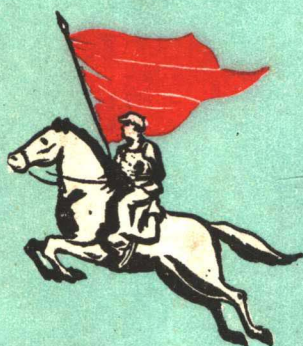


1958年陶瓷科学研究专辑

江西省輕工業廳景德鎮陶瓷研究所編



輕工業出版社

1958年陶瓷科学研究專輯

江西省輕工業廳景德鎮陶瓷研究所編

輕工業出版社

1959年·北京

内 容 介 紹

这本專輯是由江西省輕工業厅景德鎮陶瓷研究所編写的，內容包括了該所在 1958 年內的全部研究成果。正如全國各地的許多研究單位一樣，該所在 1958 年的大躍進中取得的成績是出色的，讀者不難由这本專輯中获得比較全面的認識。

在本專輯中，共分十七項詳細敘述了該所在工業用瓷、日用瓷、陶瓷技術革新、客爐與高溫匣鉢以及陶瓷藝術研究等幾個方面的全部試制研究成果。因而，本專輯取材豐富，適合於國內各有關研究單位及生產單位參考學習。

1958 年 陶 瓷 科 學 研 究 專 輯

江西省輕工業厅景德鎮陶瓷研究所編

輕工業出版社出版

(北京市·安門內白 路)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 099 号

北京市印刷一厂印刷

新华書店科技發行所發行 各地新华書店經銷

787×1092 毫米 1/16 · 8 $\frac{6}{16}$ 印張 · 1 插頁 · 200,000 字

1959 年 11 月 第 1 版

1959 年 11 月北京第 1 次印刷

印 數: 1—1,200 定 价: (10) 1.24 元

統一書号: 15049·837

目 录

序 言	(4)
工業用瓷的研究	(7)
I 耐酸化学瓷的試驗总结	(7)
II “以瓷代鋼”的試制总结	(14)
III 电瓷用棕色釉的試驗总结	(20)
日用瓷的研究	(31)
I 精細白瓷坯釉的試驗总结	(31)
II 透明薄釉的試驗总结	(35)
III 瓷器制品中几种有关坯釉缺陷的研究	(44)
IV 釉下五彩色料配制方法的研究	(50)
陶瓷技术革新及其它	(57)
I 木質結構自动真空注漿机試制总结	(57)
II 土法提煉氧化鋁的試驗总结	(62)
III 硅酸鹽分析点滴經驗总结	(69)
IV 几种簡易試驗儀器的介紹	(74)
窑爐与高溫匣钵	(79)
I 圓型簡易煤窑的試驗和推广	(79)
II 隧道錦窑的構築和推广情况	(95)
III 精細瓷用高溫匣钵(1350~1410°C)的試驗	(99)
陶瓷艺术研究	(113)
I 瓷雕艺术研究总结	(113)
II 陶瓷裝飾艺术设计总结	(123)
III 防止粉彩龟裂的初步总结	(129)

序 言

自党中央和毛主席英明而及时地提出了“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线以后，我国整个经济与文化建设事业掀起了史无前例的工农业生产大跃进高潮。在各个不同的战线上的工作者，纷纷解放了思想，破除了迷信，树立了“四敢”的共产主义风格。因而英雄辈出，喜报频传，超额完成了800万吨钢铁生产的战斗任务，使我国无产阶级革命推进到一个“一天等于二十年”的历史新阶段。

陶瓷研究所的职工在这样一个伟大而崭新的历史时代里紧靠着党的领导，经过了整风、反右、肃反、社会主义与共产主义教育等一系列的运动，基本上树立了“四敢”风格，消除了“三风五气”。特别是反映在陶瓷科学中的资产阶级的研究思想和工作方法，受到了彻底的批判。同志们的共产主义觉悟有了不同程度的提高，明确了“以土为主，先土后洋，土洋结合”的行动方针；掌握了理论与实践相结合，调查与实验相结合，研究与生产相结合，知识分子与劳动大众相结合等唯物辩证的研究方法。因此1958年陶瓷研究所在各项工作中坚决依靠了党的领导，始终贯彻了“政治挂帅，思想先行”的原则，使研究与生产（本所实验工厂有部分生产任务）方面同时出现了一个生气蓬勃的大跃进局势，形成了人人动手，个个钻研的新气象。大家以干劲冲天的跃进步伐完成了党和人民交给的许多迫切任务，获得了巨大胜利，取得了空前战果。这是党的总路线的胜利，是无产阶级革命胜利的一个方面。

然而，由于我们的理论与认识水平有限，对党的方针政策体会得不够全面，因此也出现过或者依然存在着某些新的缺点与偏差。但是有党的领导，我们有信心和决心逐渐克服和纠正。

在1958年这个不平凡的日子里，陶瓷研究所完成的任务是空前的。首先重新讨论与修订了年度工作计划，较57年底预订计划跃增了209%，为57年实际完成的研究计划的177%。这些计划不仅均已如期完成了，有的还提前了2~4个月。同时，我们还利用各个节日开展献礼运动，又额外突击完成了48个跃进项目，总共完成的研究工作任务为1957年实际完成计划的546%。

陶瓷工业是科学技术与工艺美术相结合的产物。景德镇瓷器生产又有悠久的历史传统，积累了丰富的经验，并具有独特造诣。陶瓷研究所的任务就是要充分掌握现代的科学文化知识，并从而继承与发扬祖国制瓷工艺的优良传统。所以我所是以陶瓷生产工艺为主的综合性研究机构，研究生产技术中的主要关键性问题以及陶瓷美术与装饰技法中的艺术性问题。

1958年研究工作中取得成就的主要有：

(1) 技术研究工作：有计划地对几种主要原料的工艺性能与不同的精制方法进行了研究，提出了初步理论依据和方向性意见。对胎釉配制，工业用瓷与精细日用瓷都分别进行了系统的研究；开辟了工业用瓷的研究方向，提高了精细瓷的质量；对成型操作，干燥与烧成制度，窑炉结构等工艺都获得了新的见解与创造性的成就。与此相适应，还研究了高温匣钵与窑砖等耐火材料；提出简易的快速物理—化学分析检验方法，总结了陶瓷机械设备的经验以及各种颜色釉与材料的研究资料，解决了生产中许多决定性的关键问题。此外还作了土法提炼氧化铝的试验，以及高温熔炼坩埚和陶瓷纤维与高温隔热砖的系统研究。初步建立了从事尖端技术的理论基础，使我所的陶瓷技术研究工作进入了新的阶段。

(2) 艺术研究工作：陶瓷艺术不仅是陶瓷工业中主要的专业，而且在整个艺术范畴中也

获得了独特的发展。特别是景德镇的陶瓷美术工艺是在世界上久负盛誉的。在工农业生产大跃进中，我们的陶瓷美术工作者发扬了这种光荣的传统，创造了许多轻巧灵活、优美动人具有现实意义的瓷雕，器形与画面的设计；恢复与创造了许多新的彩绘装饰技法和技巧，从而扩大了景德镇瓷器的新品种，提高了生产效能与质量。

在这些完成的研究项目中有：高级精细瓷的胎釉质量，陶瓷纤维，卷毛小八猫、色釉浮雕、瓷质薄式镂雕等五项技艺新成就，都赶上和超过了世界先进科技水平。同时，在大胆革新技术中创造了半自动的真空注浆机、压坯轆轤車、椭圆压坯轆轤車、廢料机以及排列式吹釉机、石膏抄拌机等重要陶瓷机械设备。此外，还创造了一些简易试验仪器和快速分析方法。

实验工厂的全体职工，除了配合完成上述研究工作以外，生产定额也一翻再翻，比年初将近提高了定额三倍，超额完成了国家用瓷的任务。另一方面还积极地提出了许多合理化建议，并完成了10余项技术革新项目，使我们的研究与生产实践紧密结合起来，更重要的是使研究工作得以及时发现新问题 and 推广成果。

通过1958年的实际工作，我们初步获得的几点体会是：

(1) 科学研究工作必须绝对依靠党的领导，坚决贯彻政治挂帅的原则。这是解决实际问题的锁匙，是一切工作的先决条件。在任何工作中，只有正确掌握马克思列宁主义精神，充分应用辩证唯物主义方法才能面对真理得出事物的真实规律。当然党政工作的领导人也必须深入下层，熟悉本门业务，以便及时诱导工作人员改进研究方法，明确提出的任务和指标。这样才能使研究工作取得胜利的保证。

(2) 科学研究工作必须与生产相结合，要做到选题正确，计划缜密。在制订计划时还必须贯彻两条腿走路的方针，首先抓住当前生产部门所存在的 key 问题，以推动生产发展为前提，从而取得广大工人群众的欢迎与支持；另一方面，也要根据本所物质条件适当安排一些为长远打算的专题。然后正确分析主次，按需要与可能提出明确的指标与任务。也就是说远近并举、土洋并举、尖端与一般并举、理论与实际并举。在进行研究工作时可以吸收或聘请有经验的工人参加，最好是技术人员深入工厂与工人一道研究（1958年我们有50%以上的专题是在工厂进行的）。

(3) 科学研究工作必须大兴协作之风，广泛发动群众，依靠群众智慧，使专业研究人员与广大生产工人紧密结合起来，以便形成一支庞大的科学研究队伍。否则，仅靠几个或几十个专业研究人员，不仅成绩有限，而且在许多方面会有片面甚至是不切合实际的偏向产生。事实证明，有广大工人参加研究就能大大加速科学技术的进展。这是因为工人有熟练的操作技巧和丰富的实践经验，可以帮助技术人员解决在试验室中所不能解决的问题。当然，技术人员也可以用理论知识启发工人的创造智慧，并且帮助他们提高。

(4) 科学研究工作必须定期检查评比，及时总结经验。为了及时鼓励先进，带动后进，必须随时检查督促，定期检查评比。由于科学研究有显著的时间性，因此必须及时总结研究工作的成果和经验，以便发现问题解决问题与推广先进经验。

1958年我们虽然获得了上述成就与经验，但是与我国各项建设事业飞跃发展的客观形势来比还是远不合乎要求的。这不仅是因为许多特殊的科学用瓷还是空白点，而且日用瓷与美术瓷也远不能满足广大劳动人民的需要。因此，我们为了广泛交流经验和及时推广工作成果，特将我所一年来的研究报告彙成专輯出版，以便各有关研究单位、教学单位与生产单位参考。但限于我们的业务能力与理论水平，在内容上必然有许多主观片面甚至错误之处，尚希读者给予批评与指正。

工业用瓷的研究

I. 耐酸化学瓷的試驗总结

景德镇制瓷工业虽然历史悠久，經驗丰富，原料充足，但以往都局限在日用瓷的生产范围内，对各种工业用瓷，化学用瓷都缺乏經驗，我所为了适应社会主义工业化的新趋向，結合需要与可能开始了耐酸陶瓷的試驗工作。

我們开始第一步是对景德镇瓷用原料的性能进行摸底，到底哪些种原料最适于各种耐酸瓷的生产。用景德镇地区的瓷用原料，而且是較次等的原料来从事各种耐酸器材的研究和生产，这样既能降低生产成本，又可以合理地开发与利用资源，为今后大生产开辟道路。茲將試驗工作情况綜述于下。

一、耐酸瓷主要品种和技术性能要求

耐酸陶瓷制品是属于非金属化学耐腐蝕材料之一。它的产品異常之多，用途很广泛，多用在化学、食品等工业中，可以經受得住各种侵蝕剂的化学作用。按其使用部門的不同，有用于化学工业的各种罇、瓷管、瓷环等器皿。用于建筑方面的有各种耐酸磚、耐酸板，和用于各种化工装备的如洗滌器、耐酸水泵、电解槽、分离器等。近来又有陶瓷制的机械零件和设备，如鼓風机等。他們的性能要求也因不同的工作条件而異，但其要求是：(甲)瓷質要燒得致密；(乙)耐酸侵蝕性大；(丙)坯体本身或用它所装配的设备在其使用范围内，縱然遇到激烈的温度变化，也能發揮足够的热稳定性能。通常的制品需在 250 或 300~20°C 的温度范围内，急变兩次不开裂(某些特殊工业部門需要高至 200~3500°C)；(丁)坯体原料应具有良好的塑性。制品的全收缩应在 9~10% 范围；(戊)要具有足够的机械强度和耐冲击性；(己)具有适合其使用目的的物理化学性能。

我們在試驗时，曾参考了日本坩器的技术指标。今將他們的数据記錄如下：

日本坩器的物理化学指标

真比重	假比重	吸水率	气孔率	抗压强度	抗拉强度	急冷急热	耐酸度
(克/厘米 ³)	(克/厘米 ³)	(%)	(%)	(公斤/厘米 ²)	(公斤/厘米 ²)		(%)
2.41~2.36	2.19~2.13	0~0.7	1.6~4.3	9900~1650	260~110	125~150	(註) 0.11~0.15

(註) 表 1 所示耐酸度，是材料在酸溶液中溶解之百分数。

二、試驗参考資料

在試驗开始前，我們曾参考了一般坩器的生产，又先后到东北辽源市耐酸器材厂和宜兴瓷厂参观。將各地情况結合本市生产特点进行試驗。今將各有关資料記錄如下：

辽源市耐酸器材厂耐酸磚、管的配方

原料名称	海城長石	硅石	水曲柳	烟筒山	安邱土	熟料 (瓷粉)
配方 (%)	18	13	29	15	15	10

以上配方各种原料的化学成分

原料名称 \ 化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	灼热减量
烟筒山	65.09	23.26	0.55	0.54	0.22		3.29	5.09
水曲柳	50.80	31.50	1.50	0.50	0.20	1.50		14.00
白泉	76.08	15.31	1.62			15.92		
海城长石	64.70	18.40	0.50	微	0.50			
硅石	96.90	1.31	1.30	0.20	0.30			

註：安邱土未知其成分，但实用上与水曲柳同，有时可代水曲柳用。

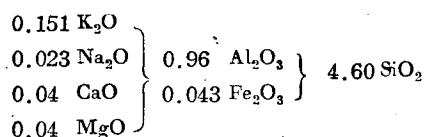
宜兴耐酸陶器的配方。

宜兴黄泥 (34[#]) 40% 宜兴白泥 (34[#]) 60%
外加长石 5 斤 熟料 15 斤 (两者均为以上配方每百斤中所折掺加之数量)

原料的化学成分

原料名称 \ 化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O Na ₂ O >	灼热减量
宜兴白泥	66.15	22.26	1.08	0.50	0.36	2.42	6.57
宜兴黄泥	63.24	23.82	2.53	0.62	0.67	2.77	7.72

其配方的实验式:



三、原料的选取和配方

用作耐酸器材之原料，从其化学成分而言，以 $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3=3:1$ 最为合适。但为结合景德镇生产特点，我们选用的几种除祁門外都是本地区用得较广的次等原料。做中、低级产品均采用之，其产区都在景市附近，运输便利。

耐酸瓷与日用瓷的要求不同，前者只要在本身性能达到指标即可，对其色泽较为次要。后者恰好相反，力求做得洁白美观。因此用次等原料去进行耐酸器材的试验，既面向生产，又合乎经济原则。

三宝蓬瓷土(不子)*：可塑性差，耐火度低，其最可贵的性能是用来制大件制品时，可避免龟裂现象，因此景市在制大件制品时常常使用。

余干(不子)：颗粒细，粘性强，收缩较大，烧结温度约在 1200°C ，是景市制瓷用的可塑性较好原料。

南港(不子)：南港和余干，都是用作中、次级瓷器的主要原料。粘性较余干差，耐火度比余干高。

星子高岭：从其化学成分看，即可知其耐火度最高，可塑性很差，含有细粒游离石英、云母片等杂质。如用作高级制品，得经过淘洗方能使用。

* 不——音蓬，与墩义同。“不子”为景德镇专业的土名。即将瓷土加工淘洗后如制砖一样以木匣做成砖块状，干后运至坯厂使用，俗称“不子”。

石嶺石：石嶺原料在景市很少用来制造瓷器。因它杂质含量较高，鉀鈉含量较少，石英含量较高，一般用做半硅磚的原料。

祁門（不子）：产于安徽祁門县，距景市 140 里。粘性良好，質地純淨耐火度比余干高，是景德鎮制瓷的最好原料，多用于配制高級产品。

我們用以上几种原料作了下面几号配方。

1. 配方

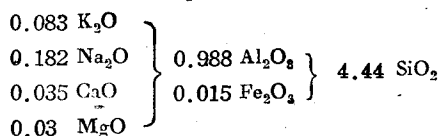
原料名称 配方编号	三 宝 蓬	余 干	石 嶺	南 港	星子高嶺	祁 門
I	35			35	30	
II	35				30	
III	35	35	35		30	
IV				70	30	
V		75			25	
VI				60	20	20
VII	20	50			30	

2. 以上配方各种原料的化学成分

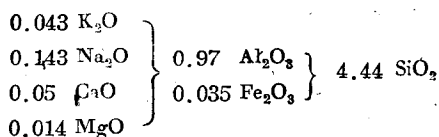
化学成分 原料名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	灼热減量
三 宝 蓬	73.83	15.30	0.78		0.53	0.19	2.71	4.55	1.78
余 干	76.74	15.03	0.79	0.07	0.44	0.39	3.90	0.16	2.22
星子高嶺	48.92	36.08	0.73		0.06	0.23	0.32	1.88	13.01
南 港	74.60	16.08	0.67		0.81	0.61	2.61	1.84	3.28
石 嶺	76.69	15.74	2.62		1.38	(微)			4.95
祁 門	73.06	16.96	0.47		1.46	0.39	2.55	2.00	3.59

3. 以上配方的实验式

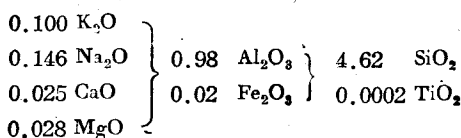
I 号配方:



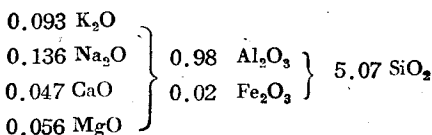
II 号配方:



III 号配方:



IV 号配方:



Ⅴ号配方:	0.158 K ₂ O	} 0.967 Al ₂ O ₃ } 5.70 SiO ₂ 0.023 Fe ₂ O ₃ } 0.033 TiO ₂
	0.046 Na ₂ O	
	0.028 CaO	
	0.042 MgO	
Ⅵ号配方:	0.113 K ₂ O	} 0.99 Al ₂ O ₃ } 5.71 SiO ₂ 0.018 Fe ₂ O ₃ }
	0.141 Na ₂ O	
	0.094 CaO	
	0.061 MgO	
Ⅶ号配方:	0.04 K ₂ O	} 0.98 Al ₂ O ₃ } 5.28 SiO ₂ 0.021 Fe ₂ O ₃ } 0.0017 TiO ₂
	0.113 Na ₂ O	
	0.025 CaO	
	0.035 MgO	

以上各号配方的燒成范围均在 1280~1230°C。

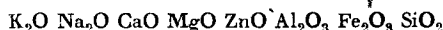
4. 以上各配方的物理-化学性能

編 号	性能項目	气 孔 率 (%)	吸 水 率 (%)	假 比 重	干燥綫收縮 (%)	燒成綫收縮 (%)	耐 酸 度 (%)	热交換次数 (250~20)
1		1.4	0.55	2.29	5.12	11.10	98.15	
2		0.22	0.05	2.32	3.9	11.4	94.77	
3		0.06	0.02	2.37	3.03	12.0	98.35	
4		2.15	0.30	2.25	6.26	10.20	97.07	
5		3.8	6.5	2.10	4.6	11.6	98.07	
6		0.25	0.52		3.2	9.0	98.85	大于 2 次
7		0.02	0.01		4.6	8.7	99.23	2 次

以上几号配方，均用塑性成型制得的小瓷塊，干燥燒成收縮都較大。如在配料中掺入适量的熟料：会有有效的减小收縮变形；对耐热稳定性也有一定的提高。如需要尺寸很精确和热稳定性高的产品，可在不影响形成的原則下多参加熟料。

5. 配 方 研 究

配方时如何考虑到适当的化学成分对耐酸瓷各种性能的影响，应该是主要的關鍵。化学組成的恰当就会使坯体在我們所需要的燒成范围内很好地进行化学反应和結晶，並使成品具有良好的性能。耐酸陶瓷中各种氧化物，在相同条件下，金属氧化物(特别是碱金属)愈多它的化学稳定性就愈小。同时这些金属氧化物当形成同一克分子时，活泼的氧化物的可溶性愈大，其化学稳定性能也愈小。因此，在这一基础上，可以将氧化物的化学稳定性按下列程序加以增長：



实际上这一程序也不是不变的。就是说陶瓷中氧化物的特征不仅决定于化学性質，也决定于熔融中氧化物的比例数。例如在一定条件下，以 2% 的 SiO₂ 替代 Al₂O₃ 可以大大提高化学稳定性能。如代以 2~5% 时，又开始降低。当代之以 5% 以上时又重新提高（見“Глазурь”一書中第二章第二节）。

由此可知适当增加 SiO₂ 的含量，会有有效的提高制品的耐侵蝕能力，但应注意过多的 SiO₂ 存在，势必会有部分石英未能参加反应而呈游离状态出現。由于游离石英的可变性，会給制品的热稳定性帶來严重的危害。为了获得足够的莫来石微晶生成，应控制坯体硅鋁氧之

适当比例。加入适当的矿化剂(約1~2%)亦能获得同样的結果。

我們在試驗中,对制品的硅鋁氧比例及熔剂的作用与耐侵蝕程度的关系有一点体会。

配方編号	成分比例数	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}}$	耐 酸 度
1		1:3.6	1:0.25	78.15
2		1:3.7	1:0.2	94.77
3		1:3.7	1:0.33	98.35
4		1:3.5	1:0.29	97.07
5		1:3.7	1:5	98.24
6		1:3.4	1:1.4	98.85
7		1:3.3	1:1.6	99.23

从上表中,我們观察配方6[#]、7[#],可以明显看到在坯体中保持一定的硅鋁比例和适量的熔剂,对提高坯体耐侵蝕能力的重要性。作为熔融物而論,如众所共知,鈣鎂的氧化物是最不安全的,而鉀鈉这两种碱金屬氧化物就其对坯体莫来石析晶而言,以氧化鉀为优。因为正由于鹽塊溶液有着不稳定的化学性能,所以在高溫下有較好的扩散性,能促使莫来石微晶的生成。制品的燒結程度好坏,直接影响其耐化学侵蝕性能。在同一条件下,坯体的气孔率与其耐酸度成反比例关系。

如何找出坯体中主要成分之組成比例,对其耐化学侵蝕性的規律;仍有待我們在今后的工作中繼續加以探討。

四、工 艺 过 程

1. 原料制备

按照上述配方,用已經加工制成不子的塊料,以料:水:球石=1:1:1的比例,在球磨机中球磨9~10小时。打出泥漿通过每平方英寸80目篩網。經压濾机压成泥餅后,陈腐2~3天,并控制水分在适合操作的原則下(約22~23%)用塑性成型或半干濕成型(水分在15~16%)。球磨的时间長短,直接关系到原料的分散程度。顆粒細,有利于燒結致密和降低燒成溫度,但从中給坯体带来了因过熔的变形和脆性。顆粒过大,則会使坯体不易燒結,有大的气孔率。單就这一点而言,就直接影响到坯体的物理-化学性能。因此,控制一定的顆粒度乃是一个主要問題。

用硬質原料配料,如長石、硅石之类等,应分兩次球磨:即先把長石、硅石拌同部分粘土先球磨一个时候,然后加进全部的粘土原料,最后使泥漿控制在能通过每平方英寸120目篩網,殘渣在0.1~0.4之間。

在制大件制品时,顆粒更不应过細。否則,会导致坯体在干燥时因水份不易向外扩散而引起龟裂。同时也容易造成在燒成过程中因內在水的汽化使坯体体积暴增至爆裂,并且使坯体变形。

2. 成型

成型的方法有多种多样。按产品的不同,有用轆轤旋坯的,有用机压和人工搗固或注漿成型的。如做一般的耐酸管、环等,可用样板刀在轆轤机上旋坯成型,或用挤压机挤压成型。采用轆轤旋坯成形时,轆轤轉数可根据下式計算:

$$n = 600 \sqrt{\frac{R_z}{D \cdot r}}$$

式中： n ——为轆轤每分鐘轉數；

D ——坯子最大外徑(米)；

R_z ——泥料的允許斷裂破壞力(公斤/厘米²)；

r ——泥料的密度(克/厘米³)。

大型的瓷管(口徑3~6吋)用立式真空練泥機擠壓成型做有一定彎度的管子，是先旋成管條，然後當坯體尚有塑性的時候，即進行鑲接。接好後，平穩的放在木板上。板上撒上一層薄薄的熟料粉，使坯子易于收縮。

各種標準耐酸磚、特型磚的成型：這兩種制品都是用在建築上，因此，要求在成型時坯體應具有嚴格的密度。坯體的致密程度影響着制品的機械性能。因此，一般都用半干法壓坯成型。

機械壓坯成型，水分在11~12之間。人工壓坯成型，水分在14~15之間。用人工壓坯法往往由於用力不均衡，空氣在坯體內流動而造成分層現象。因此，在具體操作中應特別注意。尤其在做大型制品中更不能忽視。

半干法壓泥料的調水：將壓濾後的泥餅送至烘房（或在陽光下暴曬）。烘干至含水量1%以下，然後細碎調水。調水時要求干濕均勻，先在地板上鋪一薄層粉料，用晒水壺均勻澆水，然後再在其上鋪上一層，再澆水。每層厚度約在2~3厘米。調水完後，再充分拌勻，用濕布復蓋其上，陳腐1~2天即可使用。

形狀較複雜的大型器物，可以用印坯方法成型，即先把泥料做成塊狀，然後在石膏模中印成所需要的形狀。我們試制瓷質鼓風機就是採用這種方法。

3. 干燥

干燥过程是制造工艺的一个环节。如果控制得不当，会导致大批的意外損失。干燥方法有自然干燥和人工干燥。大型制品在条件許可時採用電干燥，但对此目前尚未得可靠的方法。某些單位在這方面進行了試驗，尚未獲得完滿的結果。普通用人工搗固成型的瓷磚，口徑在3~8厘米，濕坯厚度在1厘米以內的瓷管，成型後在室內（室溫保持在20°C以上）干燥17~18小時後，即可送入烘房。為避免表面蒸發過快，用棉布在其上面復蓋之。機壓成型的瓷磚脫模後即可送入烘房干燥。

干燥時坯件龜裂的補救方法：坯件在干燥過程中（尤其是大型產品）由於溫度控制不嚴，受熱不均，或者由於成型時帶來的種種因素，而使坯體開裂。為了補救這個缺陷，提高半成品的完好率，可以研究採用如下措施：如果是毛髮狀的微小裂紋，只要用柔細的銅紗布將坯體表面擦光滑即可；如裂紋在0.1~1.0毫米、長度在2~3厘米、深度在2~3厘米的範圍時，同時裂縫處又適在坯體的不重要部位，其補救辦法是：用刀子沿裂紋削開，裂紋有多深，就得削多深。但削的寬度不能過大。削完後，在其上面用水潤濕（所用之水是含有10%玻璃膠混合液），然後用40%玻璃膠、60%淨水的混合液和坯體同樣的泥料調成半干的泥料，用已調水泥料將裂縫處彌補緊密。這樣所得的效果一般總在90%以上。

4. 燒成

坯體干燥至含水率達2~3%時，即可裝匣入窯燒煉。

坯體燒結的完全與否，對制品的各項性能均有密切關係。在燒成的具體操作中，應注意下面幾點：

(1) 脫水階段必須升溫緩慢。如升溫過快，則因水份急遽向外移動而脹壞坯體。如果是多種產品同一窯燒成時，更須注意溫度升至250°C時，機械水份基本上排除完畢。在250~

~350°C 期間，結晶水還來不及向外排除或排除得很少。因此，在此階段可稍提高升溫速度（每小時約10~15°C）。但到了350~650°C時，情況就不同了。這個期間正是化學水大量蒸發與晶體開始轉化的時候。一般高嶺土在650~700度是化學水急劇外排的時候。因此，升溫須緩慢。在850~900°C期間，各種含鐵的礦物質正在分解。在高溫下，鐵與燃料中揮發出來的硫蒸氣，易于生成化合物，而呈黃色、黑色小斑點存在于坯體中，這就嚴重的影響到制品的耐酸性能。為此，在這一期間，把含有硫的蒸氣迅速排除，坯體應得到充分氧化。

(2) 必須有適當的保溫。尤其是成瓷階段的保溫更為重要。保溫對坯體中各種成分很好的進行化學反應和結晶生成是有利的，從而可得到燒結致密的制品。我們在試驗研究和實際生產中都深刻体会到這一操作的重要性。燒一般的耐酸磚、耐酸管，在950°C時即開始保溫，大型制品在1050°C開始保溫。保溫一方面使坯體的各組分能充分的進行化學反應，另一方面可以把窯溫拉平衡，預防局部生燒。隨後轉還原焰，到達燒成溫度時，再從中性焰（或輕還原焰）密閉保溫一定時間（視制品大小、厚薄等具體情況決定）。

(3) 開始冷窯時，在不至造成坯體炸裂的原則下，冷卻速度可盡量加快。如冷卻緩慢，晶體就會繼續增大，影響制品的性能，如機械強度、熱穩定性等。溫度降至700°C應降低冷卻速度，促使各種結晶轉化成微晶結構，同時也為了適應體積的變化而防止開裂。

五、成品的檢查和物理-化學性能的測定

1. 燒成后的產品應具有正確的幾何形狀，坯體表面要求平整光潔，無鐵斑、針孔、裂紋、氣泡、疙瘩、燒缺等毛病。坯體斷面致密，尺寸公差合乎要求。

2. 熱穩定性測定：

為了準確的測定產品的熱穩定性能（如一般耐酸磚），應將其整個進行試驗。大型產品不便于整個拿來試驗時，可將成品在切片機上截成小試塊。此試塊應沒有機械的缺陷或者將其成形用的泥料做成一定規格的試塊與產品同在一窯溫中燒成，再將其燒得的試塊進行試驗。

試驗的方法是將試塊（或原物）放在馬弗電爐中加熱至250°C（±5°C），保溫一小時，隨後迅速投入20~25°C的冷水中，觀察其熱變換性能。對一般的耐酸磚、耐酸管來說，熱變換兩次而無裂紋者即為合格。

3. 耐酸度測定：

耐酸度的測定方法有多種。所採用的酸液亦因產品的要求不同而異。我們所進行的耐酸度測定方法如下：

將試驗材料粉碎通過20目/時和40目/時篩網，而用殘留在40目/時篩網上試樣進行耐酸度測定。

篩分后的材料經洗滌、干燥，稱取3~5克（±0.0001如下同），並將材料置入有冷卻管裝備的三角燒瓶中，注入20毫升（比重1.84）化學純硫酸加熱煮沸1小時，再經冷卻、過濾、洗滌、干燥、灼燒、衡重等一系列手續。按下列公式計算其耐酸度：

$$\text{耐酸度} = \frac{A_2}{A_1} \times 100(\%)$$

式中：A₁與A₂為材料試驗前和試驗后的重量。

其它各項機械性能，如抗壓、抗折、抗拉強度等均用一定的儀器進行試驗，在此不多贅述。

六、討 論

1. 根据試驗的結果来看，以七号配方的耐酸度較高，二号最差。同时也可以看出，硅的含量高則耐酸度强。鋁鉄次之。碱金屬和碱土金屬的氧化物含量高，則耐酸度差。此二号的示性式也可以証明是符合于一般耐酸瓷配制原則和硅酸鹽原料性能的規律的。

2. 景德鎮瓷用原料的化学組成，瓷石的 SiO_2 含量在 70~75% 以上，高嶺一类粘土的 SiO_2 含量也在 45~50% 以上； $\text{R}_2\text{O}(\text{RO})$ 都很低，完全符合于耐酸瓷的技术要求，因此我們認為景德鎮瓷器的化学稳定性很高，基本上均为耐酸的。問題在于如何扩大生产品种，摸索新的成型法和煅燒的操作法以及适当地采用質量較为一般的原料使之降低生产成本。

3. 耐酸瓷的品种較多，一般要求都是体积大、造型复杂，所以在原料选择上应采用塑性强、易于成型、干燥性能好、收縮率小的原料，以減少开裂和变型的可能性。因此就景德鎮現有原料說，应以南港、三宝蓮、星子和石头口高嶺为宜。石嶺石也是很好的耐酸制品的原料，但必須找塑性强、燒結性能好的結合粘土配合使用，这类原料景市却还很多，只是系統的技术鑑定尙告缺乏。

4. 在配料上，为了減少大型制品的內縮变形和干燥中的困难，我們認為应采用一定量的熟料(这一点是景德鎮以往在工艺中不習慣的)与增加粗顆粒的比例，是較为有效的。然而必須适当延長坯泥的陈腐時間与增加捏練次数，以提高可塑性能，或加入一定的粘合剂。

II 以“瓷代鋼”的試制总结

“以瓷代鋼”是陶瓷工業中的新課題，不仅是扩大陶瓷生产品种的新途徑，也是陶瓷工業發展的新方向。全国名产瓷地区都投入了一定的力量，並获得了一定的成績。我們在这一新課題上同样組織了試制小組进行了瓷質鼓風机、瓷質油料蒸炒鍋和瓷質滾珠軸承等的試制工作，並且取得了一些点滴經驗。茲將試驗过程概述于次。

一、配方的試驗研究

以瓷代鋼的产品主要是大型制品的机械部件和某些小配件，所以要求規格准确，变形率小，塑性好，强度高。为此，我們結合景德鎮原料的特点进行了比較系統的配制試驗后，初步选定以余干瓷石和石头口高嶺配合使用。又以景德鎮碱石熟料为減少收縮率的配料，又拟加入長石为助熔剂，以增加液相提高强度。具体配制程序如下：

1. 采用原料及其化学成分(%)

原料名称	化学成分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	燒失量
刀灣粘土		62.37	25.17	2.38	0.24	0.82			6.86
石头口高嶺		62.32	26.97	0.86	0.38	0.39	0.64		8.44
景德鎮碱石		44.39	40.80	0.51	0.19	0.28	0.34		14.08
三宝蓮瓷土		73.83	15.30	0.78	0.53	0.19	2.71	4.55	1.78
余干瓷土		76.74	15.03	0.79	0.44	0.39	3.90	0.16	2.22
星子長石		65.27	18.91	0.16	0.43	0.21	11.90	3.04	0.72
景德鎮黑粘土		未分析							
氧化鋅									

2. 配 方 試 驗

首先將上項原料进行了下列五种配方試驗。配方的根据系参考瓷器，炻器与耐酸陶器的特性，綜合优点去其缺点，然后按景市原料特性，計算化学成分而拟定的。

原料名称 配方编号	刀灣粘土	石头口高嶺	碱石熟料	三宝蓬瓷土	余干瓷土	景市黑粘土	星子長石	氧化 鋅	碱石生料
1			20	10	55				15
2	40		15	5		40			
3		30	20	5	45				
4	60	15	15				10		
5	58	15	15				10	2	

上項五号配方的物性試驗

物性項目 配方编号	可 塑 性	干燥綫收縮%	燒成綫收縮%	干燥抗折强度 公斤/厘米 ²	燒成抗折强度 公斤/厘米 ²
1	較次	6.1	6.7	15.3	389
2	最好	11.2	5.9	32.5	342
3	好	5.5	6.3	15.7	403
4	最好	11.5	6.0	31.5	291
5	同上	8.5	6.1	41.3	217

根据上項試驗数据的对比，我們选定了第三号配方进行了鼓風机等品种的試制工作。茲將三号配方的化学成分及实验式列后：

三号配方化学成份表

化 学 成 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
百 分 数	61.6	23.6	0.74	0.36	0.37	4.07	4.07

三号配方的坯式：

$$\begin{array}{l}
 0.088 \text{ K}_2\text{O} \\
 0.02 \text{ Na}_2\text{O} \\
 0.027 \text{ CaO} \\
 0.036 \text{ MgO}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0.088 \text{ K}_2\text{O} \\ 0.02 \text{ Na}_2\text{O} \\ 0.027 \text{ CaO} \\ 0.036 \text{ MgO} \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 0.98 \text{ Al}_2\text{O}_3 \\
 0.02 \text{ Fe}_2\text{O}_3
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0.98 \text{ Al}_2\text{O}_3 \\ 0.02 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 4.47 \text{ SiO}_2 \\
 0.005 \text{ TiO}_2
 \end{array}$$

3. 泥料的处理

我們采用余干、三宝蓬、石头口高嶺三种原料。余干瓷土进行过一次淘洗，石头口高嶺及三宝蓬即用原不子球磨来进行淘洗处理。碱石熟料系 1450°C 以上温度煨燒过的石料粉末，粒度在 0.3~0.1 毫米范围内。將原料按配比送入球磨机内球磨 10 小时左右，將料漿放出通过 40 号篩子流入泥漿池内攪拌。再用泥漿泵打入压濾机中去其水份，然后將压出的泥餅經真空練泥机捏練，供車間应用。

二、試 制 工 艺

1. 瓷質鼓風机制造工艺

(1) 成形方法：

瓷質鼓風机的成形方法系采用石膏模形分片、段印坯，然后鑲接而成。即是將真空練泥机挤出的泥料打成均匀泥餅，然后平舖在石膏模內用手均匀捺印，使泥料与模形接触平整。經兩小时后用小木槌輕輕在坯表面敲打一遍，即將干坯粉倒入，平舖均匀，停放1~2小时再將坯粉取出。又用木棒敲打一遍，重換干坯粉放入，停放3~4小时，又將坯粉取出。最后經5~6小时，即可由模中取出坯。坯体出模后，即进行鑲接。將鑲接好的粗坯置陰凉处使它緩慢干燥（不能干燥过快，否則易于引起發裂），俟干燥到含水約16~17%程度，再鑲接鼓風机外壳。干到含水約8~10%时，即可加工。用小板刀將坯体内外修平。鼓風机輪叶的制造分兩方面进行。中心軸系用泥段放入石膏模中即成实心泥柱，俟稍干再在轆轤車上按所需要尺寸修整。中心軸眼亦在車上剗成，叶片共計六片，系在石膏模內印制而成。俟干到一定程度，用刀子加工修平。当軸与叶片均干到六成程度，即將叶片鑲上。待鑲接处充分干燥后，再在兩叶片之間鑲接扁平支挡。

(2) 裝燒方法:

裝窖方法: 鼓風机外壳的裝坯采取將鼓風机法蘭口向下复燒的方法。將鑲有口餅之处平穩放置于垫板上, 垫板下托置一塊燒好的耐火板。耐火板上舖垫硬渣(即燒过的糠灰), 渣上再平放同样泥料制成的平垫板。这样裝好后移入窖中放平, 周圍並用耐火磚砌起以代替匣钵, 防止燒成中火焰直接喷射和冷却时冷空气的影响。輪叶裝燒方法同上, 唯輪叶系側放在平板上, 在叶片頂端裝上支柱。

昇溫速度: 鼓風机燒煉的溫度在1280~1300°C範圍內, 燒成時間为72小时。茲將燒成升溫情况列于下表:

溫 度 范 圍	°C/小时	小 时 数
20~300°C	10~15°C	20 小时
300~750°C	30~35°C	14 小时
750~1000°C	10~15°C	16 小时
1000~1200°C	10~15°C	14 小时
1200~1300°C	5~10°C	8 小时

(3) 鼓風机成型工艺过程中应注意的事项:

- ① 配方时应考虑坯料的可塑性与干燥强度的提高, 否則在成型工艺中帶來很多困难, 以致不能成型。
- ② 干燥应緩慢, 否則易引起开裂。
- ③ 在非主要部件上如有微小裂紋可以修补。补裂紋时, 应視裂紋的深淺分几次用泥料补上, 否則燒成必重現裂痕。
- ④ 鼓風机法蘭口用鑲口板方法較好, 可以减少变形毛病。
- ⑤ 裝燒时糠渣宜打得平紧, 否則易导致变形危險。
- ⑥ 裝燒时应檢查坯体是否充分干燥, 不能輕易裝窖。
- ⑦ 燒成升溫和降溫应力求緩慢。燒成溫度应穩妥适当, 否則將引起爆裂变形。

2. 油料蒸炒鍋制造工艺

(1) 成型方法:

將真空練泥机处理好的泥料堆集于大型琢器轆轤車上, 用手工拉坯方法成型。每層泥筒