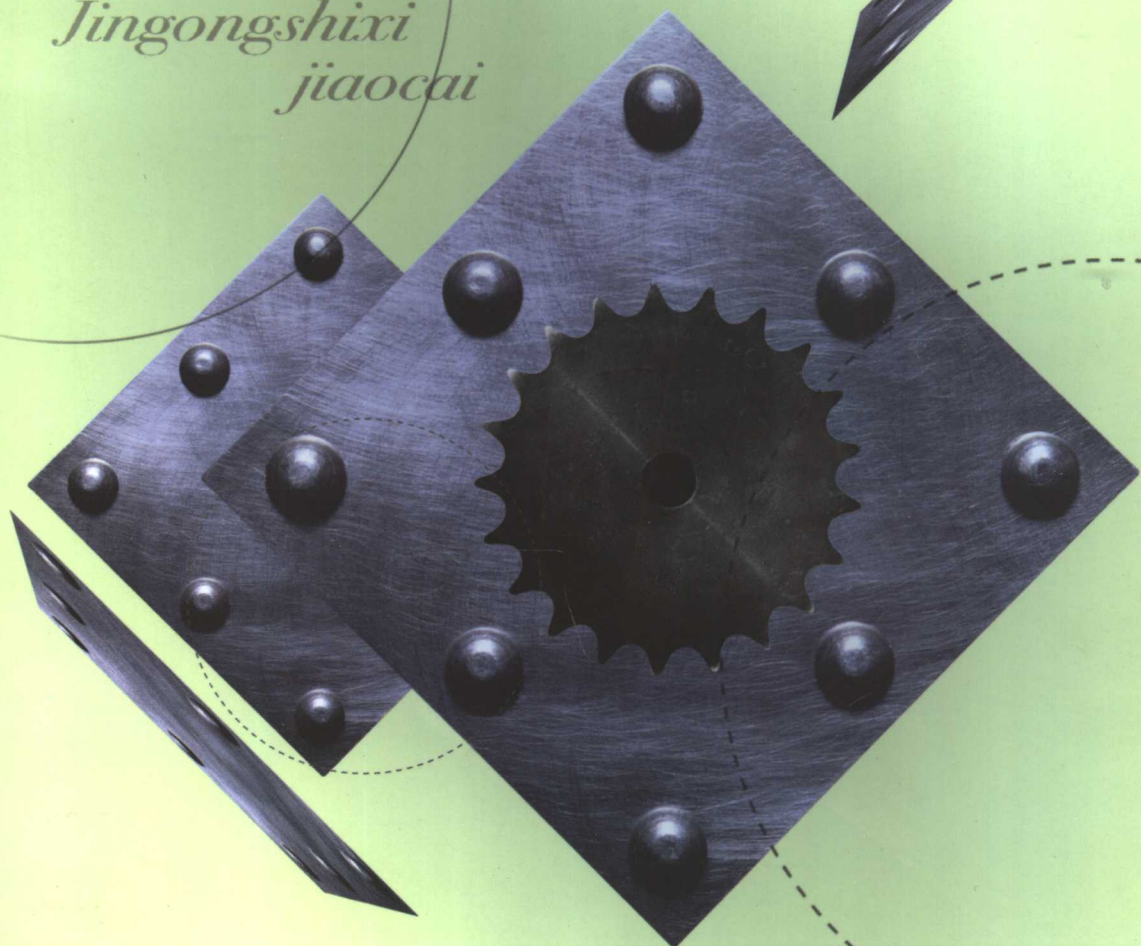


● 高职高专制造业人才培养培训规划教材

# 金工实习 教材

■ 余承辉 余嗣元 主编

*Jingongshixi  
jiaocai*



合肥工业大学出版社

## 内 容 简 介

本书是作者在从事多年高职教学的实践基础上编写而成的,内容包括钢的热处理、铸造、锻压、焊接、常用量具、金属切削基本知识、车削、铣削、刨削、插削、拉削、磨削、钳工、数控加工与特种加工等。

本书为高职高专、电大、职大、成人教育等院校有关专业学生的金工实习教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

金工实习教材/余承辉,余嗣元主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2006.6

ISBN 7-81093-373-6

I. 金... II. ①余... ②余... III. 金属加工—实习——高等学校:技术学校—教材  
IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 072325 号

## 金 工 实 习 教 材

主 编 余承辉 余嗣元

责任编辑 汤礼广

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2006年7月第1版
地 址	合肥市屯溪路193号	印 次	2006年7月第1次印刷
邮 编	230009	开 本	787×1092 1/16
电 话	总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198	印 张	13.75
网 址	www.hfutpress.com.cn	字 数	330千字
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店
		印 刷	合肥现代印务有限公司

ISBN 7-81093-373-6/TG·7

定价:21.00元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

# 前 言

本书是高职高专制造业人才培养培训规划教材之一，是高等职业技术教育理工科类专业学生金工实习教学用书，是编者在从事多年高职教学实践和积累大量教学经验的基础上编写而成的。

考虑到高等职业教育的特点和培养目标，因此，在编写本书时，编者坚持以提高学生的综合应用能力以及利用工艺理论解决生产实际问题的能力为主旨，目的是要帮助和指导学生在金工实习时，熟练地应用金属材料的冷、热加工理论，合理地拟定加工工艺规程，正确地执行加工工序和加工方法，以获得初步的工作技能，为以后的专业学习和走上工作岗位奠定必要的实践基础。

本书是从高职教育的实际需要出发来确定编写指导思想的，因此，本书主要体现了以下特色：注重实践性、启发性；以应用为目的，以必需、够用为度，以淡化理论、强化应用和加强实训为重点；注重理论联系生产实际，仿真生产实践和环境。本书除了可作为高职高专理工科类教学用书外，还可作为成人高校、职大、业大、函大等学校学生的教学用书。

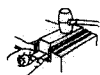
本书共分十章。其中第一章、第十章由安徽冶金科技职业学院储静编写；第二章、第五章由滁州职业技术学院付琪编写；第三章由安徽水利水电职业技术学院杨文杰编写；第四章由安徽水利水电职业技术学院余承辉编写；第六章、第七章由蚌埠学院甘瑞霞编写；第八章、第九章由安徽国防科技职业学院陈浩、孙良平编写；第十一章由安徽水利水电职业技术学院程玉编写。

本书由余承辉、余嗣元任主编，合肥工业大学刘志峰教授担任主审。主审认真、仔细审阅了全稿，并提出了许多宝贵的修改意见，对此我们表示衷心感谢。

由于编者的水平有限，加之时间仓促，书中难免有欠妥之处，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2006年6月

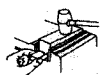


# 目 录

<b>第一章 钢的热处理</b> ..... 1	<b>第六节 焊接检验</b> ..... 90
第一节 概述..... 1	思考与练习 ..... 93
第二节 钢的热处理工艺..... 3	<b>第五章 常用量具</b> ..... 94
思考与练习..... 6	第一节 游标卡尺 ..... 94
<b>第二章 铸造</b> ..... 7	第二节 千分尺 ..... 97
第一节 概述..... 7	第三节 其他量具 ..... 98
第二节 模样与型砂..... 8	第四节 量具的选择与保养..... 103
第三节 造型及基本工艺 ..... 10	思考与练习..... 104
第四节 铸铁的熔炼 ..... 19	<b>第六章 金属切削基本知识</b> ..... 105
第五节 浇注、落砂、清理 ..... 20	第一节 概述..... 105
第六节 常见铸造缺陷 ..... 23	第二节 金属切削机床的基础知识 ..... 108
第七节 特种铸造 ..... 24	第三节 金属切削刀具..... 110
思考与练习 ..... 27	第四节 金属切削过程..... 111
<b>第三章 锻压成形</b> ..... 28	第五节 切削液..... 114
第一节 概述 ..... 28	思考与练习..... 115
第二节 自由锻 ..... 31	<b>第七章 车削加工</b> ..... 116
第三节 模锻 ..... 41	第一节 车床..... 116
第四节 板料冲压 ..... 45	第二节 车刀及其安装..... 119
第五节 挤压、轧制、拉拔、旋压..... 52	第三节 工件的安装及所用附件..... 122
思考与练习 ..... 57	第四节 车床安全操作技术及操作要点 ..... 126
<b>第四章 金属的焊接</b> ..... 58	第五节 车削加工..... 128
第一节 概述 ..... 58	第六节 车削实例..... 135
第二节 手工电弧焊 ..... 59	思考与练习..... 141
第三节 其他焊接方法 ..... 67	
第四节 焊缝结构 ..... 79	
第五节 常见焊接缺陷 ..... 82	



<b>第八章 铣削</b> .....	142	<b>第十章 钳工</b> .....	171
第一节 铣床.....	142	第一节 概述.....	171
第二节 铣刀及其安装.....	146	第二节 划线.....	172
第三节 工件的安装.....	148	第三节 锯割.....	176
第四节 铣削加工基本操作.....	149	第四节 锉削.....	179
第五节 铣削实例.....	152	第五节 孔加工.....	182
思考与练习.....	154	第六节 攻丝和套扣.....	187
<b>第九章 刨削、插削、拉削、磨削</b> .....	155	第七节 铣削.....	189
第一节 刨床.....	155	第八节 刮削.....	192
第二节 刨刀及其安装.....	158	思考与练习.....	193
第三节 工件装夹.....	159	<b>第十一章 数控加工与特种加工</b> .....	194
第四节 刨削加工基本操作.....	161	第一节 数控加工.....	194
第五节 插削.....	163	第二节 特种加工.....	207
第六节 拉削.....	165	思考与练习.....	212
第七节 磨削.....	166	<b>参考文献</b> .....	213
思考与练习.....	170		



# 第一章 钢的热处理

## 第一节 概 述

### 一、钢的热处理性质

钢的热处理是通过钢在固态下加热、保温和冷却,改变钢的内部组织,从而获得所要求性能的一种工艺方法。由于热处理改变和改善了金属材料的性能,因此,得到人们普遍重视,在生产中被广泛应用。汽车、拖拉机、内燃机、机床等产品加工过程中的许多零件(如刀具、量具、轴、齿轮和弹簧等)都要进行热处理。热处理已成为机械制造过程中不可缺少的工艺方法。

钢的热处理工艺方法很多,常用的有退火、正火、淬火、回火和表面淬火等。任何一种热处理工艺过程,都由下列三个阶段组成:

- (1) 加热 以某种加热速度把工件加热到预定的温度;
- (2) 保温 在规定的加热温度下保持一段时间,使工件内层、外层温度均匀;
- (3) 冷却 把保温后的工件以一定的速度冷却下来。

把工件的加热、保温、冷却过程绘制在温度-时间坐标图上,就可以得到如图 1-1 所示的热处理工艺曲线。改变其加热温度和冷却方式,可以获得不同的热处理工艺。

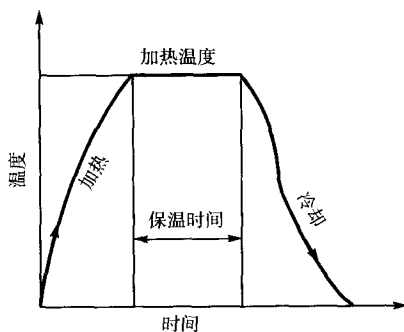


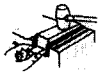
图 1-1 热处理的基本工艺曲线

### 二、热处理设备

热处理设备可分为主要设备和辅助设备两大类。主要设备包括热处理炉、热处理加热装置(如感应加热装置)、冷却设备、测量和控制仪表等。辅助设备包括工件清理设备(如酸洗设备、喷丸机)、检验设备、校正设备、起重运输装卸设备及消防安全设备等。

#### 1. 加热设备

(1) 箱式电阻炉 箱式电阻炉是利用电流通过布置在炉膛内的电热元件发热,使工件加热。图 1-2 所示是中温箱式电阻炉结构示意图。这种炉子的热电偶从炉顶或后壁插入炉膛,通过检温仪显示和控制温度。中温箱式电阻炉有 RX3 型,其中“R”表示电阻炉,“X”表示箱式,“3”表示设计序号。如 RX3-45-9 表示炉子的功率为 45 kW,最高工作温



度为 950℃。

箱式电阻炉适用于钢铁材料和非钢铁材料(有色金属)的退火、正火、淬火、回火热处理工艺的加热。

(2) 井式电阻炉 井式电阻炉的工作原理与箱式电阻炉相同。

图 1-3 所示是中温井式电阻炉结构示意图。这种炉子一般用于长形工件的加热。因炉体较高,一般均置于地坑中,仅露出地面 600~700 mm。井式电阻炉比箱式电阻炉具有更优越的性能,炉顶装有风扇,加热温度均匀,细长工件可以垂直吊挂,并可利用各种起重设备进料或出料。井式电阻炉型号有 RJ 型,其中“R”表示电阻炉,“J”表示井式。如 RJ-40-9 表示炉子的功率为 40 kW,最高工作温度为 950℃。井式电阻炉主要用于轴类零件或质量要求较高的细长工件的退火、正火、淬火工艺的加热。

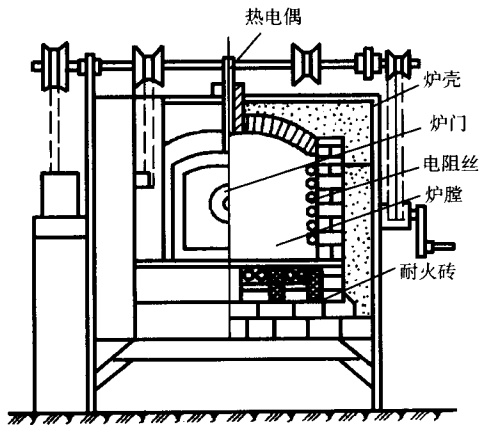


图 1-2 箱式电阻炉

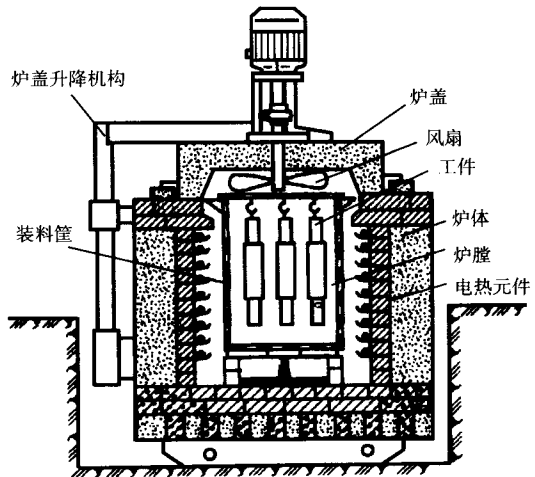


图 1-3 井式电阻炉

井式电阻炉和箱式电阻炉的使用都比较简单,在使用过程中应经常清除炉内的氧化铁屑,进出料时必须切断电源,不得碰撞炉衬或十分靠近电热元件,以保证安全生产和电阻炉的使用寿命

(3) 盐浴炉 盐浴炉是用熔盐作为加热介质的炉型。根据工作温度不同分为高温、中温、低温盐浴炉。高、中温盐浴炉采用电极的内加热式,是把低电压、大电流的交流电通入置于盐槽内的两个电极上,利用两电极间熔盐电阻发热效应,使熔盐达到预定温度,将零件悬挂在熔盐中,通过对流、传导作用,使工件加热。低温盐浴炉采用电阻丝的外加热式。盐浴炉可以完成多种热处理工艺的加热,其特点是加热速度快、均匀,氧化和脱碳少,是中小型工、模具的主要加热方式。图 1-4 所示是盐浴炉结构示意图,中温炉最高工作温度为 950℃,高

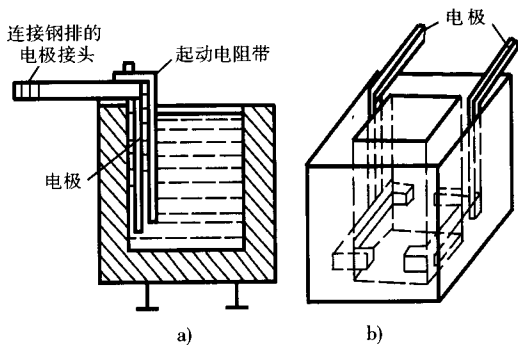


图 1-4 盐浴炉

a) 插入式盐浴炉 b) 埋入式盐浴炉



温炉最高工作温度为  $1300^{\circ}\text{C}$ 。

## 2. 其他设备

(1) 冷却设备 淬火冷却槽是热处理生产中主要的冷却设备,常用的有水槽、油槽、浴炉等。为了保证淬火能够正常连续的工作,使淬火介质保持比较稳定的冷却能力,须将被工件加热了的冷却介质冷却到规定的温度范围以内,因此常在淬火槽中加设冷却装置,如图 1-5 所示。

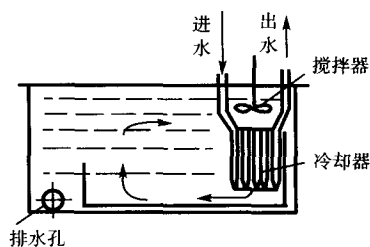


图 1-5 淬火冷却槽

(2) 专用工艺设备 专用工艺设备指专门用于某种热处理工艺的设备,如气体渗碳炉、井式回火炉、高频感应加热淬火装置等。

(3) 质量检测设备 根据热处理零件质量要求,检测设备一般设有检验硬度的硬度计、检验裂纹的探伤机、检验内部组织的金相显微镜及制样设备、校正变形的压力机等。

## 第二节 钢的热处理工艺

### 一、退火

将钢件加热到高于或低于钢的相变点适当温度,保温一定时间,随后在炉中或埋入导热性较差的介质中缓慢冷却,以获得接近平衡状态组织的一种热处理工艺。

#### 1. 退火的目的

(1) 降低钢件硬度,便于切削加工。铸、锻、焊成形工件,由于冷却速度过快,一般硬度偏高,不易切削加工。退火后,硬度降低到  $(200\sim 240)\text{HB}$ ,切削加工性较好。

(2) 消除残余应力,防止变形和开裂。退火可消除铸、锻、焊件的残余内应力,稳定工件尺寸,并减少淬火时变形和开裂的倾向。

(3) 消除缺陷,改善组织,细化晶粒,提高钢的机械性能。铸、锻、焊件中往往存在粗大晶粒的过热组织或带状组织缺陷,退火时进行一次重结晶,可消除上述组织缺陷,改善性能,并为以后淬火热处理作组织准备。

(4) 消除前一道工序(铸造、锻造、冷加工等)所产生的内应力,为下道工序最终热处理(淬火回火)做好组织准备。

(5) 消除冷作硬化,提高塑性以利于继续冷加工。冷加工使工件产生加工硬化,退火可消除加工硬化,提高塑性、韧性,以利于继续冷变形加工。

此外,退火还可以消除铸造偏析。

#### 2. 退火方法

(1) 完全退火 将亚共析钢加热到  $A_3$  以上  $30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ,保温一定时间后,随炉缓慢冷却,或埋入石灰中冷却,至  $500^{\circ}\text{C}$  以下在空气中冷却,如图 1-6 所示。完全退火的目的是使铸造、锻造或焊接所产生的粗大组织细化、所产生的不均匀组织得到改善、所产生的硬化层得到消除,以便于切削加工。完全退火主要用于处理亚共析组织的碳钢和合金钢的铸件、锻





件、热轧型材和焊接结构,也可做为一些不重要件的最终热处理。

(2) 球化退火 将共析或过共析钢加热至  $A_{c1}$  以上  $20\sim 30^\circ\text{C}$ ,保温一定时间,再冷至  $A_{c1}$  以下  $20^\circ\text{C}$  左右等温一定时间,然后随炉冷至  $600^\circ\text{C}$  左右出炉空冷,即为球化退火,如图 1-6 所示。球化退火主要用于消除过共析碳钢及合金工具钢中的网状二次渗碳体及珠光体中的片状渗碳体。

(3) 等温退火 将钢件加热到  $A_{c3}$  以上(对亚共析钢)或  $A_{c1}$  以上(对共析钢和过共析钢)  $30\sim 50^\circ\text{C}$ ,保温后较快地冷却到稍低于  $A_{c1}$  的温度,进行等温保温,使奥氏体转变成珠光体,转变结束后,取出钢件在空气中冷却。等温退火与完全退火目的相同,但可将整个退火时间缩短大约一半,而且获得更为均匀的组织 and 硬度。等温退火主要用于奥氏体比较稳定的合金工具钢和高合金钢等。

(4) 去应力退火 将钢件随炉缓慢加热( $100^\circ\text{C}/\text{h}\sim 150^\circ\text{C}/\text{h}$ )至  $500^\circ\text{C}\sim 650^\circ\text{C}$ ,保温一定时间后,随炉缓慢冷却( $50^\circ\text{C}/\text{h}\sim 100^\circ\text{C}/\text{h}$ )至  $300^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$  以下再出炉空冷,称为去应力退火,如图 1-6 所示。去应力退火又称低温退火,主要用于消除铸件、锻件、焊接件、冷冲压件及机加工件中的残余应力,以稳定尺寸、减少变形,钢件在低温退火过程中无组织变化。

(5) 再结晶退火 将钢件加热到再结晶温度以上  $150^\circ\text{C}\sim 250^\circ\text{C}$ ,即  $650^\circ\text{C}\sim 750^\circ\text{C}$  范围内,保温后炉冷,通过再结晶使钢材的塑性恢复到冷变形以前的状况。这种退火也是一种低温退火,用于处理冷轧、冷拉、冷压等产生加工硬化的钢材。

(6) 扩散退火 扩散退火是把铸锭或铸件加热到  $A_{c3}$  以上  $150^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$  (一般为  $1000^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ ),长时间保温后随炉冷却。扩散退火又称均匀化退火,主要用于合金钢铸锭和铸件,以消除成分偏析,使成分均匀化。

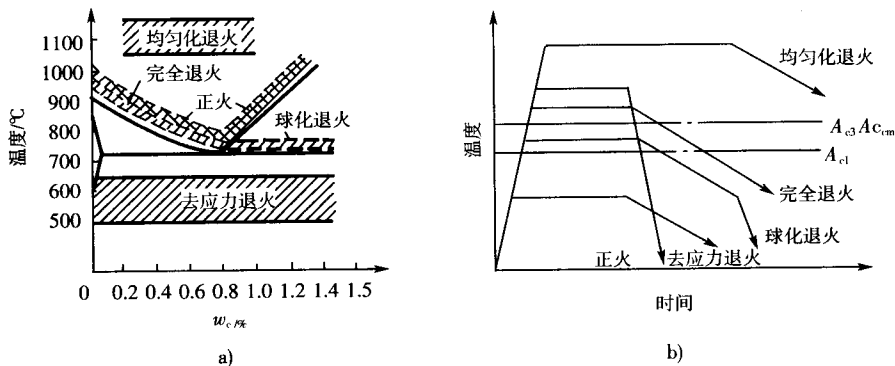


图 1-6 常用退火与正火的加热温度范围和热处理工艺曲线

a) 加热温度范围 b) 热处理工艺曲线

## 二、正火

正火是将亚共析钢加热到  $A_{c3}$  以上 ( $30^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ )、过共析钢加热到  $A_{cm}$  以上 ( $30^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ ),保温一定时间在空气中冷却的热处理工艺方法。正火与退火主要区别在于正火冷却速度较快、所获得的组织较细、强度和硬度较高。对于机械性能要求不高的普通结构零件,正火可细化晶粒、提高机械性能。因此可作为最终热处理;对于低中碳结构钢,正火作为预先热处理,可获得合适的硬度,有利于切削加工;对于过共析钢,正火可以抑制或消除网状二次渗碳体的形成。



### 三、淬火

淬火是将工件加热到  $A_{c3}$  或  $A_{c1}$  线以上  $30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$  的某一温度,保持一定时间,然后以适当速度冷却获得马氏体或贝氏体组织的热处理工艺。淬火的主要就是为了获得马氏体或下贝氏体组织,可显著提高钢的强度和硬度,是赋予钢件最终性能的关键性工序。

选择适当的淬火方法同选用淬火介质一样,可以保证在获得所要求的淬火组织和性能的条件下,尽量减小淬火应力,减少工件变形和开裂倾向。

(1) 单介质淬火 单介质淬火法是将加热至奥氏体状态的工件放入一种淬火介质中,一直冷却到室温的淬火方法(见图 1-7 中的冷却曲线  $a$ )。这种淬火方法适用于形状简单的碳钢和合金钢工件。形状简单、尺寸较大的碳钢件多采用水淬,而小尺寸碳钢件和合金钢件一般用油淬。

(2) 双介质淬火 双介质淬火法是将工件加热奥氏体化后,先浸入冷却能力强的介质中,在即将发生马氏体转变时,立即转入冷却能力弱的介质中继续冷却(图 1-7 中的冷却曲线  $b$ )。一般用水作为快冷淬火介质,用油作为慢冷淬火介质,有时也可以采用水淬、空冷的方法。这种淬火方法充分利用了水在高温区冷却速度快和油在低温区冷却速度慢的优点,既可以保证工件得到马氏体组织,又可以降低工件在马氏体转变时的冷却速度,减少组织应力,从而防止工件变形或开裂,尺寸较大的碳素钢工件适宜采用这种淬火方法。

(3) 分级淬火 是将工件加热到奥氏体化后浸入温度稍高于或稍低于  $M_s$  点的碱浴或盐浴中保持适当时间,在工件整体达到介质温度后,尚未发生贝氏体转变之前取出空冷,以获得马氏体的淬火方法(见图 1-7 中的冷却曲线  $c$ )。这种淬火方法由于工件内外温度均匀并在缓慢冷却条件下完成马氏体转变,大大减小了淬火应力(比双介质淬火小),因而有效地减小或防止了工件淬火变形和开裂。同时还克服了双介质淬火出水入油时间难以控制的缺点。但这种淬火方法由于冷却介质温度较高,工件在碱浴或盐浴中的冷却速度较慢,而等温时间又有限制,大截面零件难以达到其临界淬火温度。分级淬火只适用于尺寸较小的工件,如刀具、量具和要求变形很小的精密工件。

(4) 等温淬火 是将奥氏体化后的工件淬入稍高于  $M_s$  点温度的盐浴中等温保持足够长时间,使奥氏体全部转变为下贝氏体组织,然后于

空气中冷却的淬火方法(见图 1-7 中的冷却曲线  $d$ )。下贝氏体组织的强度、硬度较高,韧性良好,故等温淬火可显著提高钢的综合机械性能。等温淬火可以显著减小工件变形和开裂倾向,适宜处理形状复杂、尺寸精度要求较高的工具和重要的机器零件,如模具、刀具、齿轮等。同分级淬火一样,等温淬火也只能适用于尺寸较小的工件。

### 四、回火

回火是将淬火后的工件重新加热到  $A_1$  以下的某一温度,保温后冷却到室温的热处理工艺。回火紧接着淬火后进行,与淬火配合,使工件获得所需的使用性能。回火的目的是减

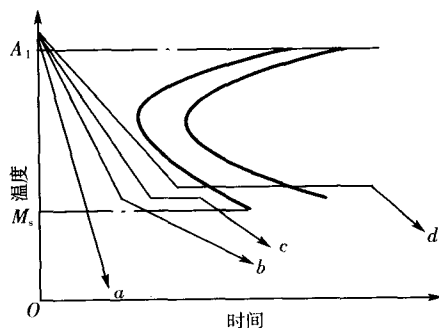


图 1-7 钢的淬火方法

a—单介质淬火法 b—双介质淬火法  
c—分级淬火法 d—等温淬火法



少或消除淬火内应力;稳定组织,稳定尺寸;降低淬火钢的脆性,获得所需要的力学性能。

1. 低温回火(小于  $250^{\circ}\text{C}$ ) 低温回火后得到回火马氏体组织,其目的是降低钢的淬火应力和脆性。回火马氏体具有高的硬度(一般为  $58\sim 64\text{HRC}$ )、强度和良好耐磨性。因此,低温回火特别适用于刀具、量具、滚动轴承、渗碳件及高频表面淬火等要求高硬度和耐磨性的工件。

2. 中温回火( $250^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ ) 中温回火后得到回火托氏体组织,使钢具有高的弹性极限,较高的强度和硬度(一般为  $35\sim 50\text{HRC}$ ),良好的塑性和韧性。中温回火主要用于各种弹性元件及热作模具。

3. 高温回火(大于  $500^{\circ}\text{C}$ ) 高温回火后得到回火屈氏体组织。工件淬火并高温回火的复合热处理工艺称为调质。调质后,钢具有优良的综合机械性能(一般硬度为  $220\sim 230\text{HBS}$ )。调质主要适用于中碳结构钢或低合金结构钢制作的曲轴、连杆、螺栓、汽车半轴、机床主轴及齿轮等重要的机器零件。

### 五、表面热处理

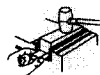
某些零件的使用,要求其表面应具有高强度、高硬度、高耐磨性和抗疲劳性能,而心部在保持一定的强度、硬度条件下应具有足够的塑性和韧性,这就需要采用表面强化的方法。表面热处理是钢件表面强化的重要方法之一,生产中应用较广泛的有表面淬火和化学热处理等。

(1) 表面淬火 钢的表面淬火是通过快速加热,将钢件表面层迅速加热到淬火温度,然后快速冷却下来的热处理工艺。表面淬火主要适用于中碳钢和中碳低合金钢,例如  $45$ 、 $40\text{Cr}$  等。通常,钢件在表面淬火前均进行正火或调质处理,表面淬火后应进行低温回火。这样,不仅可以保证其表面的高硬度和高耐磨性,而且还可以保证其心部的强度和韧性。

(2) 化学热处理 化学热处理是将钢件置于某种化学介质中加热、保温,使一种或几种元素渗入钢件表面,改变其化学成分,达到改变表面组织和性能的热处理工艺。根据渗入的元素不同,化学热处理的种类有渗碳、渗氮、氰化(碳氮共渗)、渗硼和渗铝等。目前工业生产上最常用的是渗碳、氮化和氰化三种。

### 思考与练习

- 1-1 退火、正火、淬火在冷却方式上有何不同?
- 1-2 回火的目的是什么?按加热温度不同,回火分哪几种?各有什么特点?
- 1-3 什么叫调质处理?其应用范围如何?



# 第二章 铸造

## 第一节 概述

### 一、铸造及其特点

铸造是指将熔融金属浇入铸型型腔,待其冷却凝固后获得一定形状和性能铸件的成形方法。铸造所得到的金属工件或毛坯称为铸件。铸造是液态成形,因此与其他金属成形方法(锻造、切削加工等)相比,铸造具有独特的优点:

- (1) 可以生产出形状复杂、特别是内腔复杂的铸件,如各种箱体、床身、机架、气缸体等;
- (2) 可以铸造出各种尺寸(几毫米到几十米)、重量(几克到数百吨)的铸件;
- (3) 适用于绝大多数的金属、合金及各种生产类型;
- (4) 铸造所用设备投资少,原材料来源广泛,因而铸件成本较低;
- (5) 铸件的形状、尺寸与零件很接近,因而减少了切削加工的工作量,可节省大量金属材料。

但铸件内部常有缩孔、缩松、气孔等缺陷,而且组织粗大,使铸件的力学性能低于同样材料的锻件;铸造生产工序较多(尤其是砂型铸造),某些工艺过程难以控制,使铸件质量不够稳定;铸件表面较粗糙,尺寸精度不高;工人劳动条件差,劳动强度大等。

铸造作为制造机械零件毛坯或成品的重要工艺方法,在现代工业生产中占有重要地位。机床、内燃机、重型机器所用铸件按重量占 70%~90%;农业机械为 40%~70%;汽车为 20%~30%。

### 二、铸造的分类

#### 1. 砂型铸造

砂型铸造是用型砂紧实成形的铸造方法。由于砂型铸造适应性强,生产成本低,因此应用最广,是最基本的铸造方法。用砂型铸造生产的铸件占铸件总产量的 90%以上。

砂型铸造可分为湿砂型(不经烘干可直接进行浇注的砂型)铸造和干砂型(经烘干的高黏土砂型)铸造两种。砂型铸造的工艺过程一般由造型(制造砂型)、造芯(制造砂芯)、烘干(用于干砂型铸造)、合型(合箱)、浇注、落砂、清理及铸件检验等组成。如图 2-1 所示,为齿轮毛坯的砂型铸造工艺过程。

#### 2. 特种铸造

特种铸造是指除砂型铸造以外的所有铸造方法,这些方法分别在某些方面与砂型铸造有一定的区别,如模样与造型材料、浇注方法等,因而各具有不同的特点。常见的特种铸造有熔模铸造、金属型铸造、离心铸造、压力铸造等。

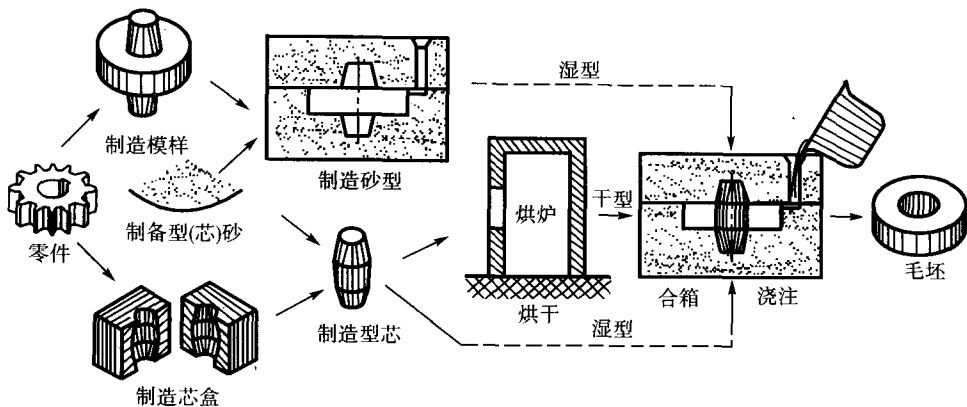
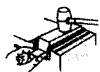


图 2-1 砂型铸造工艺过程

## 第二节 模样与型砂

### 一、模样

由木材、金属或其他材料制成，用来形成铸型型腔的工艺装备称为模样。制造砂型时，使用模样可以获得与零件外部轮廓相似的型腔。

#### 1. 模样制作的工艺要求

制造模样时要注意以下几点：

(1) 加工余量 加工余量是指为保证铸件加工面尺寸和零件精度，在铸件工艺设计时预先增加，而在机械加工时切去的金属层厚度。加工余量的大小根据铸件尺寸公差等级和加工余量等级来确定。一般小型铸件的加工余量为 2~6mm。

(2) 收缩余量 收缩余量是指为了补偿铸件收缩，模样比铸件图样尺寸增大的数值。收缩余量与铸件的线收缩率和模样尺寸有关。

(3) 起模斜度 起模斜度是指为使模样容易从铸型中取出或型芯自芯盒中脱出，在模样和芯盒的起模方向留有一定的斜度，起模斜度用  $\alpha$  表示，一般为  $\alpha=0.5^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 。

(4) 铸造圆角 制造模样时，凡相邻两表面的交角，都应做成圆角。铸造圆角的作用是：造型方便；浇注时防止铸型夹角被冲坏而引起铸件粘砂；防止铸件因夹角处应力集中而产生裂纹。

(5) 芯头 芯头是指模样上的突出部分，它在型腔内形成芯座，以放置型芯。对于型芯来说芯头是型芯的外伸部分，不形成铸件轮廓，只是落入芯座内，用以定位和支撑型芯。

(6) 分型面 分型面是指分开铸型以便取出模型的面。选择分型面时应考虑使分型面具有最大水平投影尺寸，尽量满足浇注位置的要求，造型方便，起模容易等。

#### 2. 模样类型

(1) 木模 用木材制成的模样称为木模，木模是生产中用的最广泛的一种。它具有价廉、质轻和易于加工成形等优点。其缺点是强度和硬度较低，容易变形和损坏，使用寿命短。一般适用于单件小批量生产。



(2) 金属模 用金属材料制造的模样,具有强度高、刚性大、表面光滑、尺寸精确、使用寿命长等特点,适用于大批量生产。但它的制造难度大、周期长,成本也高。金属模样一般是在工艺方面确定后,并经试验成熟的情况下再进行设计和制造的。制造金属模的常用材料是铝合金、铜合金、铸铁、铸钢等。

## 二、型砂与芯砂

型砂与芯砂是用来制造砂型和型芯的主要材料,按一定比例配合的造型材料,经过混制,符合造型要求的混合料称为型砂。按一定比例配合的造型材料,经过混制,符合造芯要求的混合料称为芯砂。

型砂和芯砂通常是由砂(含  $\text{SiO}_2$ )、粘接剂(例如黏土和膨润土)及水等混合制成。

### 1. 型(芯)砂的性能

砂型在浇注和凝固过程中要承受熔融金属的冲刷、静压力 and 高温的作用,并要排出大量的气体,型芯则要承受凝固时的收缩压力,因此型(芯)砂应有以下几方面的性能。

(1) 强度 型(芯)砂抵抗外力破坏的能力称为强度。强度过低,在造型、搬运、合型等生产过程中易引起塌箱、砂眼等缺陷;强度过高,会阻碍铸件收缩,引起铸件产生较大的铸造应力甚至裂纹,同时使铸型透气性变差。强度大小取决于砂粒粗细、水分、粘结剂含量及砂型紧实度等。砂粒越细、粘结剂越多、紧实度越高,则其强度越高。

(2) 可塑性 型(芯)砂在外力作用下可以成形,外力消除后仍能保持其形状的性能称为可塑性。可塑性好,易于成形,能获得型腔清晰的砂型,从而保证铸件具有精确的轮廓尺寸。

(3) 耐火度(耐火性) 型(芯)砂在高温金属液作用下,不软化、不熔融的性能称为耐火度。耐火度差,铸件表面易产生粘砂缺陷,增加了铸件清理和切削加工的难度,粘砂严重时,可导致铸件报废。耐火度主要取决于砂中  $\text{SiO}_2$  的含量。砂中  $\text{SiO}_2$  含量高而杂质少时,其耐火度好。

(4) 透气性 紧实后的型砂透过气体的能力称为透气性。在高温金属液的作用下,砂型和砂芯会产生大量气体,金属液的冷却、凝固也将析出气体。型(芯)砂的透气性若不好,铸件内易形成气孔等缺陷。通常砂粒愈细、水分和粘结剂含量愈多,紧实度愈高,则型(芯)砂的透气性愈差。

(5) 退让性 铸件冷却收缩时,型(芯)砂的体积可以被压缩的性能称为退让性。退让性差时,铸件收缩受到阻碍,会使铸件产生较大的内应力,甚至产生变形或裂纹等缺陷。

在铸造过程中,型芯被熔融金属包围,工作条件恶劣,因此,芯砂比型砂应具有更高的强度、耐火性、透气性和退让性。

### 2. 型(芯)砂的组成

(1) 原砂(即新砂) 原砂多为天然砂,即由岩石风化并可按颗粒分离的砂,主要成分为石英( $\text{SiO}_2$ ),并含有少量泥分和杂质。高质量的铸造用砂,要求原砂中  $\text{SiO}_2$  的含量高(85%~97%),砂粒呈圆形且大小均匀。

(2) 旧砂 已用过的砂称为旧砂,为降低成本,对已用过的旧砂,经磁选及过筛,除去铁豆、砂团、木片等杂物后,仍可混入型砂中使用。

(3) 粘结剂 粘结剂是指能使砂粒相互粘结的物质。常用的粘结剂为膨润土和普通黏土。它们被水润湿后具有粘结性和韧性;烘干后硬结具有较高的干强度;高温耐火性能也较好,成本低廉,所以应用广泛。



(4) 附加物 附加物是指除粘结剂以外能改善型(芯)砂性能而加入的物质。常加入的有煤粉、煤油和木屑等。加入煤粉可防止铸件粘砂;加入煤油可防止型(芯)砂粘模;加入木屑可提高砂型的透气性和退让性。

(5) 水 水被用来将原砂和黏土混为一体,制成具有一定强度、透气性的砂型和型芯。水分应适当,水分过少,砂型强度低,易破碎,造型、起模困难;水分过多,型砂湿度大,强度、透气性均下降,造型时易粘模,浇注时会产生大量的气体。

(6) 涂料 涂料是指型腔和型芯表面的涂覆材料,呈液态、稠体或粉状,用以提高铸型表层的耐火度、表面强度、保温性、表面质量、化学稳定性等。是防止铸件粘砂、夹砂、砂眼,减少落砂和清理劳动量最有效的措施之一。

### 第三节 造型及基本工艺

#### 一、手工造型

手工造型是指全部用手工和手动工具完成的造型工序。常用的手工造型工具如图 2-2 所示和如图 2-3 所示。手工造型常用的造型方法有整模造型、分模造型、三箱造型、刮板造型、挖砂造型等。手工造型有方法简单、工艺装备简单、适应性强等优点,但生产率低,铸件质量不稳定,劳动强度大。主要适用于单件小批生产。

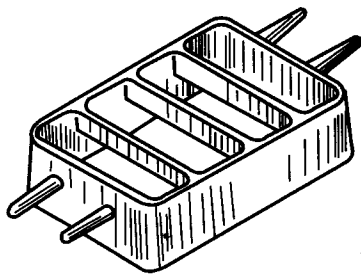


图 2-2 砂箱

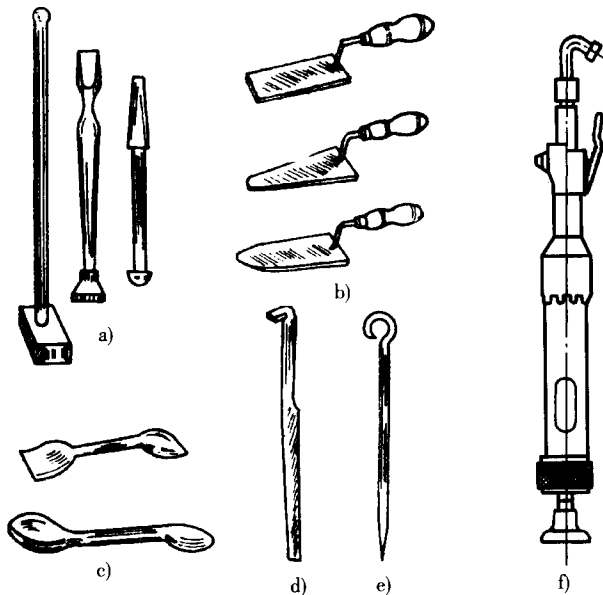
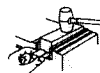


图 2-3 手工造型工具

a) 捣砂锤 b) 双头勺 c) 砂钩 d) 砂钩 e) 起模针 f) 风动锤



### 1. 整模造型

整模造型的模样是一个整体。通常型腔全部位于一个砂箱内,分型面是平面。整模造型操作时不易错型,起模方便;所得型腔形状和尺寸精度较好。它适用于外形轮廓上有一个平面可作为分型面的简单铸件,如齿轮坯、轴承座等,如图 2-4 所示。

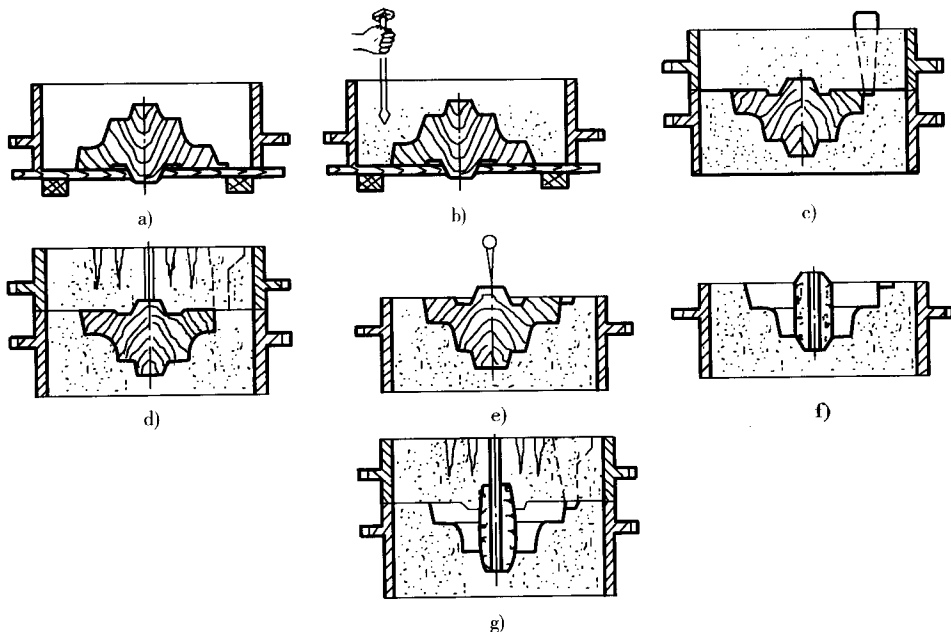


图 2-4 整模造型

- a) 放模样 b) 加沙,造下型 c) 放浇口模,造上型  
d) 取出浇口模,开浇口,扎排气口 e) 起出模样,制内浇道 f) 放置芯 g) 合型

### 2. 分模造型

分模造型是把模样沿最大截面处分为两个半模,并将两个半模分别放在上、下砂箱内进行造型,依靠定位销定位。它适合于回转体及最大截面不在端部的铸件,如套筒、水管、阀体、曲轴、箱体等。套筒的分模造型如图 2-5 所示。

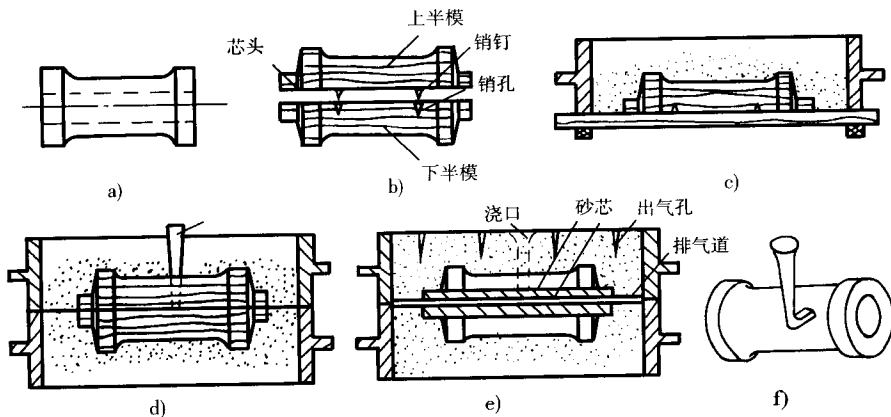


图 2-5 分模造型

- a) 零件 b) 模样 c) 造下型 d) 造上型 e) 起模、开浇口、合型等 f) 落砂后带浇口的铸件





### 3. 三箱造型

三箱造型是指当铸件结构具有两个较大截面(图 2-6 所示),采用一个分型面无法起模时,可选两个大截面处作为分型面,用三个砂箱制造铸型。三箱造型的操作过程是先做下型,翻转后,在下型上面做中型,最后做上型。适用于单件小批量生产。

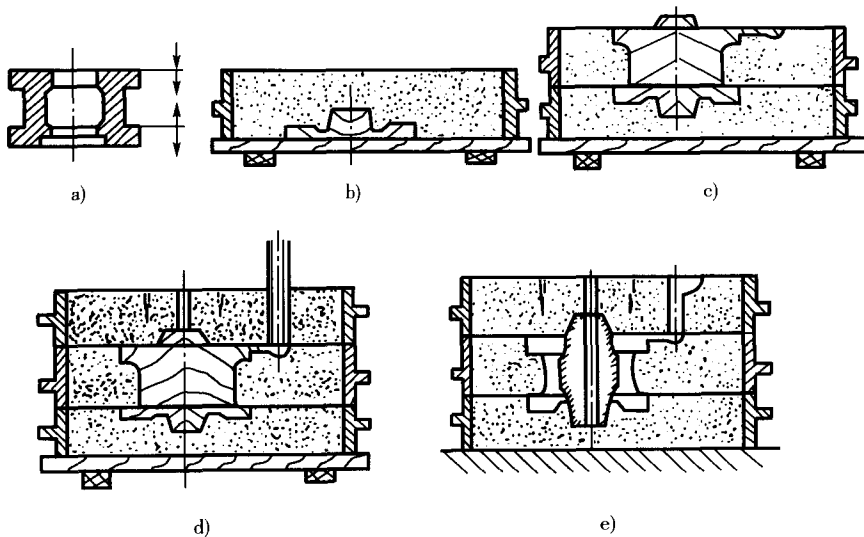


图 2-6 三箱造型

a) 铸件 b) 造下型 c) 造中型 d) 造上型 e) 起模,放型芯,合型

在大批量生产或机器造型时,可采用带外部型芯的整模(如图 2-7a 所示)或分模(如图 2-7b 所示),两箱造型代替三箱造型。

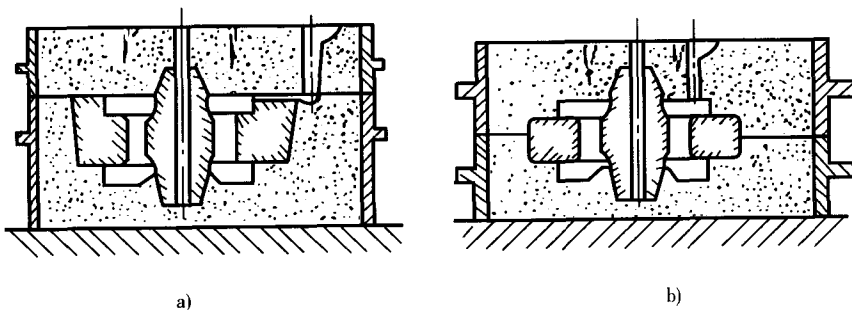


图 2-7 采用外部型芯的两箱造型

a) 采用外部型芯的整模两箱造型 b) 采用外部型芯的分模两箱造型

### 4. 刮板造型

刮板造型是指不用模样用刮板操作的造型方法。在造型时,用一个与铸件或型砂截面形状一致的木板(称为刮板)代替模样,根据砂型型腔或砂芯表面形状,引导刮板作旋转、直线或曲线运动,以形成型腔或型芯。刮板造型适用于大、中型具有等截面或回转体铸件的单件小批量生产。如图 2-8 所示为带轮的刮板造型过程。