

882013

高等学校试用教材

铸造工艺及原理

河北工学院 李魁盛 主编

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

本书在体系上分为铸造工艺过程,造型材料,铸造工艺原理和铸造工艺及工装设计等四篇。全面论述了砂型铸造的工艺理论和实际问题。着重讨论型砂、芯砂配制的基本理论,铸件形成的基本规律,铸件缺陷的形成机理及防止方法,以及铸造工艺设计中涉及的重要问题。在内容上,注意反映最新成就;如各种气流紧砂工艺,灰铸铁和球墨铸铁的实用补缩法,浇注系统设计的最新理论,金属过滤技术等。

本书作为高等学校铸造专业(本科)的教材,也可供工厂、科研机关的工程技术人员、大中专院校师生参考。

铸 造 工 艺 及 原 理

河北工学院 李魁盛 主编

责任编辑:王海峰 责任校对:韩 晶

责任印制:张俊民 版式设计:乔 玲

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $87^{1/4}$ ·插页 2·字数 920 千字

1989年8月北京第一版·1989年8月北京第一次印刷

印数 0,001—3,600 定价:7.60元

ISBN 7-111-00992-4/TG·236(课)

前 言

本书是根据1982年10月原高等工业学校铸造专业教材分编审委员会制定的教学计划以及1983年11月审定的铸造工艺学(B)教学大纲和编写大纲编写的。

本书内容分为铸造工艺过程、造型材料、铸造工艺原理和铸造工艺及工装设计等四篇。编写中注意理论联系实际,反映最新成就,符合国情,便于组织教学和学生自学。重点讲述:造型材料的基本知识、型(芯)砂配方和混砂工艺,铸件形成的基本理论、铸件缺陷的形成机理和防止途径,铸造工艺及工装设计的基础知识。

本课程应安排在物理学、化学、工程数学、机械制图、金属工艺学、物理化学、铸型材料化学、金属学及热处理、工程流体力学及传热学(或冶金传输原理)、熔炼原理等课程之后讲授,可以和铸造合金及熔炼课并行。本书第一篇中有些内容,可以结合认识实习进行,为配合教学,学生应在现代化的铸造工厂或车间实习。

本书可作为高等工业学校铸造专业本科学生的教材,也可供有关专业师生、工程技术人员参考。

本书主编:河北工学院李魁盛。本书主审:襄樊大学王维聪。编者分工为:李魁盛(河北工学院)编写绪论,第三篇的第一、五、六章和第四篇;徐远跃(锦州工学院)编写第一篇;程宽中(沈阳工业大学)编写第二篇;刘友鹏(南京工学院)编写第三篇的第二、三、四章;罗克济(郑州工学院)参加了绪论和第二篇第二章的编写工作。

在编写过程中,得到原铸造专业教材分编审委员会的指导和支持,全国许多高等院校、工厂和研究所提供了资料和宝贵意见。在此,编者谨向悉心审查本教材的李庆春、宫克强、周庆德、王文清、金俊泽和肖柯则等教授,向参加本教材审稿会的同行们,向为本教材做出贡献的所有同志,表示衷心的感谢!

限于编者水平,本书在内容和学术观点方面难免有失当乃至错漏之处,欢迎批评和指正。

1987年8月编者于北京

4.841.3

目 录

前言	
绪论	1
参考文献	5

第一篇 铸造工艺过程

第一章 造型	7
§ 1-1-1 概述	7
§ 1-1-2 手工造型	9
§ 1-1-3 普通机器造型及微震压实低、中压造型	13
§ 1-1-4 水平分型高压造型	19
§ 1-1-5 垂直分型无箱高压造型	26
§ 1-1-6 造型方法新发展	32
复习思考题	45
第二章 造芯	46
§ 1-2-1 概述	46
§ 1-2-2 砂芯的基本结构	47
§ 1-2-3 手工造芯	49
§ 1-2-4 机器造芯	51
复习思考题	60
第三章 铸型(芯)的烘干、合箱与浇注	61
§ 1-3-1 砂型与砂芯的烘干	61
§ 1-3-2 合箱	64
§ 1-3-3 浇注	65
复习思考题	68
第四章 铸件的落砂与清理	69
§ 1-4-1 工艺流程	69
§ 1-4-2 铸件的落砂	70
§ 1-4-3 浇冒口的去除	72
§ 1-4-4 砂芯的清除与清砂	75
§ 1-4-5 铸件的表面清理	78
§ 1-4-6 铸件的精整——打磨与光饰	85
§ 1-4-7 铸件的热处理与涂漆	86
复习思考题	87
第五章 铸件质量检验与缺陷修补	88

§ 1-5-1 铸件质量的概念	88
§ 1-5-2 铸件缺陷的检验方法	88
§ 1-5-3 铸件缺陷的修补和矫正	91
复习思考题	94
第一篇主要参考文献	95

第二篇 造型材料

第一章 金属和铸型的相互作用	97
§ 2-1-1 金属与铸型的热作用	97
§ 2-1-2 金属与铸型的机械作用	112
§ 2-1-3 金属与铸型的物理化学作用	116
复习思考题	130
第二章 铸造用砂	131
§ 2-2-1 铸造用砂的性能	131
§ 2-2-2 铸造用砂的分类、选用和加工	137
§ 2-2-3 非石英质砂	139
复习思考题	141
第三章 铸造用粘土	142
§ 2-3-1 铸造用粘土的分类	142
§ 2-3-2 粘土的粘结力和影响因素	145
§ 2-3-3 粘土的鉴别、选用和合理使用	150
复习思考题	154
第四章 粘土砂	155
§ 2-4-1 粘土砂的主要性能	155
§ 2-4-2 铸铁件用湿型砂	167
§ 2-4-3 其它粘土砂	178
复习思考题	180
第五章 无机粘结剂砂	181
§ 2-5-1 水玻璃的基本性能和硬化原理	181
§ 2-5-2 水玻璃 CO_2 硬化砂	185
§ 2-5-3 水玻璃自硬砂	196
§ 2-5-4 水泥自硬砂及其它	200
复习思考题	205
第六章 有机粘结剂砂	206

§ 2-6-1 植物油砂、合脂砂及其他有机粘结剂砂	206
§ 2-6-2 壳芯树脂砂	220
§ 2-6-3 热芯盒法树脂砂	224
§ 2-6-4 树脂自硬砂	229
§ 2-6-5 冷芯盒法树脂砂	234
复习思考题	236
第七章 涂料和辅助材料	237
§ 2-7-1 铸造用涂料	237
§ 2-7-2 辅助材料	243
复习思考题	244
第二篇主要参考文献	245

第三篇 铸造工艺原理

第一章 液态金属的性质及充型能力	247
§ 3-1-1 液态金属的物理性质	247
§ 3-1-2 液态合金的粘性	249
§ 3-1-3 液态合金的表面现象	252
§ 3-1-4 液态合金的充型能力	254
§ 3-1-5 充型能力的影响因素和提高措施	259
复习思考题	264
第二章 铸件的凝固	265
§ 3-2-1 铸件与铸型的热交换特点	265
§ 3-2-2 铸件的温度场	267
§ 3-2-3 铸件的凝固方式	277
§ 3-2-4 铸件的凝固时间	287
复习思考题与习题	291
第三章 金属的结晶及铸件宏观组织的控制	292
§ 3-3-1 概述	292
§ 3-3-2 晶核的形成	294
§ 3-3-3 晶体的生长	301
§ 3-3-4 单相合金的结晶	309
§ 3-3-5 共晶合金的结晶	326
§ 3-3-6 液体流动对结晶过程的影响	335
§ 3-3-7 铸件宏观组织的形成和控制	339
复习思考题	350
第四章 铸件中的偏析	351
§ 3-4-1 微观偏析	351
§ 3-4-2 宏观偏析	356

复习思考题	361
-------	-----

第五章 铸件中的气体和非金属夹杂物

§ 3-5-1 气孔和非金属夹杂物的类型及其对铸件质量的影响	362
§ 3-5-2 金属中气体存在形态及来源	366
§ 3-5-3 析出性气孔的形成及防止	370
§ 3-5-4 反应性气孔的形成及防止	375
§ 3-5-5 非金属夹杂物的形成及防止	378
复习思考题	383

第六章 铸件的收缩及收缩缺陷

§ 3-6-1 铸造合金和铸件的收缩	384
§ 3-6-2 缩孔、缩松的形成机理及防止	393
§ 3-6-3 铸件的热裂	405
§ 3-6-4 铸造应力	415
§ 3-6-5 铸件的变形、冷裂及其防止方法	424
复习思考题	427
第三篇主要参考文献	428

第四篇 铸造工艺及工装设计

第一章 铸造工艺设计概论

§ 4-1-1 铸造工艺设计的概念、设计依据、内容及程序	431
§ 4-1-2 铸造工艺设计与经济指标和环境保护的关系	432
复习思考题	433

第二章 铸造工艺方案的确定

§ 4-2-1 零件结构的铸造工艺性	434
§ 4-2-2 造型、制芯方法的选择	442
§ 4-2-3 浇注位置的确定	443
§ 4-2-4 分型面的选择	446
复习思考题	450

第三章 砂芯设计及铸造工艺设计

参数	451
§ 4-3-1 砂芯设计	451
§ 4-3-2 铸造工艺设计参数	457
复习思考题	466

第四章 浇注系统设计

§ 4-4-1 液态金属在浇注系统基本组元中的流动	468
---------------------------	-----

§ 4-4-2 浇注系统的基本类型及选择.....	480	§ 4-5-6 铸筋.....	546
§ 4-4-3 计算阻流断面的水力学公式.....	486	复习思考题	550
§ 4-4-4 铸铁件浇注系统设计与计算.....	493	第六章 铸造工艺装备设计	551
§ 4-4-5 其他合金铸件浇注系统的特 点.....	500	§ 4-6-1 模样及模板.....	551
§ 4-4-6 金属过滤技术.....	505	§ 4-6-2 砂箱.....	560
复习思考题	508	§ 4-6-3 芯盒.....	566
第五章 冒口、冷铁和铸筋	509	§ 4-6-4 其它工艺装备.....	573
§ 4-5-1 冒口的种类及补缩原理.....	509	复习思考题	575
§ 4-5-2 铸钢件冒口的设计与计算.....	516	第七章 铸造工艺设计实例	576
§ 4-5-3 球墨铸铁件的冒口设计.....	525	§ 4-7-1 4146柴油机飞轮壳(机后盖).....	576
§ 4-5-4 提高通用冒口补缩效率的措 施和特种冒口.....	535	§ 4-7-2 EQ-140型汽车用铸态球墨铸 铁曲轴	580
§ 4-5-5 冷铁.....	539	§ 4-7-3 80 t 启闭机铸钢大齿轮.....	583
		第四篇主要参考文献	589

绪 论

一、铸造生产的概念，特点及其重要性

铸造生产是用液态合金形成产品的方法，将液态合金注入铸型中使之冷却、凝固，这种制造金属制品的过程称为铸造生产，简称铸造。所铸出的金属制品称为铸件。绝大多数铸件用作毛坯，需要经机械加工后才能成为各种机器零件；少数铸件，当达到使用的尺寸精度和表面粗糙度要求时，可作为成品或零件而直接应用。

铸造生产具有以下特点：

1. 适用范围广

铸造法几乎不受零件大小、厚薄和复杂程度的限制，适用范围广。可以铸造壁厚从0.5 mm至1 m以上，长度从几个毫米到十几米，重量从几克到260 t的各种合金铸件。铸件形状可以非常复杂，例如汽车用多缸式水冷整铸汽缸体。

2. 可以制造各种合金铸件

用铸造法可以生产铸钢件、铸铁件、各种铝合金、铜合金、镁合金、钛合金及锌合金等铸件。对于脆性金属或合金，铸造是唯一可行的加工方法。在生产中以铸铁件应用最广，约占铸件总产量的70%以上。

3. 铸件的尺寸精度高

一般比锻件、焊接件尺寸精确，可节约大量金属材料 and 机械加工工时。各种铸造方法所能达到的尺寸精度和表面粗糙度如表0-1所列。

表0-1 各种铸造方法达到的尺寸精度和表面粗糙度

铸 造 方 法	尺寸精度等级	表面粗糙度
	CT	Ra/ μm
砂型铸造 { 普通砂型 高压造型	11~15	50~400
	8~10	12.5~50
压力铸造(有色)	5~7	0.4~50
熔模铸造(钢)	5~7	0.8~12.5
低压铸造	5~9	0.8~100
壳型铸造	5~8	1.6~25
金属型铸造	5~8 (黑色7~9)	0.8~100

4. 成本低廉

铸件在一般机器中约占40~80%的重量，而成本只占机器总成本的25~30%。成本低廉的原因是：①容易实现机械化生产；②可大量利用废、旧金属材料；③与锻件相比，其动力消耗小；④尺寸精度高，加工余量小，节约加工工时和金属。

铸造生产在工业发达国家的国民经济中占有极其重要的地位。以美国为例，铸件产值在国民经济总产值中近年来占居第五、六位。从铸件在机械产品中所占比重可看出其重要性：在机床、内燃机、重型机器中，铸件重量占70~90%；在风机、压缩机中占60~80%；在拖

拉机中占50~70%；在农业机械中占40~70%；在汽车中占20~30%^[1]。

二、我国铸造技术的发展

铸造具有悠久的历史，远在5000多年前，人类就铸出了简单的铜斧头。我国是世界上较早掌握铸造技术的文明古国之一，2000多年之前以青铜铸造为主，之后以铸铁生产为主。世界上公认中国是最早应用铸铁的国家^[4]。我国商朝制造的铜钺具有铁刃，据考证那时的铁刃是用陨铁锻造而成，然后镶铸上铜背。自周朝末年开始了铸铁，铁制农具发展很快。秦、汉以后，我国农田耕作大都使用了铁制农具，如耕地的犁，锄、镢、铧、锹等。说明当时已具有相当先进的生产方法。最晚到宋朝，我国已使用铸造铁炮和铸造地雷^[5]。

我国在商朝时期就已创造了灿烂的青铜文化，所谓“钟鸣鼎食”，成了当时贵族权势和地位的标志。1978年湖北省随县出土的曾侯乙墓青铜器重达10t。其中有64件的一套编钟，分八组，包括辅件在内用铜达5t。钟面铸有变体龙文和花卉文饰，有的细如发丝，钟上共铸有错金铭文2800多字，标记音名、音律。每钟发两音，一为正鼓音，一为右鼓音。整套编钟音域宽达五个半八度，可演奏各类名曲，音律准确和谐，音色优美动听。铸造工艺水平极高，可称得是我国古代青铜铸造的代表作(图0-1)，这套编钟的铸造时代是距今2400年前的战国初期^[2]。

现存于北京大钟寺内的明朝永乐大钟(图0-2)，铸于明永乐18年(公元1418~1422年)前后，全高6.75m，钟口外径3.3m，钟唇厚18.5cm，重46.5t^[6]。据考证，钟体铸型为泥范，芯分七段。先铸成钟纽，然后再使钟纽与钟体铸接为一体。化学分析结果为： $w_{Cu}=80.54\%$ ， $w_{Sn}=16.4\%$ ， $w_{Pb}=1.12\%$ 及微量的Zn、Fe、Si、Mg、Ca等。钟体内铸满经文，共约227000余字。大钟至今完好，声音幽雅悦耳，距钟15~20km都能听见，是世界上罕见的古钟之一。



图0-1 战国时期的青铜编钟之一

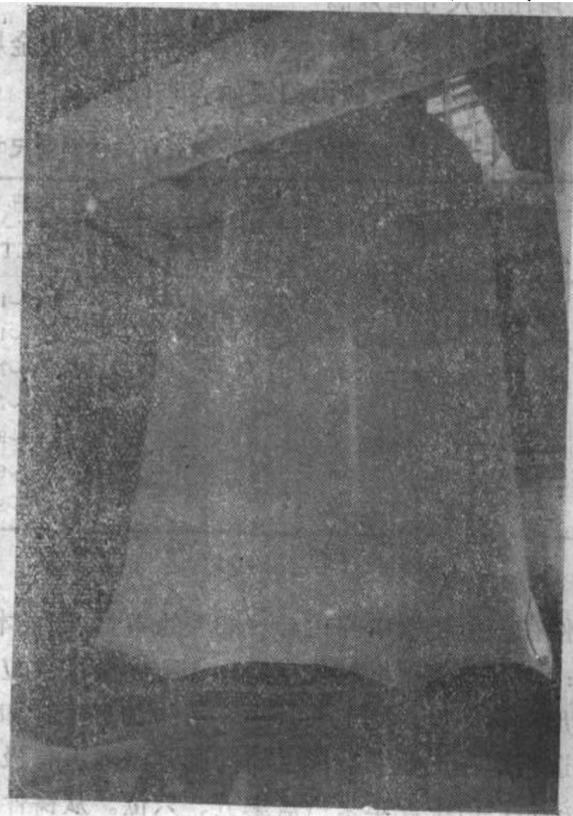


图0-2 明永乐大钟，重46.5 t

(1418~1422年)

图0-3为湖北省随县出土的曾侯尊盘可以看出铸工之精湛，铸于战国初期。

据考证，我国古代的钟、鼎、尊等文物，有些是失腊法铸造的。明代宋应星著《天工开物》中曾记述了失腊法的铸造工艺过程：腊料由牛油和黄脂调制，油腊质量比为8：2，涂于已干燥的坯模（泥芯）上，约数寸厚，埤平并雕镂书文、物象。于腊料上再逐层涂敷经过春、筛之细泥粉与炭粉调成的泥糊，至数寸厚。待腊料内外的泥芯和铸型干透，内外施慢火烘烤，使腊料熔出、烧净，于是钟、鼎或尊的型腔即成。500g腊模所形成的型腔，约需浇入铜液5000g。从以上几个古代青铜铸件上，不难看出我国古代失腊铸造工艺之水平！

1953年在河北省兴隆县的古燕国铸冶作坊遗址的发掘中，发现距今2200~2350年的战国时期的铁范（铁质铸型）等87件，可用于铸造铁锄、铁斧、铁镰、铁凿和车具等。其中锄范上有方孔，用于固定穿过的铁芯，范的外侧还留有供定位和夹紧用的凸台。说明早在战国时期，铸铁件在我国就已经广泛应用了。图0-4为河南浞池出土的汉魏窖藏铁范。



图0-3 战国初期铸的曾侯尊盘

图0-4 汉魏时代的铁范

现立于河北省沧州的大铁狮，高5m多，长近6m，重19.3t^①，是公元9世纪五代后周时铸成的（见图0-5）。现立于当阳的铁塔，由13层叠成，重50t多，铸于北宋淳熙年间。这些可说明我国古代铸铁工艺的水平。

至少在公元前500年，我国就已成功地运用了叠箱铸造技术来大量生产铸铁件。图0-6所示的是考古工作者用河南省温县窑出土的2000年前的叠箱铸型浇注的铸铁件——一组18个马轡子^②。

我国铸造历史悠久，灿烂的铸造技术对文化、经济的发展有重大影响，日常用语中的许多词汇，如“模范”、“范围”、“就范”、“陶冶”、“陶铸”、“铸成大错”、“大器晚成”等，都来自古代铸造术语。

我国古代铸造技术居世界先进行列。由于过长的封建社会影响了科学技术的发展。新中国成立以来的三十多年中，我国已有60余所高等学校设立了铸造专业，使我国成为培养高等

① 1986年12月经国家文物局批准，铁狮子已从低洼处迁至附近新建的2m高的钢筋混凝土地基上。

铸造人材最多的国家之一；建立了雄厚的铸造工业基础。据统计，到1980年已建成机械化造型生产线400余条，为机床、汽车、拖拉机、机车、飞机、船舶、动力、冶金、化工和重型机器制造业等提供各种铸件。例如，我国已铸出重210t的大型厚板轧机的铸钢机架，重260t的大型铸铁钢锭模，还铸出 30×10^4 kW水轮机转子这样复杂、尺寸要求很严的铸件，其尺寸精度达到国际电工会议规定的标准。这些均标志着我国铸造技术水平正在接近国际水平；近年来，许多铸件已进入国际市场；专业铸造研究所和大学的科研工作蓬勃地开展起来。例如，采用电子计算机模拟大型铸件的凝固过程的研究和试验，大型铸件的保温冒口的计算机辅助设计，金属过滤技术和水力模拟技术的研究和应用，反映出我国铸造工艺水平正在日益提高。我国的铸造工业潜力很大，资源丰富，通过全体铸造工作者的努力，铸造业会对国民经济的发展作出应有的贡献！

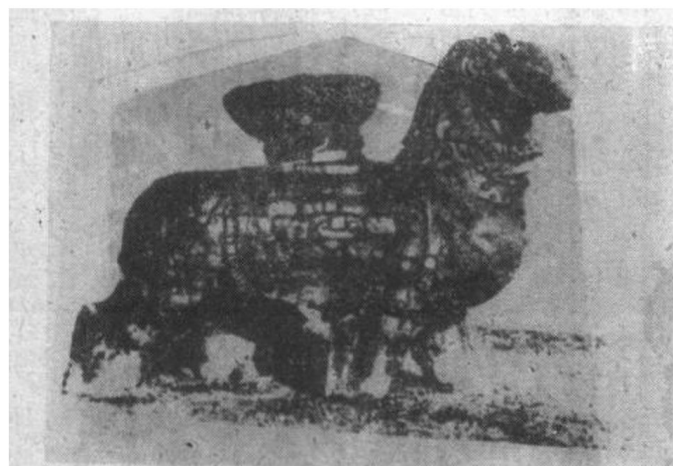


图0-5 沧州的大铁狮
(铸于公元953年，迁移前照片)

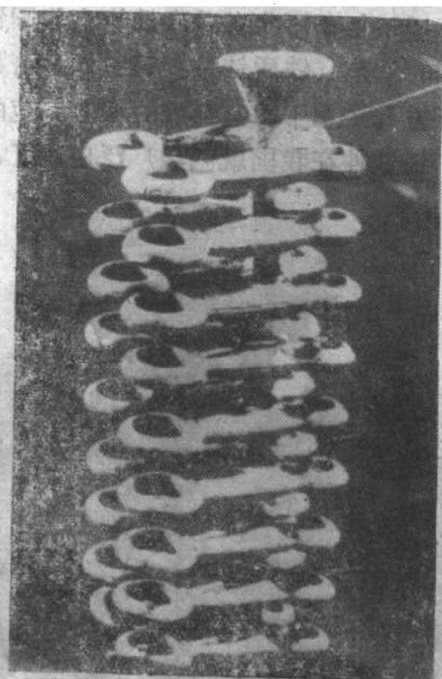


图0-6 中国古代的叠箱铸铁件
(用2000年前出土铸型浇注)

三、本课程的性质、任务、内容及要求

铸造工艺学是主要专业课之一，讲授铸造工程师必备的工艺理论和基本知识，使学生能了解和掌握：铸件生产的工艺过程；造型材料的基本知识，选择原材料、确定配方和混砂工艺；铸件形成的基本理论，主要缺陷的形成机理及防止方法；铸造工艺及工装设计的基本知识。

内容分为四篇：

(1) 铸造工艺过程 此篇介绍各种造型、制芯、合型、浇注、落砂和清理方法，可供认识实习参考，重点讲授；

(2) 造型材料 以金属与铸型的相互作用为前导，以粘土砂及常用的有机粘结剂砂为重点，阐明各种材料的选用，型(芯)砂的基本性能要求和控制方法，各种型(芯)砂之配方和混制工艺，因造型材料原因所引起的铸件缺陷及防止方法；

(3) 铸造工艺原理 着重阐明铸件的充型、凝固与结晶、收缩的基本规律，以及伴生的各种铸件缺陷的形成机理和防止措施；

(4) 铸造工艺及工装设计 重点讲述铸造工艺方案的确定，浇注系统和冒口的设计、计算，铸造工艺设计及各种工艺装备设计的基本知识。

本课程的讲述砂型铸造为主。其他铸造方法在“特种铸造”课中论述。

本教材贯彻《中华人民共和国法定计量单位》。为了适应传统习惯，书中所用元素或物质的百分含量、加入量、成分、配方和浓度等（如含水分5%等），除特殊指明者外，均指质量分数（质量分数符号为 w ）。

在学完本课程之后，应进行铸造工艺设计训练，以巩固所学知识，培养学生的独立工作能力。

参 考 文 献

- 〔1〕 李庆春，铸件形成理论基础，机械工业出版社，1982
- 〔2〕 华觉明等，先秦铜钟设计制作的探讨，《自然科学史研究》，1983，№1
- 〔3〕 Hua Jue-Ming, The Mass Production of Iron Castings in Ancient China, SCIENTIFIC ERICAN, 1983, Vol248, №1, p120—p128
- 〔4〕 EZRA L. Kotzin, Metalcaster's Reference and Guide, AFS, 1972, p3
- 〔5〕 韩丙告，中国古代的铸造技术，机械工业部技术情报研究所，1984.4
- 〔6〕 凌业勋等，明代北京永乐大铜钟的铸造技术和音响效果，“铸造生产”杂志，1984，№4，p46

第一篇 铸造工艺过程

第一章 造 型

§1-1-1 概 述

一、砂型铸造的特点

以型砂为材料制备铸型的铸造方法叫砂型铸造。有别于砂型铸造的其它铸造方法，称为特种铸造。砂型铸造是本课程的研究对象。

铸型包括外型和型芯两大部分。外型也叫铸型，用以形成铸件的外部轮廓；型芯主要用来形成铸件的內腔。用型砂制成的铸型和型芯叫做砂型和砂芯。

砂型铸造和特种铸造比较，其缺点是：劳动条件较差，铸件质量欠佳，铸型只能使用一次，生产率也较低。优点是：不受零件的形状、大小、复杂程度及合金种类的限制；原材料来源较广，生产准备周期短，成本低。因此，砂型铸造是铸造生产中应用最广泛的一种方法，世界各国用砂型铸造生产的铸件约占铸件总产量的80~90%。

砂型铸造已发展成现代铸造方法，有普通粘土砂造型法、化学造型法（利用各种无机和有机化学物质，如水玻璃、水泥和树脂等作型砂粘结剂）和物理造型法（如利用真空负压、冰冻法造型）等多种造型方法。今天，这些方法都在平行使用和发展。其中粘土砂造型已由古老的手工方法发展成为机器造型、高压造型，并走上半自动化和自动化的道路。因此，砂型铸造技术是伴随人类金属文明发展历史的古老而又年轻的加工技术。

二、砂型的结构与种类

（一）砂型的结构

现以套筒铸件两箱分开模造型为例，说明砂型的主要结构，如图1-1-1所示^{〔63〕}。砂型由上半砂型1、下半砂型6和砂芯8组装而成；上下砂型的外面套着便于紧砂和搬运的砂箱。砂型內腔形状借助模样（或模板）来形成，用以形成铸件的外轮廓。铸件中间的孔是通过在砂型型腔內放入砂芯8来获得。砂芯是用芯砂在芯盒內制成的。为了使砂芯能固定在型內一定位置，砂芯做得比铸件內孔长一些，这个长出的部分叫芯头；模样上相应的部分3也叫芯

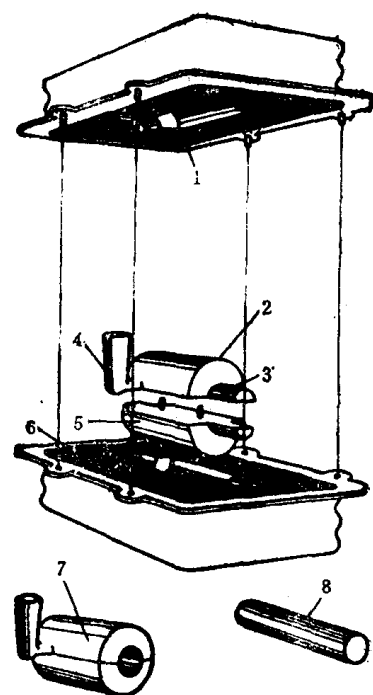


图1-1-1 砂型的结构〔63〕。
1—上型 2—上半模样 3—芯头
4—浇注系统 5—下半模样 6—下型
7—铸件 8—砂芯

头,它可在砂型内形成支承和固定砂芯的芯座。砂型与砂芯间与铸件形状有关的部分叫型腔,赖以形成铸件,它是铸型的成形单元。为了将金属液引注到型腔内,还需要在砂型内做出浇注系统4(包括浇口杯、直浇道、横浇道及内浇道等组元)。浇注后,金属液在砂型内冷却凝固,便形成所需要的铸件7。

以上只是砂型的简单结构。实际上,根据铸件特点与工艺要求,铸型中还可有一些其它的结构单元,比如冒口、补贴、冷铁、铸筋及出气冒口等。

(二) 砂型的种类

常用的砂型有湿型、干型、表面干燥型和各种化学硬化(自硬)砂型等^[8]。

1. 湿型

向石英砂中加入适量的粘土、煤粉等附加物和水分,混制而成的型砂称为湿型砂。用湿型砂舂实,浇注前不烘干的砂型称为湿型。

湿型可使铸件生产周期缩短,生产率高,经济;由于不必烘干及不需要相应的烘干装置,故节省投资和能源消耗;同各种化学硬化砂型相比,不需要特殊的型砂配方和原材料;易于实现机械化和自动化;比干型生产劳动条件好。

湿型水分高、强度低,因此对于质量要求高和厚壁的中、大型铸件不宜采用。主要应用于生产各种中小件,特别适合于机械化、自动化生产。

2. 干型

经过烘干的砂型称为干型。烘干后增加了强度和透气性,显著降低发气性,大大减少了由于铸型方面的原因而产生的气孔、砂眼、胀砂、夹砂等缺陷。干型的缺点是生产周期长,需要烘干设备,增加燃料消耗,恶化劳动条件,难于实现机械化和自动化。主要用于质量要求高,结构复杂,单件、小批生产的中大型铸件上。

3. 表面干型

铸型表面仅有一层很薄的型砂被干燥(干燥层一般为15~20mm厚,根据铸件特点和要求而定),铸型其余部分仍然是湿的。表面干燥型介于湿型和干型之间,既有湿型的优点,又有湿型所不能达到的性能。

用经活化处理的膨润土作粘结剂,砂型工作表面上涂料后,直接在造型场地用移动式烘炉或其它烘干器使砂型表面干燥。这种砂型,在制造中、大型铸铁件中应用较多,制出的个别铸件重量可达二十多吨。

4. 化学硬化砂型(自硬砂型)

铸型靠型砂自身的化学反应而硬化,一般不需烘干,或只经低温烘烤。优点是强度高、节约能源、效率高。但有的成本较高,易产生粘砂等缺陷。由于砂子回用较困难,为了减少自硬砂的用量,可采用覆砂铸型,即采用普通型砂作背砂(或用铁型作背胎),用化学自硬砂作面砂。自硬砂根据使用的粘结剂不同,有水玻璃类和树脂类等。此外还有用水泥(普通水泥或快干、快凝水泥)作粘结剂的化学硬化砂型。这些内容将于本书第二篇详细讨论。

自硬砂铸型对于各种铸件均可采用,但较多用于铸钢件和大中型铸铁件。

此外,后面还将介绍其它类型的砂型。

三、砂型铸造的工艺流程

根据砂型铸造工艺过程各工序的相互关系,可绘制如图1-1-2所示的铸造工艺流程图^[40]。其中包括工艺方案选择和工艺文件制订的铸造工艺设计过程。

图1-1-2中A区是制做模样与芯盒等模具的准备工序；B区是以砂为主体的混砂、造型、造芯、合箱等的铸型制备工序；C区是熔化金属、浇注、热处理等冶金性工序；D区是铸件的最后精整工序。

综上所述，砂型铸造生产过程复杂多样，工序繁多。因此，必须加强工艺技术控制和生产管理，保证得到高质量的铸件。

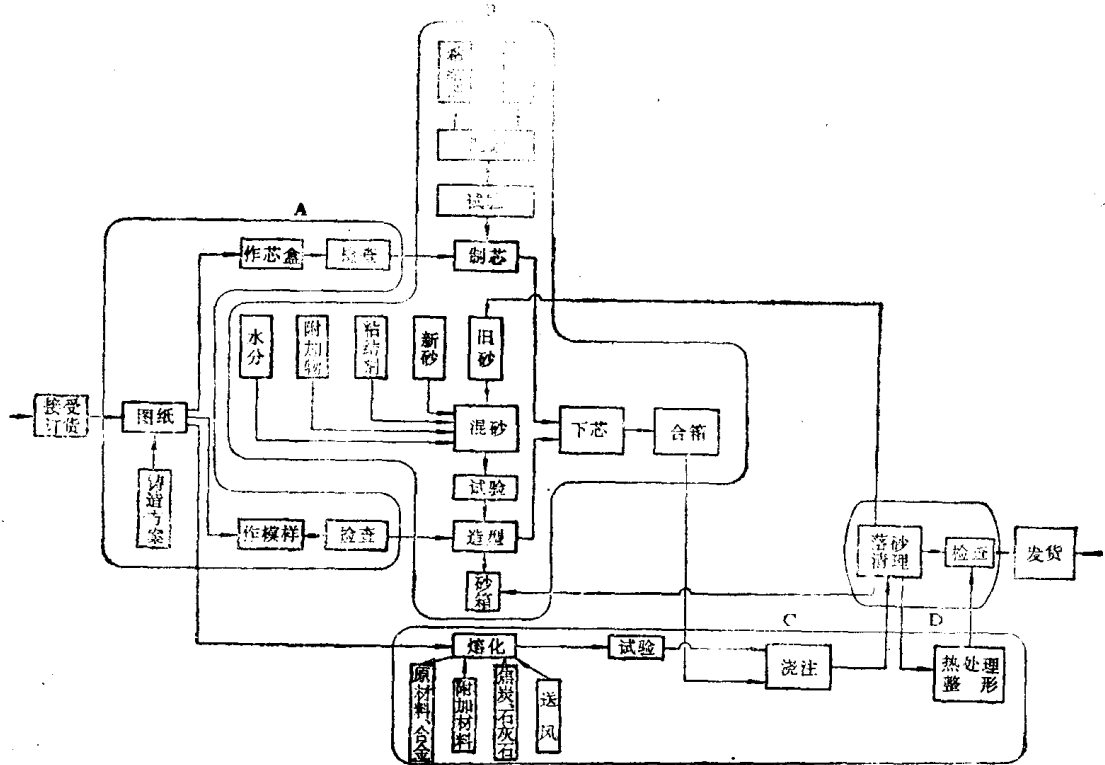


图1-1-2 砂型铸造工艺流程图(40)

§1-1-2 手工造型

一、手工造型的特点与应用范围

现代手工造型是指用手工完成紧砂、起模、修整及合箱等主要操作的造型过程。

手工造型操作灵活；模样等工艺装备可以简单；不需要复杂的专用造型机等设备；无论铸件尺寸大小、复杂程度及合金种类如何，都能适用。因此，单件小批生产中，特别是大型复杂的铸件，手工造型应用较广。在大批量生产的工厂中，修配件、铸造工艺装备的毛坯件、试制新产品的铸件，都属于单件、小批生产，也要用手工造型。

手工造型要求工人有较高的技术水平，劳动强度大，生产率低，铸件质量在很大程度上决定于工人的技术水平和熟练程度，不易稳定。故应尽量缩小其应用范围。

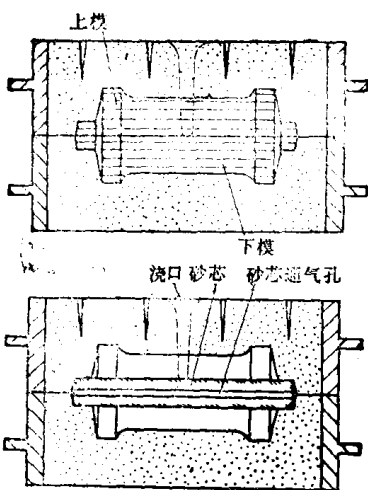
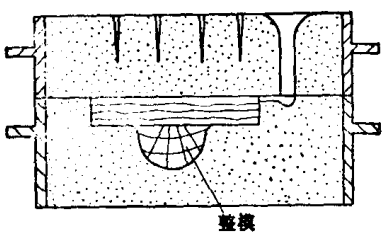
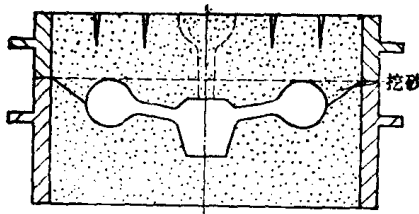
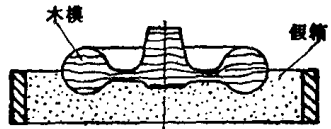
二、手工造型方法

手工造型方法很多，但它们的基本操作一般相似。其操作程序是：准备造型场地、工具

与材料；选用砂箱与安放模样（包括铸件模样、补缩冒口、出气冒口与直浇道模样等）；填砂、紧实与扎出气孔；定位与开箱；起模、修型与开挖浇口（事先安放浇口模样者除外）；对于干型而言还有铸型烘干工序；下芯与合箱；等。

在实际生产中，根据铸件结构形状、生产数量与生产条件的不同，有各式各样的手工造型方法。合理地选用造型方法，对于获得合格铸件，降低生产成本和缩短生产周期是非常重要的。表1-1-1所示为常见各种手工造型方法的特点与应用范围。

表1-1-1 常见手工造型方法

序号	方法	简图	特点、操作要点	应用范围
1	两箱分开模造型		将下半模样放在底板上，摆好砂箱，填砂舂实做下型；将下箱翻转180°，放上上半模样，撒分型砂，套好上箱，固定直浇口及冒口模样，填砂，舂实，刮平，扎通气孔，做合箱号；拔掉直浇口及冒口模样；开箱，起模，修型，开浇口；烘干或表面烘干（湿型例外）；下芯，合箱，浇注	适用于用整体模样不便起模的各种铸件
2	整体造型		铸件外形较简单，模样做成一个整体而能方便起模，则用整体模造型。两箱造型时，整个模样放在一个砂型内，另一砂型通常为一平面。无型腔	适用于最大截面处为一平面的铸件，用该平面作为分型面
	挖砂造型		有的铸件厚度小，形状复杂，不宜做成分开模样（或用零件实物作模样），而做成整体模样时，有局部地方被型砂埋住，模样起不出来。这时可沿模样最大截面处进行挖砂造型。这种方法每造一次型需挖一次砂，生产率低，要求具有较高的操作技能	用于单件、小批生产
	假箱造型		当生产数量较多时，挖砂造型可用假箱造型代替，即做一个舂得很紧实，不带浇口的上型，以此作底胎（称假箱）——作为模底板进行造型。生产批量大时，可用木材或金属做一成型底板。假箱造型可大大提高生产率	生产批量较大时用以代替挖砂造型

(续)

序号	方法	简图	特点、操作要点	应用范围
3	活块造型		无论整体模或分开模造型,若模样上有局部凸起部分,妨碍起模,则可做成活块,待模样主体起出后,再将活块起出 注意:活块厚度不得大于模样主体厚度	单件、小批生产
4	刮板造型		单件生产,制造外形为旋转面的铸件、急需修配件时,不做整体模样,仅做反映一个断面的刮板,旋转(车)刮出砂型,称车板造型。这种方法省木料,省制模工时、投产快,但要求工人技术水平高,铸件局限性很大,仅适用于旋转体件	仅适用于单件、修配件,旋转体件
	导向刮板造型		单件生产,制造等截面铸件,优缺点同车板造型	同左
	骨架模造型		利用骨架模刮出砂型与砂芯,优缺点同车板造型与导向刮板造型	适用于单件生产,形状变化,但壁厚相同的大型铸件
5	漏模造型		形状复杂,壁薄而深,用普通方法起模很容易损坏砂型,损坏后修理很费时间而且很难复原,可用漏模造型,模样插入漏模板中,舂砂后,模样经漏模板漏出,型砂有漏模板挡住,砂型不会损坏。优点是造型操作技术要求低,模样不易损坏;缺点,制造模板费用高	同左,生产量大时采用