TH·0062

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印刷者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 20.25 印张 500 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024; 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本教材是根据教育部高教司“高职高专教育专业教学改革试点方案”的文件精神，本着“突出技能，重在实用”的指导思想，结合本课程的具体情况、教学实践、教学经验和教学成果编写而成的。

高等职业教育相对中等职业教育而言，要求其培养的学生在理论与实践技能方面都要高一些。实践教学有利于培养和锻炼学生综合运用所学专业理论和技能、独立工作的能力，有利于开发学生的创造能力，也有利于培养学生良好的职业道德、意志品质、心理承受能力和团结协作精神，使他们毕业后能尽快地适应岗位工作。

通过对本课程的学习，可以帮助学生在金工实习时，了解毛坯和零件的加工工艺过程，正确地掌握材料及零件的主要加工方法，并指导学生的实际操作，使学生获得基本操作技能，同时使学生对机械制造的全过程有一个初步的了解，为以后的学习及工作打下一定的实践基础。

本教材在编写时具有以下特点：在内容编排上体现了“宽基础、活模块”，全书主要分为热加工和冷加工两部分，贯彻由浅入深、循序渐进的原则，在每章后面都附有复习思考题，以引导学生独立思考，培养其分析问题和解决问题的能力；由于是实践操作课，因此强调以实际操作为主，对加工设备及其结构都作了介绍，对加工方法的介绍以操作过程和操作技术为主，以培养学生掌握实际基本技能的能力；对一些新工艺及新技术如数控机床等作了介绍，介绍了数控机床的坐标系、编程方法和操作方法，以拓宽学生的知识面，增强学生的操作技能。

本教材可作为高等职业教育学校机械类及近机械类各专业本科、专科的金工实习教材，同时可供成人高校、电视大学、职工大学、函授大学选用，也可供机械制造行业的工程技术人员参考使用。

本教材的内容主要分为热加工和冷加工两部分，包括：铸造、锻造、焊接、钢的热处理及钢材鉴别、切削加工基本知识、车削加工、磨削加工、钳工、铣削加工、刨削加工、插削加工、拉削加工、钻削和镗削加工及数控加工等，每章后面附有复习思考题，以便学生对所学知识进一步巩固和提高。各使用院校可以根据教学计划和教学条件，对书中内容进行调整和取舍。

本书由钱继锋任主编，刘占东任副主编。参加编写的人员还有傅强、杨甫勤、邢文华、路学成、李志勇、张建业、郭维等。全书由焦建民副教授主审。

本书在编写过程中，参考了许多相关书籍资料，在此向这些资料的作者一并表示感谢。由于编者水平和经验有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者与同行批评指正。

编 者

2005年4月

目 录

第 1 章 铸造.....	1
1.1 铸造概述.....	1
1.1.1 铸造及其特点.....	1
1.1.2 砂型铸造的生产过程.....	1
1.1.3 铸型的组成.....	2
1.2 造型材料.....	3
1.2.1 型(芯)砂的性能.....	3
1.2.2 型(芯)砂的种类及应用.....	4
1.2.3 型砂的配制.....	5
1.3 造型方法.....	5
1.3.1 手工造型.....	5
1.3.2 机器造型.....	10
1.3.3 造芯.....	12
1.4 金属的熔炼与浇注.....	14
1.4.1 铸铁的熔炼.....	14
1.4.2 铸钢的熔炼.....	17
1.4.3 有色合金熔炼.....	17
1.4.4 浇注.....	18
1.5 特种铸造.....	18
1.5.1 熔模铸造.....	18
1.5.2 金属型铸造.....	20
1.5.3 压力铸造.....	20
1.5.4 离心铸造.....	22
1.5.5 实型铸造.....	23
1.6 铸件落砂、清理及缺陷分析.....	24
1.6.1 铸件落砂.....	24
1.6.2 铸件清理.....	25
1.6.3 铸件缺陷分析.....	26
1.7 复习思考题.....	27

第2章 锻压	28
2.1 锻压概述	28
2.2 金属坯料加热及锻件的冷却	29
2.2.1 加热的目的	29
2.2.2 锻造温度范围	29
2.2.3 加热缺陷	30
2.2.4 加热炉	31
2.2.5 锻件的冷却	32
2.3 自由锻造	32
2.3.1 自由锻造的工具和设备	33
2.3.2 自由锻造的基本工序	38
2.4 模型锻造	43
2.4.1 模锻设备	43
2.4.2 锤上模锻工作过程	45
2.5 胎模锻造	46
2.6 板料冲压	47
2.6.1 冲压设备	47
2.6.2 冲模	49
2.6.3 冲压基本工序	51
2.7 锻件缺陷分析	53
2.8 复习思考题	55
第3章 焊接	56
3.1 概述	56
3.2 焊条电弧焊	57
3.2.1 焊条电弧焊过程	57
3.2.2 焊条电弧焊设备	58
3.2.3 焊条	60
3.2.4 焊条电弧焊工艺	62
3.2.5 焊条电弧焊的基本操作	64
3.3 气焊和气割	65
3.3.1 气焊	65
3.3.2 气割	70
3.3.3 气焊气割的注意事项	71
3.4 其他焊接方法	72

3.4.1	埋弧焊.....	72
3.4.2	气体保护焊.....	73
3.4.3	电阻焊.....	74
3.4.4	钎焊.....	76
3.5	焊接件缺陷分析.....	77
3.5.1	焊接缺陷.....	77
3.5.2	焊接检验.....	78
3.6	复习思考题.....	79
第4章	钢的热处理及钢材鉴别.....	80
4.1	概述.....	80
4.2	常用热处理方法.....	81
4.2.1	退火.....	81
4.2.2	正火.....	82
4.2.3	淬火.....	83
4.2.4	回火.....	85
4.2.5	钢的表面热处理.....	85
4.3	热处理设备.....	89
4.3.1	井式电阻炉.....	89
4.3.2	箱式电阻炉.....	90
4.3.3	浴炉.....	90
4.4	钢材鉴别.....	91
4.4.1	涂色标记法.....	91
4.4.2	断口鉴别法.....	91
4.4.3	钢铁的火花鉴别.....	92
4.5	复习思考题.....	95
第5章	切削加工基本知识.....	97
5.1	切削加工的运动分析及切削要素.....	97
5.1.1	零件表面的形成及切削运动.....	97
5.1.2	切削用量和切削层几何参数.....	98
5.2	刀具材料简介.....	100
5.2.1	刀具材料应具备的性能.....	100
5.2.2	常用刀具材料.....	101
5.3	常用量具.....	104

5.3.1	游标卡尺.....	104
5.3.2	千分尺.....	105
5.3.3	百分表.....	106
5.3.4	塞规与卡规.....	107
5.4	机械零件的加工质量.....	108
5.4.1	加工精度.....	108
5.4.2	表面粗糙度.....	109
5.4.3	经济精度.....	109
5.5	切削加工的一般步骤.....	109
5.5.1	阅读零件图.....	109
5.5.2	工件的预加工.....	110
5.5.3	选择加工机床.....	110
5.5.4	安装工件和刀具.....	110
5.5.5	工件的切削加工.....	111
5.5.6	工件检测.....	112
5.6	复习思考题.....	112
第6章	车削加工.....	114
6.1	车床.....	114
6.1.1	车床的种类及组成.....	114
6.1.2	卧式车床的传动系统.....	115
6.2	车刀及其安装.....	117
6.2.1	车刀材料.....	118
6.2.2	车刀角度.....	118
6.2.3	车刀的刃磨.....	121
6.2.4	车刀的安裝.....	122
6.3	工件的安裝及所用附件.....	123
6.3.1	用三爪卡盘安裝工件.....	123
6.3.2	用四爪卡盘安裝工件.....	124
6.3.3	用顶尖安裝工件.....	125
6.3.4	中心架与跟刀架的使用.....	127
6.3.5	用心轴安裝工件.....	128
6.3.6	用花盘、弯板及压板、螺栓安裝工件.....	129
6.4	车床操作要点.....	129
6.4.1	刻度盘及刻度盘手柄的使用.....	129

6.4.2	试切的方法与步骤.....	131
6.4.3	粗车.....	132
6.4.4	精车.....	132
6.5	车削基本工艺.....	133
6.5.1	车外圆和台阶.....	133
6.5.2	车端面.....	134
6.5.3	孔加工.....	135
6.5.4	切槽和切断.....	137
6.5.5	车锥面.....	138
6.5.6	车螺纹.....	140
6.5.7	车成形面.....	144
6.5.8	滚花.....	145
6.6	复习思考题.....	147
第7章	钻削和镗削加工.....	148
7.1	钻削.....	148
7.1.1	概述.....	148
7.1.2	钻床.....	149
7.1.3	钻头及附件.....	151
7.1.4	钻削基本工艺.....	154
7.2	镗削.....	157
7.2.1	概述.....	157
7.2.2	镗床.....	158
7.2.3	镗刀.....	159
7.2.4	镗削基本工艺.....	161
7.3	复习思考题.....	164
第8章	刨削、插削和拉削加工.....	165
8.1	概述.....	165
8.1.1	刨削的特点与应用.....	165
8.1.2	刨削运动与刨削用量.....	166
8.2	刨床.....	167
8.2.1	牛头刨床.....	167
8.2.2	龙门刨床.....	171
8.3	刨刀.....	172

8.3.1	刨刀的几何角度及结构特点.....	172
8.3.2	刨刀的种类及其应用.....	173
8.3.3	刨刀的安装.....	173
8.4	工件的安装.....	174
8.4.1	用平口虎钳装夹.....	174
8.4.2	在工作台上装夹.....	174
8.4.3	专用夹具装夹.....	176
8.5	刨削基本工艺.....	176
8.5.1	刨削水平面.....	176
8.5.2	刨削垂直面.....	177
8.5.3	刨削斜面.....	177
8.5.4	刨削直槽.....	178
8.5.5	刨 T 形槽.....	178
8.5.6	刨 V 形槽.....	179
8.5.7	刨燕尾槽.....	179
8.6	插削.....	179
8.6.1	插床.....	180
8.6.2	插刀.....	180
8.6.3	插削加工.....	182
8.7	拉削.....	183
8.7.1	拉床.....	183
8.7.2	拉刀.....	183
8.7.3	拉削的特点及应用.....	184
8.7.4	拉削加工的新发展.....	186
8.8	复习思考题.....	186
第 9 章	铣削加工.....	188
9.1	概述.....	188
9.1.1	铣削加工的特点和应用.....	188
9.1.2	铣削运动和铣削用量.....	189
9.2	铣床.....	190
9.2.1	卧式万能升降台铣床.....	190
9.2.2	立式升降台铣床.....	192
9.2.3	龙门铣床.....	193
9.3	铣刀及安装.....	193

9.3.1	铣刀	193
9.3.2	铣刀的安装	194
9.4	铣床附件及工件安装	195
9.4.1	铣床附件	195
9.4.2	工件的安装	199
9.5	铣削基本工艺	200
9.5.1	铣平面	201
9.5.2	铣斜面	202
9.5.3	铣T型槽	202
9.5.4	铣键槽	203
9.5.5	铣成形面及曲面	203
9.5.6	铣螺旋槽	204
9.6	齿轮齿形加工	205
9.6.1	成形法	205
9.6.2	展成法	206
9.7	复习思考题	210
第10章	磨削加工	211
10.1	概述	211
10.1.1	磨削加工的特点	211
10.1.2	磨削加工的应用	211
10.1.3	磨削运动与磨削用量	212
10.2	磨床	212
10.2.1	外圆磨床	213
10.2.2	内圆磨床	215
10.2.3	平面磨床	215
10.3	砂轮	217
10.3.1	砂轮的特性	217
10.3.2	砂轮的安裝	218
10.3.3	砂轮的修整	218
10.4	工件的安装	219
10.4.1	外圆磨削中工件的安装	219
10.4.2	内圆磨削中工件的安装	220
10.4.3	平面磨削中工件的安装	221
10.5	磨削加工	221

10.5.1	外圆磨削.....	221
10.5.2	内圆磨削.....	223
10.5.3	平面磨削.....	224
10.5.4	圆锥面磨削.....	226
10.6	复习思考题.....	226
第 11 章	钳工.....	228
11.1	概述.....	228
11.2	钳工工作台和虎钳.....	228
11.2.1	钳工工作台.....	229
11.2.2	虎钳.....	229
11.3	划线.....	230
11.3.1	划线的作用和种类.....	230
11.3.2	划线工具及其用法.....	231
11.3.3	划线基准.....	235
11.3.4	划线步骤与操作.....	235
11.4	銼削.....	237
11.4.1	銼削工具.....	237
11.4.2	銼削操作.....	237
11.4.3	銼削应用.....	240
11.5	锯切.....	242
11.5.1	手锯.....	243
11.5.2	锯削操作.....	244
11.5.3	锯切应用.....	246
11.6	锉削.....	247
11.6.1	锉刀.....	247
11.6.2	锉削操作.....	249
11.6.3	锉削应用.....	250
11.7	攻螺纹和套螺纹.....	252
11.7.1	攻螺纹用工具.....	253
11.7.2	套螺纹用工具.....	254
11.7.3	攻螺纹操作.....	255
11.7.4	套螺纹操作.....	256
11.8	刮削.....	257
11.8.1	刮刀.....	257

11.8.2 刮削姿势.....	258
11.8.3 刮削精度的检验.....	259
11.8.4 刮削操作.....	260
11.9 装配与拆卸.....	260
11.9.1 装配工艺过程.....	260
11.9.2 装配工艺方法.....	261
11.9.3 各种连接的装配方法.....	262
11.9.4 装配要求及实例.....	264
11.9.5 装配自动化.....	266
11.9.6 机器的拆卸.....	268
11.10 复习思考题.....	268
第 12 章 数控机床.....	269
12.1 计算机数控系统的基本概念.....	269
12.1.1 引言.....	269
12.1.2 数控机床的组成及工作原理.....	269
12.1.3 数控系统的分类.....	271
12.1.4 实现机床数控的有关规定.....	273
12.2 数控车床编程.....	275
12.2.1 数控车床编程基本知识.....	275
12.2.2 数控车床编程基本指令.....	279
12.2.3 G 指令(准备功能).....	281
12.3 数控铣床的编程.....	303
12.3.1 常用 G 代码.....	303
12.3.2 数控铣床编程实例.....	305
12.4 复习思考题.....	306
参考文献.....	307

第 1 章 铸 造

1.1 铸造概述

1.1.1 铸造及其特点

铸造是熔炼金属，制造铸型，并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状和性能的铸件的成形方法。

铸造生产方法很多，常见的有两类。

(1) 砂型铸造。砂型铸造是指用型砂紧实成形的铸造方法。型砂来源广泛，价格低廉，且砂型铸造方法适应性强，因而是目前生产中用得最多、最基本的铸造方法。

(2) 特种铸造。特种铸造是与砂型铸造不同的其他铸造方法，如熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造、离心铸造、实型铸造、磁型铸造等。

铸造成形具有以下主要特点。

(1) 铸造的适应性强。铸造成形方法几乎不受工件的形状、尺寸、重量和生产批量的限制，铸造材料可以是铸铁、铸钢、铸造非铁合金等各种金属材料，可以制造外形和内腔十分复杂的毛坯。

(2) 成本较低。铸造用原材料来源广泛，价格低廉，并可直接利用废机件和切屑。铸件的形状和尺寸接近于零件，能节省金属材料和切削加工工时。

(3) 铸件的组织性能较差。铸件的组织晶粒粗大，化学成分不均匀，其力学性能较差，铸件废品率较高。铸造常用于制造形状复杂的大型工件，承受静载荷及压应力的机械零件，如床身、机座、支架、箱体等。

(4) 铸造工序较多，劳动条件较差。铸件广泛用于机床制造，动力、交通运输，轻纺机械，冶金机械等设备。

1.1.2 砂型铸造的生产过程

砂型铸造的生产过程如图 1-1 所示。根据零件的形状和尺寸，设计制造模样和型芯盒；配制型砂和芯砂；用模样制造砂型；用型芯盒制造型芯；把烘干的型芯装入砂型并合型；将熔化的液态金属浇入铸型；凝固后经落砂、清理、检验即得铸件。

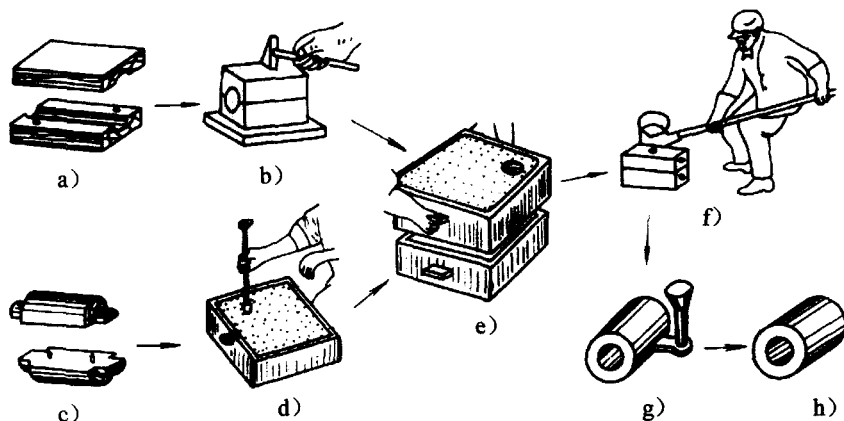


图 1-1 砂型铸造工艺过程

a) 芯盒; b) 造芯; c) 模样; d) 造型; e) 合型; f) 浇注; g) 落砂后的铸件; h) 清理后的铸件

1.1.3 铸型的组成

铸型是依据零件形状用造型材料制成的，铸型可以是砂型，也可以是金属型。砂型是由型砂等作为造型材料制成的。

铸型一般由上型、下型、型芯、型腔和浇注系统等组成，如图 1-2 所示。铸型组元间的接合面称为分型面。铸型中造型材料所包围的空腔部分，即形成铸件本体的空腔称为型腔。型芯一般用来形成铸件的内孔和内腔。液态金属通过浇注系统流入并充满型腔，产生的气体从出气口等处排出砂型。

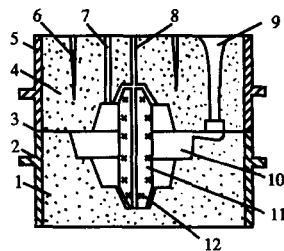


图 1-2 铸型的组成

1—下砂型; 2—下砂箱; 3—分型面; 4—上砂型; 5—上砂箱; 6—通气孔;
7—出气口; 8—型芯通气孔; 9—浇注系统; 10—型腔; 11—型芯; 12—型芯头

砂型各组成部分的作用，如表 1-1 所示。

表 1-1 砂型各组成部分的名称与作用

名 称	作用与说明
上型（上箱）	浇注时铸型的上部组元
下型（下箱）	浇注时铸型的下部组元
分型面	铸型组元间的接合面
型腔	铸型中造型材料包围的空腔部分，型腔不包括模样上芯头部分形成的相应空腔
砂芯	为获得铸件的内孔或局部外形，用芯砂或其他材料制成的，安装在型腔内部的铸型组元
浇注系统	为金属液填充型腔和冒口而开设于铸型中的一系列通道。通常由浇口杯、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
排气道	在铸型或型芯中，为排除浇注时形成的气体而设置的沟槽或孔道
出气孔	在砂型或砂芯上，用通气针扎出的通气孔。出气孔的底部要与模样离开一定距离
冷铁	为增加铸件局部的冷却速度，在砂型、型芯表面或型腔中安置的金属物

1.2 造型材料

砂型铸造的造型材料主要有型砂和芯砂。型（芯）砂的质量直接影响铸件的质量。如果使用质量不合格的造型材料，铸件会产生气孔、粘砂和砂眼等缺陷，铸件会成为次品或废品。因此要严格控制型（芯）砂的质量。

1.2.1 型（芯）砂的性能

铸型在浇注、凝固过程中要承受金属熔液的冲刷、静压力 and 高温的作用，并要排除大量气体，型芯还要承受铸件凝固时的收缩压力等。因而要获得优质的铸件，型砂应满足如下的性能要求。

（1）强度。型（芯）砂抵抗外力破坏的能力称为强度。强度过低，在造型、搬运、合型过程中易引起塌箱，或在液态金属的冲刷下使铸型表面破坏，造成铸件砂眼等缺陷。强度过高，又使铸型太硬，阻碍铸件的收缩，使铸件产生内应力，甚至开裂，还使透气性变差。

（2）耐火性。型砂在高温液态金属作用下不熔融、不烧结的性能称为耐火性。型砂耐火性好，在液态金属作用下不易烧结粘砂。

（3）可塑性。可塑性是指型砂在外力去除后仍能保持其获得形状的能力。可塑性好，型砂变形容易，铸型轮廓清晰，易于起模。可塑性与型砂中黏土和水分的含量、砂子粒度有关。一般砂子颗粒较细，黏土量多，水分适当时，型砂可塑性好。

(4) 透气性。透气性是指型砂能让气体透过的能力。浇注过程中, 型砂中的气体和砂型在高温金属液作用下产生的气体, 都必须透过型砂排出型外, 否则, 就可能留在铸件内而形成气孔。原砂颗粒越粗大、均匀, 粘结剂含量越低, 含水量适当(4%~6%), 或加入易燃的附加物(如加入锯末等)均能使型砂的透气性提高。

(5) 退让性。铸件在冷凝时, 型砂能被压缩体积的性能称为退让性。退让性差, 铸件在凝固收缩时会受阻而产生内应力、变形和裂纹等缺陷。因此, 对于一些收缩较大的合金或大型铸件应在型砂中加入一些锯末、焦炭粒等物质以增加退让性。

芯砂大部分与金属液接触, 必须具有更高的强度、耐火性、透气性和退让性等。

1.2.2 型(芯)砂的种类及应用

型(芯)砂都是由原砂、粘结剂、附加物及水等原材料配制而成的。按粘结剂的种类可分为以下几种。

(1) 黏土砂。黏土砂由原砂(应用最广泛的是硅砂)、黏土(或膨润土)、水及附加物(煤粉、木屑等)按一定比例配制而成, 黏土砂是迄今为止铸造生产中应用最广泛的型砂。它可用于制造铸铁件、铸钢件及铸造非铁合金的砂型和不重要的型芯。图 1-3 所示为黏土砂结构示意图。黏土砂根据其功能及使用方式的不同, 可分为面砂、背砂等。

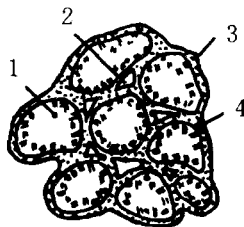


图 1-3 黏土砂结构

1—砂粒; 2—空隙; 3—附加物; 4—粘结剂

(2) 水玻璃砂。水玻璃砂是用水玻璃作粘结剂配制成的型砂。它是除了黏土砂以外用得最广泛的一种型砂。

水玻璃砂铸型或型芯无需烘干、硬化速度快、生产周期短、易于实现机械化、工人劳动条件好。但铸件易粘砂、型(芯)砂退让性差、落砂困难、耐用性更差。

(3) 油砂和合脂砂。虽然黏土砂和水玻璃砂也可用来制造型芯, 但对于结构形状复杂、要求高的型芯, 则难以满足要求。因为型芯在浇注后被高温金属液所包围, 型芯砂应具有比一般型砂更高的性能要求。尺寸较小、形状复杂或较重要的型芯, 可用油砂或合脂砂制造。

(4) 树脂砂。树脂砂是以树脂为粘结剂而配制成的型砂。用树脂砂造型或造芯, 铸件