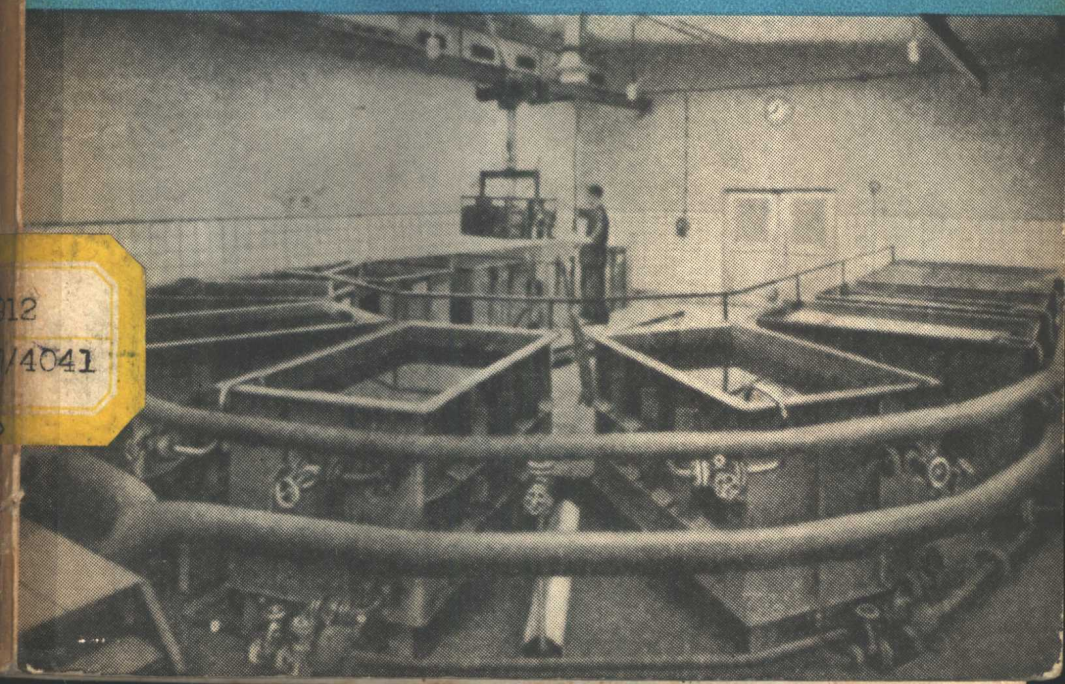


基本馆藏

252483

搪瓷工艺

[德] 鲁道夫·麦克尔著



12

/4041

搪 瓷 工 艺

[德]魯道夫·麦克尔著

王築基 聞瑞昌 合譯

輕工業出版社

1959年·北京

内 容 介 紹

我国搪瓷工业目前正在蓬勃地大搞机械化和自动化的技术革命，如何进一步革新制造设备和改进生产工艺，对完成生产任务和提高产品质量並降低成本有極其密切的关系。

本書全面論述了德国搪瓷工业最近技术发展的全貌，特别是着重介绍了搪瓷制品的制造工艺和操作檢驗以及产品质量的檢查（包括对檢驗器械的介紹），因而对我国当前的搪瓷工业生产有现实的指导意义，很值得各地搪瓷業中的广大技术人員及研究人員学习。

RUDOLF MÄRKER
EMAILLIER-TECHNIK

本書根据萊比錫專業書籍出版社 1956 年版譯出

搪 瓷 工 艺

〔德〕魯道夫·麦克尔著

王渠基 聞瑞昌 合譯

輕工業出版社出版

（北京市广安門內白廣路）

北京市書刊出版業營業許可證出字第 009 号

北京市印刷一厂印刷

新华書店發行

850×1168公厘·1/32·6 $\frac{4}{32}$ 印張·140,000字

1959 年 7 月 第 1 版

1959 年 7 月 北京第 1 次印刷

印 数: 1—2,100 定 价: (10) 1.10 元

統一書号: 15042·743

目 录

第一章	导言	5
1.	定义	5
2.	搪瓷的历史發展过程	6
3.	应用的范围	7
第二章	瓷釉原料和金属材料	10
1.	瓷釉原料	10
2.	金属材料	22
第三章	瓷釉的种类及其結構	28
1.	底釉	32
2.	面釉	38
3.	用于特种目的的搪瓷	48
4.	高温搪瓷	49
5.	用于鋁和鋁合金的搪瓷	50
6.	瓷釉的性質及其試驗	53
第四章	瓷釉的制造	60
1.	原料的貯藏和混合	60
2.	瓷釉的熔融	62
3.	瓷釉的磨碎	72
4.	瓷漿的停留	77
第五章	搪瓷制品的制造	79
1.	生坯的成型	79
2.	生坯的准备	88
3.	瓷釉的塗搪	102
4.	瓷釉層的干燥	115
5.	瓷釉的燒成	119

第六章	搪瓷制品的缺陷	133
1.	因瓷釉而引起的缺陷	133
2.	因金屬基体而引起的缺陷	134
3.	因处理不当而引起的缺陷	135
4.	瓷釉層的去除	138
第七章	實驗室檢驗和生产上的檢驗	139
1.	原料的檢驗	141
2.	瓷釉燒成溫度的測定	148
3.	生产过程中的檢驗	151
4.	搪瓷制品的檢驗	163
第八章	生产过程的合理化	178
第九章	安全操作	181
第十章	对于搪瓷制品質量分級的建議	183
1.	試驗方法	183
2.	鋼板搪瓷制品的質量分級	187
3.	灰鑄鉄搪瓷浴盆的質量分級	189
4.	灰鑄鉄搪瓷盆的質量分級	191
5.	湿法搪瓷的灰鑄鉄盆的質量分級	193
6.	湿法搪瓷的灰鑄鉄鍋（洗滌鍋或成套鍋）的質量分級	195

第一章 导 言

1. 定 义

搪瓷与玻璃、瓷釉、乳白玻璃属于同一族类，茨希曼尔所规定的工业玻璃化学技术系统中也曾指出这点。当使用的原料大体相同而粉料经常不变时，人们也不能想像：任何一个在工厂中实际试验过的粉料可能在另一家工厂里也获得同样良好的效果。制造玻璃时，通常都熔制成完全的玻璃状态，但是制造搪瓷釉料时总是采用各种方法力求避免完全玻璃化的凝固，以期制得不是玻璃化和透明化而是乳浊和不透明的瓷釉。另一方面也不希望完全失透，因而从玻璃基体中析晶，这对玻璃的性质会造成损失。

搪瓷釉料的同族和其他种类的玻璃也有带熔体颜色的，在定义上这种颜色是决定于碎片原料的烧成和转化为以玻璃为过渡的瓷釉。由迪采尔首先提出的定义在考虑搪瓷器皿技术条件和交货条件时常加采用；这一“搪瓷”的定义是：“搪瓷是一种经过熔融或半熔融的（不达到最终熔融）特种优良的玻璃状凝固物质。它具有无机的（主要是氧化物）成分，这种物质以一层或多层（或部分用附加物）熔结在金属制品上”。

就其物理结构和无机的氧化物成分而论，搪瓷和油漆有着极明显的区别。搪瓷的第二种特征是仅能使用在金属制品的表面。假使在纯化学-物理的关系上，在搪瓷、乳白玻璃和陶瓷釉之间並無模稜两可的区别特征，那末，这个定义只有在使用目的上才有明显的区分。乳白玻璃总是独立存在的，至多是与其他玻璃合起来应用，但从来也不会用在金属面上。陶瓷釉是和陶瓷坯体相结合的。

2. 搪瓷的历史發展过程

利用搪瓷品来作为裝飾品很早就有了。离我們的时代很久以前，这个技术部門就有了發展。可以作为証明的是兩枚悬挂在胸部在金屬上塗以白色和藍色瓷釉的裝飾品，这可能是約在1400年以前的物品。比这个时候稍晚一些，在克利特島上發現兩只搪瓷的金蟋蟀。金胎搪瓷制品的基础起源于希腊东部克里木和埃脫魯里恩一帶。在近代这种艺术是由拜占庭、意大利、法国和德国發展开来。搪瓷在德国的出現大約已有100多年。

艺术搪瓷（琺瑯）的主要工艺有：

甲、凹凸琺瑯（在金屬上雕出凹陷处，填滿瓷釉）。

乙、有綫琺瑯（在狹長的構成方角的銲接处或鏤刻过的金屬深槽中填入瓷釉）。

丙、雕刻琺瑯（在金屬板上刻出浮雕填以瓷釉）。

丁、透底琺瑯（在10毫米以上的厚搪瓷塗層上用較高的火力和借顏色的作用，特別是包含着有一部分彩色和各种形狀的透明瓷釉）。

戊、繪画琺瑯（在金屬底部燒上一種塗以暗色的瓷釉熔液，並在上面用淡色瓷釉描繪圖案或裝璜，然後燒成）。

在18世紀時，對於搪瓷品的使用開始有了發展。搪瓷品的出現是為了實用，而不是作為裝飾而發展的。18世紀在歐洲的搪瓷藝術由於僅僅應用在貴重或半貴重的金屬上，故一度趨于衰落。今天很難肯定是誰又重新開始使用。18世紀下半期，在地球上相距很遠的地方差不多同時又進行了試驗，就是把搪瓷釉料使用在鐵的容器上以防腐。

1761年，俞斯蒂首先提議在烹飪器皿的內壁上塗以陶釉。大約在1764年在奧登堡的寇尼格斯勃朗鑄造工廠里首先生產出鑄鐵的耐酸搪瓷容器。在1785年勞海曼爾鑄造工廠里把鑄鐵容器、爐子和管子的搪瓷作為工廠內一個新的經營部門。

1782年瑞典人林曼作了一个用鋼板搪瓷的實驗，兩年以后這項工業傳到了德国。

1839年兴办搪瓷的思想又重新在英国有了开展。並給以專利权。

19 世紀初叶，在德国普遍發展的只是在鑄鉄上搪瓷。到1836年才第一次出現了用無鉛搪瓷的鋼板容器。可以說裝飾得最美丽的容器是閩林堡附近的一家冶煉厂里制造出来的，而最美丽的鑄鉄容器是在格拉伊維茨制造出来的。1851年福盖尔盖生編著了一本关于在鉄上搪瓷的書籍。

虽然人們非常需要搪瓷产品，但那时搪瓷工業还没有發展的基础。在1856年出現了貝塞馬煉鋼法和1863年出現了西門子-馬丁煉鋼法，制造出廉价的和均質的鋼板以后，發展着的机器制造工業又制造出冲床和压床，因而才有可能大量生产鋼板容器。大約在1870年大家知道使用含鈷的底釉，因此使以后制造对鋼板具有密着强度优良的搪瓷也有了可能。到了1900年，特别是在萊茵河地区的惠斯脫法尔和爱尔茨山地，鋼板搪瓷工業很快地代替了鑄鉄搪瓷的制造而發展起来。在20 世紀最初25年里，对于搪瓷的科学要求佔据了愈来愈重要的地位要求搪瓷工業进一步發展，光依靠过去的技术条件以及純粹經驗是不够的。約10年前，具有高度乳濁性能的鈦珪瑯制造成功了，這項工作最初是在50年以前开始的。这种搪瓷在目前已經不需底釉就可以在鈦合金鋼上燒成，瓷釉層可以搪得很薄。可以理解，这种与油漆厚度相似的薄瓷釉層比起目前一層底釉和兩層面釉来，密着性能要强得多了。

3. 应用的范围

多种物質混合（包括搪瓷在內）的目的是要使这种混合物具有另一种性質，这种性質是構成这混合物的各个原料所沒有的，也是用其他方法不能得到的。搪瓷塗層能保护金屬不受空

氣中氧氣因灼熱而引起的腐蝕並能防止液體的侵蝕，特別是酸液和鹼液的侵蝕。

搪瓷塗層比起其他物質的塗層來有很多的優點：完全不受腐蝕，無毒，可洗滌，化學穩定性強，耐高溫，硬度高，並且耐磨。搪瓷塗層能夠長時期保持美觀。这样就提供了節約高合金鋼、銅、錫、鎳、鉻等的可能性而可使用簡單的鋼和灰鑄鐵塗以瓷釉來作代用品。

搪瓷制品最早是用作配制硝酸的容器、烹飪用具和爐子的。

由於鋼板搪瓷的發展，從鑄鐵搪瓷的範圍發展到烹飪用具。这样就出現了鋼板搪瓷容器、家庭用具和爐灶用具的製造工業。鑄鐵搪瓷的範圍縮小成製造浴盆、洗滌設備、傾瀉器皿、恭桶、管道和其他衛生用具如洗滌桌的支柱、掛衣鉤等。自從19世紀化學工業開始發展以後，需要大量多種多樣的機械和設備，這種器械和設備必須由有很強的抗化學侵蝕能力的物質製造。这样，搪瓷工業便由一個規模還不大的工業部門得到了繼續擴大。在實驗室里玻璃、陶瓷或貴金屬是用作製造各種儀器的材料。但工廠里所需要的器械設備不但要耐化學侵蝕而且經常必須具有大的機械強度（例如能經受高壓）。過去只有灰鑄鐵是能夠符合強度要求，能夠製成符合人們所希望的各种式樣價格便宜的制品。這種制品塗上搪瓷釉以後就可以不受酸的侵蝕。高度耐酸的搪瓷就是目前最有用的材料。用這種搪瓷可以製造出不受腐蝕的完備的蒸餾設備、開口的和封閉的裝有攪拌器和蒸汽夾套的攪拌反應鍋、立式容器、釜、壓濾器、自動壓热器、管道、法蘭等（見圖1和圖2）。這些器械都是用灰鑄鐵和鋼板搪瓷製造的。

雖然如此，搪瓷的應用範圍直到現在還不是全面的。在食品工業中，鋼板搪瓷和鑄鐵搪瓷也可以獲得廣泛的應用。它可用於製造機器、冷藏箱、牆壁片、櫥窗設備、客廳里的桌面、

貯藏啤酒和其他酒類、菓醬、牛奶等的臥式槽和大的容器。近來也有把搪瓷軸套裝置在製造食品機器上的。

此外，搪瓷還可以用來製造天花板、流水管和檐槽，以及汽油站、房屋的正面，甚至整個房屋。由於搪瓷製品能夠耐腐蝕，耐大氣侵蝕，它就能夠在招牌之類的物品上用作復蓋層。如所周知，它的顏色能夠保持得很牢很久。搪瓷招牌也可以製造成發光招牌。搪瓷釉也可以搪在淋浴爐、熱水預熱器、洗滌機、溫度計的背板、熨斗和反射器上。也有在貯藏綠色飼料的倉里搪上瓷釉的，其優點是物品在平滑的壁上易于滑動。

液體和氣體的導管內壁塗上搪瓷層能提高耐腐蝕性能，並減小摩擦力。鐵路車廂里塗上搪瓷層也是一個良好的主意。因為搪瓷層可起絕緣作用，就有了可能把相應的成分加以配合而使用於電器工業上。

耐高溫搪瓷也可用作經受高溫的零件的保護層。

近年來獲得發展的低温搪瓷可用作鋁及鋁合金上的復蓋

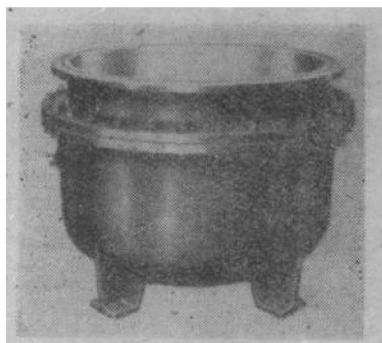


圖 1 高度耐酸搪瓷開口雙層
鑄鐵反應鍋裝有蒸汽夾套

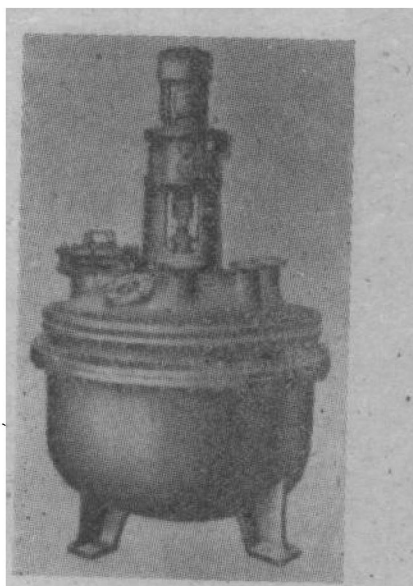


圖 2 高度耐酸搪瓷封閉鑄鐵
攪拌反應鍋，裝有攪拌
器和蒸汽夾套

層。这样就有可能在这种金屬上面形成一層玻璃質的耐腐蝕保護層。

搪瓷可以用作有色金屬的代用品，例如采用这种方法代替銅，可以減輕保護層的重量。

上述一系列的应用目前对国民經济未盡有利，因为它需要消耗大量鋼板。

如果鋼板搪瓷和鑄鐵搪瓷用作代用品，那末設計師和搪瓷專家必須密切合作。設計師必須設計出适合于搪瓷的造型，搪瓷專家必須了解这种搪瓷的使用目的。

第二章 瓷釉原料和金屬材料

1. 瓷釉原料

根据經驗瓷釉原料一般分为耐火原料、熔剂、輔助原料和乳濁剂。耐火原料有石英、長石、粘土、氧化鎂和氧和鋁；熔剂有硼砂、碳酸鈉、碳酸鉀、方解石、碳酸鋇、氧化鋅、氧化鋁和碳酸鋰。一种把瓷釉原料分为玻璃形成原料和輔助材料兩大类的分类法。是比較正确並符合科学原則的。

玻璃形成原料

玻璃形成原料可分为：

能引入酸性氧化物的原料；

能引入硷性氧化物的原料；

能引入酸性和硷性氧化物的原料。

能引入酸性氧化物的原料

石英 的成分几乎是純粹的二氧化硅 (SiO_2)，尽可能不含鉄質。对于淡色的面釉石英的含鉄量不可超过0.3%，否則会

使面釉变色。石英应用于底釉时，则鉄分可以略为高些。一般希望 SiO_2 的成分超过 98%。石英由于含有云母在搪瓷时会产生不良的影响。加在粉料中熔融用的石英不要磨得太細。顆粒大小以在 0.2 毫米左右为宜。

二氧化硅 在所有瓷釉里含有 30~50% 左右，在高度耐酸的瓷釉里含量更高。二氧化硅使瓷釉具有耐酸性能，並能提高其抗压强度。在大多数瓷釉里二氧化硅不仅可由石英引入，而且也可用含有二氧化硅的矿石（長石）来引入。

硼酸 在德国日用搪瓷里很少使用，而在美国硼酸往往加在鈦珐瑯中。硼酸 (H_3BO_3) 是白色鱗狀物，易随着水蒸汽揮發，加热則失去 44% 的水而变成 B_2O_3 。除了二氧化硅外，硼酸是最强的玻璃形成剂。硼酸能使瓷釉易熔，並减少其热膨胀。

能引入硷性氧化物的原料

碳酸鈉 用来引入氧化鈉 (Na_2O)，一般只用煅燒碳酸鈉 (Na_2CO_3)。1 公斤碳酸鈉能在瓷釉中引入 0.58 公斤的 Na_2O ，其他的成分則以二氧化碳形式逸去。碳酸鈉貯藏時間过長，就要注意到它具有吸湿的性能。碳酸鈉起着熔剂的作用，能增加光澤。碳酸鈉的加入量过多会引起过大的热膨胀，且对热稳定性起不良的影响。在这些情况下，也会影响彈性和化学稳定性。在含有碱类的彩色瓷釉里，容易显现出硷鹽的表面斑点。 Na_2O 也可以由鈉硝石或硼砂引入瓷釉中。

碳酸鉀 (K_2CO_3) 能在瓷釉中引入 68.2% 的 K_2O 。碳酸鉀目前已經多被碳酸鈉所代替，但在新型的鈦珐瑯中却用得比较多。 K_2O 对于瓷釉的影响与 Na_2O 相类似，只是彈性降低得不多，热膨胀也升高得不多。 K_2O 也能够由鉀硝石来引入。在貯藏时要預計到碳酸鉀具有强烈的吸湿性。

碳酸鋰 (Li_2CO_3) 可用作作为一种优良的熔剂，它在瓷釉里能留下 40.6% 的 Li_2O ，提高光澤和耐酸性。碳酸鋰主要应用于

制造易熔的鋁珐瑯。其价格昂貴，因而广泛使用有很大困难。

碳酸鈣(CaCO_3) 加在瓷釉里的碳酸鈣能留下 56% 的 CaO 。碳酸鈣是以方解石粉末或白堊的形式来使用的。含鉄量尽可能不超过 0.1%。 CaO 能提高瓷釉的耐酸性。加入量一般选定不超过 5%，例外的只有高度耐酸的瓷釉，其加入量可达到 10%。在無硼珐瑯中， CaCO_3 是用作熔剂的。

碳酸鋇(BaCO_3) 加在粉料中的碳酸鋇在瓷釉里留下 77.7% 的 BaO 。由于它有毒性，故只应用于那些不与食品相接触的珐瑯。它具有良好的熔融效用，能增进瓷釉的光澤，对于彈性也有利。碳酸鋇常常作为氧化鉛的代用品，适宜在鑄鉄搪瓷和招牌搪瓷中采用。在銅板搪瓷和鑄鉄搪瓷中的加入量达 6%。在無鉛搪瓷里，一般引入 15% 以下的 BaO 。 BaO 优于氧化鉛。是因为 BaO 不易被爐气所还原。它的应用特别是在底釉中更显得重要，因为它能使燒成的范围扩大。

碳酸鋇(SrCO_3) 用来在瓷釉中引入 70% 的 SiO_2 。它对于瓷釉的影响介于 BaO 和 CaO 之間。它适用于無硼的瓷釉，並且可在湿式鑄鉄搪瓷中(例如制造燉鍋)用作碳酸鋇的代替品。

氧化鎂 以煅燒苦土(MgO)或碳酸鎂的形式加入于搪瓷料中。在鑄鉄搪瓷中其引入量在 4% 以下。很少在銅板搪瓷中熔入。 MgO 对于搪瓷的性質能起良好的作用。但大量加入却会使搪瓷熔融困难。它在絕大多數的搪瓷磨制中作为停留剂。磨加时其量为 0.5%

如果同时要在瓷釉中引入 CaO 和 MgO ，也可以用白云石作为原料。

氧化鉍(BeO) 很少加在瓷釉中。它确实能使得瓷釉具有良好的耐热性質和化学性質，但添加得較多时，能使瓷釉易熔。 BeO 对于耐酸搪瓷特別适宜。

氧化鉛(PbO) 以紅丹(Pb_3O_4)或密陀僧加入瓷釉中，因鉛有毒性，故对一些与食品相接触的搪瓷制品是不适宜的。氧

化鉛是一种極优良的熔剂，能制得具有高度光澤的搪瓷品，並使瓷釉的膨脹、硬度和乳濁性能都有所改善。氧化鉛多半还只是应用于制造招牌粉末搪瓷以及裝飾用搪瓷制品。在熔制含鉛瓷釉时，應該注意如果火燄調节不当，氧化鉛可能局部地还原成金屬鉛。

氧化鋅(ZnO) 多半以鋅白加在瓷釉中。在一些与食品相接触的搪瓷制品中，應該避免不用。氧化鉛在制浴盆瓷釉和鉢琺瑯中使用範圍最广。它能提高瓷釉的抗張强度和抗压强度，並起着熔剂的作用。 ZnO 的膨脹系数是低的。主要乳濁剂的乳濁作用往往由于 ZnO 而提高。瓷釉的化学稳定性也因 ZnO 而改善。

氧化鋁(Al_2O_3) 用粘土、高嶺土或長石加在瓷釉中，偶而也用氢氧化鋁来加入。氧化鋁能提高瓷釉的化学稳定性，对于乳濁剂的乳濁作用也有利。氧化鋁的缺点是降低瓷釉的彈性、提高其耐火度。加入高量的氧化鋁会引起瓷釉無光。

能引入酸性和硷性氧化物的原料

長石 長石类構成一个包罗万象的硅酸鹽組。特別是長石可以在瓷釉中引入二氧化硅、氧化鋁以及硷类。

長石类的符号可以按照所含有的大量硷类来确定。

甲、鉀長石（正長石） $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

乙、鈉長石 $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

丙、鈣長石 $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

一般都使用鉀長石，但是几乎沒有一种長石具有上述分子式的化学成份。各种形式的混合物。对于淡色的面釉，含鉄量不允許超过 0.7%。另外还不希望混入石英、云母和粘土。長石能增大瓷釉的熔融範圍。在粉料中長石的成分不要超过 50%。含有多量硷分的長石是合乎要求的，因为用这样方法而引入的

硷类可以廉于用碳酸鈉、碳酸鉀或硝石。長石对于瓷釉性質所起的作用是由它所含的各別組分而引起的。

粘土(高嶺土) 由長石風化而成。純粘土的化学組成約为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。主要的粘土物質往往混有石英、長石、石灰石、苦土、氧化鉄、硷类等杂质，因此有各种不同的粘土。要提高熔在瓷釉中 Al_2O_3 的成分很少是把粘土熔入的。用湿法磨碎时，常在磨机中加入可塑性粘土。它促使磨細后的瓷釉微粒在同时加入的水中并不下沉。而保持悬浮状态。这样在磨細后就得到了一种稠厚的含水泥漿狀物質，这种物質能够以适宜的厚度附着在金屬制品上面。瓷釉的熔度因加上粘土而提高，乳濁作用也有增强。对瓷釉有害的杂质是氧化鉄、黄鉄矿、石膏和石灰石。近年来在搪瓷工程中盛行一种膨化性能强的、类似粘土的原料——膨潤土，它特別在鈦白珐瑯研磨时加用。它的悬浮性能比粘土要大得多。

硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 除了長石和石英外，硼砂在瓷釉中应用得最普遍。硼砂在瓷釉中引入 36.6% 的 B_2O_3 和 16.2% 的 Na_2O 。要注意硼砂貯藏时容易風化。多年以来，硼砂也常常在煅燒后应用。硼砂使瓷釉易熔和發光，阻碍失透，还能降低瓷釉的化学稳定性和热膨胀。硼砂能熔解金屬氧化物的性質，对于底釉是重要的，因为鋼板表面的氧化杂质能被硼砂所吸收，而这些氧化杂质的無硼的瓷釉中就会引起缺陷的产生。

硅酸鈦鈉的組成大約是 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ 其中时常还添加少量的氧化物。它們用作熔剂，也是硼砂的代用品。它們也具有有一些熔解金屬的能力。瓷釉的化学稳定性因硅酸鈦鈉而提高。大量添加时，則 TiO_2 被析出。

輔助材料

輔助材料有氧化剂、氧化物、附着剂、乳濁剂和瓷釉着色剂。

氧化剂

在瓷釉熔制时，氧化剂用来氧化各种原料中的有机杂质。

将各种原料分为氧化剂，有时并不完全明显。例如从鉀硝石和鈉硝石放出氧和氮之后，在瓷釉中就留下 K_2O 和 Na_2O ，因此，它們同时有着形成玻璃的作用。

硝石(KNO_3) 鉀硝石和鈉硝石是重要的氧化剂。后者的吸湿性能很强。用鉀硝石和鈉硝石在瓷釉中引入 K_2O 和 Na_2O 。由于它們在熔融时产生的气体使得混和良好，氧化亞鉄被轉化为着色較淺的氧化鉄。照例硝石在底釉中添加2~4%，在白色瓷釉中添加1~2%，在藍色瓷釉中添加0~3%，深藍色瓷釉里多半不加硝石。

軟錳矿(MnO_2) 熔融时变成 MnO 。如果不添加还原的物质，就能把熔体着成一种由玫瑰紫到紫黑的顏色。放出氧气的作用在熔融时不可能进行得完成，燒成时还在进行。底釉中軟錳矿的添加量一般都在2.5%以下。用軟錳矿能促进附着層的形成。

附着剂

如果在瓷釉中添加一定的所謂附着剂的物质，則可以使瓷釉在鋼板上附着良好。

氧化鈷 可以当作多种氧化物来使用。使用得最多的是一种符号为 RK_0 的黑色氧化鈷(Co_2O_3)。为了有良好的附着作用， CoO 的引入量最低为0.2%。就厚鋼板而言，則瓷釉中要加0.6% CoO 。

氧化鎳 有二种氧化物可以应用，即含鎳量为70%的黑色氧化鎳以及含鎳量为78%的灰綠色氧化鎳。氧化鎳的附着作用比氧化鈷为差。为了要有跟氧化鈷相同的附着作用，有必要添加2至3倍的氧化鎳。

表 1

氧化鈷的商标

商 标	符 号	化 学 式	含 鈷 量
FFKO	一氧化鈷	CoO	77%
GKO	灰色四氧化三鈷 Ia	Co_3O_4	75%
FKO	灰色四氧化三鈷	Co_3O_4	72%
RKO	黑色氧化鈷	Co_2O_3	70%
SKO	黑色氧化鈷	Co_2O_3	68%

三硫化砷和五硫化砷 用在不含氧化鈷的瓷釉中作为附着剂。同时, As_2S_3 与硼酸相似, 能使金屬表面起浸潤作用。

輝銻矿(Sb_2S_5) 具有一种与硫化砷相类似的密着剂作用, 但作用不像硫化砷那样的强。至于其浸潤作用与硫化砷的性質相同。也有使用硫化砷和硫化銻的混合物作为附着剂的。硫化砷和硫化銻不允許使用在与食品 and 营养品相接触的搪瓷制品中。

乳 濁 剂

为了制得不透明的瓷釉, 可采用各种不同的操作方法。

甲、在瓷釉中加入一些具有較高折射率且悬浮在瓷釉中的物質。

乙、熔融的瓷釉因析出某些物質而引起失透現象。

丙、由于混合現象而引起的乳濁作用取决于两种瓷釉在高温下产生的無限互溶。而在較低温度下它們的互溶是有限的。

丁、在熔融的瓷釉中。由于細小分散的气泡而产生乳濁作用。乳濁剂或在瓷釉中熔入, 或添加在磨机中。

最早的乳濁剂是磷酸鹽它以骨灰的型式熔入。现在这种乳濁剂几乎不再应用, 因为大量的添加会对瓷釉的熔融性能不良, 和使耐热性与彈性較差。