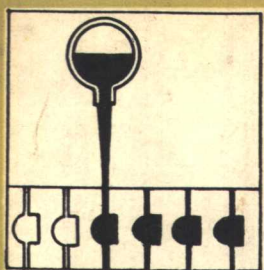
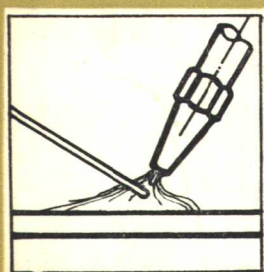
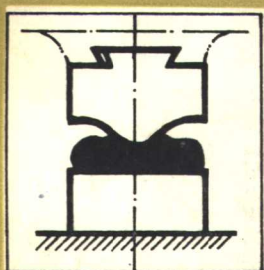
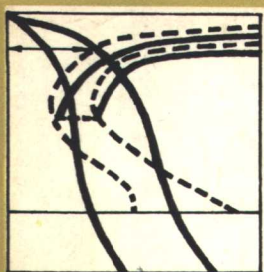


高等学校试用教材



# 铸造工艺设计基础

河北工学院李魁盛 主编



机械工业出版社

高等学校试用教材

# 铸造工艺设计基础

河北工学院李魁盛 主编



机械工业出版社

**铸造工艺设计基础**

河北工学院李魁盛 主编

\*

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)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{16}$  · 印张 14 · 字数 342 千字

1981年1月北京第一版·1981年1月北京第一次印刷

印数 00,001—16,000 · 定价 1.45 元

\*

统一书号: 15033·5021

## 前 言

本书是根据高等学校一机部对口专业座谈会及铸造专业教材大纲讨论会上所审定的大纲为基础进行编写的。按照《铸造工艺设计基础》大纲的规定：本教材的基本内容为近代造型（芯）方法及铸造工艺设计的有关基础理论知识。学生通过本课程的学习和铸造工艺课程设计的训练，能正确地分析和拟订铸造工艺，具有设计先进造型、制芯工艺及工装的能力，能对铸造车间设备设计提出铸造工艺要求。

本教材贯彻了从先进内容讲起的基本精神。因此，在学习本课程之前，应安排必要的专业劳动并讲授铸造概论课，使学生对铸造工艺的初步知识有所了解。在金属学、传热学、流体力学、铸件形成理论基础及造型材料等课程之后讲授。为了配合教学内容，学生应在具有先进造型、制芯工艺的现代化铸造工厂或车间进行专业生产实习。

本书是高等工科院校本科四年制铸造专业学生的试用教材。也可供工厂、科研及设计单位的铸造专业工程技术人员和具有相当文化水平的铸造工人学习和参考。

本书编写分工如下：

绪言、第一章（§1、2、3、5）、第二章及第六章：河北工学院李魁盛。第一章§4：华工学院曹文龙

第三章：南京工学院陈漱秋

第四章：湖南大学 程厚义

第五章：天津大学 侯福生

全书由河北工学院李魁盛主编，华中工学院王维聪主审，责任编辑一机部教编室周有德。

在编写和审稿过程中，一机部教编室和全国许多工厂、研究所和大专院校提供了大量资料并提出宝贵意见，初稿先后经过两次审定和修改，从而使本书质量有所提高，系统更为完善。在此谨向为本书编写做出贡献的所有同志表示衷心感谢。

限于水平和时间，编者对内容的调查研究做得不够深入，试验研究工作做得也比较少，征求意见的范围还不够广泛。因此，本书在内容和学术观点方面难免有不当乃至错误之处，欢迎读者批评指正。

编 者

1980年元月于北京

# 目 录

绪论.....	1	§ 2-5 铸造工艺参数.....	59
一、设计依据.....	1	一、铸造收缩率.....	59
二、铸造工艺设计的内容和编制程序.....	1	二、机械加工余量.....	61
第一章 近代造型(芯)方法.....	3	三、拔模斜度.....	62
§ 1-1 概述.....	3	四、最小铸出孔及槽.....	62
一、手工造型和制芯.....	3	五、工艺补正量.....	63
二、机器造型和制芯.....	5	六、分型负数.....	63
三、其他造型方法.....	7	七、反变形量(又称反挠度、反弯势、 假曲率).....	64
§ 1-2 水平分型高压造型.....	7	八、砂芯负数(砂芯减量).....	65
一、高压造型和高紧实度铸型的概念.....	7	九、非加工壁厚的负余量.....	65
二、压实造型的理论基础.....	8	十、分芯负数.....	66
三、水平分型的高压造型工艺过程及 特点.....	12	第三章 浇注系统设计.....	67
四、水平分型的高压造型的工艺问题.....	15	§ 3-1 液态金属在浇注系统各组元中流动 过程的水力学现象.....	67
§ 1-3 垂直分型无箱造型.....	19	一、液态金属在浇口杯中的流动.....	68
一、工艺过程及特点.....	19	二、液态金属在直浇道中的流动.....	71
二、工艺问题.....	20	三、液态金属在横浇道中的流动.....	75
§ 1-4 真空密封造型.....	26	四、液态金属在内浇道中及进入型腔时 的流动.....	80
一、工艺过程、原理及特点.....	26	五、关于浇注系统设计的不同观点.....	84
二、基本工艺装备及设备.....	28	§ 3-2 浇注系统类型的选择.....	85
三、真空密封造型法的基本工艺问题.....	29	一、按断面比例关系分类.....	85
四、几种常见缺陷及防止措施.....	34	二、按内浇道位置的高低分类.....	87
§ 1-5 热芯、壳芯及冷芯盒制芯.....	34	§ 3-3 浇注系统最小断面尺寸的计算.....	91
一、热芯盒法制芯.....	34	一、水力学公式的导出和应用.....	92
二、壳芯工艺.....	36	二、一型多铸小件浇注系统断面面积的 确定.....	102
三、冷芯盒法制芯.....	38	三、阶梯式浇注系统断面尺寸的确定.....	103
四、温芯盒法制芯.....	40	四、组合模板浇注系统.....	105
第二章 铸造工艺方案的确定.....	41	五、垂直分型无箱造型浇注系统的 计算.....	106
§ 2-1 零件结构的铸造工艺性分析.....	41	§ 3-4 其他铸造合金浇注系统特点.....	112
一、从避免缺陷方面审查铸件结构的合 理性.....	41	一、可锻铸铁浇注系统的特点.....	112
二、从简化铸造工艺过程角度审查零件 结构的工艺性.....	44	二、球墨铸铁件浇注系统的特点.....	113
§ 2-2 确定浇注位置.....	47	三、钢铸件浇注系统的特点.....	114
§ 2-3 分型面的选择.....	50	四、铝合金浇注系统的特点.....	114
§ 2-4 砂芯设计.....	53	五、铜合金浇注系统的特点.....	115
一、确定砂芯形状(砂芯分块)的基本 规则.....	53	第四章 冒口、冷铁和铸筋.....	116
二、芯头结构.....	55	§ 4-1 冒口的种类、形状和位置.....	116

## IV

一、冒口的种类	116	三、高压造型砂箱的设计	176
二、冒口的形状	117	四、砂箱的紧固	179
三、冒口的位置	118	§ 5-4 垂直分型无箱造型用的正压模板和反压模板设计	181
§ 4-2 冒口的有效补缩距离	119	一、模板结构	182
一、冒口有效补缩距离的概念	119	二、模板布置	182
二、碳钢铸件冒口的有效补缩距离	120	三、自动下芯框(摆动式)的制造过程	184
三、铸铁和有色合金铸件冒口的有效补缩距离	124	四、模板的快换气锁	185
§ 4-3 补贴的应用	124	§ 5-5 热芯盒和壳芯盒设计	185
一、均匀壁上采用的垂直或水平补贴	125	一、热芯盒设计	185
二、铸件局部热节点采用的补贴	126	二、壳芯盒设计	194
§ 4-4 铸钢件冒口的计算	127	第六章 铸造工艺设计实例	198
一、模数法	128	§ 6-1 4146柴油机飞轮壳(机后盖)	198
二、补缩液量法	133	一、生产条件及技术要求	198
三、比例法	134	二、铸造工艺方案	199
§ 4-5 铸铁件和有色合金铸件冒口的计算	136	三、造型、造芯工艺	200
一、模数法	137	四、主要缺陷及防止	202
二、缩管法	141	§ 6-2 CA10B型汽车正时齿轮室盖	202
三、比例法	143	一、生产条件及技术要求	202
§ 4-6 提高冒口补缩效率的措施及常用的特种冒口	144	二、铸造工艺方案	203
一、大气压力冒口	144	三、造型工艺	203
二、发热保温冒口	146	四、拔模真空问题的防止	204
三、易割冒口	147	§ 6-3 6100型汽车用铸态球墨铸铁曲轴	204
§ 4-7 冷铁	149	一、生产条件及技术要求	204
一、外冷铁	149	二、熔炼工艺	205
二、内冷铁	150	三、铸造工艺方案的确定	205
§ 4-8 铸筋	153	四、造型工艺	206
一、割筋	153	五、质量检验及主要缺陷防止	207
二、拉筋	153	§ 6-4 C630车床床身	208
第五章 铸造工艺装备设计	155	一、生产条件及技术要求	208
§ 5-1 概述	155	二、铸造工艺方案的选择	208
§ 5-2 水平分型的高压造型模样、模板和模板框	156	三、浇注系统设计	209
一、高压造型对模样、模板和模板框的要求	156	四、主要工艺参数	211
二、模样设计	157	§ 6-5 80吨启闭机大齿轮	211
三、模底板和模板框	163	一、生产条件及技术要求	211
四、模样在模底板上的布置和紧固	171	二、铸造工艺方案	212
五、直浇道和浇口杯模	173	三、主要工艺参数	212
§ 5-3 砂箱设计	173	四、冒口计算	212
一、高压造型中砂箱箱壁的受力分析	173	五、浇注系统计算	215
二、高压造型砂箱分类	175	§ 6-6 可锻铸铁1130(B)同径三通	216
		一、生产条件及技术要求	216
		二、对型(芯)砂的要求	217
		三、垂直分型的铸造工艺	217
		四、浇冒口系统	219
		五、其他	219



## 绪 论

近代科学技术的发展,要求金属铸件具有高的机械性能、尺寸精度和表面光洁度,满足某些特殊性能,如耐高温、耐各种条件下的化学腐蚀、耐磨等,同时要求铸件产量大、成本低。一个铸件必须经过许多工序才能完成,从各种原材料准备开始,直到造型、制芯、合箱、浇注、落砂及清理为止,整个工艺过程都实行科学的操作,才能有效地控制铸件的形成,达到优质高产的效果。

铸件在生产之前,首先应编制出控制该铸件生产工艺过程的科学技术文件,这就是铸造工艺规程设计,简称铸造工艺设计。铸造工艺规程是生产的指导性文件,也是生产准备、管理和铸件验收的依据。因此,铸造工艺设计的好坏,对铸件质量、生产率及成本起着很大的作用。

### 一、设计依据

铸造工艺设计人员在编制工艺规程之前,必须熟悉工厂和车间的生产条件,掌握生产任务和要求,这些是铸造工艺设计的出发点和基本依据。

#### (一) 生产任务

1. 铸造零件图纸:提供的图纸必须清晰无误,有完整的尺寸和各种标记。铸造工艺设计人员审查之后,若认为有必要修改时,需与设计单位或订货单位共同研究,取得一致意见后,则以修改后的图纸做为设计的依据。

2. 零件的技术要求:金属材料的牌号、金相组织、机械性能要求,铸件尺寸及重量的允许偏差,其他特殊性能要求,是否经水压、气压试验,零件在机器上的工作条件等。在编制工艺规程时应注意满足这些技术要求。

3. 产品数量及生产期限:产品数量是指生产批量的大小。生产期限是指交货日期的长短。对于生产批量大的产品,应尽可能采用先进技术。对于应急的单件产品,则应考虑使工艺装备尽可能简单,以便缩短生产时间。

#### (二) 车间生产条件

1. 设备能力:起重运输设备的吨位和最大起重高度,熔炉的吨位和生产率,造型和制芯机种类和机械化程度,烘干炉和热处理炉的大小,地坑尺寸,厂房高度和大门尺寸等。

2. 车间原材料的应用情况和供应情况。

3. 工人技术水平和生产经验。

4. 模具等工艺装备制造车间的加工能力和生产经验。

### 二、铸造工艺设计的内容和编制程序

铸造工艺设计一般包括下列内容:铸造工艺图,铸件(毛坯)图,铸型装配图(合箱图),工艺卡。广义地讲,铸造工艺装备设计也属于铸造工艺设计的内容,例如模样图、模板图、砂箱图、芯盒图、压铁图、专用量具图及组合下芯夹具图等。

一般大量生产的定型产品、特殊重要的单件生产的铸件,铸造工艺设计订得细致,内容涉及较多。单件、小批生产的一般性产品,铸造工艺设计内容可以简化。在最简单的情

下，只拟绘一张铸造工艺图。

铸造工艺设计的内容和一般拟订程序如下表所列。

表0-1 铸造工艺设计的内容和一般程序

项目	内 容	用途及应用范围	设 计 程 序	备注
铸造工艺图	在零件图上用规定的红、兰等各色符号表示出：浇注位置和分型面、加工余量、收缩率、拔模斜度、反变形量、分型负数、工艺补正量、浇冒系统、内外冷铁、铸筋、砂芯形状、数量及芯头大小等	是制造模样、模板、芯盒等工装，进行生产准备和验收的依据 适用于各种批量的生产	①产品零件的技术条件和结构工艺性分析 ②选择铸造及造型方法 ③确定浇注位置和分型面 ④选用工艺参数 ⑤设计浇冒口、冷铁和铸筋 ⑥砂芯设计	
铸件图	把经过铸造工艺设计后，改变了零件形状、尺寸的地方都反映在铸件图上	是铸件验收和机加工夹具设计的依据。适用于成批、大量生产或重要铸件	⑦在完成铸造工艺图的基础上，画出铸件图	
铸型装配图	表示出浇注位置，砂芯数目、固定和下芯顺序，浇冒口和冷铁布置，砂箱结构和尺寸大小等	是生产准备、合箱、检验、工艺调整的依据 适用于成批、大量生产的重要件，单件的重型铸件	⑧通常在完成砂箱设计后画出	
铸造工艺卡片	说明造型、造芯、浇注、开箱、清理等工艺操作过程及要求	是生产管理的重要依据 根据批量大小填写必要内容	⑨综合整个设计的内容	



# 第一章 近代造型(芯)方法

## § 1-1 概 述

铸造具有悠久的历史,出土文物证实,约在公元前三千年,人类已经铸出多种精美的青铜器。世界公认,我国是最早使用铸铁的国家,早在纪元前二世纪的汉代,已广泛应用铸铁农具。但几千年来,铸型是靠手工采用粘土、砂等天然材料制造的,铸件产量小。随着工业进入机械化时代,铸件需用量越来越大,大约在本世纪三十年代,在大量生产的工厂中才广泛使用气动机器造型和人工合成的粘土砂。近代科学技术的飞速进步,奠定了铸造科学的基础,现代造型、制芯方法在最近三十多年来迅速发展起来。例如:六十年代高压造型自动生产线才在各国广泛应用。1958年开始出现呖喃砂热芯盒法制芯。1960年出现温芯盒制芯。1964年出现非气体硬化的冷芯盒法。1968年出现气雾硬化冷芯盒法。与此同时,化学工业的发展提供了新的型(芯)砂粘结剂,出现了新的铸型种类。例如,1933年出现水泥砂型(Randupson法),1967年出现水泥流态砂型。1944年出现冷法覆膜树脂砂壳型,1955年出现热法覆膜树脂砂壳型。1958年出现呖喃树脂自硬砂型。1947年前后出现CO<sub>2</sub>硬化水玻璃砂型,1965年出现水玻璃流态砂型,以后又出现了无机硬化剂的自硬砂型,1968年又出现了有机硬化剂的水玻璃砂型等。此外,近年来,用崭新的物理手段制造铸型的新方法,如磁丸造型、真空密封造型法,也相继问世。从而使造型、制芯方法呈现了新面貌。

近年来,尽管各种新的铸型材料和造型方法获得很大发展,但是,以粘土砂为主要造型材料的普通砂型仍然居主导地位。

### 一、手工造型和制芯

手工造型和制芯是传统方法,然而,现代手工造型、制芯已不像古老的操作那样,一切都凭人的体力去完成,像砂箱的搬运、翻转及向砂箱中填砂等笨重劳动,都可借助机械来完成。因此,现代手工造型,是指用手工完成紧砂、起模、修型及合箱等主要操作的造型过程。

手工操作灵活,模样、芯盒等工艺装备可以简单化,不需要复杂的专用造型和制芯机等设备,无论铸件大小、结构复杂程度如何,都能适应。因此,在单件、小批生产中,特别是重型的复杂铸件,手工造型应用较广。在大量生产的工厂中,修理机器设备所需要的配件,模样、芯盒和模板等工艺装备,试制新产品过程中的铸件,也都属于单件、小批生产,也要采用手工造型和制芯。

手工造型和制芯,要求工人有较高的技艺水平,劳动强度大,生产率低,铸件质量在很大程度上取决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。

#### (一) 常用手工造型方法

依砂型寿命分:

一次型——浇注一次后铸型即被毁坏。普通砂型都是一次型。

半永久型——可浇注几十次,甚至上百次后才毁坏。泥型和石墨型属于半永久型。一般

只用于简单形状的铸件。机械铸件中不常应用。

依模样特点分：

整体模造型——模样制成整体的，一般用于形状简单的铸件。对有些铸件，为了减少手工切挖分型面的操作工序，有时采用“假箱”，这对小批生产的情况下常可节约造型工时。

分开模造型——模样沿分模面分开，被制成上半模、下半模等几块模样，可使造型简便。

刮板（车板）造型——依铸件断面形状将模样制成板状，可节约制模工时和木材。适用于断面一致的或形状简单的旋转体铸件。

实型造型——用聚苯乙烯泡沫塑料制成模样和浇冒系统，造型后不取出模样。浇注时模样受到液体金属的灼热作用而气化，液体金属占据其空间，冷却后形成铸件。工艺过程如图1-1所示。

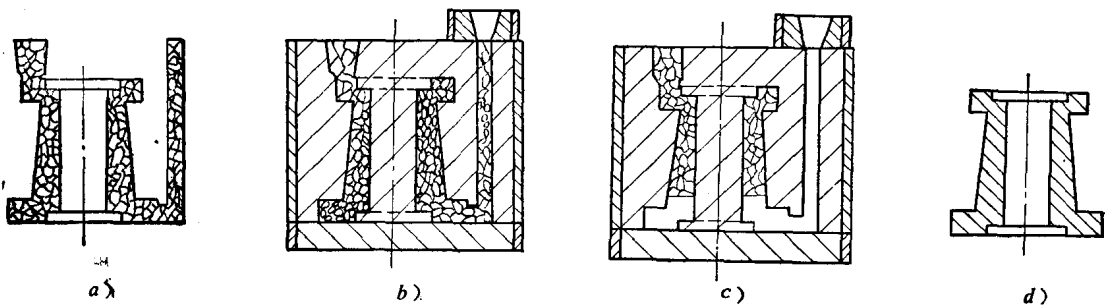


图1-1 实型铸造工艺过程

a) 泡沫塑料模 b) 造好的铸型 c) 浇注过程 d) 铸件

实型造型又名气化模或泡沫塑料模造型。1958年美国麻省工艺院获得专利权，1962年世界各地开始应用于铸件的生产。该法的主要优点是：造型过程简单，无需拔模和分型，铸件精度高。砂芯只用来形成小的水平孔，节约了砂芯。主要缺点是：泡沫模只能浇注一次。铸件表面光洁度较差。如需要春砂时，模样会发生一定的变形。因此，泡沫模多结合各种流态砂造型、磁丸造型及各种自硬砂型应用。

实型造型法适用于单件生产的重型铸件。用泡沫模制做球形冒口和难于拔模的部分效果甚佳。

聚苯乙烯比其他树脂，如环氧树脂、聚氨树脂等制成的泡沫塑料具有比重轻（小于0.02）、发气性小、残留物少及气化速度高等特点，故目前主要应用聚苯乙烯泡沫塑料模。单件、小批生产的大中型铸件可用泡沫板加工、粘合成模样，但这种模样表面光洁度差。当批量较大时，用可发性聚苯乙烯珠粒在母型中发泡成型，我国多用蒸汽成型法，这样制出的模样表面光洁。1967年以来，我国已铸出50吨的铸钢件和32吨的铸铁件。

依造型方式可分为：

砂箱造型——在砂箱中造型，操作方便，应用广泛。根据造一付铸型所用的砂箱数目，又有两箱造型和多箱造型之分。

劈箱造型——将模样和砂箱劈分成相应的几块，分别造型然后组装成型。这种方法使造型、烘干、搬运、合箱检验都方便。但模样和砂箱的制造工作量大。

叠箱造型——将几个甚至十几个铸型重叠起来浇注。可充分利用生产面积并节约金属。

脱箱造型（无箱造型）——造型后将砂箱脱去，型块在无砂箱或加放套箱的情况下浇注。

地坑(面)造型——在车间地坑中或地面上造型,不用砂箱或只用一只上箱。操作麻烦,劳动量大,生产周期长,多用于单件生产的大型铸件。

组芯造型——铸型由多块砂芯组装而成,可以在砂箱、地坑中或用夹具组装。

流态砂造型——将混合好的流态砂灌入砂箱,铸型可自行硬化和无需紧砂。造型简便,劳动量小,卫生,生产率高。但应用于厚大铸件时容易出现缩沉等缺陷。

(二) 常用手工造芯方法

芯盒造芯——在芯盒腔内进行紧砂、加放芯骨及开挖通气道等操作。依芯砂性质可以在芯盒内硬化,也可以脱出芯盒后再烘干硬化。用芯盒造芯尺寸准确,生产率高。

刮(车)板造芯——用刮板制芯,其尺寸精度和生产率都不如芯盒法,但刮板较芯盒的制造省工、省料。多用于单件生产的断面一致的或回转体砂芯。

二、机器造型和制芯

同手工相比,机器造型和制芯的生产率高,质量稳定,工人劳动强度低。但设备和工艺装备费用高,生产准备时间长。适用于大量和成批生产的铸件。

(一) 普通机器造型

震实造型——多以压缩空气为动力,使砂型和工作台等一起上下跳动震实,利用型砂向下运动的动能和惯性,使型砂紧实。该法在砂箱顶部的型砂紧实度不足,常需要手工补压加以紧实后,砂型才可翻转。机器结构简单、成本低,但噪音大,生产率较低,对厂房基础要求较高,劳动较繁重。多用于中大型、高度较大的砂箱。

压实造型——依靠压力使型砂紧实。多以压缩空气为动力,由于压强(即比压)小,故只能得到中等紧实度的砂型,且砂箱高度有一定限制,以免紧实度不足。其砂型上表面紧实度高,底部则低。机器结构简单、生产率高、无噪音。适用于砂箱较矮的扁平铸件。

震压造型——先以震实法使砂箱底部型砂紧实,然后再利用压实法对砂箱顶部较松散的型砂补加压实。其优缺点与震实法基本相同,但效率较高。由于补加压实法以压缩空气为动力,压强较低,故多用于中、小型砂箱尺寸。

上述造型方法及手工春砂的砂型硬度(由于紧实度不易测定,故试验中多用硬度,来间接表示紧实度)分布特点如图 1-2 所示。震实造型和震压造型法应用广泛,据调查,其震击力范

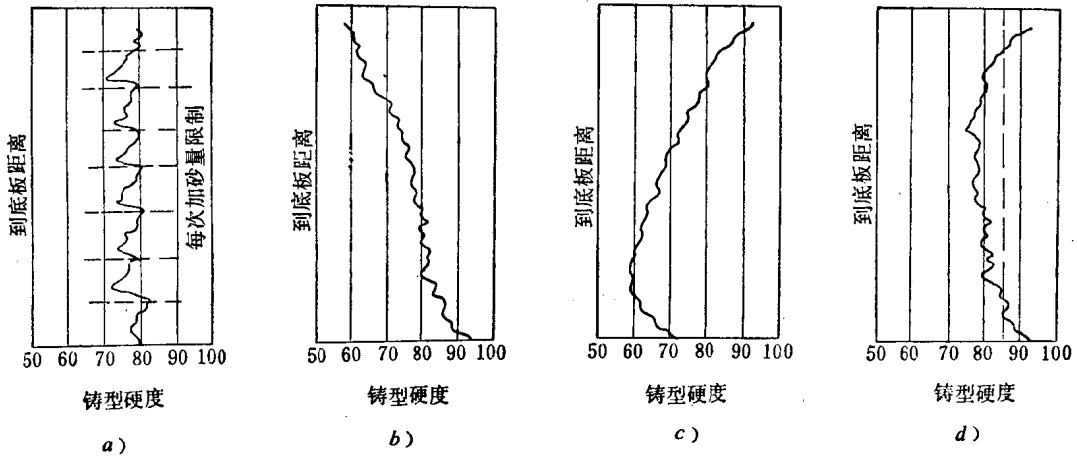


图1-2 普通机器造型和手工造型的砂型硬度分布特点  
a) 手工春砂 b) 震实造型 c) 压实造型 d) 震压造型

围为 2.5~324 千牛、震实台面尺寸从 0.41×0.41 米到 2.9×5.2 米。直到现在仍有大量的这种机器在工作着。

## (二) 抛砂造型

型砂进入抛砂头后，通过抛砂铲甩向弧板，砂团这时已受到离心压力的初步紧实。然后被高速抛入砂箱中，再次受到紧实。抛砂机本身完成填砂和紧砂两个工序，这种造型方法称为抛砂造型（见图 1-3）。

砂团被抛入砂箱时的抛砂速度高，砂团具有的动能大，转化为紧实能的部分也高，砂型的紧实度（或硬度）也大。一般抛砂速度多在 30~50 米/秒范围内。抛砂头的水平移动速度要求大于 0.3 米/秒，才能保证砂型有足够的紧实度。此外，供砂量、型砂性能、模样形状和砂箱尺寸等因素也对铸型紧实度有一定影响。

单独使用抛砂机，其生产率比手工造型可高 4~5 倍。如配以翻转起模机、转盘、辊道等辅机组成流水线，则比单独用抛砂机的生产率还可提高一倍多。此外，减轻劳动强度；不要求专用的模板和砂箱；不受批量的限制；铸型紧实度均匀。特别适用于单件小批生产的大、中型铸件。

以前抛砂机主要使用普通粘土型砂。近年来，出现了自硬砂做面砂，用抛砂机抛一般型砂做背砂的综合方法，效果良好。已知，世界上最大的抛砂机理论生产率为 50 米<sup>3</sup>/小时，国产的 ZZ6625 型单轨移动式抛砂机为 25 米<sup>3</sup>/小时，Z6312A 型固定式抛砂机为 12~15 米<sup>3</sup>/小时。

## (三) 高压造型

作用在砂型表面的比压（压强）大于 0.689 兆帕\*的压实造型法，称为高压造型法。因其有许多优点，最近二十年来发展很快，出现了多种型式：

依造型、合箱时分型面所处的位置分为水平分型的高压造型和垂直分型的高压造型。水平分型的高压造型又有有箱造型和无箱造型之分；而垂直分型的高压造型，到目前为止，生产中却只有无箱造型。

依填砂方式分为射压式高压造型和一般高压造型。射压式采用射砂方式填砂；一般高压造型采用机械方式加砂。

依有无微震机构分为微震高压造型和单纯高压造型等。

## (四) 机器制芯

主要常用以下方法：

震实造芯——类似于震实造型，利用跳动的动能使芯盒内的芯砂紧实。一般芯盒上表面需要手工补加紧实，并刮去多余的芯砂。

挤芯——利用柱塞式或螺旋式挤芯机挤制砂芯，只能制造断面一定的简单、直棒砂芯。

吹芯——用压缩空气将芯砂吹入芯盒并紧实。例如制造壳芯。

射芯——利用压缩空气将芯砂从射砂筒中射入芯盒并紧实。广泛用于制造各种砂芯的中

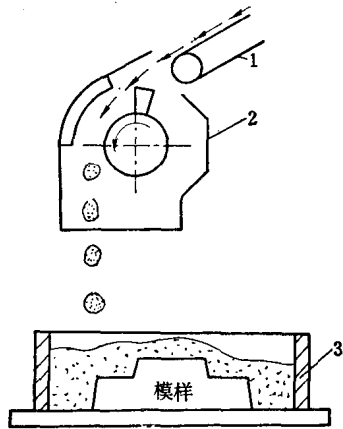


图1-3 抛砂造型原理

1—皮带 2—抛砂头 3—砂箱

\* 1 兆帕 = 10<sup>6</sup> 帕斯卡 = 10<sup>6</sup> 牛/米<sup>2</sup>。0.689 兆帕约等于 100 磅/英寸<sup>2</sup> 或 7 公斤/厘米<sup>2</sup>。

小型砂芯。

### 三、其他造型方法

上述的手工、机器造型法本质上都是利用有粘结剂（粘土水或其他化学粘结剂）的型砂，在外界因素（外力、热、化学）作用下而粘结成型的。近年来出现了新的所谓“物理”成型法。

**磁丸造型**——把上有涂料的带有浇冒口系统的聚苯乙烯泡沫塑料模置于不导磁的铝质砂箱中，充填以铁丸或钢丸，稍加震动紧实后，移入强大的电磁场内，于是在磁力线作用下，铁丸互相吸引成为一牢固的整体铸型。浇注金属并凝固、冷却。将砂箱移出磁场取出铸件。（详见特种铸造教材。）

**真空密封造型**——利用真空度使密封在砂箱和上、下塑料薄膜之间的干的石英砂紧实并形成。在保持真空度的情况下，下芯、合箱、浇注和使铸件凝固。

**冷冻造型**——将混有少量水分的型砂紧实后，置于冰点以下冷冻成型、合箱、浇注。这种方法尚未见于实用。

上面简要介绍了各种造型、制芯方法。由于一般方法已为人们所熟知，且新的方法中包含有老方法的发展和演变过程，故本章只着重介绍水平分型及垂直分型的高压造型、真空密封造型、壳芯、热芯盒和冷芯盒等近代造型、制芯方法。

## § 1-2 水平分型高压造型

### 一、高压造型和高紧实度铸型的概念

设作用在砂型表面积  $S$  上的压实力为  $Q$ ；则比压  $q$  的定义为

$$q = \frac{Q}{S} \text{ (帕——牛/米}^2\text{)} \quad (1-1)$$

高压造型是指比压大于、等于 0.689 兆帕（7公斤/厘米<sup>2</sup>）的压实造型法。一般粗略地以 0.7 兆帕作为高压造型的比压的分界值。0.4~0.7 兆帕的称为中压造型。

高紧实度铸型是指以“B”型硬度计测定时，具有均匀的、最小读数超过 85 的铸型。高压造型是获得高紧实度铸型的主要方法。但采用微震的中压造型也能得到高紧实度铸型，因此有人主张把这种方法笼统地称为高紧实度造型法。而一般仍惯称高压造型法。

各种比压下制得的砂型其硬度和紧实度之间大致关系如下

	比 压		硬 度*	平均紧实度(10 <sup>3</sup> 千克/米 <sup>3</sup> )
	(兆帕)	(公斤/厘米 <sup>2</sup> )		
低压造型	0.13~0.4	1.3~4	50~70	1.2~1.3
中压造型	0.4~0.7	4~7	70~90	1.4~1.5
高压造型	≥0.7	≥7	90以上	1.5~1.6

高的砂型紧实度给新方法带来一系列的特点，高压造型法的主要优点是：

1) 铸件尺寸精确、表面光洁。这是由于铸型紧实度高，浇注时型壁移动量小的缘故。铸件精度可达 5~7 级，表面光洁度可达  $\nabla 3 \sim \nabla 5$ 。

2) 铸件重量比普通造型法减轻约 10%，且重量均匀一致。铸钢件的重量偏差由普通

\* 指砂型上、下端面的硬度值，普通砂型硬度计。

机器造型的3~5%降为1~2%；铸铁件的重量偏差由原来的±1.5%降到±1%。由于精度高可以减小加工余量，不仅节约了金属也节约了加工工时，铸件可以做得更薄，为减轻各种机器的重量提供了条件。

3) 压实紧砂的工艺简单，易于实现自动化造型，生产效率高。

4) 降低劳动强度，改善劳动条件。很大一部分铸件可采用单纯压实造型法，噪音有所减少。基本上消除了原有震实式造型机的有害影响。

5) 铸型紧实度高，蓄热系数也高，加快了金属的凝固、冷却速度，改善了铸件内在质量，金相组织更为致密，机械性能有所提高。

6) 高压造型有较大的适应性，能制造复杂、较大的铸型。

主要缺点是：

1) 设备投资大，结构复杂、庞大，多采用液压传动。为了充分发挥机器效率，一般是主机、辅机配套组成流水线。

2) 要求工艺装备精度高、刚性大，因而费用高。

3) 要求有较高的设备维修和保养能力。

## 二、压实造型的理论基础

高压造型的目的在于制出均匀的高紧实度铸型，因此，应从理论分析及试验研究两方面弄清影响砂型紧实度大小和分布的主要因素。

### (一) 比压在砂型内的分布规律和传递效率

压实紧砂时，砂粒之间存在着内摩擦力，使压力力逐渐在砂型内部减弱，这会影响到紧实度或硬度的分布。为了保证砂型达到必要的紧实度，求得比压在砂型内的分布规律和传递效率是十分重要的。

在图1-4的圆形砂箱中，距上表面为 $h$ 的位置上，假设作用在 $dh$ 厚度的砂层上的比压为 $q$ ，作用于这个厚度砂层下面的压强为 $q + dq$ ，对模样或砂箱垂直侧壁上侧压力系数为 $k$ 。那么，作用于砂箱侧壁上的摩擦力将等于 $kq2\pi a$ 乘以摩擦系数 $\mu$ ，即 $\mu kq2\pi adh$ 。

根据作用在 $dh$ 厚度的型砂层的各种力应保持平衡的原理，可得如下微分方程

$$\pi a^2 q + \gamma \pi a^2 dh = \pi a^2 (q + dq) + \mu k q 2\pi a dh \quad (1-2)$$

式中  $\gamma$ ——型砂的重度；

$a$ ——砂箱半径。

上式化简为

$$dh = \frac{a dq}{\gamma a - 2\mu k q} \quad (1-3)$$

解(1-3)微分方程，得

$$h = -\frac{a}{2\mu k} \ln(\gamma a - 2\mu k q) + C \quad (1-4)$$

依初始条件，当 $h = 0$ 时，比压 $q = q_0$ ，可确定(1-4)式中之积分常数 $C$

$$C = \frac{a}{2\mu k} \ln(\gamma a - 2\mu k q_0)$$

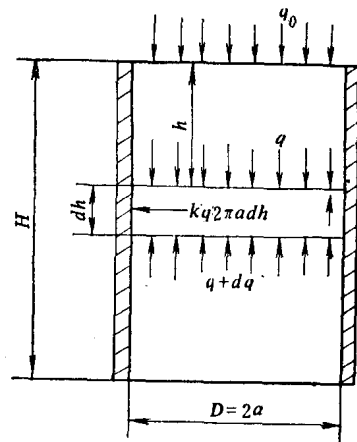


图1-4 压力在砂型内分布规律分析简图

所以, (1-3)微分方程的特定解为

$$h = -\frac{a}{2\mu k} \ln \frac{\gamma a - 2\mu k q}{\gamma a - 2\mu k q_0} \quad (1-5)$$

依(1-5)式可求得作用于  $dh$  厚度砂层上的比压  $q$  为

$$q = \frac{\gamma a (1 - e^{-\frac{2\mu k h}{a}})}{2\mu k} + q_0 e^{-\frac{2\mu k h}{a}} \quad (1-6)$$

上式给出了砂型内不同高度层中比压的分布规律, 表明压力分布和型砂的性能、砂箱尺寸等各种因素之间的关系。

当  $h = H$  时, 则得到砂箱底部的压强  $q_H$

$$q_H = \frac{\gamma a (1 - e^{-\frac{2\mu k H}{a}})}{2\mu k} + q_0 e^{-\frac{2\mu k H}{a}} \quad (1-7)$$

因此, 可求得压实力的传递效率  $\eta$  为

$$\eta = \frac{q_H}{q_0} = \frac{\gamma a (1 - e^{-\frac{2\mu k H}{a}})}{2\mu k q_0} + e^{-\frac{2\mu k H}{a}} \quad (1-8)$$

对高压造型  $q_0$  取值较大, 上式右边第一项的值很小, 可以认为传递效率主要取决于  $e^{-\frac{2\mu k H}{a}}$ 。即, 要使传递效率增高, 就需要设法降低  $H/a$ 、 $\mu$ 、 $k$  值。由此看出: 砂箱越

矮、半径  $a$  越大则比压的传递效率越高。同理, 模样高而吃砂量小的部位, 则传递效率低, 因而不易获得高的紧实度; 而型砂对箱壁的摩擦系数  $\mu$ 、侧压力系数  $k$ , 则因型砂的粒度、形状、水分等而定, 必需用试验来确定。但是, 已知压砂时采用微震, 则能影响  $\mu$  值使其减小, 从而使  $\eta$  值升高, 增加紧实度。

用标准型砂圆筒做实验, 当圆筒直径和型砂厚度之比为 1 时, 比压的传递效率  $\eta$  大致为 55~60% (见图 1-5)。当砂箱平均轮廓尺寸与高度之比是 4 倍以上时,  $\eta$  值为 80~90%。依据  $\eta$  值的大小, 可以预测模样突起部位处的砂型紧实度的高低。

## (二) 压实方法对紧实度的影响

水平分型的高压造型有三种压实方法: 上压法、下压法和双面压实法, 见图 1-6。不同压实方法的砂型硬度分布曲线如图 1-7 所示。

图 1-8 表明双面压实法和单面压实法的砂型紧实度和比压的关系。

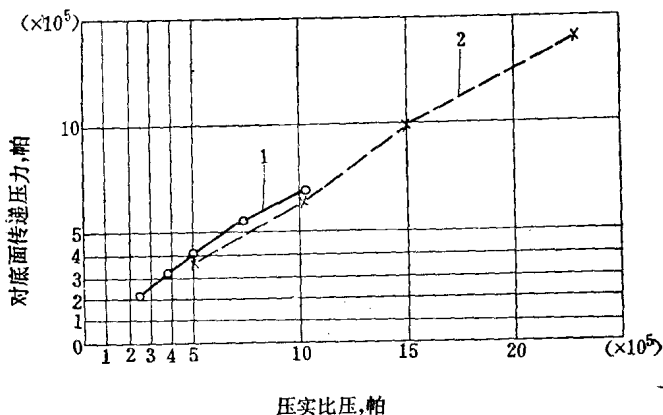


图1-5 标准圆筒砂样的比压传递情况

试样条件:  $H/D = 1$ , 型砂中粘土含量 7%, 水分 4%。

1—容积比重  $\gamma = 1.35$  2—容积比重  $\gamma = 1.40$



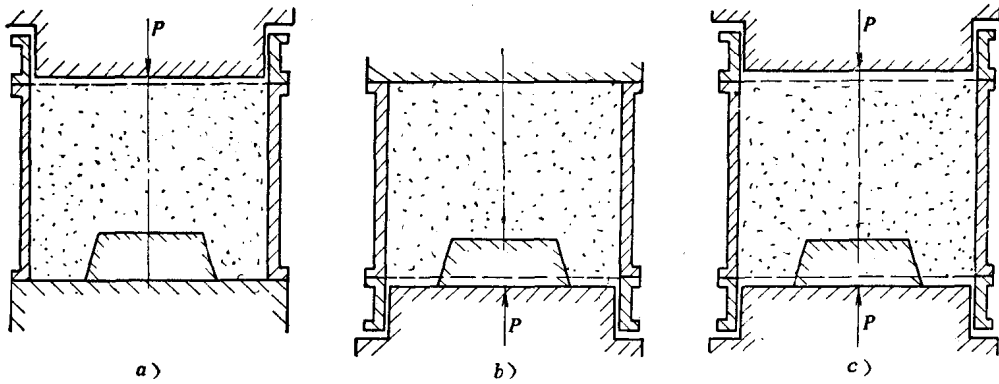


图1-6 压实方法示意图

a) 上压法 b) 下压法 c) 双面压实法

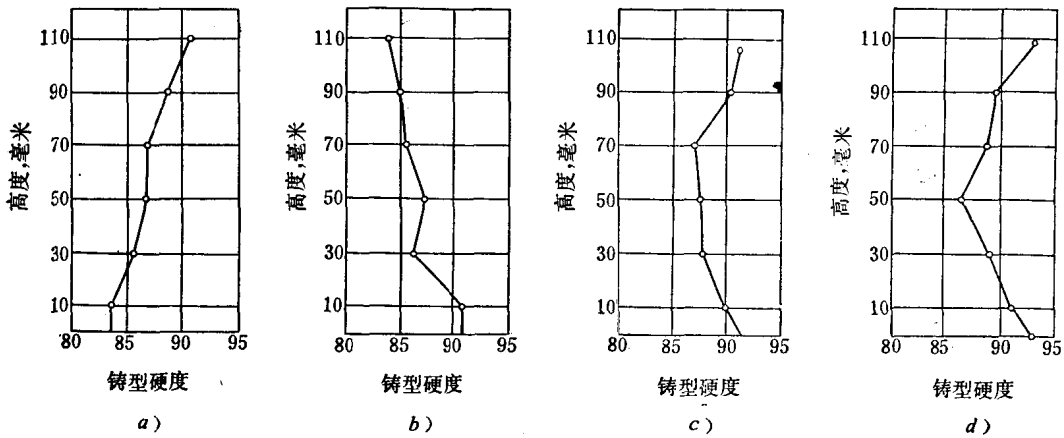


图1-7 不同压实方法的硬度分布

a) 上压法 b) 下压法 c) 上压、下压两次进行 d) 双面压实法

试验条件：比压0.794兆帕（8.1公斤/厘米<sup>2</sup>），砂型尺寸：φ250毫米，高150毫米。平压头，无模样

不难看出，双面压实法的铸型紧实度最高、最均匀。此外，型砂的流动性对双面压实法显得并不十分重要。但该法要求特殊装置，以便扶持砂箱，必要时，还要限制压板和模板行程，使模板和砂箱的分型面水平。特别适用于脱箱造型，这时砂型分型面的高低偏差不会影响合箱的质量。该法出现于1974年，尚未广泛应用。

上压法与下压法比较，从硬度分布曲线上看，下压法更好些。但上压法由于机器结构简单，应用较广。

### （三）压头型式对紧实度的影响

以上着重分析沿砂型高度紧实度分布的特点，没有涉及模样及压头型式。实际生产中由于有模样和压头，在砂型的同一水平截面上的紧实度也常常不是均匀分布的。压头型式对紧实度的影响主要与压缩率有关。

压缩率是压缩距离对原砂柱高度的比值，一般以百分数表示。即压缩率K可定义为

$$K = \frac{H_0 - H}{H_0} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中  $H_0$ ——压缩前原砂柱高度(米)；

$H$ ——压缩后砂柱高度(米)。

假定压实时砂粒只在垂直于模板方向有位移，且填入砂箱的型砂初紧实度（或称松散密度）是均匀的，等于  $\delta_0$  (千克/米<sup>3</sup>)。压实后紧实度增加为  $\delta$  (千克/米<sup>3</sup>)。显然，压实前后砂柱质量不变，即  $H_0\delta_0 = H\delta$ 。于是可求得紧实度和压缩率间有如下关系

$$K = \frac{H_0 - H}{H_0} = 1 - \frac{H}{H_0} = 1 - \frac{\delta_0}{\delta} \quad (1-10)$$

或 
$$\delta = \frac{\delta_0}{1 - K} \quad (1-11)$$

由此可见，要使砂型水平截面上各处紧实度均匀一致，应使各处的压缩率相等。压头型式对砂型紧实度的影响正是通过压缩率来体现的。水平分型的高压造型常用的几种压头型式如图 1-9 所示。

1. 平压头 由于模样上部和其四周砂柱的压缩率不等，故砂型的紧实度不均匀。模样上部紧实度高，而四周则低，这是平压头的重要缺点。但它通用性强，且压实后砂型上表面为一平面，常可省去刮砂工序。对于高度不大的、中等复杂程度以下的模样都可适应，因此应用较为普遍。

2. 成型压头 它的形状是根据压砂时保持各处的压缩率相等这一原则而设计的，故其形状随模样形状而起伏。优点是砂型紧实度比较均匀。缺点是：它是某铸件的专用装备，当更换模板时，就要更换压头。适用于大量生产单一品种铸件的造型线。一般很少应用。

3. 多触头 为了适应各种铸件形状的要求，而又能保留平压头和成型压头的共同优点，研制成功多触头。它由许多小压头即触头组成，每个触头相当于一个油缸结构中的活塞杆，各油缸间的油路是沟通的。当压砂时，随着模样形状的高低起伏，每个小触头的高低可自行调整。因而获得比较均匀的紧实

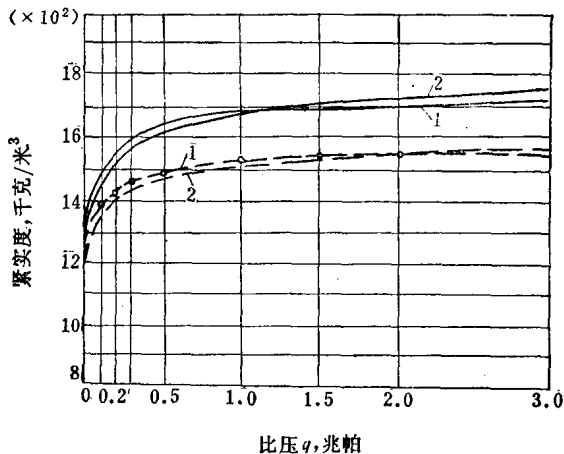


图1-8 铸型紧实度和比压的关系

实线—双面压实法 虚线—上压法

1—试验曲线 2—经验公式曲线

试验条件：砂箱尺寸  $\phi 266$  毫米，高150毫米。型砂成分：石英砂 94%，膨润土 6%。外加水 6%

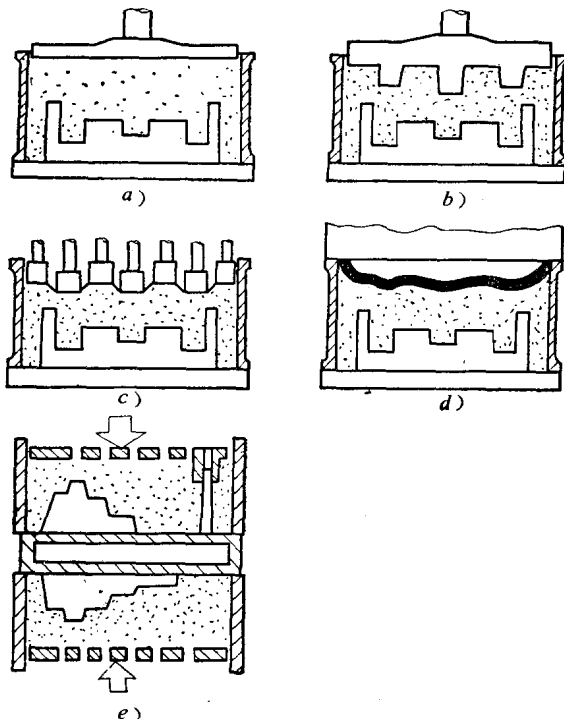


图1-9 水平分型高压造型用的几种压头型式

a) 平压头 b) 成型压头 c) 多触头 d) 弹性压头 e) 无箱造型用的射砂平压头