

高等工科院校适用

热加工工艺学

南京机械专科学校

刘振康 主编

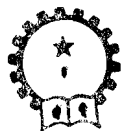


机械工业出版社

高等工 科院校适用

热 加 工 工 艺 学

南京机械专科学校 刘 振 康 主编



机械工业出版社

全书共分三篇。第一篇为铸造生产、介绍各种铸造方法、铸造合金熔炼、铸造设备、以及铸造工艺制订及铸件设计；第二篇为锻压生产，论述塑性变形理论、锻造工艺、设备，以及冲裁、弯曲、拉延及冲模设计；第三篇为焊接生产、介绍各种焊接方法、焊接结构设计等。每章末附有复习思考题。全书内容丰富，理论联系实际，突出应用知识、并切合国情。本教材主要作为高等专科学校、职工大学等机制类与热加工类专业教材及技术人员参考。

热加工工艺学

南京机械专科学校 刘振康 主编

*

责任编辑：董连仁 版式设计：胡金瑛

封面设计：郭景云 责任校对：王书庚

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京理工大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $17\frac{1}{2}$ ·字数424千字

1990年6月北京第一版·1990年6月北京第一次印刷

印数：0,001—6,300 定价：7.45元

*

ISBN 7-111-02279-3/TG·588(X)



前 言

高等专科工程学校在为社会主义“四化”建设培养应用型人才的高等教育中,应该具有独自的任务、独自的培养目标和独自的教学模式。这点,自党的十一届三中全会以来,已为广大专科教育工作者所认识;在深化教学改革中,更感到解决这些问题的迫切性。十多年来,许多学校正致力于解决这些问题。

南京机械专科学校自1983年起,同联邦德国巴登—符腾堡州的高等专科学校(Fachhochschule)建立了联系,同康斯坦茨高等专科学校(Fachhochschule Konstanz)签订长期合作协定。六年来,通过学校负责人员、系部主任和中青年教师前去考察、进修,请德方教授来校举办机制专业教学改革系列研讨班,合作共建南京数控培训中心,接受德方高年级学生来校做毕业设计等活动,对联邦德国的高等工程教育(FH)有了比较全面、系统和深入的了解,并借鉴其经验推动学校的专科教学改革。学校自1984年起,制订并执行前期二年按系设课,后期一年模块式分专业的教学计划;1988年起,实行二年级学生与企业在校园内会见的双向选择预分配,确定后期按需分配专业。由于实行柔性学制结构及双向选择预分配,教学内容和教学方法也有相应改革,并为深化改革开辟了良好前景。

编写出一套合乎教学改革需要的教材,是广大师生的心愿。我校在总结前一阶段经验的基础上,在机电部教育司和机械工业出版社的支持下,选择经试用并认为较成熟的教材,陆续出版并使其成套,是作为我校改革和建设机制专业专科学教育的一项重要措施而确定的。学校不惜重金,公开发行这套教材,旨在求得社会各界的关心和爱护,期待教育界同仁的批评和指正,促进学校的教学能更好地深化改革和建设。

南京机械专科学校

校长 冯 轩

编 者 的 话

随着国民经济和生产技术的不断发展,要求进一步深化教学改革。当前,两段式教学计划已日益为人们所接受。所谓两段式教学计划,是指将整个教学进程分为两个阶段:第一阶段,授予必要的、系统的基础理论和基础知识,并进行基本技能训练,使学生具有较强的适应能力;第二阶段,根据生产技术的发展和企业需要在某一个专业方向上进行提高和深化,并授予现代先进技术,使学生成为“一专多能”的新型工程技术人才。本教材是第一阶段中使用的专业基础教材,通过本课程的学习和课程设计训练,学生除了掌握铸造、锻压、焊接的基本原理、设备及工艺方法外,还能绘制简单箱体零件的铸造工艺图、模板图,以及设计一般的冲裁模等。

本教材在编写过程中注意理论联系实际,突出应用知识,并力求切合我国生产实际。

本教材由南京机械专科学校刘振康副教授教主编。第一篇铸造生产由刘振康编写;第二篇锻压生产由金禧德编写;第三篇焊接生产由易扬编写。全书由华东工学院魏元春教授审阅。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,望读者不吝指正。

编者 1989年3月
于南京

目 录

第一篇 铸造生产

第一章 砂型铸造	(2)	§ 2-6 各种铸造方法的比较	(45)
§ 1-1 造型材料	(2)	复习思考题	(46)
§ 1-2 造型方法	(9)	第三章 常用的铸造合金及其熔炼	(47)
§ 1-3 铸造工艺的制订及模样芯盒的制造	(17)	§ 3-1 铸铁及熔炼	(47)
§ 1-4 砂型的合型、浇注及铸件的落砂清理	(30)	§ 3-2 铸钢及其熔炼	(64)
复习思考题	(33)	§ 3-3 有色金属及其铸造特点	(68)
第二章 特种铸造	(35)	复习思考题	(73)
§ 2-1 金属型铸造	(35)	第四章 铸件设计与铸件常见缺陷	(75)
§ 2-2 压力铸造	(37)	§ 4-1 铸件结构设计的工艺性要求	(75)
§ 2-3 离心铸造	(40)	§ 4-2 铸件壁的设计	(80)
§ 2-4 熔模铸造	(42)	§ 4-3 铸件常见缺陷	(88)
§ 2-5 连续铸造	(44)	复习思考题	(92)

第二篇 锻压生产

第五章 金属的塑性变形	(94)	§ 7-7 曲柄压力机	(114)
§ 5-1 金属塑性变形的实质	(94)	复习思考题	(115)
§ 5-2 金属的加工硬化、回复和再结晶	(96)	第八章 锻造工艺	(116)
§ 5-3 金属塑性变形的分类	(97)	§ 8-1 自由锻工艺	(116)
§ 5-4 热变形对金属组织和性能的影响	(98)	§ 8-2 模锻工艺	(128)
§ 5-5 金属的可锻性	(100)	§ 8-3 胎模锻工艺	(137)
复习思考题	(102)	§ 8-4 特种锻造工艺	(141)
第六章 锻造用坯料的准备	(103)	复习思考题	(147)
§ 6-1 下料	(103)	第九章 冲裁及冲裁模	(148)
§ 6-2 坯料的加热	(104)	§ 9-1 冲裁	(148)
复习思考题	(107)	§ 9-2 冲裁模	(159)
第七章 锻压设备	(108)	复习思考题	(171)
§ 7-1 空气锤	(108)	第十章 板料成形工艺	(172)
§ 7-2 蒸汽—空气锤	(109)	§ 10-1 弯曲	(172)
§ 7-3 水压机	(110)	§ 10-2 拉深	(179)
§ 7-4 热模锻压力机	(111)	§ 10-3 其它板料成形工艺	(185)
§ 7-5 摩擦压力机	(112)	复习思考题	(188)
§ 7-6 平锻机	(113)		

第三篇 焊接生产

第十一章 电弧焊	(193)	§ 11-2 手工电弧焊	(201)
§ 11-1 电弧焊基础	(193)	§ 11-3 埋弧焊	(210)

VI

§ 11-4 气体保护电弧焊.....	(214)	§ 14-1 金属的焊接性.....	(244)
复习思考题.....	(218)	§ 14-2 碳素钢的焊接.....	(245)
第十二章 其它焊接方法	(220)	§ 14-3 普通低合金结构钢的焊接.....	(247)
§ 12-1 电渣焊.....	(220)	§ 14-4 奥氏体不锈钢的焊接.....	(250)
§ 12-2 电阻焊.....	(222)	§ 14-5 铸铁的补焊.....	(252)
§ 12-3 钎 焊.....	(227)	§ 14-6 铜、铝及其合金的焊接.....	(255)
§ 12-4 电子束焊和激光焊.....	(229)	复习思考题.....	(256)
复习思考题.....	(231)	第十五章 焊接结构生产	(258)
第十三章 焊接质量与检验	(232)	§ 15-1 焊接结构设计.....	(258)
§ 13-1 焊接质量及控制.....	(232)	§ 15-2 焊接结构生产工艺流程.....	(265)
§ 13-2 焊接质量检验.....	(240)	§ 15-3 典型焊接结构的制造举例.....	(268)
复习思考题.....	(242)	复习思考题.....	(271)
第十四章 常用金属材料的焊接	(244)	参考文献	(272)

第一篇 铸造生产

概 述

铸造是将金属熔炼成具有流动性的液态合金，然后浇入具有一定几何形状、尺寸大小的型腔中，液态合金在重力场或外力场（压力或离心力等）的作用下充满型腔，待凝固冷却后就成为所需要的机器零件或毛坯。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，铸件也可不经机械加工而直接使用。

铸造生产在国民经济建设中占有极其重要的地位，如矿山冶金、工程车辆、机床工具、铸锻设备、动力水电、石油化工、仪器设备、农业机械、轻纺机械、工业民用建筑、飞机导弹、坦克大炮、船舶舰艇、工艺美术，直至人民日常生活用具等都需要各种优质铸件。在机械产品中，如机床、内燃机、重型机器等的结构中，铸件占整机重量的70~90%；风机、压缩机占60~80%；拖拉机占50~70%；农业机械占40~70%。

采用铸造方法生产毛坯，成本低廉（铸件重量在一般机器中占40~80%，但其成本仅占总成本的25~30%）；可制造具有复杂内腔的铸件，壁厚可以从0.5mm至1000mm左右；重量小至几克，大至数百吨。因此，铸造方法不受零件大小、形状和结构复杂程度的限制。

铸造生产目前主要问题是：由于铸件生产工序多，生产过程质量控制难度大，导致铸件质量不易稳定，废品率一般比其他加工成形方法高；与同样材料的铸件相比，机械性能较低；工人劳动条件差，劳动强度大，环境污染严重。

最近几年来，随着现代化科学技术和生产的不断发展，铸造生产中新工艺、新技术、新材料、新设备的不断采用，使铸造生产质量方面，如铸件的尺寸精度、表面粗糙度、材质的机械性能等均有显著的提高，使铸件的应用范围日益扩大。

我国铸造技术历史悠久。早在3000多年前，青铜铸器已有应用。约2500年前，铸铁生产工具已经相当普遍。大量历史文物显示着我国古代劳动人民在铸造技术上的精湛创造。

铸造生产通常分为砂型

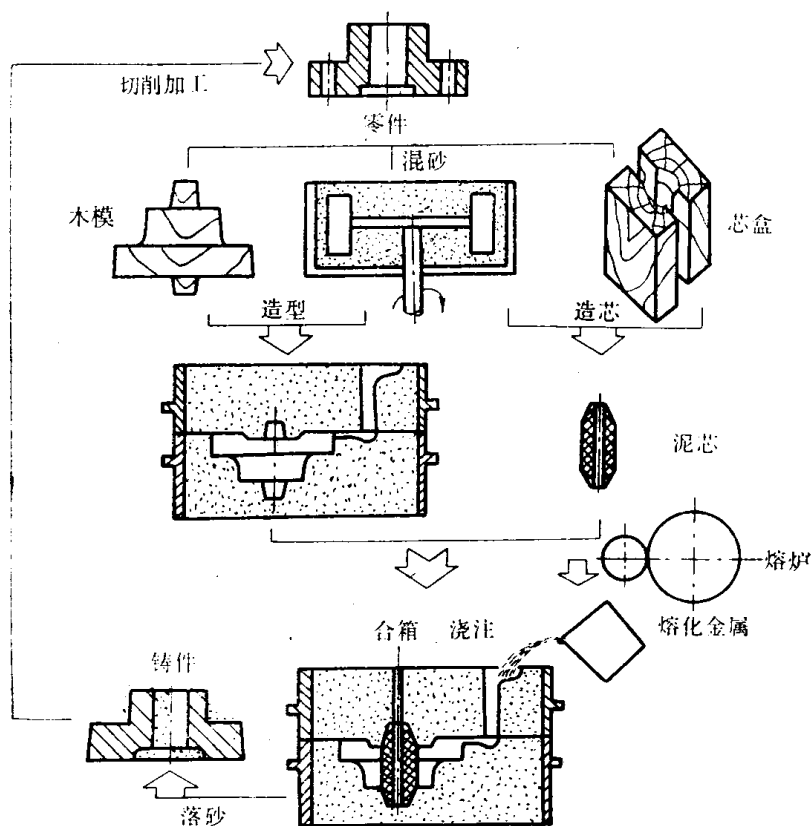


图1-0-1 砂型铸造的工艺流程简图

铸造和特种铸造两大类。目前的铸造生产中，用砂型铸造方法生产的铸件约占铸件总产量的90%以上。因此，砂型铸造是铸造中最基本的方法，其主要工艺过程如图1-0-1所示。

砂型铸造的主要工序：

1. 造型 在造型前必须制作模样并制备好型砂与芯砂。湿型是用湿态的砂制成，造型完毕后即可立即用金属液浇注。在砂型铸造中有85%以上的铸件是采用湿型浇注。干型是用湿态砂制成后，将其放入干燥炉中烘烤，以去除砂型中的水分，使砂型变得更坚实，然后再进行浇注。

2. 制芯 型芯（砂芯）是在铸件中形成空腔或通孔的砂块。通常砂芯是用芯砂单独在芯盒中制成的，砂芯一般要经过烘烤。烘烤过的砂芯在合箱浇注前放入砂型内。

3. 熔炼 用于构成铸件的铸造合金，在浇入铸型时必须呈液态，应根据所用铸造合金的类别来选定熔化设备。铸铁车间通常选用冲天炉，或冲天炉-感应电炉双联熔炼；铸钢车间则采用电弧炉或感应电炉。

4. 浇注 液态铸造合金在铸型中的成形工序称浇注。为实施这一工序，液态铸造合金需从熔炉的出铁槽（或出钢槽）运往铸型。运载金属液的容器称浇包。应根据铸造合金种类和一次浇注的合金量来选定浇包的类型和尺寸。

5. 铸件清理 凝固后的成形合金，即铸件，从砂型中取出。与铸件连接的多余合金，如浇口、冒口，以及粘附在铸件表面的砂粒、氧化皮等都要清除掉。清理过的铸件要经过检验，有的还要进行专门的热处理、上漆等，最后将铸件成品发运给用户或机加工车间。

第一章 砂型铸造

§ 1-1 造型材料

用来制作砂型的造型混合料称为型砂，它由砂子、粘土或其它粘结材料和附加物等按一定比例配制而成。用来制作砂芯的混合料称为芯砂。用来涂敷在型腔表面的混合料称为涂料。它们统称为造型材料。

型砂、芯砂以及涂料的质量对铸件的质量影响很大，生产1t铸件约需5~6t型（芯）砂，生产1t铸件需要的型砂反复运输量约达50t左右。因此，提高型（芯）砂的质量，研制新的型（芯）砂种，提高砂处理的机械化与自动化程度，对提供优质、高产、低耗、低成本的铸件，具有十分重要的意义。

一、型（芯）砂应具备的主要性能

型砂通常由砂子、粘土及水等混合制成，型砂的结构如图1-1所示。图中砂粒表面为粘土吸收水分后形成的粘土膜，粘土膜将各个砂粒粘附在一起，使型（芯）砂具有一定的强度，砂粒间还存在有空隙，使型（芯）砂具有透气能力。

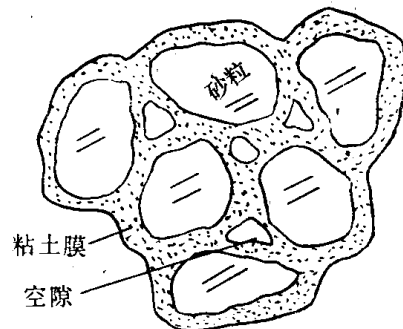


图 1-1 砂型结构示意图

（一）强度

型砂的强度，是指铸型在造型、翻箱、搬运及浇注时液态金属的冲击作用下，型砂抵抗各种外力作用的能力。以其试样受力破坏时的应力表示(Pa)。按作用力性质不同，有抗压、抗拉、抗弯和抗剪等。按铸造生产过程不同阶段对强度的要求可分为：湿压、湿拉强度（型砂未烘干湿态时的强度）；干强度（型砂在一定温度下烘干后的强度）；高温强度（型砂在高温作用下的强度）；残留强度（型砂经受高温作用后再冷却到常温的强度）；表面强度（型砂表面层的强度）等等。

型砂的强度随粘土含量和铸型紧实度的增加而增加。砂子的粒度愈细，强度愈高。型砂强度可用标准试样在专门仪器上测定。型砂强度不足时，会造成塌箱、冲砂和砂眼等缺陷。小件造型用的粘土砂，一般湿压强度为 $0.7 \sim 0.9 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

（二）透气性

型砂具有空隙而能使气体通过的性能称为透气性。型砂的颗粒愈粗、均匀、圆形、粘土含量少、铸型紧实度低、煤粉加入量少，则透气性提高。如型砂透气性不良，则铸型和型芯在高温液态金属作用下所产生大量气体以及金属内部析出的一些气体，将部分滞留在金属内部不能排出，铸件凝固后就会形成气孔。有时在浇注时金属液会产生沸腾现象，使铸件报废，严重时使金属液喷溅，造成事故。对湿型小件透气率一般控制在 30~80 透气单位。

（三）耐火性

型砂在高温液态金属的作用下，不软化、不熔化的性能称之为耐火性。型砂中石英SiO₂含量高而杂质少时，其耐火性好。圆形和大颗粒砂，比多角形和细小颗粒的砂耐火性好。

如型砂的耐火性不足，砂粒将被烧融而粘在铸件表面上，形成一层难以清除的粘砂层，严重时会使铸件报废。

为弥补型砂耐火性不足，需采用防粘砂材料，如在湿型砂中混入少量煤粉，或在型腔表面刷、复一层石墨涂料，这些碳质材料所产生的还原性气体可有效地防止铸件表面粘砂。

（四）退让性

型（芯）砂具有随着铸件的冷却收缩而被压缩其体积的性能称为退让性。浇注后，型砂的高温强度越低，其退让性越好，铸件收缩时受到的机械阻力越小，铸件的内应力也减小，不致于产生变形、裂纹等缺陷。

用粘土作粘结剂时，由于粘土在高温时发生烧结，强度进一步提高，故其退让性差。为提高型（芯）砂的退让性，除改用其它粘结剂（如油、树脂）外，还可在干型砂中加入少量的木屑等附加物，以增加砂粒间的孔隙，提高退让性。

（五）出砂性（溃散性）

出砂性是指型砂是否易从铸件内清除下来的性能，亦称溃散性。由于出砂性严重地影响清砂效率和劳动条件，近年来已把它列为型砂的重要性能之一。出砂性的好坏与型砂的残留强度有关，残留强度高，则出砂性差；反之，出砂性好。粘土砂的残留强度普遍较高，出砂费劲。生产中为改善干型和表面干型的出砂性，常在粘土砂内加入木屑等附加物。油砂和树脂砂的出砂性较好。

二、型（芯）砂的类别及其配方

型（芯）砂按粘结剂的不同可分为：粘土砂、水玻璃砂、油砂、合脂砂、树脂砂等。

表 1-1 粘土砂配方及性能举例

铸 件 合 金	铸 型 种 类	型 砂 用 途	成 分 配 比（重量%）										w × 100			性		能
			新 砂		旧砂	膨润土	Na ₂ CO ₃	粘土	煤粉	淀粉	木屑	水分	含泥量	湿压	强度/10 ⁵ Pa		湿透气率	
			粒 度	加 入 量											干 拉	热 湿 拉		
铸 铁	湿	小件普通机器造型单一砂	70/140	10~12	80~90	1.5~2	—	—	2~3	—	—	5~5.5	—	0.7~0.9	—	—	70~100	
	湿	重 200Kg 气缸体面砂	100/200 70/140	30~35	65~70	3.5~4.5	0.16~0.2	—	7~8	—	—	4.5~5.5	—	70.85	—	—	70~90	
	温	球铁曲轴	70/140	10~15	85~90	2~2.5	0.1~0.2	—	2~3	—	—	4.5~5.5	10~12	0.64	—	—	>90	
	干	机床大件芯砂	20/40 或 30/50	20~20	58~78	2~4	—	3~5	—	—	2~3	8.5~10	<12	0.5~0.7	干剪 1.5~2.5	—	>100	
	表干	冷冻机缸体面砂	20/40	37.5	62.5	6~8	95	—	—	—	0.5	5~6	—	0.8~0.9	—	—	950~1200	
铸 钢	高压造型	铸铁件用砂	—	5~10	90~95	1~1.5 (8~10)	—	—	0.5~1.0 (<5)	—	—	3.2~3.7	—	0.7~0.9	湿拉 0.15~0.25	—	>80	
		国外铸钢件用砂	70/140 SiO ₂ >97	10~15	85~90	1.5	—	—	—	1.0	—	3.5~4.0	10~11	1.0~1.6 (比压15)	—	—	80~120	
铸 钢 件	干	一般中大件用砂	石英4*	100	—	10	—	3	—	—	—	7~8	—	0.7~0.8	—	—	>200	
	芯	易夹砂的大件芯砂	石英5*	100	—	2	—	8	—	—	耐火泥 10	6~7	—	0.5~0.6	—	—	>60	
铜	湿	一般件	100/200	10~20	70~85	—	—	红砂 5~10	—	—	—	4~5	<12	>0.55	—	—	>40	
铝	湿	一般件	100/200	50	—	—	—	200号 红砂50	—	—	—	4~4.5	—	0.7	—	—	—	

注：粒度20筛孔，尺寸为0.84mm；40为0.42mm；70为0.21mm；100为0.149mm；140为0.105mm，200为0.074mm。

(一) 粘土砂

粘土砂是以粘土作为粘结剂的型(芯)砂。其适应性强,不仅对铸钢、铸铁及铜、铝合金等铸件适宜,对手工造型或机器造型也均可,并且不受铸件大小、重量、尺寸和批量的限制。它既可广泛用于造型,又可用于制作形状简单的大、中型型芯。粘土砂的回用性好。粘土的储量丰富、来源广、价格低廉。因此,粘土砂应用最广。

湿型砂主要用于中小铸件,干型砂主要用于质量要求高的中型铸件和大铸件。粘土砂的配方及性能详见表 1-1。

(二) 水玻璃砂

水玻璃砂是以水玻璃为粘结剂的一种型砂。水玻璃俗称泡花碱,是硅酸钠($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$)的水溶液。利用其和 CO_2 进行化学反应,可生成硅酸凝胶。水玻璃砂就是利用这种硅酸凝胶,将砂粒牢固地粘结在一起。水玻璃砂的主要优点是砂型和砂芯不需烘干,硬化速度快,型(芯)砂强度高;不足之处是大型铸件易粘砂,同时金属浇注后型(芯)砂的残留强度高,出砂性差,导致铸件落砂清理困难。水玻璃砂的配方及性能详见表 1-2。

表 1-2 水玻璃砂配方举例

甲 途	成 分 配 比 (重 量 %)										水分含量 w×100	物 理 性 能		
	4* 石英砂	5* 石英砂	6* 石英砂	其它 石英砂	膨润 土	白泥	烧碱水	重油	水玻璃	湿透 气率		湿压强度	干拉强度	
												10 ⁵ Pa	10 ⁵ Pa	
铸钢型(芯)	50	50	—	—	3	—	0.75~1.0	0.5~1.0	7	4.5~5.5	>200	0.17~0.23	10.5	
铸钢大砂芯	—	—	—	40 70 100	粘土 4~5	—	0.7	—	8~9	4~5	>100	0.25~0.3	>15	
铸铁<1000kg 砂型	—	—	旧砂 50	50 100 50	1~2	—	—	—	4.5~5.5	4~6	>80	0.25~0.4	—	
铸铁1<000kg砂芯	—	—	旧砂 50	50 100 50	1~2	—	—	煤粉2~4	5.5~6..	4~6	>80	0.25~0.4	—	
铸铁<1000~ 5000kg砂型	—	—	旧砂 40	旧砂60	—	2~4	—	—	5~6	4~6	>100	0.3~0.5	—	
铸铁1000~5000kg 砂芯	—	—	旧砂 40	旧砂60	2~3	—	—	木屑 10~15	5.5~6.5	4~6	>100	0.3~0.5	—	

注:木屑为容积%。

(三) 油砂

粘土砂和水玻璃砂,虽然可以用来制芯,但对结构形状复杂、要求很高的型芯,则难以满足要求。因为型芯的大部分被液态金属所包围,受热多、温度高、受到液态金属的冲击力和浮力均大、排气条件差以及芯砂的清理也较困难。因此,型芯砂应有高的干强度、透气性、耐火性、退让性和良好的出砂性。为适应上述要求,型芯砂常采用特殊的粘结剂,如油、合脂、树脂等。

长期以来,植物油(如桐油、亚麻油等)一直是制造复杂型芯的主要粘结剂。直到目前,汽车、拖拉机、柴油机等类工厂仍然用油砂来制造复杂型芯,如发动机和空压机的缸头、缸体水套型芯、进排气管型芯等。

油类粘结剂可使芯砂获得较高的干强度,而且在高温作用下油会燃烧,当铸件开始凝固时,油砂的高温强度即丧失,冷却后的残留强度也很低,因而退让性和出砂性十分良好。此外,油砂烘干后不易吸湿、返潮。因此,对于复杂的型芯。生产中常采用油类粘结剂。

油砂中油的加入量为1-2% (重量计), 制好的型芯在200~250°C烘干, 烘干时间依型芯的大小和厚薄而定, 一般在1~2h, 以获得应有的高强度。油砂配方和性能详见表1-3。

表 1-3 油砂配方和性能举例

用途 (砂芯名称)	成 分 配 比 (重量%)					性 能			
	原 砂	桐 油	膨润土	糊精	水	湿压强度	干拉强度	干透气率	湿 度 × 100
						10 ⁵ Pa	10 ⁵ Pa		
缸体、缸盖水套砂芯	平潭砂 (50/100)100	米糠油 1.6~1.7	—	0.8	0.8	0.17	15~20	185	<1.2
缸体芯砂	平潭砂(50/100)70 石英砂(40/70)30	1.6	0.7	1	—	0.21	11~15	146	2

(四) 合脂砂

油砂性能优良, 但植物油是较昂贵的原料, 应尽力节约。实践证明, 合脂砂的性能与油砂相似, 是油砂的良好代用品。

合脂是制皂过程中的副产品——合成脂肪酸蒸馏残渣 (简称合脂)。合脂粘结剂, 是合脂和稀释剂 (如煤油等), 按一定比例配合而成。

合脂砂的烘干温度为200~240°C, 合脂砂工艺试决的最佳烘干温度为210±5°C。合脂砂的配方及性能详见表1-4。

表 1-4 合脂砂配方实例

编 号	用 途 (芯砂名称)	成 分 配 比 (重量%)						性 能			
		原 砂	合 脂	纸 浆	糊 精	膨润土	亚麻油	湿压强度	干拉强度	透气性	水分 w × 100
								10 ⁵ Pa	10 ⁵ Pa		
1	铸铁件芯砂	江西砂 (50/100)100	3.2~3.4	—	1.5	1.5	—	0.12~0.14	13~17	>110	3~3.4
2	机器和手工造型砂	卧虎屯砂 (ISC70/140) 100	2.5~3.0	2.2~3.0	—	0.5~1.0	—	0.15~0.25	10~13	>90	—
3	水套芯	伊胡塔砂 (4 S30/50) 100	1.9~ .1	—	—	—	—	—	14~18	>100	—
4	发动机缸盖芯	内蒙砂(50/100)47.4 大林砂(70/140)47.4	1.46	0.6	—	粘土砂 2.3	0.50	0.035~0.055	11~14	110	1~1.5

(五) 树脂砂

使用油砂或合脂砂制造砂芯, 由于硬化速度慢、生产周期长、还需要烘芯炉等设备; 硬化前砂芯的湿强度低, 型芯易变形, 不仅影响铸件尺寸精度, 而且增加造芯操作的复杂性, 用合成树脂作粘结剂配制成的树脂砂造芯, 具有硬化快 (十几秒到几分钟)、不需烘干、生产效率、硬化后强度高的特点, 抗拉强度达 $24.5 \sim 34.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。型芯尺寸具有精度高、表面光洁、退让性、出砂性好等优点。但需专用设备混制, 原材料价格高, 并会产生有毒气体, 污染环境。

树脂砂通常采用糠醇尿醛树脂、糠醇酚醛树脂及酚醛树脂作粘结剂。广泛用来制造复杂的型芯，如汽车、柴油机缸体的冷却水套型芯以及离心泵叶轮型芯等。

三、型（芯）砂的混制

混砂的目的在于使各种物料混合均匀，使每颗砂粒表面均匀包复一层粘结薄膜。目前常用的混砂机为碾轮式混砂机，如图 1-2 所示。

型砂的混制过程是：按比例加入新砂、旧砂、膨润土和煤粉等材料，先干混 2~3min，再加入水湿混 5~12min，性能符合要求后，从卸料口卸砂。型砂在使用前要过筛或用松砂机将型砂松散。混制好的型砂应存放 4~5h，使粘土膜中水分均匀，这一过程叫做渗熟或调匀。

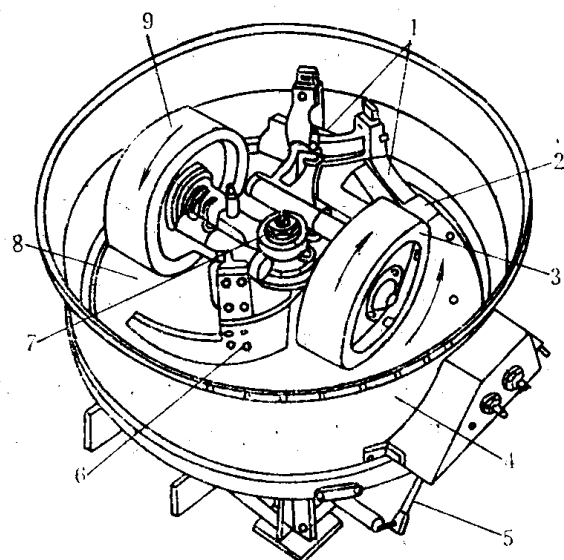


图 1-2 碾轮式混机
1、6—刮板 2—卸料口 3、9—碾轮 4—围圈
5—操纵拉杆 7—中心轴 8—碾盘

四、涂料的配制

对于干型和型芯，常把一些耐火基料，又称为防粘砂材料制成悬浊液，涂刷在铸型表面，这种悬浊液称为涂料。使用涂料的主要目的，是填平铸型和型芯表面砂粒间的空隙，形成还原性气体保护膜，减弱高温液态金属对铸铁的热力、机械和化学作用，从而达到防止粘砂，获得表面光洁的铸件和减少清理工作量的目的。

（一）涂料的基本组成

涂料的基本组成包括：耐火基料、粘结剂、溶剂和悬浮剂等。

1. 耐火基料如刚玉粉、锆砂粉、铝矾土粉、石英粉、镁砂粉、铬铁矿粉、石墨粉、滑石粉等，其应用范围见表 1-5。

表 1-5 涂料常用的耐火基料

序 号	名 称	代表性化学式	耐火度/ $^{\circ}\text{C}$	参 考 应 用 范 围
1	刚 玉 粉	Al_2O_3	1900~2000	耐热、不锈钢等厚大铸件
2	锆 砂 粉	ZrSiO_4	1800~2000	耐热、不锈钢铸件
3	铝矾土粉	Al_2O_3 及 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	1700~1800	中、大型铸钢件，一部分铸铁件
4	石 英 粉	SiO_2	1500~1700	一般铸钢件，有时也用于铸铁及有色件
5	镁 砂 粉	MgO	2800	高锰钢、镁合金铸件
6	铬铁矿粉	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$	2180	耐热、不锈钢和特厚铸钢件
7	滑 石 粉	C	>3000	各种铸铁料
8	滑 石 粉	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1200~1300	有色合金及薄壁铸件

2. 粘结剂 粘结剂在涂料中的作用为：提高涂料层的强度，使涂料与砂型牢固结合；减慢耐火基料在涂料中的沉淀速度。

粘结剂种类很多，除粘土、糖浆、糊精以外，还有水柏油、聚醋酸乙烯乳液（俗称白胶）。

3. 溶剂 又称稀释剂。涂料按干燥方式大致分为烘干和点火快干两类。烘干型涂料常用水作溶剂，又称为水基涂料。点火快干涂料常用醇类（乙醇、甲醇、异丙醇）作为溶剂。甲醇价廉，但毒性大；异丙醇点火后燃烧最稳定，但稍有臭味；乙醇应用较多。

4. 悬浮剂 它能使耐火基料和其它粉料在涂料中呈稳定的悬浮状态，即胶体状态。悬浮剂又能增加涂料的稠度，改善涂刷性，使涂料在垂直面上不往下滴淌，膨润土、白坭、高岭土、白胶、海藻酸钠、羧甲基纤维素（CMC）都是水基涂料较好的悬浮剂。

5. 防腐剂和消泡剂 涂料中的糖浆、海藻酸钠等材料，特别在夏天容易发酵和霉变，影响涂料性能，通常要加入0.04%的福尔马林（37~40%的甲醛水溶液）。涂料中的气泡会影响涂料层的质量。如涂料中的气泡不易去除时，可加入0.02%的正丁醇或正辛醇作为消泡剂。

（二）涂料的配方

1. 铸铁及有色合金铸件用水基涂料配方实例如表1-6所示。

2. 铸钢件用水基涂料配方实例如表1-7所示。

表 1-6 铸铁及有色金属用水基涂料举例

序 号	成 分 配 比 (重 量 %)																	用 途
	黑石墨粉	白石墨粉	焦炭粉	滑石粉	铝矾土粉	石英粉	锆砂粉	膨润土	白泥	高岭土	糊精	CMC	糖浆	水柏油	水玻璃	纸浆	海藻酸钠	
1	100							8										铸
2	60	40						3	4				2	3				
3	45~60	0~15		8~15				8~12		0~6		0.1~0.15						
4	30		20		50			3				1						
5	22						78	2		10							0.5	铁
6	50	50						3	2						2	2		
7	100							9										铜合金
8	25			75				8										
9	50			50				1										铝合金
10				100				6			2							

注：水均为适量。

表 1-7 铸钢用水基涂料举例

序号	或 分 配 比 (重 量%)													
	石英粉	锆砂粉	刚玉粉	铝矾土粉	铬铁矿粉	镁砂粉	膨润土	白泥	糊精	低浆	水柏油	糖浆	CMC	水玻璃
1	100						2			2				
2	100						1.5	1.5			2.5			
3		100					1.5~2		1.5~2			2		
4		100					1.5		1				0.3	2
5			30	70			2~3				1.5~2	3~4		

注：水均为适量

涂料组成物一般颗粒较细，生产上经常把各组成干混10min，然后加稀释剂碾压8h以上成为涂膏。在使用时再按密度要求加稀释剂，即在叶片搅拌机中制成涂料溶剂。

§ 1-2 造型方法

造型是砂型铸造中最主要的工序，可用手工或机器进行。手工造型主要用于单件或小批生产，机器造型主要用于大批或大量生产。

一、手工造型

手工造型的用具是砂箱及手工工具（如图 1-3 及图 1-4）。

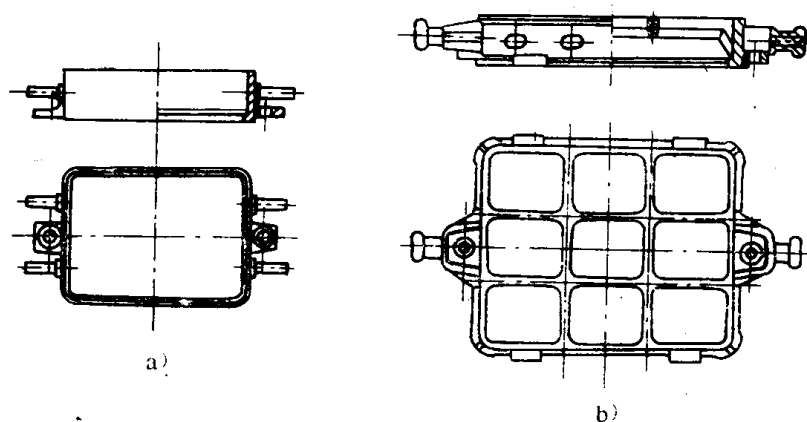


图 1-3 手工造型用砂箱

a) 不带箱带的小砂箱 b) 有箱带的大砂箱

砂箱常用铝合金或灰铸铁制成。手工造型灵活多样，主要方法有整体模造型、分开模造型、脱箱造型、旋转括板造型等。

(一) 整体模造型

图 1-5 是整体模两箱造型工艺过程。1. 把模样放在底板上；2. 套上底箱，撒上厚度约

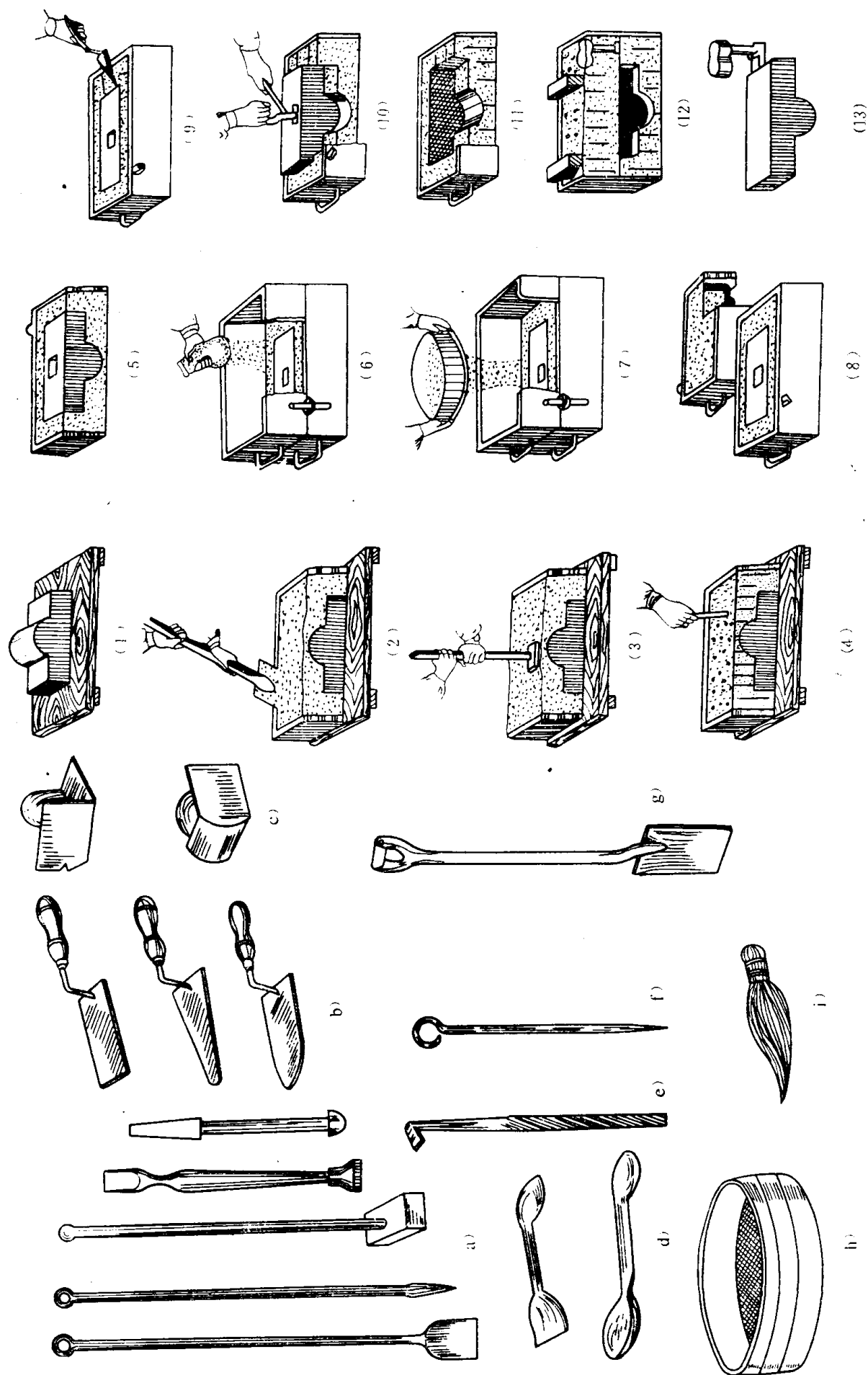


图 1-5 整体模两箱造型示意图

图 1-4 手工造型工具
 a) 挖砂锤 b) 挖刀 c) 成型挖刀 d) 砂钩 e) 起模针 f) 起模针 g) 铲
 h) 筛 i) 润湿用的毛笔