



普通高等教育“十三五”规划教材

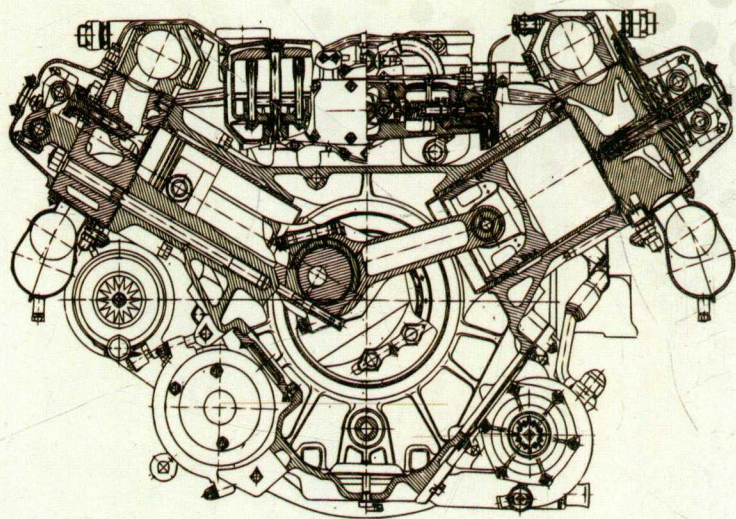
# 机械制造技术基础

JIXIEZHIZAOJISHUJICHU



赠教学课件

马硕 金米玲 温剑艺 主编



延边大学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

# 机械制造技术基础

主 编 马 硕 金米玲 温剑艺

副主编 樊 磊

延边大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/马硕, 金米玲, 温剑艺主编. —延吉: 延边大学出版社, 2017. 5

ISBN978-7-5688-2816-1

I. ①机… II. ①马… ②金… ③温… III. ①机械制造工艺-高等职业教育-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第122899号

机械制造技术基础

主 编: 马 硕 金米玲 温剑艺

责任编辑: 田莲花

封面设计: 曾宪春

出版发行: 延边大学出版社

社 址: 吉林省延吉市公园路 977 号 邮编: 133002

网 址: <http://www.ydcbs.com>

E-mail: [ydcbs@ydcbs.com](mailto:ydcbs@ydcbs.com)

电 话: 0433-2732435

传真: 0433-2732434

发行部电话: 0433-2732442

传真: 0433-2733266

印 刷: 北京文星印刷厂

开 本: 787×1092 毫米 1/16

印 张: 13.5

字数: 360 千字

版 次: 2017 年 8 月第 1 版

印 次: 2017 年 8 月第 1 次

ISBN 978-7-5688-2816-1

定 价: 38.00 元

# 前言

随着现代教育的蓬勃发展和现代教学改革的不深入,编写符合现代教育特色要求的教材,是促进教学改革、培养适应时代要求的技术应用性专门人才的一项重要工作。鉴于现代教育人才的培养模式和教学内容体系改革的要求,在吸取近年教学实践中成功经验的基础上,本着基础课程教材要体现以讲清概念、强化应用为教学目的的宗旨,本书对传统的“热加工”、“切削加工”、“切削机床”等课程内容,进行分析取舍、结构优化,以毛坯成形工艺方法和机械零件表面加工工艺方法为主线,将机械制造过程中相关基础知识有机串联起来,形成了新的教学内容体系。整合后的机械制造技术基础教材,各章既有相对独立性,又紧密联系、互相渗透、融为一体。

本书由武汉交通职业学院马硕、武汉市仪表电子学校金米玲、广东省工商高级技工学校温剑艺担任主编,河南工业和信息职业学院樊磊担任副主编。本书具体编写分工如下:马硕编写模块二的内容;金米玲编写模块三课题二、课题三的内容;温剑艺编写模块一的内容;樊磊编写模块三课题一的内容。全书由马硕负责统稿。

由于编者水平有限,书中缺点、不妥之处在所难免,敬请有关专家、同行、读者不吝赐教!

编者

# 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 模块一 了解机械制造 .....       | 1   |
| 课题一 什么是机械制造 .....      | 1   |
| 模块二 机械制造中的热加工 .....    | 7   |
| 课题一 铸造 .....           | 7   |
| 项目一 概述 .....           | 7   |
| 项目二 铸造工艺基础 .....       | 8   |
| 项目三 铸造方法 .....         | 17  |
| 项目四 铸造工艺设计 .....       | 25  |
| 项目五 铸件结构工艺性 .....      | 34  |
| 项目六 常用铸造合金的生产 .....    | 39  |
| 课题二 锻压 .....           | 42  |
| 项目一 概述 .....           | 43  |
| 项目二 锻压工艺基础 .....       | 44  |
| 项目三 自由锻 .....          | 48  |
| 项目四 模锻 .....           | 55  |
| 项目五 板料冲压 .....         | 61  |
| 项目六 锻压件结构设计 .....      | 67  |
| 课题三 焊接 .....           | 70  |
| 项目一 概述 .....           | 70  |
| 项目二 手工电弧焊 .....        | 72  |
| 项目三 其他焊接方法 .....       | 81  |
| 项目四 常用金属材料的焊接 .....    | 92  |
| 项目五 焊接结构工艺设计 .....     | 97  |
| 课题四 机械零件毛坯的选择 .....    | 104 |
| 项目一 常见零件毛坯的分类与比较 ..... | 105 |



|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 项目二 毛坯选择的原则 .....     | 110 |
| 项目三 典型零件毛坯的选择 .....   | 113 |
| 模块三 切削加工 .....        | 115 |
| 课题一 切削加工基础知识 .....    | 115 |
| 项目一 加工质量 .....        | 115 |
| 项目二 切削运动 .....        | 117 |
| 项目三 刀具切削部分的几何角度 ..... | 119 |
| 项目四 刀具材料 .....        | 126 |
| 项目五 金属切削过程 .....      | 129 |
| 项目六 切削力 .....         | 136 |
| 项目七 切削热和切削温度 .....    | 140 |
| 项目八 刀具磨损和刀具寿命 .....   | 142 |
| 项目九 工件材料的切削加工性 .....  | 146 |
| 项目十 金属切削条件的选择 .....   | 150 |
| 项目十一 金属切削机床基础知识 ..... | 155 |
| 课题二 车削加工 .....        | 160 |
| 项目一 车床 .....          | 160 |
| 项目二 车削操作 .....        | 182 |
| 课题三 其他切削加工方法 .....    | 199 |
| 项目一 铣削加工 .....        | 199 |
| 参考文献 .....            | 210 |

# 模块一 了解机械制造

## 课题一 什么是机械制造

### 一、机械制造的定义

普通意义上，机械制造的概念是指将毛坯（或材料）和其他辅助材料作为原料，输入机械制造系统，经过存储、运输、加工、检验等环节，最后实现符合要求的零件或产品从系统输出。概括地讲，机械制造就是将原材料转变为成品的各种劳动总和。

零件或产品的制造将涉及材料和制造工艺的选择，加工过程也不一样。如图 1.1.1 这辆新款自行车，车架是碳纤维材质。制造工艺是将聚丙烯腈母材纤维烧成高强度碳纤维，加入钛网后制成碳布，放入环氧树脂中预浸，再根据各个部位需要的强度，将碳布裁剪、包覆在模具上制成车架。轮胎是聚氨酯材料与纤维材料的复合制品，制造工艺是将聚氨酯材料与配合剂混炼后离心浇注成胎面，与纤维材料组合成胎坯后经熟化制成轮胎。



图 1.1.1 新款自行车

### 二、机械制造方法

机械制造方法一般包括机械加工与机械装配两方面，而机械加工与装配中又有多种不同方法，如图 1.1.2 所示。

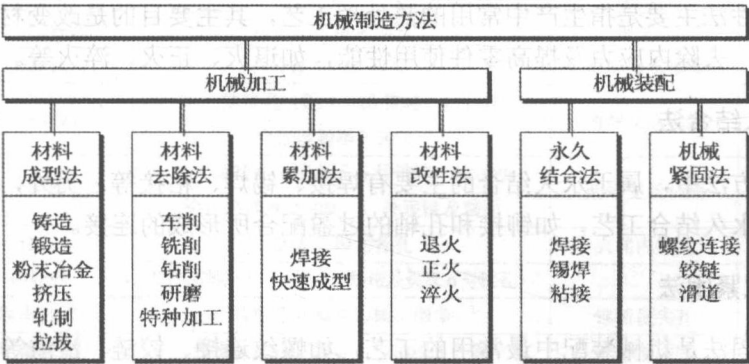


图 1.1.2 机械加工方法分类

## 1. 材料成型法

材料成型法指将原材料加热成液体、半液体并在特定模具中冷却成型、变形或将粉末状的原材料在特定型腔中加热、加压成型的方法，材料在成型前后没有质量的变化，故又常称“质量不变工艺”。生产中常用的铸造、锻造、粉末冶金、挤压、轧制、拉拔方法均属此类。

## 2. 材料去除法

材料去除法是指利用机械能、热能、光能、化学能等能量去除毛坯上多余材料而获得所需形状、尺寸的零件的方法，与毛坯相比，零件上因材料的去除而质量减少，故又称“质量减少工艺”。根据去除材料机理的不同，材料去除工艺又分四类：机械作用（用刀具克服工件材料硬度去除材料）、热的作用（利用热能溶化或汽化工件材料）、电化学作用（通过电场产生电化学反应，断开原来连接而去除材料）、化学作用（通过化学反应去除材料）。

通过机械作用的切削加工方法是生产中最常用的材料去除法，如车削、铣削、钻削等，另外，还可利用磨具去除工件材料，它不仅能获得较高的加工精度，而且能加工较硬的材料，是生产中常用的精加工方法。这类加工方法有较好的材料适应性（加工各类钢和大多数有色金属，磨削还可加工陶瓷，一些聚合物和复合材料也能加工），生产成本相对材料成型也较低，对工件形状、大小及质量的适应性也较好，即该类工艺具有很大的柔性，在生产中的应用最大（机械产品材料 90% 以上为金属，金属零件的制造 90% 以上采用切削加工），可以说是整个机械工业制造的脊梁。

其他的材料去除工艺由于使用能源的特殊常被称为特种加工或传统加工，包括：电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工、电子束和离子束加工等。

## 3. 材料累加法

材料累加法是指将分离的原材料通过加热、加压或其他手段结合成零件的方法，又称“质量增加工艺”。属于此类工艺的有焊接、快速原型制造等。

## 4. 材料改性法

材料改性法主要是指生产中常用的热处理工艺，其主要目的是改变材料性能以改善材料加工性，去除内应力及提高零件使用性能，如退火、正火、淬火等。

## 5. 永久结合法

在装配方法中，属于永久结合的主要有焊接、锡焊、粘接等。另外，生产中还有较为特殊的半永久结合工艺，如铆接和孔轴的过盈配合所形成的连接。

## 6. 机械紧固法

机械紧固法是机械装配中最常用的工艺，如螺纹连接、铰链、滑道等。机械紧固连接便于拆卸。



表 1.1.1 (续)

| 序号 | 工序名称   | 工序内容                             | 定位基准              | 设备       |
|----|--------|----------------------------------|-------------------|----------|
| 17 | 粗磨大端锥孔 | 粗磨大端内锥孔（重配莫氏 6 号锥堵，涂色法检查接触率≥40%） | 前支承轴颈及φ75h5 外圆    | 内圆磨床     |
| 18 | 铣花键    | 铣φ89f6 花键                        | 锥堵顶尖孔             | 花键铣床     |
| 19 | 铣键槽    | 铣 12f9 键槽                        | φ80h5 及 M115mm 外圆 | 立式铣床     |
| 20 | 车螺纹    | 车三处螺纹（与螺母配车）                     | 锥堵顶尖孔             | 卧式车床     |
| 21 | 精磨外圆   | 精磨各外圆及 E、F 两端面                   | 锥堵顶尖孔             | 外圆磨床     |
| 22 | 粗磨外锥面  | 粗磨两处 1：12 外锥面                    | 锥堵顶尖孔             | 专用组合磨床   |
| 23 | 精磨外锥面  | 精磨两处 1：12 外锥面、D 端面及短锥面           | 锥堵顶尖孔             | 专用组合磨床   |
| 24 | 精磨大端锥孔 | 精磨大端莫氏 6 号内锥孔（卸堵，涂色法检查接触率≥70%）   | 前支承轴颈及φ75h5 外圆    | 专用主轴锥孔磨床 |
| 25 | 钳工     | 端面孔去锐边倒角，去毛刺                     |                   |          |
| 26 | 检验     | 按图样要求全部检验                        | 前支承轴颈及φ75h5 外圆    | 专用检具     |

有序的执行这些操作就是机械制造过程。大致包括以下几个阶段：

1. 技术准备阶段

某种零件或产品投产前，必须做各项技术准备工作，首先要制定工艺规程，这是指导各项技术操作的重要文件。此外，原材料供应，刀、夹、量具的配备，热处理设备和检测仪器的准备，都要在技术准备阶段安排就绪。

2. 毛坯制造阶段

毛坯可由不同的方法获得。常用获得毛坯的方法有铸造、锻压、焊接和型材。具体应根据零件批量、尺寸、形状、性能要求等因素选用不同的毛坯成型方法。合理选择毛坯可提高生产率、降低成本。

3. 零件加工阶段

金属切削加工是目前各种零件的主要加工方法。通用的加工设备有车床、铣床、钻床、刨床、磨床等；此外，还有专用机床、特种加工机床、数控机床等。采用哪种加工方法，选用哪种加工设备，要根据零件的成本来定。

4. 产品检验和装配

每个零件按其在机器中作用不同，都有一定的精度、表面粗糙度和相关的技术要求，而零件在加工过程中，不可避免地会产生加工误差。因此，必须设定检验工序，以对加工过程产生的尺寸、几何形状误差等进行检验。此外，对于承受重载或高温、高压条件下工作的零件还应进行内部性能检验，如缺陷检验、力学性能或金相组织检验等。只有当质量检验全面合格后零件才能使用。装配过程中必须严格遵守技术条件的规定，如零件的清洗、装配顺序、装配方法、工具使用、结合面修磨、润滑剂施加及运转跑合、油漆色泽和包装，

都不能掉以轻心，只有这样才能生产出符合要求的合格产品。

在生产过程中，能直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置和性能的部分称为工艺过程，如毛坯制造、零件加工、热处理、表面处理、零部件的装配等。显然，工艺过程是机械制造过程的主要组成部分。

采用机械加工方法并将它们合理有序地组织在一起去逐步改变毛坯形状、尺寸及表面质量使其成为合格零件的过程称机械加工工艺过程，将组成产品的零件按设计要求正确结合成合格产品的过程称装配工艺过程。按照工作内容的不同，另外还有毛坯制造工艺过程，热处理、表面处理工艺过程等。

四、机械制造过程分析

每个零件的机械加工工艺过程都是由若干个基本单元组成，该组成单元称作工序。每一工序又分若干步骤，即工步、安装、工位和走刀。

1. 工序 一个或一组工人，在同一工作地对一个或同时对几个相同工件所连续完成的那部分工艺过程。它强调工作地不变动，加工对象唯一，工作连续完成。同一零件的加工可以有不同的加工工艺过程，例如图 1.1.4 所示的圆盘零件，当加工数量少时，工序划分如表 1.1.2 所示；当加工数量较大时，工序划分如表 1.1.3 所示。

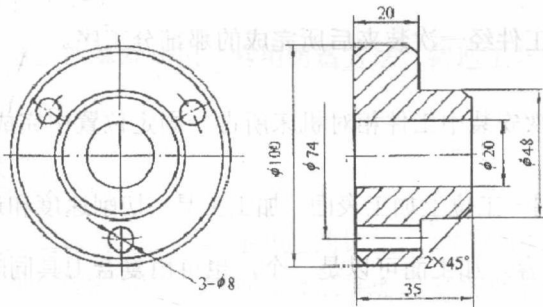


图 1.1.4 圆盘零件

表 1.1.2 圆盘零件单件小批机械加工工艺过程

| 工序号 | 工序名称 | 安装  | 工步 | 工序内容                         |
|-----|------|-----|----|------------------------------|
| 1   | 车削   | I   | 1  | (用三爪自定心卡盘夹紧毛坯小端外圆)           |
|     |      |     | 2  | 车大端端面                        |
|     |      |     | 3  | 车大端外圆至φ100 钻φ20 孔            |
|     |      |     | 4  | 倒角                           |
|     |      | II  | 1  | (工件调头，用三爪自定心卡盘夹紧大端外圆)        |
|     |      |     | 2  | 车小端面，保证尺寸 35mm               |
|     |      |     | 3  | 车小端外圆至φ48，保证尺寸 20mm          |
| 2   | 钻削   | III | 1  | (用夹具装夹工件)                    |
|     |      |     | 2  | 依次加工三个φ8 孔<br>在夹具中修去孔口的锐边及毛刺 |

表 1.1.3 圆盘零件单件成批机械加工工艺过程

| 工序号 | 工序名称 | 安装 | 工步 | 工序内容                         |
|-----|------|----|----|------------------------------|
| 1   | 车削   | I  | 1  | (用三爪自定心卡盘夹紧毛坯小端外圆)           |
|     |      |    | 2  | 车大端端面                        |
|     |      |    | 3  | 车大端外圆至 $\phi 100$            |
|     |      |    | 4  | 钻 $\phi 20$ 孔                |
| 2   | 车削   | I  | 1  | 倒角                           |
|     |      |    | 2  | (以大端面及涨胎芯轴)                  |
|     |      |    | 3  | 车小端面, 保证尺寸 35mm              |
| 3   | 钻削   | I  | 1  | 车小端外圆至 $\phi 48$ , 保证尺寸 20mm |
|     |      |    | 1  | 倒角                           |
| 4   | 钳工   | I  | 1  | (钳床夹具)                       |
|     |      |    |    | 依次加工三个 $\phi 8$ 孔            |
|     |      |    |    | 修去孔口的锐边及毛刺                   |

2. 安装 指工件经一次装夹后所完成的那部分工序。

3. 工位 一次安装中工件相对机床所占一固定位置中完成的那部分加工过程。

4. 工步 在同一工位上加工表面、加工工具、切削速度和进给量不变的情况下，所完成的那一部分内容。加工面可以是一个，也可由复合刀具同时加工几个。

5. 走刀 在一个工步内，若被加工表面需切去的金属层很厚，需要分几次切削，则每进行一次切削就是一次走刀。一个工步可包括一次或几次走刀。

由表 1.1.2 可知，该零件的机械加工分车削和钻削两道工序，缘于两者的操作工人、机床及加工的连续性均已发生了变化；而在车削加工工序中，虽然包含有多个加工表面和多种加工方法（如车、钻等），但其划分工序的要素未改变，故属同一工序。而表 1.1.3 分为四道工序又分若干步骤即工步、安装、工位和走刀。



## 模块二 机械制造中的热加工

金属铸造、热轧、锻造、焊接等工艺的总称叫热加工。热加工能使金属零件在成形的同时改善它的组织，或者使已成形的零件改变结晶状态以改善零件的机械性能。由于热加工过程较少或没有材料的损耗，故能以较高的生产率制造出与零件相近的制品。但传统热加工的制造精度一般不高，热加工制品常作为毛坯件，需要后续加工配合，最终制造出合格的金属零件。

### 课题一 铸造

铸造是液态成形，它能制造各种尺寸不同、形状复杂的毛坯或零件。铸造具有适应性广、成本低廉的优点，在一般机械中广泛采用铸件。因此，铸造是机械零件毛坯或成品零件热加工的一种重要工艺方法。

本课题主要介绍铸造工艺基础知识、常用铸造方法、铸造工艺设计和铸件结构工艺基础知识等。

### 项目一 概述

铸造就是熔炼金属，制造与零件形状相适应的铸型，并将熔融金属浇入铸型中，待其冷却凝固后获得毛坯或零件的方法。用铸造方法制造的毛坯或零件称为铸件。铸件生产过程如图 2.1.1 所示。

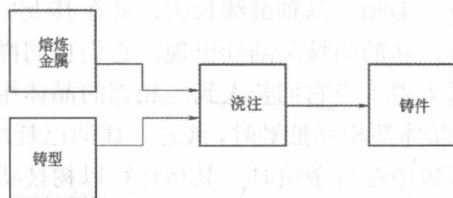


图 2.1.1 铸件生产过程框图

由上可知，铸造的实质就是材料的液态成形。由于液态金属易流动，各种金属材料都能用铸造的方法制成具有一定尺寸和形状的铸件，并使其形状和尺寸尽量与零件接近，以节省金属，减少加工余量，降低成本。因此，铸造在机械制造业中占有重要地位。据统计，在一般的机器设备中，铸件占机器总重量的 45%~90%，而铸件成本仅占机器总成本的 20%~25%。但是，液态金属在冷却凝固过程中，形成的晶粒较粗大，容易产生气孔、缩孔和裂纹等缺陷，所以铸件的力学性能不如相同材料的锻件好，而且存在生

产工序多、铸件质量不稳定、废品率高、工作条件差、劳动强度较高等问题。随着生产技术的不断发展,铸件的性能和质量正在进一步提高,劳动条件正逐步改善。当前铸造技术发展的趋势是,在加强铸造基础理论研究的同时,发展铸造新工艺,研制新设备,在稳定提高铸件质量、精度、减少表面粗糙度的前提下发展专业化生产,积极实现铸造生产过程的机械化、自动化,减少公害,节约能源,降低成本,使铸造技术进一步成为可与其他成形工艺相竞争的少余量、无余量成形工艺。

## 项目二 铸造工艺基础

铸件的质量与铸件的工艺过程密切相关,其中影响较大的是铸件的凝固和合金的铸造性能。

### 一、铸件的凝固

物质由液态转变为固态的过程称为凝固,铸造时由于固态金属均为晶体,因此金属的凝固过程又称为结晶。

#### 1. 铸造合金的结晶

铸造合金的结晶通过晶核的形成和晶体的长大这两个相互联系的基本过程来实现。

实际铸造合金的结晶,大多是以非均质方式形核。晶核的形成可能是由于液态金属中的一些原子自发地聚集在一起,按金属晶体的固有规律排列起来,形成自发晶核;也可能是由于液态金属中一些外来的微细的固态质点而形成的外来晶核。非均质形核所需能量较小,因而可以在较小过冷度下获得较多的晶核数目,这也是孕育(变质)处理技术可获得细晶铸件的原因。

晶体长大是合金液体中的原子不断向晶核表面堆砌的过程,也是液—固界面不断向液体中推进的过程。晶体沿各个方向的生长速度是不均匀的,它主要沿生长线速度最大的方向发展,这样就形成了晶轴。晶轴继续长大,并在其上长出许多小晶轴,发展为树枝状。在晶体长大的同时,新的晶核又陆续出现,它们也同样地形成晶体,这样就有许多晶体在不同的程度上长大着。当它们长大到与相邻的晶体相抵触时,这个方向的长大就停止了。当全部长大的晶体都相互抵触时,液态金属即已耗尽,结晶过程也就完成了。当过冷度较大,特别是液体中存有杂质时,晶体往往以树枝状形式长大。

凝固条件不同,晶体形态会发生变化。铸型型壁处传热快,型壁表面又有促进形核的作用,使得达到液相线温度的那部分液体合金在型壁上产生大量晶核,在型壁“激冷”及液体合金热对流的综合作用下,形成一层很薄的等轴细晶区。在细晶区形成的同时,铸型温度升高,液体合金的冷却速度降低,过冷度减小,形核率降低,使那些与传热最快方向相反、与型壁垂直的晶核,优先长大并顺利长入液体合金;而其他方向上的晶核受相邻晶体的阻碍生长较慢。此过程继续下去,就形成了向液体合金内部平行长大的柱状晶区。铸型心部,过冷度大为减小,温度梯度小,传热逐渐无方向性,晶体向各个方向充分、均匀长大,形成了粗大的等轴晶区。

铸件的质量和机械性能主要取决于柱状晶和等轴晶所占的比例。铸件究竟是以柱状晶为主，还是以等轴晶为主，除了和铸造合金的成分有关，还与铸件的凝固方式有关。

## 2. 铸件的凝固方式

铸件在凝固过程中，除纯金属和共晶成分合金外，一般都存在三个区域，即固相区、凝固（固—液两相）区和液相区。根据凝固区宽度的不同，铸件的凝固方式可分为逐层凝固、糊状凝固和中间凝固三种方式。

### （1）逐层凝固

纯金属、共晶类合金及窄结晶温度范围的合金，如灰口铸铁、铝硅合金、硅黄铜及低碳钢等，倾向于逐层凝固方式。其特征是，紧靠铸型壁的外层合金，一旦冷却至凝固点或共晶点温度时，即凝固成固态晶体，而处于上述温度以上的里层合金，仍为液态。固—液界面分明、平滑，不存在固液交错。随着热量传向型壁，温度不断下降，又一层固态晶体形成。如此凝固过程继续下去，柱状晶向液体内生长，直至彼此抵触为止。断面心部尚未凝固的液体金属及低熔点杂质，被柱状晶所封闭，见图 2.1.2（a）。

### （2）糊状凝固

结晶温度范围大的合金，如铝铜合金、锡青铜及球墨铸铁、高碳钢等，倾向于糊状凝固方式。这些合金一旦冷却至液相线温度时，结晶出的第一批晶粒即被周围剩余的液体合金所包围，晶体生长在各个方向上比较均匀；温度继续下降，新形成的另一批晶粒又被液体合金包围，这使小晶粒充斥整个断面，固液交错，最终在铸件整个断面上生成粗大的等轴晶；尚未凝固的液体合金，则被众多的等轴晶封闭。这种凝固方式犹如水泥凝固，先呈糊状而后固化，见图 2.1.2（b）。



图 2.1.2 铸件的凝固方式

### （3）中间凝固

中碳钢、白口铁以及部分特种黄铜等，倾向于中间凝固方式。它介于逐层凝固和糊状凝固之间，既有柱状晶又有等轴晶。

合金铸件的凝固区不是一成不变的，它还与铸件的温度有关，因此凡是影响铸件温度梯度的因素，都影响凝固区的大小。例如，有些合金在砂型制造时呈中间凝固，而改为金属型铸造时可减小凝固区的宽度。

## 二、合金的铸造性能

合金的铸造性能是指在铸造生产过程中，铸造成形的难易程度，容易获得正确的外形、内部又健全的铸件，其铸造性能就好。应该指出，铸造性能是一个复杂的综合性能，通常用

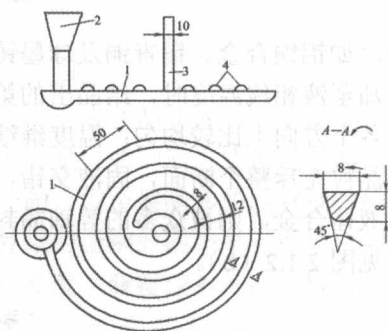
充型能力、收缩性等指标来衡量。影响铸造性能的因素很多,除合金元素的化学成分外,还有工艺因素。因此,必须掌握合金的铸造性能,以便采取工艺措施,防止铸造缺陷,提高铸件质量。

### 1. 合金的充型能力

熔融金属充满型腔,形成轮廓清晰、形状完整的铸件的能力叫做液态合金的充型能力。影响液态合金充型能力的因素有两个:一是合金的流动性,二是外界条件。

#### (1) 合金的流动性

铸造合金流动性的好坏,通常以螺旋形流动性试样的长度来衡量。将金属液浇入图 2.1.3 所示的螺旋形试样的铸型中,在相同的铸型及浇注条件下,得到的螺旋形试样越长,表示该合金的流动性越好。不同种类合金的流动性差别较大,如表 2.1.1 所示。铸铁和硅黄铜的流动性最好,铝硅合金次之,铸钢最差。在铸铁中,流动性随碳、硅含量的增加而提高。同类合金的结晶温度范围越小,结晶时固液两相区越窄,对内部液体的流动阻力越小,合金的流动性也越好。



1—试样; 2—浇口杯; 3—冒口; 4—试样凸点

图 2.1.3 螺旋形流动性试样示意图

表 2.1.1 常用合金的流动性比较

| 合金                               | 造型材料        | 浇铸温度 (°C) | 螺旋线长度 (mm) |
|----------------------------------|-------------|-----------|------------|
| 铸铁 ( $W_{C+Si}=6.2\%$ )          | 砂型          | 1300      | 1800       |
| ( $W_{C+Si}=5.9\%$ )             |             | 1300      | 1300       |
| ( $W_{C+Si}=5.2\%$ )             |             | 1300      | 1000       |
| ( $W_{C+Si}=4.2\%$ )             |             | 1300      | 600        |
| 铸钢 ( $W_C=0.4\%$ )               | 砂型          | 1600      | 100        |
|                                  |             | 1400      | 200        |
| 铝硅合金                             | 金属型 (300°C) | 690~720   | 100~800    |
| 镁合金 (Mg—Al—Zn)                   | 砂型          | 700       | 400~600    |
| 锡青铜 ( $W_{Sn}=9\%\sim 11\%$ )    | 砂型          | 1040      | 420        |
| ( $W_{Zn}=2\%\sim 4\%$ )         |             | 1100      | 1000       |
| 硅黄铜 ( $W_{Si}=1.5\%\sim 4.5\%$ ) |             |           |            |

流动性好的合金，充型能力强，易得到形状完整、轮廓清晰、尺寸准确、薄而复杂的铸件。反之，铸件容易产生浇不足、冷隔等缺陷。流动性好，还有利于金属液中的气体、非金属夹杂物的上浮与排除有利于补充铸件凝固过程中的收缩。以免产生气孔、夹渣以及缩孔、缩松等缺陷。

铸件的凝固方式对合金的流动性影响较大。如前所述，呈逐层凝固的灰口铸铁、硅黄铜等合金，其凝固前沿比较平滑，对金属的流动阻力小，因而充型能力强，见图2.1.4 (a)；而呈糊状凝固的球墨铸铁、高碳钢等，凝固前沿为发达的枝晶与液体合金互相交错，对金属流动的阻力大，因而充型能力差，容易产生铸造缺陷，见图2.1.4 (b)。所以，从流动性考虑，宜选用共晶成分或窄结晶温度范围的合金作为铸造合金。

除此之外，合金液的黏度、结晶潜热、导热系数等物理性能对合金的流动性都有影响。

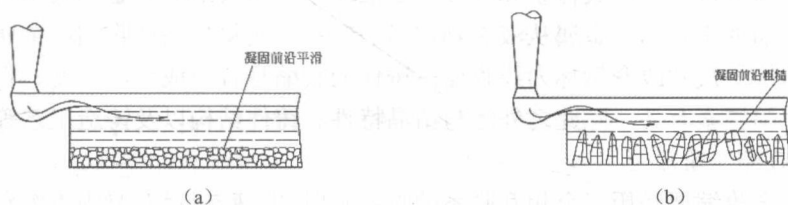


图 2.1.4 凝固方式对流动性的影响

## (2) 外界条件

影响充型能力的外界因素有铸型条件、浇注条件和铸件结构等。这些因素主要是通过影响金属与铸型之间的热交换条件，从而改变金属液的流动时间，或是通过影响金属液在铸型中的水动力学条件，从而改变金属液的流动速度来影响合金充型能力的。如果能够使金属液的流动时间延长，或加快流动速度，就可以改善金属液的充型能力。

### 1) 铸型条件

铸型的导热速度越大或对金属液流动阻力越大，金属液流动时间就短，合金的充型能力越差。例如，液态合金在金属型中的充型能力比在砂型中差。砂型铸造时，型砂中水分过多，排气不好，浇注时产生大量气体，会增加充型的阻力，使合金的充型能力变差。

### 2) 浇注条件

在一定范围内，提高浇注温度，可使液态合金黏度下降，流速加快，还能使铸型温度升高，金属散热速度变慢，从而大大提高金属液的充型能力。但如果浇注温度过高，容易产生粘砂、缩孔、气孔、粗晶等缺陷。因此，在保证金属液具有足够充型能力的前提下应尽量降低浇注温度，例如铸钢的浇注温度范围为  $1520\sim 1620^{\circ}\text{C}$ ，铸铁的浇注温度范围为  $1230\sim 1450^{\circ}\text{C}$ ，铝合金的浇注温度范围为  $680\sim 780^{\circ}\text{C}$ ，薄壁复杂铸件取上限，厚大铸件取下限。提高金属液的充型压力和浇注速度可使充型能力增加，如增加直浇口的高度，也可以用人工加压方法（压力铸造、真空吸铸及离心铸造等）。此外，浇注系统结构越复杂，流动阻力越大，充型能力越低。

### 3) 铸件结构

当铸件壁厚过小，壁厚急剧变化，结构复杂以及有大的水平面等结构时，都使金属