

高等学校教学用书

陶瓷与耐火材料 工艺学实验

Г. Н. 杜迭罗夫著

高等教育出版社

高等学校教学用书



陶瓷与耐火材料 工艺学实验

Г. Н. 杜迭罗夫著
郭演仪等译

高等教育出版社



本書系根据蘇联國立建筑材料書籍出版社 (Государственное издательство литературы по строительным материалам) 出版的杜迭罗夫 (Г. Н. Дудеров) 著“陶瓷与耐火材料工艺学实验”(Практикум по технологии керамики и огнеупоров) 1953 年增訂第二版譯出, 原書經蘇联前文化部高等教育署审定为高等工業学校的教學参考書。

書中包括原料、半成品和成品的基本試驗方法的敘述, 这些方法是在陶瓷和耐火材料工業中进行生产檢查时以及在进行科学研究工作时所使用的。

在本書的每一节中, 对所采用的方法都做了簡短的論述, 並講述了各种最現代化的設備和所用儀器的操作須知。

本書也可以作为中等技术学校学生、工厂實驗室工作者和研究所的研究工作者参考之用。

本書由中国科学院冶金陶瓷研究所郭演儀、張星三、童祐嵩与华南工学院硅酸鹽工学教研室刘康时合譯。

陶瓷与耐火材料工艺学实验

Г. Н. 杜迭罗夫著

郭演儀等譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号
(北京市書刊出版業營業許可証出字第 054 号)

上海大东集成联合印刷厂印刷 新华书店发行

統一書号 15010·696 开本 850×1168 1/32 印張 12 10/16 插頁 1
字數 312,000 印數 1—2,000 定价(10) 1.90

1958 年 9 月第 1 版 1958 年 9 月上海第 1 次印刷

第二版序

本書供高等学校陶瓷与耐火材料工学專業的学生作为教学参考書之用。在本書中相当詳細地叙述了实际应用的原料与制成品的的基本試驗方法。各种專業科学研究所与實驗室,在研究各种工業部門所特需的原料与制成品的性質时,在实验操作中使用着許多試驗方法,而在本書中闡明的仅是其中最完善的与应用得最广泛的那些方法。

自从本書第一版問世以来,苏联学者們在創立新的、最完善与最合理的試驗方法方面又取得了很多成就,因此对于本書的若干章节須要加以修改。

其中,根据 H. A. 菲古罗夫斯基、Л. B. 柳亭、O. B. 索洛維耶娃或其他一些苏联科学家們的著作,对粘土的分散分析(机械分析)一章几乎完全作了改写。

在“陶瓷原料对于稀釋的关系以及陶瓷泥漿的性質”一章中补充了新的一节:“泥漿氫离子濃度的測定”,这是以 B. A. 朴切林及其他苏联学者的著作为基础而編写的。

根据我們与莫斯科門得列也夫化工学院的学生們进行陶瓷与耐火材料工学实验的經驗,同时考虑到讀者的願望与意見,增写了“坯体白度与半透光度的測定”、“陶瓷制品介电性質的測定”兩章以供电工技术与無綫电技术方面之用;以及增写了一段“用連續法測定火燒收縮”,这个方法是苏联学者 Д. К. 克列尔所首先提出的。本書并且叙述了原料水分、泥漿中干物質含量、吸水率与体积重量、抗冻性等等的最合理的快速測定方法。

与此同时,略去或縮写了若干已經过时的試驗方法与設備的叙述。此外,在大多数章节中都會作了不少的勘正,以便使試驗方法的叙述与計算公式更为精确。在这一版中,对材料的叙述方式仍旧与第一版中相同:在每一章的开始簡短地將原理加以說明,然后描述最合理的設備,最后再叙述进行試驗的程序与方法。

作者謹向曾經对本書第一版的修訂提出了許多宝貴指示及希望的 H. B. 索洛敏教授、H. II. 伊万諾夫工程师、H. B. 斯米尔諾娃等同志以及其他許多讀者致以深忱的謝意。

作 者

目 录

第二版序	6
第一章 平均試样的选取及試驗用原料的制备	1
1. 平均試样的选取	1
2. 平均試样的制备	2
3. 水分的測定	11
4. 水分的快速測定法	12
5. 飽水率	19
6. 用比重法測定泥漿中干物質的含量	20
第二章 可塑性与粘合能力	23
7. 可塑性	23
8. 粘合能力	34
第三章 分散(机械)分析	41
9. 篩析	41
10. 沉降分析	51
第四章 陶瓷原料对于稀釋的关系与陶瓷泥漿的性質	91
11. 粘土的稀釋与电解質的选择	91
12. 粘度的測定	92
13. 粘土泥漿中的水分輸散	97
14. 泥漿氫离子濃度的測定	103
第五章 試样的干燥	115
15. 干燥的条件	115
16. 粘土干燥灵敏性系数的測定	116
17. 干燥时水分自粘土中除去的速度	119
18. 气体湿度的檢查	121
19. 气体运动速度的檢查	123
第六章 試样的焙燒	127
20. 焙燒的条件与規程	127
21. 粘土燒結溫度的測定	129

(3)

1468965

22. 焙燒过的試样的外貌鑒定	131
第七章 實驗室窑爐	136
23. 實驗室露焰爐	136
24. 金屬电阻电爐	139
25. 碳化硅發热元件电爐	143
26. 克里伯多电爐	148
27. 碳質电阻高溫爐	157
28. 實驗室电爐的电气設備	158
第八章 實驗室窑爐作業的基本檢查	161
29. 溫度的檢查	161
30. 通風的檢查	171
31. 燃燒情况的檢查	173
第九章 收縮的測定	181
32. 粘土的風干收縮与火燒收縮	181
33. 残余收縮或残余膨脹	185
第十章 比重与孔隙度的測定	193
34. 比重	193
35. 孔隙度	207
36. 体积比重	216
37. 第三比重	221
38. 开口孔隙度、閉口孔隙度及总孔隙度的計算	222
39. 透水性	223
40. 陶瓷材料的透气性	228
第十一章 机械强度的測定	237
41. 抗压强度極限	238
42. 抗張(抗拉)强度極限	248
43. 抗弯(折断)强度極限	257
44. 抗冲击弯曲强度極限	260
45. 抗冲击强度極限	265
46. 抗磨損强度	271
47. 硬度	276
第十二章 热性質試驗	281
48. 耐火度	281
49. 陶瓷材料在高溫下的荷重变形	288
50. 綫膨脹系数	299

51. 热稳定性.....	304
52. 施釉坯体中的应力的测定.....	310
53. 抗冻性.....	313
54. 抗冻性的快速测定法.....	319
55. 导热率.....	321
第十三章 对侵蚀介质作用稳定性的测定.....	331
56. 抗渣性.....	331
57. 化学稳定性.....	338
第十四章 坯体白度与透光度的测定	346
58. 坯体白度的测定.....	346
59. 透光度系数的测定.....	351
第十五章 陶瓷制品介电性质的测定	356
60. 体积电阻率的测定.....	357
61. 表面电阻率的测定.....	362
62. 介电损耗角正切及介电常数的测定.....	364
63. 电介质的击穿测定.....	378
附录:	
1. 按斯托克斯公式计算粒子半径的算图	(插页)
2. 于各种温度下沉降分析时作为分散介质使用的某些液体的粘度 (以泊[克/厘米·秒]计).....	385
3. 于各种温度下沉降分析时作为分散介质使用的某些液体的密度 (以克/厘米 ³ 计).....	386
4. 流速为 2.5 米/秒的空氣的湿度表	387
参考書刊	392

第一章 平均試样的选取 及試驗用原料的制备

1. 平均試样的选取

在对硅酸鹽原料进行研究与檢查性試驗之前,必須事先选取为数不多的“平均試样”,此試样应能充分反映出这批被試驗的原料所特有的組成及一切性質。

試驗用原料的数量可以不同,从地質勘探所得的岩心試样开始,到工厂所收到的由采矿場或选矿工厂所运来的供生产用的整車廂的原料为止。

对原料質量所作估价的准确度,在頗大程度上取决于选取平均試样是否正确,因此應該严格地按照規定的規程来进行选样。

平均試样一定要在原料到达車站后,直接从車廂中或当卸料时选取,因为只有在这种情况下才能向原料的供应者以及鉄路管理局提出关于原料中雜質的意見。

选取平均試样的方法决定于原料的物理状态(塊狀的、散粒狀的)以及运送的方法(包裝或散裝等)。

在以散裝法运输塊狀原料(長石、偉晶花崗岩等)时,由于震动的緣故,小塊沉落到下面,而大塊則集聚在上部。大塊与小塊原料的結構和組成有时是会不相同的,所以要想在試驗时得到正确的結果,必須从均匀分布在車廂的平面和高度的各个不同位置上选出試样。

从每个車廂选出試样的总量应不少于 30—35 千克,虽然試驗时需要的数量远少于此值。

將取出的試样研碎、混和,然后縮減其体积。

当散粒狀原料以散裝法裝載时,选取平均試样的方法,和塊狀原料选样的方法相同。如果原料是包裝着的,則从每裝、每箱以及其他容器中取出,或者根据預先拟定严格遵守的方法,每隔一定数量的容器取出一些試样。

由袋子或箱中取出的試样一般不超过 0.5—1 千克。在各种情况下都須从袋子、箱的上部、下部以及中部取出样品。

仔細地混匀由各部分选出的試样,并且分成兩等份,其中一份拿去做試驗,而另一份写上記号,放在完全密閉的容器中,保存在干燥地方,供复驗之用。

2. 平均試样的制备

几乎所有的粘土都含有某些数量的外来夾杂物,有时夾杂物成小斑点狀均匀地分布着,有时呈單独的大小不同的塊子或聚集体的形式出現,只在很少的情况下,粘土才是完全均匀的物料。在粘土中常有些条狀地帶或区域,它和原料的主体物質的區別是具有不同的顏色、不同的机械与化学組成和性質。这些条狀地帶及区域的特征与大小决定于粘土形成的条件。根据对研究工作所提出的任务来决定或者是需要保留粘土中外来的夾杂物,或者是需要清除那些有害而易于揀选的雜質^①。原料中的小斑点狀的雜質不必揀选出来,因为只有用澄洗或空气分离的方法才能將它們分离出来。这些預先精选的方法(澄洗及空气分离)通常仅在研究高

^① 有时对于揀选或不揀选的粘土同时进行平行研究,这样可以确定雜質对粘土性質的影响。

嶺土的性質時採用，因為在陶瓷工業中，在絕大多數情況下是應用精選過的高嶺土。

如此，進行研究的原料或者是呈原來狀態的原料，或者是已經揀選除去了肉眼可見的夾雜物，或者是精選過的原料。

供研究用的平均試样的制备方法，一般可歸納如下。

把試驗用的粘土放在大塊膠合板或干淨的地板上。記錄其塊度的大約尺寸，並且對雜質作出外觀的鑑定。用木錘將大塊粘土打碎到3—5厘米，然後選取平均試样。為此，仔細地用木錘來混勻已打碎的小塊原料，而且將其均勻地鋪成面積為1米²的一層。由對邊中點的兩連線及兩條對角線把正方形分成八個相等的三角形（通常只把正方形分成四個相等的三角形）。選取平均試样時，取出兩個相對三角形中的原料，把其餘的粘土拋棄不用。將取出的粘土重新仔細混勻，按上述方法分成八個三角形，然後再取出其中兩個三角形的泥料來制备平均試样，其餘的粘土丟棄不用。此操作重複進行不少於五次，直到平均試样的重量達到2—5千克為止。

為了定量地測定大粒雜質（礫石、有機雜質、黃鐵礦、石灰岩的粗粒等等）及可以分離的夾層（砂層、附有很多鐵質的薄層），從平均試样中稱取1.0—1.5千克的原料，仔細地揀選。把揀選出來的夾雜物分別放在瓷皿、表面玻璃及其他東西上面，然後稱重並求出其百分比值，此後再放回平均試样中。將對粘土外貌的觀察結果按特殊規定的格式記載到工作記錄本中（見表1）。

當選取易熔粘土的（制磚用的）平均試样時，須試驗其中CaCO₃的含量。為此，用鹽酸將粘土潤濕。根據粘土所發生的起泡現象可以確定其中碳酸鈣的存在與其分布情況。

從利用上述方法取得的平均試样中稱取下列三份稱样：（1）100克用以測定粘土中的水分；（2）100—200克用以測定粘土的

表 1. 粘土的鑒定

矿床、采 矿 場	牌 号	粘 土 的 顏 色	結構的 特 征	粘土混有足以影响制品質量的雜質的情況 (雜質的数量、大小及分布的情況)	HCl 試驗
查索維雅 尔矿床, 阿尔帖莫 夫采矿場	Г-1 (一級)	由淺灰色(81.5%) 淺黃褐色(13%)及粉 紅色(1.5%)粘土所 構成的顏色不均勻的 物質 整個物質中遍布有 帶水的氫氧化鉄(1%) 的細脉	致密的、 具有脂肪 似的細膩 的触感	具有黃礬的白色 夾雜物塊子的一 些不大的矿窠和 少量分散的腐敗 的有机雜質 (在 1% 以下)	不起反 应
莫 斯 科 区, 斯 霍 德宁矿床	制磚用 粘土	帶有深灰色細脉的 暗黃色粘土, 在个别 地方有許多暗褐色的 夾層	致密的、 具有脂肪 似的細膩 的触感	小粒礫石(約 3 %) 直徑 3—10 毫米; 少量的石 灰石塊, 大小为 2—5 毫 米 (約 1.5%) 有时混入个别 的植物根及少許 大小为 1 厘米 ³ 的塊狀黃鉄矿	剧烈地 起泡

顆粒組成; (3) 25—50 克进行化学分析^①。

把剩下来的原料干燥到風干状态, 用木錘把它研碎, 由篩孔大小为 1 厘米² 的篩中篩过, 再加水潤湿。同时必須注意, 水中不能含有大量的可溶性鹽类(最多只能含 0.01% 的可溶性鹽类), 因为它对粘土的性質会有很大的影响。当采用蒸餾水来潤湿粘土时, 就可以得到最可以对照的結果。

粘土原料主要可用两个方法来潤湿: (1) 泥漿法——主要用

^① 用泥漿法制备平均試样时, 供化学分析及測定顆粒組成用的称样系从已調和好的泥漿中取出; 制备泥漿時必須用蒸餾水来潤湿。

于耐火粘土及高嶺土；(2)塑性法——用于制磚用的易熔粘土。

制备粘土及高嶺土試樣的泥漿法^①

用水將干燥和研碎过的粘土浸湿,而使粘土变成泥漿状态所需要的水量則由預先的試驗决定。为此,向100克風干状态下的称样中慢慢加入少量的水(每次加入5厘米³),并且不断地攪拌泥料,直到得到濃乳酪狀的稠度时为止。

随着各种粘土性質的不同,把風干的粘土調成泥漿狀泥料所需的水量在下述范圍內变动:100份干粘土需要60—150份水。

在决定了所需的水量后,即可着手浸湿。將水注入鍍鋅的圓桶或其他不銹的容器中,并于容器中逐漸撒入少許研碎的干粘土。不可將水注入粘土中,因为在这种情况下很难混合成均匀的泥漿。經過48小时后,用木鏟仔細地攪拌泥漿,然后全部通过孔徑为1毫米(36个孔/厘米²)的篩子,最后再仔細地攪拌均匀。

为了制得泥漿可以采用實驗室用的螺旋槳式攪拌器,利用它时泥漿的制备过程可縮短至2—4小时。

攪拌器(圖1)由鍍鋅的鉄片或鋅片做成的金屬桶1(也可以是木桶)構成,其中安有黃銅軸2,軸的末端接有螺旋槳叶。軸的上部利用特殊的

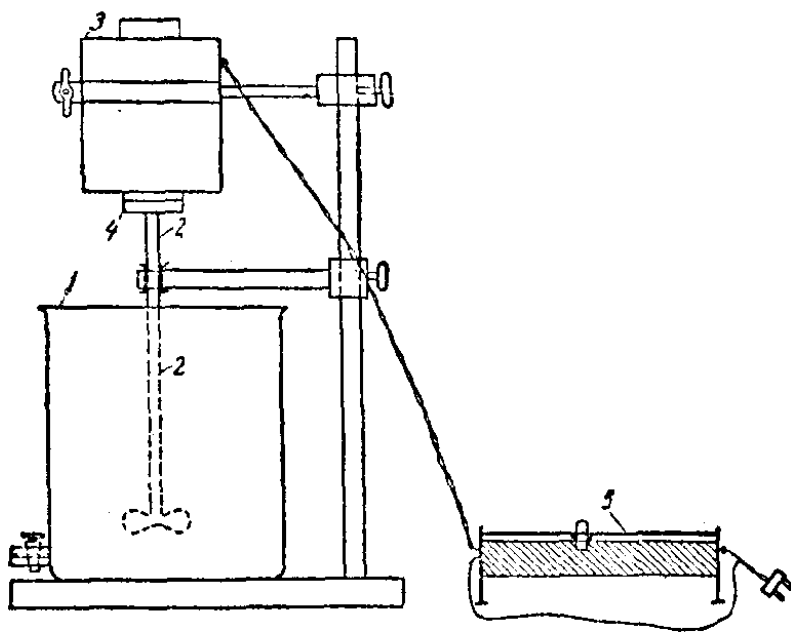


圖1. 實驗室用螺旋槳式攪拌器。

① Методы исследования керамических материалов. ГОНТИ, 1939。

联軸器 4 和帶动軸轉动的电动机 3 相連接。用变阻器 5 来調整軸的轉数。当容器的容量很大时,可安置特殊的减速器。在小桶的底部焊接有塞形开关,用以將已調制好的泥漿放出;为了便于傾瀉起見,小桶放在實驗室桌上或特殊的架子上。

泥漿調制程序如下。

开动攪拌器,注入必需的水量,然后在恒定攪拌的情況下少量地逐漸撒入細碎的干粘土。將所得到的泥漿全部通过孔徑为 1 毫米(36 孔/厘米²)的檢驗篩。

將調制好的泥漿注入盖有湿布的淺的石膏模型中,然后再在上面盖上石膏板,用同样的湿布將石膏板与粘土隔开,以免石膏混入粘土中。当石膏板已經飽和水分后,即將其更換,如此地使泥漿在石膏板上干燥,直到达到“正常工作含水量”(正常的稠度)时为止。

坯泥的正常工作含水量可以由触感法来决定。如果粘土能粘附在手指上,則把它放到用布盖着的石膏模中鋪成薄層。不时地从石膏模中取出粘土并仔細地拍打它。如果粘土是“硬質”的,即难以成形的,則應該逐漸加入少量水分,稍加湿潤。在正常工作含水量情況下,粘土易于成形,而且用手滾搓时不会粘在手指上和桌子上。

粘土潤湿得是否适当可用下列方法檢查。从已达到正常工作含水量的粘土上,切下一塊重 50 克的泥塊,向其中加入 0.5 厘米³ 的水。在玻璃板上用刮鏟仔細地攪勻它。如果加水后粘土泥团开始粘着手背,則最初測定的正常工作含水量是正确的。如果粘土泥团并無粘着的情况,則表示它潤湿得还不够,因而需要再行潤湿,并且仔細地拍打它。

將粘土干燥到正常工作含水量的時間同达到飽水率所需水分一样,都随粘土(或高嶺土)的物理-化学性質的不同而在很大的范

圍內变动。

科学院院士 B. C. 雷辛及 E. A. 葛加拉布茨卡婭發現, 烏克蘭高嶺土泥料的正常工作含水量为 31.8—54.0% (干物質的%)。

苏罗夫策夫指出, 可塑性很高的細膩粘土在正常工作含水量状态下, 一般含水由 35 至 45% (干物質重量的%); 中等可塑性的粘土含水达 25 至 35%; 無可塑性(瘠性的)的粘土在这种情况下, 含水达 15 至 25%。但是, 粘土的可塑性与正常湿度的坯泥中水分含量的关系不是恒定不变和有規律的。

測定粘土泥团的正常工作含水量时, 可应用 ГОСТ 310-41 所規定的測定水泥正常稠度及凝固時間的仪器、K. 庫馬宁 (K. Ку́манин) 仪器及其他一些能表示可塑性坯泥物理-机械性質的仪器。

ГОСТ 310-41 所規定的仪器 (圖 2) 是一个能在支座的套圈 2 中自由移动的圓柱形杆 1。利用擰紧的螺釘 3 可以把杆 1 固定在需要的高度上。杆上有指針 4, 用以指出它对于标度尺 5 移动的情况。标度尺 5 固定在支座上, 并分成毫米刻度。帶有杆头及附件的杆重为 265 ± 1 克。

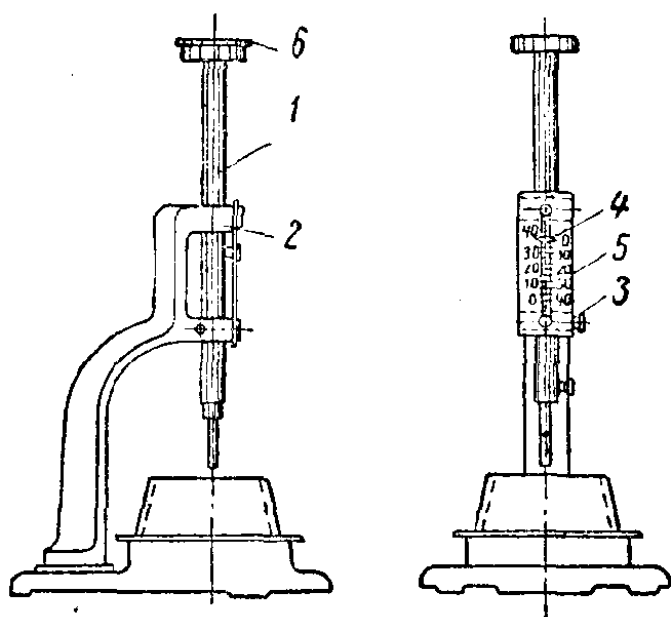


圖 2. 測定粘土正常工作含水量的仪器。
(根据 ГОСТ 310-41)

測定粘土泥团的正常工作含水量时, 杆下部安一細針 (圖 3), 其直徑 d 等于 1.1 ± 0.1 毫米, 長度 $l = 50$ 毫米。細針上的被固定部分的直徑 d_1 应等于 5 毫米, 長度 $l_1 = 14$ 毫米。細針由硬鋼絲制成, 重 7.5 ± 0.5 克。

細針不應該有彎曲,須具有光滑及干淨的表面。儀器的整個可以移動部分的重量應為 300 ± 2 克。因為杆及細針總重為 272.5 ± 1 克,所以安置在杆頂上的附加重量 6 (見圖 2) 應為 27.5 ± 0.5 克。

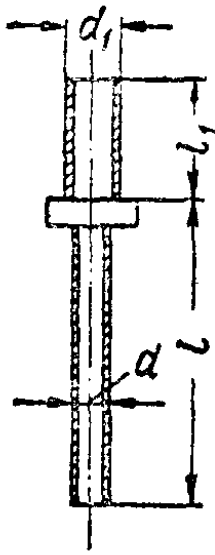


圖 3. 安裝在測定粘土正常工作含水量用的儀器上的細針。

為了測定粘土泥團的正常含水量,可在金屬模子中用手將泥團制成一個高 50 毫米、直徑 35 毫米的圓柱體,然後拿它來進行試驗。

已經確定,如果荷重為 300 克,5 分鐘內儀器上的細針進入泥團內部 3—4 厘米(決定於粘土的可塑性),則此粘土泥團具有正常工作含水量。取三次測定所得結果的平均值作為真正指標。

R. 庫馬寧式儀器(圖 4)由一根上面撐有直徑約 25 毫米的圓球的杆構成。在杆 1 上距圓球 2 的 65 厘米處緊緊地安有墊圈 3。杆的上部和墊圈在一起可以在黃銅管 4 的內部和兩個軸承 5 及 6 中間自由移動。其中上軸承 5 緊緊地固定着,而下軸承則利用螺紋擰入管子中。管子內部有鋼絲彈簧 7,當它和杆同時向上移動時,被墊圈 3 所壓縮。指針 8 接在杆的上端,此指針沿安着測量標尺的管子的上部移動。

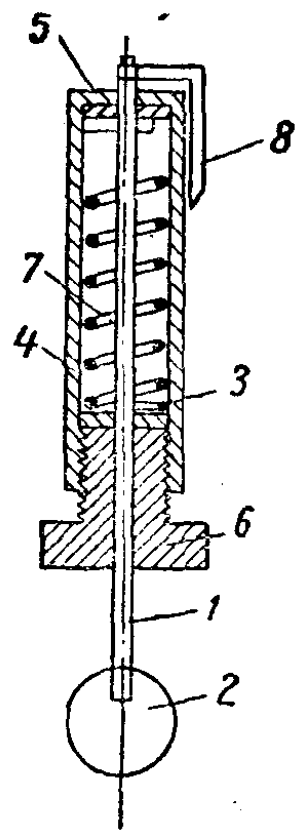


圖 4. R. 庫馬寧式儀器。

把這種儀器的圓球壓入可塑坯泥中,可以由刻度標尺確定阻力的大小,因而也測定出坯泥中的水分有多少。試驗指出,增加或減少水分 1%,該坯泥的硬性會改變 1.0—1.5 千克;因而可利用庫馬寧儀器來測量“硬性”隨飽水率的變化的關係。並繪出這種

变化的曲綫,然后可以很快而且相当准确地来确定調和坯泥所需的水量。

“硬性”的数值可以認為是,坯泥抵抗圓球慢慢地压入坯泥中,当达到其直徑一半的深度时的阻力。用来作試驗用的泥塊的大小應該是这样的:压下圓球时所形成的凹坑距其边緣还相当的远。

在 20—30 秒鐘中使圓球压入坯泥內达到其直徑的深度,这样所进行的平行測定的結果实际上是更相符合的。应針对每一种粘土及坯泥分別来定仪器的刻度。

塑性法潤湿泥料

把風干和研碎到塊度不超过 10—15 毫米的粘土放入盆中用水潤湿。

用預先的試驗来測定所需的水量。为此,在連續混合时,逐漸向 100 克的風干粘土称样中加入少量的水(开始时每次加 5 厘米³,以后,視粘土湿润的程度,每次加入 2—3 厘米³),直到粘土具有正常工作含水量(参閱上文)时为止。

决定了潤湿时所需的水量后,开始將粘土潤湿。为此,將粘土撒放在盆內成为平坦的一層,并且用細玻璃棒或金屬杆沿整个粘土層的厚度上豎直地穿若干小孔,以促使水分均匀地分布,而且使粘土坯泥很快地全部为水所飽和。將水分成 2—3 次加入,每次相隔 20—30 分鐘。用水潤湿过的粘土应經過 10—14 小时的悶料再进行拌合。若过早地拌合,則水分飽和过程就会因而大大延緩,因为在来不及浸透水分的泥塊表面上和粘土整个厚度方向上会形成一个难以透过水分的薄膜。

飽和了水的粘土用手拌合,直到泥塊散开而且所有坯泥的水分均匀分布时为止。

坯泥的加工 只有当粘土泥团經過仔細揉和和拌合,均匀而