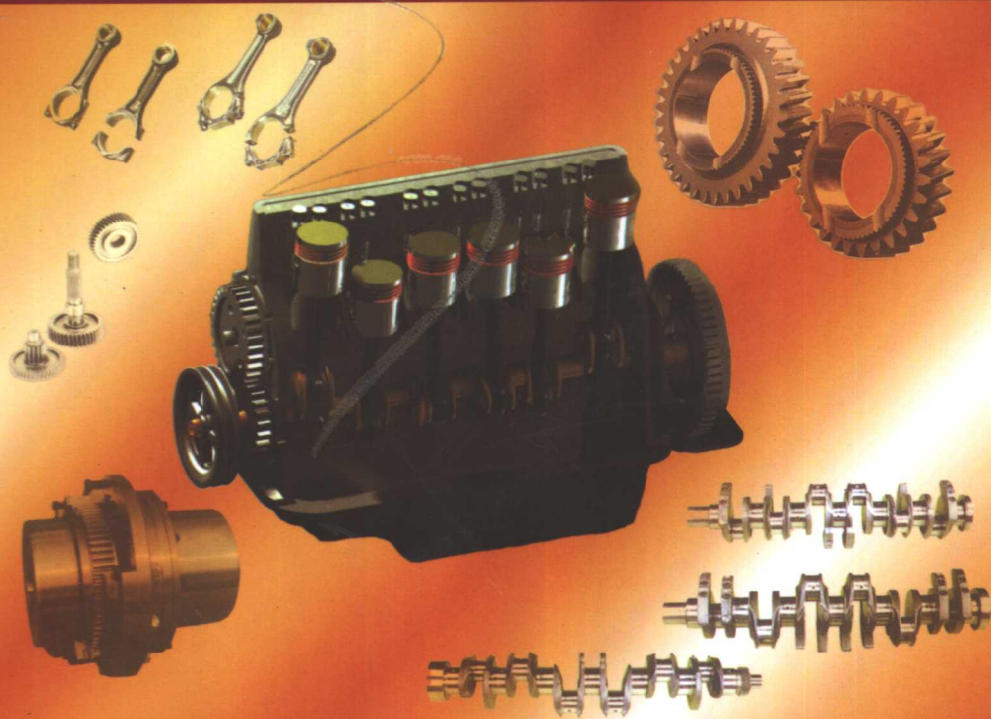


机械结构工艺性

何少平 李国顺 舒金波 编著



中南大学出版社

内 容 提 要

本书摒弃了传统金属工艺学或机械设计手册等单纯从制造工艺角度讨论机械结构工艺性设计的方法,而是结合零件的材料选择,毛坯成形方法的选择,产品加工工艺路线以及材料的加工工艺和加工性能等方面,全方位地介绍了机电产品中常见的轴类零件、齿轮类零件、箱体零件、盘套类零件、薄壁零件、特种铸造零件、挤压零件、热处理零件、粉末冶金零件、塑料制件和零部件的装配、维修等的结构工艺性设计的原理与设计方法。为顺应机电产品制造工艺的发展,本书还特地简要地介绍了机械制造过程中的光、声、电等特殊加工工艺和数控加工、CAD、CAPP、CAM等先进工艺方法。

本书是高等工科院校机械类、近机类专业的专用教材或教学辅助用书,也可作为机械工程专业技术人员和相关人员的参考用书。

机械结构工艺性

何少平 李国顺 舒金波 编著

☐责任编辑 谭 平

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482

电子邮件:csucbs @ public.cs.hn.cn

☐经 销 湖南省新华书店

☐印 装 长沙市华中印刷厂

☐开 本 787×960 1/16 ☐印张 21.5 ☐字数 394 千字

☐版 次 2003年6月第1版 ☐2003年6月第1次印刷

☐书 号 ISBN 7-81061-682-X/TH·005

☐定 价 26.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

长期以来,有相当一部分人认为“工程材料与机械制造基础”是专门研究机械制造工艺的,与机械设计没有关系或关系不大。也有的人认为,对于从事机械设计的人员来说,对工艺知识的了解可有可无。鉴于以上认识,在机械行业中或多或少地存在着“重设计,轻工艺”的倾向,因而导致我国机械制造工艺落后、机电产品结构工艺设计水平不高和产品结构工艺设计错误层出不穷等现象的出现。《机械结构工艺性》一书试图在机械制造工艺和机电产品设计之间构筑一座贯通的桥梁,帮助机械设计人员进行机电产品设计时,正确进行机电产品的结构工艺性设计。

目前已出版的专门论述机械结构工艺性的著作并不太多。在仅有的少数几本关于机械结构工艺性的著作中,大多都是按加工工艺进行分类而论述产品的结构工艺性的。这种方法对于某一工艺对产品结构工艺性要求的论述一般都比较系统、比较详细。但产品结构工艺性不仅仅是一个工艺问题,它与产品的选材、毛坯成形方法以及加工工艺、加工工艺路线等有着不可分割的密切关系。本书试图从机电产品中的各类典型零件入手,全方位地介绍各类典型零件的材料选择,毛坯成形方法的选择,产品加工工艺路线安排与零件结构工艺性设计等方面的理论和相互关系,使读者较全面地获得机电产品的材料设计、工艺设计和结构设计的相关知识,从而指导相关人员正确地进行机电产品的结构设计。

《机械结构工艺性》一书是作者在主持湖南省面向 21 世纪高等教育教学改革研究项目“工程制图与机械基础系列课程教学内容与课程体系改革的研究与实践”过程中,针对传统机械基础课程工艺知识薄弱,学生机械结构工艺设计能力差而提出的一本具有创新性和前瞻性的著作。她的出版将有利于提高学生的综合分析能力和实际设计能力,有利于提高学生的课程设计水平和毕业设计水平,对学生毕业后的实际工作能力提高也很有帮助。

本书是湖南省高等教育学会金工教学专业委员会组织的 21 世纪“工程材料与机械制造基础”系列教材的配套教材之一,同时也是一本相对独立的学术专著。她不仅可以作为机械专业学生从“工程制图”开始,到“工程材料及机械制造基础”、“机械原理”、“机械设计”以及“课程设计”、专业课教学和毕业设计的教学辅助用书或专用教材,而且还可以作为机械工程专业技

人员和相关人员从事机电产品设计与制造的参考用书。

本书在介绍传统知识的同时还注意介绍机电产品中应用越来越多的粉末冶金零件、塑料制件的选材，加工工艺和结构工艺性设计知识，以及光、电、声、数控加工和 CAD、CAPP、CAM 等先进加工工艺知识，以满足机械工业发展的要求。

本书采用国家最新的标准术语和计量单位，对机械工业常用的一些术语还配有对照的英语词汇，以供查对。

参加本书编著的有：前言、第 1、7、9、10、11 章，何少平；第 2 章，刘培德、何少平；第 5、6、8、12 章，李国顺；第 4、13 章，舒金波；第 14 章，李蔚；第 3 章，颜海燕。全书由何少平、李国顺、舒金波主编。

本书在编写过程中得到湖南省高教学会金工教学委员会的重视和支持，以刘舜尧教授为主的金工理事会对本书的编写进行了多次论证和审定，并提出了许多建设性意见，在此特表示感谢。

由于本书在体系上作了较大的改变，鉴于作者水平所限，难免有许多不足或错误，竭诚欢迎读者批评指正。

作 者

2003 年 6 月

目 录

1	机械结构工艺性概论	(1)
1.1	机械结构工艺性基本概念	(1)
1.2	机械结构工艺性设计的基本原则	(1)
1.3	机械零件的选材、毛坯选择与工艺路线设计	(4)
2	轴类零件的结构设计工艺性	(15)
2.1	轴类零件的选材与工艺路线设计	(15)
2.2	锻造毛坯轴的结构工艺性	(20)
2.3	铸造曲轴的结构工艺性	(23)
2.4	焊接轴的结构工艺性	(26)
2.5	热处理轴的结构工艺性	(27)
2.6	键槽、轴肩的结构设计	(28)
3	齿轮类零件的结构设计工艺性	(37)
3.1	常用齿轮的选材与工艺路线设计	(37)
3.2	锻造齿轮的结构工艺性	(45)
3.3	铸造齿轮的结构工艺性	(48)
3.4	焊接齿轮的结构工艺性	(49)
3.5	齿轮机械加工的结构工艺性	(52)
3.6	热处理对齿轮结构工艺性的要求	(53)
3.7	齿轮的少无切削加工	(53)
4	箱体的结构设计工艺性	(58)
4.1	箱体的选材与工艺路线设计	(58)
4.2	铸造箱体的结构工艺性	(63)
4.3	焊接箱体的结构工艺性	(82)
4.4	箱体上凸台、孔及筋的结构设计	(93)

5 盘套类零件的结构设计工艺性	(97)
5.1 常见盘套类零件的加工方法	(97)
5.2 盘套类零件的结构工艺性	(101)
6 薄壁零件的结构设计工艺性	(106)
6.1 冲裁件的结构工艺性	(110)
6.2 弯曲件的结构工艺性	(115)
6.3 拉深件的结构工艺性	(124)
6.4 精冲件的结构工艺性	(130)
7 特种铸造件的结构设计工艺性	(138)
7.1 金属型铸件的选材与结构工艺性	(138)
7.2 熔模铸件的选材与结构工艺性	(143)
7.3 压铸件的选材与结构工艺性	(153)
7.4 离心铸件的选材与结构工艺性	(169)
8 挤压件的结构设计工艺性	(176)
8.1 挤压件常用材料及选用原则	(176)
8.2 冷挤压件的结构工艺性	(182)
9 热处理零件的结构设计工艺性	(199)
9.1 材料的热处理性能, 零件的选材及热处理工艺	(199)
9.2 热处理零件的结构工艺性	(203)
10 粉末冶金零件的结构设计工艺性	(210)
10.1 粉末冶金零件的种类及性能	(210)
10.2 粉末冶金件的结构工艺性	(218)
11 塑料制件的结构设计工艺性	(234)
11.1 塑料及其使用特性	(234)
11.2 塑料制件的成形工艺	(243)
11.3 塑料制件的结构工艺性	(246)

12 特种加工工艺及特点	(263)
12.1 光整加工件的工艺及特点	(265)
12.2 电火花加工件的工艺及特点	(270)
12.3 电解加工件的工艺及特点	(276)
12.4 数控加工件的工艺及特点	(285)
12.5 激光加工件的工艺及特点	(288)
12.6 超声波加工件的工艺及特点	(288)
13 零部件的装配和维修的结构设计工艺性	(291)
13.1 零部件常用装配维修方法及工艺	(291)
13.2 装配对零部件结构设计的要求	(299)
13.3 维修对零部件结构设计的要求	(311)
14 CAD、CAPP、CAM 介绍	(315)
14.1 CAD 介绍	(315)
14.2 CAPP 介绍	(321)
14.3 CAM 介绍	(326)
14.4 CAD、CAPP、CAM 之间的联系	(328)
专业英语词汇表	(330)
参考文献	(335)

1 机械结构工艺性概论

1.1 机械结构工艺性基本概念

所谓机械制造工艺 (machine-building technology) 是各种制造方法和过程的总称。不同的产品 (product) 或零件 (part) 在制造过程中加工的难易程度和加工性能是不同的。所谓产品或零件的工艺性, 实际上就是指机电产品加工的可行性和经济性。一般可以用产品结构工艺性 (technological efficiency of design of product) 或零件结构工艺性 (technological efficiency of design of part) 来描述。所谓产品结构工艺性是指所设计的产品在能满足使用要求的前提下, 制造和维修的可行性和经济性。所谓零件结构工艺性是指所设计的零件在能满足使用要求的前提下, 制造的可行性和经济性。笔者认为, 按一般理解, 产品结构工艺性除已包含了零件结构工艺性的内涵之外, 应该还包括零部件的装配、装饰、维修, 甚至操作、保养的可行性和经济性。鉴于本书局限于讨论机械产品和零件的结构工艺性, 故本书特将产品结构工艺性和零件结构工艺性两个概念之间的微小差别淡化, 通称为机械结构工艺性。

机械结构工艺性是一个涉及诸多因素的综合性问题, 它与制造产品材料的性能、毛坯成形方法及加工工艺过程等密切相关。然而一个产品或零件结构工艺性的好坏将给加工的难易程度、加工成本的高低, 甚至产品能否生产出来带来十分明显的影响。所以, 本书将一改传统的按加工工艺来讨论零件结构工艺性的方式, 而是从产品零件的选材, 毛坯选择, 加工工艺路线的安排等方面来讨论机械结构工艺性。

1.2 机械结构工艺性设计的基本原则

按照机械结构工艺性的概念, 在进行机电产品和零件的设计时, 应该遵循以下机械工艺性设计的原则。

1. 机械结构应该与所选定的结构材料相适应

不同的材料 (material) 具有不同的性能 (properties), 其中包括力学性能 (mechanical properties), 物理化学性能 (physical-chemical properties) 和工艺性能

(technological properties), 因此, 产品材料选定之后, 在进行产品和零部件结构设计时, 必须考虑所选材料的性能。而且在某种程度上说, 产品材料一旦确定, 产品结构的基本形式也就确定了。比如说, 一旦某产品选用铸铁(cast iron)制作, 那么这个零件的结构基本形式应是薄壁结构的形式, 实心的铸铁零件结构上往往是不合理的。对于用 45 钢(steel)制造的凸轮轴(cam shaft), 往往是采取实心结构的形式, 如果将轴设计成空心的结构会增加加工费用和成本, 其结构工艺性并不好。所以, 机械的结构工艺性一定应与所选材料相一致。

2. 机械结构应该与毛坯成形方法相适应

不同的毛坯成形工艺适合于生产不同结构形状的毛坯(workblank)。一般来说, 铸造(foundry)成形时, 由于其造型工艺的灵活多变性, 往往可以生产出一些结构比较复杂的零件。特别是铸造时芯子制造的多变性, 为零件复杂内腔的成形提供了可能。所以用铸造方法成形的零件, 其结构可以根据工作或使用条件等的要求设计得复杂一些; 可以采用中空结构来提高零部件的刚性, 减少材料用量等。例如复杂箱体的设计。

用焊接(welding)的方法也可以制造箱体, 然而焊接箱体的内腔形状不可以过于复杂。过于复杂的内腔使焊接箱体的生产难度增加, 生产成本增加, 使产品结构工艺性变坏。

3. 机械结构应与生产工艺过程相适应, 与零件加工工艺路线相适应

机电产品的结构应该与生产的工艺过程(process)相适应, 与零件加工工艺路线(process route)相适应。

如当我们用铸铁来生产一个箱体时, 该箱体的加工工艺路线大致为:

砂型铸造箱体——时效处理——切削加工(cutting)——产品。

那么, 这个箱体的结构首先必须满足砂型铸造工艺的要求, 比如说, 壁不能太厚且壁厚应均匀; 转角处要有铸造圆角; 不加工的侧面应有结构斜度; 为增加箱体强度、刚度, 可以设计出加强筋等等……箱体的切削加工主要是平面和孔系的加工, 因此, 在设计箱体时, 就应考虑刨削、铣削、磨削平面和镗削孔系的工艺要求, 如箱体的装配平面应考虑尽量减少切削加工量而设计出一些支脚、凸台等; 箱体的拐角处应考虑有退刀槽……

又如当我们用结构钢生产一根传动轴时, 该传动轴的加工工艺路线大致为:

锻造(forging)成形——预备热处理——粗加工——最终热处理——精加工——产品。

该轴的毛坯成形方法可以是自由锻(open die forging), 也可以是模锻(die forging)。如果是自由锻, 该轴的结构应尽可能简单, 最好是那种简单的阶梯轴形式, 且阶梯不宜过多。如果是模锻成形, 轴的结构可以较复杂一些, 但也不能

出现高的筋等。传动轴的机械加工主要是外圆加工,因此,传动轴结构除应满足毛坯成形的要求外,还必须满足车外圆、磨外圆等工艺的要求。

与箱体不同的是,传动轴是需要进行较复杂的热处理的。因此,在设计传动轴时,还应该考虑如何防止热处理的变形与开裂。如轴肩处必须有过渡圆弧;轴棱处应有倒角;轴上的键槽最好对称布置……

4. 机械结构应与生产批量相适应

不同生产批量采用的生产工艺不同,因而要求产品或零件的结构工艺性也就不同。为了获得最高的生产率和最大的经济效益,机电产品的结构和零部件的结构应该与生产批量相适应。

图 1.1(a) 为一定位轴 (locating axis), 尺寸要求准确。单件小批量时, 这种结构是可行的。大批量生产时, 如将定位轴改为图 1.1(b) 的定位套 (locating shell) 和固定螺栓 (fixing bolt) 结构, 定位套可用平面磨床大量加工, 其结构工艺性更好。

图 1.2(a) 所示的箱体零件, 箱体上的四个同心孔为中间孔小, 两侧孔大, 在一般工厂用普通卧式镗床加工, 需二次安装工件 (或用回转工作台进行转位), 分别从两侧加工, 生产率低, 孔的同心度差, 结构工艺性不好。改为图 (b) 所示结构, 孔径从左至右递增, 镗削时可以依次加工出四个孔, 结构工艺性好。但在大批量生产时, 可以采用双面组合镗床在一次安装中从两侧同时加工四个孔, 图 (a) 的结构工艺性变好。

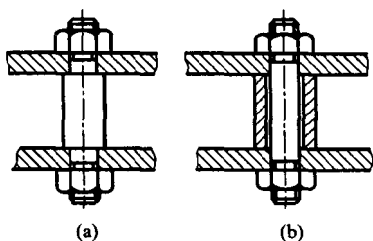


图 1.1 定位轴的设计

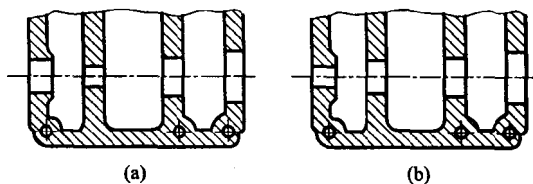


图 1.2 箱体零件的设计

5. 机械结构应与质量技术指标相适应

在机械制造过程中, 产品的质量技术指标越高, 所耗费的工时和成本也愈大。而且往往是当质量技术指标高到一定程度时, 再往上提高一点点要求, 所带来的工时费用将会迅速增加, 生产率将会明显下降, 使生产成本增加很多, 因而在经济上是十分不合算的。因此, 在机电产品设计时, 产品质量技术指标的确定必须是在满足使用要求的前提下, 与产品结构工艺性相适应。机电产品的结构

设计,必须是在产品加工工艺的最经济精度与质量的范围内。

6. 机械结构应与生产的具体条件和具体的生产工艺相适应

机械零部件的结构工艺性应与企业具体的生产条件相适应。在某种条件下结构工艺性好的零件,在另一条件下,其结构工艺性可能就不好,甚至可能是很坏的结构设计。

图 1.3 为电液伺服阀的阀套零件,套上有四个精密方孔,用一般的切削加工方法很难加工出来,过去常将阀套分成五个圆环,分别加工后联接起来,再进行研磨[图(a)],结构工艺性很差。但是,如果用电火花加工(electric machining)设备,由于电火花加工精度的不断提高,将阀套改为整体结构仍可将孔一次加工出来[图(b)],而且质量很容易保证,其结构工艺性是好的。

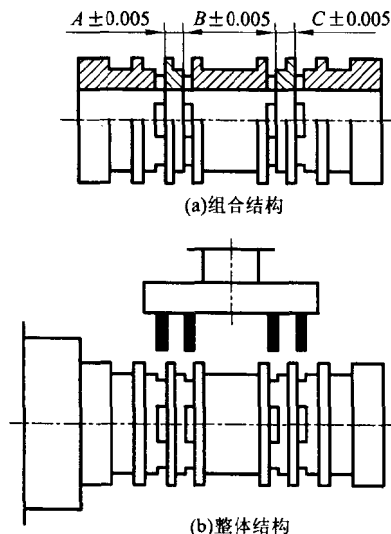


图 1.3 电液伺服阀的阀套结构

1.3 机械零件的选材、毛坯选择与工艺路线设计

1.3.1 机械零件材料选择的一般原则

机械制造中使用的材料是多种多样的。在机械零件的设计过程中,如何正确地选用材料十分重要而且关键。材料选择得合理,不仅能保证机器产品的内在质量,而且可以大大降低产品的制造成本,提高产品的市场竞争力。

机械零件材料的选择通常应考虑以下原则：

1. 根据零件的使用性能要求选取材料

满足零件使用性能要求是选择零件材料的最基本的原则。任何一个零件，在整个机器运转过程中都起着一定的作用，占有一定的地位，因而有一定的使用性能要求。所选材料如果不能满足基本的使用要求，往往出现零件过早地失效、破坏，以致引起整个机器运转故障，甚至导致重大事故。

材料的使用性能包括力学性能、物理性能和化学性能等。对大多数机械零件，力学性能是主要的选材依据。如机车发动机曲轴 (crankshaft)、传动齿轮 (gear)、连杆 (connecting rod)、连杆螺栓等受力复杂的零件，要求有较好的综合力学性能，往往选用 45、50 等中碳调质钢 (quenching and tempering steel) 或 40Cr、42CrMo 等合金调质钢制造。车辆弹簧 (spring)，其弹性 (elasticity) 极限要求较高，而且要求有足够的韧性 (toughness)，常选用淬透性 (hardenability) 较好、碳含量较高的 60Si2Mn 等弹簧钢制造。钢轨一般承受机车、车辆的冲击、磨损，要求有较高的强度、硬度、耐磨性和适当的韧性，一般选用碳含量接近共析成分的 P74、P71 等钢轨钢制造。

对于某些特殊零件，除考虑材料的力学性能外，材料的物理性能和化学性能等也可以成为主要的选材依据。例如铁路车辆，过去多用碳素结构钢或一般低合金结构钢制造，有时不到一个厂修期，车辆就因腐蚀而失效。“七五”期间铁路大力推广 09CuPTiXt (Q345)、08CuPVXt (Q345)、09CuPTiXt (Q345) 等系列耐大气腐蚀的低合金结构钢 (耐候钢)，提高了车辆的耐腐蚀能力，延长了使用寿命。

要满足零件的使用性能要求，首先应正确分析零件的工作条件，确定使用性能。这包括零件受力情况的分析，工作环境 (温度和介质) 的分析，以及特殊工作条件的性能要求 (如导电性能、磁性能、热性能、密度甚至颜色等)。由于这些分析有时带有预先估计的性质，与零件实际工作条件有偏差，这时常借助零件的失效分析，确定零件的主要性能。例如，过去很长时间被人们认为发动机曲轴的主要使用性能应是高的抗冲击性能和耐磨性，因而常选用调质钢锻件制造，而失效分析的结果表明，曲轴的失效形式主要是疲劳断裂，其主要的性能应是较高的疲劳强度，选用球墨铸铁制造曲轴，满足了使用要求，简化了制造工艺，降低了生产成本。

2. 选材的同时，应考虑材料的工艺性能

材料的工艺性能是指其适应各种加工方法的能力，它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能、热处理性能等。在几种材料基本都能满足使用要求的情况下，材料的工艺性能往往成为选材的重要依据之一。

(1)铸造性能 主要指合金的熔点(melted point)、流动性(fluidity)、收缩率(the ratio of shrinkage)、偏析(segregation)和吸气(gas absorption)倾向等。一般接近共晶成分的合金的铸造性能较好,即合金的熔点低,流动性较好,易产生集中缩孔,偏析倾向小等。另外,铸铁的铸造性能优于铸钢;铸造铝合金、铜合金的铸造性能又往往比铸铁、铸钢好。

(2)锻造性能 锻造性能主要是指金属变形时的抗力大小及塑性(plasticity)的好坏。钢的锻造性能比铸铁、铸造铝合金好;低碳钢的锻造性能比高碳钢好;形变铝合金、铜合金的锻造性能比钢好。

(3)焊接性能 主要指焊接时,焊接接头的冷裂、热裂倾向及形成气孔的倾向等。钢的焊接性能比铸铁、铝合金好;低碳钢的焊接性能又比中、高碳钢好。

(4)切削加工性能 主要指材料被切削加工的难易程度以及切削后所得表面质量,如粗糙度等。一般太硬或太软的材料切削加工性能都不好。铸铁的切削加工性能比钢好;钢中易切削钢的切削加工性能比其他钢好。

(5)热处理工艺性能 主要指热处理加热温度范围,氧化、脱碳倾向大小,淬透性,以及变形、开裂倾向等。一般只有钢及少数有色金属,如部分铝合金、钛合金等可进行热处理强化。在钢中,合金钢的热处理性能比碳钢要好。

3. 选材时应考虑经济性

在满足零件的使用要求的情况下,经济性也是零件选材必须考虑的重要因素。选材的经济性主要应从以下几方面考虑:

(1)材料本身的相对价格 当用价格较低的材料能满足零件的使用性能要求时,就不应选用价格高的材料。铸铁的价格低于钢;碳钢的价格低于合金钢。在设计零件时,能选用铸铁时,就不用钢;能选用碳钢时就不用合金钢;能选用普通钢时就尽量不选用优质钢。

(2)材料的利用率 铸铁的力学性能低,零件截面积较大,材料利用率低;钢的力学性能比较好,用钢做某些结构件时,截面积可大大减小,材料利用率高,有时节约的成本可以补偿钢的价格增加,使零件的价格降低。大批量生产时,采用少、无切削加工的毛坯生产工艺,可以提高材料利用率,降低成本。

(3)应选用加工工艺简单的材料 如用冷拔钢丝绕制的弹簧,可以不进行淬火和回火处理而满足弹簧性能的要求,节约了热处理费用。用球墨铸铁代替锻造曲轴,节约了锻造加工费用,经济效果十分明显。

(4)降低材料的管理成本 一个工厂所用材料应进行归纳、综合,对所选材料的品种、规格应适当加以限制。过多、过杂的材料品种将增加材料的管理难度和费用,造成备货过多,资金积压,甚至由于管理失误而引起材料、工时的浪费,产品废品率上升。

此外,选材时应考虑资源、供货等情况。所选材料应货源充足,便于采购。尽量避免异地采购。货源不足的材料,增加了材料采购、贮存、运输和管理费用,使成本提高。

(5)尽可能选用非金属材料 非金属材料包括塑料(plastics)、橡胶(rubber)、陶瓷和复合材料等。它们大多价格便宜,加工工艺简单,而且具有许多特殊的优良性能。正确地选取用非金属材料代替金属材料,常能收到良好的经济效益。例如,铁路客车上用玻璃钢(玻璃纤维—树脂复合材料)制作门窗和整体卫生间,比传统结构钢的门窗、卫生间的质量轻,工艺简单,经济效果十分明显。

选材经济性是一个综合性指标,对以上因素往往应综合分析,应当考虑整个加工过程的综合成本,甚至还应考虑零件的使用寿命、维修费用、能源消耗等。

机械零件的选材与零件的结构工艺性关系十分密切。如前所述,在很多情况下,机械零件的材料一旦选定,其零件的工艺结构也就基本上确定了。例如,某机械零件经过以上原则确定选用铸铁制造,那么这个零件的结构就必须满足铸造结构工艺性的要求,具有铸造工艺性的特点。

1.3.2 机械零件的毛坯选择

1. 机械零件的毛坯分类及生产特点

机器制造中常用的毛坯有铸件、锻件、冲压件、焊接件、粉末冶金件以及注塑成形的工程塑料件等。各种金属零件毛坯的制造方法、主要特点和应用见表 1.1。

2. 毛坯生产方法的选择

毛坯选择包括选择毛坯材料(零件材料)、结构工艺的类型和具体的生产方法。如前所述,零件材料的选择与毛坯结构工艺类型、生产方法的选择有着十分密切的关系。在材料选定以后,选择毛坯的类型和生产方法应从以下几方面着手:

(1)根据材料的工艺性能进行选择

材料的工艺性,往往是决定毛坯种类的主要因素。当零件材料是铸铁时,由于铸铁的锻造性能很差,毛坯种类只能是铸件,但具体生产方法可以是砂型铸造,也可以是金属型铸造;又例如铁路道岔常选用 Mn13 耐磨钢制造,但由于 Mn13 的切削加工性十分差,无法切削成形,所以道岔等零件常用铸造成形,为铸钢件;再如飞机发动机的导向叶片选用镍基耐热合金制造,由于该合金的砂型铸造性能不好和切削性能很差,一般采用熔模精密铸造方法生产。表 1.2 列出了各种材料适宜(表中以“○”表示)或可以(表中以“◎”表示)采用的毛坯生产方法。每一种材料都有好几种毛坯生产方法可供选择,这时就应在满足零件使用性能要求的前提下,根据材料的工艺性能好坏以及经济性来作出抉择。

表 1.1 常用毛坯制造方法的特点和应用

制造方法 比较内容	铸造	锻造	冲压	焊接	型材	粉末冶金
	成型特点	液态成形	固态下塑性变形成形	借助金属原子间的扩散和结合成形	固态下切削成形	压制烧结成形
对原材料工艺性能要求	流动性好,收缩率小	塑性好,变形抗力小	强度高,塑性良好,液态下化学稳定性好	强度高,塑性良好,液态下化学稳定性好	切削性能好	材料呈粒状或粉状,具有一定流动性和压制性
适用材料	铸铁,铸钢,有色金属	低碳钢,合金结构钢	低碳钢和有色金属薄板	低碳钢和合金结构钢	碳钢,合金钢,有色金属	金属或非金属粉末,高熔点金属材料或金属化合物
适宜的形状	形状不受限,可相当复杂,尤其是内腔形状	自由锻件简单,模锻件可较复杂	可较复杂	形状不受限	简单,一般为圆形或平面	形状比较简单
适宜的尺寸与质量	砂型铸造不受限	自由锻不受限,模锻 < 150kg	一般不受限但不能太大	不受限	中、小型	小型, < 10kg
毛坯的组织性能	砂型铸造件晶粒粗大、疏松、缺陷多,杂质排列无方向性。铸铁件力学性能差,耐磨性和减振性好;铸钢件力学性能较好	晶粒细小、较均匀、致密,可利用流线改善性能,力学性能好	组织细密,可产生纤维组织。利用冷变形强化,可提高强度和硬度,结构刚性好	焊接区为铸态组织,熔合区及过热区有粗大晶粒,内应力大;接头力学性能达到或接近母材	取决于型材的原始组织和性能	内部组织有空隙,密度约为固态材料 80% 左右,力学性能低于相应铸件和锻件

续表 1.1

制造方法 比较内容		铸 造	锻 造	冲 压	焊 接	型 材	粉末冶金
毛坯精度和 表面质量	砂型铸造件精度较低,表面粗糙(特种铸造较高)	自由锻件精度较低,表面较粗糙;模锻件精度中等,表面质量较好	精度高,表面质量好	精度较高,接头处表面粗糙	取决于切削方法与工艺	尺寸准确,精度高,表面粗糙度低	
材料利用率	高	自由锻件低,模锻件中等	较高	较高	较高	最高(≈100%)	
生产成本	低	自由锻件较低,模锻件较高	低	中	较低	较低	
生产周期	砂型铸造较短	自由锻短,模锻长	长	短	短	长	
生产率	砂型铸造低	自由锻低,模锻较高	高	中、低	中、低	高	
适宜的 生产批量	单件、成批(砂型铸造)	自由锻单件小批,模锻成批、大量	大批量	单件、成批	单件、成批	大批量	
适用范围	铸铁件用于受力不大,或承压为主的零件,或要求减振、耐磨的零件;铸钢件用于承受重载而形状复杂的零件,如床身、立柱、箱体、支架和阀体等	用于承受重载、动载或复杂载荷的重要零件,如主轴、传动轴、杠杆和曲轴等	用于板料成形的零件	用于制造金属结构件,或组合件和零件的修补	一般中、小型简单件	硬度高、耐磨,耐高温零件。如轴套、衬套、齿轮、含油轴承、摩擦片、刀具、凸轮等	

表 1.2 材料与毛坯生产方法的关系

材料 \ 毛坯生产方法	砂型铸造	金属型铸造	压力铸造	熔模铸造	锻造	冷冲压	粉末冶金	焊接	挤压型材改制	冷拉型材改制	备 注
低碳钢	○			○	○	○	○	○	○	○	
中碳钢	○			○	○	○	○	○		○	
高碳钢	○			○	○	○	○	○		○	
灰铸铁	○	○						○			
铝合金	○	○	○		○	○	○	○	○	○	
铜合金	○	○	○		○	○	○	○	○	○	
不锈钢	○			○	○	○		○		○	
工具钢和模具钢	○			○	○		○	○			
塑 料								○	○		可压制及吹塑
橡 胶									○		可压制

(2) 根据零件使用性能要求选择

满足零件的使用要求是选材的主要依据,同时也是选择毛坯种类和生产方法的重要依据。铸件通常晶粒粗大,内部常有气孔、缩松、夹渣等缺陷,力学性能低于同材料的锻件。锻件经过锻压变形后,内部组织细小、致密、力学性能高,常用来制造受力复杂的重要零件。如起重机吊钩,形状比较复杂,铸造成形比较方便。但由于吊钩是十分重要的起重零件,锻造成形后内部组织细小、致密,而且流线纤维沿应力方向分布,力学性能好。选用锻造毛坯往往比用铸钢制造好。

(3) 根据零件的形状、尺寸和设计要求选择

零件的形状、尺寸往往也是毛坯种类和生产方法选择的重要依据。对于形状复杂,特别是具有复杂内腔的零件,往往选择铸造毛坯。如火车车钩,由于形状复杂,常选用强度较高的 ZG25 或 ZG24SiMnTi 制造,简化了毛坯生产工艺,满足了使用要求。

机床床身一般形状复杂,并带有复杂内腔,大多采用铸铁制造;对大型机床床身,由于结构刚度要求较高,可采用中碳铸钢和合金铸钢件制造;对于特别大的重型机床的床身,整体铸造已十分困难,可采用铸钢-焊接联合结构的生产方式。

对于批量较小的形状简单零件,采用型材切割的毛坯,其成本往往最低。