

机械制造基础

(成形工艺)

余镇华 等编

北京理工大学出版社

机械制造基础

(成形工艺)

余镇华 等 编

北京理工大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍机械制造成形工艺的基础知识,分为铸造、金属压力加工、焊接、金属材料性质等四篇。

本书在内容和体系上有所更新。主要内容是以进行机械零件设计所必需的成形工艺基本知识为重点,加强了基本理论的阐述,以加深对成形工艺的理解;加强了结构工艺性方面的知识,以提高进行机械零件设计的工艺水平;加强了新工艺、新技术的介绍,以开阔技术眼界。

本书适用于高等工科院校机械类各专业,学时数为36~48学时,也适用于电视大学、业余大学和函授大学机械类各专业,並可供有关工程技术人员参考。

机 械 制 造 基 础

(成形工艺)

余镇华 等编

•

北京理工大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

通县向阳印刷厂印刷

•

787×1092毫米 16开本 15.75印张 370千字

1986年12月第一版 1991年7月第二次印刷

ISBN7-81013-404-3/TH·42

印数: 10501—16500

定价: 5.90元

前 言

《机械制造基础》是研究机械零件制造方法的综合性技术学科。是高等工科院校机械类专业必修的一门技术基础课。它主要研究制造机械零件的各种主要加工方法的实质、基本工艺理论、工艺过程、工艺特点；常用设备和工具的简要工作原理、零件的结构工艺性等。使学生初步具备合理选择毛坯、加工方法和考虑零件结构工艺性的能力，为今后从事机械设计和制造工作奠定必要的工艺基础。

《机械制造基础》由成形工艺和切削加工两部分组成，本书是成形工艺部分。

机械零件一般是先经铸造、金属压力加工或焊接等成形方法获得毛坯，再经切削加工而得到。多数零件还要经过热处理以改善其某些性能。毛坯质量的好坏，直接影响着机械设备的质量、使用性能、寿命和成本。因此，成形工艺在机械制造中占有非常重要的地位。

随着科学技术的进步和工业生产的飞速发展，新工艺、新技术的不断涌现，为机械制造提供高质量的毛坯已成为可能，如少、无切屑新工艺的应用，正在改变着某些传统产品的面貌。毛坯精化，对节约金属，节约能源，减少切削加工工作量和降低产品成本都具有重大的意义。

科学技术的进步，导致学科之间的相互渗透，不仅可把其它学科的成果直接用于成形工艺，也表现在各种工艺方法的复合应用上，这些都可以把毛坯的生产提高到一个新的水平。

本书是以1980年教育部审定的《金属工艺学教学大纲》为基础编写的。

本课程是在教学实习的基础上讲授的，在内容上，与实习教材作了必要的分工与配合，并注意到了它们之间的衔接。在内容编排和文字叙述上，尽量做到便于自学。

本书共分四篇，第一篇铸造，由余镇华同志编写；第二篇金属压力加工，由孙玉良同志编写；第三篇焊接，由宋国永同志编写；第四篇金属材料性质，由朱铁保同志编写。全书由余镇华同志主编。朱铁保同志主审。

本书包括以下基本内容：

一、铸造 主要介绍铸造的基本知识和各种常用的铸造方法，用铸造的基本理论对铸造工艺问题作较深入的分析；加强了铸件的结构工艺性的论述和铸造新工艺、新技术的介绍。

二、金属压力加工 主要介绍金属压力加工的基本理论和各种锻压方法，加强了锻件结构工艺性的论述；简要介绍了毛坯精化、高能成形和超塑性等有关问题。

三、焊接 以普通手工电弧焊为重点，介绍了焊接的基本知识和常用的焊接方法；用《金属材料学》等有关知识，论述了金属材料的焊接性问题，并简单介绍焊接新方法。

四、金属材料性质 简要介绍了金属材料的性能、金属及合金的晶体结构及结晶过程、铁碳合金状态图以及钢的热处理概念。如果《金属材料学》《材料力学》安排在本课之前或并进，这部分内容可以不讲，故列为第四篇。否则，应在第一篇之前讲授。

限于编者水平，书中难免存在缺点和错误，诚恳地希望读者批评指正。

编者

1986年1月

目 录

第一篇 铸 造

概述.....	(1)
第一章 砂型铸造.....	(2)
§ 1-1 造型材料	(2)
§ 1-2 模型和型芯盒	(4)
§ 1-3 造型	(4)
§ 1-4 制芯	(8)
§ 1-5 铸铁熔炼	(10)
§ 1-6 浇注和铸件缺陷的分析	(12)
第二章 合金的铸造性能.....	(14)
§ 2-1 合金的流动性	(14)
§ 2-2 合金的收缩	(17)
§ 2-3 铸造应力、变形和冷裂	(23)
§ 2-4 偏析和吸气倾向	(25)
第三章 常用合金铸件的制造.....	(28)
§ 3-1 铸铁件的制造	(28)
§ 3-2 铸钢件的制造	(36)
§ 3-3 有色合金铸件的制造	(39)
第四章 铸件设计的工艺性.....	(46)
§ 4-1 铸造工艺设计	(46)
§ 4-2 铸件的结构工艺性	(52)
第五章 特种铸造.....	(66)
§ 5-1 熔模铸造	(66)
§ 5-2 金属型铸造	(70)
§ 5-3 压力铸造	(72)
§ 5-4 其它特种铸造方法	(77)
§ 5-5 各种铸造方法的比较	(80)

第二篇 金属压力加工

概述.....	(82)
第一章 金属的塑性变形.....	(84)
§ 1-1 金属塑性变形的实质	(84)
§ 1-2 金属的冷变形	(86)
§ 1-3 金属的热变形	(88)

§ 1-4 金属的可锻性	(91)
§ 1-5 金属的超塑性	(94)
第二章 自由锻造	(96)
§ 2-1 自由锻造的实质、特点和应用	(96)
§ 2-2 自由锻造的主要设备	(96)
§ 2-3 自由锻造的基本工序及其选择	(97)
§ 2-4 自由锻造零件结构设计工艺原则	(99)
§ 2-5 高合金钢和有色合金的锻造	(101)
§ 2-6 胎模锻造	(104)
第三章 模型锻造	(106)
§ 3-1 锤上模锻	(106)
§ 3-2 其它设备上的模锻特点	(117)
§ 3-3 模型锻造的特点和应用	(122)
§ 3-4 锻造方法的选择	(122)
第四章 板料冲压	(125)
§ 4-1 冲压设备	(125)
§ 4-2 板料冲压的基本工序	(126)
§ 4-3 冲压工艺方案举例	(134)
§ 4-4 其它冲压方法	(136)
§ 4-5 冲模	(138)
§ 4-6 板料冲压的特点	(140)
§ 4-7 冲压件设计工艺原则	(141)
第五章 零件的挤压、轧制和拔制	(143)
§ 5-1 零件的挤压	(143)
§ 5-2 零件的轧制	(144)
§ 5-3 零件的拔制	(147)

第三篇 焊 接

概述	(148)
第一章 电弧焊	(150)
§ 1-1 手工电弧焊	(150)
§ 1-2 埋弧自动焊	(156)
§ 1-3 气体保护电弧焊	(160)
第二章 气焊与氧气切割	(165)
§ 2-1 气焊	(165)
§ 2-2 氧气切割	(168)
第三章 电阻焊与钎焊	(171)

§ 3-1 电阻焊	(171)
§ 3-2 钎焊	(175)
第四章 其它焊接方法	(177)
§ 4-1 真空电子束焊	(177)
§ 4-2 等离子弧焊接及切割	(178)
§ 4-3 激光焊接	(179)
§ 4-4 超声波焊接	(180)
第五章 常用金属材料的焊接	(182)
§ 5-1 金属材料的焊接性	(182)
§ 5-2 钢的焊接	(184)
§ 5-3 铸铁的补焊	(187)
§ 5-4 铜及其合金的焊接	(188)
§ 5-5 铝及其合金的焊接	(189)
§ 5-6 钛及其合金的焊接	(191)
第六章 焊接结构设计	(193)
§ 6-1 焊接过程本身带来的问题	(193)
§ 6-2 焊接接头设计	(198)
§ 6-3 焊接结构设计工艺性原则	(201)
第七章 焊接质量的检验	(204)

第四篇 金属材料性质

第一章 金属及合金的主要性能	(207)
§ 1-1 金属及合金的机械性能	(207)
§ 1-2 金属及合金的物理、化学和工艺性能	(212)
第二章 金属的晶体结构及结晶过程	(214)
§ 2-1 金属的晶体结构	(214)
§ 2-2 合金的晶体结构	(215)
§ 2-3 金属的结晶过程	(218)
§ 2-4 合金的结晶过程——状态图	(220)
第三章 铁碳合金状态图及碳钢	(222)
§ 3-1 铁碳合金状态图	(222)
§ 3-2 碳钢	(232)
第四章 钢的热处理	(234)
§ 4-1 钢在加热和冷却时的组织转变	(234)
§ 4-2 钢的退火与正火	(239)
§ 4-3 钢的淬火与回火	(240)
§ 4-4 钢的表面热处理	(242)

第一篇 铸 造

概 述

将熔炼好的金属浇注到与零件形状相适应的铸型空腔中，冷却凝固后，获得铸件的方法称为铸造。大多数铸件还需经过机械加工才能使用，故铸件属于毛坯。

铸造方法种类很多，按照铸型特点，可分为砂型铸造和特种铸造两大类。砂型铸造是最基本的铸造方法，应用最为普遍，当前用砂型铸造生产的铸件约占铸件总产量的80%以上。除砂型铸造以外的铸造方法统称特种铸造，如熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造和磁型铸造等。各种铸造方法，都有它的特点和一定的适用范围。统计资料表明，特种铸件的产量有日益增长的趋势，大力采用和推广特种铸造，是当前国内外铸造生产发展的动向。

在机械设备中，铸件一般占机器总重的百分比很大。如在机床、内燃机、重型机械中，铸件重量占整机总重的70~90%，拖拉机占50~70%，汽车占20~30%。在国民经济各部门中，也普遍采用各类铸件，国防工业也不例外。

铸件在机械产品中得到如此广泛的应用，主要是铸造方法具有以下优点：

1. 用铸造方法可以生产出形状十分复杂，特别是具有复杂内腔的毛坯，如内燃机汽缸体、汽缸盖、机床床身、涡轮叶片、增压器叶轮等。

2. 铸造的适应性广。工业中常用的金属材料，都可用铸造方法成形。有些金属，如应用极为广泛的铸铁，只能用铸造方法来制造毛坯。铸件的重量、尺寸受限制较小，可生产重型铸件。

3. 铸件的形状、尺寸和零件十分接近，可节约金属和机械加工工作量。

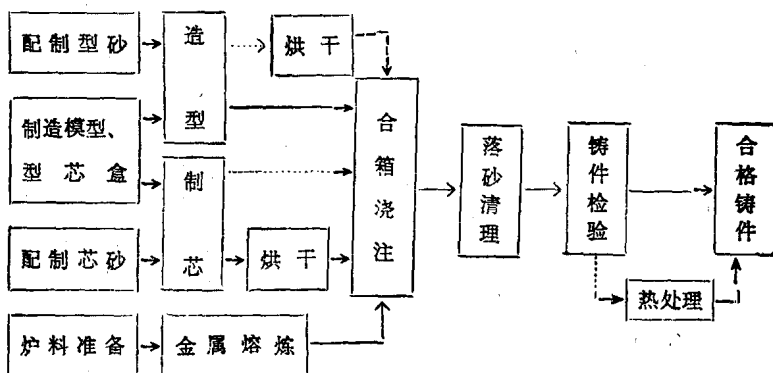
4. 铸件成本较低。因为铸造原材料来源广泛，价格低廉；还可直接利用废旧金属材料重熔；一般不需要价格昂贵的设备。

当然，铸造方法还存在一些问题，如铸件的机械性能低于用同样金属材料制成的锻件；铸造生产工序多，影响铸件质量的因素比较复杂，某些工艺过程还难以精确控制，容易产生铸造缺陷；工人的劳动条件差等。随着现代铸造技术的进步，这些问题将会逐步得到解决。

第一章 砂型铸造

砂型铸造是将熔炼好的金属浇注到砂型中，冷却凝固后获得铸件的生产方法。

砂型铸造的工艺过程如下：



铸造生产以造型、制芯和金属的熔炼作业为中心。铸件的形状、尺寸取决于造型、制芯，而铸件的化学成分则取决于熔炼。要得到合格的铸件，就要在各主要工序中排除产生各类铸件缺陷的因素。实行全面质量管理，对保证铸件质量有重大意义。

§ 1-1 造型材料

造型材料主要分为型砂和芯砂两大类，它们是由原砂、粘结剂、水和辅助材料配制而成。造型材料的好坏，直接影响着铸件的质量、劳动生产率和铸件成本。由于造型材料质量低劣而导致铸件报废的，约占铸件废品率的50%左右，故应给予足够的重视。

一、型（芯）砂应具备的性能

为确保铸件质量，要求型（芯）砂在造型和制芯过程中有良好的使用性能，在浇注过程中，又要经得起高温金属液的冲刷、烘烤和外力的作用。因此，型（芯）砂应具备下列性能：

（一）良好的成型性

良好的成型性即良好的流动性、紧实性、可塑性和不粘模性。这对适应现代化的高效率生产，并获得轮廓清晰、表面光洁、尺寸准确的铸件是必不可少的。

（二）足够的强度

型（芯）砂的强度包括湿态、干态和高温强度，使铸型和型芯在制造、下芯、合箱、搬运和浇注时不致损坏，以防止铸件产生砂眼等缺陷。

（三）良好的退让性和出砂性

退让性不好，铸件会因收缩受阻而产生裂纹；出砂性不好，会给落砂和清理带来困难，

这对芯砂尤为重要。

(四) 良好的透气性和低的发气能力

在高温金属液的作用下，型(芯)砂中的水分和挥发物的气化会产生大量气体，型腔和砂粒间的气体，也因受热膨胀而产生较高的压力。气体一旦侵入金属液，会使铸件形成气孔。为减少气体的产生和使气体顺利地排出，要求型(芯)砂的发气能力低和透气性良好。

(五) 高的耐火性

型(芯)砂耐火性低，砂粒可能被高温金属液熔化，致使铸件产生粘砂缺陷。

总之，要求型(芯)砂具有良好的成型性、透气性和退让性，足够的强度和高的耐火性。

上述性能，由造型原材料的质量，合理的配方，良好地混制和正确地使用来保证。

二、型(芯)砂的分类

按使用的粘结剂不同，型(芯)砂有下列几类：

(一) 粘土砂

粘土砂由原砂、粘土、水和辅助材料(煤粉、木屑等)组成。其特点是适应性强，回用性好，价廉。广泛用于造型，也可用于制造形状简单的大、中型型芯。

(二) 水玻璃砂、流态自硬砂和自硬砂

1. 水玻璃砂 水玻璃砂是用水玻璃为粘结剂配制成的型砂。造好铸型和型芯后，吹入 CO_2 气体即可迅速硬化，多用于铸钢件生产。

2. 流态自硬砂 流态自硬砂是在水玻璃砂中加入硬化剂和发泡剂配制而成。它具有好的流动能力和在短时间内自行硬化的特点。造型和制芯时，可不加外力紧实，不需烘干而自行硬化。

3. 自硬砂 自硬砂种类很多，加入无机粘结剂的有水玻璃自硬砂和水泥自硬砂；加入有机粘结剂的有树脂自硬砂。水玻璃自硬砂是在水玻璃砂中加入硬化剂而成。常用的硬化剂有炉渣、硅铁粉和赤泥($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)等。

(三) 油砂、合脂砂和树脂砂

1. 油砂和合脂砂 发动机气缸体、气缸盖、排气管等，由于内腔形状复杂，要求很高，又不易清砂，长期以来，都用植物油(亚麻仁油、桐油等)配制的油砂来制作型芯。油砂的特点是：烘干时，包覆在砂粒表面的油膜被氧化，将砂粒牢固地连结在一起，使油砂芯获得高强度，烘干后又不易吸潮。浇注后，油膜被烧毁，从而使油砂芯具有良好的退让性和出砂性。油砂性能虽好，但油料来源少，价格昂贵，因此，常用“合脂”来代替。用“合脂”为粘结剂配制的型(芯)砂称合脂砂。“合脂”是制皂的副产品，性能与植物油相近，且来源丰富，价格便宜，故应用较广。

2. 树脂砂 用树脂为粘结剂配制的型(芯)砂称为树脂砂。树脂砂包括热芯盒砂、冷芯盒砂和壳芯砂。热芯盒砂使用的粘结剂是液态呋喃树脂，芯砂射入热芯盒后，在热的作用下固化。冷芯盒砂使用的粘结剂是热固性树脂，芯砂射入冷芯盒后，在催化剂的作用下硬化，该法国外用得较多。壳芯砂使用的粘结剂是酚醛树脂，芯砂射入热芯盒后，在热的作用下，可获得一定厚度的硬化层，将内部尚未硬化的壳芯砂倾出，即可得到中空的薄壳型芯。

树脂砂的特点是：不需烘干，可迅速硬化，故生产率高；型芯强度高、尺寸准确、表面光洁；浇注后，型芯的退让性和出砂性都好；便于实现机械化和自动化生产，是良好的新型制芯用砂。

§ 1-2 模型和型芯盒

模型和型芯盒都是铸造用的工艺装备，对保证铸件质量、提高生产率和改善劳动条件都有重要意义。

模型用于造型，其形状相当于铸件的外部形状。型芯盒用于制芯，其形状相当于铸件的内部形状。

一、模型和型芯盒的材料

制作模型和型芯盒的材料有木材，金属和合成树脂等。木材多用于制作单件、小批生产手工造型用的模型和一般型芯盒。金属（铝合金、铸铁和钢）多用于制作成批或大量生产、机器造型用的模型和热芯盒。合成树脂与金属相比，具有重量轻、加工容易、制作时间短和加工费用低等优点，所以已开始大量采用，其中以单体环氧树脂应用最广。而实型铸造则采用聚苯乙烯泡沫塑料作为模型材料。

二、模型板的概念

机器造型大量生产小型铸件时，需使用固定有一个或多个模型并带浇注系统模型的金属平板造型，这种带有模型的金属平板称为模型板。模型板可以是整铸的，也可以是装配的。单面有模型的称单面模型板，双面都有模型的称双面模型板。图 1-1 为整铸的双面模型板。

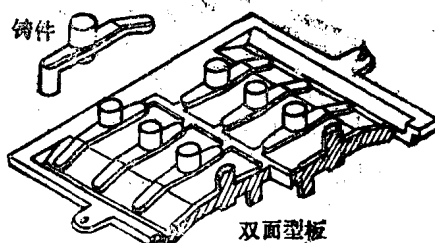


图 1-1 整铸的双面模型板和铸件

§ 1-3 造 型

造型包括填砂、紧实和起模等基本工序。造型方法可分为手工造型和机器造型两大类。

一、手工造型

手工造型方法多种多样，操作灵活，适应性广，所用造型工具及工艺装备简单，生产准备时间短，造型质量一般能满足工艺要求；但生产率低，工人劳动强度大，铸件质量差。因此，手工造型主要用于单件、小批生产。

手工造型按砂箱特征分类，有两箱造型，三箱造型和地坑造型等。按模型特征分类，有整体模造型、分开模造型、挖砂造型、假箱造型、活块模造型和刮板造型等。各种造型方法都有它的特点和适用范围，教学实习中都已学过，这里不再赘述。现将教学实习中不易碰到的几种手工造型方法简述如下：

(一) 脱箱造型

脱箱造型一般采用双面模型板和带锥度的特制砂箱造型。用一套砂箱可连续造型，故多用于成批小型铸件的生产。为防止胀箱，浇注前要在铸型上加套箱。脱箱造型的工艺流程如图 1-2。

将上、下箱及模型板组装在一起，先做下型，如图中(1)所示；做好下型后，整体翻转180°再做上型，如图中(2)所示；提起上箱，取下模型板，完成起模；上、下型合箱，如图中(3)所示；脱去上、下箱并套上套箱，等候浇注，如图中(4)所示。

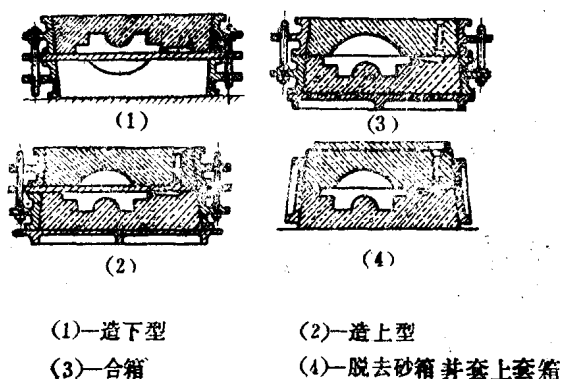


图 1-2 脱箱造型的工艺流程

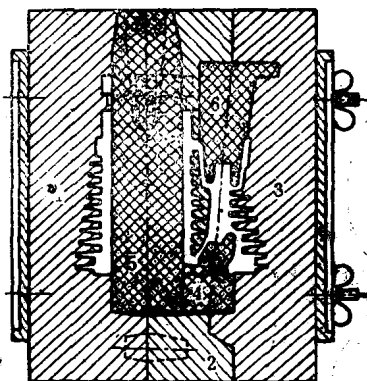


图 1-3 发动机气缸体的组芯造型

(二) 组芯造型

铸件外形复杂，很难找出合适的分型面，常用多个型芯块组合成铸型，因此称为组芯造型。这种方法适用于成批生产。图 1-3 为风冷式发动机气缸体的组芯造型。

二、机器造型

机器造型就是将手工造型中的填砂、紧实和起模等主要工序由造型机来完成。造型机常用压缩空气，液压或电力作为动力。先进的造型机可使整个造型过程自动进行。

机器造型可大大提高劳动生产率，提高铸件精度和表面质量，改善劳动条件。机器造型需要使用专用的工艺装备，故投资大，但在大量生产的条件下，仍能显著降低铸件成本。所以，机器造型是现代化铸造车间生产的基本方式。

按型砂紧实方法的不同，可将造型机分为下列几种类型：

(一) 震压式造型

是压实和震击两种造型方法的结合。压实造型的特点是，型砂在承压面上的紧实度较高，但随砂箱高度的增加紧实度降低；震击造型的特点是，与模型或工作台台面接触的型砂紧实度较高。铸型的紧砂要求是，砂箱内各处型砂的紧实度应比较均匀。震压式造型不仅可满足此项要求，而且能量消耗少，紧实效率高，是生产中、小型铸件的主要造型方法。新型震压式造型机的工作原理如图 1-4 所示，它与普通震压式造型机不同之处在于，将挤压机构中的整块压实

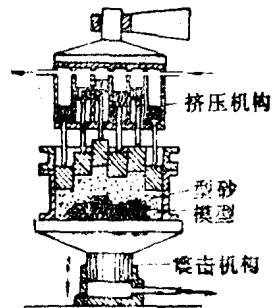


图 1-4 震压式造型机工作原理

头分成多个小压实头,每个小压实头,单独用活塞驱动,各小油缸的上方互相联通,因此,各小压实头的紧实力相等,而不受模型形状的影响,这样,砂箱内各处型砂的紧实度就更为均匀。

(二) 气动微震造型

普通震压式造型,由于工作台自由落下撞击在震铁上,噪音高,震动大。为克服此缺点,在震击气缸下加一弹簧,使工作台和震击气缸在空间相遇而发生震击,称气动微震造型。其特点是震击高度小,震击频率高,噪音低,震动小。气动微震造型机的工作原理如图1-5所示。

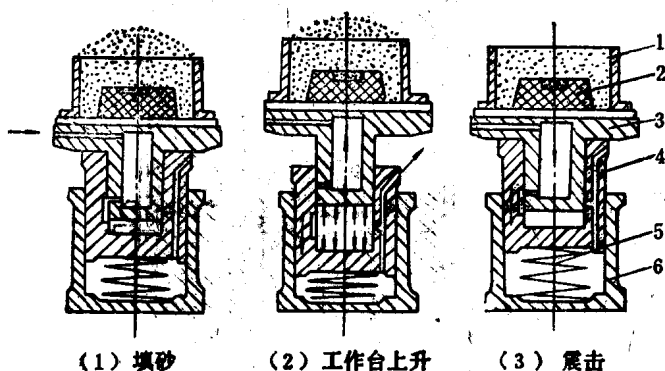


图 1-5 气动微震造型机工作原理
1—砂箱; 2—模型板; 3—工作台及微震活塞;
4—微震气缸; 5—弹簧; 6—机座。

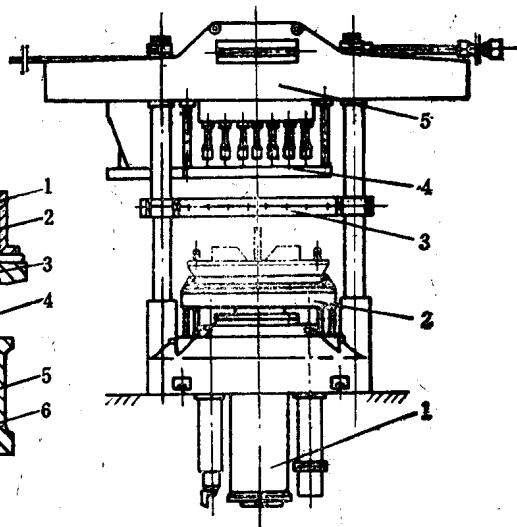


图 1-6 多触头高压造型机工作原理
1—震实机构; 2—工作台; 3—辊道;
4—辅助框; 5—加砂机构。

造型机大都装有起模机构。常用的起模方法有:顶箱起模、漏模起模和翻转起模。不论用那种方法起模,起模方向均为垂直上下,选用机器造型时,必须注意到此点。

(三) 高压造型

将压实比压由一般造型的0.15~0.4兆帕提高到0.7~2.0兆帕的机器造型,称为高压造型。

高压造型是国外重点发展的一项造型新工艺,是砂型铸造自动化方向之一。使用最多的是多触头高压造型机。新型的高压造型机,在压实的同时伴有震击,以便能更有效地紧实型砂,从而大大提高了造型速度。当前,每小时造型可达180~240箱。

多触头高压造型机的工作原理如图1-6所示:装有模型板的工作台2上升,将砂箱从辊道3上托起,并使它紧贴在辅助框4下,加砂机构5移到砂箱上方进行填砂。震实机构1在加砂机构5复位后开始微震,同时,液压驱动各小触头下压,边震边压,将型砂紧实,工作台2复位从而实现起模。

高压造型的主要优点是:型砂紧实度高而均匀,可避免由液态合金引起的胀砂,从而提高了铸件尺寸精度和降低了表面粗糙度;生产率高;工作时无噪音等。

(四) 抛砂造型

利用抛砂机头中高速旋转的叶轮,将型砂高速抛入砂箱的造型方法称抛砂造型。抛砂机

的工作原理见图1-7。

抛砂机既可造型，又可制芯。砂箱和型芯盒尺寸可在较大范围内变动，故抛砂造型工作灵活，适应性广；生产率为手工造型的3~10倍；型砂紧实度均匀；调整抛砂头的转速，还可改变型砂的紧实度。抛砂造型多用于单件、小批生产的大、中型铸型和砂芯的制造。

(五) 射压造型

射砂并补充压实的造型方法称为射压造型。过去多用于制芯，现在也用于造型。射压造型机可分为普通射压造型机和无箱自动射压造型机两类。普通射压造型机使用砂箱制造水平分型的铸型，它由两台造型机分别制出上、下型后合箱。无箱自动射压造型机比较先进，可自动射砂、压实，起模和运送砂型，故应用较广。主要用于垂直分型的无箱砂型的制造。

图1-8是无箱自动射压造型机的工作原理图。首先装有模型板5、9的压实板6和反压板8在射砂筒1下构成型腔。打开阀门，贮气罐2

中的压缩空气立即进入射砂筒1，将型砂射入型腔，如图(a)。射砂完毕，压实活塞4推动压实板6和压实模型板5向前移动，将型砂进一步紧实，如图(b)。由型框7带动反压板8和反压模型板9向前平移，移到预定的距离后，反压板8和反压模型板9绕水平轴10旋转90°，从而实现反压模型板9的起模，如图(c)。压实活塞4推动压实板6和压实模型板5继续前进，将造好的砂块推出并与上次造好的砂块合型，合型后再前进一块砂块的距离，如图(d)。压实活塞带动压实板6和压实模型板5退回原位，从而实现压实模型板5的起模，如图(e)。型框7带动反压板8和反压模型板9复位，在射砂

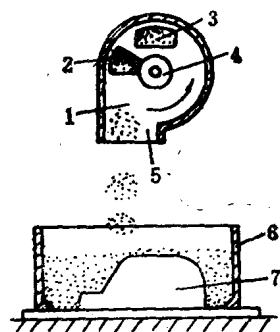


图 1-7 抛砂机工作原理图
1—罩壳；2—叶片；3—进料口；4—旋转轴；5—出料口；6—砂箱；7—模型。

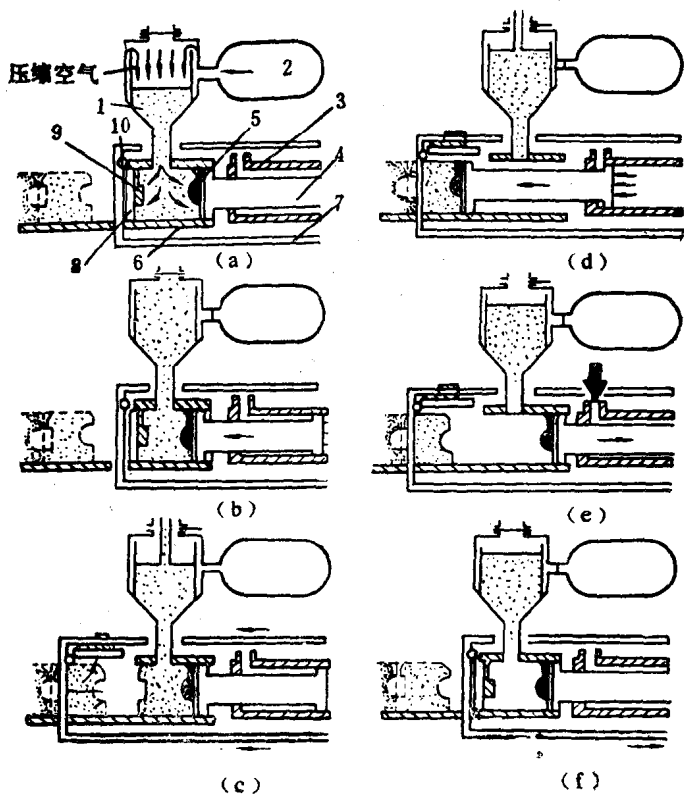


图 1-8 无箱自动射压造型机工作原理图

1—射砂筒；2—贮气罐；3—压实油缸；4—压实活塞；5—压实模型板；6—压实板；7—型框；8—反压板；9—反压模型板；10—水平轴。

筒1下构成型腔并准备下一轮射砂造型,如图(f)。

无箱自动射压造型机上附有浇注平台,造好的砂型依次排列其上,等候浇注。

无箱射压造型的优点是:型砂紧实度高而均匀,铸型质量好;造型可自动进行,生产率高;既不使用砂箱,又节约场地。该法适用于小型铸件的大量生产。

(六) 负压造型

利用真空造成的负压紧实型砂的造型方法称为负压造型,是近年来出现的一种新工艺。

负压造型的工作原理如图1-9所示。

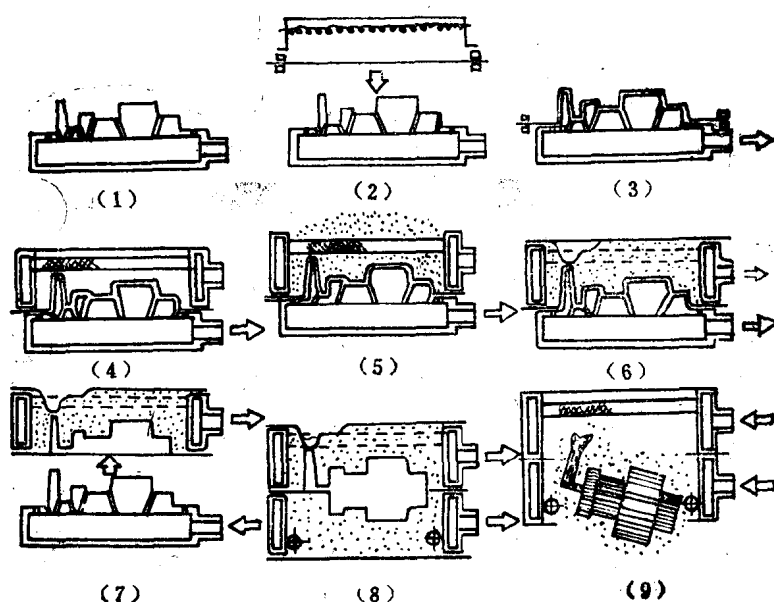


图 1-9 负压造型工作原理图

- (1)一模型板;(2)一将加热的塑料薄膜覆于模型板上;(3)一抽真空,使塑料薄膜吸附在模型板上;
(4)一在模型板上放置砂箱;(5)一填砂;(6)一在砂箱顶面覆盖塑料薄膜,并将砂箱内抽成真空以
紧实型砂;(7)一起模;(8)一合箱、浇注;(9)一落砂,取出铸件。

负压造型所用型砂不含水分、粘结剂和附加材料。利用负压,将特制的塑料薄膜覆盖在模型板上,套上特制的砂箱,填砂后,在砂箱顶面也覆盖上一层塑料薄膜,将砂箱内抽成真空即可使型砂紧实,撤去模型板内的真空以实现起模。上、下箱合箱后的铸型仍保持在负压状态,并在负压状态下浇注,铸件凝固后,撤去真空,铸型自行溃散而获得铸件。

负压造型的优点是:造型过程无震动、无噪音、无粉尘;模型无磨损,铸件质量好;旧砂能全部回用等。

合理选择造型方法,对提高劳动生产率,提高铸件质量,降低铸件成本等都是非常重要的。

§ 1-4 制 芯

型芯用以获得铸件的内腔,有时也用以获得铸件难起模部分的外形。

制芯采用芯砂。制芯方法分手工制芯和机器制芯两类。

一、手工制芯

手工制芯包括芯盒制芯和刮板制芯。制芯时要注意放置芯骨以增加型芯的强度；做通气孔以提高型芯的透气性；刷涂料以提高型芯的耐火度，防止铸件粘砂；烘干可使型芯的强度和透气性增加。手工制芯多用于单件、小批生产。

二、机器制芯

机器制芯在提高劳动生产率，保证型芯质量和采用新型制芯混合料方面，都有很大的优越性。特别是大批量生产形状复杂的型芯，只有采用先进的制芯工艺和设备，才能保证优质高产。

除压实式、震击式、抛砂式造型机都可用于制芯外，还有下列几种高效率的制芯设备和工艺。

(一)吹芯

吹芯是使用吹芯机，借助压缩空气，将芯砂高速吹入芯盒而获得型芯的方法。吹芯机的工作原理如图1-10所示。

吹芯的特点是：生产效率高，型芯紧实度能满足要求；但芯盒磨损快，要求芯砂有较好的流动性和较低的湿强度；吹制复杂型芯时，质量不高，因此，吹芯仅用于一般型芯的制造。

(二)射芯

射芯是用射砂紧实的方法制造型芯。射砂机的工作原理如图1-11所示：射砂阀8开启，贮气罐9内的压缩空气，瞬时通过进气口进入射腔4内，使射砂筒3内的芯砂形成高速砂流，经射砂头5射入热芯盒6内，并将芯砂紧实。打开芯盒即可获得所要的型芯。

射芯生产率很高，可以制造各种形状的复杂型芯。

按照型芯的硬化方法，射芯可分为普通射芯、热芯盒射芯和冷芯盒射芯三种。

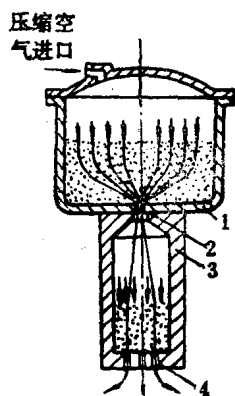


图 1-10 吹芯机工作原理图
1—吹砂筒；2—吹砂孔；3—芯盒；
4—排气孔。

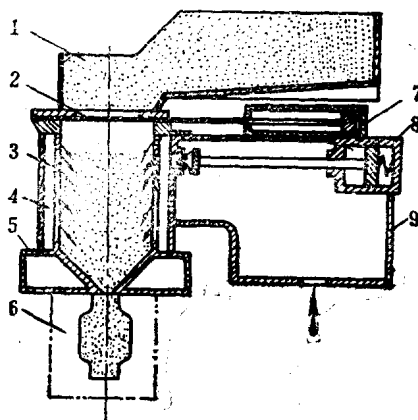


图 1-11 射砂机工作原理图
1—砂斗；2—闸板；3—射砂筒；4—射腔；5—射砂头；
6—热芯盒；7—射砂筒气缸；8—射砂阀；9—贮气罐。

1. 普通射芯 射砂后，型芯在芯盒内不硬化，取出烘干后方能使用。
2. 热芯盒射芯 芯盒由金属制成，用加热装置加热，采用热固性树脂为粘结剂的芯砂制芯。射砂后，芯盒内的型芯，在热的作用下自行硬化，型芯取出后即可使用。
3. 冷芯盒射芯 芯盒用金属制成，采用热固性树脂为粘结剂的芯砂制芯。射砂后，在催化剂的作用下，型芯在芯盒内硬化。冷芯盒射芯的优点是：能源消耗少，生产率高，不污染环境。因此，发展较快。

在射芯法生产型芯方面，国外以冷芯盒为主，国内使用热芯盒较多，两者都用树脂作粘结剂。树脂粉尘和加热后产生的气体，对人体有害，采用时必须注意。

(三)壳芯

用壳芯机将配制好的热塑性树脂砂吹入热芯盒，在热的作用下，靠近芯盒壁处芯砂中的树脂被熔化，将砂粒粘结在一起，形成一定厚度塑性薄壳；将内部尚未受热作用的树脂砂倒出，继续加热塑性薄壳使之硬化，就可得到一个中空的薄壳型芯。

这种方法，也可用于制造薄壳铸型，称为壳型铸造。

和热芯盒制芯相比，壳芯的优点是：芯砂用量少，型芯高温强度好；但粘结剂用量多，芯砂配制工艺复杂，适用于大、中型型芯的大量生产。

(四)挤压制芯

对于尺寸不大，截面形状不变的圆柱形型芯(如履带板销孔型芯)或多角形型芯，采用挤压法制芯十分方便。图1-12是挤压制芯机的工作原理图。配好芯砂，存放在加料槽1中，

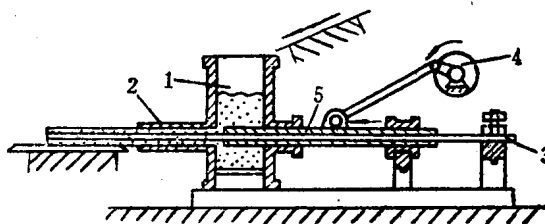


图 1-12 挤压制芯机工作原理图

1—加料槽；2—成形管；3—通气孔杆；4—偏心轮；5—活塞。

靠偏心轮4，推动活塞5作往复运动，由成形管2挤出成型型芯。砂芯中的通气孔，是由通气孔杆3形成的。

§ 1-5 铸 铁 熔 炼

熔炼是铸造生产中主要作业之一，在保证获得高质量铁水的前提下，还要求熔化效率高，原材料消耗少，以及消除环境污染等。

铸铁熔炼可用冲天炉、工频感应电炉、反射炉等，其中使用较多的是冲天炉。一般冲天炉的构造已在实习中了解，现仅就提高冲天炉的熔化效率和铁水质量的措施予以简要介绍。

一、选用新型强化冲天炉

该炉结构如图1-13所示。其特点是：采用曲线炉膛、多排小风口、密筋炉胆，它们都可强化过热带焦炭的燃烧，以节约焦炭和提高铁水温度。