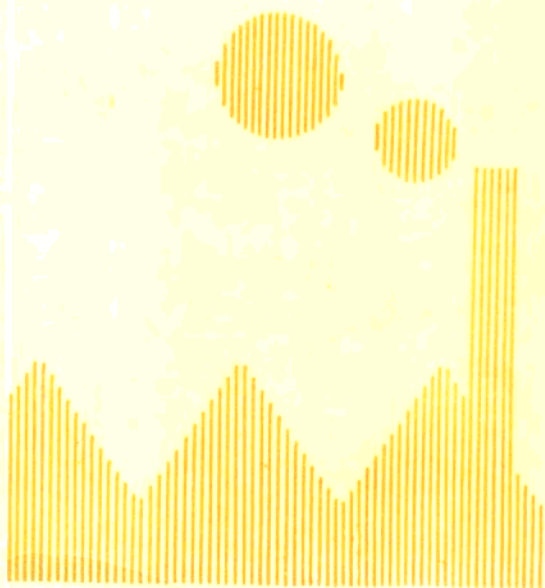
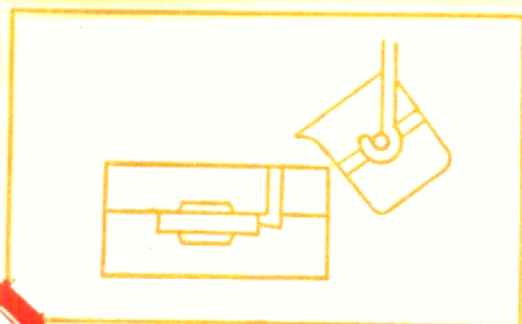
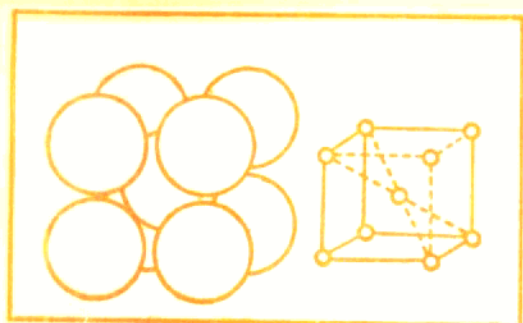


工程材料及机械制造基础

第二册

热加工工艺

李遇昌 王一戎 主编



成都科技大学出版社

前 言

本教材以国家教育委员会工程材料以机械制造基础课程指导小组制定的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》为依据,并结合本课程的教学需要,由成都科技大学、贵州工学院、西南交通大学、四川工业学院、云南工学院联合编写。

全书分三册出版。第一册为“工程材料”,包括机械工程材料的基本理论、钢的热处理和常用工程材料;第二册为“热加工工艺”,包括铸造、锻压和焊接;第三册为“金属切削加工”,包括金属切削加工基础知识、零件表面加工和机械加工工艺,另外,还编写了一章“机器零件的几何精度”,以适应某些专业的教学需要。

本教材注意了内容的有机配合,如将金属材料的性质联系铸、锻、焊工艺的有关基础理论在第一册中集中讲解;此外,还力求加强基础理论,阐明工艺方法,突出工艺特点,做到内容叙述循序前进、刻入浅出,便于自学。

本书由李遇昌、王本德、王一戎、曾庆亨主编,参加编写的人员:第一册有王本德(第一、二、三、四、五、章)、王松龄(第六、七章)李明亮(第八章)、储凯(第九、十、十三章,并修改第三、四章)、邱元佑(第十一章)、张崇才(第十二章);第二册有王一戎(绪论)、李广模(第一、二、三、五、十五章)、张贤之(第四章)、黎德尧(第六、七、八、九、十章)、赵素洁(第十一、十二、十三、十四章);第三册有曾庆亨(第一、二、三、十章)、沈爱琴(第四章)、李遇昌(前言、第五、六、七章)、刘胜青(第八章)、金久梅(第九、十一、十二章)、汪万清(第十三、十四章)。

本书由贵州工学院宦秉德教授主审、成都科技大学刘增沛副教授(第一册)、昆明工学院罗启华副教授(第二册)、成都科技大学王继平副教授(第三册第四章)参加审阅。四川工业学院相仁逊副教授、沈思特副教授对本书提了许多宝贵意见。在编写过程中还得到昆明工学院以及其它有关院校领导的大力支持。在此表示衷心的感谢!

由于编者水平和经验有限,书中难免存在错误不妥之处,敬请读者批评指正

编 者 1988年5月

绪 论

机器零件的毛坯是用铸造、压力加工和焊接等工艺方法加工出来的。这些工艺的加工条件一般都在金属的再结晶温度以上，所以称之为热加工。

铸造是将熔化金属浇注到预先做好的铸型型腔中，使凝固成一定形状和尺寸的零件毛坯。铸造方法能够制造形状十分复杂，特别是其它工艺难以做到的各种合金铸件，其重量可从几克到百吨以上，且成本较低。但铸造质量不稳定，成品率较低，铸件的机械性能较差。尽管如此，因其上述优点，铸造在机器制造中应用仍相当广泛，铸件量约占机器设备总重量的40~80%。例如机床床身、机座、箱体、皮带轮、发动机机体等。随着铸造技术迅速发展，传统砂型铸造的不断改进，铸造应用范围也日益扩大。

压力加工是用外力使金属塑性变形，从而获得一定形状、尺寸和机械性能的原材料、毛坯或零件的加工方法。因为各类钢和许多有色金属及其合金都具有一定的塑性，故而可在热态或冷态下进行压力加工。经过压力加工的金属，晶粒细小、组织致密，机械性能比铸件要好得多，所以凡是承受重载荷的机器零件如机器的主轴、连杆、重要齿轮、炮筒、枪管等常用锻件作毛坯；汽车、仪表、电器及生活用具也大量使用板料冲压。然而，压力加工方法却难以制造形状复杂的毛坯。

焊接是一种连接金属的方法。其实质是对金属局部加热或加压，或既加热又加压，使分离的金属原子间相互扩散与结合，形成一个整体。焊接节省金属和工时，接头致密，易于实现机械化和自动化，已在绝大部分机器零件和金属结构制造中取代了铆接方法。将型材、铸件、锻件和冲压件拼焊成复合结构件，可充分利用铸、锻、冲压、焊等加工方法的特点，因而受到重视。还需指出，国内外大型铸钢、铸铁机架、床身等构件有逐渐用焊接件取代的趋势。影响焊接接头质量的因素较多，焊接热影响区的性能有所下降，对原材料要求较严，某些材料的焊接尚有困难，这是焊接技术中存在的问题。

铸、锻、焊技术在我国历史上曾有过辉煌的成就，近数十年来也取得了长足的进步。在国民经济各部门中都得到广泛的应用。

学习本部分内容，应掌握铸、锻、焊等加工方法的基本原理和影响质量的各种因素；培养具有初步选择毛坯材料和制造方法、以及考虑零件结构工艺性的能力；还应了解铸、锻、焊的先进工艺和新技术，知道提高产品质量和生产率的途径。

目 录

绪论.....	(4)
第一篇 铸造.....	(1)
第一章 砂型铸造.....	(1)
§1 型砂及芯砂.....	(2)
§2 各种造型方法的特点和应用.....	(4)
§3 铸造工艺图的制定.....	(8)
第二章 合金的铸造性能.....	(17)
§1 合金的流动性.....	(17)
§2 合金的收缩.....	(19)
§3 铸造应力、变形和裂纹.....	(23)
第三章 常用合金铸件的熔铸特点.....	(27)
§1 铸铁件的熔铸特点.....	(27)
§2 铸钢件的熔铸特点.....	(34)
§3 铸造有色金属的熔铸特点.....	(36)
第四章 特种铸造.....	(39)
§1 熔模铸造.....	(40)
§2 金属型铸造.....	(43)
§3 压力铸造.....	(45)
§4 离心铸造.....	(46)
§5 低压铸造.....	(47)
§6 其它特种铸造方法.....	(48)
第五章 铸件结构工艺性.....	(51)
§1 铸造工艺对铸件结构的要求.....	(51)
§2 合金铸造性能对铸件结构的要求.....	(54)
§3 铸造方法对铸件结构的要求.....	(62)
§4 组合铸件的应用.....	(66)

第二篇 锻压	(67)
第六章 金属的塑性变形	(68)
§1 金属塑性变形的实质及对金属组织和性能的影响	(68)
§2 回复和再结晶	(69)
§3 热变形后金属的组织和性能	(69)
§4 金属的可锻性	(70)
§5 锻压时金属的变形规律	(73)
第七章 锻造	(74)
§1 锻造设备	(74)
§2 自由锻造	(81)
§3 模锻	(88)
第八章 板料冲压	(103)
§1 冲压设备	(103)
§2 板料冲压基本工序	(104)
§3 冲模的分类和构造	(110)
第九章 锻压零件的结构工艺性	(112)
§1 自由锻件的工艺性要求	(112)
§2 模锻铸件的工艺性要求	(112)
§3 冲压件的工艺性要求	(112)
第十章 锻压先进工艺	(116)
§1 精密模锻	(116)
§2 挤压	(117)
§3 辊轧工艺	(120)
§4 超塑性模锻	(121)
第三篇 焊接	(124)
第十一章 常用焊接方法	(125)
§1 气焊	(125)
§2 电弧焊	(125)
§3 电阻焊	(128)
§4 电渣焊	(130)
§5 钎焊	(131)
§6 几种先进焊接方法简介	(132)

第十二章 电弧焊电源设备	(136)
§1 对电焊机的要求	(136)
§2 电弧焊电源设备	(137)
第十三章 常用金属材料的焊接	(140)
§1 手工电弧焊的冶金过程	(140)
§2 金属材料的焊接性	(145)
§3 钢的焊接	(146)
§4 铸铁件的焊补	(147)
§5 有色金属的焊接	(148)
第十四章 焊接变形及应力	(150)
§1 焊接变形的基本形式	(150)
§2 焊接变形及应力产生的原因	(150)
§3 焊接变形及应力对焊接结构的影响	(151)
§4 防止变形的措施和矫正变形的办法	(152)
§5 减少与消除焊接残余应力的措施	(154)
§6 焊接件的结构设计	(155)
第十五章 毛坯选择	(159)
§1 各类毛坯的特点	(159)
§2 影响毛坯成本和质量的因素	(163)

第一篇 铸造

将液体金属浇注到与零件形状和尺寸相适应的铸型空腔中，待其冷却凝固后获得铸件的方法，称为铸造。铸件通常要经过机械加工后才能作为机器零件使用，但当对零件要求不高或采用精密铸造方法时，铸件也可不经过机械加工而直接使用。

铸造方法适应性强，既可铸造轻仅几克、重达数百吨，壁厚可由1 mm到1 m左右的铸件；又可铸造从简单到复杂，特别有复杂内腔的铸件；可以铸造的合金范围很广，诸如铸铁、铸钢，以及铜基、铝基、镁基、镍基等有色金属合金，都可用于铸造，其中应用极广的铸铁只能用铸造方法来制造毛坯。此外铸造所使用的原材料大都价格低廉，来源广泛，并可直接利用报废机件、废钢和切屑重熔、重铸，铸造同其他领域所需的锻压轧制设备和类似的重型设备比较，只需较小的投资，而且单件及中批量生产采用传统的砂型铸造与大量生产采用特种铸造方法所需的工装费用都比其他制造方法低。再者，铸件的形状和尺寸与零件又较接近，可节省大量的金属材料与切削工时。故多数情况下，铸件的制造成本较锻件低。随着材料科学和铸造工艺的不断发展，铸件能进入传统采用其他形式产品的领域，例如某些板状金属构件由压铸件代替，切削加工件由少切削或无切削的熔模铸造件取代，以及曲轴、连杆、齿轮等锻钢件也逐渐用高强度球墨铸铁件代替。

由于铸造有着上述许多优点，虽然铸件的机械性能比相同材料的锻件低，铸件的缺陷也较多，但在工业生产中的使用范围仍在日益扩大。

铸造生产中，最常用的方法是砂型铸造，其铸件约占铸件总量的90%以上。除砂型铸造外，还有许多特种铸造方法，如金属型铸造、压力铸造、熔模铸造、离心铸造、低压铸造等。

第一章 砂型铸造

砂型铸造是指铸型是由砂型和砂芯组成的，而砂型和砂芯是用砂子和粘结剂为基本材料制成的。

砂型铸造方法对设计和生产装备有很大的适应性，并且它集中体现了各种铸造方法的特性，成形几乎不受限制，投资少，操作费用低。同时砂型铸造适用于各种批量零件的生产。因此虽然其他铸造方法可能在某些方面擅长，而砂型铸造则在铸件重量、成分、形状和数量方面是唯一通用的方法。

砂型铸造的整个工艺过程比较复杂，如图 1-1 所示，砂型在取出铸件后便已损坏，所以砂型铸造也称为一次型铸造。

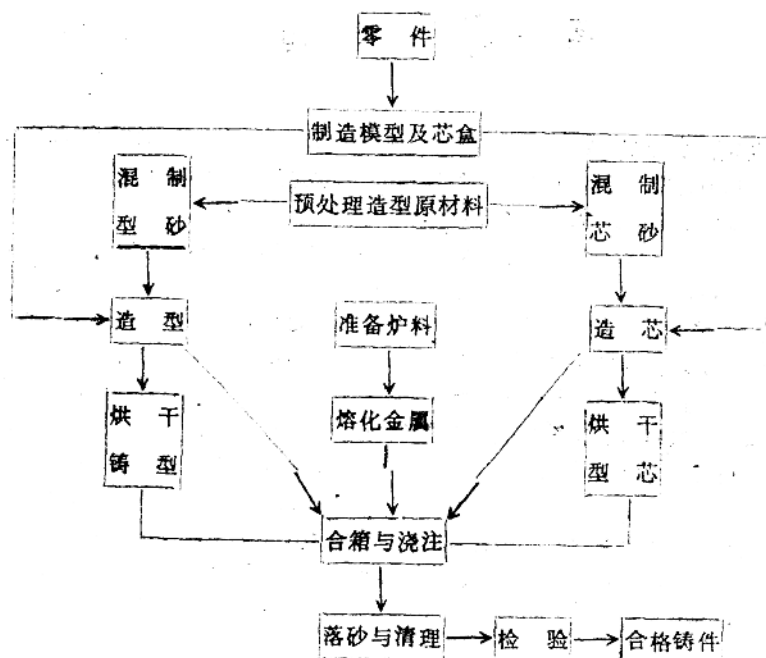


图1-1 砂型铸造工艺过程图

§1 型砂及芯砂

型砂和芯砂的性能直接影响着铸件的质量。型（芯）砂性能不好会使铸件产生气孔、砂眼、粘砂、夹砂、裂纹等缺陷，由这些缺陷所引起的废品约占铸件总废品的50%以上。此外，生产一吨合格的铸件需要2.5~10吨造型材料。因此，必须合理地选用和配制型（芯）砂。

一、型（芯）砂应具备的主要性能

1. 强度 砂型在受外力作用时而不致破坏的性能称为强度。这种性能对于砂型的制造、搬运以及在液体金属冲击和压力作用下砂型不致改变形状和毁坏来说是十分必要的。型砂强度不足时会造成塌箱、冲砂和砂眼等缺陷。但强度太高又会使砂型太硬、透气性差，阻碍铸件收缩而使铸件形成气孔和裂纹等缺陷。强度大小与水分、粘土含量以及紧实程度等有关。

2. 透气性 型砂由于各砂粒之间存在着空隙，具有让气体透过的能力，称为透气性。当液体金属浇入砂型后，在高温作用下，砂型和型芯中会产生大量气体，液体金属

的冷却、凝固也将析出气体。如果型砂的透气性不好，部分气体就会留在铸件里而造成气孔等缺陷。型砂的砂粒大，粘土含量和水分适当都可以改善透气性。

3. 耐火性 在高温的液体金属作用下，型砂不软化、不熔融的性能，称为耐火性。耐火性不高时，砂粒易粘附在铸件表面，使铸件的清理和切削加工困难。砂中石英(SiO_2)含量高而杂质含量少时，其耐火性好。圆形和大颗粒的砂粒比多角形和细小颗粒的耐火性要好。

4. 可塑性 型砂在外力作用下发生变形，当外力取消后仍能保持砂型清晰轮廓的性质，称为可塑性。可塑性好，砂型轮廓清晰，从而保证铸件具有精确的轮廓和尺寸。

5. 退让性 型(芯)砂在铸件固态冷却收缩时有相应地减小自己体积，因而不阻碍铸件收缩的性能，称为退让性。退让性差的型(芯)砂会使铸件产生内应力、变形，甚至发生裂纹等缺陷。为了提高型砂的退让性，除改用其他粘结剂(如油、树脂)外，还可在型砂中加入少量锯木屑、焦炭粉等一类物质，使砂粒间隙增加。

此外，还须考虑型(芯)砂的回用性、发气性和出砂性等。回用性良好的型砂，可重复使用，型砂耗费量低。发气量低的型砂，浇注金属液时其自身产生的气体少，铸件不易产生气孔。出砂性好的型砂，浇注冷却后残留强度低，铸件易于清理。

二、型(芯)砂的分类、成分和应用

根据使用的粘结剂的不同，型(芯)砂可分为以下几类：

1. 粘土砂 以粘土(包括普通粘土和膨润土)为粘结剂的型(芯)砂称为粘土砂。它是由砂子、粘土、水以及有时还加入附加物(如煤粉或锯木屑等)按一定比例混制而成。它通过混制后，砂粒表面下均匀地包复一层粘土膜，从而将砂粒联在一起，使型(芯)砂具有一定的强度。粘土砂应用广泛，铸铁、铸钢以及铜、铝合金铸件均适宜，手工或机器造型均可，并且，不受铸件的大小、重量、尺寸和批量的限制。它既适合造型，又可用于制造形状简单的大、中型型芯。

根据砂型在浇注金属时的状态不同，粘土砂可分为湿型砂和干型砂两类。湿型砂多用于中小型铸件，常用膨润土(陶土)作粘结剂，粘结能力很高，故其湿强度好。为了减少型砂的发气量，型砂的水分，一般控制在4~6%，以免铸件产生气孔等缺陷。有时在型(芯)砂中加入煤粉，其作用是在铁水的高温作用下燃烧形成气膜防止铸件表面粘砂。干砂型主要用于质量要求较高的中型和大型铸件，特别是铸钢件。干型(芯)砂以普通粘土(白泥)作粘结剂，常将砂型(芯)造好后，刷上耐火涂料，以弥补型(芯)砂耐火性不足，避免造成铸件表面粘砂。铸铁件常用石墨粉加粘土粘结剂调合成“炭灰水”作为涂料；铸钢件为了避免钢水渗碳，不能用石墨粉而用石英粉加粘结剂作涂料。干砂型(芯)在300~500℃烘干，透气性好，发气量少，故配砂时可以多加入一些粘土和水分，以获得高的干强度。有时型(芯)砂中加入1~3%木屑，木屑在烘干砂型(芯)和金属液浇入砂型的过程中被烧掉，形成空隙，以提高其退让性和透气性。

根据用途不同，粘土砂还可分成面砂、背砂和单一砂。靠近砂型内腔表面与液体金属直接接触的一层(约15~30mm)称为面砂，面砂大部分或全部常用新砂配制，要求具有较高的可塑性、强度和耐火度。砂型的其他部分则用所谓背砂(又叫填充砂)充填。

对它仅要求有足够透气性和一定的强度。背砂一般大部或全部采用旧砂配制。在大量生产、机械化程度较高和有旧砂再生设备的铸造车间里，对于中小型铸件，为了简化造型操作，型砂不再分面砂和背砂而采用一种型砂，称为单一砂。

2. 水玻璃砂 以水玻璃（硅酸钠 $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$ 水溶液）作粘结剂，利用 CO_2 气体进行化学反应而产生硅酸凝胶体，使型砂粘结硬化。水玻璃砂硬化后的强度取决于水玻璃的模数（即水玻璃中 SiO_2 与 Na_2O 的克分子比值）和比重。当其数值越高，则硬化速度越快，硬化后的强度越高。但模数和比重也不能过高。一般铸造上使用的水玻璃模数为2~3，比重为1.48~1.56。水玻璃用量为原砂重量的5~7%，还配入1~4%膨润土和4~5%水。

水玻璃砂具有不需烘干，硬化速度快，型砂强度高，生产周期短等优点。它的不足之处是铸铁件及大的铸钢件易粘砂，出砂性差，铸件的落砂清理困难。

3. 油砂和合脂砂 以桐油、亚麻仁油等作粘结剂，用来制造复杂型芯，如发动机、空压机罐体、罐盖的水套型芯，进、排气管型芯等。油的粘结作用是靠油膜氧化、聚合形成硬壳而把砂粒粘结起来。它具有干强度高，不易返潮，退让性和出砂性好，以及铸件表面光洁等优点。桐油在芯砂中加入量一般为1~3%，此外还加入适量的粘土和水或糊精，以提高油砂的湿强度。制好后的油砂芯须在200~250℃下，经过0.5~2小时烘干，形成氧化膜，以获得应有的干强度。

尽管油砂芯性能优良，但油料是重要工业原料，应尽量少用或不用。除特别复杂的型芯外，已广泛采用合脂粘结剂代替油料。合脂是制皂的副产品，常温下是粘稠的膏状物，须经溶剂（如煤油）稀释，便成为铸造用的合脂粘结剂。合脂砂的性能与油砂相近，但湿强度更低，不能满足制芯要求。为了提高湿强度常加入2~3%的粘土。水分对于干强度的影响很大，应严格控制，一般外加水在0.4~0.9%。合脂加入型芯中的量为3~4%，制好后的型芯须在200~220℃温度下，约经2小时的烘干。

4. 树脂砂 以树脂（如呋喃树脂等）作粘结剂，利用树脂在芯盒内受热发生固化转变而将砂粒固结在一起。树脂砂与油砂相比，它不需烘干，生产率高。型芯强度比油砂的高。型芯的尺寸精确，表面光洁，其退让性和出砂性好，同时易于实现制芯的机械化和自动化。

型（芯）砂的成分决定于铸造合金的种类与铸件的形状和大小，根据具体情况各厂型（芯）砂的成分也不相同。

§2 各种造型方法的特点和应用

造型是砂型铸造的主要工序，通常分为手工造型和机器造型两大类。

一、手工造型方法的特点及应用

手工造型时紧砂和起模是用手工来进行的。在许多工厂手工造型仍然是基本方法，因为其操作灵活、适应性强、模型成本低、生产准备时间短，故凡单件、小批量生产或铸件特别复杂、尺寸大等不适合、不可能采用机器造型时，就采用手工造型方法，不过

此法生产的铸件精度较差, 生产率低, 且劳动强度大。

实际生产中, 由于铸件尺寸、形状、生产批量、使用要求, 以及生产条件的不同, 手工造型有着各式各样的造型方法。合理地选择造型方法, 对于获得合格铸件, 减少制模和造型工作量、降低铸件成本和缩短生产周期都是很重要的。

按砂箱或模型特征将各种手工造型方法及使用范围, 归纳成表1-1所示。

表1-1 各种手工造型方法的特点及适用范围

造型方法名称	特 点	适 用 范 围
按砂箱特征区分	两箱造型 铸型由成对的上箱和下箱构成, 操作方便	造型最基本方法, 适用于各种生产批量, 各种大、小的铸件
	三箱造型 铸型由上、中、下三箱构成。中箱的高度须与铸件两个分型面的间距相适应。三箱造型操作费时需有适合的砂箱	主要用于手工造型中, 单件、小批生产具有两个分型面的铸件
	地坑造型 造型是利用车间地面砂床作为铸件的下箱, 大铸件需要在砂床下面铺以焦碳埋上出气管, 以便浇注时引气。 地坑造型仅用上箱便可造型, 减少了制造专用下箱的生产准备时间, 减少了砂箱的投资。但要求的技术较高	常用于砂箱不足的生产条件制造批量不大的大、中型铸件
	脱箱造型 采用活动砂箱来造型, 在铸型合箱后, 将砂箱脱出, 重新用于造型, 所以一个砂箱可制许多铸型。 金属浇注时, 为防止错箱, 需用型砂将铸型周围填紧, 也可在铸型上加套箱	常用于生产小铸件。因砂箱无箱带, 所以砂箱多小于400mm
按模型特征区分	整模造型 模型是整体, 分型面是平面, 铸型型腔全部在半个铸型内, 其造型简单, 铸件不会产生错箱缺陷	适用于铸件最大截面靠一端且为平面的铸件
	挖砂造型 模型虽是整体的, 但铸件的分型面为曲面, 为了起出模型, 造型时用手挖出阻碍起模的型砂, 其造型费工, 生产率低	用于单件、小批生产, 分型面不是平面的铸件
	假箱造型 为克服上述挖砂缺点, 在造型前预先作个假箱, 尔后, 再在假箱上制下箱, 假箱不参加浇注, 此种造型造型比挖砂操作简便, 且分型面整齐	用于成批生产需要挖砂的铸件
	分模造型 将模型沿截面最大处分为两半, 型腔位于上、下两个半型内, 其造型简单, 节省工时	常用于铸件最大截面在中部(或圆形)的铸件
	活块造型 铸件上有妨碍起模的小突台、筋条等, 制模时将这作成活动部分, 造型起模时, 先起出主体模型, 然后再从侧面取出活块, 其造型费时要求工人技术水平高	主要用于单件、小批生产带有突出部分, 使之难以起模的铸件
	刮板造型 用刮板代替木模造型。它可大大降低模型成本, 节约木材, 缩短生产周期, 但造型生产率低, 要求工人的技术水平高	主要用于有等截面的或回转体大、中型铸件的单件、小批生产如带轮、飞轮、齿轮、弯头等

二、机器造型

大批量生产时采用机器造型。近年来, 由于模型制造工艺技术的发展及造型机快换模板的应用, 使多品种、小批量生产也能采用机器造型。同时配以型砂处理、输送和铸型运送作业, 以及铸铁熔化和供应的机械化, 更能发挥造型机的高效率优点。

与手工造型比较, 机器造型除可以大大提高生产率外, 还可改善劳动条件、提高铸件精度和表面质量, 减少加工余量。在大批量生产中, 尽管机器造型所需要的设备、专

用砂箱和模板等投资较大，但铸件总成本仍能显著降低。因此机器造型是现代铸工车间成批生产铸件的基本方法。

机器造型的基本特点是造型过程中的紧砂和起模操作由机器来完成。

(一) 紧砂方法

机器造型紧实型砂的方法有压实、微震压实、射压、震压和抛砂等方式。

1. 微震压实式 微震压实式造型机是同时采用震实和压实两种动作的，因而砂型能得到最有效和均匀的紧实，它的工作原理如图 1-2 所示。工作时压缩空气先进入接砂气缸 1，使接砂活塞 2 顶起工作台 7，把型砂装入砂箱 9 内。同时压缩空气从工作台的

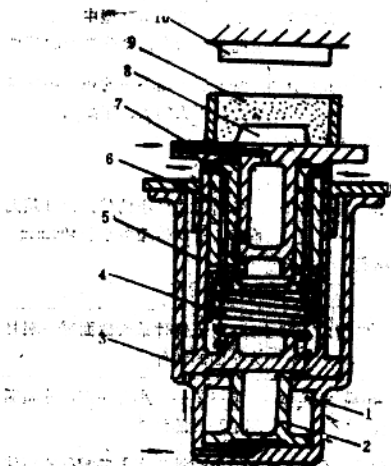


图 1-2 微震压实式工作原理

1. 接砂气缸；2. 接砂活塞；3. 压实气缸；4. 弹簧；
5. 压实活塞；6. 微震气缸；7. 工作台及震击活塞；
8. 模板；9. 砂箱；10. 压头

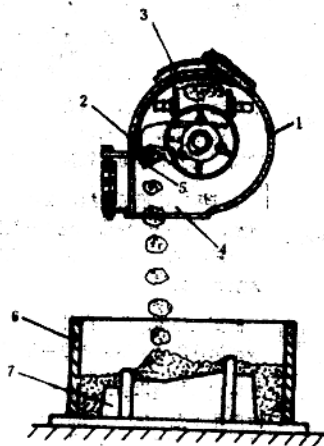


图 1-3 抛砂紧实

- 1—机头外壳；2—叶片；
3—砂型；4—砂团出口；
5—被紧实的砂团；6—砂箱；
7—模型

通气孔进入微震气缸 6，进行预震，然后压实气缸 3 通入压缩空气，使工作台再次上升，与压头 10 接触进行压实。在压实的同时，微震气缸仍然通气，故微震与压实同时进行，使型砂得到进一步紧实，紧实后关闭气阀，于是微震停止，压实活塞 5 和接砂活塞均下降恢复原状，并在活塞下降过程中完成起模操作。

此外还有普通震压式造型机，与微震压实式不同的是先震击而后压实，震实时工作台上 20~100mm 后突然落下碰击机座，靠惯性力的作用紧实型砂，一般要反复震动 10~80 次才能达到所需要的紧实度，因震实尚不能使砂箱顶部型砂紧实，故常附加压实，使整个砂型紧实度均匀，震压式造型机广泛用于中、小型铸件，但其生产率较低，震击噪音较大。

2. 抛砂紧实 抛砂紧实的原理如图 1-3 所示。它是利用抛砂机头的电动机驱动高速叶片 2，连续地将输送带运来的型砂 3 在机头罩壳 1 内初步紧实成砂团 5。砂团 5 被高速旋转轴带动的叶片 2 由砂团出口 4 抛入砂箱 6 中进一步紧实，抛砂紧实砂型（芯）是

同时完成填砂与紧实两个工序，生产率高，型砂紧实均匀。抛砂机机头可沿水平面运动，故可紧实大铸件的砂型。抛砂机的适应性很强，可以用于任何批量的大、中型铸件或大型芯的生产。

(二) 起模方法

型砂紧实以后，就要从砂箱中正确地把模型起出，使砂箱内留下完整的型腔。造型机大都装有起模机构，其动力也多是用压缩空气。起模机构有顶箱、漏模和翻转三种。

1. 顶箱起模 图1-4, a)为顶箱起模示意图。型砂紧实后，开动顶箱机构，使四根顶杆3从模板1四角的孔(或缺口)中上升，而把砂箱2顶起，此时固定着模型的模板，仍留在工作台上，这样就完成了起模工序。

顶箱起模的造型机机构比较简单，但起模时易掉砂，因此只适用于型腔形状简单，且深度较小的铸型，多用于制造上箱。

2. 漏模起模 漏模起模方法如图1-4, b)所示。对于形状复杂的铸件，为避免起模时掉砂，将模型4上难以起模的部分制成可漏下的模型6，在起模过程中，由于漏板5托住了图中A处的型砂，因而避免了掉砂，漏模起模机构常用于形状复杂或高度较大的铸型。

3. 翻转起模 图1-4, c)为翻转起模装置。型砂紧实后，砂箱夹持器将砂箱夹持在转板7上，在翻转气缸推动下，砂箱10随同模板8、模型9一起翻转 180° 。然后，承受台11上升，接触砂箱后，夹持器打开，砂箱随同承受台下降，与模板脱离而起模。此种起模法不易掉砂，适用于型腔较深、形状复杂的铸型。由于下箱型腔通常较深较复杂，且本身为了合箱的需要，也须翻转 180° ，因此多用来制造下箱。

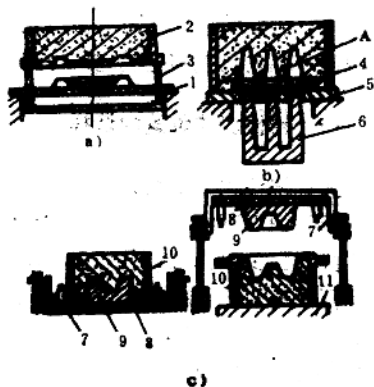


图 1-4 起模方法示意图

a) 顶箱起模；b) 漏模起模；c) 翻转起模

(三) 工艺特点

机器造型是采用模板进行两箱造型的。模板是将模型、浇注系统沿分型面与底板联结成一整体的专用模具。造型后底板形成分型面。模型形成铸型型腔。机器造型的模板多是单面模板，即上下两箱以各自的模板，分别在两台配对的造型机上造型，造好的上、下半型用箱锥定位而合箱。对于小铸件生产，有时采用双面模板进行脱箱造型。双面模板是把上、下两个半模及浇注系统固定在同一模板的两侧。此时，上下两箱均在同一台造型机上制出，铸型合箱后将砂箱脱除(即脱箱造型)，并在浇注前在铸型上加套箱，以防错箱和增加铸型强度和重量。用双面模板造型生产率较单面模板的低得多，因此采用较少。

机器造型的模型应尽量避免活块，也不采用三箱造型。模型上个别妨碍起模的凸台或凹坑常用外壁型芯块予以解决。机器造型用的型砂，多采用单一砂，以免影响造型机的生产率。

§3 铸造工艺图的制定

制造铸件时, 首先应根据零件的结构、技术要求特点、生产批量及生产条件等确定其铸造工艺, 然后用各种工艺符号, 把制造模型及铸型所需的工艺资料, 用不同颜色的线条和符号直接描绘在零件图上或用文字注在图纸上, 这就是铸造工艺图。图中应表示出: 铸件的浇注位置、分型面、浇注系统、型芯的数量及位置, 机械加工余量、拔模斜度、收缩率和铸造圆角等。铸造工艺图是指导模型和铸型的制造、生产准备和验收的最基本的工艺文件, 也是在大批量生产中绘制铸件图、模型图和铸型装配图的主要依据。图1-5为衬套铸件的零件图和铸造工艺图。

为了绘制铸造工艺图, 必须先对零件图进行工艺分析, 确定铸件的浇注位置、选择分型面, 并在此基础上确定铸件的主要工艺参数等。

一、铸件浇注位置的选择

铸件浇注位置是指铸件在铸型型腔内所处的上下左右位置。浇注位置的选择, 主要以保证铸件质量为出发点。因此首先应根据技术要求, 找出铸件质量要求高的部分和容易产生缺陷的部分。在确定浇注位置时, 应将这些部分放在有利的地位, 以保证其质量。其次也应注意浇注位置的确定对造型工艺繁简的影响。因此选择铸件浇注位置要注意以下几项原则:

1. 铸件的重要加工面和受力面应朝下或处于侧立面, 这是由于铸型内金属液中的渣子、气体等易上浮, 使铸件上部的缺陷比下部多, 同时上部组织也不如下部致密。如铸件的重要加工面有数个时, 应将较大的面朝下或侧立, 其他的面可采用增大加工余量等措施来保证铸件质量。

图1-6为C640车床床身浇注位置方案。由于机床床身的导轨面是关键部分, 不允许有铸造缺陷, 并要求组织致密均匀, 其浇注位置应当是将导轨面朝下。

对于轮类和圆筒类铸件, 由于表面质量要求均匀一致, 多采用立浇方式, 如图1-7

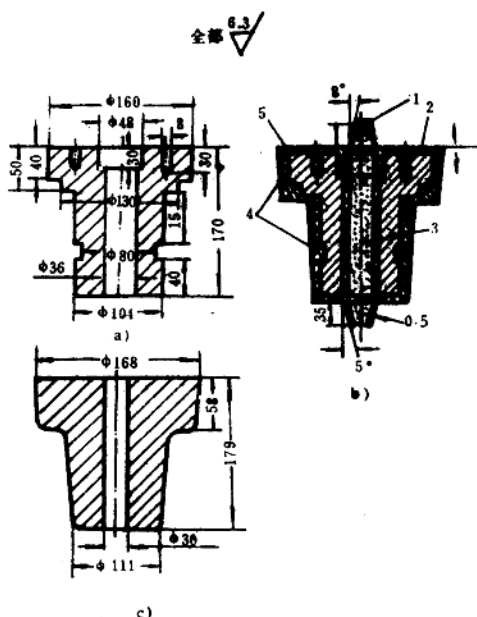


图 1-5 衬套铸件的零件图和铸造工艺图

a) 零件图; b) 铸造工艺图; c) 铸件图

1—型芯头; 2—分型面; 3—型芯; 4—拔模斜度; 5—加工余量

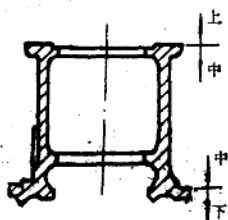


图 1-6 床身的浇注位置

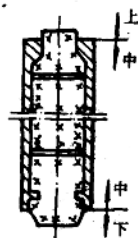


图 1-7 卷扬筒的浇注位置

所示为卷扬筒的立浇浇注位置方案。若将其卧浇，虽然便于使用两箱造型，但上部圆周表面质量难以保证。采用图中所示立浇方案，虽然造型合箱的工作量加大，但表面的质量均匀一致，可获得合格铸件。

2. 铸件的宽大平面应朝下。这是由于在浇注过程中，高温的液体金属对型腔上表面有强烈热辐射，易使型腔上表面型砂因急剧地膨胀而拱起或开裂，于是在铸件表面产生夹砂缺陷。很明显，呈水平位置的平面愈厚大，上表面愈易产生夹砂。为此，对于平板类铸件，要使大平面朝下，如图1-8所示。

3. 铸件薄而大的平面部分应放在铸型的下部，或尽量使薄壁侧立、倾斜着浇注，以利于金属液体充填铸型。图1-9为箱盖的两种浇注位置，其中a)是合理的，它将铸件大面积的薄壁部分放在铸型的下部，使这部分能在金属液的压力下充满，防止出现浇不足和冷隔。

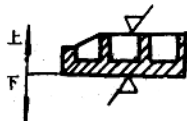


图 1-8 平板的浇注位置

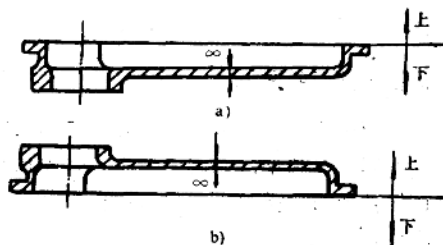


图 1-9 箱盖浇注位置的比较
a)合理; b)不合理

4. 铸件壁厚不均匀时，易产生缩孔的厚大部分放在上部或侧面，这样便于安放冒口使铸件自下而上（朝冒口方向）地进行顺序凝固。如上述卷扬筒铸件，厚端放在上部是合理的。图1-10为铸钢双排链轮也将其厚大部分朝上，以利于冒口能充分地进行补缩。

5. 应能减少型芯的数量和便于型芯的安放、固定和排气。图1-11, b)所示的浇注位置比图1-11, a)要合理。因它使型芯的数目减至一个，并且安放、固定和排气顺利，合箱方便，铸件的形状尺寸偏差也可以减小。图1-12为齿轮箱铸件的两种浇注位置方

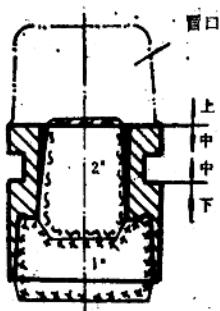


图 1-10 铸钢双排链轮的浇注位置
1*、2*为型芯编号

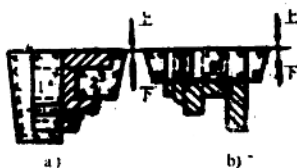


图 1-11 浇注位置选择分析
a)不合理; b)合理

案。采用图中a)方案，芯头尺寸过小，必须借助型芯撑来固定型芯，同时下芯时小芯头也容易损坏。采用图中b)时，下芯头尺寸比较大，下芯方便，也比较稳定。

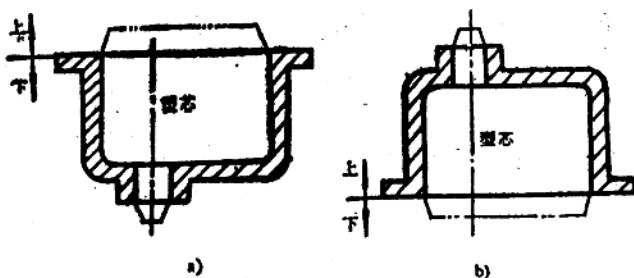


图 1-12 齿轮箱铸件两种浇注位置

二、铸型分型面的选择

铸型分型面是指两半铸型相互接触的表面。铸型分型面如果选择不当，则铸件质量难保证，并使制模、造型、制芯、合箱，甚至切削加工等工序复杂化。因此分型面的选择应在保证铸件质量的前提下，尽量简化造型工艺，以节省人力物力。实践证明，分型面的选择应注意以下原则：

1. 应使铸型尽量减少分型面和活块的数目，这样可以减少制造模型和铸型的工作量，容易保证铸件的精度。特别是采用机器造型大批量生产铸件时，通常只能采用两箱造型。有时，宁可用外壁型芯（外壁环状型芯）来减少分型面（图 1-13）和避免活块（图 1-14）。但是对于一些形状复杂的大、中型铸件，由于影响分型面选择的因素较多，有时采用多个分型面反而可以简化造型工艺，保证铸件质量。如球墨铸铁柴油机机体，采用劈箱造型，由六个砂箱组成一个多分型面的铸型来铸造。

2. 应尽量使铸件的重要加工面或大部分加工面和加工基准面在同一砂箱中，以避免产生错箱、披缝和毛刺，降低铸件精度和增加清理工作量。图 1-15 所示的箱体，如采用分型面 I 造型，则铸件尺寸 a、b 变动较大，在以箱体底面为基准面加工 A、B 面时，



图 1-13 用型芯来减少分型面
a) 具有两个分型面的铸型; b) 用型芯来减少分型面的铸型

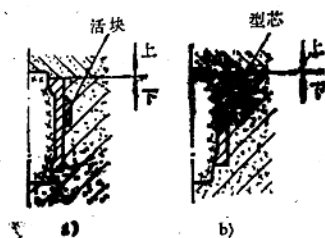


图 1-14 用型芯来避免活块模
a) 带活块的铸型; b) 用型芯来避免活块的铸型

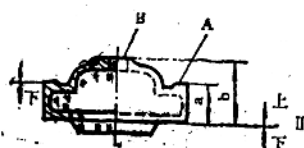


图 1-16 箱体分型面的比较

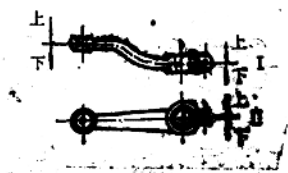


图 1-16 起重臂铸件分型面的比较

凸台的高度，铸件的壁厚均难以保证；采用分型面Ⅰ，使整个铸件位于同一砂箱内，则可避免上述问题。

3. 为了简化造型工艺及减少制造模具的费用，分型面应尽量选用平直面。图1-16所示的起重臂铸件，若采用曲面分型面Ⅰ就不如平直分型面Ⅱ合理。因为前者须采用挖砂或假箱造型，后者则可用分模造型，使造型工艺简化。但在大量生产时，有时也采用不平分型面（曲面、凹凸面或折面等）以达到减少铸件上的披缝、毛刺和型芯数量等目的。图1-17所示的摇臂铸件，选用分型面Ⅰ与Ⅱ相比较，可大大减少清理毛刺的工作量，而且铸件外形整齐美观，工艺装备制造费用虽有增加，但由于是大量生产，总的来说还是经济的。

4. 分型面的选择应尽量减少型芯的数量和便于下芯、合箱与检查型腔尺寸。图1-18

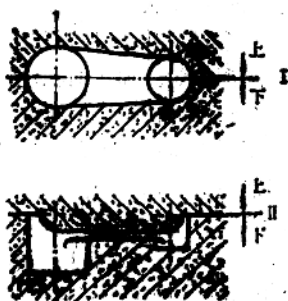


图 1-17 摇臂铸件分型面的比较

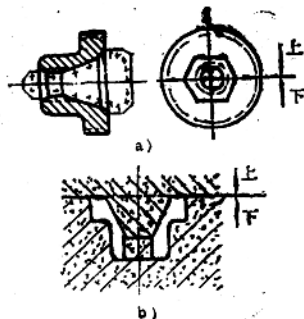


图 1-18 接头铸件分型面的比较

为一接头铸件。按 a) 图所示对称分型则必须制造型芯。按 b) 图分型，则内孔的型芯可