

现代铸造方法

林再学 樊铁船 编

航空工业出版社

T72
L61

现代铸造方法

林再学 樊铁船 编

航空工业出版社

1991

内 容 提 要

本书着眼于铸造行业的技术发展,介绍了现代造型(芯)方法和实型铸造、磁型铸造、石墨型铸造、反压铸造、挤压铸造以及悬浮铸造等现代铸造方法的基本原理、工艺过程及发展应用情况,内容先进,系统性和科学性强,重点突出。在实践的基础上,全书加强了理论分析。

本书主要作为航空院校铸造专业学生的教材,也可供铸造行业中工程技术人员和具有相当文化水平的铸造工人学习、参考之用。

12-54

现 代 铸 造 方 法

林再学 樊铁船 编

航空工业出版社出版发行

(北京市和平里小关东里14号)

一 邮政编码: 100029

全国各地新华书店 经 售

航空工业出版社印刷厂印刷

1991年8月第1版

1991年8月第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/16

印张: 10.125

印数: 1—2700

字数: 251千字

ISBN 7-80046-345-1/TG·009

定价: 2.70元

前 言

现代铸造方法为航空铸造专业本科生选修课。主要内容介绍现代造型（芯）方法和实型铸造、磁型铸造、石墨型铸造、反压铸造、挤压铸造以及悬浮铸造等现代造型（芯）方法和特种铸造方法的基本原理、工艺过程及发展应用情况，是砂型铸造和特种铸造课程的补充。

本课程应在学生学完铸造概论、铸件形成理论基础、砂型铸造工艺、造型材料、特种铸造等有关课程，并已进行了认识实习后，有一定的专业基础知识和生产实际知识的基础上讲授。

本书主要为航空大专院校铸造专业学生的教材，也可供铸造专业的工程技术人员和具有相当文化水平的铸造工人参考使用。

本书编写分工如下：

绪论和第一、二、三、六、七章由林再学同志编写，第四、五章由樊铁船同志编写。

全书由林再学同志主编。绪论和第一、五、六、七章由西北工业大学商宝禄教授审稿，第二、三、四章由洛阳工学院李顺成教授审稿。

由于编者学识水平有限，书中难免出现缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

1990.9

目 录

绪论.....	(1)
第一章 现代造型(芯)方法.....	(3)
第一节 概述.....	(3)
一、造型(芯)方法的发展与分类.....	(3)
二、优质铸件适宜的造型方法选择.....	(6)
第二节 真空密封造型法.....	(8)
一、真空密封造型的实质、特点及发展.....	(8)
二、主要的工装及设备.....	(10)
三、主要工艺参数及材料.....	(13)
四、主要工艺过程.....	(18)
五、常见的铸件缺陷分析.....	(18)
第三节 气压造型法.....	(19)
一、气压造型概述.....	(19)
二、空气冲击造型.....	(20)
三、静压造型.....	(25)
四、燃气冲击造型.....	(25)
第四节 冷冻造型法.....	(27)
一、冷冻造型法的实质及特点.....	(27)
二、冷冻造型的工艺过程.....	(28)
三、冷冻铸型的特性及影响因素.....	(28)
四、冷冻铸型对铸件质量的影响.....	(30)
第二章 实型铸造.....	(31)
第一节 概述.....	(31)
一、实型铸造的实质及特点.....	(31)
二、实型铸造的发展及应用.....	(33)
第二节 气化模的材料.....	(34)
一、实型用泡沫塑料的特点及对它的要求.....	(34)
二、泡沫聚苯乙烯塑料的制造.....	(35)
三、泡沫聚苯乙烯塑料的特性.....	(37)
第三节 气化模的制造.....	(39)
一、泡沫聚苯乙烯珠粒的预发泡及熟化.....	(39)
二、用发泡成型法制造气化模.....	(40)
三、用机械加工方法制造气化模.....	(42)
第四节 气化模的涂料.....	(43)

一、涂料的作用及对它的要求.....	(43)
二、涂料的成分.....	(44)
三、涂料的配方.....	(45)
第五节 造型方法.....	(47)
一、分类.....	(47)
二、实型铸造早期用的型砂及铸型.....	(48)
三、实型铸造近期用的型砂及造型法.....	(49)
第六节 铸型工艺设计.....	(51)
一、概述.....	(51)
二、铸件浇注位置的选择.....	(51)
三、浇注系统设计特点.....	(51)
四、冒口及除渣排气道.....	(52)
五、气化模压型设计.....	(53)
第七节 实型铸造工艺理论基础.....	(55)
一、实型铸造金属充填过程及特点.....	(56)
二、泡沫聚苯乙烯塑料的热破坏.....	(57)
三、影响泡沫聚苯乙烯塑料气化的因素.....	(58)
四、气化模分解产物与铸件质量的关系.....	(60)
第三章 磁型铸造	(65)
第一节 概述.....	(65)
一、磁型铸造的实质及特点.....	(65)
二、磁型铸造的发展及应用.....	(66)
第二节 磁型铸造工艺的拟定及控制.....	(67)
一、铸件浇注位置的选择.....	(67)
二、浇注系统的设计.....	(68)
三、冒口及排气道的设计.....	(69)
四、磁丸的选择.....	(70)
五、埋模、造型、浇注及冷却工艺的拟定.....	(72)
第三节 磁型机的设计.....	(73)
一、磁型铸造生产线的基本内容及特点.....	(73)
二、磁型机的设计内容.....	(74)
第四节 磁型铸件质量及缺陷分析.....	(79)
一、磁型铸造对铸件化学成分及机械性能的影响.....	(79)
二、铸件表面粘丸.....	(81)
三、夹渣.....	(82)
第四章 石墨型铸造	(83)
第一节 概述.....	(83)
一、石墨型铸造的实质及特点.....	(83)
二、石墨型铸造的发展及应用.....	(84)

第二节 石墨型铸造工艺设计	(85)
一、铸件分型面的选择	(85)
二、浇注系统的设计	(87)
三、石墨型结构形式的选择	(87)
四、工艺参数的确定	(88)
第三节 石墨型的制造	(89)
一、材料的选择	(89)
二、石墨型的制造	(90)
第四节 石墨型的预热、涂料及浇注	(90)
一、石墨型的预热与准备	(90)
二、铸件的浇注	(91)
第五节 钛合金石墨型铸造	(92)
一、加工石墨型	(92)
二、捣实石墨型	(93)
三、熔模精铸石墨型	(95)
第五章 反压铸造	(97)
第一节 概述	(97)
一、反压铸造的实质、分类及特点	(97)
二、反压铸造的发展和应用	(99)
第二节 反压铸造过程中铸件凝固补缩机理	(100)
一、挤滤作用	(100)
二、铸件产生塑性变形作用	(102)
三、缩孔的防止与消除	(102)
第三节 反压铸造工艺	(103)
一、反压铸造浇注过程的特点	(103)
二、反压铸造工艺方案的确定	(105)
三、反压铸造工艺参数的确定	(107)
第六章 挤压铸造	(109)
第一节 概述	(109)
一、挤压铸造的实质、分类及特点	(109)
二、挤压铸造的发展及应用	(112)
第二节 金属在压力下结晶的特点	(113)
一、压力对金属某些物理参数的影响	(113)
二、压力对合金状态图的影响	(114)
三、压力对金属结晶参数的影响	(115)
第三节 压力对铸件成形及凝固的影响	(116)
一、压力对铸件凝固速度及冷却曲线的影响	(116)
二、挤压铸件的形成过程及特点	(117)
三、影响铸件临界压力的因素	(118)

四、挤压铸造收缩的特点.....	(119)
第四节 压力对合金结晶组织的影响.....	(121)
一、压力对铸件晶粒度的影响.....	(121)
二、压力对铸件偏析的影响.....	(122)
三、压力对气体析出过程的影响.....	(123)
第五节 挤压铸造工艺参数的确定.....	(124)
一、比压的选择.....	(124)
二、加压开始时间、加压速度和保压时间.....	(124)
三、铸型的涂料及预热.....	(125)
四、浇注温度.....	(126)
第六节 挤压铸型工艺设计.....	(126)
一、挤压铸造形式的选择.....	(127)
二、铸件加压位置的选择.....	(127)
三、挤压铸型壁厚的确定.....	(127)
四、模具的配合间隙.....	(128)
五、排气孔.....	(129)
六、铸件收缩率及机械加工余量等工艺参数.....	(129)
七、铸型材料的选择.....	(129)
八、实例.....	(130)
第七节 复合材料的挤压铸造.....	(132)
一、铝-铁双金属的挤压铸造.....	(132)
二、碳纤维与铝基体复合材料的挤压铸造.....	(133)
第七章 悬浮铸造.....	(134)
第一节 概述.....	(134)
一、悬浮铸造的实质及分类.....	(134)
二、悬浮铸造的特点及应用.....	(135)
第二节 悬浮铸造工艺.....	(136)
一、金属粉末的分类及对它的要求.....	(136)
二、金属粉末的加入方法及装置.....	(139)
三、金属粉末加入量的确定.....	(140)
第三节 悬浮铸造的结晶凝固特点.....	(143)
一、悬浮铸钢的结晶特点.....	(143)
二、悬浮铸钢的凝固特点.....	(145)
第四节 悬浮铸造对合金铸造性能及组织性能的影响.....	(146)
一、悬浮铸造对合金铸造性能的影响.....	(146)
二、悬浮铸造对铸钢性能的影响.....	(148)
三、悬浮铸造对铸铁组织及性能的影响.....	(150)
四、悬浮铸造对铝合金组织及性能的影响.....	(151)
主要参考文献.....	(152)

绪 论

铸造生产是以异型的金属毛坯和零件供应国民经济部门,首先供给机器制造业及金属加工业。它是机械工业的基础,是工业生产的重要组成部分。1978年,美国10项主要工业部门增加生产产值的指标中,铸件的产值仅次于汽车、黑色冶金、化学制品及飞机制造业,列第五位。铸造生产在国民经济中的作用不断提高,在现代的机器设备中,铸件重量约占其总重量的50~85%。1986年全世界铸件产量为8000万吨。与60年代前后相比,近10多年来,西方工业发达国家的铸件产量长期徘徊或下降。例如美国,1973年为2014.6万吨,1982年为977.8万吨,1985年为1148万吨。其原因是有些国家近来工业发展缓慢,工业产品减少,产业结构进行调整,如日本由原来的重、厚、长、大工业转向以电子、电气及精密机械为中心的轻、薄、短、小工业,从国外进口铸件;如美国1981年从国外进口的铸铁件达165.9万吨,占当年美国铸铁产量的21.1%。最后,也是最重要的原因之一是由于铸造合金及工艺的不断改善,铸件的质量不断提高,铸件壁厚及重量不断减小,例如,1960年美国轻便汽车汽缸头的壁厚为7.9毫米,1972年为4.3毫米,1976年为3.17毫米。因此,在保持铸件原来的工作性能不变或更高的条件下,用同样重量的金属材料可生产更多的铸件。与20年前相比,平均每吨液体金属可多生产20%以上的铸件。

铸造生产的发展受到多因素的限制,要求在稳定提高铸件质量的前提下,应尽量地节省原材料及能源,降低成本,减少公害,努力实现铸造生产过程机械化、自动化和专业化,以达到优质、高产、低耗、少污染的要求。“优质”的含义一般包括铸件的重量轻、性能好、尺寸精度及表面光洁度高等方面。为了实现上述的要求,人们对老的铸造工艺方法进行改进和革新,并研制出许多新的工艺方法,有力地推动了铸造生产和科学技术不断向前发展。

砂型铸造目前在世界各国仍然占重要的地位。例如,英国70%的铁合金铸件是采用砂型铸造生产的。在大批量生产中,砂型铸造是向高紧实度、高生产率的方向发展。震击和抛砂造型逐渐被淘汰,有箱及无箱高压造型、空气冲击造型、燃气冲击造型的应用日益广泛。铸造生产是耗能大户之一。在铸铁件的生产中,平均每个工人所用的电能比机械加工多4~5倍。为了节省能源,提高铸件质量,冷硬树脂砂已广泛应用。真空密封造型的应用范围日益扩大,目前全世界已有几百家工厂采用这种造型方法生产各种合金铸件。

采用泡沫聚苯乙烯塑料作为模样的实型铸造已在世界各国广泛应用。用这种铸造方法生产冲压模具之类的铸件,具有很大的优越性,显著地降低了铸件成本,减少了铸件重量,是铸造技术的一个大发展。目前采用泡沫聚苯乙烯珠粒发泡制成气化模,用干石英砂负压成型,使这种铸造方法不仅可用于小批生产,而且也可用于成批生产,使实型铸造的应用范围迅速扩大。

采用泡沫聚苯乙烯塑料制成模样,用磁丸代替型砂,用磁场感应强度代替粘结剂的磁型铸造,可真正实现“翻砂不用砂”的想法,简化了铸件生产工艺过程,提高了铸件质量,降低了铸件的成本,具有许多优点。这种铸造方法已在许多国家中推广应用。

钛及其合金具有很高的比强度，在航空航天工业和化工机械中的应用越来越多。由于钛及其合金的化学性能很活泼，在生产过程中存在不少困难，因而使钛铸件的应用大大低于其技术上的潜力。近10多年来，钛铸件的生产取得较大的进展。采用自耗电极真空凝壳炉熔炼，用机械加工制成的石墨型或在石墨粉中加入适量的粘结剂捣成石墨型、石墨壳型或浸渍的石墨型浇注钛铸件，取得良好的结果。

金属液在较大的压力作用下，利用压力差充型，并把压力场的作用贯穿于充型与凝固全过程的反压铸造，具有低压及高压釜两种铸造方法的优点，可获得机械性能好、尺寸精确、表面光洁的铸件。保加利亚在反压铸造的基础上进一步发展为可控气氛的反压铸造，用来生产气体合金化铸钢件。西北工业大学铸造教研室采用这种铸造方法生产出壁厚为0.5毫米，形状复杂的波导管铸件，获得国内外铸造专家的好评。

把定量的液体金属浇入铸型中，施加较大的机械压力，使其成型、凝固而获得零件毛坯的挤压铸造，是介于铸造与锻造之间，兼有铸锻特点的一种新工艺方法。挤压铸件的机械性能可达到或接近同类合金锻件的水平。我国五二研究所生产的挤压铝铸件，其抗拉强度达600 MPa。与锻造相比，挤压铸件的尺寸精度及表面光洁度高，原材料消耗少，挤压铸造机所需的吨位小，工装模具简单，成本较低。目前，挤压铸造已广泛应用于铝合金、部分变形铝合金、铝基复合材料、黄铜、青铜、碳钢、合金钢、耐热钢、不锈钢、灰口铸铁及球墨铸铁等铸件。铸件种类日益增多，有铝合金的活塞及弹尾，铜合金的齿轮及高压阀体，铸钢的锻模及轮盘等。采用挤压铸造生产整体导弹翼板，节省了大量工时及材料消耗，大幅度降低了零件的成本，提高了劳动生产率，具有显著的优越性。

在浇注过程中，将一定量的金属粉末加入到金属液流中，使其与液体金属掺和在一起流入型腔，凝固冷却后而获得铸件毛坯的悬浮铸造，不仅用来控制铸锭的凝固过程，而且可成功铸造出各种优质的大中型铸钢与铸铁件，并且用来生产某些合金钢、合金铸铁及特种合金钢铸件，是一种很有前途的铸造方法。

随着科学技术和工业生产的不断发展，新的铸造方法不断出现，我们应努力学习先进的铸造科学技术，不断提高我国铸造生产水平，为四化建设生产出更多、更好的铸件。

第一章 现代造型（芯）方法

第一节 概述

一、造型（芯）方法的发展与分类

随着科学技术和生产的不断发展，尤其是高分子化学和无机化学的巨大成就，为砂型铸造技术的迅速发展奠定了基础。新的铸造粘结剂不断出现，可供铸造工作者选择的造型（芯）方法越来越多。从手工造型到机器造型，从湿砂型到壳型，从真空密封造型到冷芯盒法造型，种类繁多，差异甚大。自硬树脂砂型的普及推广应用，气压造型的出现及应用，是近代造型（芯）方法显著进步的又一标志。

铸造生产的历史悠久，我国是铸造的故乡，早在几千年前就能铸造铸铁农具。在那漫长的铸造历史过程中，手工造型（芯）一直是主要的方法。砂箱的搬运、翻转、填砂、紧砂、起模、修型、合箱及落砂等工序都是手工操作，劳动强度大，生产率低，产品质量差。随着工农业生产不断地发展，铸件的需要量越来越多，铸件的质量要求越来越高，手工造型（芯）方法远远不能满足生产发展的需要。大约在本世纪30年代，西方发达国家广泛采用机器造型与制芯。到60年代，高压造型自动生产线在发达国家中广泛应用，使造型（芯）的劳动生产率迅速提高，铸件产量猛增，铸件质量得到改善。随着时代的进步，造型（芯）方法的发展情况，可从每五年举办一次的杜塞尔多夫国际铸造博览会上清楚地看出：

在1962年的国际铸造博览会上，首次展出射压紧实造型机，引起铸造工作者很大重视。

在1968年的博览会上，抛砂机是最后一次展出，以后再没有出现，这种造型方法已逐步被淘汰。

在1979年的博览会上，首次展出真空压实造型机，尽管当时只用于有箱水平分型，但仍然引起铸造工作者的重视。

在1984年的博览会上，震压式造型机已退出博览会，而射压造型已广泛应用于所有形式的分型——水平分型有箱及无箱造型，垂直分型有箱及无箱造型。

真空压实造型再次出现，并第一次用于无箱造型。在这次博览会上还第一次展出气压造型机，包括空气冲击和燃气冲击造型机，标志着造型方法进入了一个新阶段。

以上介绍的是造型（芯）方法的发展简况。在砂型铸造中粘结剂是最活跃的因素，一种新的铸造粘结剂的出现，往往引起造型（芯）方法的变化，出现新的铸型。

1933年出现了水泥砂型，随后又出现矾土水泥铸型，主要用于大中型的铸钢和铸铁件。到70年代，日本首先采用一种叫“OJ”法水泥铸型，它具有快速凝固、快速硬化的特点，所以又称双快水泥自硬砂。目前日本已有不少工厂采用这种铸型。

水玻璃粘结剂是1898年发明，但一直到1947年左右才作为铸造粘结剂。1953年，佛塞科公司首次介绍了CO₂法水玻璃砂，很快在全世界推广应用。随后又出现了矿渣法水玻璃砂型和

硅铁粉法水玻璃砂型，1967年出现水玻璃流态自硬砂型。由于水玻璃自硬砂存在一个致命缺点，溃散性差，落砂清理不方便，型砂的回用困难。70年代出现了酯化法水玻璃砂，大大改善了水玻璃砂的溃散性，为水玻璃砂的存在与发展开辟了新途径。

1940年左右，德国人克洛宁（Croning）采用酚醛树脂做粘结剂，用六次甲基四胺做固化剂，经加热使树脂发生缩聚反应，成为不溶不熔的高聚物。用这种酚醛树脂制造壳型，具有良好的工艺性能，可生产出优质铸件，但这种粘结剂来源少，成本高。1958年出现了呋喃树脂自硬砂型，1960年出现了温芯盒法树脂砂，1964年出现自硬冷芯盒树脂砂，1968年出现气雾硬化法冷芯盒树脂砂。目前，树脂砂不仅用于制芯，而且也用于制作铸型；不仅用来生产铝合金铸件，而且也用来生产各种批量的铸铁及铸钢件。特别是1973年能源危机以来，国外许多的铸造厂纷纷采用树脂砂生产各种合金铸件，目前西德采用树脂砂制芯已占全部砂芯的80%以上。

1971年日本秋田公司研制成功的真空密封造型，于1974年的国际铸造学会上发表，引起世界各国铸造工作者的广泛重视。目前这种方法已在许多国家推广应用。日本已有成套的流水线设备出口。我国已有不少工厂采用这种方法生产各种合金铸件。

为了提高铸件的质量，增加铸件的产量，减轻工人的劳动强度和降低铸件的成本，很多国家努力实现铸造生产过程机械化和自动化。首先是造型工序的机械化与自动化。建立一条自动化的高压造型生产线，只需要几个人操作，而且劳动生产率比单机造型可提高几十倍。据统计，1970年美国造型工序机械化程度为55%左右，而1980年达80%。苏联在1970年造型工序机械化程度为40%，1980年提高到75.8%。

砂型铸造有各种各样的分类。按模样特点可分为：

- (1) 整体模造型（含挖砂、假箱造型）；
- (2) 分开模造型（含活块、吊砂造型）；
- (3) 活砂造型；
- (4) 车板及刮板造型；
- (5) 骨架模样造型；
- (6) 模板造型；
- (7) 气化模造型。

按造型的机械化程度可分为：

- (1) 手工造型；
- (2) 机器造型。

按型砂的特点可分为：

- (1) 湿型铸造；
- (2) 干型铸造；
- (3) 表面干型铸造。

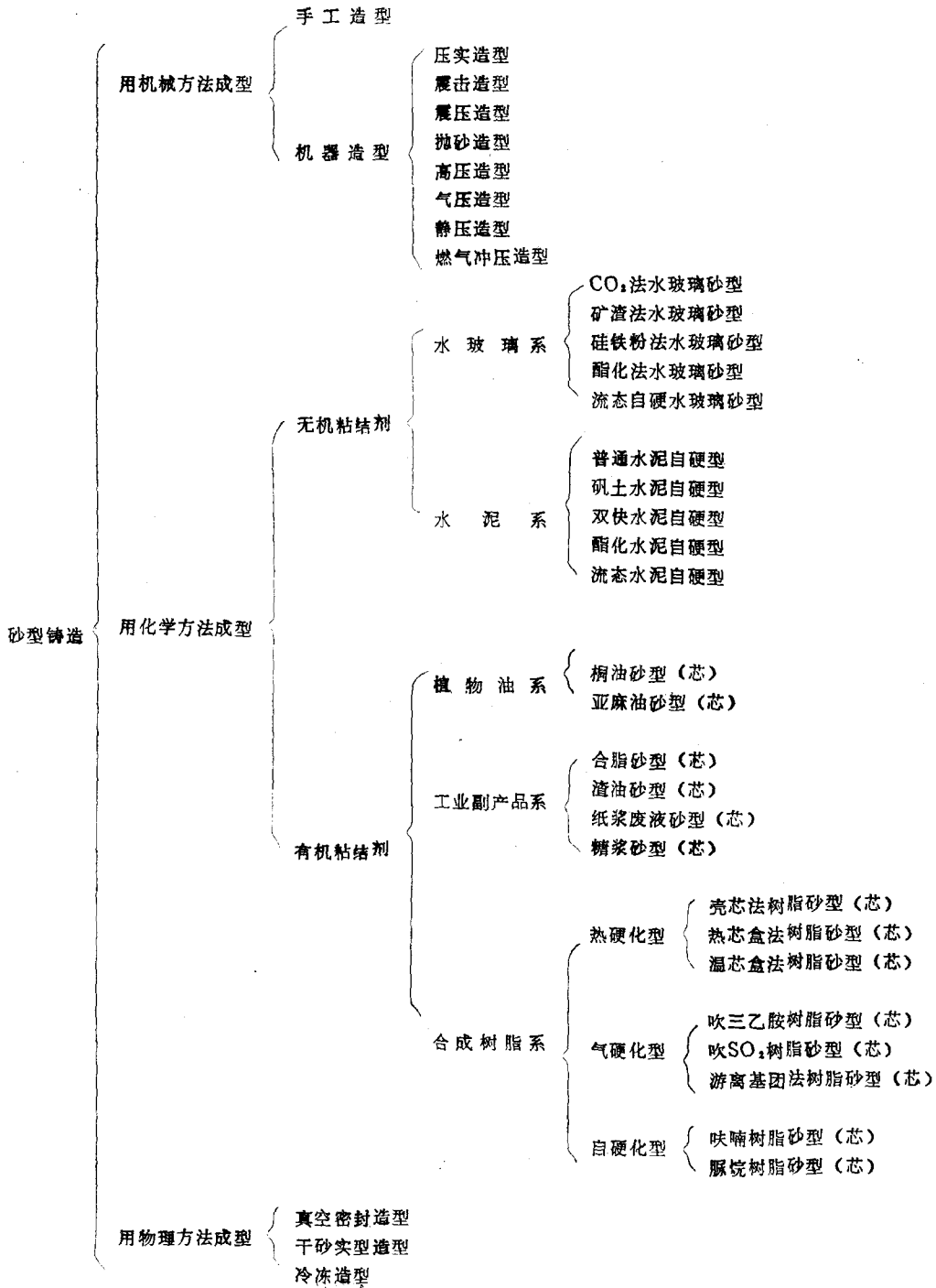
按维持铸型方法可分为：

- (1) 地坑造型（含有盖箱、无盖箱和机械化地坑造型）；
- (2) 砂箱造型（含单砂箱、双砂箱和多箱造型）；
- (3) 脱箱造型（又称无箱造型）；
- (4) 劈箱造型；

(5) 叠箱造型;

(6) 组芯造型。

按铸型的成型或硬化方法可分为:



二、优质铸件适宜的造型方法选择

铸件的质量及成本与造型工艺紧密相关,据统计,铸件的缺陷约有30~60%是由铸型方面产生的,铸件的焊补约有70%是由铸型方面引起的,铸件的成本约有50%用于造型。不同的造型方法对铸件质量的影响是不同的。因此,如何根据对铸件质量及数量的要求和车间的生产条件,选择适宜的造型(芯)方法,不仅关系到铸件的质量及成本,而且关系到能否按期交付铸件的问题。

铸件质量一般包括铸件内部的致密性及均匀性,铸件的尺寸精度和表面光洁度以及物理性能等方面。铸件的致密性是指铸件内部没有孔洞,即,既没有因补缩不良而引起的缩孔、缩松和表面缩凹,也没有因内在气体而引起的孔洞缺陷。铸件尺寸精度是指铸件尺寸应符合技术要求,随着用计算机控制的高速机械加工工艺的发展,对铸件的尺寸精度要求日益严格,尤其是对大批量生产的铸件。对铸件表面光洁度的要求虽然不象对装饰品那样高,尤其是对装在机器内部的铸件,多数不必要求过高的表面光洁度。但是铸件产生粘砂、飞刺、毛边以及结疤之类的缺陷,损坏了铸件的外观,增加了铸件清理工作量,严重者将使铸件报废。铸件产生上述缺陷,表明铸件生产过程控制有问题,或者所采用的造型工艺有问题,或者所采用的造型(芯)方法有问题,或者铸件设计工艺、造型方法、模样质量有问题。铸件表面质量也和所采用的型砂与涂料的质量有关。由砂芯形成的内腔、通孔及盲孔所产生的毛刺缺陷,可能在很大程度上受铸件设计的影响,往往只要对圆角半径稍微改变就可以解决这个问题。物理性能是指铸件应具有良好的加工性能,并有足够的强度,工作时能够承受载荷的作用而不破坏。铸件物理性能在很大程度上受到铸件冷却速度的影响,因而也取决于铸型的种类。一般说来,铸件在湿型中的冷却速度较快,在树脂砂型中的冷却速度较慢,尤其是铸铁件对铸型的种类尤为敏感。

1. 湿型

用现代的造型机可制造出很硬的湿铸型,用这样的铸型可浇注出尺寸精度较高的铸件。但对于大型铸件却有困难,因为尺寸大,难以紧实。即使能紧实,但要从紧实得很硬的铸型深腔处起模也有困难。一定不能忽视金属模板的质量,它是影响铸件质量、降低铸件成本的重要因素。

铸件表面质量与所用的型砂质量密切相关。如果型砂的成分、水分、挥发物质含量、铸型紧实度等因素不合适,都将使铸件表面粗糙,表面质量下降。采用颗粒细的型砂,铸件表面光洁度可以提高,但铸件容易产生有关气孔、夹砂等缺陷。

在正常的情况下,铸型分型面和芯头处不应有缺陷,但当模板装置质量差,砂箱磨损较厉害时,就容易产生劣质铸件,且需要昂贵的清理和修理费用。采用现代造型机,能生产出配合紧密,芯头处几乎没有飞边的铸件。合型时处于压力之下,能使铸型的整个平面互相接触密合。

湿型中含有较多的水分,在浇注过程中它对液体金属有激冷作用,有利于细化金属组织。但在浇注薄壁铸铁件时,容易产生白口组织,使铸件的机械加工困难,并难以退火纠正。

2. 机械化高速造型方法

湿型机械化造型方法可归纳为以下四类;

（1）震压式造型机

这种造型机的价格便宜，安装容易，操作维修比较方便，砂箱的尺寸范围较大。但造型时所花的劳动力较多，生产率较低，每人每小时只能生产20箱左右。一对机械化的造型机在用机械化搬运砂箱时，每小时可生产150箱左右的砂型。由于这种造型机存在噪音大等缺点，已逐步被淘汰。

（2）自动双面模板造型机

这种造型机又叫作水平无箱造型机，60年代首先在美国出现并迅速得到发展。这种造型机的生产率每小时为80~130型，成本较低，适应性强，当情况需要时还可以进一步提高机械化程度，是一种既灵活又经济的机械化造型方法。

（3）垂直无箱造型

这是一种较新的造型方法。造型时把型砂吹入挤压室内，模板的一面形成室的垂直壁，室内的砂被其挤压，前箱为铸型的一面，后箱为铸型的另一面。这种造型机操作方便，生产率高，每小时可生产300型以上。但这类造型机需要有专门的工艺装备，以适合垂直分型的浇注系统。为此，它对新工厂、新零件或新添流水线特别适合，它的快换模板装置对于小批量生产是一个极大的鼓舞。由于砂箱的成本高，因而使无箱造型日益广泛应用。

（4）水平固定砂箱造型

水平高压有箱造型由于它与自动化的搬运系统一起使用，所以一直广泛用于大批量生产大中型铸件。开始主要用于汽车制造厂，近年来已在各种小批生产的铸造车间应用。

3. 水玻璃铸型

采用CO₂法水玻璃砂造型，只要正确地实行吹气工艺，铸型的硬度就很高，可获得致密的铸件，而且铸件的尺寸精度一般是良好的。和其他的造型方法一样，要获得尺寸精度高的铸件，则必须有高质量的模样。CO₂法水玻璃型一般也需要涂料。涂料必须使用得当，浓度适合，所用的液体载体必须在浇注前烘干。在这些条件下，可获得表面光洁度较高的铸件。但这一工艺如用于薄壁的砂芯，就很难获得满意的结果，因为会产生严重的粘砂。和其他铸型一样，采用加工不良的工艺装备时，飞边可能成为很不经济的因素，CO₂法水玻璃型的冷却速度比其他方法稍微快些，但不致使铸铁件产生白口。

水玻璃粘结剂与有机粘结剂铸型的不同之处是，无论在造型、浇注，还是在落砂清理阶段，均不会产生有害气体或难闻味道，降低了车间的通风和废气净化的费用，减少对工人健康的损害。在水玻璃粘结剂中加入有机酯硬化物，可在很大程度上改善水玻璃砂的溃散性。与其他型砂相比，水玻璃砂的最大优点是无毒无味，成本低。假设1吨水玻璃砂的成本为100%，呋喃树脂砂则为200%。

4. 合成树脂砂型

由于壳芯法树脂砂和热芯盒法树脂砂需加热硬化，需有结构复杂的壳芯机和造型机，成本高。因此，加热硬化的树脂砂难以推广应用，而冷硬树脂砂将会得到进一步的发展。自硬树脂砂型具有较高的强度及刚度，但有时可能是虚假的，即铸型内部没有硬化或硬化不够。制造致密的铸件，要求铸型要有足够的硬化深度，如果采用固化不透的铸型，在浇注过程中可能引起铸件肿大，影响了铸件的尺寸精度。自硬型的强度与铸型的硬化时间、硬化温度、固化剂的种类及加入量等因素有关，应严格控制。对于采用酸催化的树脂砂铸型，毛刺可能成为一个严重的问题，尤其是采用对甲苯磺酸作催化剂的型砂，制成的铸型用来浇注含

磷量低的灰口铸铁时，更应注意这一问题。

冷硬树脂砂的合理应用范围应该是单件生产的大型铸件，形状复杂的薄壁铸件（如泵件、发动机件），尺寸稳定、精度要求高的铸件，采用单一型砂生产各种合金铸件的小型铸造车间，资金有限及能源紧张的铸造车间，熟练的技术力量来源不能保证的铸造车间，难以实现铸造工艺过程机械化和自动化的中小型铸造车间。

近几年来，采用气体胺固化的酚脲烷系树脂和二氧化硫气体硬化的呋喃和酚醛树脂的造型及制芯方法迅速发展。这两种方法只要保证正确的固化过程，铸件的质量将是良好的。虽然这种型砂的流动性良好，但是，造型时必须紧实，否则得不到坚硬的铸型。在一般的情况下，铸件的尺寸精度是良好的。然而，脲烷树脂砂型容易使铸件产生严重的飞边缺陷，这是由于射砂制芯的密度高和在浇注时产生的热强度的缘故。采用脲烷树脂砂型和砂芯铸件容易产生气孔缺陷。但只要使粘结剂中的溶剂有足够的时间全部挥发，那么产生飞边缺陷就能大为减少。铸型在脱模后应存放一段时间，使溶剂全部挥发再合型。因此，在制定工艺时应计入这段时间。

与油砂、CO₂水玻璃砂和冷硬树脂砂相比，采用SO₂硬化的树脂砂具有更高的尺寸精度，更好的工艺性能（特别是充填性能），很好的溃散性，并且可使用的时间长，成本适宜，原材料及设备来源充足，劳动卫生条件良好，减少浇注和冷却铸型工段的排烟排气量，减少铸件废品率，降低能源和劳动费用消耗，具有良好的发展前景。

5. 用物理方法成型

真空密封造型（又称V法造型）的推广应用是铸造工艺上的一个大进步，与湿砂型相比，可节省造型费用16%，减少能源消耗40%，减少铸件清理工时20~25%。提高了铸件质量，减少粘结剂的消耗，改善车间劳动卫生，主要用来生产薄壁铸件。

将制造好的铸型放在冷冻室里用冷冻剂喷洒铸型，冷冻后合箱、浇注，几分钟后便可落砂，十几分钟后型砂就可回用，这种冷冻造型法，大大改善了劳动卫生条件，在英国已用来生产中小型铸铁件。

第二节 真空密封造型法

一、真空密封造型的实质、特点及发展

真空密封造型简称为真空造型，又称真空薄膜造型法、减压造型法和V法造型，1971年由日本人发明，在1974年的国际铸造学会上首次发表，引起铸造工作者极大的兴趣。真空密封造型是一种全新的物理造型方法，它的基本原理是在特制的砂箱内，填入无水无粘结剂的干石英砂，用塑料薄膜将砂箱密封后抽成真空，借助铸型内外的压力差使型砂紧实和成型。其工艺过程如图1-1所示，主要工艺程序如下：

- （1）根据铸件的结构特点，制造带有抽气箱和抽气孔的模板以及特殊结构的砂箱。
- （2）将经烘烤呈塑性状态的塑料薄膜覆盖在模板上，开动真空泵抽成真空，使塑料薄膜紧贴附在模板上并让其成型，如图1-1（a）所示。
- （3）将带有过滤抽气管的特制砂箱放在已覆盖塑料薄膜的模板上。
- （4）往砂箱里填入没有粘结剂及附加物的干石英砂，并微震紧实、刮平。

(5) 在砂型上面安放密封塑料薄膜, 打开抽气阀门抽去型砂中的空气, 使铸型内外存在300~400毫米水银柱的压力差。在压力差的作用下, 铸型具有较高的硬度, 型砂硬度计的读数可达95左右。如图1-1 (b) 所示。

(6) 去除模板内的真空, 使它与大气相通, 这样原来覆盖在模板上的塑料薄膜就均匀地贴附在砂型表面上, 然后起模, 但铸型内要继续抽真空, 直到铸件全部凝固为止。

(7) 依照上述方法制造另一半型。

(8) 下芯、合箱、浇注。在浇注过程中塑料薄膜逐渐消失, 但铸型仍能保持原状而不溃散。如图1-1 (c) 所示。

(9) 待金属全部凝固后, 停止对铸型抽真空, 使铸型内的压力逐渐与铸型外的压力相近, 铸型就自行溃散, 可方便地取出铸件, 如图1-1 (d) 所示。

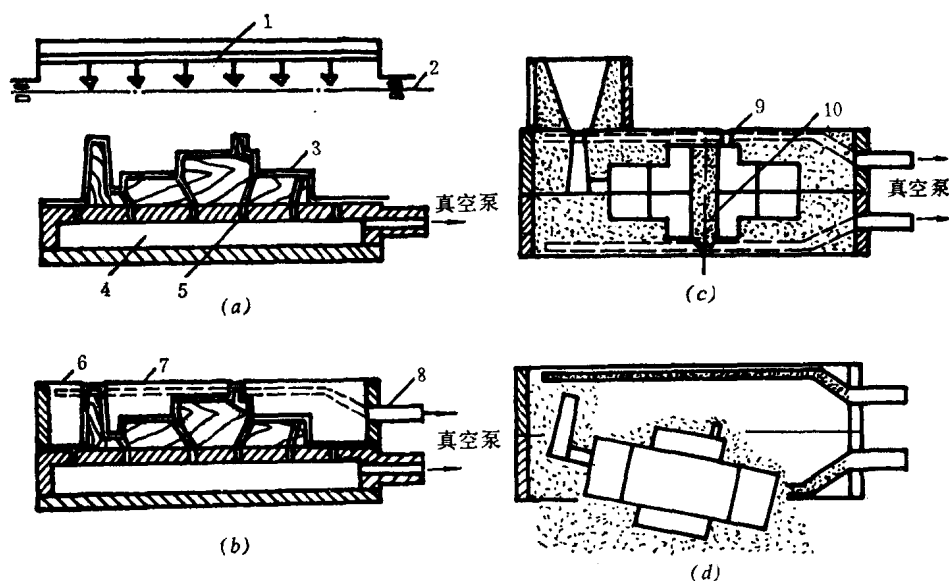


图 1-1 真空密封造型工艺过程示意图

(a) 覆膜成型; (b) 填砂、抽真空紧实; (c) 下芯、合箱、浇注;

(d) 去除真空, 落砂、取铸件

1—发热元件; 2—塑料薄膜在烘烤位置; 3—塑料薄膜在覆盖成型; 4—抽气箱; 5—抽气孔; 6—砂箱; 7—密封塑料薄膜; 8—过滤抽气管; 9—通气道; 10—砂芯

与其他的造型方法比较, 这种方法具有以下的特点:

(1) 铸件的尺寸精度和表面光洁度较高。由于型砂与模样之间有一层塑料薄膜, 模样的拔模斜度小, 起模时不必敲击模样就能方便地取出。所用的型砂颗粒细, 铸型的硬度高且均匀。因此, 铸件的表面较光洁, 轮廓清晰, 尺寸精度较高, 毛刺少。

(2) 型砂中可不必加粘结剂、水分及附加物。简化了型砂处理工作, 铸件的落砂清理方便。旧砂只要过筛去除杂质、冷却后去除细粉即可回用。型砂的损耗少, 回用率可达95%以上。造型时基本上不必捣砂, 只要适当微震即可满足要求。一般说来, 这种造型方法所用的设备比抛砂造型设备便宜30%左右, 设备所需的动力约为湿型设备的60%, 劳动力可减少