

造型材料讲义

А. М. ПЕТРИЧЕНКО
Е. А. СУХОДОЛЬСКАЯ 著

北京钢铁学院铸工教研组译

高等教育出版社



631
20
1



А. М. ПЕТРИЧЕНКО

Е. А. СУХОДОЛЬСКАЯ

造型材料讲义
**ФОРМОВОЧНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

高等教育出版社

08680

本書系根据北京鋼鐵学院苏联專家彼得里欽科 (А. М. Петри-
ченко) 苏霍托里斯卡娅 (Е. А. Суходольская) 編著的“造型材料”
(Формовочные материалы) 講义譯出。

本書內容除緒論外, 包括原材料及其性質, 造型材料的实验方
法, 工作混合料的性質以及工作混合料的成份、用途与制备等四篇。

本書不仅可作为高等学校在講授造型材料这門課程时之参考
書并可供厂矿技术人員参考。

本書由北京鋼鐵学院鑄工教研組翻譯。

造 型 材 料 講 义

A. M. 彼得里欽科, E. A. 苏霍托里斯卡娅著

北京鋼鐵学院鑄工教研組譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四号)

京華印書局印刷 新华書店总經售

統一書号 15010·422 開本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 7 字數 162,000

一九五七年五月北京第一版

一九五七年五月北京第一次印刷

印數 0001—2,200 定價 (10) 元 1.10

目 次

緒論	7
§ 1. 造型材料在制造鑄件中的作用	7
§ 2. 造型材料學說的發展	8
§ 3. 鑄型的概念	11
§ 4. 造型材料的組織	13
§ 5. 砂和粘土的來源	14
§ 6. 造型材料的分類	16
§ 7. 對混合料的要求	17

第一篇 原材料及其性質

第一章 造型用砂	20
§ 8. 概論	20
§ 9. 砂子的顆粒組成	21
§ 10. 粘土含量	22
§ 11. 砂的化學及礦物成分	26
§ 12. 體積膨脹	29
§ 13. 中國的造型砂	32
第二章 造型用粘土	33
§ 14. 概論	33
§ 15. 粘結性能	34
§ 16. 粘土在水中的膨脹作用	35
§ 17. 膨潤土	36
§ 18. 粘土的收縮	37
§ 19. 粘土的熱化學穩定性	39
§ 20. 粘土的技術條件	40
§ 21. 中國的粘土產地	41
第三章 粘結劑	43
§ 22. 粘結劑的用途	43
§ 23. 對粘結劑的要求	44
§ 24. 粘結劑的特性	45
§ 25. 粘結劑的分類	47
§ 26. 植物油	49
§ 27. 油粘結劑	53
§ 28. 天然的有機粘結劑	54

§ 29. 由石油、泥炭、煤、片岩及木材作的粘結剂	55
§ 30. 人造树脂	56
§ 31. 无机粘結材料	57
第四章 特种附加物及其他材料	59
§ 32. 防粘砂材料	59
§ 33. 增加容讓性的材料	61
§ 34. 提高透气性的材料	62
§ 35. 减小混合料粘着性的材料	63
§ 36. 非石英类的混合料颗粒骨干	64
第二篇 造型材料的实验方法	
第五章 砂的試驗	66
§ 37. 湿度	66
§ 38. 粘土組成物的含量	68
§ 39. 颗粒組成	71
§ 40. 砂粒的形狀	77
§ 41. 砂子的化学成分	78
第六章 粘土試驗	80
§ 42. 化学分析	80
§ 43. 粘結性的測定	81
§ 44. 膠質度的測定	82
§ 45. 耐火度的試驗	84
§ 46. 强度	85
§ 47. X光照相鑒定	86
§ 48. 热分析	87
第七章 粘結剂及其他材料的試驗	88
§ 49. 試驗的特点	88
§ 50. 化学的試驗方法	89
§ 51. 物理的試驗方法	90
§ 52. 机械的方法	93
§ 53. 工艺試样的方法	94
§ 54. 特殊附加物及其他材料的試驗	94
第八章 混合料的試驗	98
§ 55. 概論	98
§ 56. 透气性的測定	99
§ 57. 强度的試驗	105
§ 58. 耐火度試驗	110
§ 59. 發气能力的測定	111
§ 60. 流动性(成形性)容緊性的測定	112
§ 61. 表面强度的評定	113

§ 62. 吸湿性的測定	114
§ 63. 耐久性的評定	115
§ 64. 粘着性的評定	116
§ 65. 造型及造芯混合料的高溫試驗	116
§ 66. 試样的选取	119

第三篇 工作混合料的性能

第九章 混合料性能与外部因素的关系

§ 67. 原生与次生性能的概念	123
§ 68. 外部作用因素的确定	124
§ 69. 湿度的影响	125
§ 70. 混合	129
§ 71. 溫度的影响	132
§ 72. 椿紧度的特性	133

第十章 物理化学性質

§ 73. 一般的定义	134
§ 74. 透气性	135
§ 75. 發气性	137
§ 76. 耐火度	138
§ 77. 导热性	139
§ 78. 膨胀与收縮	140

第十一章 机械性能

§ 79. 湿态强度	142
§ 80. 混合料的干态强度	146
§ 81. 混合料加热狀況下的强度	150
§ 82. 表面强度	152
§ 83. 硬度	154

第十二章 工艺性能

§ 84. 一般特征	155
§ 85. 流动性	155
§ 86. 可塑性	158
§ 87. 不粘着性	160
§ 88. 保存性	161
§ 89. 椿紧度	162
§ 90. 不吸湿性	164
§ 91. 容讓性和脫砂性	165
§ 92. 鑄件表面的光潔度	166

第十三章 液体金屬与混合料的相互作用

§ 93. 相互作用的性質	167
§ 94. 水分的迁移現象	168

§ 95. 强度和应力的变化	169
§ 96. 混合料对形成夹砂的影响	170
§ 97. 混合料对生成气孔的影响	173
§ 98. 粘砂的机构	174

第四篇 工作混合料的成分、用途与制备

第十四章 砂-粘土混合料

§ 99. 混合料的特征	177
§ 100. 用于各种合金的混合料	179
§ 101. 干型及湿型用混合料	182
§ 102. 造芯用砂-粘土混合料	184
§ 103. 原料的准备	185
§ 104. 旧砂的再生	188

第十五章 含特种粘结剂的造芯混合料

§ 105. 对型芯的要求	189
§ 106. 型芯的分类	192
§ 107. 造芯混合料的成分	193
§ 108. 造芯混合料组成物的准备	199
§ 109. 旧造芯混合料的加工	201

第十六章 特殊混合料

§ 110. 用途	203
§ 111. 鑄造用塗料	204
§ 112. 膏子、抹料、膠合剂和填敷料	205
§ 113. 快速干燥混合料	207
§ 114. 半永久型用混合料	208
§ 115. 大鑄件用混合料	208
§ 116. 精密鑄件用混合料	209
§ 117. 薄壳鑄型用混合料	210

第十七章 混合料的制备和质量檢驗

§ 118. 組成物的定量和裝料	211
§ 119. 造型和造芯混合料的制备	213
§ 120. 塗料、膏子、填敷料和粘剂的制备	215
§ 121. 混合料的运输	219
§ 122. 保存	219
§ 123. 松砂	220
§ 124. 混合料质量的檢驗	223

緒 論

§ 1. 造型材料在制造鑄件中的作用

鑄件制造的生产过程是由三个独立的过程組成的，即：(1)制备鑄型，(2)得到液体金屬，(3)澆注，脫砂(打箱)及鑄件的清理。

在这些过程中，每一个过程又是由許多工艺操作組成，如准备必要的材料，制备成套模型，制备鑄型及型芯，制造鑄造合金及其他等。在得到鑄件的过程中要消耗各种不同的材料，用以制备鑄型及准备鑄造合金。

下面的圖解是制造鑄件的全部生产流程：

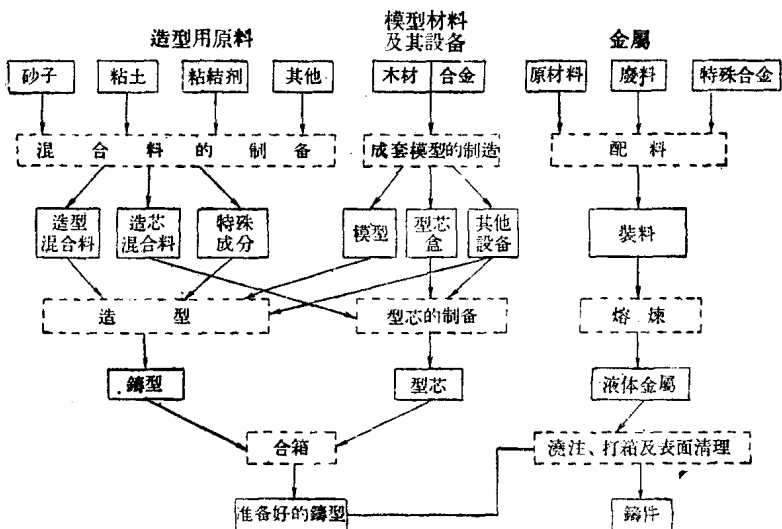


圖 1. 制造鑄件的生产流程圖。

上面圖中所有的材料,設備,機件都用方塊(□)表示,而鑄件生產的各個過程用虛線表示(---)。

從上面的圖解中可以清楚的看到,造型材料的製備是用一般鑄造方法製造鑄件的最初操作之一。

鑄件的質量在很大程度上決定於造型材料的好壞,因此我們應當對造型材料性質的研究予以極大的注意。

製造一噸鑄件需要消耗平均大約一噸砂子及其他原材料。當然一噸砂子的成本與一噸鑄件的成本比起來是微小的,它不超過鑄件成本的百分之一。某些鑄造工作者有時利用此點來辯解其對原材料質量,材料的保存及混合料正確製備所採取的輕視態度。

但是鑄件的成本與造型材料有着密切的關係,我們可以看到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,而鑄件的成本就會增加 25% 以上。我們可以舉出許多例子,說明不正確的型砂製備及其性能不適當的利用會使國民經濟受到巨大的損失。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,並且可以大大縮短生產流程和提高生產率。

最近幾年來開始應用很多新的造型材料。其中很多只是在一些狹窄,嚴格限制的條件下才起積極的效果。

所有這些都證明,目前應當給予造型材料的研究以特別的注意。

§ 2. 造型材料學說的發展

造型材料的應用和鑄件製造過程一樣有着悠久的歷史。大家都知道古代的鑄造工作者最初使用石頭作的鑄型。後來他們就開始使用塑性及容讓性較好的材料。

卓越造型材料的配方及其製備方法是由一代傳一代,多世紀的經驗所創立的。

在造型材料方面鑄造工作者的許多密訣現在都已失傳了。它們已不能為後代所利用。

鑄造工作者很久以前就已經用艱巨的實踐方法學會使混合料具有不同的、在一定條件下必須具有的性能，例如在中國、俄羅斯及其他國家遠在古代就已經學會鑄造許多優良的物件——優美的藝術品。為了要使鑄件表面光滑及準確地反映出模型最細微的輪廓，鑄造工作者常常採用一些極其複雜的混合料。

下面的例子就可以證明這點。

鑄造彼得大帝的紀念像時（銅騎士）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，用這種方式製備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來。

中國及其他國家古代所用的混合料是極新穎和質量極高的。

為了得到高質量的鑄件古代有時用極昂貴的材料如羊毛、蛋青和脂肪等製備造型材料。

隨著鑄造生產的發展和鑄造工藝過程的改善，產生了較便宜、但具有較高質量的造型材料的新配方。

過去的鑄造工作者特別重視造型粘土的質量，俄國的舊鑄造規程上曾記載着：要用最好的粘土，將其保存在溫室里，要仔細地碾碎；粘土應使混合料柔軟得和面糊一樣；乾燥時混合料不應脫皮及發裂。

重視粘土的另一個原因是因為古代主要使用粘土模，而粘土是制粘土模的主要材料。

砂混合料的應用是鑄造生產歷史上的重大事件，用砂作造型材料使我們有可能鑄造任何形狀的物件。

中國古代的鑄造工作者在製備高質量的材料上獲得極大的成

就，几千年以前中国的鑄造工作者就已經掌握了制造高質量鑄型用混合料制备的密訣 [这种鑄型在澆注后不立刻毀坏，不产生粘砂現象，澆注后可以將鑄型打开，而当鑄件修正后(例如注滿金屬，修正等以后)再將其重新合上]^①，但是很遺憾，中国鑄造工作者的許多卓越的密訣都失傳了，而俄国及其他国家的鑄造者只能后来才重新發現。

新的造型材料的出現就要求我們学会鑒別它的質量。

在 18 世紀就已經会用較原始的方法鑒別造型材料的許多性能。

混合料的塑性及粘度是用小球来試驗，即用混合料作成小球，將小球裂为兩半，如果混合料沒有足够的塑性，小球即不会裂成兩半，而成为若干小塊。

透气性是用以下的方法測定，用砂子作一三角柱，用水將其浸潤到完全飽和，称量三角柱浸湿前及浸湿后的重量，以此确定型砂的透气性。

砂子內有害夾杂物的存在用强鹽酸来測定。

当砂中具有大量的石灰石(CaCO_3)和其他有害雜質时，澆在砂上的鹽酸引起强烈的化学反应放出大量气体。砂中有害雜質的含量較小时，鹽酸將滲入砂內而不引起强烈的反应。

古代鑄造工作者用最簡單的方法試驗砂子的若干性能，例如：容讓性、耐火度、热傳导等等。訥伊迈耶尔(И. Ф. Неймайер)的著作(1907 年的“鑄造生产”杂志)是总结了在造型材料研究方面各国的实践和科学技术資料的最早的著作之一，这部著作的作者对造型材料的研究做了第一个概括的圖解。这部著作和国外許多研究者的著作同样地确定了造型材料学說發展的进程。

由俄国及其他国家学者的劳动所創立的近代造型材料科学，

① 參閱明宋应星撰“天工开物”中卷、冶鑄第八卷。

給了鑄造工作者有關造型材料性質、造型材料与液体金屬相互作用、及造型材料的質量与性質對鑄件質量的影响的清晰概念，这样就使鑄造工作者能預見到采用某种配方混合料的結果，并能更有效地利用这些材料。

近代有关造型材料的学說使我們能够广泛地利用这些混合料：它們對鑄造合金的結晶过程、改善鑄件的性能和加速鑄件制造过程有很大的影响。

§ 3. 鑄型的概念

圖 2 是鑄型的示意圖，此鑄型用来澆鑄鑄鐵鑄件。

根据这个示意圖就可以判断出鑄型每部分的用途，上半型和下半型是用造型混合料制备的，它們通常用来形成鑄件的外表面。鑄件的內腔由型芯形成，型芯被安置在型腔內特制的型芯座上，兩半型都在砂箱內作成，为了使混合料不致由砂箱上散落下来，在砂箱上制做有特殊的格子，即所謂箱襯。液体金屬通过澆注系統注滿由鑄型及型芯所形成的型腔。澆注系統由澆口杯（澆斗）、直澆道、過濾網、橫澆道及內澆道組成。

在工作型腔的上面，鑄型的上半部裝有出气口及补縮冒口。兩半鑄型的相互位置由箱銷及銷孔固定。

从上圖可以清楚看到，制型芯和鑄型的混合料中只有一小部分型砂直接与液体金屬接触，而大部分的型芯和鑄型材料离开鑄件很远，因此鑄型的各个不同部分按不同方式影响鑄件的制造和其質量。因而常常把制备鑄型的材料分为兩種：即面砂及填砂。

面砂直接与液体金屬接触。这点決定了对面砂性質和質量的要求。除透气性外，我們对面砂性質和質量的要求都比对填砂来得高。

圖 2 所示的鑄型仅用一次，澆注和鑄件凝固后，这个鑄型就毀

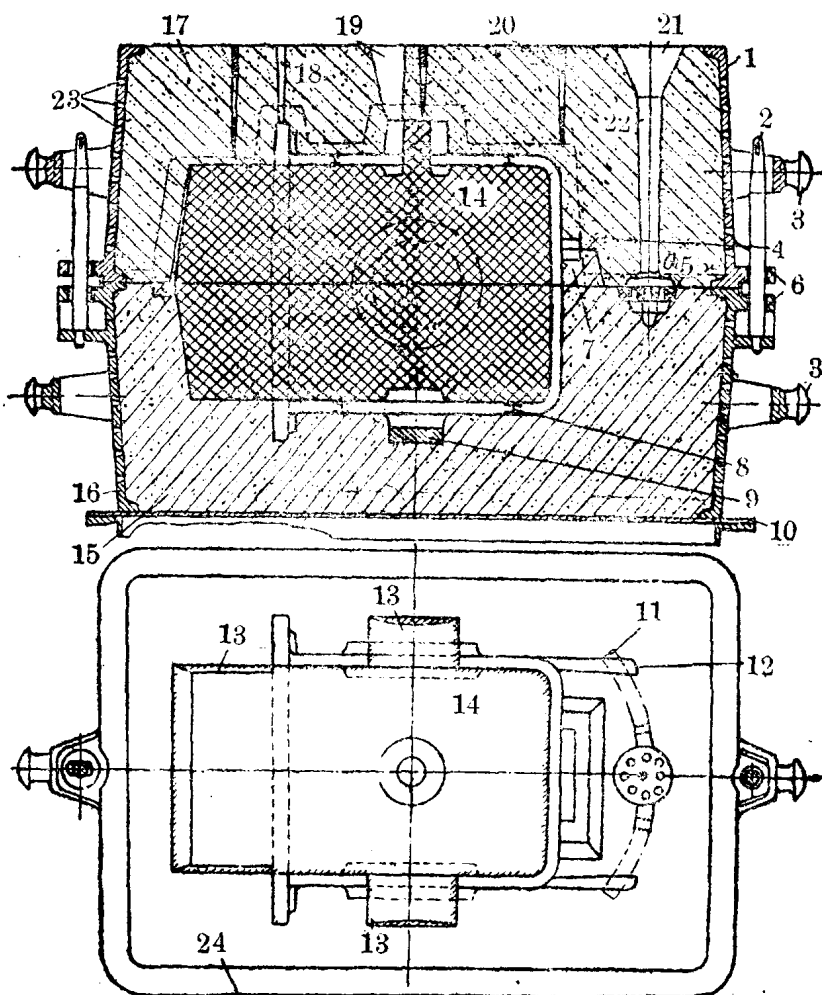


圖 2. 鑄型的示意圖:

1—上砂箱; 2—箱鎗; 3—軸; 4—挖砂; 5—過濾網; 6 鎗孔; 7 砂漿;
 8—型芯撐; 9—冷鉄; 10 模型板; 11—橫澆道; 12—內澆口; 13—型芯
 頭; 14—型芯; 15—下半型; 16—下砂箱; 17—上半型; 18—冒口; 19—
 補縮冒口; 20—箱澆; 21—澆盆(澆斗); 22 直澆道; 23—砂箱上的開孔;

24—沒有上型的視圖。

坏了。

这样的鑄型应具有下列的性質：

- a) 相當高的耐火度及使鑄件不粘砂的性質。
- б) 強度—具有使鑄型在搬運時不破壞，同樣在液體金屬的靜壓力和動壓力的作用下不破壞和不改變尺寸的性能。
- в) 透氣性—具有使氣體和蒸汽通過鑄型的能力。
- г) 容讓性—在鑄件冷卻和凝固時，具有不阻礙鑄件自由收縮的能力。

因為型芯處於比鑄型本身更困難的條件下（型芯的周圍幾乎都有液體金屬），因此對型芯性質的要求比對鑄型的要求更嚴格。此外，對型芯尚有以下的補充要求：低的發氣性、不吸濕性、及好的脫砂性等。

在鑄造生產上還有應用多次而不破壞的所謂永久及半永久鑄型。永久鑄型（冷模）由金屬制成，今後在“特種鑄造”的課程中我們將會講到。半永久鑄型由特殊的耐火造型材料（燒土等）制成。在本課程內我們將要熟悉幾種造半永久鑄型所用混合料的配方。

我們將要把主要的精力放在目前鑄造生產中最廣泛應用的一次鑄型的材料及其製備過程上。

§ 4. 造型材料的組織

一次鑄型及型芯由混合料制成，這些混合料是由砂、粘土、各種不同的附加物（粘結劑、防粘砂劑等）及水組成。水潤濕過的砂和粘土是這些混合料的主要組織組成物。

當攪拌濕的砂和粘土時，粘土以薄膜形式復蓋砂粒表面，像漿糊一樣，將砂粒彼此粘結在一起（圖 3）。

因此砂粒是造型材料的主要骨幹，而粘土是它的粘結薄膜。從圖 3 可以清楚看到，不是所有砂粒間都填滿了粘土。其中部分

地还留有空隙,通过这些空隙,空气和气体可以自由来往。因此,几乎每一种造型材料都具有透气性,也就是具有使空气及气体通过自身的能力。

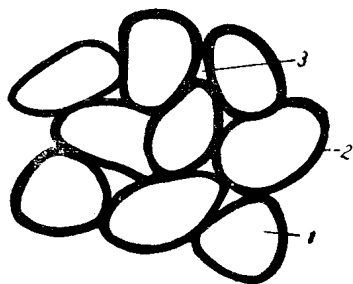


圖 3. 粘土粘結砂粒的簡圖:
1—砂粒; 2—湿粘土薄膜; 3—孔隙。

从上述造型材料組織的簡圖上,可以得出下面的結論,就是粘結細砂粒所需的粘土比粗砂粒多,因为細砂粒的总表面积比粗砂粒大。圖 4 很好說明了这点。

圖中 a 是粗砂粒,而 b 是分为兩半的砂粒。

很容易看出,兩顆細砂(b)比一顆粗砂(a)具有的表面大,虽然它們的重量及体积是完全相同的。显然,具有較大总表面积的砂粒(細砂)比具有較小总表面积的砂粒(粗砂)要求更多的粘結剂。

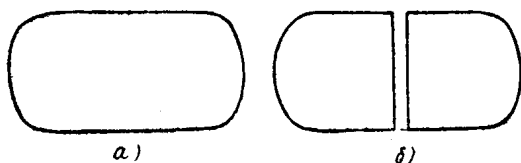


圖 4. 砂粒細碎后其表面积增大的圖解。

除主要的組成物——砂及粘土外,造型及型芯混合料中还須加入其他材料。其一为防粘砂剂,另一些为粘結剂,第三种为使造型材料具有較大容讓性及其他性能的材料等等。关于这些材料的作用以后我們將要談到。但我們的注意力主要將放在研究砂和粘土的性能上。

§ 5. 砂和粘土的来源

根据 別尔哥(П. П. Берг) 和 阿克蕭諾夫(П. Н. Аксенов)的意

見，砂及粘土屬於沉積岩，而沉積岩是原生或火成岩的分解產物。

火成岩（花崗岩、斑岩、玄武岩、輝綠岩等）是其他岩石的基礎。它很可能是當地球冷卻時在地面上形成的原始地殼。

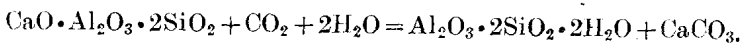
沉積岩是由于火成岩分解而分解產物沉澱于水底或地面所形成的。

變質岩是由于火成岩和沉積岩在高溫或高壓作用下起變化而形成的。石英岩、頁岩等屬於變質岩。

由于在陽光、水、空氣的作用下使火成岩分解的結果，鑄造砂及粘土很早以前即已形成。

石英是造型砂內的主要礦物，純石英是化合物 SiO_2 （二氧化矽）。石英非常堅固和耐火，當火成岩分解時石英的顆粒並沒有發生變化。砂是由多少含有一些其他礦物雜質的石英顆粒組成。砂粒質點比粘土質點較粗大並有致密的顆粒形狀，因此在急流中砂粒比粘土粒較早地沉澱于水底。

高嶺土是許多種粘土的主要組成部分，高嶺土是由于火成岩內的礦石在火成岩分解過程中起變化而形成的。大部分的高嶺土是長石在空氣、水及溶于水的物質的作用下化學分解的產物。鈣長石在水及二氧化碳的作用下，最後分解成高嶺土，其反應如下：



高嶺土（ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）像石英一樣是穩定、耐火的礦物。

但是含有大量的高嶺土並不是粘土必要的特性。粘土的主要區別在于它的顆粒的大小和形狀。粘土都是由具有細碎鱗片狀，非常細微的礦物質點組成，這些質點決定了粘土的主要性質——粘結性及可塑性。

粘土的礦物成分是多樣多樣的；大多數的粘土除高嶺土外還含有許多穩定性較差的礦物。含大量高嶺土是陶瓷土的特點（一般塑性較小），並使其具有較高的耐火度。

由各种矿物微粒所組成的粘土隨緩慢的水流沉积在湖、海及河流等处。部分較細小的砂粒亦隨粘土一起沉积下来，因此在粘土中除主要的粘土組成物外，常常还含有一些砂粒。

在砂中也常常含有小的石英和粘土顆粒，这些小顆粒很难彼此分离。因此所有小于 22~23 微米 (0.022—0.023 毫米) 大小的矿物質点都認為是砂中的粘土部分(砂子的粘土組成物)，較大的質点都称为砂子。

§ 6. 造型材料的分类

造型材料的名称有着广泛的含义，它包括不管用途及作用如何的所有各式各样的用来造型的材料。

所有这些材料可以分为兩組：

1) 原材料或新鮮材料；2) 工作混合料。所有的新鮮材料都称为原材料，由原材料制成各种造型及造芯混合料。属于原材料的有砂、粘土、不同种类的有机和無机粘結剂及防粘砂材料以及所有其他能使工作混合料具有不同特性的材料。

按照特殊配方由新鮮的和用过的材料制备出的組成称为工作混合料。

工作混合料分为：

- 1) 制备鑄型的造型混合料；
 - 2) 制备型芯的造芯混合料；
 - 3) 塗抹鑄型及型芯的塗料及水塗料；
 - 4) 使鑄型及型芯表面具有特殊性能或用来粘合部分鑄型及型芯的膏子和膠合剂；
 - 5) 使混合料不粘于模型及型芯盒的模型粉；
 - 6) 复料，使鑄型及型芯具有防粘砂性能及其他性能。
- 在鑄造生产中使用着大量不同的混合料配方。使用各种不同