

中等专业学校教学用书

陶瓷工艺学

M·O·尤什凱維奇著



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



陶 瓷 工 艺 学

M.O. 尤什凱維奇著

史 蔭 庭 譯

中国工业出版社

本书系根据苏联中等专业学校硅酸盐专业用教科书“陶瓷工艺学”的
修订第二版译出，可作为我国中等专业学校硅酸盐专业陶瓷专门化的教学
用书。

书中系统地介绍了粗陶瓷、耐火材料及细陶瓷等陶瓷制品的生产工
艺。此外，对一些陶瓷制品所用的原料及基本工艺过程也作了概括介绍。

М. О. Юшкович

ТЕХНОЛОГИЯ КЕРАМИКИ

Государственное издательство литературы

по строительным материалам

МОСКВА—1955

陶瓷工艺学

史 薇 庭 译

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $15^{1/4}$ ·字数357,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001—0,886·定价（9-4）1.45元

统一书号：15165·517（ⅡI-86）

序 言

本教科书是1951年出版的“陶瓷工艺学”的再版。本书系根据苏联建筑材料工业部教育局审定的教学大纲修訂而成。

在这一版中，大大地修改了和明确了原料的分类和特性，介绍了一些原料精选的方法。在材料的编排上，也作了某些更动。所有陶瓷生产的共同性工艺的理论性阐述，单独地集中在重新改写的第二章“建筑陶瓷生产工艺的基本过程”^{*}中，这将便于学生更深入地掌握生产工艺的理论基础。

由于装饰用陶瓷、饰面用陶瓷及有效陶瓷已广为生产，本书大量增加了介绍饰面陶瓷、瓷板以及多孔制品和空心制品的生产工艺的章节。

在选材中，我们尽力采用了新的科学技术成就，以及生产革新者在改善建筑陶瓷生产工艺中获得的成果。

本教科书的内容，仅系对陶瓷生产工艺的最基本的论述。欲深入研究某种陶瓷制品的生产，建议参阅专门介绍该种制品生产工艺的书籍或文章。

А·И·阿夫古斯契尼克、Н·К·安东涅维奇、И·Я·察尔金特及А·П·谢苗奇金对本书原稿提出了许多有助于提高质量的建议和意见，作者谨致以深切谢意。

作者

^{*} 疑为第三章“陶瓷制品生产工艺的基本过程”之误。——译者

目 录

緒 論

第一篇 总 論

第 一 章 陶瓷制品的分类.....10

第 二 章 生产陶瓷制品用的原料.....11

第一节 粘土质原料.....11

第二节 非可塑性原料.....19

第 三 章 陶瓷制品生产工艺的

基本过程.....22

第一节 原料的开采和运输.....22

第二节 陶瓷泥料的制备.....29

第三节 制品的成型.....30

第四节 陶瓷制品的干燥.....31

第五节 陶瓷制品的烧成.....32

第二篇 建筑用粗陶瓷制品的生产

第 四 章 普通粘土磚.....35

第一节 可塑法生产时泥料的制备与

生坯的成型.....36

第二节 半干压法生产时泥料的制备

与生坯的成型.....49

第三节 生坯的干燥.....59

第四节 磚的烧成.....71

第 五 章 空心建筑陶瓷和多孔

建筑陶瓷的生产.....83

第一节 空心磚和空心砌块.....83

第二节 硅藻土和硅藻石制品.....92

第三节 陶粒和多孔陶瓷.....93

第四节 排水管.....95

第 六 章 瓦的生产.....96

第一节 概論.....96

第二节 粘土的加工和泥段的制备.....98

第三节 瓦的成型.....98

第四节 瓦的干燥.....100

第五节 瓦的烧成.....101

第 七 章 建筑物饰面陶瓷的生产.....103

第一节 复面磚和飾面磚.....103

第二节 赤色陶土制品.....105

第三节 馬克利卡制品.....113

第 八 章 陶土炆器制品的生产.....118

第一节 熔块磚.....118

第二节 下水管.....119

第三节 鋪地瓷磚(地磚).....126

第四节 耐化学侵蚀的陶土制品(耐 酸材料).....135

第三篇 耐火材料的生产

第 九 章 耐火材料的分类与性能.....139

第一节 耐火制品的分类.....139

第二节 耐火制品的性能.....139

第 十 章 硅氧质耐火材料.....143

第一节 硅磚.....144

第二节 石英玻璃.....151

第 十一 章 硅酸铝质耐火材料.....151

第一节 半酸性耐火制品.....151

第二节 粘土耐火制品.....152

第三节 多熟料耐火磚.....163

第四节 用輕燒熟料做的耐火材料.....164

第五节 熟料-高岭质制品.....164

第六节 輕质粘土耐火材料.....165

第 十二 章 高铝质耐火材料.....167

第一节 硅线石族矿物做的制品.....167

第二节 含水铝氧做的制品.....167

第三节 剛玉质制品.....168

第 十三 章 镁石质和鉻鉍质耐火

材料.....169

第一节 镁石质耐火材料.....169

第二节 鉻鉍质耐火材料.....170

第三节 白云石质耐火材料.....170

第 十四 章 耐火泥与耐火混凝土.....171

第四篇 细陶瓷制品的生产

第十五章 细陶瓷制品的分类174

第十六章 生产瓷器和精陶用的

原料174

第一节 粘土和高岭土175

第二节 瘠性原料和熔剂177

第十七章 瓷器和精陶制品泥

料的制备178

第一节 泥料组成举例178

第二节 泥料制备的方法179

第三节 原料的粉碎细度对泥料性能的影响181

第四节 制备泥料用的机器和设备181

第十八章 石膏模的制备190

第十九章 瓷器和精陶制品的成型192

第一节 在轆轤上成型192

第二节 在旋床上于石膏模内成型192

第三节 从挤泥机机嘴挤出而后车削的成型方法193

第四节 制品的压型193

第五节 用注浆法成型制品194

第六节 制品成型时的缺陷195

第七节 制品的修整196

第二十章 瓷器与精陶制品的干燥197

第二十一章 匣钵的制备199

第二十二章 细陶瓷制品的烧成202

第一节 瓷器坯体的形成202

第二节 烧瓷器和精陶制品用的窑204

第二十三章 瓷器和精陶制品的

施釉和彩饰207

第一节 制品的施釉207

第二节 制品的着色215

第二十四章 几种精陶陶制品的生产217

第一节 精陶的亚种217

第二节 精陶瓷砖的生产218

第三节 卫生-建筑精陶的生产225

第四节 熟料质卫生-建筑精陶的生产230

第二十五章 几种瓷器制品的生产233

第一节 软瓷233

第二节 硬瓷234

第二十六章 细炆器陶瓷制品的生产237

第二十七章 特种陶瓷制品的生产239

第一节 镁质制品239

第二节 高铝制品241

緒 論

所謂“陶瓷”，系指用粘土或粘土与其他原料的混合物经过加工、成型、干燥与烧成等工序制成的各种制品。

陶瓷制品在国民经济若干部门中有着极不相同的用途。它们可以用来作建筑材料——砖、瓦、复面墙砖与地磚、下水管、各种卫生-工程制品；在化学工业与冶金工业中它们可用来作耐酸材料与耐火材料；在电机工业与无线电技术上以特种泥料做陶瓷制品可用来作电绝缘子和其它零件。陶瓷特别富有建筑艺术魅力，可以用它制成艺术制品与房屋的建筑部件。

苏联陶瓷生产发展简史

用粘土来制造器皿和制品，在远古的时候（公元前几千年）就为人们所知。亚述人和埃及人，早就熟悉陶瓷制品的烧制和彩釉的制备。在古希腊和罗马，陶瓷的生产也是很发达的。在欧洲和亚洲地区的考古发掘中，都发现了四到五世纪的陶瓷器皿、花瓶和各种装饰品。

十到十三世纪的古俄罗斯教堂（符拉契米尔，诺夫高罗德等）的装饰，可作为古俄罗斯陶瓷生产的最好的范例。

十四世纪开始（1326—1333年），莫斯科才开始建造砖房。这一时期，曾经建造了几座砖砌的教堂。直到十五世纪中叶，才广泛用砖来修建房屋。从这时起，不仅在莫斯科，同时也在其它城市——卡卢姆、土拉、斯摩棱斯克等地，也普遍用砖建造房屋。

1415年，著名的建筑师、工程师——阿里斯托捷利·费俄罗凡齐，应伊凡三世的邀请来到了莫斯科，他在砖的生产工艺上作出了很大的贡献。他提出了改变砖的尺寸，把砖做得狭而长些。“阿里斯托捷利”砖的尺寸是 $6.5 \times 2.5 \times 1.5$ 俄尺，或是 $270 \times 110 \times 70$ 毫米。按体积来说，它为现代砖的1.05倍。在他的领导下，在卡尼特尼考夫建立了第一个有固定窑顶的窑的砖厂。在十七世纪末叶，莫斯科砖厂的年产量已达三百万块。在其他城市里，砖的生产也在不断发展，十七世纪前半叶，在15个城市中都有了制砖工匠。

十五到十七世纪俄罗斯所制造的砖，质量是很高的，凡是到过俄罗斯的外国人，都曾提到这一点。譬如，在十六世纪访问过俄罗斯的彼得·阿兰斯基就写道：“……这个国家的砖是最好的，莫斯科人对制砖是非常有经验的。”

由于俄罗斯建筑业的发展，也建立了生产瓷磚的作坊。这种瓷磚用制磚粘土做成，并涂上不同色泽的不透明釉。俄罗斯人知道白釉的组成，要比欧洲各国都早。这时最好的工匠是依格納蒂·馬克西莫夫、伊凡·西門諾夫，而最好的艺术陶瓷工匠，则是彼得·斯包罗夫斯基。伏斯涅什尼亚教堂（1532年，莫斯科附近卡罗明村）与瓦西里亚·布拉申神殿（十六世纪中叶，莫斯科），便是十六世纪人所共知的俄罗斯的砖砌建筑物。

在欧洲，陶瓷生产发展的新阶段，是从发现了瓷器生产的秘密后开始的。瓷器约在纪元前3,000年发明于中国，但是制造瓷器的秘密，欧洲却长期都不知道。

中国瓷器（器皿、盘子、茶壶、茶杯）的特点是：颜色洁白、釉面光亮、种类繁多、颜色牢固且艺术性高。在十五世纪末，中国瓷器才由威尼斯人传入欧洲；于十七世纪末在法国试制了第一批瓷器，从这时起，就有了软瓷（熔块瓷）的生产。它们不是别的，而是白色的结晶玻璃。

到十八世纪初（1709），即在第一个知道中国瓷（硬瓷）的欧洲人之后二百年，约根·贝特盖（萨克逊）才找到了制造瓷器的方法。

俄罗斯第一次生产陶瓷是在十八世纪中叶。这是杰出的研究家和工艺家——季米特里·依凡诺维奇·维诺格拉多夫顽强而紧张工作的结果。他是米哈伊尔·瓦西里维奇·罗蒙诺索夫的亲密战友。

Д.И.维诺格拉多夫所调制的瓷器泥料，在组成上是和当时中国的与萨克逊的瓷器有重大差别的。他用的是我国的原料。

第一批印有Д.И.维诺格拉多夫标志的俄罗斯瓷器制品，出现在1759年。瓷器的质量高，并闻名于世界。

Д.И.维诺格拉多夫在创造瓷器用的颜料方面，也做了很多工作。他领导了涅夫瓷厂（现在的列宁格勒罗蒙诺索夫瓷厂）共十四年。

Д.И.维诺格拉多夫还在原来的科学基础上完成了很多实验。他写道：“我以瓷器化学作为基础，并以它作为自己最主要的指导者。”*

差不多和Д.И.维诺格拉多夫同时，М.В.罗蒙诺索夫也单独地进行了广泛的研究，以期得到瓷器泥料。在他的实验记录里，有50种以上的泥料配方。此外，М.В.罗蒙诺索夫还奠定了陶瓷生产的理论基础，陶瓷坯体形成过程的理论，他写道：“将粉状物料加水调制成泥团，再根据需要塑成一定形状；然后缓慢地进行干燥，再经高温灼烧，使之形成石状材料。这一过程，就叫做烧结。烧结与玻化不同，此时原料并不液化，同时这种石状产物在灼烧时既不软化，也不会拉成丝。这种例子对制砖工人是极为寻常的，但对陶瓷工人来说最为确切”（“实用物理化学教程”，1752年）。

十八世纪中叶（1756年），在莫斯科省（费尔别尔克）开办了第二个瓷厂，而在1798年在梅依戈利（基辅省）建立了第一座生产精陶制品的工厂。

陶瓷器的生产，在十九世纪初，在俄罗斯是很发达的。这时在很多省分都建立了陶瓷工厂和作坊，其中以莫斯科省（格赛列省）和乌克兰省最多。

在很长时期内，俄罗斯的陶瓷生产技术几乎没有什么改变。由于当时劳动力便宜，没有采用机械装备进行生产。所以在很长的时期内，砖的生产过程都是这样的：粘土用手工开采，用双脚或用马拉的木制练泥机练泥，用手工在木模内或用陶车成型，在有棚的或露天场地上干燥，在最简单的土窑里烧成。

陶质建筑材料的品种，几乎只限于一般的粘土磚和瓦。只有四个小厂（两个在乌克兰，两个在中俄罗斯）生产下水管；四个工厂生产铺地瓷磚；还有一个在莫斯科的工厂生产釉面精陶磚，而精陶制品、釉面瓷磚及烘炉用的瓷磚，则由各省的手工业作坊生产。

陶瓷制品的生产量是非常小的。1913年俄罗斯只生产了21.5亿块磚。根据农业部的资料，在俄罗斯欧洲部分的三十七个省中，瓦的生产为9,500万块，而整个俄罗斯才只约有1亿块。

* М.А.Безбородов Д.И.Виноградов—создатель первого русского фарфора, АН СССР, 1951.

耐火制品的生产是紧随着冶金工业、玻璃工业、水泥工业和动力工业等工业部门对这些制品的需要而逐渐发展起来的。

俄罗斯第一个生产耐火制品的工厂，是1865年于波罗维奇（诺夫戈罗德区）创建的。到1880年，在一些冶金工厂（如斯拉脱乌斯托夫，别姆斯克等）中就有了制造熔炼金属用的耐火坩埚的车间。由于冶金工业的发展，急剧需要扩大耐火材料的生产，并要求改善它们的质量。1877年，在恰索夫-雅尔（顿巴斯）组织了耐火材料的生产。1889年，创立了捷抗硅砖厂。1894年，开始开采伏龙涅什省的耐火粘土矿，并在那里组织了粘土耐火材料的生产。1900年，在乌拉尔建立了“镁石”工厂。1913~1914年，耐火材料的产量已达76万吨。

伟大的十月革命后的头几年制砖工业就开始了改建，在第一个五年计划的年代里，制砖工业就大规模地发展。在这段时期，组织了我国工艺装备（练泥机，成型机械，破碎-粉碎设备）的生产。苏联发明家——B·E·格罗姆-格尔齐亚罗、A·И·阿尔捷姆金等人创造了人工干燥器，使输运现代化。

在这几年，曾创建了第一批机械化的砖厂（在莫斯科近郊的龙布利村，在卜达列斯克等地）和以半干压法制砖的工厂（在塔夫洛卡卡，斯大林斯克等地）。在这时，也第一次试生产了空心陶瓷。

1918年，在列宁格勒建立的国立陶瓷研究院（ГИКИ），在莫斯科建立了全苏建筑材料研究院，以及在各地设立的分所，都对陶瓷工业的发展有很大的帮助。

在30年代，制砖工厂开始了大规模的改建。由于人工干燥器的普遍采用与工艺过程的机械化，使砖厂变成全年生产的工厂。用掘土机开采粘土，采用机械化运输，用内燃机车搬运粘土，坯体的半自动切割代替了手工劳动，所有这些都促进了劳动生产率的提高，产品质量的改善以及产量的增加。

砖-瓦工业的典型设计，给予了很大的注意。设计院完成的典型设计，决定了工业发展的技术方向。

当时，主要品种的建筑陶瓷制品的产量如下：在1940年，砖产量达86.66亿块，瓦产量达1.62亿块，铺地瓷砖产量达132.6万平方米。

在第一个五年计划期间，耐火材料工业就从沙皇俄罗斯遗留下来落后的手工业，一变而为拥有最新技术装备的大型的机械化的工业部门。

耐火材料工业的成就，除了产量的增长外，也表现在多种产品的生产，以及产品质量的迅速提高。对许多产地的耐火粘土与高耐火原料（纯橄榄岩，橄榄岩，蛇纹岩等）进行了研究。掌握了许多耐火材料新品种——高炉砖、焦炉砖、高铝砖、铬-镁砖，以及其它特种耐火材料的生产。

到1932—1933年，耐火材料的输入已完全停止。

哈尔科夫、列宁格勒的耐火材料科学研究院和许多高等工业学校的专业教研室，在研究地方原料和拟定生产工艺方面作了许多工作。A·И·阿夫古斯契尼克、A·A·巴依柯夫、Д·С·别良金、П·П·布德尼柯夫、E·И·阿罗夫、B·С·什维卓夫等学者所进行的研究工作，为原料基地与耐火材料工艺的理论性研究，奠定了基础。

在五年计划期间，细陶瓷工业的基础焕然一新，并开始迅速的发展。

目前，现行企业正在不断扩建，建立用现代化设备装备起来的新工厂，成功地应用了半自动成型机械、机械化的输送带干燥器以及隧道窑。

陶瓷工业的工人，在战后的第一个五年计划里，进行了巨大的工作。

战争结束后只经过了四年，建筑陶瓷工业的所有部门就都已达到了战前的生产水平。工厂不仅是简单地恢复生产，且都用新技术装备了起来。这便为继续改建现有工厂与建立新厂创造了条件。

在用技术装备陶瓷工业中，苏联的机械工业起了重大的作用。它保证了高生产率的工艺设备的供应，如大功率掘土机、破碎-粉碎机械、混练机、真空挤泥机和半干压砖机、自动切割机和提升运输设备等。

广泛开展的生产革新者运动，挖掘了建筑陶瓷工业的巨大潜力。

这些潜力是：减少单位产品的原料和燃料耗用量（由于生产了有实效的空心砖），生产长下水管、薄壁瓷砖和复面板，以及生产结构合理和重量较轻的瓷器和精陶卫生-工程制品。

在制砖工业中，干燥和烧成过程的强化，也大大挖掘了窑炉和干燥器的潜力。在制砖工业中，普遍采用了快速干燥和快速烧成：复面板和釉面砖的一次烧成；瓷砖和卫生精陶的无匣钵烧成；窑炉容积最大限度地利用；在生产复面细陶瓷时，匣钵质量的改善与使用寿命的延长；这都促使能在同一设备上生产出更多的产品来，并改善了产品的质量。

苏联共产党教导我们：只有在新的先进技术的基础上，充分利用现有工业基地的潜力，采用先进的劳动方法以及深入研究并利用国外的经验，才能使工业不断发展。

1955年，苏联共产党中央委员会七月全会决议指出：党、苏维埃组织和经济机构的最重要任务是，与保证国民经济计划的完成一样，尽一切可能提高生产的技术水平。

由于在掌握最新的装备和新式设备、运输设备的机械化（其中包括工序之间的运输）、劳动过程的普遍机械化、车间的合理布置、工作地点的合理组织等方面采取了综合的措施，使得新技术可以达到高度的水平。

先进技术的采用，保证了各生产车间工艺过程的强化，劳动过程的自动化和机械化，产品成本的降低和质量的提高。

现在，最先进和最新的陶瓷生产的组织原则，应认为是高度机械化和自动化的连续的传送带式的生产方法。

在陶瓷工厂中，若大量装备有原料加工机械、制品成型机械、输送带式干燥器、隧道式干燥器和隧道窑，并与运输原料、半成品和成品的机械设备配合使用，则能为工厂在短生产周期内过渡到用先进方法和有节奏地进行生产创造一切必需条件。

复 习 题

1. 第一批瓷器出现在欧洲何处？
2. 俄罗斯何人首先研究并创立生产瓷器的工艺学？
3. 革命前的俄罗斯，陶瓷与耐火材料工业的发展如何？
4. 在苏联五年计划的年代里，制砖工业与陶瓷工业如何发展？

第一篇 总 論

第一章 陶瓷制品的分类

陶瓷制品的生产工艺，大体分为以下几道工序：原料的粉碎、润湿、混合及成型。湿润过的可塑混合料（陶瓷泥团）可以做成任意形状；制品形状的保持，起初是靠干燥而后是靠烧成来实现。烧成使制品具有硬度（强度）、抗水性、热稳定性、抗冻性以及其它性能。

不同的陶瓷制品，它的性能也不同。这些性能决定于原料的化学组成、制品的加工方法以及烧成气氛、烧成温度和烧成时间。

陶瓷制品一般是按其气孔的结构进行分类。按照这种分类方法，可把陶瓷制品分为二大组：

- 1) 多孔制品：断面呈土色并且透水；
- 2) 烧结制品：断面光亮，呈贝壳状，且不透水。

按照生产中采用的原料不同，陶瓷制品又可分为粗陶瓷、细陶瓷和耐火材料。

按照在建筑上的用途不同，陶瓷制品还可分为：

墙壁材料：这类材料包括实心砖、空心砖、多孔砖、空心砌块；

楼板用材料：空心砌块和各种结构的梁；

屋面材料：各种瓦；

复面材料：这种材料用在房屋内外装饰工程中，如复面砖、复面板、地砖、墙砖以及炉灶用的瓷磚等；

特种用途的材料：如化学稳定的陶瓷（管子、器皿、板），下水管和排水管；

装备民用建筑和工业建筑的卫生-工程陶瓷制品：如洗面器、便器、水箱等；

耐火材料：用于各种工业热工设备上。

陶瓷制品的分类

A. 多孔制品

无 釉 制 品			施 釉 制 品	
粗 陶 瓷	细 陶 瓷	耐 火 材 料	粗 陶 瓷	细 陶 瓷
磚 瓦 排水管 粗陶制品	瓷磚(复面板)	粘土磚 硅 磚 高 鋁 磚 鎂 磚 礬 磚 特种耐火材料	磚 瓦 粗陶制品	馬克科卡克* 瓷 磚 各种精陶制品

* 一种施有不透明彩釉的意大利瓷器。——譯者

E. 燒 結 制 品

无 釉 制 品		施 釉 制 品	
粗 陶 瓷	細 陶 瓷	粗 陶 瓷	細 陶 瓷
硬 磚 地 磚 炻器制品	細炻器制品 电絕緣陶瓷和无綫电技术 陶瓷	下 水 管 耐酸制品	瓷器制品 电絕緣陶瓷和无綫电技术 陶瓷

复 习 題

1. 陶瓷制品如何按其特征进行分类?
2. 陶瓷制品如何按其用途进行分类?

第二章 生产陶瓷制品用的原料

制备陶瓷制品用的原料, 可以分为二大組:

可塑原料: 如粘土和高岭土;

非可塑原料: 熟料(經煅燒过的粘土)、石英和石英的变体、长石等。

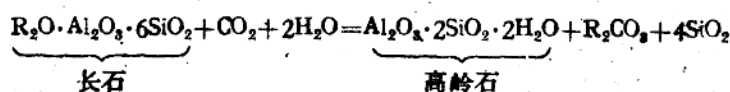
第一节 粘土质原料

在苏联标准 (OCT) 5539 中, 对陶瓷工业用的粘土原料下了如下的定义:

“陶瓷工业用的粘土原料, 是各种化学-矿物組成不同的細碎岩石。它們在自然界中呈松散或致密状态, 当燒到相当的温度后, 便失去化学結合水; 再繼續升高温度时, 就具有石头般的机械强度。”

各种粘土和高岭土 便屬这类原料。它們的主要性能决定于其中所存在的粘土 质矿物——高岭石 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

高岭石的形成过程可以用下式表示:



粘土和高岭土都是岩石的风化产物。它們殘留于形成地点或为流水漂积到别处。在第一种情况下所产的粘土, 叫做原生(或靜积)粘土, 在第二种情况下所产的粘土, 叫做次生(或沉积)粘土。

粘土和高岭土, 多少都掺杂一些殘留的原生岩石、岩石粒子或为水迁移时 帶入的杂质。最常見的杂质是石英、长石、云母、鉄化合物、鈣化合物、鎂化合物、鉀化合物、鈉化合物以及鈦化合物等。

如果粘土中杂质含量不多，便是耐火粘土；如果杂质（特别是含铁矿物）含量多，便是易熔粘土或难熔粘土。

粘土有几种分类的方法：按形成的方式、按矿物或化学组成等等。按照实际使用范围所确定的粘土质量作如下分类，对工艺制造来说是有意义的。

粘土按工艺特性分类

高級粘土	高岭土：用来制造细陶瓷和耐火材料。
	耐火粘土：按降低耐火度的矿物杂质（长石、云母、氧化铁等）的含量，又可把这种粘土分为几等。主要用来生产耐火材料和细陶瓷。
普通粘土	熔块用粘土：烧成后呈石胶致密物。用于制造地磚、污水管、化工设备等。
	粗陶用粘土：可塑性高而无大粒杂质。成型性好，制品干燥时不产生裂纹。用于制造粗陶器皿等。
	瓦用粘土：比粗陶用的差些，但可塑性好，干燥敏感性小。
低級粘土	磚用粘土：质量高的可塑性大，易干燥。用于制造复面磚、瓷磚、排水管等。
	磚用、低可塑性粘土：含有大量砂子或易熔杂质。燒結范围狭窄，制品很难燒成。燒成时易膨胀变形，用来生产陶粒。

按照П.А.捷米亞欽斯基的意见，大多数粘土都是比例不等的各种矿物的混合物。一组矿物没有可塑性，而另一组矿物可塑性很高，因此后者就叫做“粘土质物质”。粘土质物质的粒子小于0.005毫米，而非粘土质物质的粒子则大于0.01毫米。按照组成粘土质物质的矿物粒子的特性，粘土可以有简单的（单矿物的）和复杂的（多矿物的）二种。

简单的粘土质物质，其化学组成和高岭石相同或极为近似。

复杂的粘土质物质，是各种含水硅酸铝以及细粒云母（白云母）与其它细粒矿物的混合物。

粘土质物质内所含的矿物，决定了其主要的工艺性质：可塑性、结合性、耐火度等等。

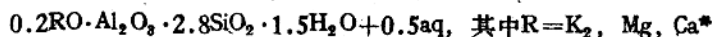
分布最广的粘土矿物是高岭石、微晶高岭石、水云母和绿高岭石。

高岭石族 包括分子式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n=2$ 或 4) 的矿物。高岭石和多水高岭石 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 即是这一族的代表。

微晶高岭石族 包括：微晶高岭石 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、拜来石 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)，以及其含铁变体。这一族矿物膨化能力强（微晶高岭石在水中膨化时，体积增大9—11倍）。

微晶高岭石质粘土的可塑性好，结合力大。它们在自然界分布很广，制砖工业用它。

水云母族 依据Д.С.別良金的资料，这一族的生成粘土的矿物，是粘土中分布很广的水白云母，其分子式为：



在这一族粘土中，硷类含量是不同的。水云母族粘土在水中膨化时，体积增加不多（20—25%）。

绿高岭石族 是微晶高岭石和绿高岭石 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 的混合物。这一族粘

* 原书为 $0.2\text{RO} \cdot 2.8\text{SiO}_2 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O} + 0.5\text{aq}$ ； $\text{RO} = \text{K}, \text{Mg}, \text{Ca}$ ，恐系原作者的笔误。——译者

土含鉄，使它們在燒后有相应的顏色。

非粘土部分 粘土中的非粘土部分是一些氧化物 (SiO_2 、 Fe_2O_3)、硅酸盐 (长石、白云母、鋁英石、海綠石等)、磷酸盐 (磷灰石)、硫酸盐 (石膏)、硫化物 (黃鉄矿 FeS_2)。此外还有碳酸盐 (成 CaCO_3 形式)、白云石 ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) 以及菱鉄矿 (FeC_2O_4)。

粘土中杂质的含量可能很高，以至影响它的质量 (例如石英砂、氧化鉄、云母等)，但有时或仅含有微量的岩石 (例如鋁英石、柎榴石等)。

粘土原料的主要变体

对陶瓷原料提出的主要工艺要求是，化学組成均匀及杂质含量的波动范围小。

高岭土是最純的原料，它多半是高岭石矿物，其結晶結構很清楚，可塑性較低。顏色由淺灰色到純白色。

高岭土中所含的杂质，是风化不完全的、形成高岭石时的岩石碎片。这种杂质，大部分可經浮选去掉。按照杂质的化学特性可分为：純高岭土 (含有不大于 6% 的石英、不大于 2% 的礫类)；硷性高岭土 (含有 5—7% 氧化鈣和氧化鈉)；硅氧质高岭土 (含有 20% 或更多的細石英砂掺杂物)；硷性-硅氧质高岭土 (同时含有大量的石英和礫类)；鉄质高岭土 (含有 2% 以上的氧化鉄，呈黃色，对生产瓷器和精陶是不适宜的)。

粘土的化学組成，主要由其中氧化鋁的含量表示。根据这一指标，并按其杂质含量的不同，OCT5539 中，将陶瓷工业用的粘土原料分为如下几組 (見表 1)。

表 1 粘土按氧化鋁含量的分类

組 別	氧化鋁(Al_2O_3) 含量占粘土的%	符 号
高 硷 性	40 或更多	a
硷 性	30—40	b
半 酸 性	15—30	в
酸 性	15	г

按照砂的含量、粘土和砂的正确比例不同，粘土岩又有不同的名称：

粘土	由 1:0—1:1
砂质粘土	
重型	由 1:1—1:3
中型	1:4
輕型	由 1:4—1:7
砂土	由 1:7—1:10
粘土质砂	由 1:10—1:50

按照杂质含量的不同，可把粘土分为以下几种：

鉄质粘土 含大量氧化鉄，燒后呈不同程度的黄色和紅色。在粘土和高岭土內，氧化鉄 Fe_2O_3 的变动范围很大：在高岭土內为 0.5—2%，在耐火粘土內为 0.8—2.5%，在难熔粘土內为 1.5—3.5%，在易熔粘土內大于 3.5%。

膨潤土质粘土 膨潤土是含有 75% 以上微晶高岭石型結晶矿物的岩石。它是噴出岩毀坏时生成的。这种粘土的特点是含礫量高，呈細分散結構。

黃土质粘土 是粘土物质、碳酸鈣和石英、长石、云母等矿物的細粉的混合物。它們

完全不能用浮选法分开。黄土可塑性小，易塔。

頁岩粘土和粘土頁岩 多半是粘土物质、石英与云母的細顆粒，其中的杂质常为金紅石（ TiO_2 ）、黄鉄矿和方解石。

粘土頁岩在水中完全不湿散或极难湿散。它們的可塑性是不同的。在某些情况下，粉碎后与水混合而成可塑泥团。

粘土和高岭土的工艺性质

粘土原料的质量，决定于其自然状态下的外形、顆粒組成、可塑性、結合性、加热的变化、耐火度以及灼燒后的顏色。

外形 粘土在自然状态下的外形，由它的顏色、結構、断口的特征与均匀性表示的。

顆粒組成 由各种大小顆粒（篩分）的比例表示。它决定着粘土的分散度。顆粒組成对粘土的操作性能，如可塑性、結合性和燒結性等有很大的影响。湿润水的多寡，是和粘土的分散度与可塑性有关（湿润水，即得到可以工作的泥团所需的水量）的。

为了测定顆粒組成，把粘土进行篩分。篩分后的每組顆粒大小相近。粗顆粒可用篩分法分开，而細顆粒則用浮选法和离心法分开。

可塑性 粘土的可塑性是粘土与水形成泥团的能力。泥团在外力作用下，可塑成任意形状，而不生裂紋或断裂，当外力除去后，仍保持原来的这一形状，粘土的这一性能即为其可塑性。可塑性是粘土最重要的工艺性质。

所有的可塑泥团都是一个非均态系統，由固体的分散相和液体的分散媒組成，因此粘土的可塑性不仅和固相有关，而且也 and 液相有关。固相的性质对粘土的可塑性有显著影响的是：1）粘土的化学性质；2）分散度以及与分散度有关的比表面；3）粘土顆粒的形状。

用水湿润固相粒子，是得到可塑泥团的必要条件。因此，液相的性质具有很大的作用。大家都知道，粘土多半和含有氢氧基的液体（水）形成可塑泥团，而和碳氢化合物（例如汽油、煤油等等）則不能形成可塑泥团。

粘土与水的关系是其重要的性质之一。这一关系表现在它吸附水、水蒸汽或水滴的能力上，同时，在表现在其体积显著地增大（膨化）上。这二个性质都和粘土的顆粒組成有关。当体积固定时，顆粒愈多，則其总表面愈大，粘土的吸水能力也愈高。依据捷米亞欽斯基教授的数据，粘土的吸水能力为2.5—22%（占粘土的重量）。

体积的增大——粘土吸水膨化——也取决于粘土的性质，一般增大0.9—1.9倍。

粘土顆粒为水湿润，是一个物理-化学过程，因为这时有热放出。与粘土混合的水，渗入到粘土顆粒之間的孔隙里去，并把空气挤走。粘土顆粒吸水而膨化，为此，粘土泥团的体积要比被湿润的干粘土的体积大。

在粘土泥团內，过剩的水会使顆粒之間的距离增加，从而降低了顆粒之間的相互引力，泥料就不再具有可塑性，而首先呈现出液体的主要性质——流动性。粘土泥团失去它的工作稠度时，便开始粘手，再继续加水，它就不再保持其已有的形状而开始流动。

得到工作稠度的粘土泥团所需的水量，叫做湿润水，可用下式表示：

$$W_{\text{湿}} = \frac{g_{\text{可塑}} - g_{\text{干}}}{g_{\text{可塑}}} \times 100\% (\text{相对湿润水分}),$$

$$W_a = \frac{g_{\text{可塑}} - g_{\text{干}}}{g_{\text{干}}} \times 100\% (\text{绝对湿润水分}),$$

其中 $g_{\text{可塑}}$ ——干燥前标准工作状态下的粘土重量;

$g_{\text{干}}$ ——在温度为100—105°C下干燥到恒重后的粘土重量。

湿润水的数值, 表示粘土颗粒表面吸附的最大水量。此水使粘土颗粒牢固地吸附着, 并使粘土具有可塑性。粘土和高岭土的可塑性, 依据国定全苏标准 (ГОСТ) 5499-50 规定*, 有如下几种测定方法。

用可塑指数来表示可塑性。此可塑指数是粘土在流动性的下限时和濒于开裂时所含水分的差值, 这二个数值都以干粘土的%来表示。

粘土的可塑性愈大, 可塑指数愈高:

一般可塑性	大于15
二级可塑性	由7—15
三级可塑性	由1—7

例如, 如果粘土的绝对水份在流动性的下限时是45%, 而在濒于开裂时是20%, 那么可塑性的数值是45-20=25%, 可塑指数为25。因此, 它就算一级可塑性粘土。

在生产条件下, 粘土的可塑性和陶瓷泥料的水分都按粘土的性质、制品的成型条件以及制品的形状来调节。

为了提高粘土的可塑性, 粘土要在室(湿地窖)内于潮湿的状态下晒泥, 或在空气中冻结, 甚至用蒸汽处理。晒泥和蒸汽处理会促进物料松散, 并提高分散度。实际工作中, 也可往粘土内加进可塑性较大的粘土或者各种胶体物质(糊精, 淀粉等等)来提高粘土的可塑性。

结合性与结合能力 粘土泥团在干燥时保持其既得的形状, 这是因为泥料的粒子由于内聚力的作用而比较牢固地相互结合起来。粘土的结合能力以下法表示:

1) 加入不同数量的惰性物质(瘠化剂)时的成型能力;

2) 与瘠化程度有关的干燥试样的机械强度的变化。如果利用没有外加剂的粘土做一个相似的试验, 那么它的结果就表示粘土的结合性。

粘土的**结合能力**, 即为它能结合非可塑物料(砂子、云母、熟料等等)颗粒, 并在干燥时形成结实制品的性质。粘土的结合性通常是用加入标准砂**的最大数量来表示的。此时, 砂子加到粘土中时, 仍能形成很好的、有一定形状的泥团。

所有的粘土按结合能力, 可把它分成四组(表2)。

由于粘土瘠化程度不同, 用经过干燥的粘土试样测得的8字形粘土的抗拉强度极限的

表2 粘土按结合能力的分类

组 名	加砂量(%)	符 号 (依据В. 别列尔)
高可塑性粘土	60—80	+++成型性好
可塑性粘土	20—60	++成型性较好
瘠性粘土—低可塑性粘土	20	+成型性差
石状粘土(硬质粘土和页岩)	不形成泥团	-不能成型

* Л. А. Мануйлов, Г. И. Ключевский и А. А. Геазбург, "Лабораторный практикум по технологии силикатов", Промстройиздат, 1955.

** 把冲洗并筛选过的伏尔产地的纯石英砂当做标准砂。砂子要满足下列要求: SiO₂含量97%; 在64孔/平方厘米筛上的筛余不大于3%; 在144孔/平方厘米筛上的筛余不大于8%; 比重为2.62—2.66。

变化，也有所不同。粘土泥料的粘結能力用抗折强度极限来表示。抗折强度极限是将截面为方形或梯形的試样在Г·Н·杜杰罗夫改装过的庫列型仪器上测定，当粘土的結合能力，以加入的标准石英砂的最大数量来测量时，加进的石英砂所形成的可塑泥团，其可塑指数不小于7。

粘土和高岭土的稀釋性 很多陶瓷制品（主要是瓷器和精陶）都是在石膏模內澆注成型的。这时陶瓷泥料已不是可塑泥团，而是液体（悬浮液）了。这种泥料在生产上叫做泥浆。制备泥浆时可以加入很少量的可塑粘土，甚至也可以不加入可塑粘土。

对液体的陶瓷泥料提出一系列的要求：要含有保証流动性的最少量水分，要稳定而不分层，即其中不使組成泥料的顆粒（石英、长石等）沉降下来。

泥浆的稳定性、流动性以及含水量，是由悬浮液的电解性、矿物粒子和水的結合状态来决定的。

泥浆的矿物組成部分是晶体。它們的电性质是活潑的，因此在其表面上能把經常存在于水里的离子吸住并保持着。每个粒子外面圍着一个“离子层”，当矿物粒子带負电时（阴离子），这一层就具有带正电的离子（阳离子）。此外，水和矿物粒子在接触时的相互作用，是物理作用。在电荷的影响下，矿物粒子水膜上的分子，按一定次序分布着，好象在晶体里一样。这种定向在矿物粒子的附近表现得最为明显，离开表面愈远，定向程度就逐漸减低。复盖在粒子上的水有着新的性质：变得比較致密（比重将近于2），难溶解盐类等。这种圍在固体粒子上的紧密的水膜，叫做溶剂化薄膜或水化薄膜。固体粒子是跟它的水化薄膜一起在水里移动的。

如果把水加到絕對干的粘土粉粒中去，首先生成水化薄膜。那时，水膜很薄，粉粒仍然松散。当逐漸加水时，水膜就变厚，而后終于开始粘結。这时就能把固体顆粒粘住。粉粒就愈来愈不松散，在其中生成团块。当再繼續加水时，就生成可塑泥团。这时水化薄膜最厚、强度最低，各层并能相互滑动。因为生成了水化薄膜，所以以后再加进来的水，就不再呈定向排列，仅分散在粘土顆粒之間。泥料的流动性愈来愈高，而成为泥浆。如果100毫升陶瓷泥料在15—20秒钟之內通过6—8毫米直径的孔（当泥浆柱高70毫米时），就认为其流动性是正常的。

泥浆里的水，分为“結合水”（由圍住固体粒子的水化薄膜生成）和“自由水”，自由水使泥浆具有流动性。泥浆內自由水愈多，泥浆流动愈大。

将某些物质加少量到泥浆中去，会引起粘土粒子的水膜变厚，泥浆的流动性增加（因自由水量变多）。这种物质就叫做稀釋电解质。属于这种电解质的是，水玻璃，苏打，丹宁酸等等。往泥浆內加电解质时，就能得到所需流动性的泥浆，但含水量少。

不过，稀釋电解质的有效作用，仅是在往泥浆內加入一定数量时才显示出来。如果电解质过少，就无稀釋作用。对每种粘土或陶瓷泥料來說，适宜的电解质的数量是凭試驗决定的——用粘度計測泥浆的流动性。

加入泥浆內的水量必須尽量小，因为这样会大大加快制品在石膏模內的成型和干燥，并可以改善半成品的质量。因此，对于每一批原料來說，适宜的电解质的数量是不一样的，工厂的实验室必須經常地檢查电解质的加入量。

粘土对加热的关系 粘土加热时失去水分，并产生一系列的物理-化学轉变。如：体积縮小、顏色改变、燒結成石状物料，最后熔融。