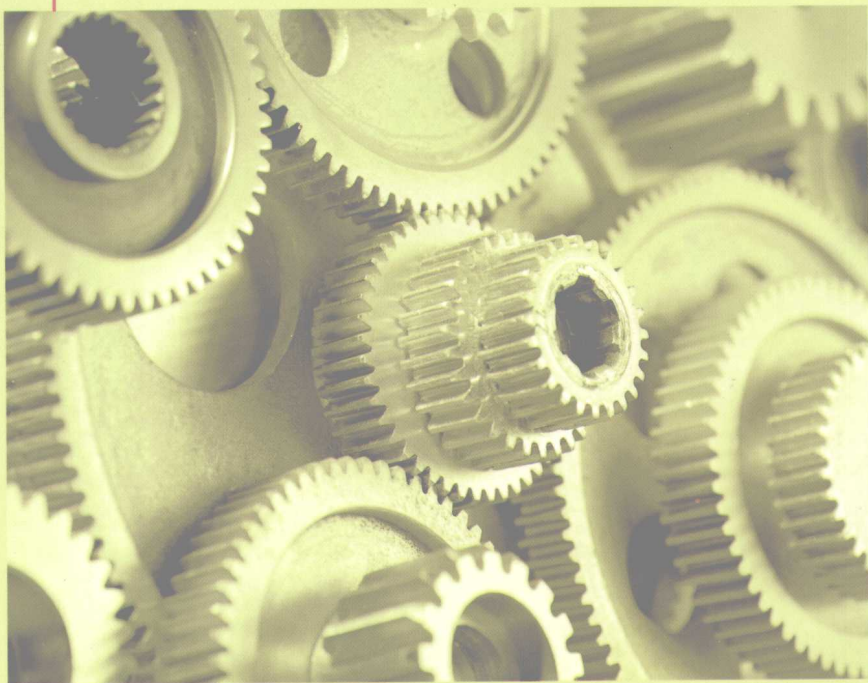


工程训练教程

GONGCHENG XUNLIAN JIAOCHENG

主编 刘天祥
主审 郭占斌



东北林业大学出版社

工 程 训 练 教 程

主编 刘天祥

主审 郭占斌

东北林业大学出版社

前 言

工程训练是一门实践性很强的技术基础课,它为大多数理工类专业的学生提供至关重要的机械制造工程技能训练。作为工科学生,毕业后无论是从事机械设计与制造工作还是从事机械设备的使用与维护工作,只要与机械设备打交道,都需要具备机械方面的基础知识与基本技能。工程训练是机械制造各主要工种基础性、综合性的工程实践课程,是工科各专业的必修课。

工程训练包含讲授、实习、实验三部分完整内涵,是工艺理论与工艺实践高度集成的课程。尤其是“实践”这一必须经历的重要过程,正是我国高等院校学生所普遍欠缺的。

通过工程训练教学过程来实施课程教学目标,那就是学习工艺知识、增强工程实践能力、提高综合素质、培养创新精神和创新能力。这一目标是完全可以实现的。

为了配合工程训练教学发展,适应新形势下工程训练的要求,进一步加强实践教学,提高教学质量,并使学生在学习实践中和生产实践中受到全面的培养,并结合我校实际情况,编写了本部教材。

本书第一章、第二章、第三章由黑龙江八一农垦大学刘天祥编写;第四章由河北邢台职业技术学院刘学明编写;第五章、第八章由黑龙江农业职业技术学院王德成编写;第六章由黑龙江八一农垦大学王明编写;第九章由华中农业大学牛智友编写;第十章、第十一章、附录工程训练报告由黑龙江八一农垦大学郝德刚编写。参加编写的还有黑龙江八一农垦大学韩霞。本书由刘天祥担任主编,郝德刚、王德成、王明担任副主编。全书由刘天祥统稿,黑龙江八一农垦大学郭占斌教授担任主审。

由于时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大师生批评指正,以便我们下次重新编排时修正。

编 者

2007年10月

目 录

第一章 铸 造	1
1.1 概述	1
1.2 砂型的制造	2
1.3 型芯	9
1.4 金属的熔炼	10
1.5 合型、浇注、落砂、清理和铸件的缺陷分析	11
1.6 特种铸造	13
第二章 塑性加工	16
2.1 概述	16
2.2 金属的加热	17
2.3 自由锻	19
2.4 胎模锻	26
2.5 冲压	27
第三章 焊 接	31
3.1 概述	31
3.2 手工电弧焊	32
3.3 气焊	38
3.4 其他焊接方法	44
第四章 钢的热处理	48
4.1 概述	48
4.2 钢的热处理工艺	48
4.3 硬度的测定	50
第五章 钳 工	52
5.1 台虎钳及锉削	52
5.2 锯削、划线及刮削	55
5.3 钻孔、扩孔和铰孔	60
5.4 攻螺纹和套螺纹	64
5.5 装配	66
第六章 车 工	68
6.1 车床的型号及其主要用途	68
6.2 车床的 6 个主要部件	68
6.3 车削加工的切削运动及切削用量三要素	69
6.4 车外圆及车端面	70
6.5 车槽与切断	72
6.6 孔加工	73
6.7 车床常用的夹具和附件及所装夹工件的特点	75

6.8 车螺纹	79
6.9 车锥面、车成形面及滚花	81
6.10 车刀	83
6.11 车床的传动系统	86
6.12 车削加工工艺过程	89
第七章 铣 工	92
7.1 铣削运动及铣削要素	92
7.2 铣床及其主要附件	93
7.3 铣床上可以加工的表面	99
7.4 齿轮齿形的加工	101
第八章 刨 工	105
8.1 刨削加工的运动、切削用量及刨刀	105
8.2 刨床	106
8.3 牛头刨床的加工范围	107
8.4 插床及龙门刨床	110
第九章 磨 工	113
9.1 磨削运动及切削用量	113
9.2 磨床	114
9.3 砂轮	117
第十章 数控加工	119
10.1 数控机床的作用	119
10.2 数控机床的组成	120
10.3 数控机床的坐标系统	122
10.4 数控机床编程	125
第十一章 特种加工	129
11. 1 概述	129
11. 2 电火花及线切割加工	129

第一章 铸 造

1.1 概述

1.1.1 铸造的概念

铸造是熔炼金属、制铸造型并将熔融金属浇入铸型，熔融金属经凝固后获得一定形状和性能的铸件的方法。

铸造生产方法很多，常分为两大类。

1.1.1.1 砂型铸造

砂型铸造是用型砂紧实制成铸型生产铸件的铸造方法。该方法的造型材料来源广泛，价格低廉，且砂型铸造方法适应性强、成本较低。因此，砂型铸造是目前生产中最基本的而且是用得最多的铸造方法，其生产过程如图 1-1 所示。

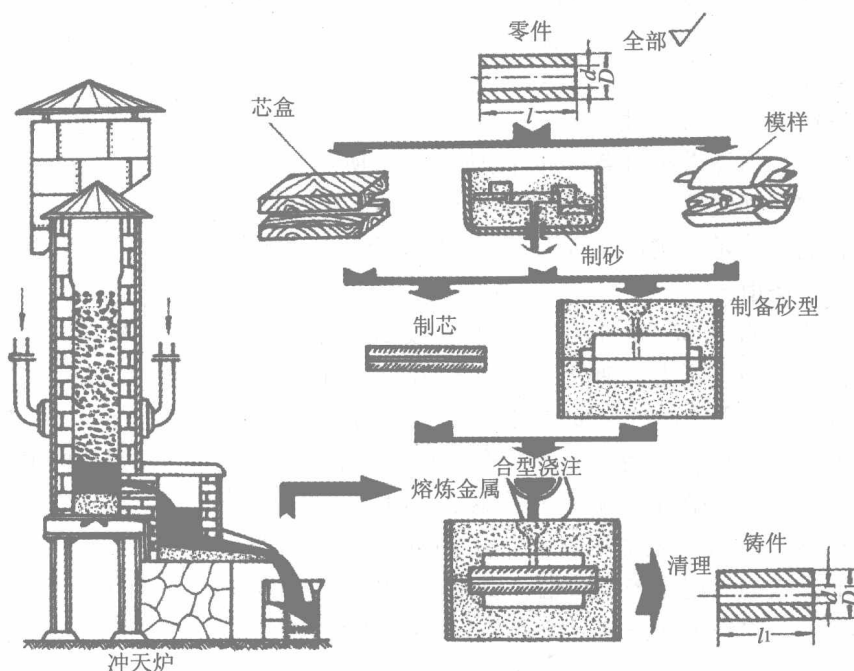


图 1-1 砂型铸造的生产过程

1.1.1.2 特种铸造

特种铸造是除砂型铸造以外的其他铸造方法，如熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造和离心铸造等。

1.1.2 铸型的组成

铸型是用金属或其他耐火材料制成的组合整体，是金属液凝固后形成铸件的地方。砂型铸造的典型铸型由上型、下型、浇注系统、型腔、型芯及出气孔等部分组成，如图1-2所示。

分型面是铸造组元间的结合表面，一般位于模样的最大截面。有了分型面，可使铸型分开，以便取出模样和安放型芯。

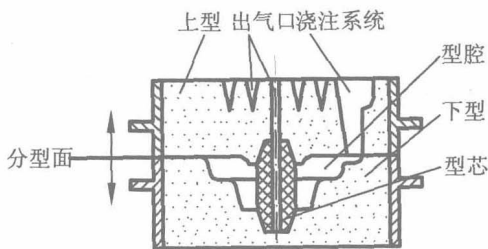


图1-2 铸型的组成

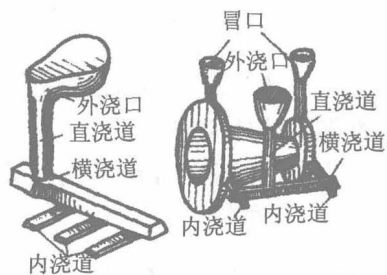


图1-3 浇注系统的组成

型芯用来获得铸件的內孔或局部外形，它是用芯砂或其他材料制成的。

出气孔是为排出型腔中的气体、浇注时产生的气体以及金属液析出的气体等而设置的沟槽或孔道。

浇注系统是为了将熔融金属填充入型腔而开设于铸型中的一系列通道，通常由浇口盆、直浇道、横浇道和内浇道组成，如图1-3所示。

(1)浇口盆（外浇口）。浇口盆单独制造或直接在铸型中形成，成为直浇道顶部的扩大部分。它的作用是承接从浇包倒出来的熔融金属，减轻液流的冲击，并使熔融金属平稳地流入直浇道。

(2)直浇道。直浇道是浇注系统中的垂直通道，通常带有一定的锥度。利用直浇道的高度产生一定的静压力，使金属产生充型压力。直浇道高度越高，产生的充型压力越大，熔融金属流入型腔的速度越快，就越容易充满型腔的细薄部分。

(3)横浇道。横浇道是浇注系统中的水平通道部分，断面多为梯形。它的作用是分配熔融金属，使之平稳流入内浇道并起挡渣作用。

(4)内浇道。内浇道是浇注系统中引导熔融金属流入型腔的部分，其断面多为扁梯形或三角形。它的作用是控制熔融金属流入型腔的方向和速度，调节铸件各部分的温度分布。因此，内浇道的形状、位置和数目以及导入液流的方向是决定铸件质量的关键之一。

1.2 砂型的制造

1.2.1 砂型的性能要求和组成

型砂是按一定比例配成的造型材料，是制造砂型铸造用铸型的主要材料之一。

1.2.1.1. 对型砂的性能要求

为了保证造型的顺利进行及获得合格的铸件，型砂应具备如下主要性能：

(1) 可塑性。型砂在外力作用下变形，除去外力后能保持外力所赋予的形状的能力称为可塑性。可塑性好，便于制造形状复杂、型腔轮廓清晰的砂型，起模也容易。

(2) 强度。型砂抵抗外力破坏的能力，称为强度。若强度不足，易引起塌箱和型腔表面被破坏，造成铸件产生砂眼、不成形等缺陷；若强度太高，会使型砂其他性能变坏和阻碍铸件的收缩，使铸件产生内应力、甚至开裂。因此，强度要适中。

(3) 透气性。紧实后的砂样在标准条件下和单位时间内通过单位体积的气体量，称为透气性。当铸型中的气体不能排出时，会使铸件产生浇不足、气孔等缺陷。

(4) 耐火性。型砂能经受高温热作用的能力，称为耐火性。型砂的耐火性好，铸件不易产生粘砂缺陷。一般情况下要求原砂中 SiO_2 含量应高。

(5) 退让性。铸件冷凝收缩时，型砂可被压缩的能力，称为退让性。若型砂的退让性差，则铸件易产生内应力或开裂。型砂越紧实，退让性越差。

此外，还要求型砂有较好的流动性、溃散性和耐用性等。

1.2.1.2 型砂的组成

为了满足型砂的性能要求，它一般由原砂、粘结剂、水及附加物按一定比例混制而成。

原砂是型砂的主体，它的主要成分是石英，石英含量为 85%~97%。原砂的颗粒形状、大小、均匀程度和 SiO_2 含量的多少对型砂的性能影响很大。

粘结剂是能使砂粒相互粘结的物质，如黏土、膨润土、矿物质、合脂和树脂等。不同的粘结剂可以配制性能不同的型砂。由于黏土、膨润土价格低廉，所以应用最广。黏土砂结构如图 1-4 所示。

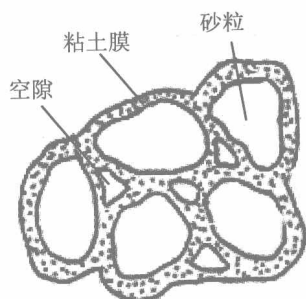


图1-4 砂型的结构示意图

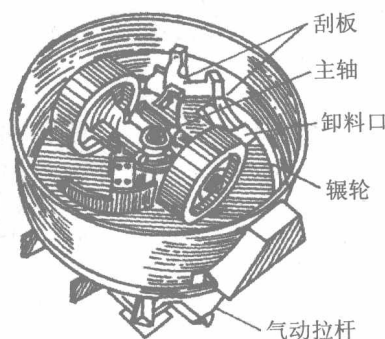


图1-5 辗轮式混砂机示意图

型砂中常加入的附加物有煤粉、木屑等。煤粉在高温熔融金属作用下燃烧形成气膜，隔离熔融金属与铸型型腔直接作用，使铸件表面光洁，防止铸件粘砂；加入木屑能改善型砂的透气性和退让性。

2. 混砂

混砂是将原砂、粘结剂、附加物和水混制成型砂的过程，其目的是将型砂各组成成分混合均匀、使粘结剂均匀分布在砂粒表面。

混砂的过程是：按配方加入新砂、旧砂、粘结剂和附加物，先干混 2~3min，再加入水湿混 5~12min，性能符合要求后出砂。使用该型砂前要过筛并使其松散。图 1-5 所示为辗轮式混砂机，其混砂质量较好，但生产率不高。

1.2.2 手工造型方法

1.2.2.1 整模两箱造型

当零件的最大截面在端部，并选它作为分型面，然后用整体模样进行造型的方法，如图 1-6 所示。

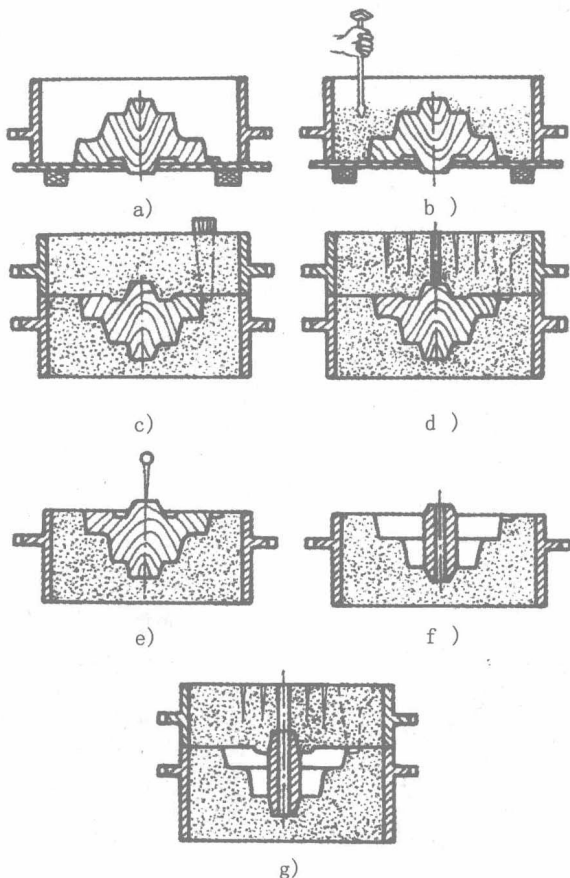


图1-6 整模两箱造型

a) 放好模样 b) 造下型 c) 造上型 d) 开浇注口、扎通气孔 e) 起出模样 f) 安放好芯子 g) 合型

整模造型的型腔全在一个砂箱里，能避免错型等缺陷，因而铸件形状、尺寸精度较高。模样制造和造型都较简单，多用于形状简单的铸件的生产。

1.2.2.2 分模造型

当铸件不适宜用整模造型时，通常以最大截面为分型面，把模样分成两半，采用分模两箱造型；也可将模样分成几部分，采用分模多箱造型。

套管的分模两箱造型过程，如图 1-7 所示。这种造型方法简单、应用较广。分模造型时，若砂箱定位不准、夹持不牢，则易产生错型，影响铸件精度；铸件沿分型面还会产生披缝，影响铸件表面质量，清理也费时。

受铸件的形状限制或为了满足一定的技术要求，不宜用分模两箱造型时，可选用分模多箱造型，如图 1-8 所示。由于槽轮铸件中间截面比上下小，用一个分型面造型不能起出模样，所以可在铸件上取两个分型面，进行三箱造型。但分模三箱造型过程稍繁，生产率较低，易产生错型缺陷，只适用于单件、小批生产。在成批大量生产中，可用外带型芯的两箱造型代替三箱造型，如图 1-9 所示。

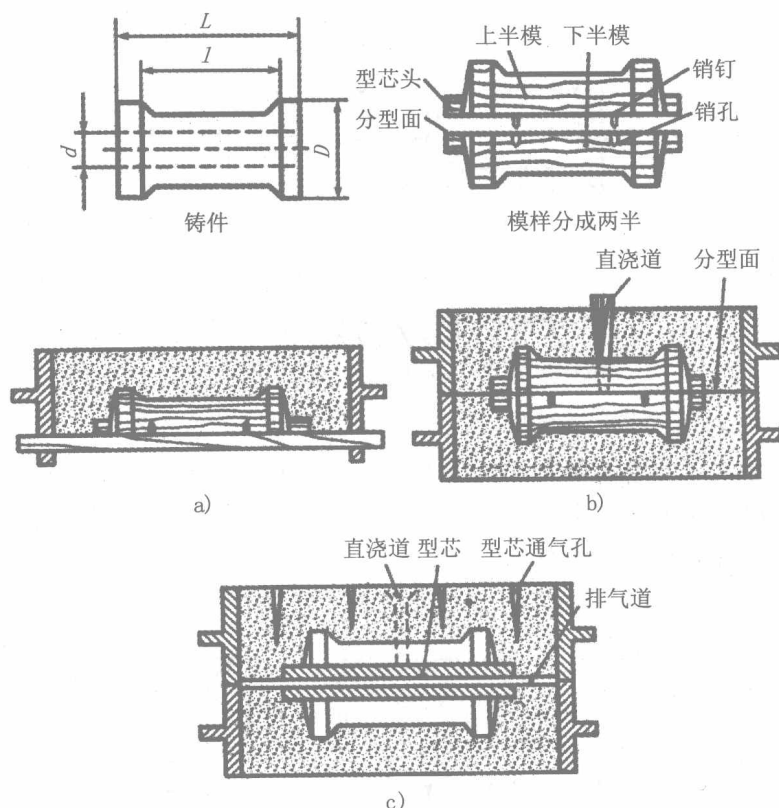


图1-7 分模两箱造型

a) 用下半模造下型 b) 用上半模造上型 c) 起模、放型芯、合型

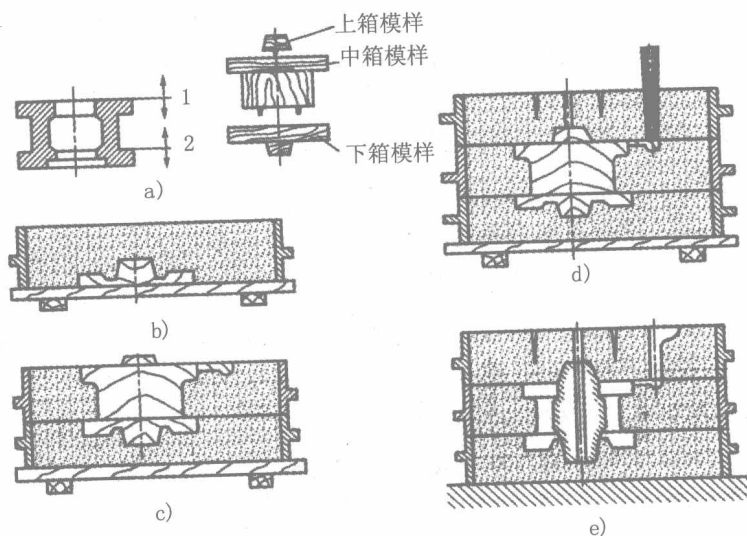


图1-8 分模三箱造型

a)铸件 b)造下型 c)造中型 d)造上型 e) 起模、放型芯、合型

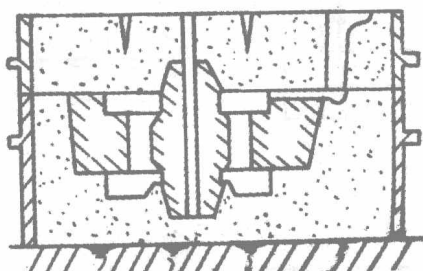


图1-9 改用外型芯的的两箱造型方法

1.2.2.3 挖砂造型及假箱造型

若铸件的最大截面不在端部，模样又不便分开时，常将模样做成整体的，造型时将妨碍起模的型砂挖掉，以便起模。如图1-10所示的手轮，分型面不平，轮辐处又较薄，不能将模样分成两半，因而可采用挖砂造型。

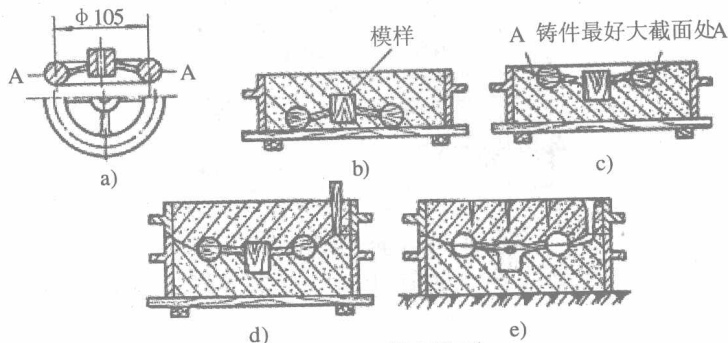


图1-10 挖砂造型

a) 手轮零件 b) 造下箱 c) 翻转下箱、修挖分型面 d) 造上箱 e) 合箱

挖砂造型要求准确挖至模样的最大截面处，较难掌握，要求工人的操作技术水平较高，而且生产率低，只适于单件、小批生产。成批生产时，采用假箱造型或成型模

板造型来代替挖砂造型，如图 1-11 和图 1-12 所示。假箱不参与合箱浇注，只用来造下型。当生产数量更多时，用图 1-12 所示的成型模板代替假箱，生产率和质量就会更高。

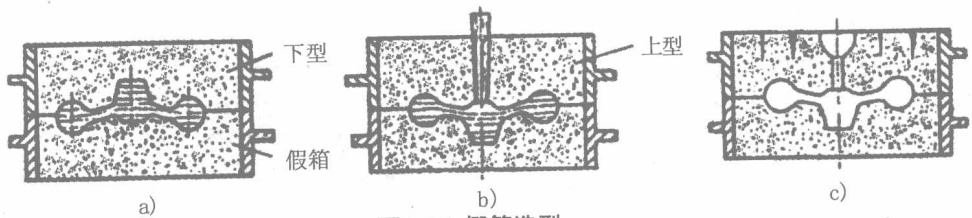


图1-11 假箱造型
a) 在假箱上造下型 b) 造上型 c) 起模、合型

1.2.2.4 活块模造型

铸件上有凸起部分妨碍起模时，可将局部影响起模的凸台做成活块。造型起模时，先起出主体模样，再用适当方法起出活块模，其造型过程如图 1-13 所示。

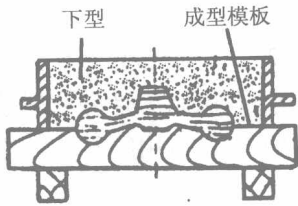


图1-12 成型模板

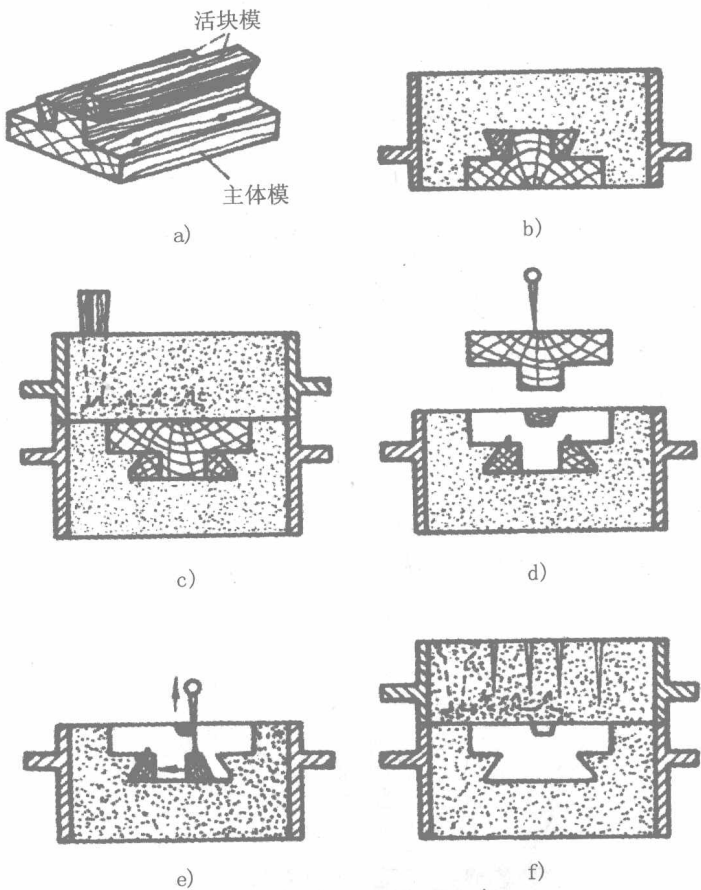


图1-13 活块模造型
a) 拖板模样 b) 造下型 c) 造上型 d) 起出主体模样 e) 起出活块模样及内浇道模样 f) 合型

活块模造型的操作难度较大，对工人的操作技术要求较高，生产率低，只适用于单件、小批生产。若成批生产时，可用外加型芯取代活块，使造型容易，如图 1-14 所示。

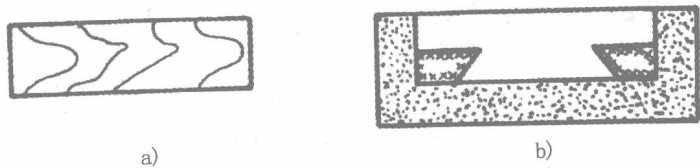


图1-14 改用外型芯造型
a)长方形模样 b)放型芯

1. 2. 2. 5 刮板造型

它是利用与零件截面形状相适应的特制刮板代替模样进行造型的方法。对于回转体类的铸件，常用绕垂直轴旋转的刮板，如图 1-15 所示。

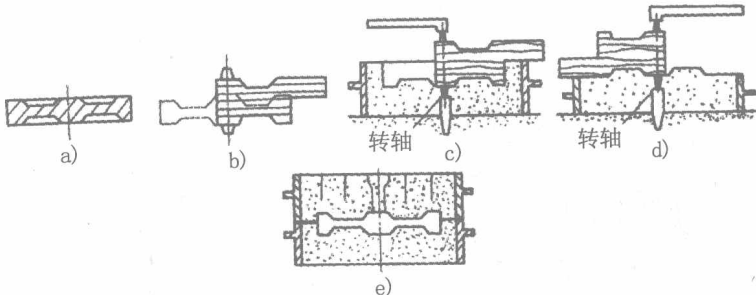


图1-15 刮板造型
a)带轮铸件 b)刮板 c)刮制下型 d)刮制上型 e)合型

按铸件尺寸选好砂箱，并适当紧实一部分型砂，使刮板轴能定位且转动自如。用下型刮板刮制下型，用上型刮板刮制上型，合型后便制得铸型。刮板造型能节省模样材料和模样加工工时，但造型操作费时、生产率较低，多适于单件、小批生产，尤其是大型回转体铸件的生产。

1. 2. 2. 6 地坑造型

地坑造型是在地面挖一个砂坑代替下砂箱进行造型的方法，如图 1-16 所示。将模样放入地坑中填砂造型。地坑造型主要用于大、中型铸件的单件、小批生产。铸造大件时，常用焦炭垫底，再插入管子，以便将气体排出。

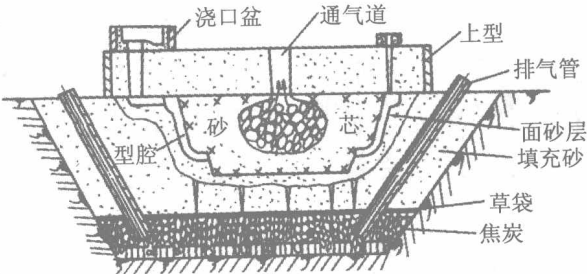


图1-16 地坑造型

1.3 型芯

1.3.1 芯砂

芯砂是按一定比例配合的造型材料。它是经过混制并符合造芯要求的混合料。由于铸件在成形过程中，型芯的工作条件较恶劣，故芯砂的性能要比型砂高，同时也要求芯砂易从铸件中取出，即芯砂的出砂性要好。

对于一般的型芯，可用黏土砂制做；对于形状较复杂、要求较高的型芯，应采用油砂、合脂砂或树脂砂等材料来制做。

1.3.2 型芯的构成

为了保证型芯的性能要求，在型芯中，除型芯的主体外，还有下列部分：

(1) 芯骨。砂芯中应放入芯骨以提高强度。小型芯的芯骨可用铁丝做，中、大型芯的芯骨要用铸铁铸成（图 1-17）。

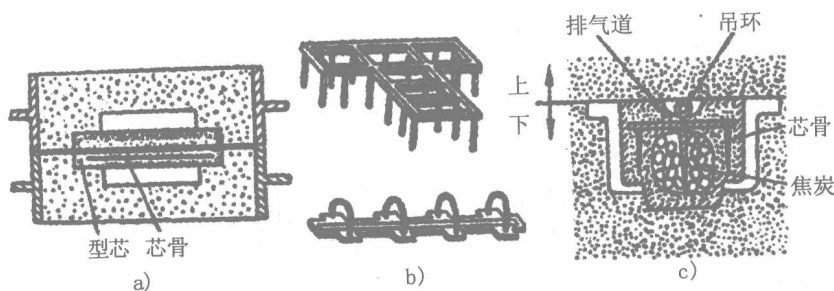


图1-17 芯骨

a) 铁丝芯骨 b) 铸铁芯骨 c) 带吊环的芯骨

(2) 通气孔。开通气孔的目的是，在浇注时能顺利而迅速地排出型芯中的气体。形状简单的型芯，用气孔针扎出排气孔；形状复杂的型芯，可在两半型芯上挖出通气槽（图 1-18）或在其中埋入蜡线（图 1-19），型芯烘干时蜡线融化形成排气孔。

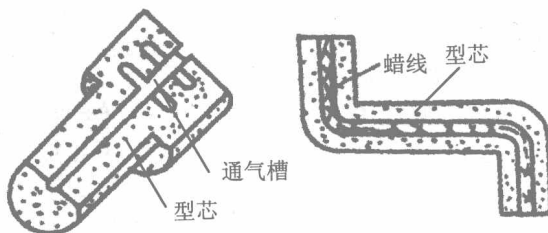


图1-18 挖通气槽 图1-19 埋蜡线做通气孔

(3) 型芯头。型芯上与熔融金属不接触的部分称为型芯头，它起定位、固定和通气的作用。

芯头按其固定方式可分为垂直式、水平式和特殊式（如悬臂芯、吊芯等）几种（图 1-20），其中垂直式和水平式定位方便可靠、应用最多。

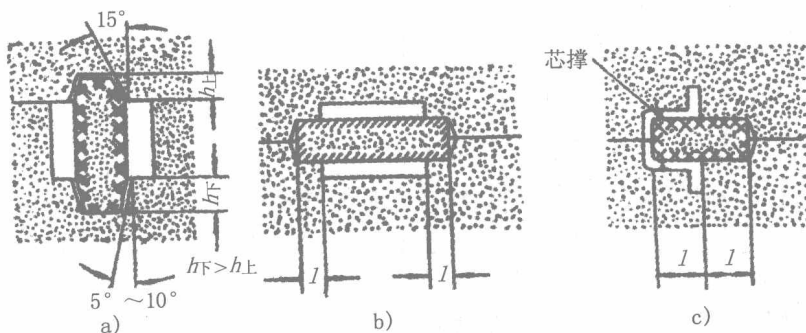


图1-20 型芯的固定方式
a) 垂直式 b) 水平式 c) 特殊式 (悬臂芯头)

1.3.3 制芯

型芯一般是用芯盒制成。芯盒的空腔形状和铸件的内腔相适应。根据芯盒的结构，制芯方法可分为三种。它们是：整体芯盒制做型芯，适用于制造形状简单的中、小型芯；对开式芯盒，适用于制造圆形截面的较复杂的型芯；可拆式芯盒，适用于制造形状复杂的中、大型芯。

1.4 金属的熔炼

金属熔炼的质量对能否获得优质的铸件有着重要影响，熔炼的目的是要获得预定成分和温度的熔融金属，并尽量减少其中的气体和夹杂物。

1.4.1 铸铁的熔炼

在铸造生产中，铸铁常用冲天炉熔炼，冲天炉构造如图 1-21 所示。冲天炉熔炼铸铁的炉料包括金属料（如生铁、回炉料、废钢和铁合金等）、燃料（主要是焦炭）和熔剂（石灰石、氟石等）。冲天炉熔炼铸铁比较简单、方便、生产率高而且成本低，但铁液质量不稳定、工作环境差。随着电力工业的发展，用工频（或中频）感应电炉化铁将得到越来越多的应用。

1.4.2 铸钢的熔炼

铸钢的强度和韧性均较高，常制造较重要的铸件。生产中常用三相电弧炉来熔炼铸钢。三相电弧炉的温度容易控制，熔炼质量好、速度快，操作较方便。

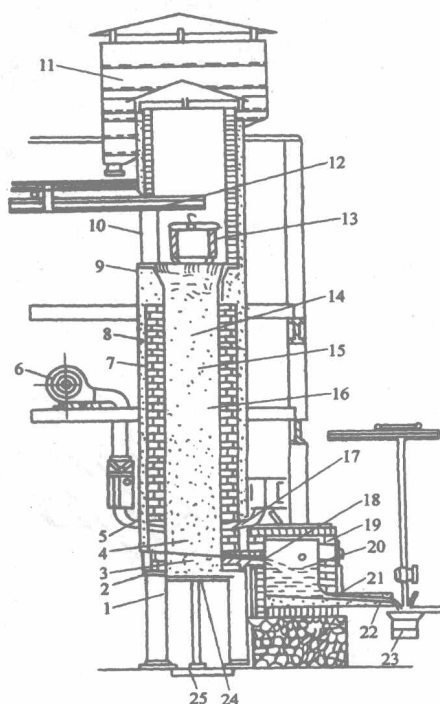


图1-21 冲天炉的构造
1. 支柱 2. 底板 3. 炉床 4. 底焦 5. 风带 6. 风机
7. 耐火砖 8. 炉壳 9. 铁砖 10. 加料口 11. 火花捕捉器
12. 加料装置 13. 加料桶 14. 氟石 15. 层焦 16. 层铁
17. 风口 18. 过桥 19. 前炉 20. 出渣口 21. 出铁口
22. 出铁槽 23. 浇包 24. 炉底门 25. 基础

它既可用于熔炼碳钢，又可熔炼合金钢。生产小型铸钢件也可用工频或中频感应炉来熔炼。

1.4.3 铝合金的熔炼

铝合金具有导热和导电性好、耐腐蚀及耐磨损等特性，加之质轻、价廉，是工业生产中应用较广泛的铸造有色金属之一。

1.4.3.1 熔炼铝合金的设备

铸造铝合金的熔炼炉种类较多，常用坩锅炉、感应炉及反射炉等。其中，电阻坩锅炉（图1-22）带有电子电位差计，能对炉温进行准确地控制；炉内含杂质和气体少，合金的成分容易控制，因而熔炼的合金质量高。其缺点是耗能多、成本较高。它主要用于对质量要求较高的铝、铜等合金的熔炼。

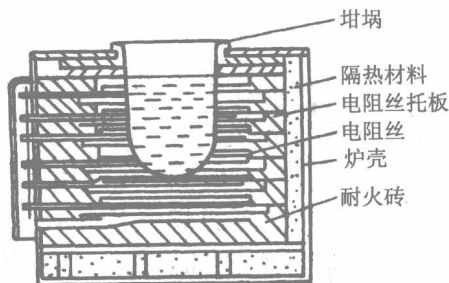


图1-22 电阻坩锅炉示意图

1.1.3.2 铝合金的熔炼工艺

（1）加料前应把坩锅、炉料及工具（与熔融金属接触部位）分别预热到150~300℃，以除去水汽、油污及其他含氢杂质。

（2）精练处理。精练的目的在于去除铝液中的气体和各种非金属夹杂物，保证获得高质量的液态铝合金。常用的精练剂是六氟乙烷（ C_2Cl_6 ）或氯化锌等。在熔炼后期，将精练剂用钟罩压入铝液中1/3深处，通过如下反应：



生成的四氯乙烯（ C_2Cl_4 ）和三氯化铝（ $AlCl_3$ ）形成不溶于铝液的气泡并上浮。溶解于铝液中的氢气及其他气体迅速向气泡中扩散聚集，其中的氧化物等杂质也会被吸附在气泡表面被带到液面上来，经扒渣而除去。

（3）铝合金的变质处理。用含硅量大于6%的铝合金浇注厚壁铸件时，易出现针状粗晶粒组织，使铝合金的力学性能下降。为了消除这种组织，在浇注之前向铝合金液中加入重量为其2%~3%的钠盐和钾盐混合物（常用NaF、NaCl、KCl、 Na_3AlF_6 ）。在铝合金凝固结晶时，钠原子可阻止硅生成针状粗晶粒组织，使晶粒细化，从而提高力学性能。

1.5 合型、浇注、落砂、清理和铸件的缺陷分析

1.5.1 合型

合型是将铸件的各个组元（如下型、上型和型芯等）组合成一个完整铸型的操作过程。如果合型操作不正确，会造成跑火、气孔、壁厚不均、毛刺及夹砂等铸造缺陷。

合型应保证型腔几何形状及尺寸准确、型芯安放稳固。

1.5.1.1 合型步骤

(1) 下型芯。把型芯安放到砂型的相应位置上叫下型芯。下型芯前应仔细检查砂型有无破损、有无散落砂粒及脏物，浇注系统是否修光，型芯是否烘干、有无破损，型芯通气孔是否畅通。按图样检查砂型和型芯的几何形状和尺寸，检查型芯上芯头与砂型上的型芯座是否吻合。

(2) 铸型装配检查。下芯后，应用样板对装配尺寸、铸型相对位置及壁厚等进行检查。

(3) 将型芯的通气孔与大气连通。检查合格后，即可紧固型芯，然后将型芯的通气孔与砂型上的通气孔连通，并使其通到型外（图 1-23）。

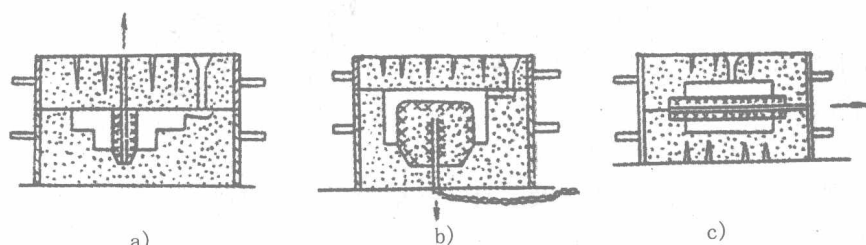


图1-23 型芯中气体的引出方式
a) 从上型出气 b) 从下型出气 c) 从分型面出气

1.5.1.2 压铁及紧固铸型

熔融金属浇入砂型时，如果金属液对上砂型的浮力超过了上型的质量，就会将上型浮起，造成跑火。因此，浇注时必须使用压铁或螺杆、卡子等紧固件将砂箱夹紧。

1.5.2 浇注

将熔融金属从浇包浇入铸型的操作过程称为浇注。浇注操作不当常引起浇不足、冷隔、缩孔及夹砂等缺陷。

1.5.2.1 浇注前的准备工作

- (1) 清理浇注时行走的通道，不应有杂物挡道，更不能有积水。
- (2) 了解要浇注铸件的质量、大小和形状，使同牌号铸件放在一起，以便于浇注。
- (3) 浇注的用具及设备（如挡渣勺、浇包等）要烘干，以免降低铁水的温度或引起铁水飞溅。

1.5.2.2 浇注时必须注意的问题

(1) 浇注温度。金属液浇入铸型时所测量到的温度是浇注温度。浇注温度由铸件材质、大小及形状来确定。浇注温度过低时，由于铁水的充型能力差，易产生浇不足、冷隔和气孔等缺陷；浇注温度过高时，会使铁水收缩量增加而产生缩孔、裂纹以及铸件粘砂等缺陷。对形状复杂的薄壁件，浇注温度应过高些，对简单的厚壁件，浇注温度可低些。

(2) 浇注速度。它是单位时间内浇入铸型中的金属液重量。浇注速度铸件形状和大