

金属工艺学

(鑄造部分)

吉林农业大学农机系金工教研室編

一九七三年十二月

目 录

前 言	1
第一章 普通灰口铸铁件的生产	
第一节 造型材料	4
第二节 砂型铸造工艺	1 3
第三节 铸铁的熔炼	3 5
第四节 铸件的浇注、落砂、清理	4 8
第五节 铸件的缺陷分析和检验	5 2
第二章 合金的铸造性能	
第一节 铸造合金的流动性	5 5
第二节 铸造合金的收缩	5 7
第三章 高强度铸铁件的生产	
第一节 高强度铸铁的概述	6 1
第二节 孕育铸铁	6 4
第三节 稀土高强度灰口铁	6 5
第四节 球墨铸铁	6 7
第五节 可锻铸铁	
第四章 钢铸件的生产	
第一节 概述	8 3
第二节 铸钢件造型工艺特点	8 3
第五章 有色金属铸件的生产	

第一节	铜合金的熔化和铸造.....	8 4
第二节	铝合金的熔化和铸造.....	8 6
第六章 特种铸造		
第一节	金属型铸造.....	9 0
第二节	压力铸造.....	9 1
第三节	熔模精密铸造.....	9 2
第四节	壳型铸造.....	9 5
第七章 铸件设计的工艺原则		
第一节	在保证铸件质量方面的设计原则.....	9 8
第二节	在降低劳动量提高生产率方面铸件 的设计原则.....	1 0 3

毛主席语录

一个正确的认识，往往经过物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。这就是马克思主义的认识论，就是辩证唯物主义的认识论。

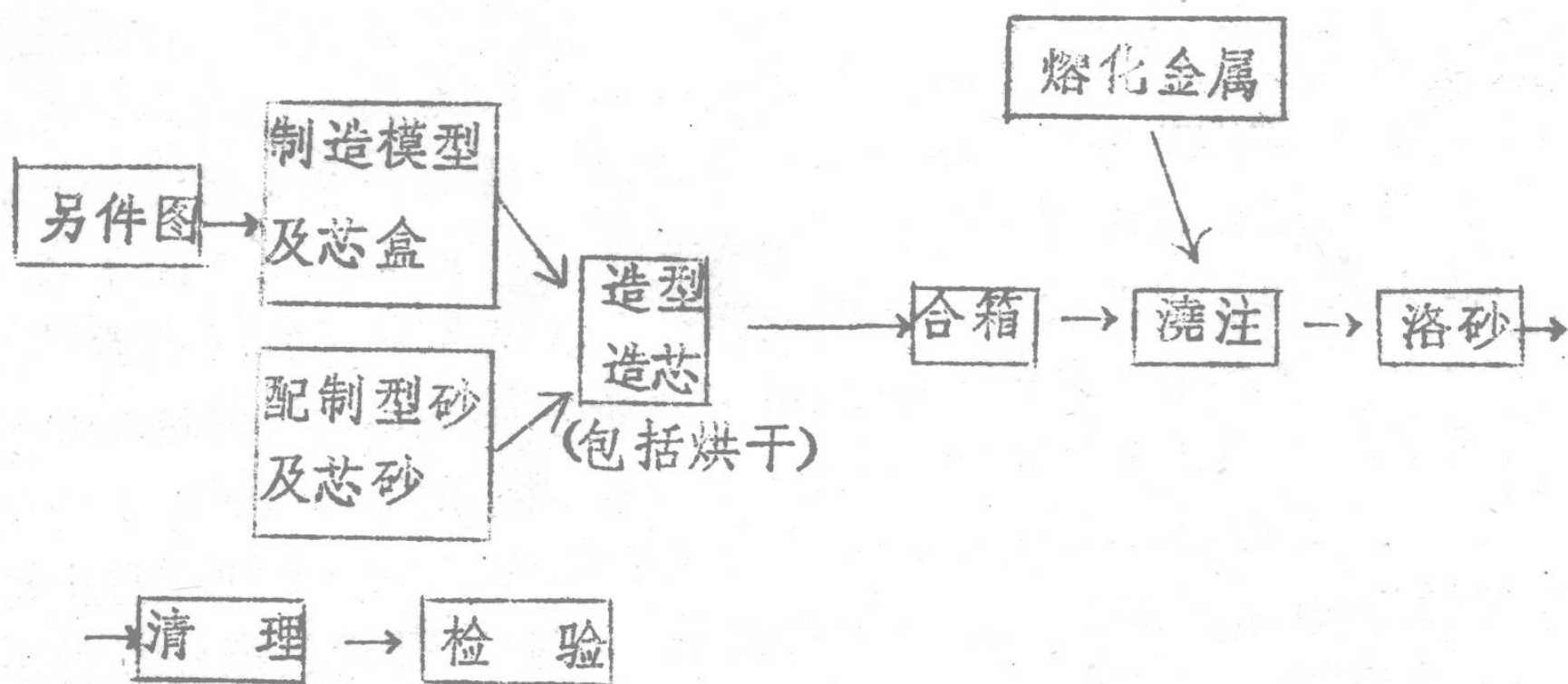
在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前言

理论的基础是实践，又转过来为实践服务。“金属工艺学”的铸造生产这一部分，也是紧密的和生产实践结合在一起的，讲述的内容和学习的目的直接反映实践和指导实践。我们这部分讲义是为了配合工艺实习和课堂讲课用的，但为了照顾一定的系统性，我们将把各内容混编在一起，待到某一环节，将选择参考，学习的另一个重要侧面，就是应使学员在实践劳动中，学习工人阶级坚定的无产阶级立场和高尚品质，有效的熟悉和掌握铸造生产的基本知识和操作技能。

铸造生产是生产机器另件的毛坯，半成品或成品的一种金属加工方法。也就是将熔化的液体金属，浇注到专门制备的铸型中，待冷却、凝固后获得我们所需要的铸件。

以砂型手工造型为例，其铸造工艺过程简单表示如下：



铸造的方法和类别很多，主要有：

按金属种类分 { 铁件铸造（包括灰口铁和其它种类铸铁）
钢件铸造
有色金属铸造

按造型方法分 { 砂型铸造（可分手工造型和机器造型）
特种铸造 { 金属型铸造
压力铸造
离心铸造
失腊铸造
壳型铸造

其中手工砂型铸造，因具有铸造方便和成本低廉等特点，目前我国中、小型机器制造厂应用最为广泛。我省各地的农机修造厂也基本上广泛应用手工砂型铸造。所以我们将着重介绍手工砂型铸造的工艺知识。

铸造生产在农机修造厂占有重要地位，因铸件可以造任意复杂形状，与其它加工方法比还具有加工余量小，节约金属，减少工时，降低成本，废品再生容易，应用的金属广泛等特点。但一般修造厂的铸造技术和能力还比较薄弱，这必须给以重视和加强。

伟大领袖毛主席教导我们：“人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。”早在3500年前我国劳动人民就已成熟地运用冶铜技术，2300年前就掌握了冶铸生铁的技术。如在北京大钟寺里的一口铸造青铜大钟（是明代永乐年间）其重42吨，高7米，直径11尺，钟内外表面铸有三部佛经，长达22万个汉字，至今字画清晰，声音宏亮。又如距今1000余年留在河北沧州铸造的铁狮子，高6米，长约12米。这充分说明我们祖先很早就掌握了铸造技术。

然而近百年来，由于帝国主义和国内封建势力的双重压迫，使我们的技术传统没有得到很好发展，使我国铸造生产长期处于手工业生产的落后状态。

解放后，在毛主席和党的重视和领导下，使铸造生产也得到了飞跃的发展，技术革命和技术革新如雨后春笋般的迅速展开，“以铸代锻”、“以铁代钢”的革命口号，大大扩大了铸造生产的应用范围。机械工业由修配转到制造，由制造一般的机器过渡到重型、大型、精密和成套技术装备。铸造生产也逐步由落后的手工业生产朝着半机械化、机械化、半自动化、自动化的方向迈进。

但是，在文化大革命以前，刘少奇一类骗子大肆贩卖“黑四论”，推行反革命修正主义路线，干扰破坏毛主席的无产阶级革命路线。在农业上搞“三自一包”，“四大自由”，工业上大搞“物质刺激”，“利润挂帅”、“专家治厂”、“洋奴哲学”、“爬行主义”，在文教战线上对无产阶级实行资产阶级专政，妄图复辟资本主义，严重的干扰和破坏了工农业生产沿着毛主席革命路线顺利前进。毛主席亲自发动和领导的无产阶级文化大革命，彻底粉碎了刘少奇一类骗子长期推行的反革命修正主义路线，使得工业战线更加坚定地沿着毛主席的革命路线阔步前进。

当前，全国工人阶级在以毛主席为首的党中央领导下，在党的“十大”团结胜利的旗帜指引下，在“要搞马克思主义，不要搞修正主义；要团结，不要分裂；要光明正大，不要搞阴谋诡计。”的指引下，贯彻执行党的总路线，“路线是个纲，纲举目张”，狠抓了路线教育，深入开展了批林整风运动，进一步提高了“三个觉悟”，正把铸造生产的技术革命和技术革新运动推向新阶段。为建设社会

主义祖国和支援世界革命做出更大的贡献。

第一章 普通灰口铸铁件的生产

第一节 造型材料

用来制造铸型和型芯的材料称为造型材料。砂型铸造的造型材料系指砂、粘土和水按一定比例混合而成。造型材料的好坏直接影响铸型质量，也就是影响着铸件的质量。据统计，铸件的废品中有50%是因造型材料的质量不够或使用不当而造成的。造型材料的需要量也较大，生产一吨铸件大约需一吨造型材料，造型材料直接影响着多、快、好、省地生产铸造，所以我们必须很好掌握对造型材料的基本要求，原材料的性能以及造型材料的正确配制，方能占据铸造生产的主动权。

一、对造型材料的基本要求

1. 强度 指型砂和芯砂受外力作用（搬动扣箱时的振动，浇注时液体金属的压力和浮力），能保持它的完整（形状、尺寸）而不破坏的性能。

如果型砂和芯砂的强度不好，势必可能造成砂型的破裂，变形，掉砂、冲砂和胀砂等毛病。

影响强度的主要因素有：

- ① 粘土的含量 质量。含量多且质量好，则强度可提高。
- ② 砂粒的大小和形状。细小而不均匀的砂粒，棱角多的砂粒其强度高。（但因不易形成均匀的粘土薄膜，故实际不采用棱角砂）。
- ③ 适量的水分。水分过少或过多，因不易形成粘土薄膜和易使砂粒间相对滑动，则强度也会降低。适量的水分，约在4~8%，其中又和粘土含量有关，一般粘土含量和水分含量的重量约为3:1较为合适。
- ④ 椿砂松紧度。一般椿砂紧实些其强度为高。

2.可塑性 型砂或芯砂在外力作用下，容易接受变形而不破坏，并在外力去掉后仍能保持变形后的形态的性能，称为可塑性。

型砂的可塑性愈好，模型在型砂中的印痕愈清晰，从而保持了型腔的准确性，这对起模、修型等各方面都会带来方便，更重要的保证了铸件的精度。

可塑性与粘土含量，水分、砂粒的大小和均匀度等有关。为含水量合适（小于8%），粘土稍多，砂粒细碎都会有利于可塑性的提高。

3.透气性 由于型砂本身的空隙存在，其据有的通过气体的能力称为透气性。

因浇注时，在高温金属液体的作用下，会从造型材料中或从金属液中分离出大量气体，如果型砂的透气性差，使气体不能很好排出，进入金属液体中则会产生气孔。

当砂粒大而均匀、粘土含量小，适量的水分，以及捣紧度小则透气性表现良好。

4.耐火性 型砂在高温（约1320℃左右）不被烧熔以及不被高温金属液或其氧化物烧结的性能，称之耐火性。

型砂的耐火度低，易使铸件表面粘砂（烧结成一层坚硬的砂壳），这对铸件的清理和机械加工带来了很大的困难，也降低了旧砂的回收价值。

型砂的颗粒大而圆形，含二氧化硅（ SiO_2 ）量多，其耐火性高。

伟大领袖毛主席教导我们：“看问题要从各方面去看，不能只从单方面看。”“我们必须学会全面地看问题，不但要看到事物的正面，也要看到它的反面。”从上述对造型材料的基本要求，可以清楚的发现对各因素的要求有的是互为矛盾的，比如粘土量的增多会有利于强度和可塑性，但却降低了透气性。正如：“一切对立的成分都是这样，因一定的条件，一面互相对立，一面又互相联结、互相贯通、互相渗透、互相依赖，这种性质叫做同一性。”这就要求我们运用这对立统一原则，综合的，全面的分析、考虑，过于强调某一方面都是片面的，应从经济合理性及应

用的可能性，加以合理的选择使用造型材料。

因型芯所处的工作条件更为不利，它周围被高温铁水所包围，所以对造芯材料要求应更高些。除上述要求外，也应考虑不吸湿性，低的发气性、易碎性等要求。

二、砂和粘土

砂子和粘土是配制型砂的主要原材料，在混合料中的含量大约占90%以上。它们本身的性质直接影响着造型材料的工艺性能，所以对砂和粘土性能的了解和掌握是必要的。

1. 砂 新砂主要由石英 (SiO_2) 颗粒以及少量的矿物质和粘土所组成。造型用砂可分天然砂、人造石英砂，天然砂按来源可分为河砂、海砂、山砂，按成分可分为粘土砂和石英砂等。

(1) 砂的化学矿物组成：

化学成分主要是 SiO_2 ，矿物组成是石英，它熔点达 1730°C 比较坚硬。因此石英砂耐火度高，硬度高而不易磨损。

其它化学成分有： Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 等。这些组成了不同的矿物：石英、长石、云母、铁的氧化物等。

砂中极细小的矿物质点，一般都称为粘土。

因 SiO_2 耐火度高，希望它含量多为好。铸钢用砂 SiO_2 含量要求 90%，而灰口铁用砂 SiO_2 含量可以低些。其它矿物质一般为有害物质，因在浇注过程中可与 SiO_2 或金属氧化物（如 FeO ）生成低熔点化合物，降低了型砂的耐火性，从而容易形成粘砂。

根据二氧化硅和泥类含量，造型用砂分类如表 1—1。

表 1—1

原砂名称	等级符号	含泥量 (%)	二氧化硅 (%)	有害杂质含量不大于 (%)			参考使用范围
				$K_2O + Na_2O$	$CaO + MgO$	Fe_2O_3	
石英砂	1S	≤ 2	≥ 97	0.5	2.0	0.75	可用于配制铸钢件用的型砂及芯砂
	2S	≤ 2	≥ 95	1.5		1.0	
	3S	≤ 2	≥ 94	2.0		1.5	
	4S	≤ 2	≥ 90	—		—	可用于配制各种铸铁件及部分小型铸钢件用的型砂及芯砂
长石英砂	1SC	≤ 2	≥ 85	—		—	可用于配制铸铁件及有色金属铸件用的型砂及芯砂
	2SC	≤ 2	≥ 85	—		—	
粘土砂	1N	2~10	—	—		—	各种粘土砂再加入附加物主要用作铸铁及有色金属铸件用的型砂及芯砂 1N砂可用于配制小型铸铁件及中小型有色金属铸件用型砂及芯砂
	2N	10~20	—	—		—	
	3N	20~30	—	—		—	
	4N	30~50	—	—		—	

(2) 砂子的颗粒组成：

颗粒组成包括：砂的颗粒大小，均匀度、形态及表面状态。

砂子颗粒大小表示，一般用筛分之后，砂粒最集中的相邻三个筛子头尾筛号表示。根据颗粒大小，造型用砂分组见表1—2。

表1—2

原砂名称	组 别	主要组成部分的筛号
特粗 砂	6 / 12	6、12
	12 / 20	12、20
粗 粒 砂	12 / 30	12、20、30
	20 / 40	20、30、40
	30 / 50	30、40、50
中 粒 砂	40 / 70	40、50、70
	50 / 100	50、70、100
细 粒 砂	70 / 140	70、100、140
	100 / 200	100、140、200
特 细 砂	140 / 270	140、200、270
	200 / 270	200、270、底盘

分析原砂颗粒组成用的筛子，共有全套标准筛 11 个及一个底盘。筛子的规定如表 1—3。

表 1—3

筛 号	6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270
筛孔边长 (毫米)	3.36	1.68	0.84	0.59	0.42	0.27	0.197	0.149	0.105	0.075	0.053

表中筛号为每一吋（英制）长度上筛孔的数目，如 100[#] 砂即

$$\text{为每一吋长度上筛孔数为 } \frac{25.4}{0.149 + 0.102} = 100. \quad \text{其中}$$

0.102 为金属丝直径尺寸。

砂颗粒大小的表示如 50 / 100，其含意为砂粒集中在 50[#]、70[#]、100[#] 筛子上，而且 50[#] 上停留量大于 100[#] 上的。

砂粒的均匀度，对石英砂、石英—长石砂，要求经筛分后，在相邻三个筛上的砂粒停留量的总重量占原砂全部重量的 70% 以上。为了防止过大和过细，一般对主要组成部分前、后一些筛号上的砂粒数量也有规定。

砂粒形状可为：圆形砂，即颗粒为圆形或接近圆形，表面光洁，没有突出的稜角，该砂以符号 0 表示。多角形砂，即颗粒是多角形，且多为钝角，以符号 □ 表示。尖角形砂，即颗粒呈尖角形，且多为锐角，以符号 △ 表示，如果另一种形状超过三分之一，可用二种形状表示。

如 4 S 50 / 100 (0) 即表示为：4 级石英砂、中粒度砂，颗粒集中在 50、70、100 三个筛号上，其集中数量应超过 70%，砂粒形状为圆形。

选用砂的颗粒组成时，应根据铸件不同的种类和特性，分别选用粗细不同的砂粒。铸件愈大，砂粒要愈粗。铸件愈小或者表面光洁度要求愈高则砂粒应该愈细。

(3) 砂的检查和选择原则

正确的检查和选择使用原砂，对提高铸件成品率具有重大意义。一般检查包括测定含水量、含泥量及颗粒组成等内容。

选择原则应考虑：铸造的特点、砂的工作条件、就地取材、来源充足、成本低廉等方面。如铸钢应选颗粒较大的石英砂，而铸铝，可选颗粒较细些， SiO_2 含量少些的砂。对于中、小型农机修造厂所选用的砂更应着重考虑就地取材，一定要防止和批判那些追求大、洋、全的修正主义路线。适当的含泥量也并非不合要求，要具体分析，可以试验而定。我校铸造间所用的原砂，就是白城郊区二龙的自然砂。

2. 粘土

粘土可把砂粒连接起来，使其具有一定的温度和其它性能。粘土可分普通粘土和膨润土。

普通粘土是应用最广的粘结剂，因它具有足够的粘结力，耐火度，价格便宜，来源广等优点。加水后，使造型材料具有一定的湿强度（粘土水膜有较大的表面张力，使砂粒间结合力较大）和更大的干强度（烘干后，粘土水膜失去可塑性，而成脆而硬强度大的薄膜）常用到的有：白泥、耐火泥、酸性陶土等。

膨润土为一种特殊的粘结剂，膨润土的质点小、吸收水分多、膨胀性好，粘结力也高（因它可吸收大量阳离子（ K^+ 、 Na^+ ），促使膨润土形成胶体溶液而包围砂粒）。1%的膨润土，可代替2—3%的普通粘土。因加入量可少，加水量也少，这样型砂可保持良好的透气性和强度。所以广泛应用在湿型造型土。但因膨润土的膨胀性大，受热失去水分后，体积收缩很大，易引起砂型和型芯的崩溃和破裂，所以它不能单独用在干型上。

三、其它粘结剂和附加物

因为采用粘土作粘结剂，使造型材料的透气性、耐火性、强度等都受到影响，不能满足更高的要求，所以对芯砂高质量铸件的型砂往往尚须加入特殊粘结剂。为了改善造型材料的性能有时还要加入附加物。

常用的特殊粘结剂按获得强度的硬化原理不同，可分以下四类：

种类 { 油类和脂肪（在干燥时 $200^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$ 因氧化作用而获得硬度的）如亚麻仁油、桐油、大豆油等植物油，
亚硫酸盐溶液、糖浆、糊精（烘烤时，失去水分而将砂粒粘结变硬）。
松花沥青（在烘干 $175 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ，先熔化后凝固而获硬度）。
水玻璃、水泥（在空气中自行硬化）。

植物油的用途很多，可以少用或不用，采用代用品如减压残油、亚硫酸盐溶液为纸浆废液可以广为采用，而糖浆和糊精因还有其它用途，最好少用或不用。

水玻璃（偏硅酸钠水溶液）在空气中能自行硬化，要通入 CO_2 可在 $15 \sim 20$ 分钟硬化，这样缩短了生产周期、节省燃料，提高车间面积利用率和单位面积产量。现工厂专用水玻璃砂造型已逐为广泛。

为了提高造型材料的透气性、退让性、不粘模性往往还需加入一些物质，这称之为附加物。

能增加透气性、退让性的材料，如锯木屑、稻草、动物毛等。

为使铸件不粘砂，达到表面光滑，还可在铸型或型芯表面上以及造型混合料中加入煤粉、石墨等。煤粉（焦炭、木炭）的作用，是因受热后，可形成一个气体薄层，将金属液与型砂隔开，减少金属液对砂型的热力与化学作用。煤粉一般加工铸铁件湿型面砂中，干型因烘烤时会烧去故不用。

石墨粉为化学性不活泼和耐火性很高的物质，是常用的一种很好防止粘砂的材料。石墨粉可分结晶形呈银灰色和非结晶呈黑色两种，前者多用于湿型作复料，后者用于干型的涂料或湿型复料。铸钢和有色金属不采用石墨，可采用石英粉和滑石粉。

所谓复料，就是在湿型的型腔表面撒上的石墨粉。所谓涂料就是把石墨粉、粘土、水玻璃和水按一定比例混合成泥浆状涂在干型的型腔表面上。可用毛笔涂模，小型型芯（烘干后）也可浸入涂料

中。

四、型砂的种类和配制

型砂根据用途可分为单一砂、面砂和背砂（填充砂）。

单一砂，整个砂型是一种型砂制成的，应用在手工造型湿型上，机械化铸工车间的机器造型上。

面砂，直接接触模型表面部分的砂称面砂。因它所处的条件要求质量应高些，（如强度、耐火性）往往加入大量新的材料，以保证其性能要求。面砂厚度应为 20 ~ 30 毫米。

背砂（填砂），是用来填补整个砂箱容积的。要求有良好的透气性，基本上采用旧砂。在造干型时，应用面砂和背砂。

型砂的配制就是由原砂（新砂）、旧砂，粘土和水混制而成。为使铸件表面光洁，还需加入少量煤粉。其组成物应按一定比例配制，以保证一定的工艺性能，其比例可根据铸件金属种类和铸件大小而定。（没有固定不变的比例，可参阅老厂的配制比例和听取有经验的工人意见）。

型砂配制工艺示意：

原砂 + 旧砂 + 粘土 + 煤粉 $\xrightarrow[3-5 \text{ 分钟}]{\text{干混}}$ + 水 $\xrightarrow[10 \text{ 分钟}]{\text{湿混}}$ 出砂

在一般小型手工造型铸工车间采用最简便的配砂方法，就是在旧砂中按一定比例加入新砂、粘土、煤粉和水，用铲混合均匀，堆积停放一段时间，然后过筛去除碎铁，砂团等杂物，便可用来造型。

有条件的铸工车间，可采用混砂机配制型砂。

配制好的型砂为检查其性能是否合乎要求，如透气性、强度等，可在专门试验机试验检查。我们一般可采用手工检验方法，若湿度、塑性、强度适当时，用手捏成砂团后，放开后可看出清晰手纹，折断时其断面没有碎裂状。类似这些经验性的宝贵知识，我们必须在实践生产中体会和提高，必须虚心向有经验的工人学习，应遵循毛主席的教导：“读书是学习，使用也是学习，而且是更重要的学习”“在某种意义上来说，最聪明、最有才能的，是最有实践经验的战

士。”这样我们才能真正学到为人民服务的完整知识。

第二节 砂型铸造工艺

在铸造生产中，广大铸造工人采用了各种铸造方法和工艺，就砂型铸造又可分为手工和机器造型两种，因前者应用最为广泛，这里仅介绍手工砂型铸造有关工艺问题。

一、手工砂型铸造造型方法

1. 整体模造型

适于形状简单（往往有一个面是平的），高度不大和拔模方便的铸件。铸件多在一箱中成型，尺寸比较准确。

实物造型，是指用另件直接造型，而不用模型。一般在机器损坏，而需快速修复使用时采用。当然应考虑到在加工面的加工余量、堵上不需铸出的孔、槽等。

2. 分离模造型

当铸件内部有空腔，或铸件最大断面的尺寸在模型中部，可沿最大截面将其模型分成两半，并用铸钉将其定位。如图 1—4 就为分离模最简单的一种。

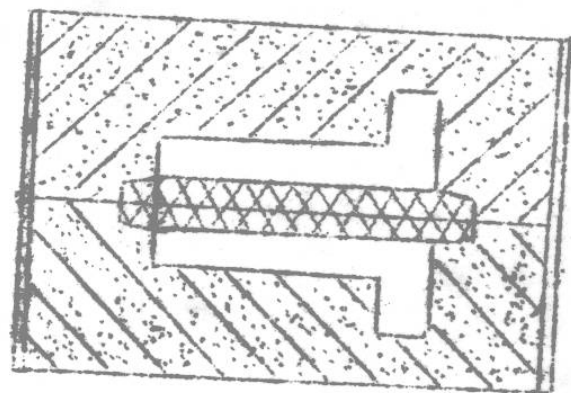


图 1—4

分离模可由两个方向取出模型，这对铸出高度较大，较复杂的铸件比整体模有利，但因模型是分开的，又在两个砂箱中成型，铸件发生错箱的可能性增加。

3. 活块模造型

某些铸件有一些小凸台，妨碍拔模，为此常作成活动的模型，如图 1—5。在主体模型起出后，其活块仍留在铸型中，然后再用工具自侧面取出活块。造型时要把活块下面的型砂堵紧，否则该处型砂在起模时容易塌落，也要避免撞击活块，以免起模型主体时将活块带出或者将活块堵“跑”。在大量生产中，为提高生产率，可

~14~

把影响拔模的凸台采用型芯形成。

4. 挖砂造型

铸件的最大截面不在端部，分型面不是平直的，而是个曲面，模型又不便分成两半时，可采用挖砂造型。如图 1—6 为油泵试验台上调速手轮的铸型装配图。如果按最大截面采用分离模造型，势必使模型强度大为降低。修分型面时，应修到模型最大截面上，并用慢刀压紧，同时分型面的坡度不宜过大。

挖砂造型显然延长了造型时间，降低了生产率，所以只适单件小批生产采用。如果生产批量较大可采用假箱造型或模板造型。

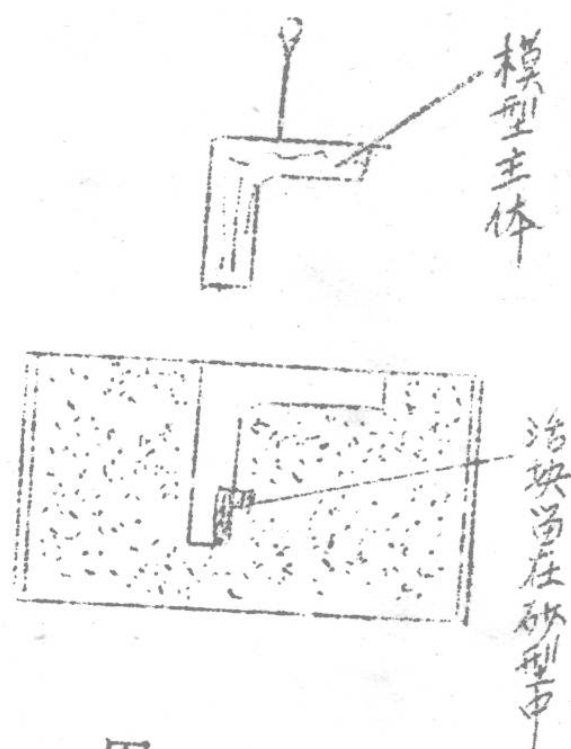


图 1—5

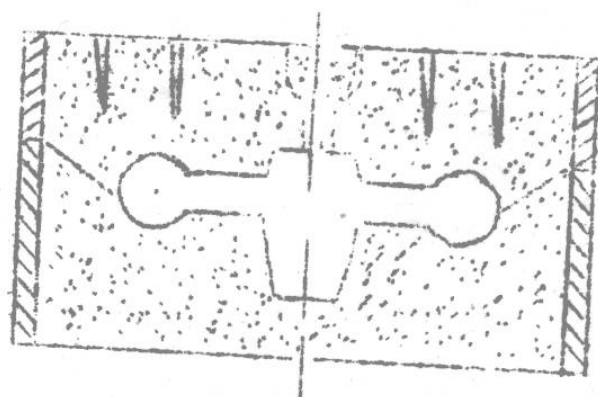


图 1—6

5. 假箱（成型底板）造型

是用粘土含量多的型砂，做成和盖箱（上砂型）的分型面相同形状的砂型代替垫板。在批量较大的情况下，这种假箱可用木料、石膏或水泥制作。如图 1—7 所示。

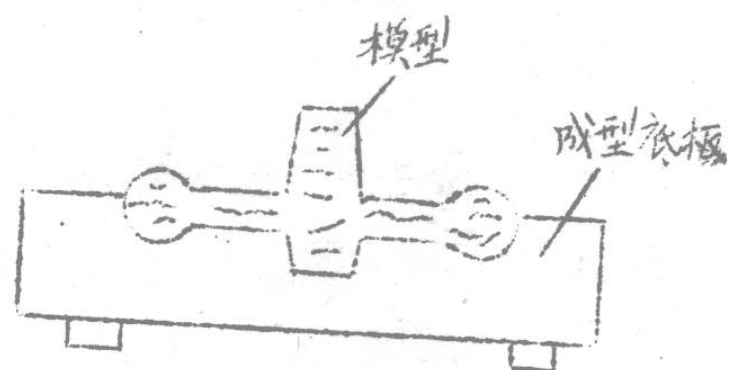


图 1—7

6. 三箱造型

当铸件高度较大或形状复杂而且具有两个以上分型面时，为了起模方便，可采用三箱或多箱造型。图 1—8 为滑轮三箱造型简图。