

鑄工工藝學

容剛 容崗 編著

科技衛生出版社



鑄工工藝學

容剛 容崗編著

科技衛生出版社

內 容 提 要

本書首先敘述祖國自青銅時代到現在的3500年間鑄造簡史,次分章詳盡地敘述了造型材料、翻砂設備及工具、各種手工和機器造型、澆注系統、砂心製造,最後為砂型和砂心的干燥等篇。

本書適合鑄造工人,鑄造技術人員參考之用,亦可供鑄造專業的学生在學習及生產實習時的閱讀用書。

鑄 工 工 藝 學
編 著 者 容 剛 容 崗

科技衛生出版社出版

(上海南京西路2004號)/

上海市書刊出版業營業許可證出093號

上海市印刷四廠印刷 新華書店上海發行所總經售

統一書號:15 · 554

(原科技版印36,300冊)

開本787×1092 耗1/27·印張10 26/27·字數225,000

1958年11月新1版

1958年11月第1次印刷·印數1—20,000

定價:(10) 1.50元

序

机器制造工业是重工业的心臟，而鑄造工业又是机器制造工业的基础。我国的鑄造生产虽然有着悠久的历史，但是由于在封建制度的長期束縛下，却始終处于落后的手工生产状态。鑄件毛坯的生产無論是在产量上和質量上都远不能满足机械加工部門的需要，使鑄造工业成为目前机器制造工业中最薄弱的环节之一。

鑄造生产是一門比較复杂的綜合性的生产过程，它須經過制模、造型、熔化金属、澆注金属熔液、拆箱清砂及鑄件清理等生产程序，才能得到鑄件毛坯。这就須用到金属工学、机械工学、冶金学等各种專門知識来解决生产中的一系列問題。甚至还須运用电磁学和近代物理学上的最新成就——放射性同位素来解决生产及鑄件質量檢查上的一些問題。

党号召我們向科学大进军，要在12年內赶上世界科学的先进水平。我們鑄造工作者要努力改变鑄造生产中的落后状态，使鑄造生产能够迎头赶上世界科学的先进水平，以便生产出成千上万吨品質优良的合格鑄件来满足国民經济和各工业部門的需要，就必须加强鑄造生产的科学研究工作；貫徹鑄造生产中的各种工艺規程；提高鑄造职工的生产技术知識；大力推广鑄造生产中的先进經驗；采用各种新的鑄造方法；改善鑄造生产的劳动条件以及采用各种机械化、自动化設備来代替生产量小的、落后的手工生产。

本書用淺显的文字將我国鑄造生产的历史及現代鑄造生产的工艺过程逐一加以叙述。可适合鑄造职工在提高生产技术知識和实际工作中学习参考之用；也是学习鑄造专业的学生在学习上及生产实习上的参考書。

目 录

序	
緒 論	1
1. 我国鑄造生产的历史	1
2. 鑄造生产的意义及其发展	6
第一章 造型材料	9
1. 造型材料的一般概念	9
2. 造型材料各种主要性能的試驗方法	11
3. 造型材料的种类	33
4. 造型材料的配制	52
5. 造型材料工艺守則	69
第二章 翻砂設备和工具	75
1. 砂箱和型板	75
2. 制型工具	83
3. 修型工具	89
第三章 手工造型	97
1. 地面造型	97
2. 砂箱造型	102
3. 刮板造型	117
4. 車板造型	118
5. 骨架模型及样板造型	122
6. 砂心造型	127
7. 粘土造型	129
8. 砂箱压重和紧固的計算	136
第四章 机器造型	143

1. 壓縮緊實	145
2. 震動緊實	151
3. 震壓緊實	155
4. 拋砂緊實	157
5. 起出模型的方法	159
6. 造型機的驅動方法	164
第五章 造型機	166
1. 手動式造型機	166
2. 壓實式造型機	169
3. 震實式造型機	173
4. 震壓式造型機	175
5. 拋砂机	183
6. 造型過程的自動化	186
7. 造型工部的運輸設備	187
第六章 澆注系統	191
1. 澆注系統的結構	192
2. 澆注系統的类型	207
3. 澆注系統的計算	221
第七章 砂心制造	236
1. 砂心的結構	236
2. 砂心的安裝	239
3. 造砂心	246
4. 砂心的檢驗和裝配	255
5. 濕砂心的应用	260
6. 造砂心机	262
第八章 砂型和砂心的干燥	275
1. 砂型和砂心的干燥和檢驗	275
2. 干燥炉	278
参考文献	288

緒 論

1. 我国鑄造生產的历史

我們勤勞勇敢的祖先，远在 3500 多年前，就已經能运用成熟的冶銅技术来熔鑄出各种精美实用的銅器。从許多出土的文物及各历史学家的考証，都足以說明殷商已为青銅文化末期。中国通史簡編引証了考古学者的話：“殷墟銅器以矢鏃为最多，金属原料只有到了最便宜的时候，才能用作箭鏃。实际上在青銅时代用作箭鏃的仍是骨与燧石，这就是說用銅的时代并不一定用銅作矢鏃。矢鏃是一次就消耗了的，不是銅的价值低廉，社会經濟決不允許这种質料如此消耗。且矢鏃的形制也完全一致，銅范技术确已臻至純熟境界，鑄銅业正在全盛时代，沒有長期的培养決不会达到此境界的。”認為殷商以前仰韶以后黃河流域一定尚有一种青銅文化，等于欧洲青銅文化的中、早二期及中国傳統历史的夏及商的前期。

在河南安阳出土的殷朝祭器司母戊鼎(图 1) 重达 700 公斤，长度和高度都超过 1 公尺，四围飾以精美的蟠龙紋及饕餮紋。其他如大盂鼎、大克鼎、虢季子白盤等都有极高的艺术价

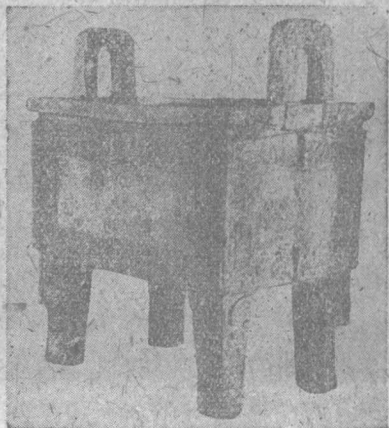


图 1 司母戊鼎

值。这些出土銅器的种类繁多,形制十分宏伟,上面都雕镂着富丽而细致的花纹。在当时的技术条件下,翻砂是要经过制坯(范母)、翻范(翻模子)和鑄造三个过程的。制坯是用泥土按照准备鑄造的器物制造一个实心的泥坯,并刻上各种凹凸的花纹,凸起的花纹是另外用泥土制成后装上去的,这一过程称为范母。泥坯作妥后再用泥土包敷,翻成鑄型。并趁鑄型未干的时候即按器物翻鑄上的便利切成若干块,取出泥坯后把鑄型拼凑起来便成为整范,这一过程称为翻范。翻好范后的泥坯可按器物的壁厚刨去一层作为内胎(砂心),放入鑄型内形成鑄件的中空部分。当鑄造时,在鑄型的外面厚厚的包上一层泥土来加固,并在这个牢固的鑄型泥体上开两个口。一个即可作为澆口;另一个即可作为出气孔,如图2所示。

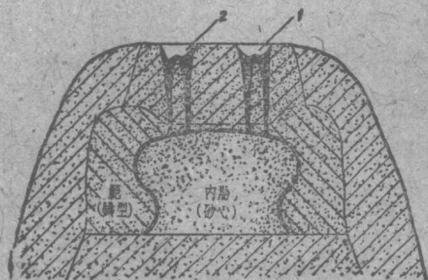


图2 商代的鑄型
1-澆口 2-出气孔



图3 古代出型后的銅器鑄件

銅液便从澆口傾倒进内胎与鑄型間的空隙,等銅液凝固后把鑄型打毀,取出鑄成的器物,如图3所示。再經加工修治就成为精美的銅器。

那时候熔銅是用坩堝熔化的。每个坩堝只能熔化5~15公斤,要澆注重达700公斤的巨大鑄件就必须同时熔化数十至一百个坩堝才行。沒有長期的劳动經驗及規模較大的手工場,是不可能熔鑄出如此巨大的鑄件的。真正开始冶銅的年代尚有待于历史学家

和考古学家的考証。

以后由于冶铜技术的不断提高，火力也逐渐达到了熔铁的要求。到了距今約 2700 年前的周代，劳动人民就已經发明了冶铁术。

图 4 是天工开物一書中介紹古代溶化鉄水和澆注及修整鑄件时的情况。鉄在东周时被称为惡金，已被开始用来制造农具。过了三、四百年后到了战国时期，鉄的用途更大大地推广了。非但是农具，其他如斧、鋸、鋤、凿等木工工具和針、錐、刀等女工工具也都是用鉄来制造。因此大大促进了战国时期經濟的繁荣。如在热河省兴隆县古代冶铜遗址附近发掘的有字鉄范——鉄鋤、鉄鎌、鉄犁等都足以說明当时我国鑄冶技术不仅已达到相当高的水平，而且鉄制工具还应用于边远地区。有些地方更发明了煉鋼术及懂得用水来淬硬刀劍，当时吳、越、韓、楚等国都以盛产刀劍出名，相傳当时的欧冶子、干將、莫邪所鑄之劍更負盛名。位于長江下游的吳国已經

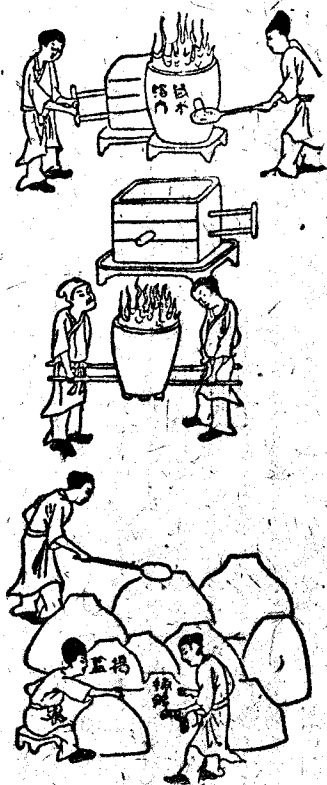


图 4 古代的溶化和澆注工作

使用大型冶鉄风箱来煉鉄。在今河南西平县的冶炉城棠谿村都是韓國著名的鑄劍处。据說西平的龙淵水淬出的刀劍更特別堅利，被称为龙淵之劍。此外如楚国宛地出的鋼鉄和赵国邯鄲的冶鉄业在当时都是極負盛名的。

由于鑄冶技术不断提高的結果，更发明了焊接术。从北京历史博物館展出的輝县发掘展覽中的琉璃閣战国墓葬銅器来看，銅

器的胎都很薄，本体和耳、足等附件都是分开鑄成后再焊接成整体的。

到了汉朝，冶鉄技术又有了很大的进步。在距今約 1900 年前的东汉时代，冶鉄工人就已經懂得利用他們在長期劳动中积累起来的工作經驗和丰富的創造力发明了用水力推动的冶鉄风箱——水排（如图 5 所示）。它是由水力迴轉一輪后，由曲柄連杆机构將

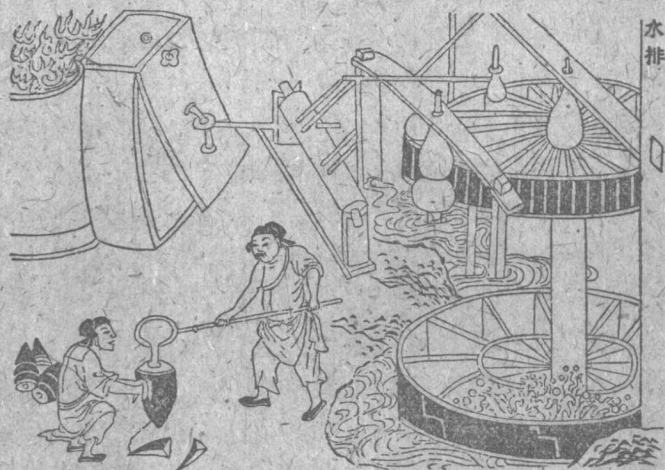


图 5 水排

此迴轉运动改变为直綫的往复运动来拉动水排的。水排的发明是我国劳动人民善于把自然力应用到工业生产上去的具体表现。由于利用水力来代替笨重的人力鼓风，使鉄的产量大大地增加，鉄的成本也显著地得到降低，鉄器工具的使用范围也因此更加扩大了。当时冶鉄作坊的規模，大的拥有鼓风炉 80 座，每座以 13 个工人計就需工人一千多人。

唐朝的鑄冶工业也得到很大的发展，在 1220 年前的玄宗时，每年單是用来鑄錢的銅就达 1000 吨以上，鉄的产量当然还要大大超过銅的产量。

北宋年間，官營的冶金作坊規模已經十分巨大，有些作坊的屋舍多到几百間，工人多到几千人，鑄錢的数量也超出唐朝好几倍。

到了明朝，鐵的產量較元朝又提高了一倍以上。明太祖時單是官辦的十三个冶鐵廠每年上繳給政府的鉄就達到 3000 多吨。明太祖末年更獎勵民間開采鉄礦用來製造大量農具和鉄鍋，鉄的產量就更增加了。

冶鐵技術也有了顯著的提高，當時一般的冶鐵爐日產量已達 6 吨以上。鼓風的大風箱要用五、六个人才能拉得動；在有水源的地方多利用水力鼓風。此外在冶銅技術上更是既精且廣達到十分普遍的地步，宣德年民間仿造的官鑄宣德銅爐，鑄造的精致和官鑄的難分真偽，就可見當時鑄造技術的普遍性了。

但是由於我國經歷了從西周到鴉片戰爭止，3000 年漫長的封建社會，大大阻礙了生產力的發展。近百年來由於晚清的閉關自守和國民黨反動派的媚外政策摧殘下，使我國工業生產更是一蹶不振，工廠多半停業倒閉。使我國的生產水平遠落於世界各國之後，翻砂工業更是始終處於手工生產的落後狀態。

只有在解放後的新中國，生產關係起了根本的改變後，鑄造工業才能隨著機器製造工業一齊得到迅速的發展，徹底推翻了過去的落後狀態。黨和政府正以足夠的力量來發展機械工業，人民日報在題為“充分發揮機械工業在經濟建設中的重要作用”的社論中，曾明確指出：“只有新建若干對機械工業有重大意義的近代化大企業，改建和擴建若干現有企業，並結合現有企業的生產改革工作才有可能徹底改變我國機械工業的面貌。”為此在我國發展國民經濟的第一個五年計劃期間，陸續新建了年產 30000 台運輸汽車的第一汽車製造廠和比第一汽車廠大一倍的第二汽車製造廠、拖拉機製造廠、飛機製造廠、重型機器製造廠、紡織機械製造廠、電機製造廠和精密量具製造廠等現代化大企業；改建和擴建了若干機床製造廠、重型機器廠等。這些新建、改建和擴建企業的完成將徹

底改变我国机械工业的面貌。使我国鑄造工业由落后的手工生产跃进为高度机械化的并以科学为基础的鑄造生产。

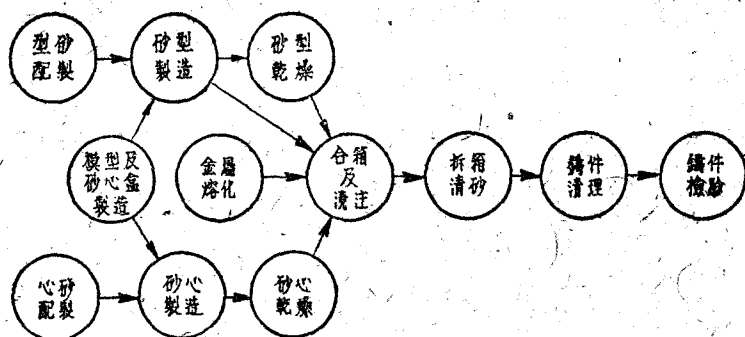
2. 鑄造生产的意义及其发展

鑄造工业非但是机器制造工业的基础，甚至在整个国民经济和各工业部門中的意义也是十分重大的。无论各种大小类型的机器、仪器、計器都有占重量 50% 以上的鑄件。在工作母机和重型机械的部件中甚至有占重量的 85~90% 是鑄件。其他如在公用設施和人民日常生活中，或在美术工艺和建筑方面，也都广泛地采用着各种各样的鑄件。因为直到目前为止，还没有其他金属加工方法（如鍛造、錫焊、輾压等）能比鑄造更簡單、容易和迅速地制造出大批質量优良的零件来。用鑄造方法能生产出其他方法所不能生产的，即使是形状最复杂的鑄件。同时由于鑄造技术不断提高的结果，使得鑄件的机械性能和使用性能，完全适合现代机器制造工业对机器中最主要的部件和零件的要求。

用鑄造方法生产的毛坯与机器零件的形状是十分接近的。这样就使加工裕量可以减少到最小，因而降低了机械加工的台时和工时的消耗，这是有很大经济意义的。此外，如在用压力鑄造和精密鑄造时，鑄件的精密度非常高，不经机械加工就能应用。鑄造生产中金属廢料只要经过重熔，就能直接浇成新的鑄件。从而节约了大量金属，更是其他金属加工方法所不能达到的。同时鑄造車間的建造，不像鍛压生产那样，需要昂贵的设备。而可用較少的投資并在較短的时间內就能建成。这对我国国民经济的迅速发展是有很大的意义的。

今天我們所采用的鑄造生产方法，基本上还是和我們祖先时代的一样，把熔化的金属浇注到砂型里去。其生产过程如下：

但是我們累积了先人的經驗，利用科学知識大大地改进了鑄造生产。部分操作过程采用了机械化，显著地提高了劳动生产力，



并控制了鑄件的質量。

目前我国用鑄造方法生产的零件；其壁厚有 2~150 公厘；重量有 10 克至 40 吨。此外在鑄件質量上也获得了显著的提高：如球墨鑄鉄自 1951 年中国科学院試制成功以后，全国各地区的工厂都先后轉入正式生产。使我們能获得抗拉强度达 50~70 公斤/平方公厘，延伸率 2~12% 的高强度鑄鉄。这种鑄鉄可用以代替部分鋼鑄件，它的应用范围已从一般机件扩展到許多重要机件：如齿輪、机身、閘門、軋輥、引擎曲軸等；又如以前只能依賴进口的巨大而复杂的耐磨、耐热、抗蝕性高級合金鋼鑄件也正被源源不断地供应到生产中去。

由于各新建企业的先后投入生产，和旧有企业的改建完成，使很多鑄造上的新方法如金属型鑄造、离心鑄造、压力鑄造和精密鑄造等都能得到广泛的应用。

在檢查鑄件質量上，由于采用了一系列新的方法如电磁探伤、超声波探伤、X 光探伤、 γ -射线和放射性同位素的应用等，使鑄件完全有可能在最重要和最恶劣的条件下工作。

在执行发展国民經济的五年計划期間，共需建立起下述各項企业：鋼鉄冶金联合企业、国防工业、飞机制造工业、汽車拖拉机制造工业、船舶制造工业、机車制造工业、重型机器制造工业、化学工业、采煤工业、石油工业、大型水力和火力发电站以及規模宏大的

水利工程等，这些企业都需要机器制造业提供大量各种各样的設備，如冶金設備、軋鋼設備、鍛壓設備、机床設備、化工設備、交通運輸設備、采矿設備、煉油設備、水力和蒸汽透平发电机及水閘等構造复杂的巨型裝備。因此提高鑄件的产量和質量，以适应机器制造业的迅速发展，和滿足鑄件在机器总重量中比重日益增加这一要求是十分迫切的。

我們必須努力提高鑄造生产知識。及时地尽量运用科学上和技术上的新成就；采用机械化和自动化生产；組織流水作业；改善劳动組織；展开劳动竞赛等，以不断地提高鑄工車間的劳动生产率，才能滿足五年計劃对鑄冶工业的要求。

采用新的制造工艺以保證模型、砂心盒、砂箱、工具、砂型、心型和鑄型裝配的高度精确性。严格执行熔煉和材料准备的工艺規程；改进熔煉裝備，以及在有色合金和鉄鑄件上广泛采用金属型鑄造；在上下水管道、各种筒形和輪形鑄件上广泛采用离心鑄造；在大量生产的有色金属合金薄壁鑄件上广泛采用压力鑄造；在形狀复杂的精密零件上：如飞机零件、軍械零件、精密机械零件和各种仪器、計器上广泛采用精密鑄造。以及改善鑄鉄、鑄鋼和有色金属合金的热处理工艺等，都是提高鑄工車間鑄件質量的有效措施。

同时还必須注意改善鑄工車間的劳动条件。尤其是对工人身体健康特别有害的熔煉工部、澆注工部、鑄件清理工部和旧砂再生处理工部，最好采用机械化和自动化生产，不使車間內产生大量有害气体、尘土和輻射热，以免危害工人身体健康。增設安全防护裝置，并教育工人严格遵守安全技术規程制度。

加强生产單位、設計机构、科学研究机构及高等学校之間的密切联系，使理論与实际相結合，巩固生产与科学的协作，使我国早日达到繁荣富强的社会主义。

第一章 造型材料

造型材料是制造鑄型和型心用的。鑄型根据制造材料及使用情况的不同,可分为:砂型(一次鑄型)、耐火材料鑄型(半永久鑄型)、金属鑄型(永久鑄型)。本章只討論最普通和应用最广的砂型造型材料——型砂、心砂和涂料。

1. 造型材料的一般概念

砂型用造型材料的成分和性能,对鑄件質量的影响很大,它应具备的主要性能如下:

1. 可塑性: 在外力的作用下,能改变其本身形状,在去除外力后仍能保持所給与的形状,这种性能便称为可塑性。由于型砂具有足够的可塑性,才能使模型能在砂型中得出清楚的輪廓。型砂和心砂的可塑性是由其湿度、粘土含量或粘結剂含量和顆粒形状所决定的。

2. 强度: 强度是砂型在搬运及鉄水靜压力和动压力作用下能保持完整和正确尺寸的性能。型砂和心砂的强度是由粘土含量或粘結剂含量、湿度、顆粒度和顆粒形状及搗实程度所决定的。

3. 透气性: 澆注鉄水时所发生的大量气体,必須透过砂粒空隙而逸出,此种容許气体逸出的性能,便是透气性。型砂和心砂的透气性是由其湿度、粘土含量或粘結剂含量、顆粒度和顆粒形状及搗实程度所决定的。

4. 耐火度: 表示澆注鉄水时耐受高温,而不被熔化、軟化而改变其本身形状和尺寸的程度便是其耐火度。型砂和心砂的耐火

度是由其中矽金属氧化物的含量及粘土的質量和顆粒形狀所决定的。

5. 耐用性：經過多次澆注后仍能保持其本身質量的性能，便称为型砂的耐用性。型砂和心砂的耐用性是由其質量和澆注条件所决定的。

6. 压潰性：受到鉄水收縮作用而被压缩崩潰的性能，便称为压潰性。型砂和心砂的压潰性，是由其顆粒度、掺入的有机物含量及粘土或粘結剂的含量及質量所决定的。

砂心在澆注时被鉄水包围住，所以心砂应具有較高的耐火度、透气性、强度和压潰性。为了增加透气性和强度，砂心就应經過烘燒。同时砂心还应具有不易吸收水分，和气体发生量极少的性能。

天然砂內的主要成分是砂砂和粘土。砂砂沒有可塑性，只有被湿润的粘土薄膜包围时才能成为型砂的骨干，顆粒間的空隙使型砂具有透气性。砂砂和粘土是由火成岩經河水、冰冻、风吹、日晒等作用以及水、空气、酸类侵蝕等化学作用风化而成。

岩石中的石英晶体风化后分解成具有坚硬顆粒的砂砂。砂砂的主要成分为二氧化矽 (SiO_2) 占 80~90%，其次是少量矾土 (Al_2O_3)、氧化鉄 (Fe_2O_3) 和矽金属氧化物及矽土金属氧化物等。天然砂的分布很广，主要有河砂及山砂两种：河砂（包括海砂、湖砂）系受水力冲刷作用而成，因此顆粒均匀而呈圓形，砂粒細小，耐火度較低；山砂的顆粒形狀和大小不定，耐火度較高。除上述天然生产的天然砂以外，还有人工造成的砂，称为人造原砂，人造砂是石英岩經人工軋碎而成。砂粒粗大，耐火度高，主要供鑄鋼用。

岩石中的長石风化后，分解成具有細微鱗片狀晶体的粘土。粘土的种类很多，鑄鉄上常用的有高岭土和膨潤土（酸性陶土）两种：高岭土的耐火度高，粘結性較差；膨潤土的耐火度比耐火泥略差，顆粒极細，吸水性强，膨胀性和粘結性很好。膨潤土的主要成分为二氧化矽，約占 60~70%，矾土占 15~20%，其余为少量氧化鉄、

硷金属氧化物和硷土金属氧化物。膨潤土是优良的湿型砂粘剂,但在国内尚未普遍采用,值得各厂推广試用。膨潤土以白色或灰白色的膨脹性能較好,应干燥后磨成粉末狀才能使用。

型砂和心砂按澆注金属的种类可分为鑄鉄用砂、鑄鋼用砂及有色金属合金用砂;按砂型种类可分为干砂型用砂及湿砂型用砂;按造型时的用途可分为面砂、填砂、混合砂(机器造型用)及心砂等种。

2. 造型材料各种主要性能的試驗方法

造型材料的各种性能,都須用仪器来测定,以供配制时参考,这样才能获得各种合格的造型材料。用各种仪器测定其性能以前,必須先按規定的方法采集試样,使它能代表全部造型材料的質量,这样的测定結果才有价值。

無論从卸車时或砂堆上及貯藏槽里采取試样,都必須在不同部分和不同深度上分別采集。新鮮造型材料每吨至少应采集砂样 0.25 公斤。在車間內采取混合好的砂样时,采集方式根据情况而定;若混合好的砂送到傳送帶上去时,則应隔一定時間自傳送帶上采取試样,每次采取 3 只样子,每只样子約重 1 公斤;若混合好的砂堆在匣內或貯在桶內时,則应自頂部、中部及底部各取樣一只,每只約 300 克,混合后供試驗之用。供試驗用砂样須貯于密閉的匣內。采集的原砂試样須堆成圓餅形,用鉄鏟划为四等分后,任选相对的两分,这种分砂法称为四分法(图6),再以前法繼續縮減至試样騰下約 5 公斤时即可用密閉的器皿裝好送到試驗室去。

在試驗室中还須应用图 7 的分砂器將样砂縮減到作試驗时的需要量。样砂从分砂器上部裝入

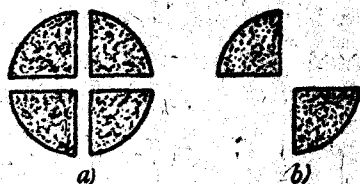


图 6 砂样的四分法:
a—用鉄鏟划为四分;
b—任取相对两分