

高等学校通用教材

机械工程材料成形技术

王爱珍 主编

JIXIE GONGCHENG
CAILIAO CHENGXING JISHU



北京航空航天大学出版社

中国工程材料发展报告

中国工程院 编

中国工程院工程材料委员会
工程材料专家工作组

中国工程院工程材料委员会
工程材料专家工作组

2010

中国工程院工程材料委员会
工程材料专家工作组

TH14
19

高等学校通用教材

机械工程材料成形技术

王爱珍 主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

《机械工程材料成形技术》是郑州轻工业学院王爱珍教授在原教材基础上,根据近年来机械业的突飞猛进和市场人才的需求变化,重新编著的含有大量图表、框图、流程图和实例等齐全的实践性很强的材料成形方面的读本,除传播传统的成形方法外,新增加了切割成形、钣金塑性成形、咬接与胶接成形以及各种新成形技术。

全书共7章。内容包括金属液态成形、金属锻造成形、钣金切割成形、钣金塑性成形、金属连接成形、非金属材料成形和成形材料与方法选择。

本书可作为机械类或近机类各专业本、专科生的教材,也可供从事相关技术工作的读者或科研人员查阅参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程材料成形技术/王爱珍主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2005.9
ISBN 7-81077-676-2

I. 机… II. 王… III. 工程材料—成形
IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 042649 号

机械工程材料成形技术

王爱珍 主编

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail:bhpress@263.net

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:21.5 字数:482千字

2005年9月第1版 2005年9月第1次印刷 印数:5000册

ISBN 7-81077-676-2 定价:28.00元

2003 年以来为外校编辑出版的主要教材目录(不含一般图书)

书 号		书 名	编 著 者	定 价
346-1	软件 及 应用 类	现代电气控制及 PLC 应用技术	王永华等	27.00
302-X		Verilog 数字系统设计教程	夏宇闻	38.00
164-7		嵌入式系统原理及应用开发技术	桑楠等	23.00
428-X		EDA 技术及其应用	汉译西等	29.00
377-1		计算机图形学理论与实践	李春雨等	30.00
864-7		微机原理及接口技术	邵鸿余编	30.00
554-5	自动 控制 及 测 试 技 术	传感器技术及应用	薛永毅等	23.00
121-3		测控电路及装置	孙传友等	26.50
184-1		测控系统原理与设计	孙传友等	28.50
378-X		智能传感器与信息系统	梁威等	21.00
375-5		现代测控技术及虚拟仪器	曹玲芝等	18.00
460-3		虚拟仪器与 Labview TM 7.0 Express 程序设计	周求湛等	21.00
349-6		自动控制原理(修订版)	冯巧玲等	32.00
483-2	光 及 电 子 工 程 类	电工电子技术实验教程	孙君曼等	18.00
482-4		模拟与数字电子技术实验教程	徐国华等	18.00
668-1		电子线路设计指导	李银华等	18.00
667-3		电路实验教程	徐国华等	15.00
873-6		电子工艺及电子工程设计	汤元信等	20.00
912-0		光纤通信及网络技术	徐宝强等	18.00
684-3		光电子技术基础教程	郭培源等	19.00
605-3		光学原理教程	梁柱等	20.00
319-4		模拟电子技术基础学习指导与提高	王成珍著	16.00
344-5		数字电子技术基础学习指导与提高	刘盾等	18.00
497-2	基础 类	材料力学教程	戴葆青等	25.00
498-0		理论力学教程	王崇革等	25.00
407-7		材料力学实验	王育平等	9.00
676-2		机械工程材料成形技术	王爱珍	28.00
499-9	机 械 制 图 类	计算机三维图形技术	杨德星等	22.00
* 205-8		工程图学基础(少学时)	王农等	24.50
* 206-8		工程图学与计算机绘图(多学时)	王颖等	29.00
* 547-2		建筑制图与阴影透视	赵景伟等	31.00

注: 1. * 号图书各配有对应的制图习题集。

基础教程》是系列教程之一, 下有《光电子器件原理应用》、

1《光纤器件及通信技术》相继于 2005 年出版。

请教师、读者提出。若有意出版教材与图书请来函来电联系。

话 010-82317036 邮编 100083 地址: 北京学院路 37 号北航出版社编辑部。

前 言

本书是作者从教近 30 年来,在原《工程材料及成形技术》基础上,基于机械工程材料成形技术的迅速发展,根据市场人才的需求变化及学科调整,又重新编写材料成形技术方面的读本,除保留原书部分章节的传统成形方法、工艺设计和结构设计外,重点是新增加金属切割成形、钣金塑性成形、咬接和胶接成形,以及各种新成形技术等。

在编写过程中,立足理论紧密联系实际,较清楚地表达了各种工程材料的成形过程及原理,以及各工艺环节之间的相互联系,尽量多列举常见机械设备上的典型产品,并通过大量齐全的数据、准确的图表、框图和流程图等,对各种工艺进行系统性、原理性的纵向介绍和横向综合分析比较,使学者对各种方法作出合理的评价和选择,对各种工艺过程的可能性与局限性作出正确的判断,迅速选择出最适合的成形方法及工艺。

同时,在各个工艺环节的编写中既注意增加生产中需要分析和解决的实际问题,又注意拓宽和加深解决问题的思路与方法,还注意了现代先进技术的应用与发展趋势,从而培养读者对新技术、新工艺的研究兴趣,提高科技创新能力。

参加本书编写、资料收集整理和审校的有王爱珍、周西杰、赵健、李明、上官林建、刘铁军、孙新、刘红霞、王世军、何旭光和李烁等。王爱珍任主编,编写绪论、第 1 至第 5 章,并负责全书的统编与审校;周西杰、赵健和李明负责第 6、第 7 章和第 5 章部分内容;上官林建、刘铁军、孙新、刘红霞负责第 1、第 2 章部分内容;王世军、何旭光、李烁负责全书的制图工作。

本书在编写过程中,尽管征求了有关同仁的见解和建议,但由于作者水平有限,难免有不妥之处,恳请广大读者和师生指正。

编 者
2005 年 3 月

目 录

绪 论	1	2.1.3 金属的可变形性能	74
第 1 章 金属液态成形	3	2.2 自由锻造成形	76
1.1 铸造成形方法	3	2.2.1 自由锻造方法	76
1.1.1 砂型铸造	3	2.2.2 自由锻造工艺设计	77
1.1.2 特种铸造	7	2.2.3 自由锻件结构设计	95
1.1.3 激光快速成形	14	2.3 模型锻造成形	97
1.1.4 各种铸造方法的综合比较	18	2.3.1 模型锻造方法	97
1.2 液态成形原理	20	2.3.2 模锻工艺设计	102
1.2.1 液态金属的充型	20	2.3.3 模锻件结构设计	109
1.2.2 凝固金属的收缩	23	2.4 塑性成形新技术	111
1.2.3 铸造应力及危害	26	2.4.1 液态模锻	111
1.2.4 常用合金的铸造性能	29	2.4.2 精密模锻	112
1.3 铸造成形工艺设计	31	2.4.3 高速锤锻造	113
1.3.1 铸造工艺方案的拟定	32	2.4.4 超塑性成形	114
1.3.2 铸造工艺参数的确定	38	第 3 章 钣金切割成形	116
1.3.3 浇注系统及冒口设计	42	3.1 切割下料	116
1.3.4 铸造工艺图的绘制	45	3.1.1 机械切割	116
1.3.5 综合分析举例	47	3.1.2 气体切割	124
1.4 铸造零件结构设计	53	3.1.3 数控切割	137
1.4.1 铸造工艺对结构的要求	53	3.1.4 等离子切割	140
1.4.2 铸造性能对结构的要求	58	3.1.5 激光切割	148
1.4.3 铸造方法对结构的要求	63	3.2 冲裁成形	151
1.4.4 组合铸件的设计	66	3.2.1 冲裁成形方法	151
第 2 章 金属塑性成形	68	3.2.2 冲裁切割工艺设计	155
2.1 金属塑性成形原理	69	3.2.3 冲裁件结构及模具	162
2.1.1 金属塑性变形的实质	69	第 4 章 钣金塑性成形	175
2.1.2 金属形变组织和性能	70	4.1 弯曲成形	175

4.1.1 弯曲成形方法·····	176	6.1.1 高分子材料成形方法·····	298
4.1.2 弯曲成形工艺设计·····	185	6.1.2 高分子材料的应用·····	301
4.1.3 弯曲件结构及模具·····	193	6.1.3 工程塑料成形工艺及结构设计·····	304
4.2 拉深与局部成形·····	202	6.1.4 典型塑料件结构设计举例·····	309
4.2.1 成形工艺方法·····	202	6.2 陶瓷及复合材料成形·····	311
4.2.2 成形工艺设计·····	206	6.2.1 陶瓷件成形方法及工艺·····	311
4.2.3 成形工艺设计举例·····	211	6.2.2 复合材料成形方法·····	313
4.2.4 成形件结构及模具·····	215	6.2.3 工业陶瓷及复合材料应用·····	315
4.3 钣金成形新技术·····	219		
第5章 金属连接成形 ·····	225	第7章 成形材料与方法选择 ·····	320
5.1 熔化焊成形原理·····	225	7.1 成形材料的选择·····	320
5.1.1 熔化焊冶金过程·····	225	7.1.1 选材的基本原则·····	320
5.1.2 焊接接头组织与性能·····	228	7.1.2 典型零件的选材·····	323
5.1.3 焊接应力与变形·····	230	7.2 坯件的选择·····	324
5.1.4 焊接材料及性能·····	233	7.2.1 坯件类型的比较·····	324
5.2 焊接成形方法·····	240	7.2.2 坯件类型的选择·····	325
5.2.1 常用熔化焊·····	240	7.2.3 典型零件毛坯选择·····	328
5.2.2 熔化焊成形新技术·····	246	7.3 典型坯件成形设计·····	330
5.2.3 常用压力焊及钎焊·····	250	7.3.1 V带轮的成形设计·····	330
5.3 焊接工艺及结构设计·····	255	7.3.2 圆柱齿轮的成形设计·····	332
5.3.1 焊接工艺拟定·····	255	7.3.3 小型汽油发动机成形工艺设计·····	334
5.3.2 焊接工艺设计举例·····	272	参考文献 ·····	337
5.3.3 焊接结构设计·····	276		
5.4 咬接与胶接成形·····	291		
5.4.1 咬接成形·····	291		
5.4.2 胶接成形·····	293		
第6章 非金属材料成形 ·····	298		
6.1 高分子材料成形·····	298		

绪 论

1. 材料成形在工业生产中的地位

工程材料是材料科学的应用部分,是构成各种机械设备的基础,也是各种机械加工的对象。它包括金属材料、非金属和复合材料等,其中金属材料是现代制造机械的最主要材料。当前,随着金属与非金属材料的相互渗透,新型复合材料异军突起;各种新工艺、新成形技术及新测试技术不断涌现,促使材料成形的组织、成分、性能变化与相互影响规律进行深入研究,为工业生产中合理选材和毛坯奠定了基础。

材料应用与材料成形技术是机械制造生产过程的重要组成部分。机械制造就是将各种原材料经过各种成形、改性、连接等工艺转变为机器的过程;机器类型不同,机构、尺寸及技术要求不同,选择相应的材料和采用与之相适应的成形方法及加工过程也不同。通常将改变制造对象的形状尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品和半成品的过程,称为工艺过程。亦即从矿石到机器的主要金属材料转变为成品的过程,或高分子聚合材料和复合材料转变为成品的过程。通常,一般机械制造的工艺流程如图 0-1 所示。

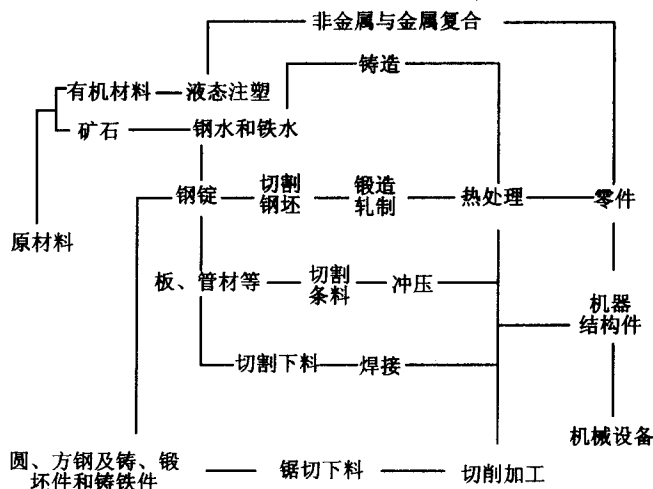


图 0-1 一般机械制造的工艺流程

2. 材料成形在培养人才中的地位

工程材料成形技术是机械类各专业一门重要的综合性技术学科。对于从事机械工程的技

术人员而言,无论是设计、制造、运行和维护等,都必然要面对工程材料成形方法的选择、工艺的拟定、使用及零件的结构工艺性等问题。因此,掌握工程材料成形工艺理论及方法是工程岗位要求所不可缺少的必要知识。

尤其在当代机械工程设计过程中,不仅要确定产品及各种零部件的结构,还必须同时确定所选用的材料及相应的制造工艺方法,亦即在对设计、选材、制造三者之间多种方案进行分析比较且优化组合的基础上才能确定。因此,结构设计、材料选择、加工成形方法的选择,不仅成了相互关联的综合性技术问题,是保证获得优质机械零件的依据,还是机械设计的重要基础之一。

在机械制造过程中,由于加工过程十分复杂,加工工序繁多,不仅有金属的液态铸造成形、固态锻造成形、钣金切割与冲压成形、熔接成形、咬接与胶接成形,还有非金属的注射成形、喷射成形和模压成形等工艺过程,其间还要穿插不同的整体强化和改性处理等工序。合理选择不同的成形方法并安排好工艺路线,是保证产品质量,并达到技术经济指标要求的重要因素之一。因此工程材料成形技术在机械制造中占有重要的地位。

3. 材料成形的编写宗旨

本书的内容体系是建立在材料科学基础上,按照材料毛坯和零件成形的本质特征,将机械制造毛坯和零件,采用以“成形方法、工艺过程及其工艺和结构设计”为主线,精选传统的经典内容,吸收新技术、新工艺,扩充信息量,并较为系统地概述了机械毛坯制造过程的整个概貌,以及相互关联地描述了“液态、塑性、分离、弯压和连接成形”等工艺过程,既有利于深化读者对多种成形过程本质及相互内在联系的认识,又起到触类旁通的作用。尤其重点介绍了金属材料各种成形工艺设计及结构设计,以及工程塑料件的结构设计。为从事机械工程领域的工程技术人员提供了必要的基础知识和技术方法,以及开阔眼界的新技术、新工艺,既可使读者掌握工程材料成形方法及应用,又可使读者初步具有选择材料、选择方法、分析制定工艺及设计零件结构的能力,以适应现代化机械工程发展的要求。

第 1 章 金属液态成形

液态成形是将液态金属或合金浇注到与零件尺寸、形状相适应的铸型型腔中,待其冷却凝固后,获得毛坯或零件的生产方法。亦即铸造成形且所得到的毛坯称为铸件。

铸造是机械零件和毛坯成形的主要工艺方法之一,尤其适合于制造内腔和外形复杂的毛坯或零件,而且不受铸件质量、尺寸、材料种类及生产批量的限制,所用原料来源广泛、价格低廉,因此在机械制造业中占有非常重要的地位。

1.1 液态成形方法

在铸造生产中,按液态成形铸型性质不同,可分为砂型铸造、特种铸造和新型铸造技术等。其中砂型铸造与其他铸造方法相比应用最普遍,但力学性能要求较高的机械零件不宜采用。

1.1.1 砂型铸造

砂型铸造是以型砂作为造型材料,用人工或机械方法在砂箱内制造出型腔及浇注系统的铸造方法。一般需经过制备模样及芯盒、配备型砂及芯砂、造型与造芯、熔炼金属及浇注、落砂清理与检验等步骤,整个铸造工艺流程及其之间的相互关系如图 1-1 所示。

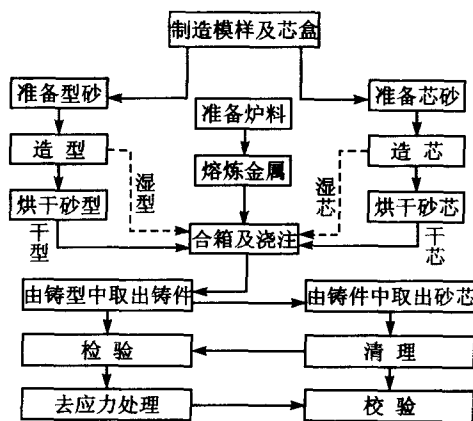
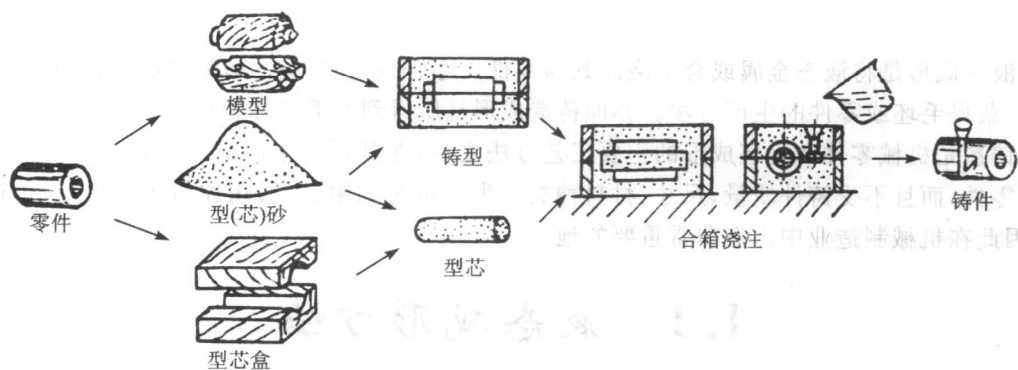


图 1-1 砂型铸造工艺流程示意图

通常,一般机械零件的砂型铸造成形工艺过程(图 1-2)可概括为:

- (1) 把放大了收缩量的模样及芯盒做好后,按要求准备好铸型。
- (2) 把熔炼好的液态金属浇满铸型。
- (3) 液态金属在型腔内凝固成形后,打箱落砂得到一定形状和尺寸的铸件。



其中,造型是砂型铸造的重要工序,通常按铸型制造的紧砂和起模方式的不同,可分为手工造型和机器造型两大类。

1. 手工造型

手工造型的方法很多,其特点是操作灵活方便,主要用于单件或小批量铸件的生产。生产中常根据模样(铸件)的结构特点、尺寸大小、技术要求、生产条件和生产批量等不同,所选用的造型方法也不同。

通常需按照铸件模样的结构特点,选择适当的造型方法。常用的手工造型方法有两箱整模造型、两箱分模造型、三箱分模造型、两箱挖砂造型、两箱活块造型、刮板和专用假箱造型等,其特点及应用范围如表 1-1 所列。

表 1-1 按模样结构特点分类的手工造型方法

造型方法	特 点	适用范围
两箱整模造型	模样是整体的,造出的全部型腔位于一半砂箱内,分型面是平面,造型方法简单,不会产生错箱	适用于最大截面靠一端且为平面的简单铸件,各种批量生产
两箱分模造型	模样沿最大截面处分为两半,分型面是平面,造出的型腔位于两半砂箱内,操作简便,应用最广泛	适用于最大截面在中部或轴线的铸件,如各种批量的套筒、阀体等形状较复杂铸件
三箱分模造型	模样分为上、中、下三部分,且两分型面均为平面,中段高度与两分型面间距离适应,操作费时,容易错箱	适用于两头截面大而中间截面小的较复杂的形状件,各种生产批量和各种尺寸。可用外型芯法将三箱改为两箱造型

续表 1-1

造型方法	特 点	适用范围
两箱挖砂造型	模样的最大截面不在一端,且又不允许分成两半,分型面为曲面,造型时需挖去阻碍起模的型砂,操作费时,容易吊砂、要求造型技术较高	适用于整体模样且分型面为曲面的铸件,只适于单件生产
两箱活块造型	制模式将妨碍起模的小凸台、肋条等做成活动的镶嵌结构,待起模时先起出主模样,再取出活动的凸台等	主要用于生产带有凸台结构、凸台厚度小于凸台处铸件壁厚二分之一且妨碍起模的铸件,单件、小批量生产
专用假箱造型	先制作替代底板的假箱,在假箱上造下箱,虽其分型面仍为曲面,但由假箱成形、整齐、省去烦杂的挖砂操作。假箱一般是用强度较高的型砂制成,要求能多次使用,且分型面应光滑、平整和准确,假箱不参与浇注	用于成批生产需要挖砂的铸件
刮板造型	用刮板代替模样造型,既可在砂箱内,也可在地面上刮制,造型时刮板绕固定中心旋转,靠刮板端面和下面刮出所需的型腔	用于等截面或回转体的大、中型铸件,单件、小批量生产,如内径大于 200 mm 的带轮和飞轮等件

2. 机器造型

为了克服手工造型所引起的铸件精度低、生产效率低等缺点,在中小铸件成批量或大批量生产时,常采用机器造型。机器造型的动力是压缩空气,用机械代替人工紧砂和起模,减轻了体力劳动,提高了生产率。

(1) 机器造型的工艺过程

如图 1-3 所示,将模板和砂箱放在震压式造型机上填满型砂后,先使压缩空气从进气口 1 进入震击活塞底部,顶起震击活塞、模板及砂箱等,并将进气口过道关闭。当活塞上升到排气口以上时,压缩空气被排出。由于底部压力下降,震击活塞等自由下落,与震击汽缸顶面发生一次撞击。如此反复多次即可将砂型逐渐紧实。

同时,压缩空气由进气口 2 进入压实气缸的底部,顶起压实活塞、震击活塞、模板和砂型,使砂型压在已经移到造型机正上方的压板上面,将上部型砂压实。然后转动控制阀进行排气使砂型下落。

当压缩空气推动机油进入下面两个起模油缸时,使由同步连杆连接在一起的四根起模顶杆平稳同步上升顶起砂箱,同时振动器产生振动,驱使模型快速与砂型分离,完成起模过程。

(2) 机器造型的紧砂方法

机器造型的紧砂方法通常采用压实式、震压式、抛砂式和射压式等多种形式,中小件多以震压式紧砂方法造型(图 1-4(a)),大件多以抛砂式紧砂方法造型(图 1-4(b))。

(3) 机器造型的起模方式

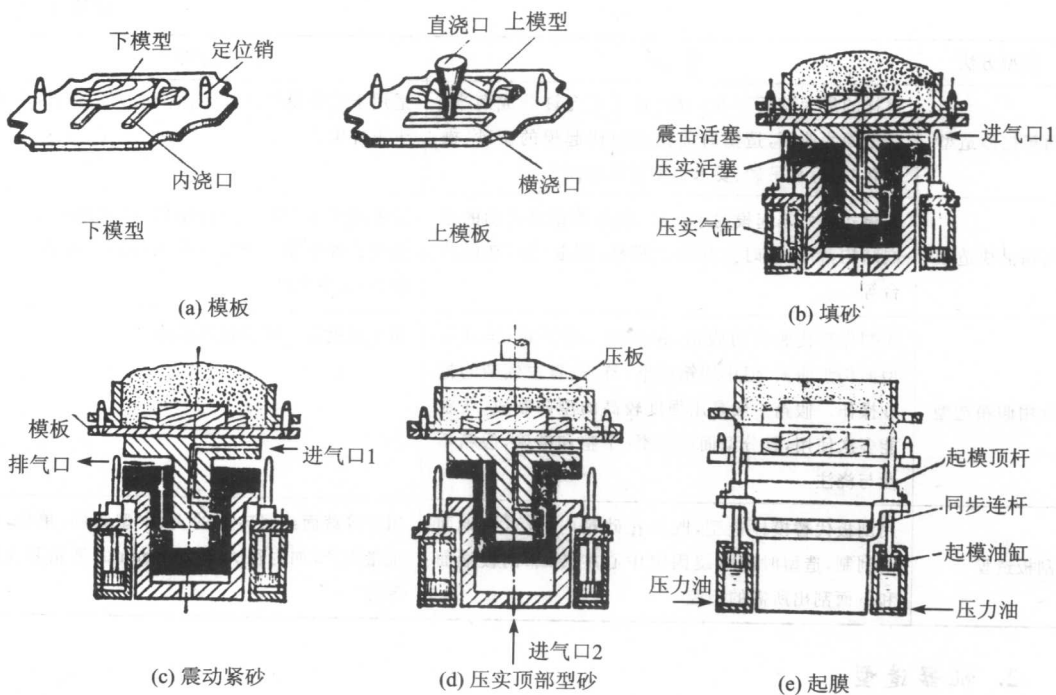


图 1-3 震压式造型工艺过程

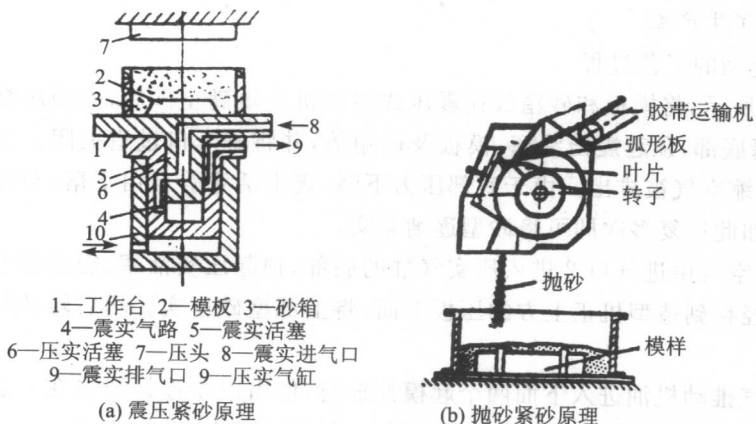


图 1-4 机器造型的紧砂原理

① 顶箱式起模 图 1-5(a)为顶箱式起模机构驱动四根顶杆,顶住砂箱四角慢速升起完成起模。这种方法适用于形状简单、高度不大的铸件。

② 漏模式起模 如图 1-5(b)所示,将形成铸件较深部分的模样做成活动模样安装在模

板上,待砂型紧实后,活动模样从漏板中向下拔出,此时砂型被漏板托住而不会塌砂。这种方法适用于有肋条或较深的凹凸形状且起模困难的铸件。

③ 翻转式起模 砂型紧实后连同模样一起翻转 180° ,使下箱下落完成起模。此方法适用于型腔中有较深吊砂的砂型,如图 1-5(c)所示。

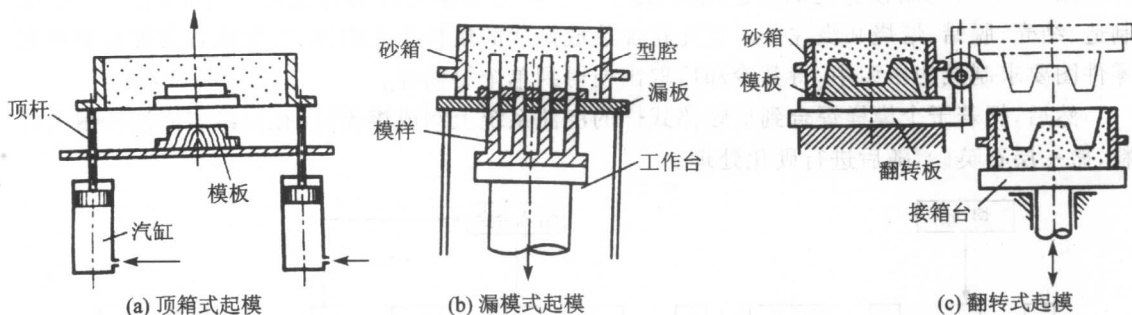


图 1-5 机器造型的起模原理

(4) 机器造型的工艺特点

机器造型采用模板造型。模板是由模样、浇注系统与底板连接成一体的专用模具,如图 1-6所示。底板形成分型面,模板形成砂型型腔。小铸件常采用底板两侧都有模样的双面模板及其配套的砂箱进行机器造型,如图 1-6(a)所示;其余多数情况下采用上、下模分开装配的单面模板造型,上模板与专用上砂箱组合专造上箱,下模板与下砂箱配合专造下箱,如图 1-6(b)所示。无论单面或双面模板,其上面均装有定位销并与专用砂箱上的销孔精确定位。所以机器造型的铸件尺寸精度高于手工造型铸件。

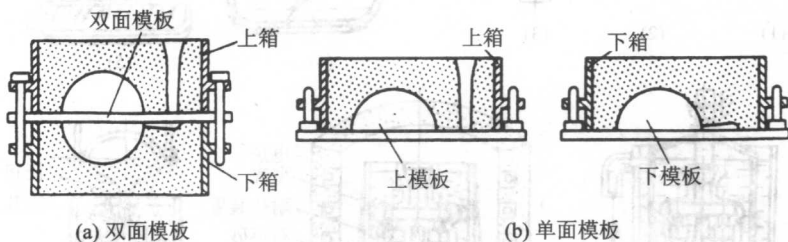


图 1-6 机器造型用模板

1.1.2 特种铸造

砂型铸造方法尽管应用广泛,但铸件质量差,生产率较低。为提高铸件质量和劳动生产率,人们通过改变铸型的材料、造型工艺或液态金属的充填条件等因素,探索出了有别于砂型铸造的特种铸造方法,如熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造和离心铸造等。

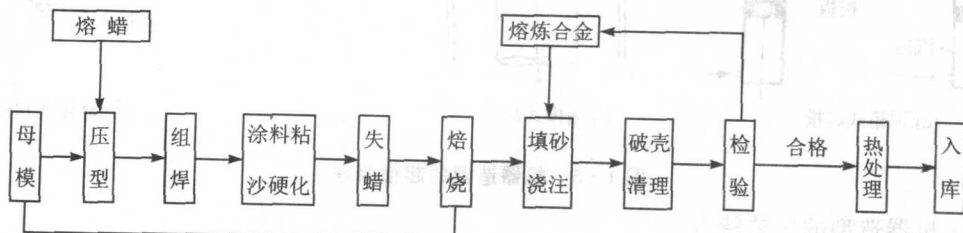
1. 熔模铸造

熔模铸造是用易熔材料制成模样,在模样上涂挂若干层耐火材料,硬化后熔去模样制成型壳,再经焙烧、浇注得到铸件的一种方法。由于熔模材料一般是蜡基材料,故此方法也称“失蜡铸造”。

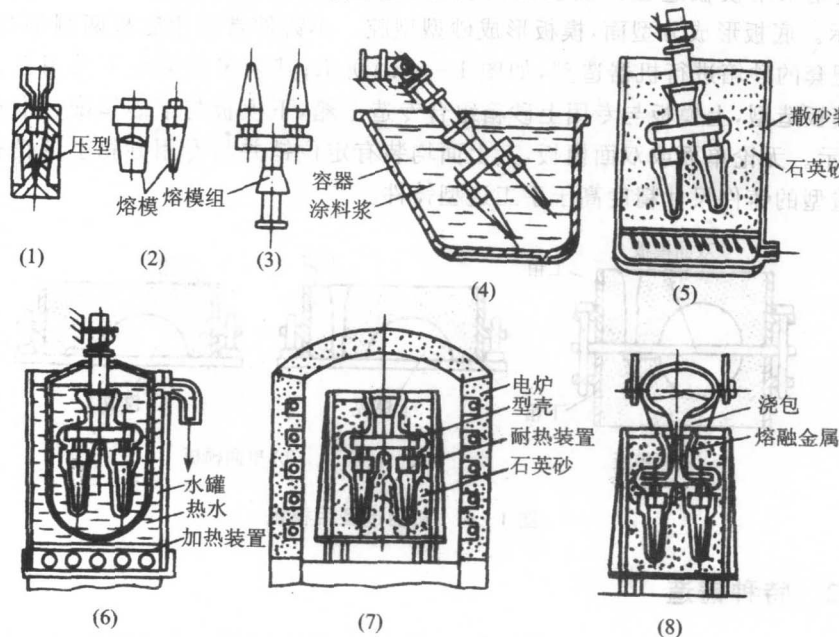
(1) 熔模铸造的工艺流程

图 1-7(a)为熔模铸造的工艺流程;图 1-7(b)为熔模铸件的铸造工艺过程,它包括熔模制造、结壳、脱蜡、焙烧和浇注等。首先将加热成糊状的蜡料压入由钢、青铜或石膏等材料根据零件图要求制成的压型中,待其冷却后取出便得到单个熔模样。

然后,把若干个模样焊合到呈蜡棒式样的浇注系统上制成熔模组,在模组表面涂挂耐火材料,撒一层石英砂,随后进行硬化处理。



(a) 工艺流程



(b) 工艺过程

图 1-7 熔模铸造工艺过程

如此重复涂挂 3~7 次,使模组表面结成 5~10 mm 的硬壳为止。将结好壳的模组加热,蜡模熔化脱出即得型壳。为进一步排除型壳内水分和残余挥发物,增加型壳强度,将型壳焙烧,然后置于铁箱中进行浇注,冷却凝固后打碎型壳即得铸件。

(2) 熔模铸造的特点及应用

由于熔模铸造是采用整体熔模涂层的制壳工艺,型腔无分型面,壳壁表面又极为光洁,故铸件精度可达 IT10~IT14 级,粗糙度达 R_a 为 2.5~3.2 μm ,可实现少切削和无切削精密铸造;适合生产各种合金且形状复杂的薄壁铸件(最小壁厚 0.3 mm),生产批量不限。

但是熔模铸造工艺过程复杂,生产周期长达 4~15 天,铸件成本高,并且蜡膜较大时易变形,故一般熔模铸件质量小于 25 kg。

熔模铸造主要用于生产小型精密铸件,尤其适合形状复杂、高熔点、难以切削加工的合金铸件。如汽轮机叶片、风动工具、变速箱的拨叉和枪支零件等。

2. 金属型铸造

金属型铸造是将液态合金浇入用铸铁、钢或其他金属材料制成的金属铸型中,冷却凝固获得铸件的方法。金属型铸造能重复多次使用,所以又称为永久型铸造。

(1) 金属型铸造分类及应用

金属铸型的结构,按照其分型面位置的不同,可分为垂直分形式、水平分形式和复合分形式等,如图 1-8 所示。其中垂直分形式便于开设浇口和取出铸件,也易于实现机械化生产,所以应用最广。对于形状复杂的零件也可采用复合分型结构。

金属铸型一般采用铸铁或铸钢制成,型腔内设有排气孔及分布在分型面上的许多通气槽,以便顺利排除铸型中气体。为了能在开型过程中将灼热的铸件从型腔中推出,多数金属型结构设有推杆机构。铸件的内腔可用金属芯或砂芯形成。复杂的内腔多采用砂芯,金属芯一般用于有色金属件。为使金属型芯能在铸件凝固后迅速从内腔抽出,金属型还常设有抽芯机构。

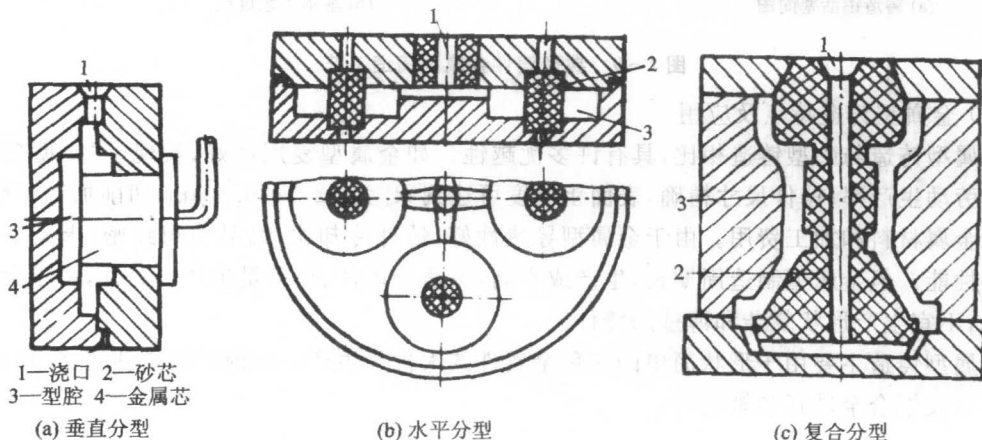


图 1-8 金属铸型的结构