

ICS 81.060.01
CCS Q 30

T/ZPP

团 体 标 准

T/ZPP 034—2022

特种陶瓷

Special ceramics

2022 - 12 - 29 发布

2023 - 01 - 01 实施

浙江省品牌建设促进会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类	2
5 制造工艺	3
6 检验规则	8
7 包装	9
8 运输	9
9 贮存	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由杭州棠程科技有限公司提出。

本文件由浙江省品牌建设促进会归口。

本文件起草单位：杭州棠程科技有限公司、杭州点解新型材料有限公司、上海林呗塑料制品有限公司。

本文件主要起草人：骆家晨、程志成、王俞敏、沈伟国。

特种陶瓷

1 范围

本文件规定了特种陶瓷的术语和定义、分类、制造工艺、检验规则、包装、运输、贮存。
本文件适用于特种陶瓷。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1966 多孔陶瓷显气孔率、容重试验方法
- GB/T 3810 陶瓷砖试验方法
- GB/T 5594 电子元器件结构陶瓷材料性能测试方法 透液性测定方法
- GB/T 5597 固体电介质微波复介电常数的测试方法
- GB/T 6569 精细陶瓷弯曲强度试验方法标准
- GB/T 8489 精细陶瓷压缩强度试验方法
- GB/T 16534 精细陶瓷室温硬度试验方法
- GB/T 39828 陶瓷厚涂层的高温弹性模量试验方法
- SJ/T 10760 电子器件结构陶瓷材料的名称和牌号的命名方法
- ISO 28704 室温下多孔陶瓷的循环弯曲疲劳试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

特种陶瓷 special ceramics

具有特殊力学、物理或化学性能的陶瓷。

3.2

氧化物陶瓷 oxide ceramics

具有较高的熔融温度，在氧化气氛中非常稳定，具有较高的机械强度、电绝缘性能和化学稳定性。包括氧化铝、氧化锆、氧化镁、氧化钙、氧化铍、氧化锌、氧化钇、二氧化钛、二氧化钪、三氧化铀等。

3.3

氮化物陶瓷 nitride ceramics

氮与金属或非金属元素造成的陶瓷，是一类重要的结构与功能材料，具有良好的力学、化学、电学、热学及高温物理性能，在冶金、航空、化工、陶瓷、电子、机械及半导体等行业具有广泛的应用。包括氮化硅、氮化铝、氮化硼、氮化铀等。

3.4

碳化物陶瓷 carbide ceramics

含碳难熔化合物为主要成分的陶瓷。包括碳化硅、碳化硼、碳化铀等。

3.5

硼化物陶瓷 boride ceramics

硼化合物为主要成分的陶瓷，具有高电导性、高熔点、高硬度和高热稳定性。包括硼化锆、硼化钽等。

3.6

硅化物陶瓷 silicide ceramics

硅和钼、钨、钽等难熔硅化物为主要成分的陶瓷。包括二硅化钼等。

3.7

氟化物陶瓷 fluoride ceramics

氟化合物为主要成分的陶瓷，包括氟化镁、氟化钙、三氟化镧等。

3.8

硫化物陶瓷 sulfide ceramics

硫与铈、钍等元素形成的硫化物为主要成分的陶瓷。包括硫化锌、硫化铈等。

3.9

机械强度 mechanical strength

陶瓷材料或制品抵抗外界机械应力作用的能力。以单位截面上所能承受的最大负荷来表示。根据负荷的性质可分为抗折（或抗弯）强度、抗压强度、抗张强度、抗冲击强度等。

3.10

抗折强度 transverse strength

陶瓷材料受到弯曲负荷作用而破坏时的极限应力值。用弯曲破坏力矩与折断处的横截面积的比值来表示，单位为牛顿每平方厘米（ N/cm^2 ）。

3.11

抗压强度 compressive strength

陶瓷材料受到压缩负荷作用而破坏时的极限应力值。

3.12

抗张强度 tensile strength

陶瓷材料受到张应力（拉伸负荷）的作用而破坏时的极限应力，以试样单位截面积上所承受的破坏负荷表示。单位为牛顿每平方厘米（ N/cm^2 ）。

3.13

抗冲击强度 impact strength

陶瓷材料受到冲击抵抗作用而破坏时的极限应力值。

3.14

抗热震性 thermal shock resistance

又称抗热冲击性。陶瓷材料在承受急剧温度变化时，评价其抗破损能力的重要指标。

3.15

线膨胀系数 coefficient of linear expansion

陶瓷材料的温度每升高 1°C 时，其单位长度的伸长量为线膨胀系数，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 或 $1/\text{开}$ 。

3.16

导热系数 thermal conductivity

在稳定传热条件下，1m厚的陶瓷材料，两侧表面的温差为1度（ K ， $^\circ\text{C}$ ），在一定时间内，通过1平方米面积传递的热量，单位为瓦/米·度（ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ）。

3.17

介电系数 dielectric coefficient

表示陶瓷材料作为电介质时的极化程度。

4 分类

特种陶瓷按照用途与性能进行如下分类，其命名符合SJ/T 10760的规定。

表 1 特种陶瓷测试

序号	项目	测试条件	单位	材料				
				A ₃ S ₂ -1 莫来石瓷	A ₃ S ₂ -2 莫来石瓷	MS-1 滑石瓷	MS-2 滑石瓷	M ₂ S 镁橄榄石瓷
1	体积密度	-	g/cm^3	≥ 2.60	≥ 2.80	≥ 2.70	≥ 2.60	≥ 2.90
2	气密性	-	$\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{S}$	-	-	-	-	通过
3	透液性	-	-	通过	通过	通过	通过	通过
4	抗折强度	-	MPa	≥ 80	≥ 100	≥ 140	≥ 120	≥ 110

序号	项目	测试条件	单位	材料				
5	抗热震性	-	-	-	-	-	通过	
6	线膨胀系数	20°C-100°C	$\times 10^{-6}K^{-1}$	≤ 6	≤ 8	≤ 8	≤ 8	
		20°C-500°C		-	-	-	-	10-11
		20°C-800°C		-	-	-	-	10.5-11.5
		20°C-1200°C		-	-	-	-	-
7	导热系数	20°C	W/(m·K)	-	-	-	-	
		100°C		-	-	-	-	
8	介电系数	1 MHz 20°C	-	≤ 7.5	≤ 7.5	≤ 7.5	≤ 7.5	6.5-7.5
		1 MHz 500°C	-	-	-	-	-	-
		10 GHz 20°C	-	-	-	-	-	-
9	化学稳定性	1:9 HCl	Mg/cm ²	-	-	-	-	-
		10% NaOH		-	-	-	-	-
10	气孔率	-	%	-	-	-	-	-
11	硬度	HV ₅	MPa					
12	晶粒大小	-	μm	-	-	-	-	-
13	用途	-	-	主要用作电阻基体	主要用作大型装置瓷体	适用于一般装置零件		用作小型电真空零件

表 2 特种陶瓷分类

材料							
A-75 75%Al ₂ O ₃ 瓷	A-90 90%Al ₂ O ₃ 瓷	A-95 95%Al ₂ O ₃ 瓷	A-99 99%Al ₂ O ₃ 瓷	A-99.5 半透明瓷	A-多孔 Al ₂ O ₃ 瓷	B-97 97%BeO瓷	B-99 99%BeO瓷
≥ 3.20	≥ 3.40	≥ 3.62	≥ 3.85	≥ 3.90	2.0-2.5	≥ 2.85	≥ 2.85
-	通过	通过	通过	通过	-	通过	通过
-	通过	通过	通过	通过	-	通过	通过
≥ 200	≥ 230	≥ 280	≥ 300	≥ 300	≥ 30	≥ 170	≥ 180
-	通过	通过	通过	通过	-	通过	通过
≤ 6	-	-	-	-	-	-	-
-	6.3-7.3	6.5-7.5	6.5-7.5	6.5-7.3	6.5-7.5	7.0-8.5	7.0-8.5
-	6.3-7.3	6.5-8.0	6.5-8.0	6.5-8.0	-	-	-
-	-	7.0-8.5	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	≥ 200	≥ 230
-	-	-	-	-	-	≥ 160	≥ 180
≤ 9	9.0-10.0	9.0-10.0	9.0-10.5	9.0-10.5	4.5-5.5	6.5-7.5	6.5-7.5
-	-	9.0-10.0	-	-	-	-	-
-	9.0-10.0	9.0-10.0	9.0-10.5	-	-	6.5-7.5	6.5-7.5
-	-	≤ 7.0	≤ 0.7	-	-	≤ 0.3	≤ 0.3
-	-	≤ 0.2	≤ 0.1	-	-	≤ 0.2	≤ 0.2
-	-	-	-	-	15-30	-	-
-	-	1380	1450	-	-	-	-
-	-	8-20	-	-	-	12-30	12-30
可用作高机械强度装置零件	用作管壳及封装零件	用作管壳及电路基片	用作管壳及电路基片	用作集成电路基片输出窗片	用作馆内绝缘件及衰减材料	用作高温、高导热绝缘零件及半导体器件基片	

5 制造工艺

5.1 陶瓷制造包括原料工序、成型工序、烧成工序、彩烤工序、包装工序等。

5.1.1 原料工序：坯釉原料进厂后，经过精选、淘洗，根据生产配方称量配料，入球磨细碎，达到所需细度后，除铁、过筛，然后根据成型方法的不同，机制成型用泥浆压滤脱水，真空练泥，备用；对于化浆工艺，把泥浆先压滤脱水，后通过加入解凝剂化浆，除铁、过筛后备用；对注浆成型用泥浆，进行真空处理后，成为成品浆，备用。

5.1.2 成型工序：分为滚压成型和注浆成型。然后干燥、修坯，备用。

5.1.3 烧成工序：在取得白坯后，入窑素烧，经过精修、施釉，进行釉烧，对出窑后的陶瓷检选，得到合格陶瓷。

5.1.4 彩烤工序：对合格白瓷进行贴花、镶金等步骤后，入烤花窑烧烤，开窑后进行花瓷的检选，得

到合格花瓷成品。

5.1.5 包装工序：对花瓷按照不同的配套方法、各种要求进行包装，即形成本公司的最终产品，发货或者入库。

5.2 具体制作环节如图 1 所示。



图 1 陶瓷制造环节

5.3 原料

5.3.1 可包括高岭土、粘土、瓷石、瓷土、着色剂、青花料、石灰釉、石灰碱釉等。

5.3.2 高岭土陶瓷原料，是一种主要由高岭石组成的粘土。它的化学实验式为： $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，重量的百分比依次为：39.50%、46.54%、13.96%。纯净高岭土为致密或疏松的块状，外观呈白色、浅灰色。被其他杂质污染时，可呈黑褐、粉红、米黄色等，具有滑腻感，易用手捏成粉末，煅烧后颜色洁白，耐火度高，是一种优良的制瓷原料。

5.3.3 粘土陶瓷原料是一种含水铝硅酸盐矿物，由长石类岩石经过长期风化与地质作用而生成。它是多种微细矿物的混合物，主要化学组成为二氧化硅、三氧化二铝和结晶水，同时含有少量碱金属、碱土金属氧化物和着色氧化物等。粘土具有独特的可塑性和结合性，其加水膨润后可捏练成泥团，塑造所需要的形状，经焙烧后变得坚硬致密。

5.3.4 瓷石也是制作瓷器的原料，是种由石英、绢云母组成，并有若干长石，高岭土等的岩石状矿物。呈致密块状，外观为白色、灰白色、黄白色、和灰绿色，有的呈玻璃光泽，有的呈上状光泽，断面常呈贝壳状，无明显纹理。

5.3.5 瓷土由高岭土、长石、石英等组成，主要成分为二氧化硅和三氧化二铝，并含有少量氧化铁、氧化钛、氧化钙、氧化镁、氧化钾和氧化钠等。它的可塑性能和结合性能均较高，耐火度高，是被普遍使用的制瓷原料。

5.3.6 着色剂存在于陶瓷器的胎中，起呈色作用。陶瓷中常见的着色剂有计三氧化二铁、氧化铜、氧化钴、氧化锰、二氧化钛等，分别呈现红、绿、蓝、紫、黄等色。

5.3.7 青花料是绘制青花瓷纹饰的原料，即钴土矿物。我国青花料蕴藏较为丰富，江西的乐平、上高、上饶、丰城、赣州，浙江的江山，云南的宜良，会泽、榕峰、宣威、嵩明以及广西、广东、福建等地均有钴土矿蕴藏。我国古代青花瓷使用的青花料一部分来自国外，大部分属国产。进口料中有苏麻离青、回青；常用的国产料有石子青、平等青，浙料、珠明料等。

5.3.8 石灰釉主要物质是氧化钙（ CaO ），起助熔作用，特点是高温粘度小，易于流釉，釉的玻璃质感强，透明度高，一般釉层较薄，釉面光泽较强，能清晰地刻划纹饰，南宋以前瓷器大多使用石灰釉。

5.3.9 石灰碱釉主要成分为助熔物质氧化钙以及氧化钾 (K_2O)、氧化钠 (Na_2O) 等碱性金属氧化物。特点是高温粘度大, 不易流釉, 可以施厚釉。在高温焙烧过程中, 釉中的空气不能浮出釉面而在釉中形成许多小气泡, 使釉中残存一定数量的未溶石英颗粒, 并形成大量的钙长石析晶。

5.4 坯料制备

5.4.1 原料粉碎

块状的固体物料在机械力的作用下而粉碎, 这种使原料的处理操作, 即为原料粉碎。

5.4.1.1 粗碎

粗碎装置常采用颚式破碎机来进行, 可以将大块原料破碎至40-50毫米的碎块, 这种破碎机是无机材料工厂广泛应用的粗碎和中碎机械。是依靠活动颚板做周期性的往复运动, 把进入两颚板间的物料压碎, 颚式破碎机具有结构简单, 管理和维修方便, 工作安全可靠, 使用范围广等优点。它的缺点是工作间歇式, 非生产性的功率消耗大, 工作时产生较大的惯性力, 使零件承受较大的负荷, 不适合破碎片状及软状粘性物质。破碎比较大的破碎机的生产能力计算方法如下:

$$G = \frac{0.06upkbsd}{\tan q}$$

- G 代表破碎机生产能力, Kg/h;
- u 代表物料的松动系数, 0.6-0.7;
- P 代表物料的密度;
- k 代表每分钟牙板摆动次数, 次/min;
- b 代表进料口长度, 单位米;
- s 代表牙板之开程, 单位米;
- q 代表钳角 D 破碎后最大物料的值, 单位毫米。

5.4.1.2 中碎

5.4.1.2.1 碾轮机足常用的中碎装置。物料是碾盘与碾轮之间相对滑动与碾轮的重力作用下被碾磨与压碎的, 碾轮越重尺寸越大, 则粉碎力越强。陶瓷厂用于制备坯釉料的碾轮机常用石质碾轮和碾盘。一般轮子直径为物料块直径的 14-40 倍, 硬质物料取上限, 软质物料取下限。

5.4.1.2.2 碾轮机碾碎的物料颗粒组成比较合理, 从微米颗粒到毫米级粒径, 粒径分布范围广, 具有较合理的颗粒范围, 常用于碾碎物料。

5.4.1.3 细碎

球磨机是陶瓷厂的细碎设备。在细磨坯料和釉料中, 其起着研磨和混合的作用。陶瓷厂多数用间歇式湿法研磨坯料和釉料, 这是由于湿式球磨时水对原料的颗粒表面的裂缝有劈尖作用, 其研磨效率比干式球磨高, 制备的可塑泥和泥浆的质量比干磨得好。泥浆除铁比粉除铁磁阻小效率高, 而且无粉尘飞扬。

5.4.1.4 筛分

5.4.1.4.1 筛分是利用具有一定尺寸的孔径或缝隙的筛面进行固体颗粒的分级。当粉粒经过筛面后, 被分级成筛上料和筛下料两部分。筛分有干筛和湿筛。干筛的筛分效率主要取决于物料温度。物料相对筛网的运动形式以及物料层厚度。当物料湿度和粘性较高时, 容易黏附在筛面上, 使筛孔堵塞, 影响筛分效率。当料层较薄而筛面与物料之间相对运动越剧烈时, 筛分效率就越高, 湿筛和干筛的筛分效果主要却决于料将的稠度和黏度。

5.4.1.4.2 陶瓷厂常用的筛分机有摇动筛, 回转筛以及振筛。

5.4.1.5 泥浆脱水

5.4.1.5.1 泥浆脱水常用的有两种方法, 压滤脱水和喷雾干燥脱水。喷雾干燥是以喷雾干燥塔为主体, 并附用泵, 风机与收集细粉的旋风分离器等设备构成的机组来完成的。

5.4.1.5.2 泥浆由泵压送到干燥塔的雾化器将泥浆雾化成细滴, 进入干燥塔内, 相遇热空气进行热交换时期干燥脱水。尚含有一定水分的固体颗粒自由下降到干燥塔底部。由出口卸出。而带有微粉及水汽

的空气经旋风分离器，收集微粉后，从排风机口排出。

5.4.2 成型

压制成型可以分为干压成型和等静压成型。

5.4.2.1 成型压力

成型压力包括总压力和压强。总压力取决于所要求的压强，这又与生坯的大小和形状有关，这是压机选型的主要技术指标。压强是指垂直于受压方向上生坯单位面积所受到的压力，合适的成型压强取决于坯体的形状，高度和粉体的含水量及其流动性，要求坯体的致密度等。

5.4.2.2 加压方式

加压方式有单面加压，两面加压，四面加压等。粉料的受压面越大，就越有利于生坯的致密度和均匀性，因此，干压法的进一步改进方法就是等静压成形法。此外，在加压过程中，采用真空抽气和振动等也有利于生坯致密度和均匀性。上下加压可以通过不同的模具形式来实现；而要实现四面同时加压，不是常规的方法能实现的只有采用等静压方式。

5.4.2.3 加压速度和加压时间

干压粉粒中有较多的空气，所以在加压力的过程中应该有充分的时间让空气排出。所以加压速度不能过快，最好先轻后重多次加压，并在达到最大压力时要维持一段时间，让空气有机会排出。加压的速度和粉体的性质水分和空气排出速度有关，一般最好加压2-3次，出了控制加压外，装料均匀模型面涂润滑油等需要在操作中加以注意。装料后刮料时要从中间向两边刮，不能向一个方向刮料，应从中间开始。

5.4.3 坯料干燥

干燥是指排出湿坯水分的工艺过程。干燥的作用就是将坯体中所含的大部分机械结合水排出同时赋予坯体一定的干燥强度，使坯体能够有一定的强度以适应修坯，粘接及施釉等工序的要求。同时避免了在烧成时由于水分大量汽化而带来的能量损失。

5.4.3.1 干燥过程

分为升速干燥，等速干燥，降速干燥，平衡阶段。

5.4.3.2 干燥收缩与变形

影响坯体干燥收缩的因素主要有以下几个方面：

- a) 坯体中粘土的性质，粘土越细烧成收缩和变形就越大。
- b) 坯体的化学组成，坯体中粘土的阳离子对坯体干燥收缩有很多影响。在坯体加入钠离子可以促使粘土颗粒平行排列。实践证明含有钠离子的粘土矿物比含钙离子的粘土矿物收缩率大。
- c) 坯料的含水率，与收缩率成正比。
- d) 坯体的成型方法。
- e) 坯体的形状。

5.4.3.3 干燥方法

干燥方法分为热空气干燥，工频电干燥，直流电干燥，辐射干燥，综合干燥。

5.5 修坯

5.5.1 对于粘接完的坯体，由于其表面不太光滑，边口都有毛边，而且有的还留有模缝迹，而且有些产品还需要进一步加工，如挖底打孔等，因此需要进一步加工修平，称之为修坯。

5.5.2 修坯方法有湿修和干修之分。湿修是在坯体含水很多尚在是软的情况下进行，适合器具复杂或需经湿修的坯体，此时操作较容易而且修坯刀子不易磨损，其缺点是容易在搬运过程中使坯件受伤而变形，对提高品质不利。干修是在坯体含水量降到6%-10%或干燥后水分更低的情况下进行。此时坯体强度增高，可减少因搬运受伤而引起的变形，对提高品质有力，其缺点是粉尘较大，而且对修坯刀的阻力

大，容易跳刀，修坯刀的磨损较大，其技术也比较难以掌握。因此要根据实际选用方法。

5.6 施釉

施釉是陶瓷工艺中必不可少的一项工艺，在施釉前，生坯或素烧坯需进行表面的清洁处理，以除去积存的污垢或油渍，保证坯釉良好结合。清洁的办法，一般采用压缩空气在通风柜内进行吹扫，或者川海绵浸水后湿摸，然后干燥至所需含水率。

5.6.1 釉浆施釉法

5.6.1.1.1 浸釉

浸釉法是将坯体浸入釉浆，利用坯体的吸水性或热坯对釉的粘附附着在坯体上，所以又称蘸釉。

5.6.1.1.2 烧釉法

烧釉法又称淋釉，是将釉浆浇到坯体上，对无法采用浸釉，荡釉等大型器物。一般用这种方法。

5.6.1.1.3 荡釉

对于中空制品，如壶，花瓶及罐等，对其进行内部施釉，采用其他方法无法实现或比较困难，应采用荡釉法。

5.6.2 干法施釉法

5.6.2.1.1 干釉粉的制备

干法施釉是一种代替传统的以釉浆进行施釉的方法，它采用干粉釉，可以获得新的美观而又耐磨的表面。如表2所示，干釉粉分为以下四种。

熔块粒	粒度在0.2-2微米
熔块粉	粒度在40-200微米
熔块片	尺度在2-5微米
造粒釉粉	其特点是熔块和生料经过造粒而成

表2 干釉粉

5.6.2.1.2 施釉方法

- a) 流化床施釉；
- b) 釉纸施釉；
- c) 干法静电施釉；
- d) 撒干釉；
- e) 干压施釉；
- f) 热喷施釉。

5.7 烧成

烧成是陶瓷制造工艺过程中最重要的工序之一。对坯体来说，烧成过程就是将成型后的生坯在一定条件下进行的热处理，经过系列物理化学变化，得到具有一定矿物组成和显微结构，达到所要求的理化性能指标的成坯。

5.7.1 预热阶段（常温到 300 度）

5.7.1.1 本阶段工艺目的的主要是坯体的预热与坯体残余水分的排除。这时窑内升温速度与坯体速度与坯体残余水分，坯体尺寸形状，窑内温差，窑内制品装载密度等有关。如控制入窑坯体含水率在 1%-2% 以下时，残余水分排出时坯体基本不受收缩，坯体内部所含水分蒸发溢出通畅，因此升温速度可以加快，反之加入窑体皮料含水率过高。入窑后水分剧烈蒸发，坯体易爆裂。厚壁及形状复杂的产品这种情况更为严重。这时应控制升温不能太快，残余水分排出也与坯体组分有关，当坯体中可塑粘土质原料含量高时，坯体较致密，水分排出困难，这个因素应在确定这段升温速度时确定。

5.7.1.2 对于大断面窑炉，特别是断面高度比较大的窑炉，由于预热带烟气分层而形成较大的上下温差，这使同一断面不同部位制品受热不均匀，为减少其影响，只有降低升温速度，加以弥补，采取相应措施，如调整装窑密度，设置预热带搅拌气幕设置高温等速烧嘴特别是采用断面高度比较小的窑炉，可以很大程度上解决这一问题。

5.7.1.3 传统大断面隧道窑及间歇窑如倒焰窑中，产品常用匣钵或棚架结构窑具进行叠装，这时装置密度更大，通气不畅，增大了窑炉断面上下温差。

5.7.2 氧化分解阶段（300-950 度）

陶瓷坯釉在此阶段发生的物理变化主要有质量减轻，强度降低，发生的化学变化主要有结晶水排出，有机物，硫化物氧化，碳酸盐分解，石英晶型转变等。本阶段升温速度和气氛主要有坯料化学组成，颗粒组成，坯体尺度，形状及装窑密度等因素有关。

5.7.3 高温阶段（950-最高烧成温度）

5.7.3.1 该阶段坯体开始出现液相，釉层开始熔融。本阶段根据坯釉铁钛含量及对制品外观的颜色要求来决定是否采用还原气氛烧成。在使用还原气氛烧成时，本阶段又可分为氧化保温期，强化还原，弱还原期，这三个阶段之间的两个转化温度点及后两段还原气氛是确定气氛制度的关键。

5.7.3.2 为使釉完全熔融前氧化反应能充分进行，气体完全排除，临界温度应在釉始熔前 100-150 度。强还原阶段气氛浓度一氧化碳为 3%-6%。这时，燃料燃烧的空气过剩系数为约 0.9。

5.7.4 高火保温阶段

高火保温阶段的主要作用是减少制品不同部分，同一部分表层及内部的温差，从而使坯体内各部分物理化学反应将进行的同样安全，组织结构趋于均匀。同时也减少窑内各部分的温差，使窑内不同部位的制品处于接近相等的受热条件下，从而具有基本的成品理化性能。

5.7.5 冷却阶段

5.7.5.1 850 度以上由于有较多液相，因此坯体还处于塑性状态，故可进行快冷，快冷防止了液相析晶，晶体长大以及低价铁再氧化，从而提高了坯体的机械强度，白度以及釉面光泽度。同一产品，由于冷却时间不同，其中氧化铁和氧化亚铁的相对含量有明显差异；可见快冷对防止氧化亚铁的再次氧化有很大作用。

5.7.5.2 在 850 度以下由于液相开始凝固，石英晶型转化，坯体固化，故应缓冷，防止因坯体快速收缩而开裂。特别是对含碱和游离石英较多的坯体，因为碱玻璃热膨胀系数较大。石英晶型转变也引起体积变化，降温过快后果尤为严重。

6 检验规则

6.1 气孔率

测量陶瓷材料气孔率时，应按GB/T 1966规定的方法进行。

6.2 晶体尺寸

测量陶瓷材料晶体尺寸时，应按GB/T 5594.8规定的方法进行。

6.3 压缩强度

测量陶瓷材料压缩强度时，应按GB/T 8489规定的方法进行。

6.4 硬度

测量陶瓷材料硬度时，应按GB/T 16534规定的方法进行。

6.5 室温弯曲疲劳度

测量陶瓷室温弯曲疲劳度时，应按ISO 28704规定的方法进行。

6.6 高温弹性

测量陶瓷高温弹性时，应按GB/T 39828规定的方法进行。

6.7 热膨胀性

测量陶瓷热膨胀性时，应按照GB/T 3810规定的方法进行。

6.8 抗热震性

6.8.1 测量抗热震性（热稳定性）时，应将试样洗净，并在120℃±10℃的加热箱中烘干，然冷却至室温，后放入规定试验温度的加热炉中持续10min。将试样取出放置在石棉板上，正常试验大气条件下自然冷却至室温，随后再将试样放入规定温度的加热炉中，重复试验直至规定的次数为止，后在1%浓度的品红溶液中浸置3min，取出洗净、擦干，在灯光下观察样品不应有裂纹、炸裂。

6.8.2 对A-90、A-95、A-9、A-99.5、B-97、B-99陶瓷材料，规定温度为800℃±10℃，反复10次为合格。

6.8.3 对M₂S陶瓷材料，其试验温度为400℃±10℃，反复五次为合格。

6.9 耐腐蚀度

测量耐腐蚀度时，应将试样清洗干净，于105℃-120℃干燥至恒重后移入干燥器。待冷却至室温后，使用分析天平测定其质量。按照GB/T 6569规定的方法测定腐蚀前试样的弯曲程度。在容量为1L的烧瓶中加入0.5L试验溶液，加热至呈微沸状态后，缓慢在烧瓶底部放入试样予以浸没，保持24h。试验烧瓶中每次放入10根同种试样，每次试验须更换新试验溶液。腐蚀试验后，取出试样，用蒸馏水或去离子水充分洗涤，于105℃-120℃干燥至恒重，移至干燥器。用分析天平测量腐蚀后的每根试样的质量；测量腐蚀后的每根试样的尺寸。按照GB/T 6569规定测定腐蚀后试样的弯曲强度。按照GB/T 6569计算平均强度和标准方差并记录。

6.10 介电特性

6.10.1 介电常数及介质损耗正切值（1 MHz）

测量1 MHz下或高温条件下陶瓷材料的介电常数及介质损耗正切值时，应按GB/T 5594.4规定的方法进行。

6.10.2 介电常数及介质损耗正切值（10 GHz）

测量10 GHz下陶瓷材料的介电常数及介质损耗正切值时，应按GB/T 5597规定的方法进行。

7 包装

7.1 标识要求

测试版产品的标识应符合以下要求：

- a) 未烧结前的生瓷片在转入下一道工序前应有合格状态标识；
- b) 烧结后的测试版产品在进行下一道工序前应有合格状态标识，产品包装后应注明待处理状态。

7.2 包装要求

测试版产品应采用电容器纸或无纺布包裹，装入防静电袋中抽真空包装。陶瓷材料用内有塑料薄膜的纺织带等材料进行包装，每袋的重量不超过25kg。

8 运输

8.1 搬运要求

测试版产品的搬运应符合以下要求：

- a) 未烧结前的生瓷片应通过托盘从上一道工序搬运至下一道工序，不得用手直接拿取；
- b) 烧结后的基板操作者应戴指套进行拿取，当转入另一厂房时应装入防静电袋进行运输。

8.2 开箱标志

重量大于200kg的包装件，应在包装箱的有关部位用箭头标明开箱标志，写上“由此开箱”的字样。

9 贮存

9.1 环境要求

设备贮存环境应符合下列要求：

- a) 贮存设备的仓库应清洁、通风，并无腐蚀性介质；
- b) 环境温度：0°C-50°C；
- c) 相对湿度：<80%。

9.2 贮存规则

设备贮存应符合下列规则：

- a) 不同型号、规格设备应分别放置，摆放整齐，不许倒置；
- b) 对有腐蚀性、易燃、易爆物品应隔离存放；
- c) 小型和精密部件应存放在器材架上；
- d) 包装件应堆放在高于地面 30cm 的枕木上。堆入高度不应超过 4.5m，距离墙壁 0.3m 以上，以保持空气流通。

9.3 贮存要求

测试版产品的贮存应符合以下要求：

- a) 未烧结前的生瓷片在未及时转入下一道工序前应放入氮气柜中进行短期贮存；
 - b) 烧结后的基板应置于阴凉、通风、无灰尘、无腐蚀性气体处贮存。
-