

前 言

在毛主席革命路线的指引下，在无产阶级文化大革命推动下，作为机器制造工业的重要环节之一——铸造生产也获得了飞快的发展，铸造工人队伍迅速壮大，大批青年铸工朝气蓬勃地战斗在铸造战线上。为了满足铸工学习的要求，我们编写了这本书。

由于铸造生产工序多，因此保证铸件质量一直是铸件生产中的关键问题。要保证铸件质量必须把好三个关：一是型砂，二是大炉，三是砂型工艺。为此，本书以砂型铸铁件生产为主，力求用辩证唯物主义的观点介绍了型砂、大炉、砂型工艺方面的基本理论知识，对生产中常见的铸件缺陷做了简要的分析，以便铸造工人学习这几方面的基本知识，了解它们与铸件质量之间的关系，不断地提高铸件质量。

本书编写过程中，得到北京市许多工厂的领导、工人和技术人员的大力支持，学习和参考了清华大学等高等院校的新编铸工专业教材，得到很大启发和帮助。由于我们自己水平所限，又缺乏生产实践经验，书中难免存在一些缺点和错误，希望广大工人同志和读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 造型材料与铸件质量.....1

第一节 型(芯)砂的性能及其检验.....1

第二节 型(芯)砂原材料的质量鉴定.....15

第三节 潮模砂在生产中的应用.....29

第四节 干模砂.....47

第五节 水玻璃砂的应用与发展.....51

第六节 特种粘结剂芯砂.....63

第二章 铸造合金与铸件质量.....72

第一节 铸造合金的基本知识.....72

第二节 铸铁.....89

第三节 铸铁的熔化.....116

第四节 铁水浇满砂型.....135

第五节 铸件的缩孔.....142

第六节 铸造应力、裂缝和变形.....153

第七节 铸件中的析出气孔.....163

第三章 砂型工艺与铸件质量.....166

第一节 模型与芯盒.....166

第二节 手工造型.....184

第三节 手工造芯.....214

第四节 机器造型.....222

第五节 浇注系统.....235

第六节 冒口与冷铁.....254

第七节 铸件的常见缺陷及其防止.....270

第一章 造型材料与铸件质量

凡是用来制造砂型和砂芯的材料,包括原砂、粘土和各种粘结剂、附加物等等,我们统称为造型材料。

目前铸造生产中,用砂型生产的铸件占铸件总重量的80%以上,所以工厂铸造车间普遍重视造型材料的研究,努力提高型砂和芯砂的质量,推广新造型材料及其新工艺。例如,近几年来,采用活化膨润土使潮模砂性能有很大提高,有的工厂已用潮模生产中、大型铸件。水玻璃自硬砂的推广收到很好效果。在芯砂方面,随着我国化学工业的发展,合成树脂砂的采用也得到逐步推广。

造型材料的性质对铸件质量有直接的影响。在实际生产中,由于造型材料的选择、配制和使用不当,往往使铸件产生气孔、粘砂、夹砂、裂纹、砂眼等缺陷,严重时甚至使铸件成为废品,因此,了解各种型砂和芯砂的性能,用科学的方法检验和控制其质量,实行科学的管理,对提高铸件质量,促进劳动生产率的提高,都有重要的作用。

第一节 型(芯)砂^①的性能及其检验

各种原砂的化学成分、含泥量、粒度及颗粒形状均有不

① 型(芯)砂表示型砂和芯砂;砂型(芯)表示砂型和砂芯。

同,因此,不是任何一堆砂土都能直接用来造型和造芯。铸件生产的特点,决定了型(芯)砂必须具有相应的性能。

铸件生产的特点,是把高温的铁水(铸铁浇注温度范围是 $1300\sim 1380^{\circ}\text{C}$ 左右)浇注到砂型中去,充满砂型,待冷却凝固后得到铸件。在这过程中高温铁水与型(芯)砂接触会发生一系列的物理和化学变化,例如铁水流对型(芯)砂的冲刷;高温铁水对型(芯)砂的剧烈的热作用等等。如果砂型和砂芯经受不住高温铁水的各种作用,铸件就会出现缺陷,例如浇注铁水时,型腔和砂芯表面经不住冲刷而破坏,就会使铸件产生砂眼。铁水充满砂型有一定的压力,如果砂型经受不住这种压力而变形就会形成胀箱。型砂在铁水的热作用下,型砂中的水分要大量蒸发,水蒸汽如果不能排出砂型以外,就会钻入铁水,造成铸件气孔缺陷。如果型(芯)砂在高温铁水作用下熔化,就会使铸件形成粘砂缺陷等等。由此可见,铁水与砂型之间的相互作用是一对矛盾,为了解决这一矛盾,保证铸件质量,就必须对型(芯)砂的性能提出一定的要求。

目前铸造车间所用的型(芯)砂,绝大部分是粘土型(芯)砂,它是由砂子、粘土、水分混合而成的。通过分析生产中对粘土型(芯)砂性能的要求,可以掌握型(芯)砂性能的一般规律。

(一) 强 度

型(芯)砂在外力作用下而不破坏的性能称为强度。这种性能很重要,因为在砂型制造过程中要搬运、翻转,在浇注时铁水流又有很大冲刷力和压力,型(芯)砂没有足够的强度,就会出现塌箱、砂眼、胀箱等缺陷。

型(芯)砂的强度是怎样形成的呢?让我们来看看型(芯)

砂的结构就清楚了(图 I-1)。型(芯)砂是由砂子、粘土、水及其他附加物按照一定的配合比例混合制成的。砂子是型(芯)砂的主要材料(约占 90% 左右),砂子与砂子本身无粘结能力,型(芯)砂是利用粘土做粘结剂把砂子粘结起来的。干粘土是粉状物,也没有粘结性,但它有很强的吸水能力,在吸水后就具有粘结性能。把砂子、粘土和水经过充分混碾后,吸水的粘土就在砂粒表面形成均匀的粘土膜,当造型紧砂时,迫使砂粒互相接近,依靠砂粒表面的粘土薄膜互相粘结起来,就形成了型(芯)砂的强度。

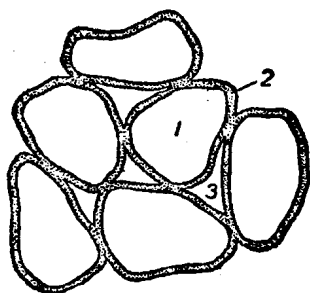


图 I-1 型(芯)砂结构示意图

1-砂粒; 2-粘土薄膜; 3-空隙

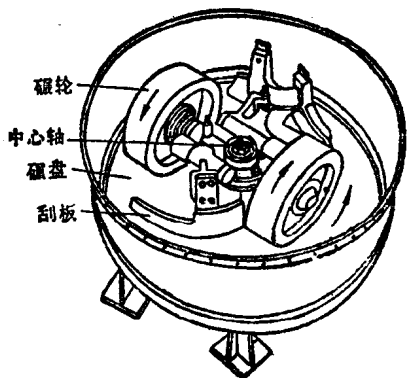


图 I-2 碾轮式混砂机

让吸水的粘土薄膜均匀地包在砂粒表面,是通过混砂机来进行的,目前工厂中广泛应用的碾轮式混砂机,如图 I-2 所示。混砂机的碾轮与碾盘之间有一距离(不是在碾盘上滚动),开动混砂机时,碾轮被电动机带动绕中心轴旋转,同时碾轮与碾盘上的型(芯)砂之间有摩擦力,使得碾轮还绕自身水平轴旋转,这两种旋转运动对型(芯)砂产生搓揉作用,从而使

粘土在砂粒表面形成均匀的薄膜。

(1) 影响型(芯)砂强度的因素

影响型(芯)砂强度的因素很多,从生产实践中发现,主要因素有三个方面。

①粘土含量与含水量。从型(芯)砂的结构可以知道,在砂粒表面形成的粘土膜越厚,型(芯)砂的强度也越高,而粘土膜是由粘土吸收水分后形成的。所以只是增加粘土含量而水分不够时,粘土吸水不充分,砂粒表面的粘土膜仍然较薄,这样强度是不能提高的,当增加粘土含量同时增加适当的水分,使粘土充分吸水形成厚的粘土膜,相接触的粘土膜的面积增大,型(芯)砂强度也就提高了。

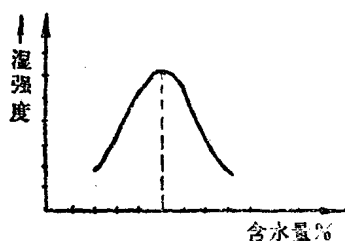


图 I-3 型(芯)砂强度与含水量的关系

型(芯)砂中含水量是根据粘土含量来确定的。图 I-3 示出了当粘土含量一定时,型(芯)砂强度与含水量的关系,图中表明,型(芯)砂有一个适宜的含水量,这时型(芯)砂强度最高,少于或多于这个含水量,型(芯)砂强度都要下降。

②原砂颗粒度。由于原砂颗粒粗细不同,适宜的粘土含量也不同。只有一定粗细的砂粒和一定的粘土量混合才能获得最大强度。过细的砂粒会使总的砂子表面积增加,每颗砂粒表面粘土膜减薄,使强度下降。砂粒过粗,总的砂子表面积变小,粘土膜虽厚,但砂粒间接触面减少,也会使强度下降。

③混砂质量与造型紧实度。砂和粘土必须混合均匀,使粘土充分吸水并均匀地包在砂粒表面,才能充分发挥粘土的

粘结作用。混砂顺序对混砂质量有很大影响。目前绝大部分工厂采用先干混后湿混的方法：就是先把砂、粘土、附加物等混合后进行干混 1~2 分钟，再加水进行湿混 6~8 分钟。另一种混砂顺序是采用先湿混的方法：就是先把砂和水湿混几秒钟，再加入粘土、附加物 and 一部分水进行混碾 4~6 分钟。生产实践表明，后一种加料顺序不但改善了劳动条件，型砂强度提高得快，而且能缩短混砂时间。

型砂混碾后，为了使粘土充分发挥粘结作用，进一步提高型砂性能，最好放置 3~5 小时，使水分更均匀地渗透到粘土中去。

造型时，搯砂紧实度越高，型砂的砂粒互相越接近，粘土膜接触面也越大，粘结力越强，型砂的强度也就越高。

(2) 型(芯)砂强度的测定

在生产中需要用专门的仪器对型(芯)砂强度进行定量的测定，从而保证型(芯)砂符合规定的强度要求。

测定型(芯)砂的强度时，首先将所测型(芯)砂做成标准试样，然后把力作用到标准试样上去(如图 I-4 所示，作用压力、剪切、弯曲、拉伸)，当试样达到破坏程度时，其单位面积上能够承受的最大力，叫抗压、抗剪、抗弯、抗拉强度。单位是公斤/厘米²。

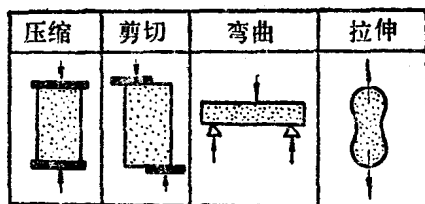


图 I-4 型(芯)砂试样各种强度测定示意图

标准试样的做法，根据一机部标准 (JB437-63) 规定，把称量160~180克左右的型(芯)砂，放入特制圆形试样筒中，然后放到冲样机上(图 I-5)，摇动凸轮手柄，使 6.35 公斤的重锤从 50 毫米高度落击三次(包括重锤、锤头等升起部分，实际重 7.94 公斤)，将试样揸实成高度为 50 ± 1 毫米，直径 50 ± 0.2 毫米的标准圆柱形试样(图 I-6a)。测干拉强度时，用 8 字形金属试样盒在冲样机上制成 8 字形试样(图 I-6b)。

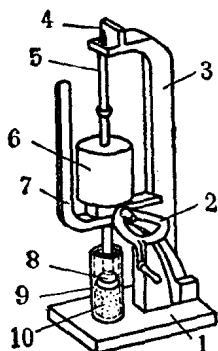


图 I-5 冲样机

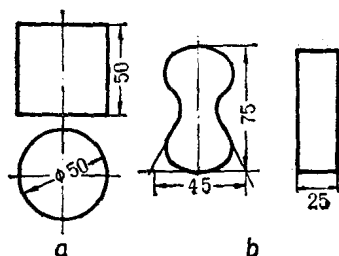


图 I-6 标准试样

1-底座；2-凸轮手柄；3-立柱；4-刻度线；5-冲击杆；6-重锤；7-搬动重锤的提升杆；8-冲头；9-试样筒；10-型砂试样

对湿态的试样一般只做压力试验，可以测得型(芯)砂湿压强度。把试样烘干后，对它施加拉、压、剪、弯力，可以测得型(芯)砂干拉强度等四种干强度。

生产中用得最多的是湿态试样的抗压试验和干态试样的抗拉试验，这些试验都可以在万能强度试验仪上进行。通过试验就可以知道配制的型(芯)砂的湿压强度和干拉强度(图 I-7)。

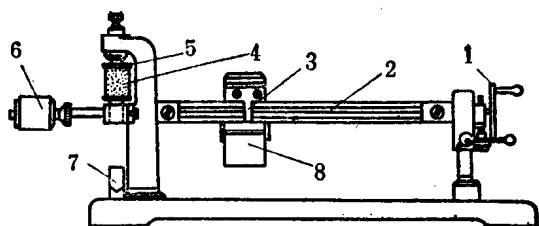


图 I-7 万能强度试验仪

1-手轮；2-杠杆(附刻度)；3-指标；4-圆柱型砂试样；5-上夹盘；
6-平衡重锤；7-抗拉夹头；8-重锤

湿强度是潮模铸造时型砂必须具备的性能。湿强度太低，造型中起模、下芯扣箱、搬运时可能发生塌箱，或浇注铁水后出现砂眼、胀箱缺陷，甚至浇注时会发生“跑火”事故。型砂湿强度太高，会降低型砂的透气性能(粘土砂最为显著)。因此，湿强度应当控制适当。一般潮模铸造小件的湿强度应控制在 $0.3 \sim 0.6$ 公斤/厘米²；中等铸件应控制在 $0.5 \sim 0.8$ 公斤/厘米²。

干模铸造应有足够的湿强度和干强度。湿强度太低会使造型和造芯困难，干模铸造的型(芯)砂干强度一般为 $0.8 \sim 1.2$ 公斤/厘米²；不是用粘土做为粘结剂的芯砂干拉强度差别较大，例如油砂的干拉强度可高达 14 公斤/厘米²以上。

(二) 透气性

型(芯)砂的砂粒之间存在空隙(见图 I-1)，使气体可以通过的性能称为透气性。当铁水浇入砂型后，型(芯)砂中产生大量气体(如型(芯)砂中水分要蒸发等)，铁水冷却、凝固也会析出气体，如果型(芯)砂透气性能不好，气体排不到型外，就会钻入铁水中或留在铁水中，使铸件产生气孔。

(1) 影响型(芯)砂透气性的因素

在砂中加入适量的粘土和水分,并且混制得当,砂粒间是存在着空隙的,这些空隙互相贯通,形成许多细小曲折的通道,这就使型(芯)砂具有了透气能力,从生产实践中,总结出影响型(芯)砂透气性的主要有三个因素。

①原砂粒度。原砂粗细对型(芯)砂透气性有影响,颗粒粗而且大小均匀的砂粒,气体通过砂粒间隙时阻力小,透气性好。细砂粒空隙的总面积并不比粗砂粒少,但细砂的空隙变得细小、分散,气体通过时阻力就大,透气性就差。可是原砂颗粒粗细分布的均匀程度对透气性影响更大,粗细不均的砂粒混在一起,细砂粒总是嵌在粗砂粒的空隙之中,使型(芯)砂的空隙减少,透气性降低。一般说,砂粒形状对透气性影响不太大。为了保证型(芯)砂具有良好的透气性,应当采用粒度均匀的砂粒。图 I-8 表示原砂粒度和透气性的关系,图中表明砂粒越粗,透气性越好,图 I-9 是砂粒粗细和均匀度对透气性影响的示意图。

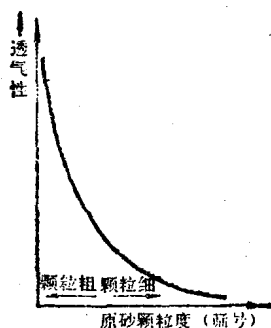


图 I-8 原砂粒度与透气性的关系

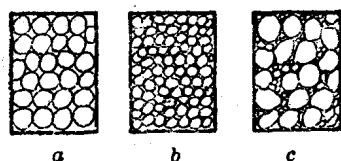


图 I-9 砂粒粗细及均匀度对
透气性的影响示意图

a-粗砂粒透气性好; b-细砂粒透气性差; c-砂粒粗细不均透气性最差

②粘土含量。增加型(芯)砂中的粘土含量容易降低型(芯)砂孔隙度,阻塞通气道,降低透气性。尤其是只增加粘土,而含水量较低时,对透气性影响更大。因为在粘土不能充分吸水时,容易堵塞砂粒间的空隙或使砂粒表面的粘土膜不光滑,这样会降低透气性。

在用过的旧砂中往往含有较多的灰分,这是因为砂型浇注后,高温铁热的热作用会使型腔表面砂子粘土膜烧损,形成灰分(也称死粘土),灰分在任何情况下都无粘结力,旧砂再次用来配制型砂时,灰分容易堵塞通气空隙,使透气性变坏。所以在旧砂回用时应注意除去灰分。

③含水量。型(芯)砂含水量适当时透气性最高,过低或过高的含水量对透气性都不利(图 I-10)。

图中 a 表明水分较小时,只有一部分粘土形成粘土膜包围砂粒;部分粘土未能吸水而聚集在砂粒空隙中,阻碍透气,因此透气性很低。图中 b 表明水分适当,全部粘土形成粘土膜,透气性最高。图中 c 表明水分过多,粘土膜周围出现多余水滴,水滴也阻塞砂粒空隙,降低透气性。

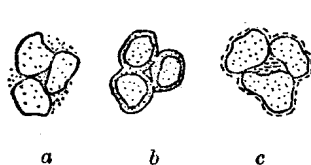


图 I-10 水分、粘土对型砂透气性影响示意图

a-水分较小; b-水分适当;
c-水分过多

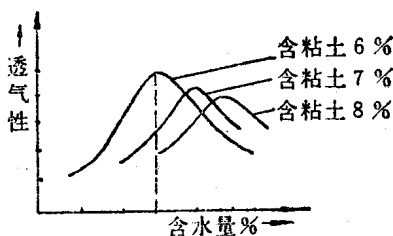


图 I-11 粘土含量一定时,水分与透气性的关系

通过试验测定,粘土含量一定时,水分与透气性有如图

I-11 所表示的关系，图上曲线说明当一定的粘土含量时，存在一个透气性最高的合适含水量。

前面曾说过，要保证型(芯)砂具有高的湿强度，存在一个适宜的含水量。这里又提出要保证型(芯)砂具有高的透气性，也有一个适宜含水量，这二者是否有矛盾呢？应如何正确选择含水量呢？我们把湿强度、透气性与含水量的关系曲线综合画在图 I-12 上。从图上看，湿强度和透气性最高值的含水量是不一致的。

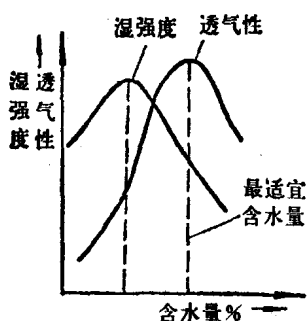


图 I-12 型(芯)砂最适宜含水量的选择

从生产实践中证明，应该把透气性最高时的含水量定为配制型(芯)砂适宜的含水量，因为在这个含水量时透气性最好，而湿强度下降并不多；如果选湿强度最高时的含水量，透气性就会太低，而且水分较低，型(芯)砂不够柔软，不易变形，在造型或造芯时会感到有些发脆，对造型不利。

(2) 透气性的测定

为了比较各种型(芯)砂透气性的差别，可以通过透气性试验仪进行定量的测定(图 I-13a)。透气性试验原理如图 I-13b 所示。即利用一定数量的空气在一定压力下通过圆柱形型(芯)砂标准试样，由于试样透气能力不同，空气通过试样时受到的阻力也不同，由于气体不能及时通过试样排出，则形成一定的压力差。压力计上水柱差越大，说明透气性越低。

测定时先提起空气筒 1，空气进入空气筒中，当具有一定重量的空气筒下沉时，将其中气体通过通气管压入标准试样

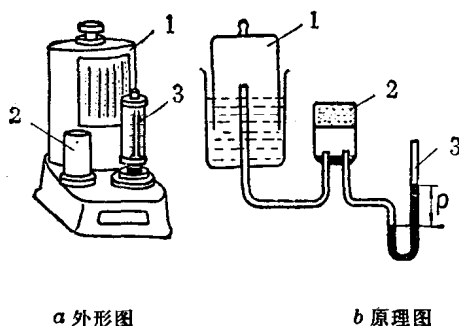


图 I-13 透气性试验仪

1-空气筒；2-标准试样；3-压力计

2, 空气通过试样排出的同时, 试样右方压力计 3 可以测出压力差, 通过压力差与透气性换算表格, 可以直接根据压力差查出透气性的数值。透气性数值越大, 表示透气性越好。

各种型(芯)砂的透气性有很大差别, 因此, 生产中要进行测定和控制。型(芯)砂透气性太低, 砂型浇注时气体无法排出, 常发生“呛火”现象, 铸件容易产生气孔缺陷。砂型型腔表面的型砂透气性也不能太高, 因为透气性太高就要用较粗的砂粒, 使型腔表面形成很多大的孔隙, 铁水容易钻入, 造成铸件的粘砂缺陷或表面粗糙。

目前生产中多是根据合金种类、铸件重量、造型方法等选择型(芯)砂的透气性。

表 I-1 列出的透气性数值可供参考。

(3) 型(芯)砂含水量(湿度)的测定

铸造车间的型砂实验室中, 经常测定型(芯)砂的强度、透气性和含水量, 从而控制型(芯)砂的质量。

表 I-1

金属种类	铸件重量	造型方法	透气性值
铸 铁	小于1公斤	湿 型	10~30
" "	小于20公斤	" "	30~80
" "	小于2吨	" "	80~120
" "	小于10吨	干 型	80~150
铸 钢	小于5吨	干 型	80~120
铜 合 金	—	" "	30~80
各种合金	—	型 芯	80~120

在干模砂中，含水量控制不太严，适当高些造型操作方便，烘干后的砂型含水量很低。因此，一般干型(芯)不再测含水量。潮模砂的含水量要求控制严格，前面已经提到，最适宜的含水量是根据型(芯)砂中粘土加入量而定的，应该保证足够的强度和好的透气性。潮模砂含水量的控制比较复杂，它与气候、地区都有关系，在夏季或干旱地区，型(芯)砂含水量可以适当高些；相反，在雨季或潮湿地区，含水量可适当低些。

测定含水量的方法是：取50克型(芯)砂，放在红外线烘干器上烘干(图 I-14)，直到重量不再变化为止，称量烘干后的重量，即可用下列公式算出含水量。

$$x = \frac{G - G_1}{G} \times 100\%.$$

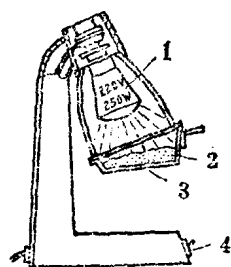


图 I-14 红外线烘干器示意图

- 1-红外线灯泡；2-型砂；
3-烘干盘；4-电源开关

式中 x ——含水量%。

G ——烘干前型(芯)砂重量(50克)。

G_1 ——烘干后型(芯)砂重量(克)。

(三) 耐火度及容让性

(1) 耐火度。在高温铁水作用下，型(芯)砂不熔化的性能称为耐火度。通常以型(芯)砂表面刚开始熔化时的温度(即烧结点)代表耐火度，烧结点越高就是耐火度越高。

如果型(芯)砂耐火度不高，型腔或砂芯表面接触高温铁水时，砂子表面就会熔化，铁水与被熔化的物质发生化学变化，形成低熔点化合物，粘结在铸件表面，会使铸件形成粘砂缺陷。铸件粘砂严重时，清理非常困难，也不能进行机械加工，有时甚至使铸件成为废品。

影响耐火度的因素，主要与原砂及粘土质量有关，一般说来，原砂中二氧化硅含量(即石英含量)越高，型(芯)砂耐火度就高。如果砂子里含有低熔点杂质较多，砂子的烧结点下降，型(芯)砂的耐火度就低。原砂颗粒大则耐火度较高，细颗粒砂容易加热升温 and 熔化，因此，耐火度比粗砂粒低。圆形砂粒耐火度比尖角形砂粒耐火度高，因为砂粒的尖角处最易熔化。粘土耐火度比砂粒要低，所以，粘土用量多，型(芯)砂的耐火度就会下降。采用质量好的粘土，可以减少粘土用量，对提高型(芯)砂耐火度有利。当然，用耐火度较高的粘土时，粘土对型(芯)砂耐火度影响就不大。可见，型(芯)砂的耐火度主要根据组成该种型(芯)砂的原砂及粘土的耐火度大小而定。

(2) 容让性(溃让性)。砂型中的铸件在冷却过程中要收缩，要求砂型和砂芯的体积有可以被压缩的性能，叫做容让

性,如果型(芯)砂容让性不好,铸件收缩时就受到阻碍,这样铸件会产生内应力,容易造成铸件变形或裂纹缺陷。

实际生产中,既要求型(芯)砂具有容让性,防止上述铸件缺陷;又要求砂型(芯)在浇注后具有好的高温强度(浇注后砂型(芯)被加热在高温状态时的强度),防止浇注后砂型(芯)损坏,造成砂眼、胀箱等缺陷。然而对型(芯)砂容让性与高温强度这两者的要求是有矛盾的。通过生产实践我们知道,砂型(芯)高温强度对铸件质量有很大影响,但是,目前这方面研究还不多,测定高温强度的方法又比较复杂,还不适宜生产中应用。对一般粘土型(芯)砂来说,其高温强度较高,因此,在生产大型铸件时,常常为了降低砂型的高温强度,以便改善容让性,在型(芯)砂中加入一些锯木屑、草末、焦炭渣等附加物,这样在铸件冷却收缩时,可以使砂型(芯)发生溃散,减少铸件的

收缩阻力,以保证铸件的质量。

以上谈到的是铸造生产中型(芯)砂的主要性能和检验方法,在生产中,配砂工人根据自己多年的经验,往往用手抓一把型(芯)砂,把它捏成团,然后把砂团折断,就能判断型(芯)砂的性能好坏(图I-15)。



图 I-15 手捏法检验型(芯)砂

在当前铸造生产中,为了不断提高铸件质量,铸造车间一般建立了型砂实验室,对型(芯)砂性能进行严格的科学检验和管理,工人师傅的宝贵经验与型砂实验结合起来,把好型(芯)砂质量关,对提高铸件质量具有重要的作用。

第二节 型(芯)砂原材料的质量鉴定

型(芯)砂的性能,是将原砂、粘土、水分混合后综合体现出来的,三者的配合比例和混合质量对型(芯)砂的性能影响很大;原砂、粘土的质量同样对型(芯)砂质量有很大的影响。

(一) 原砂的质量鉴定和分类

造型用的原砂种类很多,根据来源可分为河砂、湖砂、海砂、山砂和风积砂。其中河、湖、海砂经过水的长期冲洗,含泥量较少,颗粒也较均匀,形状多呈圆形,如北戴河砂、秦皇岛砂等。山砂是岩石风化之后形成的,含有较多的粘土和泥分,形状不规则,粗细不均匀,如唐山和南京产的红砂等。风积砂多产于沙漠地带,颗粒较细而均匀,粘土及泥分含量稍多些,如北京各厂多采用的内蒙哲里木盟砂等。

在铸造生产中,当然选用河砂、海砂及风积砂有利,但铸造生产原砂消耗量很大,我国砂源很多,各工厂选用原砂应尽量就地取材,这样可以降低铸件成本、减轻交通运输负担。

铸造生产对原砂的化学成分、含泥量、粒度及颗粒形状的质量要求如下:

(1) 化学成分及含泥量。

一般砂子的主要成分是二氧化硅(SiO_2),此外,还含有长石、云母及一些金属的氧化物等。这些成分从铸造生产的角