

机电工业考评技师复习丛书

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

铸 造 工

机械工业出版社



本书主要内容包括：造型材料；型、芯的制造，烘干及合箱浇注；铸件的形成；浇注系统、冒口、冷铁和铸筋；铸造合金及其熔炼；铸造工艺规程及装备；铸件缺陷；铸造设备；特种铸造等。

本书是铸造工技师的考评复习用书，也可作为高级铸造工的良好学和培训教学参考书。

本书由湖南冷水江有色金属矿山技工学校吴恩平、伍永寿编写，湖南锡矿山矿务局机械修造厂杨伯勋审稿。

铸 造 工

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

*

责任编辑：马 明 版式设计：冉晓华

封面设计：方 芬 责任校对：熊天荣

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门内百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32·印张 7 1/4·字数 159 千字

1990年10月北京第一版·1990年10月北京第一次印刷

印数 0,001—3,290·定价：5.00元

*

ISBN 7-111-02186-X/TG·562

编审委员会名单

主任	郭洪泽				
副主任	董无岸	刘葵香	雷柏青 (常务)		
	杨惠永 (常务)				
委员	和念之	陈东	杨明	张昭海	
	程新国	胡家振	胡小华		

前 言

技师聘任制是在高级技术工人中实行技术职务的一项重要政策。对鼓励工人钻研业务，不断提高技术素质，稳定工人队伍，发挥高级技术工人的作用，适应经济建设需要，具有十分重要的意义。

目前，全国机电行业正在贯彻落实机电工业部和劳动人事部有关文件的精神，积极开展技师职称考评工作。为了配合这项工作的开展，我们组织编写了《机电工业考评技师复习丛书》。

《丛书》共20种，是依据部颁《工人技术等级标准（通用部分）》有关工种的“应知”要求，参考原国家机械工业委员会人事劳动司审定的《机械工业考评工人技师复习题例》和统编《机械工人技术理论培训教材》编写的。在内容安排上，《丛书》和《题例》配套，围绕《题例》中涉及到的重点问题，结合企业高级工、技师岗位生产（工作）实际，用《培训教材》中的有关内容，从理论上加以阐述，融《题例》和《培训教材》于一体。这是本套《丛书》最大的特点。

《丛书》内容精炼，除了供参加考评技师的工人复习、自测使用外，也可供各级技师考评组织在命题和评定成绩时参考，还可作为高级工和技师日常工作中的参考书。

对《丛书》的不足之处，欢迎提出宝贵意见，以便再版时修订。

机电工业考评技师复习丛书编审委员会

1989年4月

目 录

前言

第一章 造型材料	1
§ 1.1 铸造用砂、粘土及辅助材料	1
§ 1.2 型(芯)砂应具备的性能及检测	4
§ 1.3 粘土型砂	6
§ 1.4 水玻璃砂	10
§ 1.5 砂芯用砂	14
复习题	18
第二章 型、芯制造、烘干及合箱浇注	20
§ 2.1 造型	20
§ 2.2 制芯	25
§ 2.3 型(芯)的烘干	30
§ 2.4 合箱及紧固	33
§ 2.5 铸型浇注	36
复习题	40
第三章 铸件的形成	43
§ 3.1 铸型的充填	43
§ 3.2 铸件的偏析	46
§ 3.3 铸件的收缩	47
§ 3.4 铸造应力、变形和裂纹	52
§ 3.5 铸件凝固的控制	56
复习题	59
第四章 浇注系统、冒口、冷铁和铸筋	61
§ 4.1 浇注系统	61

§ 4.2	胃口	77
§ 4.3	冷铁	90
§ 4.4	铸筋	92
	复习题	93
第五章	铸造合金及其熔炼	96
§ 5.1	合金的结构与结晶	96
§ 5.2	铸铁及其熔炼	102
§ 5.3	铸钢及其熔炼	120
§ 5.4	铸造有色合金及其熔炼	126
	复习题	133
第六章	铸造工艺规程及装备	136
§ 6.1	铸造工艺规程的设计	137
§ 6.2	铸造工艺装备	147
	复习题	157
第七章	铸件缺陷	161
§ 7.1	铸件缺陷的分类	161
§ 7.2	铸件缺陷的分析	161
§ 7.3	铸件缺陷的检验	172
§ 7.4	铸件缺陷的修补	177
	复习题	180
第八章	铸造设备	182
§ 8.1	砂处理设备	182
§ 8.2	造型机械	186
§ 8.3	落砂和清理设备	196
	复习题	201
第九章	特种铸造	203
§ 9.1	熔模铸造	203
§ 9.2	金属型铸造	211
§ 9.3	压力铸造	213

VI

§ 9.4 离心铸造	216
复习题	219
复习题答案选摘	221

第一章 造型材料

在铸造生产中，用砂粒、粘土及其它辅助材料制成铸型的铸造方法称为砂型铸造。制造砂型的材料，统称为造型材料。

造型材料的优劣，直接影响到铸件质量的好坏，而且对铸件成本、工艺方法、劳动条件和生产率都有很大的影响。

§ 1.1 铸造用砂、粘土及辅助材料

一、铸造用原砂

铸造用原砂可分为硅系砂和特种砂两大类。

1. 硅系砂 硅系砂的主要组成物有石英、长石和云母等，其次还有铁的氧化物，碳酸盐等。

石英的成分为二氧化硅 (SiO_2)，呈白色或略带灰色，含有少量的金属氧化物和杂质。石英坚硬（为莫氏硬度7级），耐高温（熔点 1700°C 左右）。

长石为铝硅酸盐，常见的有钾长石、钠长石和钙长石三种，硬度为莫氏6~6.5级，熔点 1200°C 左右。

根据二氧化硅、泥及有害杂质的含量多少，铸造用砂分为硅砂、石英-长石砂、粘土砂三类。硅砂的二氧化硅含量大于或等于90~97%，分为1S、2S、3S、4S四级；石英-长石砂的二氧化硅含量大于或等于85%，分为1SC、2SC两级；粘土砂的粘土含量大于或等于2~50%，分为1N、2N、3N、4N四级。

2. 非硅系砂(也叫特种砂) 它的矿物成分中只含少量或不含有游离的二氧化硅。常用的特种砂有镁砂、铬砂、锆砂、石灰石砂、高铝矾土、刚玉、碳质材料、钛铁矿砂等。特种砂比较稀少、贵重,应合理选用。

3. 原砂的颗粒特性 颗粒特性主要指颗粒大小、形状、均匀度,是铸造用砂质量的主要指标之一。

砂子的颗粒大小和均匀度用筛分法来测定,其颗粒组成用符号法表示,即以标准筛筛分后砂粒最集中的三个相邻的头尾筛号来表示。例如45/75即表示砂子主要集中在45、55、75三个相邻的筛子上,45、75为三个相邻筛的头尾筛号。若75号筛上的存留量多于45号筛的,应记作75/45。

根据砂粒组成,造型用砂分为特粗砂、粗粒砂、中粒砂、细粒砂和特细粒砂五组。

砂子的颗粒形状分为圆形砂,用符号“○”表示;多角形砂,用符号“□”表示;尖角形砂,用符号“△”表示。

一个完整的原砂牌号,是由原砂类别、颗粒组成、颗粒形状的汉语拼音字母、数字及符号顺序组成。例1SC100/55—80% (□-○),它表示原砂属一级石英—长石砂;砂子集中在55、75、100三个相邻筛号上,100号筛上的砂量多于55号筛上的砂量;三个筛上存留量占试样总量的80%,砂子颗粒为多角形和圆形,且多角形颗粒多于圆形颗粒。

二、铸造用粘土

铸造用粘土是造型材料的主要粘结剂,其质量好坏直接影响型砂的性能及铸件的质量。

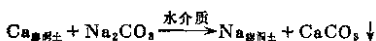
粘土主要由细小结晶质的矿物组成,是一种含水的硅酸铝,其化学式为 $Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$ 。按矿物结构和性能的不同,粘土分为普通粘土和膨润土两大类。

1. 普通粘土（又叫白泥）它的矿物组成主要是高岭石或伊利石及其他杂质。普通粘土（ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ）的结构为双层型，结晶格子不膨胀。它的耐火度取决于其矿物组成，一般为 $1500^{\circ}C$ 左右。普通粘土用“粘”字汉语拼音的头一个字母“N”来表示，其牌号由耐火度等级和强度等级组成。

2. 膨润土（又叫酸性陶土）它由蒙脱石类矿物组成。化学式为 $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ ，其结构为三层型，结晶格子膨胀。用“膨”字汉语拼音第一个字母“P”来表示。膨润土分钙膨润土（用 P_{Ca} 表示）和钠膨润土（用 P_{Na} 表示）两类。

膨润土颗粒极细（ $0.0001mm$ ），被水浸润后，体积可膨胀几倍到十几倍，粘接力很高，比普通粘土大 $2 \sim 4$ 倍；但耐火度比普通粘土要低。

钠膨润土的水化强度粘结能力比钙膨润土要高，用做型砂粘结剂其抗夹砂能力强，但钠膨润土产量少，应用受到限制。生产中使用钙膨润土时，均要加入适量的苏打（ Na_2CO_3 ），其目的是对钙膨润土进行活化处理，即利用矿物表面所吸附的可以交换的阴离子与溶液中的阳离子发生交换的性能，变钙膨润土为钠膨润土。活化处理后的钙膨润土具有钠膨润土的一切性质，从而改善钙膨润土的性能。活化处理是在水介质中进行的，其反应式如下：



活化膨润土就是经活化处理后，部分钙离子被钠离子所取代的钙基膨润土。

三、辅助材料

为了改善造型材料的某些性能，通常加入一些辅助材

料。辅助材料分为以下四类：

1. 改善退让性和透气性的材料 这些材料加入型砂中主要是能增加砂粒间的空隙，从而改善型砂的退让性和透气性。这类材料主要有木屑，还有稻草和亚麻皮等。

2. 防止铸件粘砂的材料 在型砂中混入能增加耐火性的材料或在型（芯）表面涂敷一层保护材料，使型（芯）表面同金属液隔开，以防止铸件粘砂。这类材料有煤粉、石墨粉、滑石粉、重油等。

3. 防止型（芯）砂粘模材料 这类材料有煤油、石松子粉等。

4. 提高型砂强度的材料 这类材料有糖浆和纸浆等。

§ 1.2 型（芯）砂应具备的性能及检测

型砂是用多种材料制备的混合砂，以供造型用。为了生产高质量的铸件，要求型砂具有各种良好的性能，以满足造型、浇注、落砂、清理等工艺过程的需要。

一、型（芯）砂应具备的主要性能

型（芯）砂的性能要求很多，直接影响铸件质量的有下列性能：

1. 强度 在外力作用下型砂达到破坏时，单位面积上所承受的力称为强度。在造型过程中，要求砂型能承受翻箱、起模、搬运等过程而不损坏，在浇注过程中能承受金属液的冲击力和压力作用，故型砂必须具有一定的强度。

2. 透气性 型砂紧实后能让气体透过而逸出的能力称为透气性。透气性差，易使铸件产生气孔、浇不足、呛火等缺陷。

3. 发气性 型(芯)砂在高温作用下,析出气体的能力称为发气性。在某种情况下,型砂的发气性能是铸件产生气孔的主要原因之一,但又是防止粘砂的有利因素。因此,必须控制型砂的发气速度和发气总量。

4. 耐火性 型砂在高温作用下,不被溶化、软化和烧结的能力称为耐火性。耐火性不够,易使铸件产生粘砂、结疤等缺陷。

5. 退让性 型(芯)砂在铸件凝固收缩时,相应地变形和退让,而不阻碍铸件收缩的性能称为退让性。型砂的退让性差,可能使铸件产生内应力,导致变形甚至裂纹等缺陷。

6. 耐用性 也称复用性,型砂使用后,能保持原来性能的能力称为耐用性。它主要影响铸件的成本。

二、性能的检测

生产中对各种造型材料及型(芯)砂的主要性能指标都要进行检测,以保证对它的质量要求。

1. 造型材料性能的测定

(1) 原砂含水量的测定 将造型材料试样在 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 烘干去除水分含量,试样烘干后失去的质量与原试样质量的百分比即为该试样的含水量。

(2) 原砂含泥量的测定 含泥量是用洗涤法来测定的。利用泥和砂粒在液体中沉淀的速度不同,将泥土从砂粒中分离出来,泥土质量与原砂样质量的百分比即为该样砂的含泥量。

(3) 粘土胶质价和膨胀倍数的测定 二者都是鉴定粘土质量的指标。粘土和水按一定比例混合搅拌后,静置一定时间,形成的凝胶层占全部混合物(水加凝胶层)体积的百分数称为胶质价。为了进一步鉴定膨润土的质量,有时需要测

定膨润土的膨胀倍数。

2. 型砂性能的测定 测定的项目较多，主要是透气性、强度和紧实度的测定。

(1) 透气性的测定 透气性是利用一定数量的空气，在一定压力下通过圆柱体形试样，在透气性测定仪上进行测定的。透气性的单位为 $\text{cm}^4/\text{g}\cdot\text{min}$ ，一般都省去不写，把透气性作为无因次数值，数值越大，则表示透气性越高。

(2) 型砂强度的测定 强度是指标准试样，在不同载荷（剪、压、拉、弯等）作用下，试样破裂时的单位面积上所能承受的力。强度试样分干、湿两种。通常湿试样进行抗压试验，干试样进行抗拉、抗剪试验。

(3) 型砂紧实率的测定 紧实率是指型砂在被紧实前后的体积变化率。测定时在试样筒内装满松散的型砂，紧实后，再测量其高度。紧实率用下式表示：

$$\text{紧实率} = (\text{紧实高度} / \text{试样筒高度}) \times 100\%$$

粘土砂的紧实率对水很敏感，水分有0.2%的变化，紧实率就能反映出来。因此，紧实率可以检查型砂的干湿状态。当型砂水分适宜时，型砂的透气性、湿强度、破碎指数等基本上都较合适。所以，生产中用紧实率控制型砂性能是一种简单而有效的方法。

§ 1.3 粘土型砂

粘土砂的种类很多，按用途分有面砂，背砂，单一砂；按造型种类分有湿型砂，表面干型砂，干型砂；按所浇金属不同分有铸铁，铸钢，有色金属用砂等。

一、铸铁用粘土型砂

1. 湿型砂 采用湿型浇注铸型不需烘干，故生产周期

短，生产率高，节约燃料，落砂容易，灰尘少，劳动条件较好，便于组织流水作业生产等。但铸件易产生砂眼、气孔、粘砂、夹砂等缺陷。故必须严格控制型砂性能，并保持性能的稳定。

湿型砂一般用于300~500kg以下的铸件。

(1) 湿型砂对原材料的要求 通常采用较细的原砂，粒度为55/100、75/150和100/200的天然硅砂或石英-长石砂，以膨润土作粘结剂，加入煤粉和重油等附加物。

(2) 湿型砂的种类 湿型砂分为面砂，背砂和单一砂。面砂是覆盖在模样表面构成型腔表面层的型砂，直接与高温金属液接触，对铸件质量有重要影响，因此，面砂应具有较高的强度，抗夹砂性，不粘模性和好的可塑性能，一般用较多的新的造型材料混制而成。背砂主要是起充填和加固作用，只要求有较好的透气性和强度，一般将旧砂稍加处理即可。中、小型机器造型时，采用面砂和背砂会使操作复杂化，降低造型机的生产率，故只用一种型砂，称为单一砂，它的性能接近于面砂。

2. 干型砂 干型砂的特点是砂型强度高，透气性好，发气性低，铸件质量能得到保证，但增加了燃料消耗，延长了生产周期，缩短了砂箱使用寿命，落砂困难，劳动生产率。因此，干型砂主要用于单件、小批生产的大型或重型铸件；表面要求高、受高压或结构特别复杂的铸件也常用干型。

干型铸造铸铁件时，主要靠涂料来保证铸件表面质量，对原砂的要求反而不是很高，生产中采用中粒砂和粗粒砂(45/24, 28/55, 24/45等)；用耐火粘土做粘结剂，或与膨润土混合使用；面砂中常加入糖浆、纸浆废液和沥青乳化液等粘

结剂，提高干强度。背砂全部由旧砂加水配成，必要时加少量粘土提高其强度，加0.5~2%的木屑提高其退让性和出砂性。

3. 表面干型砂 表面干型就是将砂型的表面层自然干燥或烘干十几毫米。它与湿型相比，表面层强度高，湿度小，浇注大件就不容易产生气孔、粘砂、夹砂和冲砂等缺陷。它与干型相比，节省了燃料和电力，缩短了生产周期，改善了工作环境和劳动条件。

表面干型砂的原砂采用粗粒砂，这是保证铸件质量的关键，一般为12/28，24/45，28/55的粗粒硅砂或石英-长石砂。采用膨润土或活化膨润土做粘结剂，加入量8~10%，湿压强度大于0.1MPa。型砂中常加入0.5~1%的木屑提高型砂的退让性和出砂性。因为原砂颗粒较粗，必须使用涂料才能保证铸件表面质量。

二、铸钢用粘土砂

铸钢件浇注温度高（约1500℃左右），凝固时收缩大，易产生粘砂（特别是化学粘砂）、裂纹等缺陷。因此，要求铸钢件用型砂具有较高的耐火度、强度、退让性。高温钢水也使型砂的发气性较大，故型砂的透气性也应较好。

铸钢用粘土砂分湿型砂和干型砂两类，对原砂的要求比铸铁用的要高些，一般小件采用天然硅砂，大件采用人造硅砂或镁砂、锆砂等；原砂颗粒多采用中粒砂和粗粒砂；粘结剂以耐火粘土为主；涂料则用耐火性高的石英粉或镁粉、锆英粉等。

三、有色金属铸件用粘土砂

铜和铝合金浇注温度较低（铜合金1100℃左右，铝合金700~750℃），它们的金属氧化物不与型砂作用，流动性好。

铸件一般都较小，但要求有高的表面质量和尺寸精度，故对型砂的性能要求一般，对耐火性和透气性的要求都不高，但流动性要好。原砂一般采用细粒砂或天然粘土砂，但水分必须控制在低限，以减少型砂的发气性和提高流动性。

四、涂料

涂料的作用是在金属液和铸型之间，形成热稳定性和化学稳定性都好的隔绝层，以防止金属液和铸型直接接触，互相作用。同时涂料能很好地渗入砂粒间隙，起了堵塞作用，防止金属液的渗入。因此涂料可以有效地防止铸件产生粘砂缺陷，有利于获得表面光洁的铸件，由于铸型不直接与液态合金相接触，可以就近采用本地质量较次的原砂，而用涂料弥补其不足。刷涂料后，还可以改变铸型的传热过程。

1. 涂料应具有的性能 为了发挥涂料的作用，涂料应具有以下性能。

1) 粘结强度要大。

2) 好的热稳定性和化学稳定性。浇注后，涂料能经得住热应力的作用，涂料层不开裂。

3) 好的涂刷工艺性（即易涂刷），静止时，涂料能良好地粘附于型壁，不流淌，刷痕可自动平复。

4) 发气性要低。

5) 导热性要低。

6) 具有较好的悬浮稳定性和适宜的渗透性。

2. 涂料的组成 涂料是防粘砂材料的悬浊液。其主要组成为防粘砂材料、稀释剂、稳定剂和粘结剂。

(1) 防粘砂材料 铸铁件常用石墨粉；铸钢用石英粉；合金钢用镁砂粉、锆砂粉及铬矿粉等；有色金属用滑石粉或石墨粉和滑石粉混用。

(2) 稀释剂 最常用的稀释剂是水，快干型涂料用酒精或有机溶剂。

(3) 稳定剂 涂料中常加入膨润土或粘土作稳定剂。

(4) 粘结剂 常用的粘结剂有粘土、膨润土、纸浆废液、糊精等。

§ 1.4 水玻璃砂

水玻璃砂是以水玻璃作为粘结剂的一种型砂，是现代铸造生产（特别是铸钢）中广泛应用的一种造型材料。

一、水玻璃的特性

水玻璃是一种粘稠的无色透明的硅酸钠水溶液 ($\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)，呈碱性，商品名称叫“泡花碱”。它的化学组成主要为二氧化硅、氧化钠、水和少量的金属氧化物。

1. 水玻璃的模数 水玻璃的模数 M 是水玻璃中 SiO_2 摩尔数与 Na_2O 摩尔数的比值。即：

$$\text{模数}(M) = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}} \times 1.033$$

式中 SiO_2 ——二氧化硅的重量百分数 (%)，

Na_2O ——氧化钠的重量百分数 (%)，

1.033—— SiO_2 与 Na_2O 的摩尔质量比值。

水玻璃模数一般取 $M = 2.2 \sim 2.6$ 。模数越高，说明二氧化硅的百分含量越高，氧化钠的百分含量越低，硬化越快。用高模数的水玻璃配制的型砂，硬化前的湿强度高，而硬化后的强度则低，这是因为模数高时，游离状态的二氧化硅含量高，在未混砂前已有部分变为 $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 的胶体，在混砂和紧实过程中遭到破坏的缘故。由于这部分胶体存在，使水玻璃比较粘稠，故湿压强度较高。模数过低，则硬化时间延