



金 屬 工 学

鑄 造 生 產

北京农业机械化学院金属工学教研組編

1959 · 北 京



# 鑄造生產

## 目 錄

### 緒 論

|                 |   |
|-----------------|---|
| 一、鑄造生產過程.....   | 1 |
| 二、鑄造生產發展簡述..... | 3 |

### 第一章 造型材料

|                         |    |
|-------------------------|----|
| § 1 概述.....             | 5  |
| § 2 對造型和型芯混合料性能的要求..... | 6  |
| § 3 造型用砂和粘土.....        | 7  |
| § 4 粘結劑.....            | 11 |
| § 5 在混合料中的特種附和物.....    | 12 |
| § 6 造型混合料的處理程序.....     | 13 |

### 第二章 鑄型

|               |    |
|---------------|----|
| § 1 概述.....   | 16 |
| § 2 手工造型..... | 16 |
| § 3 機器造型..... | 21 |
| § 4 澆注系統..... | 23 |
| § 5 模型.....   | 28 |

### 第三章 鑄造性能

|                   |    |
|-------------------|----|
| § 1 流動性.....      | 34 |
| § 2 收縮.....       | 36 |
| § 3 關於偏析的概念.....  | 42 |
| § 4 有關白口鐵的問題..... | 43 |

### 第四章 鑄造合金的熔煉

|                    |    |
|--------------------|----|
| § 1 鑄鐵熔化.....      | 44 |
| § 2 鑄鋼熔化設備.....    | 50 |
| § 3 有色金屬的熔化設備..... | 52 |

**第五章 高強度鑄鐵的獲得**

§ 1 高強度鑄鐵的基本原理概述.....53  
§ 2 提高灰鑄鐵強度一般的方法.....53  
§ 3 加制（孕育、變質）鑄鐵.....55  
§ 4 球墨鑄鐵.....57  
§ 5 可鍛鑄鐵.....59  
§ 6 「土」球墨鑄鐵.....62

**第六章 特種鑄造**

§ 1 概述.....64  
§ 2 硬型鑄造.....65  
§ 3 壓力鑄造.....66  
§ 4 離心鑄造.....68  
§ 5 失腊鑄造.....69  
§ 6 壳型鑄造.....70

**第七章 有色金屬的鑄造**

§ 1 銅合金的性能及使用範圍.....75  
§ 2 銅合金鑄造生產工藝上的特點.....76

**第八章 鑄造零件的設計原則及缺陷防止方法**

§ 1 鑄件的設計原則.....78  
§ 2 鑄件缺陷分類.....80  
§ 3 鑄件缺陷的形態及成因.....81

# 緒論

## 一、鑄造生產過程。

把溶煉出液體金屬澆注到與所需的另件相當的型腔里去的方法，稱為鑄造生產（簡稱鑄工）。由於金屬在型腔凝固而得到東西稱為鑄件。

每一架機器幾乎都包含有鑄件。

兵工、造船、動力設備，農業機械，家庭用具，化工設備，大量的使用了鑄件。

在機械製造中，製造機器的成型另件要先製造出成型毛坯，成型毛坯製造方法有三種：

1. 用鑄造的方法
2. 用鍛造和衝壓的方法
3. 用銲接的方法

我們希望毛坯的尺寸和形狀盡量接近於另件的最後尺寸和形狀，也就是具有最少的加工裕量；但是要保證另件在機械性能方面的質量，採用最經濟的製造毛坯的方法。鑄造生產的方法可以提高鑄件質量，同時可以大大地減少甚至免除毛坯的機械加工裕量，大大的縮短了加工工時，

將三種製造另件毛坯的方法互相比較時可以指出以下幾點：

1. 鑄造可以獲得任何複雜形狀的毛坯，而這種非常接近最後尺寸的複雜形狀的毛坯，不是用鍛造、衝壓和銲接可以獲得的。

2. 鑄件加工裕量小，即意味着金屬的切屑消耗量少，如此就減少了機械加工的工時消耗。

一個中等複雜性的產品，如果其毛坯由不同方法製成，則機械加工的切屑消耗百分比如下：

鍛壓件——75%；

衝壓件——50%；

鋼鑄件——30~40%； 鐵鑄件——20%。

3. 在鑄造生產中，金屬廢料（澆口、廢品）的再度利用並不需要大量的費用和時間，重熔以後可直接鑄成新的鑄件。

在鍛造，衝壓和銲接生產中，如果將金屬廢料重製成鐵板、型鐵和鋼坯等、以便再度直接應用時，則必需通過一系列的複雜過程：平爐熔煉、加熱、軋鋼、切斷和重新加熱準備鍛造，或加以剪斷以備銲接。

4. 鑄造車間修建改建容易，設備不象鍛造衝壓（汽錘、衝压机）昂貴笨重，改建廠房製造新產品便利。而且鑄件的生產成本比其它幾種方法生產毛坯的成本都低。

5. 在比較以上幾種方法製出的毛坯質量時（強度與可靠性）必須指出，現代金屬科學的創始人，俄國學者，冶金學家切爾諾夫（Д.К.Чернов）在1886年所寫的一句話：

「沒有經過鍛造的鋼鑄件，它的强度并不低于鍛造过的，假使它們有同样組織的話……」但是在鑄件內部存在有縮孔、非金属夹杂物、粗大晶粒組織和內应力时，鑄造毛坯的强度在大多数情况下，則不及鍛造和冲压件的强度，因为經過正确的热压力加工后的金属就具有晶粒很細和坚固的金相組織，此外鍛压另件在一定的程度下能获得纖維組織，此种纖維組織在适宜的分布时也能大大地增加另件的强度。

由于对鑄造合金的性質及其結晶条件进行更进一步的科学研究，所以最近几十年中鑄件的强度不断上升，以及具有特种性能（耐磨性、抗蝕性，耐热性、无磁性）合金种类的增加，很多鍛压及冲压的重要另件已可用鑄造代替，許多內燃机空气压缩机及水泵都应用鑄造的曲軸和凸輪軸以代替鍛造軸、齒輪、齒条、卡盘……，离心鑄造的鋼管代替了各种砲筒的鍛造毛坯。

目前鑄造金属强度所达到的标准已經很高，灰口变質鑄铁的抗弯强度可达到60公斤/公厘<sup>2</sup>，抗拉强度——38公斤/公厘<sup>2</sup>。可鍛鑄铁的拉力强度可达35公斤/公厘<sup>2</sup>，延伸率达15%。硬鋼鑄件的抗拉强度为41~63公斤/公厘<sup>2</sup>，延伸率达31% 合金鋼鑄件抗拉强度达70~80公斤/公厘<sup>2</sup>，延伸率为30~45%。

用美处理的球墨鑄铁，其弯曲强度可达80~120公斤/公厘<sup>2</sup>，拉力强度达50~65公斤/公厘<sup>2</sup>，延伸率为1.5~3%。

机器中鑄件占整个机器总重量的40~80%，在现代的生产中，鑄件的种类很复杂，鑄件重量由10克~250噸，厚度由2~500公厘，其大小是由1公分到30公尺，其中最常用的是铁鑄件，占有合金鑄件的70~75%。

上述各点說明为什么鑄造生产是现代机器制造中制造成型毛坯的最广泛应用的方法。

在鑄造生产过程中，制备鑄型及准备鑄造合金要消耗各种不同的材料。图1是鑄造生产的全部过程。

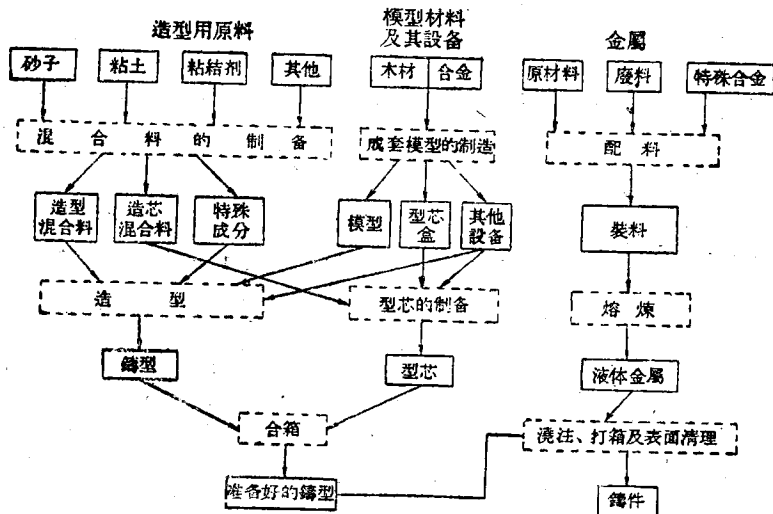




图1. 鑄造生产过程图解



图1中所有的材料，設備都用  表示，而生产的各个过程用虛綫  表示。

## 二、鑄造生產發展簡述

我国古代的冶鑄技术达到光輝的成就，文献記載和已出土的、博物館保存的鑄件，丰富的文化遺產証明在公元前两千年的时代，青銅鑄造生产就达到了很高的成就。

「禹收九牧之金，鑄九鼎，象九洲。」

「在夏代，夏禹鑄了一把銅劍长3.9市尺。」

周礼考工記：「金有六齐，六分其金而錫居一，謂之鍾鼎之齐；三分其金而錫居一，謂之斧斤之齐；四分其金而錫居一，謂之戈戟之齐；……」金即銅，齐就是合金，由于鑄件的用途不同，它們的強度和硬度就應該不同，所以采取成分也就不同。我們祖先在很早以前就具有了相当多的金属学知識。

在北京西北郊有一口明代永乐年間（距离现在500多年）所鑄造的青銅大鐘，這口鐘重42吨，高2丈1尺，直径1丈1尺，鐘的里面和外面鑄着三部佛經，所以鐘身上布滿着小字，每一个字都很清楚，鐘身上沒有一点缺陷，真是鑄造中的可貴成就。大家称這口鐘為「北京的鐘王」。（见1956年6月23日北京日报。）

在其他国家也保存着許多古代优秀的青銅鑄件。在十五及十六世紀，俄国的鑄工有很大的成績，鑄造艺术达到极高的水平。安德烈·却霍夫（1568—1632）所鑄著名的“砲王”保存在克里姆林宮中。砲王重40吨，砲彈每顆重2吨砲口直径890公厘。（图2、砲王）。

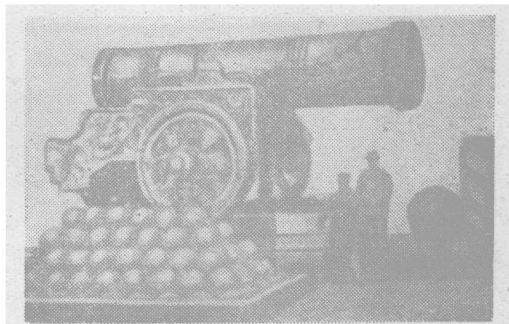


图2. 砲王

1735年鑄成的“鐘王”也是世界上罕有的青銅鑄件，重量为200吨，100个工人工作两年鑄成的，它保存在莫斯科。

鑄工叶基莫夫（Б. П. Екимов）在1816年鑄造了米宁及巴謝尔斯基的紀念碑，树立在莫斯科的紅场上，这是为了庆祝1612年战胜波兰人而建立的。（图3）

在苏联除了这两件有名的鑄件而外，还有许多优秀的世界聞名的鑄件，例如彼得大帝紀念象等等。

世界上生鉄鑄造技术发达最早的是中国。保存的生鉄鑄件是无可辯駁的証据。加拿大多伦多安大略考古学博物館里收藏了許多



图3. 米宁及巴謝尔斯基紀念碑

中国古代的生铁铸件，都是属于公元前 206 年以前的东西。（公元 947 年，距离现在 1 千多年）铸造的沧州铁狮子是最大的生铁铸件，狮子高 20 英尺，长约 80 英尺。

公元前 115 年，中国政府就垄断了全部制铁工业。当时铁的主要用途之一是制造用海水煎盐的大铁锅。

生铁在中国很早就用于军事，例如「公元 1232 年蒙古人围攻金国京城汴京时，采用了约当（Иордан）的建议，曾使用火弩炮，被围在京城里的金人也从城楼里掷出装有火药的瓶罐式铁弹（大概是生铁的），当火药燃着后，铁弹炸开外面的铁壳，威力能达一百二十英尺远，当然，这种铁弹也就是现代炮弹和手榴弹的前身。」

我国使用铸铁比西欧国家要早一千多年，历史上有着光辉的一页，但是以后发展很慢，铸造生产远远地落后于其它国家，解放后我们学习苏联先进科学技术，几年来铸造生产有了很大的发展，标志着我国工业化的迅速前进，高强度的球墨铸铁生产，各种先进的造型方法和浇注方法也很普遍的使用。农业机械零件形状复杂，铸造生产是农业机械制造中的主要工种，农业机械工程师必须吸收以前的经验和知识，提高铸工领域内科学技术水平，才能担负农业机械化的任务。

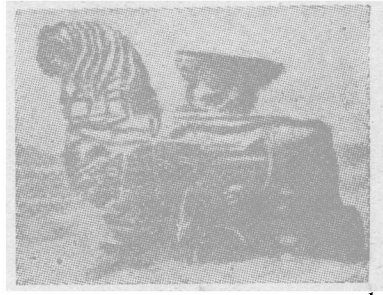


图4. 沧州铁狮子

## 第一章 造型材料

### §1. 概述

鑄件的質量在很大的程度上決定于造型材料的好壞。

古代的鑄造工作者最初使用石頭作鑄型，後來開始使用可讓性和塑性較好的材料。經過艱巨的實踐，鑄造工作者很久以前就學會了使造型混合料在一定的條件下具有不同的必須性能，所以我國及其它國家，遠在古代，就能用複雜的造型混合料鑄造許多優美的藝術品。幾千年前我國的鑄造工作者就掌握了製造高質量混合料的密訣，但是很遺憾，許多卓越的密訣都失傳了。據“天工開物”記載：「這種材料做的鑄型在澆注後不立刻毀壞，不產生粘砂現象，澆注後可以將鑄型打開，……以後仍可重新合上」。

例如俄國鑄造彼得大帝紀念象（銅騎士）時，混合料是按下列方式製備的：將鹼液、馬糞、牛毛及砂土放在一個大器皿中攪拌，停放一個時期使其全部腐爛，然後烘乾、洗滌、揉壓、再過篩幾次，最後將其與粘結劑一齊攪拌。用這種方法製出的造型材料具有很大的強度並能清楚地反映出模型的輪廓。

但是鑄件的成本與造型材料有密切的關係，往往僅僅由於車間粘土種類選擇得不恰當，鑄件的廢品就會大為增加，而鑄件的成本就隨之增加。相反地，很好地掌握造型材料的性能，不僅可以減少鑄件缺陷，並且可以提高生產率。

以上說明鑄造生產中造型材料所起的作用。

本章所講的造型材料，是指砂或砂土類和一些附加物組成的混合料而言，使用這種材料製成的鑄型僅能利用一次，當鑄件脫砂後鑄型即被損壞。

造型混合料的主要組成部分是砂、粘土及一定量的水。撇開其他的特殊附加物和雜質，其組織示意圖如下：（圖5）

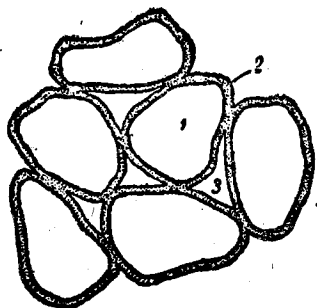


圖5.

砂粒1被潮濕粘土薄膜2所包圍，粘土在濕潤後變得很粘就成為粘結物體，而砂粒則成為造型的骨幹或基礎，顆粒間的空隙3使混合料具有透氣性。

在目前，已有使用特殊耐火材料製成耐久的或半固定式的鑄型進行鑄造，也有採用由鑄鐵或鋼製成的並使用金屬或砂做芯子的金屬鑄型（硬模）進行鑄造，但這不是在普通條件下能夠廣泛採用的，不在本章討論。



## §2. 对造型和型芯混合料性能的要求

对造型混合料的要求，必須从經濟上的合理性及应用的可能性来考虑。可归纳为以下几点：

1. 低的成本；但是絕不允許利用降低質量的方法来降低混合料的成本，因为混合料成本降低，所得到的利益絕不能补偿鑄件缺陷所造成的損失。

2. 混合料中沒有不易获得的材料（特别是食品类）；只有在浇鑄复杂鑄件一般材料不能保証鑄件的質量时允許采用比較难得的材料。

3. 混合料中不应含有对人体有害的組成物。

4. 对鑄件表面的不粘砂性是主要要求之一，因为粘砂的鑄件不易加工，或者完全不能利用。

5. 有足够的湿强度（对湿型鑄造有很大意义）。造型混合料是由砂子的顆粒及粘結剂組成，砂粒本身具有很大的强度，它是混合料的骨干。但是各个砂粒間的联系是依靠粘結剂，它基本上保証了混合料的强度。鑄型破坏是沿着各个砂粒間粘結剂处破坏。一般混合料的湿度主要由作为粘結剂的粘土来保証。但是沒有潤湿的粘土沒有粘結性，所以也不能使混合料具有强度。

同时在不含粘土的砂中加入水，可以使混合料具有某种程度的强度。只有当砂、粘土和水相互作用时混合料才具有湿强度。因此湿度和粘土的量和質对湿强度有最大的影响。

6. 在室温及高温时有足够的干强度。湿强度和干强度使得鑄型在液体金属的靜压力和动压力的作用下，能保持它的完整和正确的尺寸。

7. 可塑性——在外力作用下不破損，外力除去后能保持所給予的形状。这是混合料极重要的工艺性能，它使得模型在砂型中留下清楚的輪廓。

混合料的可塑性与下列因素有关：粘土含量及質量、湿度、砂粒的形状及大小、特殊附加物的性質等。

8. 透气性——混合料必須具有使气体通过的能力。在液体金属的高温作用下、有气体从鑄型和金属本身分析出来，如混合料的透气性不好，則气体不能通过型壁逸出，鑄件內常常发生气孔。

混合料的透气性与下列因素有关：

① 顆粒大小——是影响透气性的最重要因素之一。混合料的顆粒愈細，它的排列愈密集而透气性也愈差。顆粒的均匀度对于透气性的影响程度更大，因为顆粒大小愈不均匀，将会于有密集的顆粒排列，細粒夹杂在大粒之間，因而气体的通道被阻塞。

② 湿度——湿度增加时顆粒間的空隙就要減少，因为水占了空隙的一部分。但另一方面，当干砂粒潤湿时，它的不平粗糙的表面就被光滑的水膜所包，因而減低了对空气的摩擦力。混合料的适宜湿度为4~8%。

③ 粘土——混合料的透气性与粘土的質量及含量有密切的关系。一方面由于粘土顆粒細小使混合料顆粒不均匀，另一方面由于湿的粘土以不透气的薄膜封閉了混合料的通

气道。

**9. 耐火性及不焦結性**——是混合料在高温作用下不被熔化、軟化和燒結的能力。

耐火性很大的程度上决定于砂子的化学成分。純石英及純高岭土为极好的耐火材料，石英的熔点为 $1710^{\circ}$  而高岭土則在 $1750\sim 1780^{\circ}$  之間。在砂中 $\text{SiO}_2$ 愈多而有害杂质愈少（硫化物、铁的氧化物、硷土金属氧化物），混合料的耐火性愈高。因此鑄鋼鑄件时，常用含 $\text{SiO}_2$ 不少于96~97%的1K或2K級石英砂。含杂质較多的砂子（3K和4K）仅用于鑄鉄或有色金属鑄件。

耐火性同样与顆粒特征有关：顆粒愈大，混合料的耐火度愈高；大的圆形砂粒比多角形砂粒使混合料具有較高的耐火性，因为对于这种形状的砂粒加热較慢。

煤在造型混合料中可显著提高耐火性，这是由于煤使混合料具有高的化学惰性及导热性。

型芯是鑄型的一个部分，它所处的情况很为不利，因为当浇注时除型芯头外，大部被液体金属所包围，因此型芯应具有較高的透气性、强度和耐火性，所以要将它烘烤，而鑄型則不一定要烘烤。因此制造型芯的混合料还应具有以下主要性能：

1. 不吸湿性——放在湿型里的干型芯因吸收水分而增加了湿度，便降低了强度和透气性。混合料的吸湿性决定于粘結剂及其他附加物的性質。

2. 順从性（可讓性）——不阻碍鑄件收縮的性能称为順从性。順从性較小的混合料使鑄件的收縮困难，因而在鑄件內引起內应力和裂紋。

混合料具有順从性是由于高温时它們具有可塑性。当混合料內含有稻草屑、鋸木屑、少量的煤及某些粘結剂时其順从性就增加。

3. 型芯混合料发生气体的能力（发气性）应极低——随着湿度的增加发气性也增加。粘土含有結晶水， $(m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot q\text{H}_2\text{O})$ ，高温时也要蒸发，因而混合料的粘土含量的增加不仅导致透气性恶化，并使发气性增加，如从这个观点来考虑，最理想的就是采用含粘土最小的混合料。

增加順从性、粘結性和透气性的材料都增加混合料的发气能力。因此决定这些材料在混合料中的适宜含量时，既应考虑到它們的主要性能又应考虑到混合料的允許发气量。

4. 良好的易潰性（或脫砂性）——鑄件凝固后混合料容易坏的性能称为易潰性或脫砂性。这种性能对于薄的和粗的空腔和复杂鑄件有特別的意义。粘土在高温发生燒結，会使脫砂性恶化；有机粘結剂具有好的脫砂性，含水玻璃的混合料脫砂性不好。

### § 3. 造型用砂和粘土

砂——根据来源及其某些性質可以将型砂分为：

河砂、海砂、山砂粘土砂及石英砂。

河砂不含粘土，而含有大量长石、它的顆粒是圆形的。山砂含有粘土，它的顆粒是近圆形和多角形。粘土砂內粘土的含量在50%以下范围内变动。石英砂是含90~97%以上 $\text{SiO}_2$ 的純砂，含2%以下的粘土。

砂子的顆粒組成对透气性、强度及耐火性的影响很大，园形砂粒与同样大小的多角形砂粒有不同透气性、强度及耐火性。具有粗糙表面的砂粒造型則有較高的强度，因为粘結物在粗糙表面上比在光滑表面上易于保持住。

砂子的顆粒愈园愈大，它的透气性愈好，較粗及較园的砂粒比細的多角形砂粒具有較高的耐火度。

按照苏联国家标准（ГОСТ2138—51）根据主要部分粒度的大小，可将砂子分作8組（表1）。

表1. 砂子按顆粒粗細分类（ГОСТ 2138—51）

| 砂 的 名 称    | 組       | 砂的集中量最多的篩（主要部份） |
|------------|---------|-----------------|
| 特 粒 砂..... | 20/40   | 20— 30— 40      |
| 粗 砂.....   | 30/50   | 30 — 40— 50     |
| 大 粒 砂..... | 40/70   | 40— 50— 70      |
| 中 粒 砂..... | 50/100  | 50— 70— 100     |
| 細 砂.....   | 70/140  | 70— 100— 140    |
| 特 細 砂..... | 100/200 | 100— 140— 200   |
| 微 細 砂..... | 140/270 | 140— 200— 270   |
| 尘 砂.....   | 200/270 | 200— 270— 底盘    |

砂子的顆粒度（或組）由主要部份砂粒的大小确定，当砂子通过标准篩篩分时，在三个相邻的篩子上残留砂子总数最大者即認為是砂子的主要部份。

例如細砂属于70/140組，这就說明当篩分时这种砂的主要部份（30~70%）残留在70, 100及140号的标准篩上。

按照苏联标准（ГОСТ2138—51）根据粘土量可将型砂分为五类（表2）。

表2. 砂的类别（ГОСТ 2138—51）

| 砂 的 名 称    | 类 别 | 粘土含量（重量%） |
|------------|-----|-----------|
| 石 英 砂..... | K   | 2 以下      |
| 瘦 砂.....   | T   | 由 2 至 10  |
| 半 瘦 砂..... | П   | 由 10 至 20 |
| 肥 砂.....   | Ж   | 由 20 至 30 |
| 特 肥 砂..... | ОЖ  | 由 30 至 50 |

我国采砂场所采到的造型砂有其自己的特点，和苏联的砂子有很多区别。将这些砂子按照苏联所采用的方法来分类如下（表3）

表3. 中國造型砂特性

| 名 稱     | 產 地     | 牌 號         | 化 學 成 分          |                                |                                |               |               |
|---------|---------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------|---------------|
|         |         |             | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO           | MgO           |
| 七顆樹硅砂   | 鄭家屯(東北) | 4K70/140—98 | 92.21            | 2.08                           | 3.01                           | 0.36          | 0.54          |
| 東陵天然硅砂  | 沈陽市     | Π20/40—49   | 78.96            | 12.8                           | 0.96                           | 0.33          | 0.45          |
| 三十里鋪砂   | 旅大市     | T70/140—67  | 73.23            | 14.09                          | 3.49                           | 3.15          | 1.62          |
| 伊胡塔硅砂   | 哲里木盟    | 4K70/40—95  | 93.75            | 2.87                           | 1.12                           | 1.14          | 0.20          |
| 甘旗卡砂    | 哲里木盟    | 4K70/140—89 | 89.93            | 5.22                           | 0.86                           | 0.43          | 0.25          |
| 唐山紅砂    | 唐山市     | Π59/100—61  | 84.22            | 9.05                           | 1.11                           | 0.32          | 0.57          |
| 北戴河細砂   | 北戴河     | 70/40—58    | 80.66            | 11.06                          | 1.04                           | 1.18          | 0.22          |
| 豆羅砂     | 忻縣(山西)  | 20/40—54    | 71.28            | 12.98                          | 2.30                           | 2.84          | 0.89          |
| 汾河砂     | 太 原     | 70/40—59    | 70.47            | 12.11                          | 4.07                           | 4.94          | 0.15          |
| 王村砂     | 榆次(山西)  | T100/50—83  | 72.7             | 11.76                          | 4.89                           | 4.00          |               |
| 海西砂     | 青 島     | 100/50—80   | 82.62            | 9.66                           | 1.24                           | 0.77          | 0.50          |
| 龍口海砂    | 龍口(山東)  | 12/30—83    | 83.52            | 6.14                           | 0.73                           | 0.37          | 0.36          |
| 六合紅砂    | 六合(江蘇)  | T100/200—65 | 69—77            | 11—12                          | 1.64<br>1.76                   | 2—5           | 1             |
| 寧波砂     | 寧 波     |             | 85.88            | 6.80                           | 1.30                           | 0.63          | 0.46          |
| 閩候砂     | 閩 候     | 4K70/140—95 | 85.83<br>—92.5   | 4.4<br>—8.3                    | 0.57<br>—1.71                  | 0.36<br>—1.08 | 0.29<br>—0.75 |
| 海澄砂     | 海澄(福建)  | 3K70/40—74  | 94.04            | 3.44                           | 0.7                            | 0.77          | 0.50          |
| 大咀砂     | 黃坨(湖北)  | 30/50—61    | 62.35            | 2.73                           | 1.35                           | 0.22          | 0.04          |
| 涂家村砂    | 長沙(湖南)  | ※40/70—58   | 85.80            | 7.04                           | 2.75                           | 0.22          | 0.05          |
| 白陽溝石英岩砂 | 重 慶     | 3K40/70—80  | 94.36            | 2.49                           | 2.37                           | 繳量            | <1.88         |
| 大路城河砂   | 許昌(河南)  | K50/100—84  | 83.6             | 5.07                           | 1.21                           | 3.11          | 0.51          |

| 灼<br>減<br>% | 熔<br>点 | 含<br>泥<br>量 | 粒<br>状 | 合 成 砂 試 驗 結 果 |    |    |         |       |        |       |
|-------------|--------|-------------|--------|---------------|----|----|---------|-------|--------|-------|
|             |        |             |        | 成 分           |    |    | 抗 压 强 度 |       | 湿 态    | 干 态   |
|             |        |             |        | 天然砂           | 粘土 | 水分 | 湿态      | 干态    | 透 气 性  | 透 气 性 |
| 0.20        | 1790   | 0.5         | 园 形    | 88            | 8  | 4  | 0.24    | 0.52  | 420    |       |
| 1.60        | 1470   | 12          | 菱 形    | 94            | 0  | 6  | 0.45    | 4.03  | 650    |       |
| 1.37        | 1290   | 6.8         | 菱 形    | 92            | 0  | 8  | 0.25    | 5.53  | 78     |       |
| 0.22        | 1750   | 0.5         | 园 形    | 88            | 8  | 4  | 0.25    | 2.87  | 510    |       |
| 0.22        | 1790   | 0.5         | 半菱形    | 88            | 8  | 4  | 0.25    | 3.78  | 160    |       |
| 1.27        | 1520   | 13.67       | 菱 形    | 94            | 0  | 6  | 0.78    | 5.70  | 150    | 300   |
| 0.57        |        | 0.29        | 菱 形    | 86            | 8  | 6  | 0.143   | 4.40  | >500   | >7500 |
| 2.04        |        | 1.077       |        | 86            | 8  | 6  | 0.24    | 9.66  | 370    | 480   |
| 4.46        |        | 3.007       |        | 86            | 8  | 6  | 0.36    | 8.80  | 110    | 313   |
| 3.72        |        | 2.8         |        |               |    |    |         |       |        |       |
| 1.12        |        | 10-20       |        |               |    |    |         |       |        |       |
| 0.58        | 1690   | 0.11        | 菱 形    | 84            | 10 | 6  | 0.14    | 7.90  | >500   | >7500 |
| 3.2         | 1 80—  |             |        |               |    |    |         |       |        |       |
| 5.2         | 1390   | 5-7         | 复成形    | 94            | 0  | 6  | 0.39    | 2.18  | 20     |       |
| 0.67        |        | 1-2         |        |               |    |    | 0-0.5   |       | 93-175 |       |
| 0.46        | 1440—  |             |        |               |    |    |         |       |        |       |
| 1.44        | 1565   | 0.3         | 半菱形    | 89            | 6  | 5  | 0.118   | 1.32  | 638    |       |
| 0.49        | 1690   | 2.08        | 半菱形    | 89            | 6  | 5  | 0.13    | 2.741 | 349    |       |
| 0.97        | 1710   | 3.07        |        | 100           | 7  | 6  | 0.3     | 2.69  | 238    | 895   |
| 3.19        | 1765   | 23.10       | 菱 形    | 100           | 0  | 6  | 1.07    | 1.67  | 45     | 69    |
| 3.22        |        | 1.40        | 菱 形    | 100           | 7  | 6  | 0.11    | 2.88  | 102    | 167   |

**粘土**——所有条件直径小于0.023公厘的質点都属于砂——粘土造型材料中的粘土部分。已經說过，砂子內粘土含量可达50%，如粘土含量超过50%的砂則属于粘土类。

粘土最大的特性是可塑性及粘結性，这种特性只有当粘土潤湿后才能表现出来。粘土在干燥情况下是脆的，强度很小，很易压成粉末。

粘土的質点很小（0.022公厘以下）它的形状不是顆粒而是鱗片状。用水潤湿粘土时，在粘土的小質点上即出现薄的水膜，这种薄膜具有大的表面张力和粘度。这种现象就促使造型材料間产生較大的結合力。当烘干混合料后，粘土薄膜就变硬而且强度很大。这样烘干的混合料各个砂粒間的連結力比湿的混合料还要大。

粘土的質点愈細粘結性愈高。

#### §4. 粘結剂

粘土是应用最广的一种粘結剂，它的优点是：成本低、容易得到，发气能力低和提高混合料的干强度和湿强度等。但它的缺点是：降低透气性、使混合料順从性变小，常常降低混合料的耐火性并不能保証得到更高强度的混合料。古代用的有机粘結剂內包括面粉及其他食用品，不久以前用得最广泛的粘結剂是植物油（亚麻油、棉子油）、淀粉、糖浆及其他不易获得的材料。

粮食是宝中之宝，最好不用食品做粘結剂現在已經有很多种人造粘結剂代替了食品粘結剂。

粘結剂不仅影响混合料的强度及其他性質，并在建立新的鑄造工艺过程方面起着重要的作用，例如随着水玻璃作为粘結剂的出现，在苏联即創立了快速干燥型的鑄造方法；应用人造树脂，使我們可能使用壳型鑄造。这都說明詳細研究粘結剂的重要性。

苏联学者П.П.別尔哥根据粘結剂来源不同，分类如下：（表4）

表4. 典型的粘結剂，按其来源分类，

| 組別 | 粘結剂的共同的来源 | 粘結剂的真正来源              | 典型代表  |             |
|----|-----------|-----------------------|---|-------------|
| 1. | 动物性的      | 骨头，血，牛奶               | 骨骼，蛋白質，干乳酪  |             |
|    |           | 脂肪                    | 动物性脂肪及植物油类  |             |
| 2. | 植物性的      | 种子                    | 油类  |             |
|    |           |                       | 淀粉糖浆的产物   | 面粉加入物，糊精    |
|    |           | 木材类                   | 原木  | 树脂，亚硫酸，酒精废液 |
| 3. | 矿物質       | 有机的来源：<br>石油，油頁岩，煤，泥煤 | 瀝青（битумины）<br>瀝青（пекн）<br>焦油<br>列馬托尔（рамагол）<br>氧化石油 |             |
|    |           | 无机的                   | 高岭土，膨潤土，石膏，水泥，水玻璃                                       |             |
| 4. | 人造分子      | 由有机化合物配合成             | 人造树脂  |             |
|    |           | 由无机化合物及有机化合物配合成       | 硅—有机化合物   |             |



## §5. 在混合料中的特种附加物

大家都知道，造型材料的热稳定性低就容易在鑄件表面形成粘砂，即形成焦层。先了解一下焦层（粘砂）的情况。

在鑄件表面上的造型材料焦层可分为热力的、化学的和机械的。

**机械焦层**——由于金属渗入到混合料的顆粒空隙之間，在鑄件表面形成了一层包有金属的砂层。金属流动性較好，粗砂易为金属湿润，都会发生机械焦层，此种焦层与造型材料的耐火性无关。

**热力焦层**——是由于造型材料本身在金属的高温作用下熔化或烧結所产生，由于鑄件与热力焦层的膨胀系数不同，大部分的热力焦层很容易与鑄件分离。

**化学焦层**——由于液体金属表面的氧化物与砂粒接触造成易熔化合物的結果，这种焦层是由于金属对砂型的湿润而形成的，金属和它的氧化物愈易穿到顆粒中間，湿润程度愈强，則焦层愈易形成。此种焦层与鑄件最难分开。

有时当条件不利时，甚至造型材料具有足够的热稳定性，也会在鑄件的表面形成焦层（粘砂）。为了防止鑄件焦层的形成，鑄型应复以特种成分的涂料或敷料。此外，在造型混合料中还常常加入防止粘砂的附加物，如焦炭、煤、重油等。下面介紹一些用来减少鑄件焦层的原材料。

**1. 石墨** 最常用的防止焦层材料是石墨粉，它是化学性不活泼和高耐火的物質，因此許多防止焦层組成物內（涂料和敷料）都含有石墨。石墨可以无定形（非晶形）和結晶形两种，結晶形石墨（有銀灰色发亮的顏色）用于制备敷料。非晶形石墨（黑色的）用以制备液体的鑄型涂料。石墨只作为鉄鑄件的防止焦层材料；因为石墨有被鋼水溶解的可能，故不用于鋼鑄造中。

**2. 重油** 生产鑄鉄件时，也用重油作防焦层材料。将重油加到造型混合料中或噴洒在湿鑄型的工作表面上；除重油外，还有旧矿物油。

**3. 焦炭** 焦炭也是防焦层材料。它的作用（和重油一样）是在鑄型和液体金属接触的地方形成还原性的介質，木炭也有类似的作用，它常应用于涂料中。

煤可以代替焦炭，把煤粉加在砂里（和模型接触的那一部分砂），在填充砂里（离模型較远，和砂箱靠近的那部分砂）則无加入的必要（表5）。

表5. 造型混合料（面砂）中的煤粉加入量

| 鑄件厚度（公厘）      | 3~5以下 | 5~10 | 10~15 | 15~20 | 50以上 |
|---------------|-------|------|-------|-------|------|
| 在混合料中煤粉的重量百分比 | 0     | 3    | 3~4   | 4~5   | 6~8  |

**4. 石英粉** 石英粉是天然存在的或人工制造的。它可以用作鋼鉄，有色金属鑄造的鑄型涂料或敷料。石英粉的质量决定于 $SiO_2$ 含量，常常使用压碎并通过200~200号篩的石英粉。

为了使鑄型和型芯有較大的順从性（可讓性）和透气性，在造型和造芯混合料中加

入特殊材料。因为这些附加物在烘干时或者被烧掉而在鑄型和型芯中形成空隙，或者由于它們在外力作用下容易减小体积。这种材料很多，例如稻草、鋸木屑、亚麻皮等。

图6表示在型芯中放置特殊的草繩或垫子，以使增加順从性。在收縮力4作用下草繩2的体积会减小，而整个芯子也跟着縮小，这样型芯就不会阻碍鑄件的收縮，也不会使鑄件发生裂紋。

模型和型芯盒多次使用后，如发生粘砂现象，可用煤油噴在模型和型芯盒的表面，或者用在煤油中浸过的抹布擦抹模型或型芯盒。

石松子粉（或松花粉）是很好的模型粉。不易被水湿润，它的不吸湿性防止了混合料粘附在模型或芯盒上。但是石松子粉价值貴而缺少。

### §6. 造型混合料的处理程序

现代化鑄工車間中造型混合料处理程序如下（图7）：

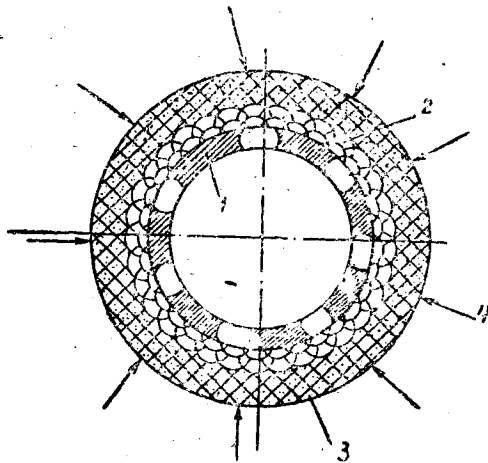


图6. 具有順从性的型芯断面图

1. 金属骨干，管子
2. 稻草垫和繩
3. 造型混合料
4. 鑄件收縮力作用的方向

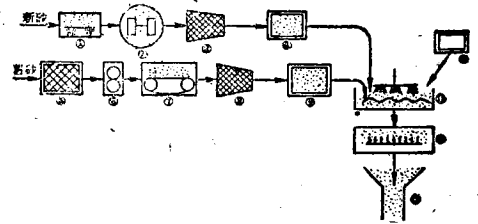


图7. 型芯处理程序

1. 烘干
2. 碾砂机
3. 篩子
4. 儲砂斗
5. 旧砂粗篩去杂
6. 碾細
7. 电磁分鉄机
8. 篩子
9. 儲砂斗
10. 附加物的加料斗
11. 加水碾磨机
12. 松砂机
13. 儲砂斗和帶式輸砂机把拌好的砂运往工作地点

新砂所含水分不一，鑄型之混合料要控制其湿度，因此配制混合料时先把新砂經過烘干机①烘乾；然后进入碾砂机②中碾碎；再經過机动篩③篩去杂质，选出合用的砂粒，送到儲砂斗④中。旧砂經過粗篩⑤除去杂物及鉄块后送到碾砂机⑥中碾細，并使之通过电磁分鉄机⑦将砂中細小的鉄屑等除掉，然后送入机动篩③中选出合用的砂粒送到儲料斗⑧中备用。⑩是加料斗，里面盛的是火泥、煤粉或其他粘結剂等，把④、⑧、⑩中的新旧砂和附加物按照规定比例送到加水碾磨机⑪內，按照需要加入适当份量的水碾細拌和。再經過帶式輸砂机送到松砂机⑫中把团結成块的砂打散抛松，在松砂机之后就卸接着儲砂斗⑬和履帶輸砂机；将拌好的造型混合料送到工作地点。

在近代化鑄工車間中上述程序是連成一体的机械化装置，总称为混砂机。只需要一两个人操縱。

在小型鑄工車間只好用人工处理造型混合料。

表6. 造型混合物的工艺条件

| 鑄件的性質  | 鑄件重量<br>公<br>斤<br>(不大于) | 混<br>合<br>物<br>的<br>顆<br>粒<br>基<br>體 | 混<br>合<br>物<br>中<br>粘<br>土<br>含<br>量,<br>% | 濕<br>態<br>透<br>氣<br>性<br>公<br>分 <sup>3</sup> /分<br>鐘 | 強 度 極 限<br>公 斤 / 公 分 <sup>2</sup> |                            | 水 分<br>% |
|--------|-------------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------------------------|----------------------------|----------|
|        |                         |                                      |  |  | 濕<br>態<br>抗<br>壓<br>強<br>度        | 乾<br>態<br>抗<br>拉<br>強<br>度 |          |
| 濕<br>型 | 20                      | 70/140; 100/200                      | 8-10                                       | 鑄<br>鐵<br>25-50                                      | 鑄<br>造<br>0.3-0.5                 | —                          | 4.5-5.5  |
|        | 200                     | 70/140; 50/100                       | 8-10                                       | 鑄<br>鐵<br>40-70                                      | 鑄<br>造<br>0.3-0.5                 | —                          | 4.5-5.5  |
|        | 2000                    | 30/50; 70/40; 50/100                 | 8-12                                       | 鑄<br>鐵<br>60-100                                     | 鑄<br>造<br>0.5-0.65                | —                          | 4.5-5.5  |
| 乾<br>型 | 10000                   | 30/50; 70/40                         | 15-20                                      | 鑄<br>鐵<br>60-100                                     | 鑄<br>造<br>0.75以下                  | 1.0                        | 7.0-8.0* |
| 濕<br>型 | 500                     | 70/40; 50/100                        | 10-12                                      | 鑄<br>鋼<br>80-120                                     | 鑄<br>造<br>0.3-0.5                 | —                          | 4.5      |
| 乾<br>型 | 5000                    | 70/40; 50/100                        | 12-15                                      | 鑄<br>鋼<br>60-100                                     | 鑄<br>造<br>0.6 以下                  | 1.5                        | 5-7*     |
| 濕<br>型 | 任何重量                    | 70/140; 100/200                      | 8-12                                       | 青<br>銅<br>和<br>黃<br>銅<br>鑄<br>造<br>25-50             | 鑄<br>造<br>0.3-0.5                 | —                          | 4.5-5.5  |
| 乾<br>型 |                         | 70/140                               | 10-15                                      | 青<br>銅<br>和<br>黃<br>銅<br>鑄<br>造<br>25-50             | 鑄<br>造<br>0.4-0.6                 | 0.8-1.2                    | 5.5-6.5* |
| 濕<br>型 | 任何重量                    | 100/200                              | 8-10                                       | 鋁<br>鑄<br>造<br>25-50                                 | 鑄<br>造<br>0.3-0.5                 | —                          | 4-5      |
| 乾<br>型 |                         | 100/200                              | 8-12                                       | 鋁<br>鑄<br>造<br>25-50                                 | 鑄<br>造<br>0.3-0.5                 | 0.8-1.2                    | 5-6*     |

\*乾燥前的水分。