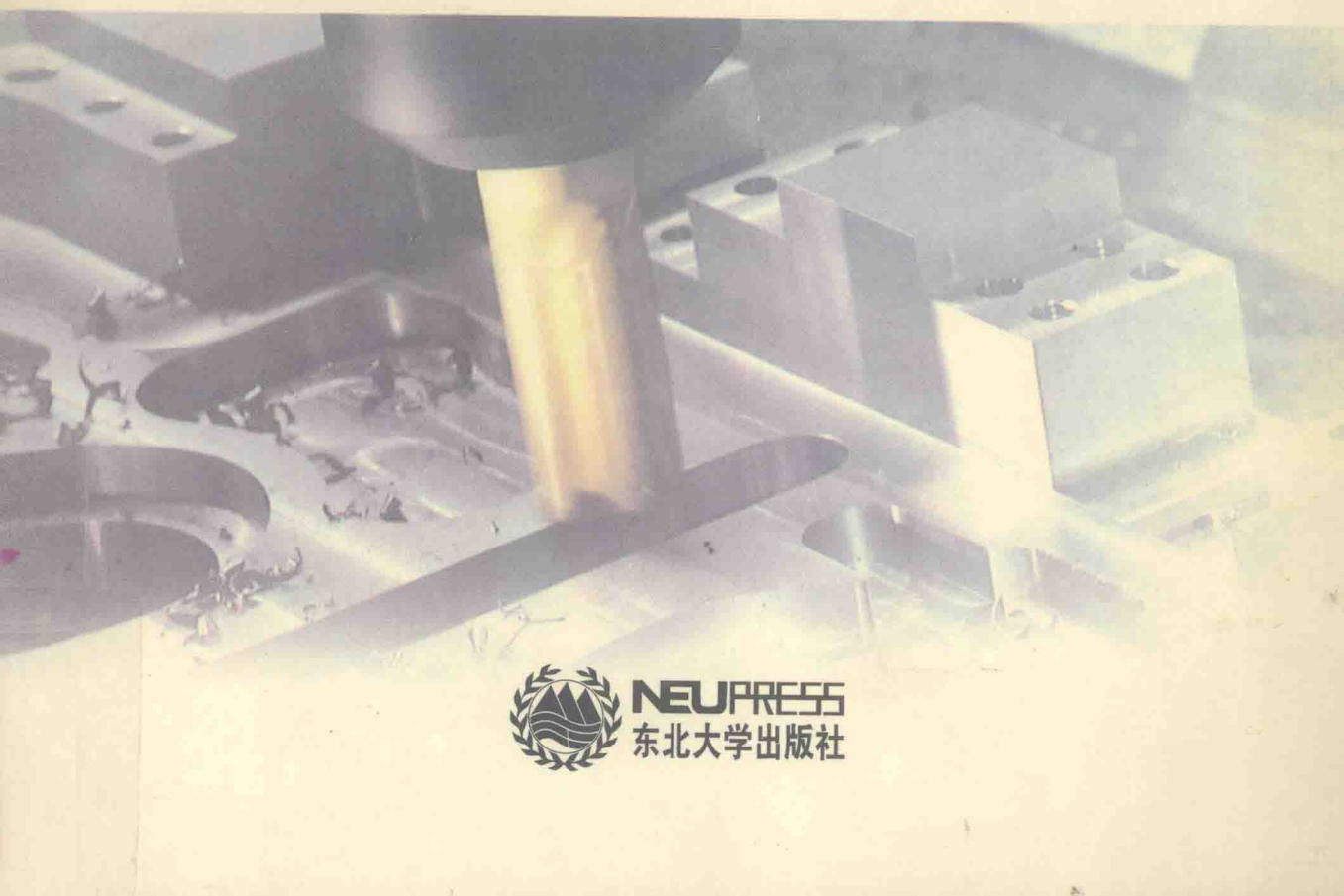


高等院校教学用书

机械制造及自动化与机械设计专业

生产实习教程

张志军 曹秀吉 主编

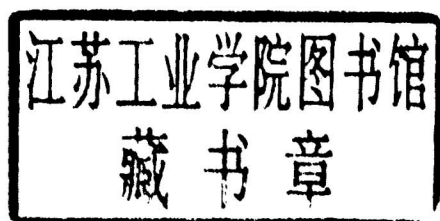


NEUPRESS
东北大学出版社

机械制造及自动化与机械设计专业

生 产 实 习 教 程

主 编 张 志 军 曹 秀 吉
副 主 编 石 丽 陈 正 权 邹 克 让



东北大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生产实习教程/张志军, 曹秀吉主编. —沈阳: 东北大学出版社, 1999.6
ISBN 7-81054-404-7

I. 生… II. 张… III. 生产-实习-教程 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 08586 号

©东北大学出版社出版

(沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮政编码 110006)

东北大学印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本: 787×1092 1/16 字数: 320 千字 印张: 13.5

印数: 1~3360 册

1999 年 6 月第 1 版

1999 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑: 任彦斌

责任校对: 米 戎

封面设计: 唐敏智

责任出版: 秦 力

定价: 16.00 元

前 言

生产实习是工科高等院校许多专业极为重要的实践性教学环节，也是搞好工程教育与工程训练的必要途径。深化教育体制改革，深化改革生产实习的内容，拓宽生产实习中的专业知识，加大对生产实习的指导力度已经是势在必行。

由于生产实习的内容相当广泛、丰富，学生又能深入企业了解工厂的生产及技术工作情况，这对于缺乏了解社会的大学生来说是一个极好的补充。学生通过生产实习可学习生产技术、管理知识，可拓宽专业知识面，开阔视野，勤于思考，培养独立工作的能力，加强现场基本技能的训练。

生产实习的环节一般安排在大三下学期进行，这有利于巩固已学的专业基础知识，又是后续专业课的先导和补充，也为毕业后从事机械制造和机械设计工作打下了坚实的实践基础。

为了使教师能全面、系统地指导学生的生产实习，也为了学生能更好地进行生产实习，为此，根据机械制造、设计及自动化专业的生产实习大纲，我们编写了这本生产实习教程，作为大专院校机械制造、设计及自动化专业的生产实习教学用书。

本书由沈阳工业学院张志军副教授、曹秀吉教授主编，石丽副教授、陈正权高级工程师、邹克让高级工程师任副主编，王玉先主审。第一和第三章由张志军副教授编写，第二章由邹克让高级工程师编写，第四章由杨永青讲师编写，第五章由田明德副教授编写，第六章由陈白宁副教授编写，全书由曹秀吉教授统稿。

本书在编写过程中，受到了本学院一系、二系、设备处和教务处等有关领导的大力关怀与支持，在此一并表示衷心地感谢！

由于经验和水平所限，书中难免有不妥之处，希望同行或读者不吝赐教。

编 者

1998 年 11 月

目 录

前 言

第一章 导 论	(1)
第一节 生产实习的目的和意义	(1)
第二节 生产实习的准备	(1)
第三节 生产实习的管理	(2)
第二章 毛坯的制造及金属材料的热处理	(4)
第一节 铸件毛坯的制造方法及工艺	(4)
第二节 锻件毛坯的制造方法及工艺	(13)
第三节 材料的热处理及典型零件的热处理工艺	(16)
思考题	(21)
第三章 典型机床	(23)
第一节 金属机床的分类和型号	(23)
第二节 机床的运动分析	(34)
第三节 车床	(38)
第四节 镗床	(44)
第五节 磨床	(46)
第六节 齿轮加工机床	(50)
第七节 铣床	(55)
第八节 摇臂钻床	(56)
第九节 组合机床及组合机床生产线	(63)
思考题	(73)
第四章 机械制造工艺	(75)
第一节 机械加工工艺规程设计	(75)
第二节 机床夹具设计	(95)
第三节 典型零件加工工艺	(120)
思考题	(146)
第五章 切削刀具	(148)
第一节 车刀	(148)
第二节 孔加工刀具	(153)
第三节 铣刀	(161)
第四节 拉刀	(165)

第五节	齿轮刀具.....	(168)
第六节	数控加工刀具的工具系统.....	(173)
	思考题.....	(181)
第六章	数控机床的结构与控制.....	(182)
第一节	数控机床概论.....	(182)
第二节	数控机床的典型结构.....	(186)
第三节	数控机床的计算机数控 (CNC) 系统	(201)
	思考题	(207)
	参考文献.....	(209)

第一章 导 论

第一节 生产实习的目的和意义

生产实习是机械制造、设计及自动化专业教学计划中，一个重要的实践性教学环节，是贯彻实施工程教育与工程训练相结合的必由之路。学生通过生产实习可以了解和掌握本专业的基本生产知识，了解社会，完善实践环节，印证和巩固已学过的专业技术知识，并为后续课的学习打下良好基础。通过生产实习培养学生在学习实际中的调查研究，观察问题、解决问题的能力。还可以开拓视野扩大知识面，学到在课堂上和在书本上无法学到的知识。还可以使学生切身地体会到机械制造、设计及自动化在社会主义经济建设中的重要作用，了解工业生产的现状，展望未来，激发学习的积极性与自觉性，热爱本职工作，热爱机械制造、设计及自动化专业。由此才能真正体现出生产实习的目的和意义。

第二节 生产实习的准备

生产实习是工程训练中极为重要的环节，各级领导应给予高度的重视。加强组织管理，搞好实习前的准备工作。

一、生产实习的动员

生产实习的动员应由系领导进行，生产实习科、辅导员、实习指导教师和学生都应参加实习动员会。系领导主要讲以前实习的经验和存在的问题，讲清生产实习的目的和意义，强调实习纪律、安全，要求学生在实习中克服困难，克服自由散漫作风，听从指导教师的统一指挥。同时，也要求指导教师要加强团结，认真负责，对学生中存在的不良行为要敢抓、敢管，发挥各自的主观能动性，切实抓好生产实习工作。此外，指导教师还应提高指导实习的专业技术素质，做到有问必答，充实生产实习业务知识，真正胜任工作。

二、生产实习的组织

生产实习工作中的首要任务是成立生产实习指导组，指导组应该由有经验的教师和年青教师所组成。应选派一名责任心较强的老教师任实习组组长，由组长统一安排实习计划，落实实习地点，分配指导教师的任务等。

生产实习的资料准备包括：生产实习教材，典型零件的图纸，各车间的工艺文件等。

学生的组织最好以班为单位划分小组，每个小组由指定的教师指导。每个教学班到相应的车间实习，实习一段时间后，每个班相互交换车间。

三、生产实习的内容安排

1. 专题讲座

听取由企业技安员所作的技安教育、工厂概况介绍。在工厂实习一段时间后,可以聘请企业的总工程师或副总工程师作专题报告,例如数控机床的国内外发展概况及未来的发展趋势等。

2. 教师讲课

在生产实习中要补充一些在课堂上没有讲授,而在实习中经常遇到又不太容易搞清的问题。在适当的时间,安排教师讲授部分刀具、工艺等内容的课程。这样有利于理论联系实际,搞好实习工作。

3. 车间实习

车间实习是学生进行生产实习的主要方式。根据选定的典型零件,在相应的车间,按照生产实习教材中的思考题,进行实习。实习中学生有不懂的问题应及时询问,并做好实习笔记,写出每个车间的实习报告。

4. 参观

为了开阔眼界,扩大知识面,在实习中应安排一些参观内容。参观可以到本企业中其他的车间,例如:铸造车间、锻造车间、热处理车间等。也可以到其他的较为典型的企业参观。例如:重型机械厂、汽车厂等有自动生产线的企业。参观前指导教师应事先对学生讲述所要参观的一些内容,便于有目的、有针对性地进行参观,使参观的效果更佳。

5. 生产实习的考核

生产实习的考核是整个实习进行的重要环节,它既可以检查学生实习的成绩,又可衡量指导教师的指导效果,对促进实习起着积极的作用。考核内容包括:平时表现、生产实习报告和最终考核。

第三节 生产实习的管理

在生产实习中搞好管理,既可以保持良好的生产实习秩序,又能使生产实习有计划、有步骤的进行,并朝着有深度、广度的方向发展。

一、纪律管理

纪律是实习中学生人身安全的保证,也是生产实习效果好坏的重要保证。

1. 指导教师的职责

实习中指导教师除担负业务指导外,还应有强烈的责任感、事业心,并进行严格管理。对实习中违背纪律的现象提出批评,教书育人,帮助学生搞好伙食,解决好厂校间的交通问题。此外,指导教师必须严于律己,要求学生做到的,自己应首先做到,为学生做出表率。也只有指导教师能做到严格要求自己,这样才能有效地管好学生,搞好实习。

2. 学生的纪律管理

在实习期间应对学生的纪律有严格的条例约束。对学生的出勤病假、迟到、早退、乘车、出席会议,遵守车间纪律、文明礼貌等事宜进行纪律约束。以确保生产实习得以顺利地进行。

二、安全管理

注意安全是生产实习顺利进行的保证。进入工厂后，要遵守工厂安全生产的条例。穿工作服、戴工作帽，特别是女学生必须戴工作帽，不允许穿凉鞋。在车间不要乱动机床，以免发生事故。要注意脚下的铁器物体和地沟，也要注意运动吊车。对正在加工中的机床，应适当远离。

第二章 毛坯的制造及金属材料的热处理

第一节 铸件毛坯的制造方法及工艺

将熔融金属液浇入具有和零件形状相适应的铸型空腔中，凝固后获得一定形状和性能的金属件（铸件）的方法称为铸造。

熔融金属及铸型是铸造两大基本要素。适用于铸造的金属有铸铁、铸钢和铸造有色合金。其中，铸铁（特别是灰铸铁）用得最普遍。

铸型是根据所设计的零件形状用造型材料制成的。铸型可用型砂、金属或其他耐火材料做成。其中砂型用得最广泛，主要用于铸造铸铁件，铸钢件。而金属型主要用于铸造有色合金铸件。

对于某些特殊铸件，还采用其他特种铸造方法，如熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造、离心铸造、壳型铸造和陶瓷型铸造等。

铸造的优点是适应性强（可制造各种合金类别、形状和尺寸的铸件），成本低廉。其缺点是生产工序多，铸件质量难以控制，铸件机械性能较差，劳动强度大。铸造主要用于受冲击力小、形状复杂的毛坯制造，如机床床身、发动机气缸体、各种支架、箱体等等。

一、铸造合金

适用于通过铸造工艺方法而获得毛坯件的合金称为铸造合金。从总体来说铸造合金可分为黑色金属合金和有色金属合金两大类。如图 2-1 所示。

1. 铸铁是含碳量大于 2.14% 或者组织中具有共晶组织的铁碳合金。工业上所用的铸铁，实际上都不是简单的铁-碳二元合金，而是以铁、碳、硅为主要元素的多元合金。铸铁的成分范围大致为： $C2.4\% \sim 4.0\%$ ， $Si0.6\% \sim 3.0\%$ ， $Mn0.2\% \sim 1.2\%$ ， $P0.1\% \sim 1.2\%$ ， $S0.08\% \sim 0.15\%$ 。有时还加入各种合金元素，以便获得具有各种性能的合金铸铁。

下面介绍几种常用的铸铁。

(1) 灰铸铁 碳主要结晶成石墨，并呈片状形式存在于铸铁中，断口为暗灰色。常见的铸铁件多数是灰铸铁。在珠光体的基体上分布着片状石墨。

灰铸铁的化学成分一般为： $C2.6\% \sim 3.6\%$ ， $Si1.2\% \sim 3.0\%$ ， $Mn0.4\% \sim 1.2\%$ ， $P \leq 0.3\%$ ， $S \leq 0.15\%$ 。

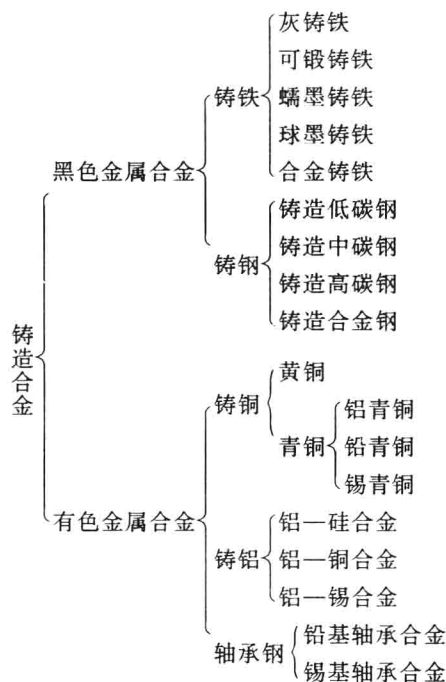


图 2-1 各种铸造合金及关系

它大量地应用于各种机器零件。是工业上应用得最为广泛的铸造材料。

(2) 可锻铸铁 可锻铸铁因有较高的塑性和韧性而得名，其实是不可锻的。

其生产过程是：先铸成一定成分的白口铸件，而后经过适当的热处理（石墨化退火处理），使其中的渗碳体分解而成团絮状石墨。由于石墨呈团絮状，故显著地降低了石墨对金属基体的割裂作用，从而使其强度高于一般的灰口铸铁，尤其是具有较高的塑性（延伸率可达12%）和韧性（无缺口试样的冲击韧性可高达100J）。

可锻铸铁除有较高的强度、塑性和韧性外，与球墨铸铁相比，它还具有质量稳定、处理铁水简便以及易于组织流水生产等优点，尤其是适合于大量生产形状复杂的薄壁小件，因而其应用非常广泛。

在常用的可锻铸铁中，按热处理条件的不同，有黑心铁素体可锻铸铁和珠光体可锻铸铁两大类。铁素体可锻铸铁具有一定的强度和较高的韧性，多用于制造承受冲击和振动的零件，例如，汽车拖拉机的后桥外壳、转向机构、弹簧钢板支座、机床上用的把手、低压阀门、管件以及纺织机械和农机零件、农具等。珠光体可锻铸铁的强度、硬度高，耐磨性好，常用来铸造曲轴、凸轮轴、连杆及齿轮等重要零件。

(3) 球墨铸铁 球墨铸铁是铁水在浇注前经球化和孕育处理，碳主要以球状石墨的形态存在于铁中，与其他铸造合金相比，球墨铸铁亦有类似于灰铸铁的优点（如耐磨、减振、优良的切削加工性和铸造工艺性能等），还具有比普通铸铁高得多的强度、塑性和韧性。

球墨铸铁已成功地用于铸造一些受力复杂，强度、韧性、耐磨性要求较高的零件，如柴油机、汽车及拖拉机的曲轴、凸轮轴、中压阀门、汽车及拖拉机的某些齿轮、压缩机的曲轴、连杆以及农机、农具等零件。

2. 铸钢

铸钢是一种重要的金属结构材料，它具有良好的综合机械性能和物理化学性能。与铸铁比较，铸钢具有较高的强度、塑性、韧性和良好的焊接性；如果往钢中加入某些合金元素，还可获得某些特殊性能，如耐磨、不锈、耐热、无磁等，这是铸铁所不及的。因此，铸钢在现代机械制造业中应用很广，如轧钢、锻压、运输、发电、矿山、石油、化工等设备中，许多零件的毛坯都是铸钢件。

铸钢的种类很多，可按化学成分、金相组织、熔炼方法和用途分类。在生产中通常按化学成分和用途分类。按化学成分，铸钢可分为碳素钢和合金钢两类；按用途，铸钢可分为结构钢、工具钢、不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等。

下面仅介绍一下铸造碳素钢，铸造碳素钢根据含碳量的不同，可分为低碳钢（ $<0.20\%C$ ），中碳钢（ $0.20\% \sim 0.50\%C$ ）和高碳钢（ $>0.5\%C$ ）。

低碳钢具有较高的塑性和韧性，但强度较低。这类钢通常要经渗碳处理，然后再进行淬火、回火，提高强度指标和耐磨性。它常用来制造凸轮等耐磨零件。由于其含碳量和含锰量较低，因而有较高的透磁性和相当低的功率损耗，故又常用于制造电动机座架、外壳等一类电器零件。这类钢由于含碳量低，所以其铸造性能较差，由于熔点高，因而给熔炼、浇注和获得优质铸件带来很大困难；在同样浇注温度下，钢液的流动性差，易产生浇铸不足和形成疏松、气孔、非金属夹杂等缺陷；比较容易氧化；有较高的形成热裂倾向。因此，铸造生产中较少采用低碳钢。

中碳钢的铸造性能较低碳钢为好。有较低的熔点，较好的流动性，铸件中的气体和非金

属夹杂物较少，抗热裂倾向的能力较强，易于获得成型铸件。但随着含碳量的增加，其导热性也随之降低，这将引起较大的铸造应力，易使铸件变形。中碳钢铸件都要经过热处理（退火、扩散退火、正火和回火等），以提高铸件的机械性能。中碳钢具有良好的强度、塑性和韧性的综合性能，它广泛用于要求承受一定载荷与冲击载荷的零件，如齿轮、连杆、机架、缸体等。

高碳钢具有较高的强度、硬度和耐磨性，但塑性较低，多用来制造冲击载荷不大的耐磨零件，如轧辊、模具等。高碳钢的铸造性能良好，但由于导热性差和较大的脆性，铸件有产生巨大应力而形成冷裂的危险。所以高碳钢铸件仅进行一般的退火处理，且加热和冷却时应缓慢进行。

3. 铸铝合金

铝的比重小，塑性高，具有优良的导电和导热性，表面有致密的氧化膜保护，抗蚀性能好，在纯铝中加入其他金属或非金属元素，能配制各种可使压力加工成铸造用的铝合金，具有比纯铝更为优异的铸造性能和使用性能；由于其比强度很高，远比灰铸铁、铜合金和球墨铸铁为高，仅次于镁合金，钛合金和高合金钢。所有铸造铝合金都是在纯铝的基础上，加入各种不同的元素制成的，不仅能保持纯铝的基本性能，而且由于合金化作用，使铝合金获得了良好的综合性能。

各类铸造铝合金的特点，简述如下：

(1) Al-Si 类合金 ($\text{Si} \geq 5\%$) 此类合金通常称为矽铝明 (Silumin) 或硅铝明。它具有优良的铸造性能，如收缩率小、流动性好，气密性好和热裂倾向小等，经过变质处理之后，还具有良好的机械性能、物理性能和切削加工性能，是铸造铝合金中品种最多，用量最大的合金。

(2) Al-Cu 类合金 ($\text{Cu} \geq 4\%$) 具有较高的室温和高温机械性能，主要作为耐热和高强度铝合金应用。但铸造性能较差，抗蚀性也较低，线膨胀系数较大，有“永久生长”现象。此类合金大多作为耐热铝合金和高强度铝合金用。

(3) Al-Mg 类合金 ($\text{Mg} \geq 5\%$) 具有非常优异的抗蚀性能，机械性能高，加工表面光亮美观，比重是现有铝合金中最小的。但熔炼、铸造工艺比较复杂，除用作耐蚀合金外，是发展高强度铝合金的基础之一，也可作为装饰用合金。

4. 铸造铜合金

铜及铜合金是现代工业中应用广泛的重要材料之一，如各种机器上的轴套、轴瓦、船舶上的螺旋桨、化工设备中的许多阀体都是用铜合金铸造的。铸造铜合金之所以应用广泛，是因为铜合金具有某些优良的特性，如导电性、导热性高、耐磨性和耐蚀性好等。

铸造铜合金的分类：

铸造铜合金按其主要组成和性能，分为两大类：铸造青铜和铸造黄铜。

所谓铸造青铜，最初是仅指铜与锡的合金，但近几十年来，由于多种合金元素被采用，出现了许多不以锡也不以锌为主要添加元素的新型铜合金，在习惯上也把这些新型铜合金称作“青铜”，如“铝青铜”、“铅青铜”等。为了区别起见，把以锡作为主要添加元素的青铜称作“锡青铜”，而把其它青铜统称作“无锡青铜”。

所谓铸造黄铜是指铜与锌的合金，如果再加入第三种其它元素，如锰，即称“锰黄铜”、加硅，即称“硅黄铜”等，习惯上把这些多元的黄铜统称作“特殊黄铜”，而把原来的铜锌

二元合金称作“普通黄铜”。

铸造铜合金的分类如图 2-2 所示。

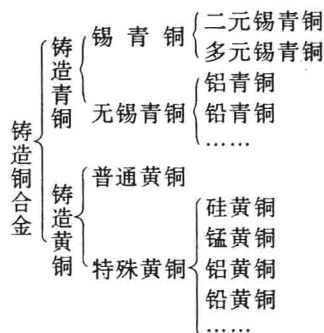


图 2-2 铸造铜合金的分类

不论是青铜还是黄铜，在工业中广泛使用的是多元铜合金，二元铜合金在铸造上几乎不用。这是因为在锡青铜中加入锌、铅、磷等，在黄铜和无锡青铜中加铝、铁、锰、镍、硅等合金元素可以进一步提高铜合金的综合性能。

5. 轴承合金

轴承是工程机械中很重要的部件，它既要支承轴颈，同时也要承受轴的压力和冲击，并通过它把这些载荷传递给机架。所以，轴承的工作质量直接影响着机械的精度和寿命。按轴承支承面与轴颈之间相对运动的形式，轴承可以分为滑动轴承和滚动轴承两类。滑动轴承工作较平稳，可以承受较大的压力，所以，在轴的旋转速度很高和承受重载的场合下，例如：高速大马力柴油机和汽车发动机的曲轴、连杆；大型减速器及电动机主轴；涡轮机的主轴等的轴承都是采用滑动轴承。轴承合金是用于制造滑动轴承的最好材料。

滑动轴承工作时，轴承支承面和轴颈之间产生相对滑动。在理想情况下，它们之间应有一层薄的完整的润滑油膜将其分开，使轴旋转时不会与轴承支承面直接接触，这种状态称为液体润滑状态。轴与轴承处于液体润滑状态时其摩擦系数和磨损都是最小的。但是，通常由于润滑油压力较小，这种理想状态是很难实现的。绝大多数的情况下轴与轴承是处于半液体摩擦状态，即包围轴颈的润滑油膜并不完整，而使轴颈与轴承在某些局部地方直接接触，因此就会产生磨损。所以，轴承材料和轴颈的摩擦特性是值得研究的问题。为了保证机械的精度和延长使用寿命，轴承应具有很好的耐磨性，一般来讲硬而韧的材料具有较好的耐磨性，但是，轴承的硬度太高会使轴颈很快损伤。所以，从延长轴承使用寿命和保护轴颈的不同角度对轴承合金提出的要求往往是矛盾的。因为加工和更换轴要比更换轴承困难得多，所以，要求轴承合金的硬度应比轴颈的硬度低得多，并且在这一前提下尽可能地提高轴承合金的耐磨性。为了达到与轴配磨时的上述特殊要求，轴承合金具有下列基本性能：

(1) 机械性能——轴承合金应具有一定的抗挤压强度，在承受载荷时不致于破坏，尤其在轴承的工作温度范围内（一般为 50～180℃）应有一定的硬度，不会因温度升高而软化。由于轴所承受的载荷在多数情况下是冲击性质的，因此，要求轴承合金具有较高的抗冲击性能以及在反复载荷作用下有很好的疲劳强度。

(2) 摩擦特性——为了延长轴承的使用寿命，轴承合金应有足够的耐磨性。同时轴承合金还应有良好的减磨性，即轴承与轴颈间的摩擦系数愈小愈好。例如，某些轴承合金的组织中具有均匀分丰的硬质点相，轴颈与轴承接触不是整个面的接触，而是依靠轴承合金组织的硬质点相将轴颈托起，如图 2-3 所示。

硬质点相将轴颈托起, 如图 2-3 所示。

这样, 轴颈是与轴承上的很多硬的小质点接触, 由于接触面积很小, 所以它们之间的摩擦系数是很小的。此外, 硬质点凸出在轴承表面能承受轴的载荷, 润滑油可以在其间的凹槽内流动, 保证良好的润滑。只要这些小质点的硬度合适, 就能使轴承既对轴颈的损伤很小又使其有较好的耐磨性能。同时, 这种轴承合金的基体一般应具有良好的塑性, 以应对轴承合金的其它要求。

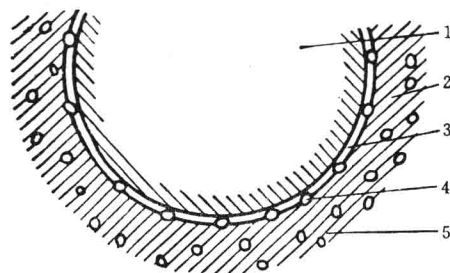


图 2-3 轴与轴承接触的理想状态示意图
1—轴；2—轴承；3—润滑油；4—硬质点；5—基体

(3) 抗咬合性——当轴承在承受重载或润滑条件不良时, 轴颈与轴承发生干摩擦, 使轴承与轴颈的某些接触处温升过高, 轴承金属软化而被轴颈表面刮走的现象称为咬合。为了避免咬合, 要求轴承合金对润滑油具有良好的吸附能力并在较高的工作温度下有一定的硬度。

(4) 嵌藏性——轴承合金的基体应是比较软的, 当有尖硬粒子落入摩擦表面时它们可以被嵌陷在基体中而不致于划伤轴颈的配合表面。

(5) 顺应性——由于安装的误差使轴的位置与轴承孔发生某些偏移时, 轴承孔应能以相应的塑性变形来适应轴的方向, 而不致使轴产生不均匀的磨损。同时轴承合金的硬度不宜过高, 以便于工人在安装时进行刮研加工, 一般锡基和铅基轴承合金的硬度以 HB20~30 为宜。

(6) 耐腐蚀性——轴承合金应具有一定的化学稳定性, 能抵抗润滑油中有机酸及硫化物的腐蚀作用。

(7) 导热性——轴承工作时产生的热量要通过轴瓦传递给机架, 这就要求轴承合金的导热性能好, 使轴承不致温升过高而影响机器的正常运转。

对轴承合金性能要求往往是多方面的, 以上所列举的只是最基本的性能要求。为了使轴承合金具备上述性能, 在选择轴承材料时, 只能选用两相或多相组成的合金。目前, 轴承合金的组织特征大致可以归纳为以下两类:

第一类: 合金组织由硬质点相和软基体组成, 如锡基、铅基合金及锡青铜等类型的合金; 第二类: 合金组织由较硬的基体和软质点相组成, 如铝-锡、铝-石墨复合材料及铅青铜、灰铸铁等类型的合金。

这两类合金中, 前者是早期的轴瓦材料, 目前仍在工业中广泛使用。后者是近代才发展起来的, 它们具有较好冲击韧性和抗疲劳性能, 合金组织中的 Sn、Pb 及石墨相是很好的固体润滑剂。这类合金常常用来制造在工作温度高、传递功率大、受冲击载荷及转动速度很高的条件下工作的轴承。

工业中使用有色金属材料的轴承合金主要有以下几种:

①锡基轴承合金 (Sn-Sb-Cu 系); ②铅基轴承合金 (Pb-Sb-Sn 系、Pb-Ca-Na 系等); ③镉基轴承合金 (Cd-Ni 系、Cd-Ag 系、Cd-Zn 系等); ④铝基轴承合金; ⑤锌基轴承合金; ⑥铜基轴承合金 (锡青铜、锡磷青铜、铅青铜、铝青铜、硅黄铜、锰黄铜等)。

锡基、铅基及镉基轴承合金也称为巴氏合金, 它们具有很小的摩擦系数, 良好的嵌藏性、顺应性及抗咬合能力, 很高的化学稳定性, 同时, 也容易熔炼和加工。所以, 它们做为软质耐磨合金被广泛应用在工业中。但由于巴氏合金质地软而强度低, 不能用来制造整体轴

承，而是将它们浇铸在低碳钢（有时也用青铜或铸铁）制成的钢背壳（以下称钢壳）表面，作为轴瓦衬材料使用。

二、砂型铸造

铸造方法很多，因其铸型种类的不同，可分为砂型铸造，金属型铸造及熔模铸造等等，铸型用型砂做成的，就称为砂型铸造，又简称砂铸。

砂型铸造生产工序很多，主要的工序为制模、配砂、造型、造芯、合型、熔炼、浇注、落砂、清理和检验。例如，套筒铸件的生产过程如图 2-4 所示。

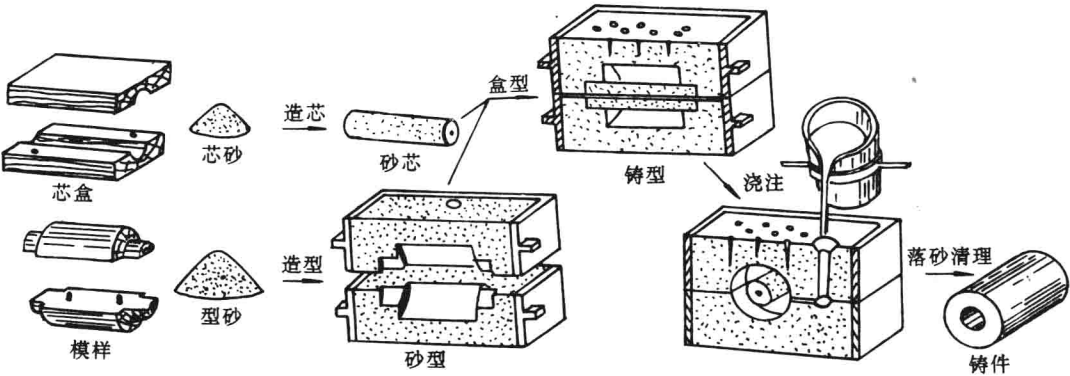


图 2-4 套筒的砂型铸造过程

铸型的组成如图 2-5 所示。

1. 型砂的组成及种类

砂型是由型砂做成的。型砂的质量直接影响着铸件的质量。型砂质量不好会使铸件产生气孔、砂眼、粘砂和夹砂等缺陷，这些缺陷造成的废品约占铸件总废品的 50% 以上。中、小铸件广泛采用湿砂型（不经烘干可直接浇注的砂型），大铸件则用干砂型（经过烘干的砂型）。

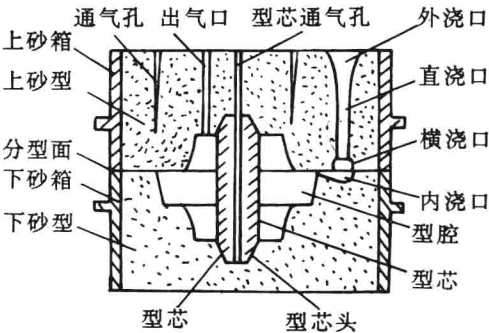


图 2-5 铸型的组成

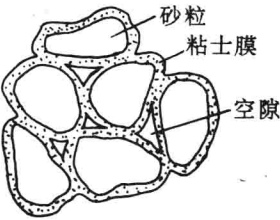


图 2-6 型砂结构示意图

(1) 湿型砂的组成 湿型砂主要由砂子、膨润土、煤粉和水等材料所组成，也称煤粉砂。砂子是型砂的主体，主要成分是 SiO_2 ，其熔点 1713°C ，是耐高温的物质。膨润土是粘结性较大的一种粘土，用做粘结剂。它吸水后形成胶状的粘土膜，包覆在砂粒表面，把单个砂粒粘结起来，使型砂具有湿态强度。煤粉是附加物质，它在高温受热时，分解出一层带光

泽的碳附着在型腔表面，起防止铸铁件粘砂的作用。砂粒之间的空隙起透气作用。紧实后的型砂结构见图 2-6。

(2) 常用型(芯)砂的种类 按粘接剂的种类不同，型(芯)砂，可分为以下几种：

①粘土砂 是以粘土(包括膨润土和普通粘土)为粘结剂的型砂。其用量占整个铸造用砂的 70%~80%。其中湿型砂使用最广，它不用烘干，成本低、工序简单、生产率高，便于组织自动化生产。但湿型砂强度不高，多用于中小铸铁生产。

粘土砂按功能和使用方式不同可分为：面砂、背砂、单一砂。与模样接触的那一层型砂叫面砂，其强度和透气性要求较高，在面砂背后只作为填充加固用的型砂叫背砂，背砂一般用旧砂。在大量生产中为简化操作、提高生产率，往往不用面砂和背砂，而只用一种砂称为单一砂。

②水玻璃砂 它是用水玻璃(硅酸钠的水溶液)为粘结剂配制而成的型砂。水玻璃加入量为砂子质量的 6%~8%。

水玻璃砂硬化速度快、生产周期短，易于实现机械化。但水玻璃砂溃散性差，落砂、清砂及旧砂回用困难。在浇注铸铁件时粘砂严重，故不适于铸铁生产，主要应用铸钢件。

③树脂砂 它是用合成树脂(酚醛树脂和呋喃树脂等)为粘结剂的型砂。树脂加入量为砂子质量的 3%~6%。树脂砂加热后 1~2min 可硬化，强度很高，铸件尺寸精度高，表面光洁，溃散性极好，落砂方便，易于实现机械化和自动化。树脂砂是一种有发展前途的新型造型材料，目前主要用于制造复杂的砂芯。

2. 造型方法

用型砂及模样等工艺装备制造铸型的过程称为造型。这种铸型又称砂型，是由上砂型、下砂型、型腔(形成铸件形状的空腔)、砂芯、浇注系统和砂箱等部分组成的，铸型的组成及各部分名称见图 2-7。上、下砂型的接合面称为分型面。上、下砂型的定位可用泥记号(单件、小批生产)或定位销(成批、大量生产)。

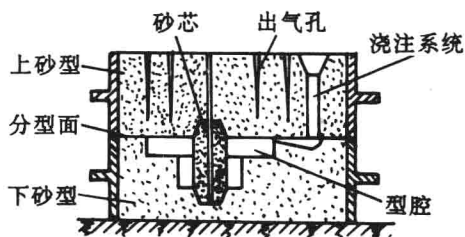


图 2-7 铸型装配图

按造型的手段，造型方法可分为手工造型和机器造型两大类。

(1) 手工造型 手工造型操作灵活、工艺装备简单，但生产效率低，劳动强度大，仅适用于单件小批生产。

手工造型的方法很多，按砂箱特征分有：两箱造型、三箱造型、脱箱造型、地坑造型等。按模样特征分有：整模造型、分模造型、活块模造型、挖砂造型、假箱造型和刮板造型等。可根据铸件的形状、大小和生产批量选择。

下面只就分模两箱造型方法作以简介，如图 2-8 所示为分模造型过程示意图。

(2) 机器造型 机器造型是用机器全部完成或部分地完成造型的方法。与手工相比生产效率高，铸件尺寸精度较高，表面粗糙度较低，改善了劳动条件。但投资大、生产准备时间长，适于大批量生产。另外，机器造型只适于两箱造型，不宜使用活块。

机器造型常用的紧实型砂的方法有下面几种：

①震压紧实 它综合应用震实和压实紧砂的优点。型砂紧实均匀，在生产中应用较多。

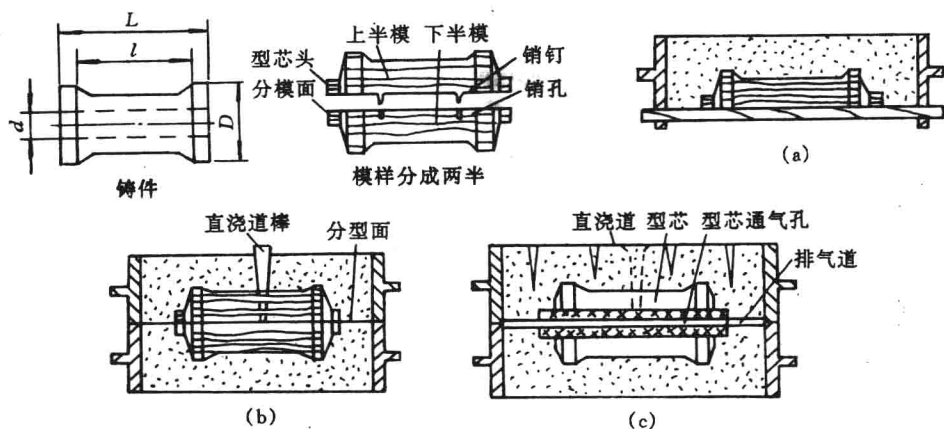


图 2-8 分模两箱造型

(a) 用下半模造下型 (b) 用上半模造上型 (c) 起模、放型芯、合型

②微震压实 在高频率 (700~1000 次/min), 低震幅 (5~10mm) 震动下, 利用型砂的惯实作用, 同时或随后加压的造型方法。它噪音小、紧实均匀、生产率高。

③射砂紧实 利用压缩空气将型砂射入砂箱而进行紧实的方法。由于填砂和紧实同时进行, 故生产率高。

④抛砂紧实 利用离心力将型砂抛出, 使型砂在惯性力作用下完成填砂和紧实。该方法效率高, 紧实均匀, 可用于大中型铸件的生产。砂箱尺寸应大于 800×800 (mm²)。

机器造型的起模方式主要有: 顶箱起模、落模起模、翻台起模和漏模起模等。

3. 典型零件的结构设计原则

机械零件的结构设计非常重要, 在实际工作中, 零件设计既要夹层零件的功用性, 又要考虑零件的可加工性, 如果所设计出来的零件再好, 生产单位无论如何也生产制造不出来, 那么, 这个零件的设计就是失败的。下面从以下几个方面介绍一下零件的结构设计。

(1) 零件应有合适的壁厚, 且内壁要薄于外壁, 并力求壁厚均匀, 减少肥厚部分, 并注意壁厚过渡和圆角, 以防零件扭曲变形。

(2) 应极力避免水平的大平面结构。

(3) 注意凸台、凸缘和加强筋的结构, 改进零件内腔的结构设计。

三、特种铸造

与砂型铸造不同的其他铸造方法为特种铸造。特种铸造能弥补普通砂型铸造的精度差、表面不光洁, 力学性能低及工人劳动条件不好等不足。常用的特种铸造方法有熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造和离心铸造等。

1. 熔模铸造

熔模铸造又称失蜡铸造, 它是用易熔材料制成精确的模样, 在其上涂挂耐火材料制成型壳, 熔去模样得到中空的耐火型壳, 型壳经焙烧后将熔融的金属浇入, 金属冷凝后敲掉型壳获得铸件的一种铸造方法。其主要工艺如图 2-9 所示。

熔模铸造的优点是: 铸型无分型面, 蜡模尺寸精确, 表面光洁, 是一种少切削或无切削