

高等学校教学用书

陶瓷和耐火材料工艺学

第三册

(细陶瓷工艺学)

П.П.布德尼柯夫 著

建筑工程出版社

原本說明

書 名 ТЕХНОЛОГИЯ КЕРАМИКИ
И ОГНЕУПОРОВ

著 者 П. П. БУДНИКОВ

出 版 者 ПРОМСТРОЙИЗДАТ

出版地点 及 年 份 МОСКВА—1955

陶瓷和耐火材料工艺学

第三册

(**細陶瓷工艺学**)

天津大学工系

矽酸鹽工学教研室 譯

*

建筑工程出版社出版(北京市阜成門外大街)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第052号)

建筑工程出版社印刷厂印刷·新华書店發行

書号933 238千字 850×1168 1/32 96印張

1958年4月第1版 1958年4月第1次印刷

印數: 1—1,800册 定价(10)1.70元

高等学校教学用书

陶瓷和耐火材料工艺学

第 三 册

(細 陶 瓷 工 艺 学)

П. П. 布德尼柯夫主編

天津大学化工系矽酸盐工学教研室 譯

建筑工程出版社

• 1958 •

簡 介

本書系根据苏联国立建筑材料書籍出版社 (Государственное издательство литературы по строительным материалам) 1955 年出版的, 由烏克蘭蘇維埃社会主义共和国科学院院士、苏联科学院通訊院士 П. П. 布德尼柯夫 (П. П. Будников) 主編的“陶瓷与耐火材料工艺学” (Технология керамики и огнеупоров) 第二版譯出。本書仅节譯原書第三篇細陶瓷部分。原書經苏联高等教育部批准为化工学院、建筑材料学院及化工系“矽酸鹽工学”專業的教科書。

本書共分十四章, 其中除詳細闡述細陶瓷原料的加工, 坯料的制备, 制品的成型、干燥、燒成; 上釉、彩飾, 以及石膏模、匣钵的制备等以外, 并詳尽地介紹了各种重要細陶瓷制品的工艺制造过程, 有关的最新学說和理論, 以及实用数据。本書可供我国高等院校矽酸鹽工学專業作为教科書之用, 亦可供有关工厂的技术人員和設計院, 科学研究所的工作人員作为参考之用。

本書由刘康时、陆文汉、袁啓明、周啓文、陈际武合譯, 并由刘康时、陆文汉、袁啓明負責校对和整理。全書譯稿最后經天津大学化工系佟明达副教授审閱。在本書翻譯过程中曾承华东化工学院張澤珪教授和張礼权講師的帮助, 謹致謝意。

譯者在翻譯过程中不断承原書主編布德尼柯夫院士的关心与鼓励, 并寄予勸諫表, 謹致以衷心的感謝。

为了使讀者閱讀方便起見, 已按照勸諫表將原書錯誤之处于譯文中更正, 并以•号标註。

目 录

前言	6
第一章 細陶瓷制品的分类、性能及生产流程	7
瓷器	7
細炻器	10
剛玉質、斜頑火輝石質、鈦質和滑石-粘土質电絕緣制品	10
半瓷器	11
精陶	11
用熟料坯料制成的衛生制品和裝飾用制品	13
細陶瓷工厂生产組織概況	13
第二章 生产細陶瓷的原料	18
粘土和高嶺土	18
瘠性原料和熔剂	23
鋁氧和鋁矽酸鹽原料	28
滑石	31
第三章 陶瓷坯料的制备	35
原料的加工方法和使用的装备	36
可塑成型用坯料	45
澆注用坯料(泥漿)	49
压制用粉狀坯料	58
第四章 釉	61
釉的种类	61
釉的組成及其計算方法	66
釉的熔制	72
釉的性質	74
第五章 陶瓷彩料	77
釉上彩(馬弗彩)	79
釉下彩	85

用金和銀彩飾陶瓷制品	92
光澤彩	93
第六章 石膏模及匣鉢	96
石膏模	96
匣鉢	102
第七章 瓷器	109
瓷器的形成	109
瓷器的性質	113
第八章 日用瓷器与美术瓷器	128
日用瓷器所用坯料及釉的制备	128
制品的成型	132
制品的干燥	151
制品的燒成	157
制品的上釉	172
制品的檢选、磨光和彩飾	175
第九章 电瓷	186
对坯料的要求	186
电瓷的成型	191
电瓷的干燥	199
电瓷的燒成	203
电瓷的技术要求	205
第十章 特种坯料制成的电絕緣制品及其他制品	207
鎂英石質电瓷和其他类型的电瓷	208
莫来石質和莫来石-剛玉質 制品	209
剛玉質制品	212
滑石-粘土質 制品	219
高频仪器用的堔滑石(斜頑火輝石)質制品及其他 制品	221
电容器陶瓷	232
叶腊石質制品	234

堇青石質制品	235
鋁質陶瓷制品	237
第十一章 細炻質陶瓷制品	239
第十二章 日用精陶	245
精陶的性質，坯料和釉的組成	245
日用精陶生产的特点	247
第十三章 衛生-建筑精陶和半 瓷 器	255
坯料和釉的組成	255
制品的成型	259
制品的干燥	263
制品的上釉和燒成	265
第十四章 上釉的精陶板	270
压制用坯料的制备	271
精陶板的压制	272
精陶板的干燥、上釉和燒成	276
参考文献	281
中俄技术名詞对照表	287

前 言

致密的燒結制品或結構均勻而氣孔小的制品屬於細陶瓷類。一般說來，它們被玻璃態薄層——釉——所復蓋。

絕大多數的細陶瓷制品都是白色的。但在某些情況下還制造出坯體着色的制品（裝飾用制品、耐熱陶瓷），這時就其顏色說來，它們和粗陶瓷制品（粘土質的）相似。

由特種坯料制成的制品構成特別的一類。它們常常不用釉層復蓋，根據制造時所用原料性質的不同而呈各種顏色。但這些制品的致密度及結構的均勻性說明它們應屬於細陶瓷制品這一類。

細陶瓷工藝制造的特點是：對原料的質量及均勻性要求更高，坯料的制備和加工及制品的成型過程較為複雜；根據工業上的需要或消費者在美術上的要求，仔細地修飾制品表面也是制造細陶瓷制品的特徵。

第一章 細陶瓷制品

的分类、性能及生产流程

所有的細陶瓷制品可分为兩类:

1)燒結(致密)的、断面上有光澤的、極坚硬的制品,例如瓷器;

2)有孔隙(部分燒結)的、比較軟的制品,例如精陶器。

在第7頁分类表中,表示細陶瓷进一步分为許多类和若干种。

瓷 器

瓷器是燒結的、不透水和气体的白色陶瓷材料。其薄層的坯体呈半透明。

往坯料中加入特种陶瓷彩料,得到粉紅色、淺藍色及其他色彩的着色瓷器,則是上述情况的例外。在其余任何方面,無論是性質或制造工艺过程,着色瓷器和白色瓷器沒有多大区别。

細陶瓷制品的分类

1. 燒結、坚硬、断面上有光澤的制品

瓷	器	炆	器	特 种 陶 瓷
硬瓷: 高压絕緣子、耐热瓷器、化学器皿及其他工业用瓷、日用器皿	軟瓷: 日用器皿、美术瓷器、衛生用具、低压絕緣子	工业用炆器: 耐酸及耐热制品、着色鋪地板、化学工业用制品	裝飾用及日用制品: 日用器皿、耐热器皿、花瓶及其他裝飾用制品	由不含或少含粘土物質作結合剂的坯料所制成的制品: 剛玉質制品、滑石(塊滑石)質制品、鈦質陶瓷、堇青石質陶瓷及其他以純氧化物为主的制品

2. 多孔制品

半 瓷 器		精 陶			熟料精陶
日用半瓷 器: 餐具及 茶具	工業用半 瓷器: 衛生 建筑用制 品、医藥衛 生用及医疗 用制品	粘土質 精陶: 日 用器皿、 乳黄色彩 陶、复面 板	長石質 精陶: 衛 生用具、 复面板、 日 用 器 皿、裝飾 用制品、 白色彩陶	石灰質 精陶: 日 用器皿、 彩陶	大型衛 生用具及 裝飾用制 品: 浴盆、 洗面盆、 复面精陶 及公园裝 飾用精陶

瓷器分为“硬瓷”和“軟瓷”。硬瓷坯料組成中含高嶺土較多，而長石較少，其燒成溫度比軟瓷高。

硬瓷具有很大的机械强度、良好的介电指标、高的化学稳定性和热稳定性，因此它是制造絕緣子、化学工業用瓷及高級日用瓷器的可貴材料。只有某些种类的特殊陶瓷才具有比硬瓷更高的技术指标。

較好的硬瓷試样的技术性能如下：

比重	2.4*~2.5
容重	2.25~2.40*
吸水率，%	0.5以下
硬度（按莫氏标度）	7
耐压强度極限， 仟克/厘米 ²	4500~5500
抗張强度極限， 仟克/厘米 ²	250~350
抗折强度極限， 仟克/厘米 ²	700~900
彈性系数， 仟克/厘米 ²	(6~8) × 10 ³ *
冲击抗折强度極限， 仟克·厘米/厘米 ²	1.8~2.2
20°到400°之間的热容， 仟卡/仟克·度	0.22
在20~1000°範圍內平均綫膨脹系数	38 × 10 ⁻⁷
导热系数， 仟卡/米·度·小时	0.9

* 为譯者根据布德尼可夫院士最近寄來之勘誤表予以更正的标注。以后更正之处，仅註以*号，不再——文字註釋——譯者註。

除氟氢酸外，瓷器抵抗各种酸液侵蚀能力很强。若要和磷酸及碱类长时间作用时，则使用素瓷最适宜。

硬瓷可以制成化学工业用设备及实验室器皿、热电偶护管以及电绝缘制品（高压绝缘子及装备用电瓷）。

瓷器的热稳定性及化学稳定性随着其中铝氧（ Al_2O_3 ）含量的增加而提高，坯料中增多高岭土的含量就会增多铝氧的含量。但是高岭土也只能增加至一定限度，因为瓷器坯料中高岭土含量逐渐加多，就会损失其可塑性，同时制品的烧成温度也因而提高。含50%高岭土、烧成温度为 1450° 的坯料（所谓“高岭土质坯料”）所制成的制品已属于特种陶瓷的范围。

“软瓷”在烧成后是够硬的，其主要的不同点是：含熔剂的数量比制造硬瓷时要多，而烧成温度要低（ $1300\sim 1380^\circ$ ）它不同于硬瓷的是机械强度和介电强度低。

由软瓷可制造各种日用及美术瓷器制品。

其他软瓷制品，如美术制品和成套器具也是常用的。制造这些制品时采用含有25~35%粘土物质、20~45%石英和30~36%长石的坯料。在降低粘土物质的含量时，较硬瓷中为多的熔剂能促使在 $1250\sim 1300^\circ$ 下得到完全烧结的坯体。

这种瓷器半透明度高，其缺点为：耐热强度与机械强度低，例如冲击抗折强度约为硬瓷的一半。

某些国外工厂曾制造所谓“骨灰瓷”，由含骨灰20~60%的坯料制成，骨灰内含磷酸钙85%。这种瓷器在 $1250\sim 1300^\circ$ 下第一次烧成，上釉后再在 $1100\sim 1150^\circ$ 下烧成。

组成为熔块①75%、白堊17%、淘洗过的泥灰岩8%的“熔块”软瓷，其性质和玻璃相近，因其不含粘土原料。将砂和熔剂一起熔融可得熔块，其中约含3.3% K_2O 、3.3% Na_2O 和15.5% CaO 。

为了提高可塑性常往坯料中加入有机粘结物质，但是采用这种坯料成

① 陶瓷中的熔块是一种特种的玻璃，在陶瓷企业中熔制它是为了把陶瓷坯料或釉料中的某些组成成分（如苏打、硼酸等）变成不溶于水的状态。陶瓷坯料和釉料的组分烧成熔块的目的，同时也是为了使以后制品烧成时，坯料的烧结过程或釉的熔融过程易于进行。

型仍甚困难。

熔塊瓷在溫度約为 1250° 时达到燒結。不含粘土和高嶺土的坯体在燒結时很容易失去正确的形狀，所以制品是在特种的支架上或石英砂上燒成。由于瓷釉硬度不够、工艺过程复杂和成本高，熔塊瓷采用得并不广泛。

細 炻 器

从性質来看，細炻器接近于着色瓷器。

炻器的顏色随坯料組成和可塑粘土中所含氧化物（煅燒时使坯体呈現各种顏色）的不同而改变。制品燒成时气氛的性質（氧化或还原气氛）对炻器的顏色影响很大。氧化鉄含量多的坯料在氧化焰中呈黃色或棕色，在还原焰中呈灰色。

生产炻質器皿以及工業用制品时常采用可以不加熔剂来制备坯料的所謂石質粘土。

根据炻器用途的不同，上釉时采用透明釉、乳濁釉、色釉、結晶釉以及無光釉。棕釉可由含鉄的易熔粘土制成，如果要降低釉的熔融溫度則加入熔剂。其他色釉是往配料內加入着色的氧化物，如 CoO 、 Cr_2O_3 等。

制造炻器的工艺方法和制造瓷器相似。因为采用便宜的原料和燒成溫度較低，所以它的成本比瓷器便宜。

剛玉質、斜頑火輝石質、鈦質和滑石-粘土質电絕緣制品

汽車發动机和飞机發动机上的火星塞、高频仪器用的陶瓷及其他用特种坯料（其組成与瓷器極不相同）制成的制品構成細陶瓷的一个特別种类。

制造这組不同类型的細陶瓷制品所用的坯料中，一般不加入粘土，如果加入也是少量的，此时，粘土是作为制品成型过程中的結合剂。

制造鋁氧含量高的絕緣子以及用滑石或滑石-粘土坯料制造

絕緣子最为普遍。鈦質、鈦-鎂質及其他由各种純氧化物制造的制品則广泛使用于無綫电工程。

通常，这一类細陶瓷制品共同的特征是：机械强度高、热稳定性强和电絕緣性能好。

用鋁氧質、滑石質及其他特种的坯料制造制品时，原料和半成品要仔細加工；所采用的工艺方法和設備大致与制造瓷器相像。

半 瓷 器

按本身的各种性能來說，半瓷質制品是处于瓷器与精陶間的居中位置。半瓷質器皿比瓷質器皿便宜，而比精陶器皿要好些*。

半瓷器的物理-技术性能可用下列的平均指标来表示：

坯体的吸水率，%	3.0~8.0
耐压强度極限，仟克/厘米 ²	1350~2000
抗折强度極限，仟克/厘米 ²	380~450
降落重量冲击强度，仟克·厘米/厘米 ²	1.1

半瓷質盤子的冲击强度比精陶盤子的要大。在兩小时內把它加热到 200° 并放到 25° 水中急冷时，半瓷質盤子可經受 8 次热交换。

就工艺性能來說，半瓷質坯料接近于瓷質坯料。

由于气孔率低和强度高，半瓷質衛生制品的質量要比精陶衛生制品高。

半瓷質制品的制造方法与精陶的制造方法没有什么重大区别。

精 陶

凡帶有气孔的白色坯体并复上易熔釉的陶瓷制品（餐具、衛生制品、裝飾用制品及彩陶制品）属于精陶类。不上釉的精陶的吸水率約为 10~14%，液体和气体可以渗入和透过，因此它在工業上应用有限。在需要用多孔陶瓷（例如細菌过滤器）时才采用

它。上釉会提高精陶的技术性能。

生产精陶所消耗的燃料比生产瓷器要少些(約少25~30%),因为精陶的燒成温度(約1250°)比瓷器的燒成温度低,而在1米³窑空間内制品裝密量也比瓷器多。

如与生产瓷器来比較,精陶坯料的可塑性較大、燒成时制品变形較少,这就大大簡化了制品的成型、裝鉢和其他工序;而这样在劳动力、电能和各种輔助材料的消耗上也十分經濟。

精陶的机械强度和冲击强度比瓷器、半瓷器及炆器要小。精陶釉比上述制品的釉要軟。所以精陶器皿不如瓷器或炆器耐用,而且它也不太衛生,因为釉層损坏时多孔坯体是容易沾污的。

按照坯体組成的不同,精陶可分为三种:長石質或硬質精陶、石灰質精陶和粘土質精陶。

長石質精陶的坯料是由45~65%粘土物質、25~40%石英和5~15%長石所組成。長石含量达最高限度的精陶其性能接近于半瓷器。制造精陶用的粘土(例如恰索夫雅尔粘土)其中常含有为得到硬質精陶所足够多的熔剂,故在坯料組成内不必再加長石。

下面列出硬質精陶某些主要性能的指标:

比重.....	約2.6
容重.....	1.925~1.960
吸水率, %.....	9~12
抗張强度極限, 仟克/厘米 ²	70~120
抗折强度極限, 仟克/厘米 ²	130~230
彈性系数, 仟克/厘米 ²	2.4×10^{10}
冲击抗折强度, 仟克·厘米/厘米 ²	1.5~2.0

粘土質精陶含粘土物質比硬質長石精陶多而含熔剂較少。在精陶坯料内,粘土和高嶺土的含量可以达到75~83%,其余为石英砂或煨燒过的石英。

在和長石質精陶相同的燒成温度下所燒成的粘土質精陶,其机械强度比長石質精陶要小。

石灰質精陶是由含 35~55% 粘土原料、30~40% 石英和 5~20% 白堊或白云石的坯料制成的。

石灰質精陶气孔很多、很輕、机械强度低，并且在釉上形成髮縫（碎釉）的趋向很大。石灰質精陶的質量不高是它沒有被广泛使用的原因。

用熟料坯料制成的衛生制品和裝飾用制品

大件衛生制品（澡盆、洗面盆等）是由收縮不大（4~6%）并在于干燥与燒成时变形不大的熟料精陶坯料制成的。这些制品的重量为 150 仟克或更重，壁厚为 15 至 150 毫米。

制造这些制品用的坯料約含 25~35% 可塑粘土、20~45% 高嶺土和 20~45% 熟料。可塑物料的含量和熟料的顆粒組成由成型和干燥的条件来决定。用澆注法制造大件制品时使用 0.1~2 毫米的各种篩份的熟料混合物，而对于較小的制品則使用 0.1~1.2 毫米的各种篩份的熟料混合物。由于粗粉碎的熟料含量高，使生坯的表面粗糙。为了得到光滑的表面和遮盖住乳黃色，把脫模的制品塗上一薄層燒后呈淺色的物料（釉底料）。

上好釉底料的制品在生的状态坯上上釉，或在預燒后的素坯上上釉，这决定于制品的尺寸和釉的性質。

在制造熟料衛生制品时最困难的問題是選擇坯体、釉底料和釉三者的膨脹系数，因为它们不相适应就会引起开裂或釉底料和釉層剝落。

在使用細粉碎熟料的坯料时，不用上釉底料。坯体的乳黃色可以用乳濁釉遮盖住。

細陶瓷工厂生产組織概况

不同类型細陶瓷的工艺生产过程是多种多样而且極不相同的。在所列举的細陶瓷工厂生产組織系統圖（見第14頁）中指出了厂內生产車間相互間的关系。

原料倉庫 現代的陶瓷工厂是加工数千吨不同原料的大型企

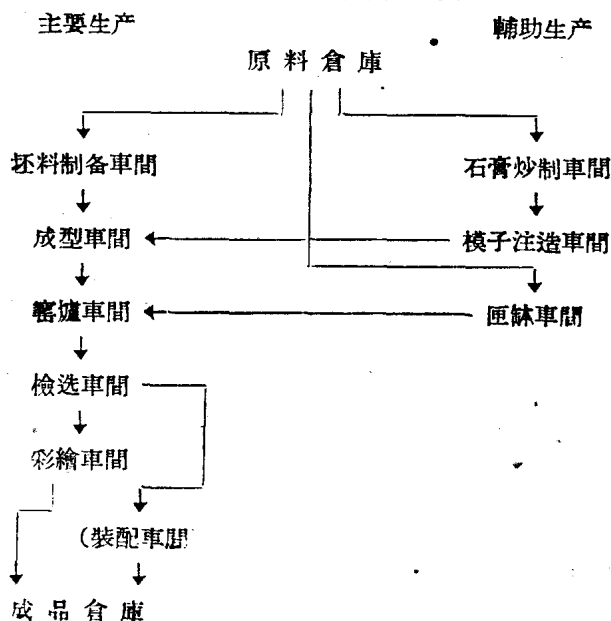
業。成品的質量在頗大程度上決定于原料儲存妥當與否、其純淨度如何。原料倉庫工作組織得好，在很大的程度上能使整個生產工作易于進行。

坯料制备車間 在這個車間里根據相應的配料比例制备供生產細陶瓷用的坯料及釉料。根據細陶瓷制品類別的不同，制备可塑成型用的坯料，或者制备液体坯料——泥漿，或者制备干壓法成型制品用的粉狀坯料。在許多生產各種不同品種制品的工廠中常制备上述三種坯料。

坯料制备車間裝備有：細碎硬質原料用的磨機、清除泥漿及釉料中雜質用的震動篩、混合細碎的硬質材料與粘土及高嶺土用的攪拌機、排除泥漿中部分水份而得到可塑泥團的壓濾機、制备粉狀坯料用的干燥器及打粉設備、貯存(悶料)可塑坯料用的地下室。

正確和仔細地制备坯料在頗大的程度上預先決定着工廠所制造成品的質量。

細陶瓷工厂生产組織系統圖



成型車間 根据所生产成品的种类及制得这些制品所用坯料的性質不同，采用各式各样的方法来成型細陶瓷制品。日用器皿和許多种电絕緣子由可塑泥团在成型机上成型；形状复杂或大型的制品大部分在石膏模中注造；复面瓷板、無綫电零件及装备用电瓷在不同構造的压机上由粉狀坯料压制成型。細陶瓷制品成型方法的不同决定了在成型車間中安裝許多种类型的設備。

在成型車間中，特别是当其中由可塑坯料成型制品时，要有产量大的干燥設備。原始的干燥架早落后于室式干燥器或更完善的运输帶式干燥器。

采用可塑法及澆注法成型制品的成型車間需要大量的石膏模子。在許多企業中模子鑄造車間作为一个独立的部分而屬於成型車間。

窯爐車間 經過干燥和修型后的制品送入窯爐車間。如果薄壁制品要上釉，則它們要燒成兩次。第一次燒成叫做“初燒”，或者更确切些叫做“素燒”。瓷器是在 $800\sim 900^{\circ}$ 素燒，而精陶則在 $1200\sim 1250^{\circ}$ 素燒。素燒后，制品可以上釉，不会浸軟，也不会破損。

素燒过的或未燒过的制品用壓縮空气或軟刷子除去灰塵，然后浸入釉漿中或利用噴釉器来上釉。所有这些工序在窯爐車間上釉工段进行。

上好生釉的制品放在叫做匣鉢的耐火盒子中，利用它使窯中可裝入大量小件制品，而且可防止灰份沾污。当工厂中有格架式窯車的隧道窯时，上过釉的制品放在窯車的架子上，而不裝入匣鉢。

窯爐車間是陶瓷生产中最重要的一部分。

檢选車間 燒成的制品送至檢选車間以檢查其質量。也在这个車間中将制品的某些部位（按照工艺条件要求光滑的）磨光（如碗的边沿、絕緣子的端面等）。同样也將制品的某些缺陷加以磨平或拋光。

彩繪車間 在制造日用及美术瓷器或精陶器的工厂中有很大