



全国中等职业技术学校机械类专业

机械制造工艺基础课教学参考书

与《机械制造工艺基础（第五版）》配套使用



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校机械类专业

机械制造工艺基础课 教学参考书

与《机械制造工艺基础（第五版）》配套使用

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺基础课教学参考书/陈海魁编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007

全国中等职业技术学校机械类专业

ISBN 978-7-5045-6149-7

I. 机… II. 陈… III. 机械制造工艺-专业学校-教学参考资料 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 139631 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

煤炭工业出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.375 印张 181 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定价: 19.00 元 (本书附光盘)

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

目 录

绪论	(1)
第一章 铸造	(3)
第二章 锻压	(14)
第三章 焊接	(22)
第四章 切削加工基础知识	(33)
第五章 车削	(45)
第六章 刨削、插削及拉削	(63)
第七章 钻削与镗削	(69)
第八章 铣削	(80)
第九章 磨削	(96)
第十章 齿面加工	(115)
第十一章 精密加工和特种加工简介	(125)
第十二章 机械加工工艺过程	(146)
第十三章 典型零件的加工	(161)
第十四章 钳加工与装配	(182)
附录 习题册参考答案	(205)

绪 论

一、教学要求

1. 明确课程的性质和任务。
2. 了解生产过程与工艺过程的关系，以及工艺文件在生产中的作用。

二、教学建议

1. 绪论的讲述应激励学生学习好本课程，为增强工作的适应性，向一专多能发展打下基础。
2. 讲清生产过程与工艺过程的关系，以及工艺文件在生产中的重要作用。强调在生产中必须严格执行工艺文件的各项规定。

三、教材分析与参考

1. 机械制造业在国民经济各部门中占有极其重要的地位，它为国民经济各部门提供各种必要的技术装备，是国民经济各部门的基础。加速发展我国机械制造业，迅速提高技术水平，不断提供各种先进设备，对国民经济的发展具有十分重要的意义。
2. 随着科学技术的进步，各种新技术、新工艺、新材料和新设备的不断涌现，机械制造工艺正向着高质量、高生产率和低成本方向迅速发展。例如，各种少切削、无切削工艺的问世，已使越来越多的零件改变了传统的制造工艺，从而节省了大量的金属材料，减少了污染，并大幅度地提高了生产率；高硬度刀具材

料的出现,实现了对工件淬硬表面的切削,其加工精度和加工表面质量可与磨削媲美;超精密加工技术的应用,已实现加工尺寸误差和形状误差在 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下、表面粗糙度 R_a 值不大于 $0.05\ \mu\text{m}$ 等。特别是微型电子计算机和数显、数控技术的广泛应用,使工艺过程的自动化程度提高到一个新的层次,采用成组加工工艺和计算机辅助工艺规程编制,使中小批量乃至单件生产能实现半自动化、自动化生产。

20 世纪末,传统的制造技术不断吸收机械、电子、材料、能源、信息及现代管理等方面的最新技术成果,并将其综合应用于产品开发与设计、制造、检测、管理及售后服务的制造全过程,形成融传统制造技术、信息技术、自动化技术和现代管理技术为一体的先进制造技术。面对日益恶化的环境,为了尽可能少地产生环境污染,使制造业实现可持续发展,出现了综合考虑环境影响和资源消耗的无污染、低消耗的新型制造模式——绿色制造技术。目前,绿色制造技术在汽车、家电产业中已得到较为成功的应用。

3. 生产过程错综复杂,它是将原材料转变为成品的全过程,不仅包括直接作用于生产对象上去的工作,还包括生产准备工作和生产辅助工作。工艺过程是指直接作用于生产对象上去的那部分劳动过程,在生产过程中占有重要的地位。生产过程与工艺过程的关系参见教材中的图 0—1。

通过组织学生现场参观,加深对生产过程和工艺过程的感性认识。

4. 从开始教学就强化学生对“在生产过程中,工艺规程是全体有关生产人员都必须认真贯彻和严格执行的纪律性文件”的意识,为今后在生产实践中保证和提高产品的质量打好基础。

第一章 铸 造

一、教学要求

1. 了解砂型铸造的特点、造型的方法及对型砂的要求。
2. 熟悉铸件的常见缺陷并了解其产生原因。
3. 了解常用的特种铸造方法、特点及其应用。

二、教学建议

1. 有条件时尽可能结合现场实习或参观进行教学。
2. 教学重点是砂型铸造。

三、教材分析与参考

1. 砂型铸造的工艺过程

砂型铸造是用型砂紧实成形的铸造方法。由于砂型铸造简便易行、铸造成本低廉、见效快，所以在目前的铸造生产中仍占据着主导地位，铸件总质量约 90% 的铸件是采用砂型铸造生产的。

砂型铸造的工艺过程一般包括造型、造芯、烘干、合型、浇注、落砂、清理及铸件检验等。砂型铸造工艺过程如图 1—1 所示。

2. 砂型的制作

(1) 造型材料 造型材料是制造砂型和砂芯的材料，包括硅砂 (SiO_2)、黏土、有机或无机黏结剂和其他附加物。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；符合造芯要求的混合料则称为芯砂。配制型砂、芯砂所用的

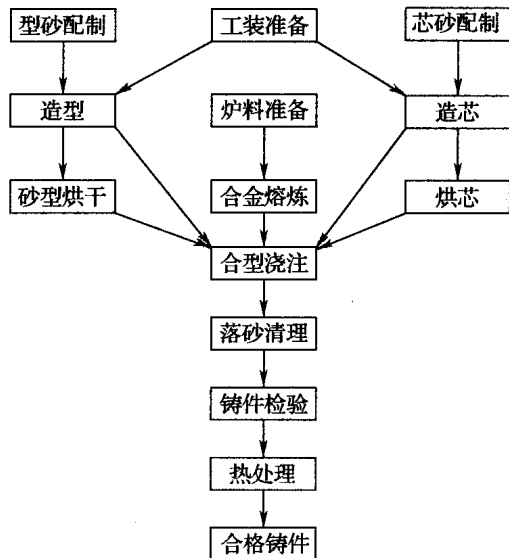


图 1—1 砂型铸造工艺过程

砂分为原砂和旧砂。原砂即天然砂；旧砂是指已经使用过（落砂后）的型砂、芯砂，经处理后可掺入原砂中使用。

型砂分为面砂、背砂和单一砂。

面砂是特殊配制的，在造型时与模样接触的一层型砂。面砂应具有较高的可塑性、耐火性和强度，以保证铸件的质量。面砂通常使用原砂（新砂），造型时面砂层厚度一般为 20~30 mm。

背砂又称填充砂，是在模样上覆盖面砂后，填充砂箱用的型砂。背砂要求有较好的透气性和一定的强度。通常将旧砂经处理后用做背砂。

不分面砂与背砂的型砂称为单一砂。造型时，砂型由同一种型砂构成，主要适用于大批量生产、机械化程度较高的小型铸件的造型。

（2）模样与芯盒 模样与芯盒是用来制造铸型型腔和型芯的工艺装备。使用模样可以获得与零件外部轮廓相似的型腔；使用

芯盒可制造形成铸件内部孔穴的型芯。单件、小批量生产时，模样与芯盒多用木材制造；大批量生产时，模样与芯盒则常用金属制造。

制造模样与芯盒时应注意以下几点：

1) 应合理选择分型面 分型面应具有最大水平投影尺寸，尽量满足浇注位置的要求；分型面尽量为平面，不用或少用曲面，分型面的数量应尽可能少，做到造型简化、起模方便并确保铸件质量。此外，分型面应能使整个铸件或铸件的重要面、基准面在铸型的同一组元（最好为下型）内，以减少错箱、飞边等缺陷。对于形状较复杂的铸件，分型面的选择应避开活块，减少型芯或使型芯安置方便、稳固。

2) 收缩余量与加工余量 收缩余量是为了补偿铸件收缩，即模样比铸件图样尺寸增大的数值。加工余量是为保证铸件加工面尺寸和零件精度，在进行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。在制造模样与芯盒时要考虑进去。

3) 起模斜度与铸造圆角 起模斜度是指为使模样容易从铸型中取出或型芯从芯盒中脱出，在模样或芯盒上平行于起模方向所设的斜度。一般来说，测量面高度 H 或 h （参见教材图 1—5）越大，起模斜度越小；机器造型比手工造型的起模斜度要小；金属模样比木质模样的起模斜度要小；模样外壁比模样内壁的起模斜度要小。表 1—1 和表 1—2 所列为用黏土砂造型时，模样外表面和模样凹处内表面的起模斜度。

表 1—1 黏土砂造型时模样外表面的起模斜度

测量面高度 H (mm)	起模斜度 $\leq$			
	金属模样、塑料模样		木模样	
	α	a (mm)	α	a (mm)
≤ 10	$2^{\circ}20'$	0.4	$2^{\circ}55'$	0.6
10~40	$1^{\circ}10'$	0.8	$1^{\circ}25'$	1.0

续表

测量面高度 H (mm)	起模斜度 $\leq$			
	金属模样、塑料模样		木模样	
	α	a (mm)	α	a (mm)
40~100	0°30'	1.0	0°40'	1.2
100~160	0°25'	1.2	0°30'	1.4
160~250	0°20'	1.6	0°25'	1.8
250~400	0°20'	2.4	0°25'	3.0
400~630	0°20'	3.8	0°20'	3.8
630~1 000	0°15'	4.4	0°20'	5.8
1 000~1 600	—	—	0°20'	9.2
1 600~2 500	—	—	0°15'	11.0
>2 500	—	—	0°15'	—

表 1—2 黏土砂造型时模样凹处内表面的起模斜度

测量面高度 h (mm)	起模斜度 $\leq$			
	金属模样、塑料模样		木模样	
	α	a (mm)	α	a (mm)
≤ 10	4°35'	0.8	5°45'	1.0
10~40	2°20'	1.6	2°50'	2.0
40~100	1°05'	2.0	1°15'	2.2
100~160	0°45'	2.2	0°55'	2.6
160~250	0°40'	3.0	0°45'	3.4
250~400	0°40'	4.6	0°45'	5.2
400~630	0°35'	6.4	0°40'	7.4
630~1 000	0°30'	8.8	0°35'	10.2
>1 000	—	—	0°35'	—

制造模样时，凡相邻两表面的交角，都应做成圆角，其作用是使造型方便，防止浇注时铸型尖角被冲坏，以及避免和减小铸件尖角处的应力集中。

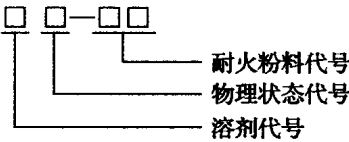
4) 芯头 为了保证型芯在铸型中得到正确定位和支承，模样与型芯均应设有芯头。在模样上，芯头是模样的突出部分，造型时在铸型内形成芯座（铸型中用于放置型芯芯头的空腔）。在型芯上，芯头是型芯的外伸部分，不形成铸件的轮廓，只是落入芯座内，用以定位和支承型芯。为了准确和方便地下芯，芯头有一定的斜度（芯头斜度），且型芯芯头与铸型芯座之间应留有一定的配合间隙（芯头间隙）。

(3) 砂型铸造用涂料 涂料是型腔和型芯表面的涂覆材料，呈液态、黏稠状或粉状，用以提高型腔和型芯表层的耐火度、保温性、化学稳定性，使其表面光滑，增强抵抗高温熔融金属侵蚀的能力。砂型铸造用涂料按耐火材料不同，分为九类（表 1—3）；按稀释溶剂不同，分为水基涂料（代号 S）和有机溶剂涂料（代号 Y）两类；按物理状态不同，分为膏料（代号 G）和粉料（代号 F）两种。

表 1—3 砂型铸造用涂料（按耐火材料分类）

代号	SM	H	JS	GL	Z	GY	M	MG	Q
分类	石墨粉	滑石粉	精制 石英粉	高铝 矾土粉	棕刚 玉粉	锆英粉	镁砂粉	镁橄 榄石粉	其他

涂料牌号表示方法如下：



牌号示例:

SG—GY 水基膏状锆英粉涂料

YF—SM 有机溶剂粉状石墨粉涂料

(4) 浇注系统及冒口

1) 浇注系统 浇注系统是为填充型腔和冒口而开设于铸型中的一系列通道,通常由浇口杯、直浇道、横浇道和内浇道组成。浇注系统的作用是保证熔融金属平稳、均匀、连续地充满型腔;阻止熔渣、气体和砂粒随熔融金属进入型腔;控制铸件的凝固顺序;供给铸件冷凝收缩时所需补充的金属熔液。

①按各浇道截面比例不同,浇注系统可分为:

封闭式浇注系统——直浇道截面积大于横浇道截面积,横浇道截面积又大于内浇道截面积总和的浇注系统。其特点是充型迅速,呈有压流动状态,有一定的挡渣作用,冲刷力大。

半封闭式浇注系统——直浇道截面积小于横浇道截面积,但大于内浇道截面积总和的浇注系统。其特点是系统呈充满状态,撇渣能力强,对铸型冲刷力小。

开放式浇注系统——直浇道截面积小于横浇道截面积,横浇道截面积又小于或等于全部内浇道截面积总和的浇注系统。其特点是充型平稳、冲刷力小,但易带入熔渣和气体。

②按内浇道位置不同,浇注系统可分为:

顶注式浇注系统——熔融金属从铸型顶部引入型腔的浇注系统(图1—2a)。其特点为熔融金属容易充满薄壁铸件的型腔,有利于补缩。但对铸型冲刷力大,当铸件太高时,易产生砂眼、气孔、夹渣等缺陷,只适用于高度小、形状简单的铸件。

底注式浇注系统——熔融金属从铸型底部引入型腔的浇注系统(图1—2b)。其特点为熔融金属流动平稳,冲刷力小,不易冲砂和氧化。但薄壁件不易充满,补缩效果差,高铸件易产生氧化皮造成夹渣,主要适用于高度不大、形状较复杂、表面质量要求不高的铸件。

中间注入式浇注系统——熔融金属从铸型分型面处引入型腔的浇注系统（图 1—2c）。其特点为造型操作方便，优缺点介于顶注式与底注式之间，适用于上、下型都有型腔，高度不大的铸件，尤其适用于壁厚均匀的矮小铸件。

阶梯式浇注系统——在铸件的高度方向上开设若干内浇道，使熔融金属从底部开始，逐层地从若干不同高度引入型腔的浇注系统（图 1—2d）。其特点为充型平稳，熔融金属由下而上逐层流入型腔，可以保证顺序凝固。由于热金属熔液集中在上部，有利于补缩、排气和上浮熔渣，并能减轻铸型局部过热。但金属消耗多，造型较麻烦，适用于形状复杂和高大的重要铸件。

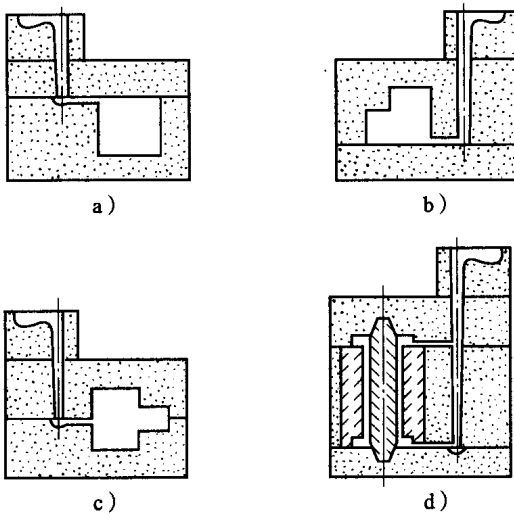


图 1—2 不同注入方式的浇注系统
a) 顶注式 b) 底注式 c) 中间注入式 d) 阶梯式

2) 冒口 冒口是在铸型内储存供补缩铸件用熔融金属的空腔。冒口的作用除补缩外，还有排气与集渣的功能。冒口一般设置在铸件的最高处和最厚处。

为了提高冒口补缩效率，冒口的形状应使散热面越小越好，

因此球形冒口最为理想。由于球形冒口不便造型，所以一般都采用圆柱形和椭圆柱形冒口。冒口分为普通冒口与特种冒口。普通冒口按其设置位置的不同，分为顶冒口和侧冒口（设置在铸型被补缩部分侧面的冒口）；按其高度方向是否贯通上型，分为明冒口和暗冒口（高度方向不伸出铸型顶面，全部冒口被型砂覆盖的顶冒口和侧冒口）。明冒口和顶冒口造型方便，便于观察，但补缩效果差，常用于大型铸件。侧冒口补缩效果好，可锻铸铁件、球墨铸铁件应用较多。特种冒口有易割冒口（便于切除冒口），压力冒口（用压缩气体加压或气弹发气加压，提高冒口补缩压力），保温、发热冒口（采用保温冒口套、发热冒口套，以延长冒口的凝固时间）等。

3. 浇注、落砂和清理

(1) 浇注 将熔融金属从浇包注入铸型的操作称为浇注。浇注温度与浇注速度是浇注对铸件质量有重要影响的两个因素。

浇注前，应把熔融金属表面的熔渣除尽，以免浇入铸型而影响铸件质量。

浇注时，应保证浇口杯始终充满，不允许浇注中断，并应防止飞溅和满溢。浇注后，用棒上下捣动冒口内金属（俗称捣冒口），防止凝成硬壳。

浇注后，间隔一段时间，把高温的熔融金属浇入冒口的操作称为点冒口（又称补注），其作用是提高冒口处熔融金属温度和补充补缩用液，保证补缩良好。

(2) 落砂 使铸件和型砂、砂箱分开的操作称为落砂。从铸件中去除芯砂和芯骨的操作称为除芯。通常所说的落砂包括落砂与除芯两项内容。铸型浇注后，铸件在砂型内应有足够的冷却时间，过早进行落砂会因铸件冷却太快导致内应力增加，甚至变形开裂。

落砂的方法分为手工落砂和机械落砂。单件、小批量生产使用手工落砂；大批量生产则使用落砂机进行机械落砂。

(3).清理 落砂后从铸件上清除表面粘砂、型砂、多余金属(包括浇冒口、飞翅和氧化皮等)的过程总称清理。

4. 铸件的检验与缺陷

(1) 铸件的检验 铸件的质量包括外观质量、内在质量和使用质量。铸件均需进行外观质量检查,重要的铸件则还需进行必要的内在质量和使用质量检查。

(2) 铸件的缺陷

1) 多肉类缺陷 主要有飞翅、毛刺、抬型(抬箱)、胀砂、冲砂、掉砂、外渗物等。

2) 孔洞类缺陷 主要有气孔、针孔、缩孔、缩松、疏松(显微缩松)等。

3) 裂纹、冷隔类缺陷 主要有冷裂、热裂、热处理裂纹、白点(发裂)、冷隔、浇注断流等。

4) 表面缺陷 主要有夹砂结疤、机械粘砂、化学粘砂、表面粗糙、皱皮、缩陷等。

5) 残缺类缺陷 主要有未浇满、跑火、型漏(漏箱)、损伤等。

6) 形状及质量差错类缺陷 主要有拉长、超重、变形、错型(错箱)、错芯、偏芯(漂芯)等。

7) 夹杂类缺陷 主要有夹杂物、内渗物、冷豆、渣气孔、砂眼等。

8) 性能、成分及组织不合格 主要有亮皮、菜花头、石墨漂浮、石墨集结、组织粗大、偏析、硬点、反白口、球化不良、球化衰退、脱碳等。

教材重点介绍了五种常见的铸件缺陷及其产生原因。

5. 特种铸造

特种铸造是与砂型铸造不同的其他铸造方法。常用的特种铸造有金属型铸造、压力铸造、离心铸造和熔模铸造等。

(1) 金属型铸造 与砂型铸造相比,金属型铸造具有下列

特点、

1) 金属型可多次使用, 浇注次数可达数万次而不损坏, 因此可节省造型工时和大量的造型材料。

2) 金属型加工精确, 型腔变形小, 型壁光洁, 因此铸件形状准确, 尺寸精度高 (IT12 ~ IT10), 表面粗糙度 R_a 值小 ($12.5 \sim 6.3 \mu\text{m}$)。

3) 金属型传热迅速, 铸件冷却速度快, 因此晶粒细、力学性能好。

4) 生产率高, 无粉尘, 劳动条件得到改善。

5) 金属型的设计、制造、使用及维护要求高, 制造成本高, 生产准备周期较长。

金属型铸造主要应用于非铁合金铸件的成批、大量生产 (铸造灰铸铁件容易产生白口)。铸件不宜过大, 形状不宜太复杂, 铸件壁不能太薄。

(2) 压力铸造 压力铸造具有下列特点:

1) 可以铸造形状复杂的薄壁铸件。

2) 铸件质量高, 强度和硬度都较砂型或金属型铸件高, 尺寸精度可达 IT12 ~ IT10, 表面粗糙度 R_a 值可达 $3.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 。

3) 生产率高, 成本低, 容易实现自动化生产。

4) 压铸件投资大, 压铸型制造复杂, 生产周期长, 费用高。

压力铸造是实现少切削或无切削的有效途径之一, 主要用于锌合金、铝合金、镁合金、铜合金等有色金属合金的中小型薄壁铸件的大批、大量生产。目前, 压铸件的材料已由非铁合金扩展到铸铁、碳素钢和合金钢。

(3) 离心铸造 离心铸造具有下列特点:

1) 在离心力作用下, 金属结晶从铸型壁 (铸件的外层) 向铸件内表面顺序进行, 呈方向性结晶, 熔渣、气体、夹杂物等集中于铸件内表层, 铸件其他部分结晶组织细密, 无气孔、缩孔、

夹渣等缺陷，因此铸件力学性能较好。对于中空铸件，可以留足余量，以便将劣质的内表层用切削的方法去除，以确保内孔的形状和尺寸精度。

2) 离心力的作用大大提高了熔融金属的充型能力，适用于薄壁铸件及一些流动性较差的合金铸件的生产。

3) 离心铸造不需要浇注系统，无浇口、冒口等处熔融金属的消耗，铸造中空铸件时还可以省去型芯，因此设备投资少、效率高。

离心铸造主要适用于铸造空心回转体铸件，如各种管子、缸套、圆筒形铸件等。此外，还可以进行双金属衬套、轴瓦的铸造。

(4) 熔模铸造 熔模铸造具有下列特点：

1) 可以铸造形状很复杂的铸件（形状复杂的整体蜡模可由若干个形状简单的蜡模单元组合而成）。

2) 铸件的尺寸精度高，可达 IT12~IT9；表面质量好，表面粗糙度 R_a 值可达 $12.5 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。而且不必设置起模斜度，也无须分型面。

3) 适应性广。因为型壳的耐火性好，所以既可以浇注熔点低的有色合金铸件，也可以生产高熔点的黑色金属铸件，如耐热合金钢铸件。

4) 熔模铸造工艺过程繁杂，生产周期长，成本较高。

5) 铸件不能太大，否则蜡质浇注系统支承困难。此外，蜡模自身的变形会影响铸件质量。

熔模铸造主要用于以碳钢、合金钢为主的合金和耐热合金的复杂、精密铸件的各种批量生产，如汽轮机、航空发动机的叶片，刀具，以及汽车、拖拉机、风动工具、机床上小型零件的毛坯（铸件质量不大于 10 kg）。