ICS 81.020
CCS Q 32

T/CS

团 体 标 准

T/CS 270—2026

彩色氮化硅陶瓷生产技术规范

Technical specification for production of colored silicon nitride ceramics

2026－01－14 发布 2026－01－14 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　材料性能 1
5　生产工艺 1
6　搬运、储存、包装和防护 4
7　资源与安全保障 5
8　生产记录与追溯 5

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。

本文件由内蒙古科技大学提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：内蒙古科技大学、内蒙古晶陶锆业有限公司、内蒙古诚天新材料科技有限公司。

本文件主要起草人：包金小、海文智、阮飞、王青春、景强、田震、谢敏、徐鹏飞、刘国奇、代学东、王思凯、铁刚。

彩色氮化硅陶瓷生产技术规范

1 范围

本文件规定了彩色氮化硅陶瓷生产的材料性能产工艺、搬运、储存、包装和防护、资源与安全保障、生产记录与追溯。

本文件适用于彩色氮化硅陶瓷的生产过程。

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 12690.5 稀土金属及其氧化物中非稀土杂质化学分析方法 第5部分：钴、锰、铅、镍、铜、锌、铝、铬、镁、镉、钒、铁量的测定

GB/T 12690.6 稀土金属及其氧化物中非稀土杂质化学分析方法第6部分:铁量的测定硫氰酸钾、1，10-二氮杂菲分光光度法

GB/T 14635 稀土金属及其化合物化学分析方法 稀土总量的测定

GB/T 17991 精细陶瓷术语

JC/T 2342 氮化硅材料相含量分析方法

JJG 539 数字指示秤检定规程

JJG 1036 电子天平检定规程

3 术语和定义

GB/T 17991 界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

彩色氮化硅陶瓷 colored silicon nitride ceramics

以 α-Si_3N_4 粉末为基体，添加稀土氧化物或过渡金属氧化物作为掺杂剂实现颜色调控，配合烧结助剂，经配料、球磨、干燥、陶瓷成型、陶瓷烧成等工艺制备的，具有连续可调颜色、高强度、高硬度等特性的氮化物精细陶瓷材料。

4 材料性能

彩色氮化硅陶瓷应具备以下性能：

a) 力学性能：抗弯强度 600 MPa～800 MPa，断裂韧性≥10 MPa·$m^{1/2}$，维氏硬度≥20 GPa；

b) 物理性能：质量分数≥98%，密度约 3.2 g/cm^3，热膨胀系数约 3.2×10^{-6}/K，介电常数约 7.8；

c) 化学性能：高电阻率（10^3 Ω/cm 数量级），优异生物相容性，耐腐蚀性强；

d) 光学性能：颜色连续可调，满足设计要求，无褪色现象；

e) 生物相容性：具有化学稳定性，不易与体液发生反应，不会释放有害离子或导致炎症反应。

5 生产工艺

5.1 工艺流程

彩色氮化硅陶瓷生产工艺流程如图 1 所示，包括配料、球磨、干燥、陶瓷成型、陶瓷烧成五个工序，各工序应依次执行并通过检验，不合格品应返回对应工序重新处理或判定为废品。

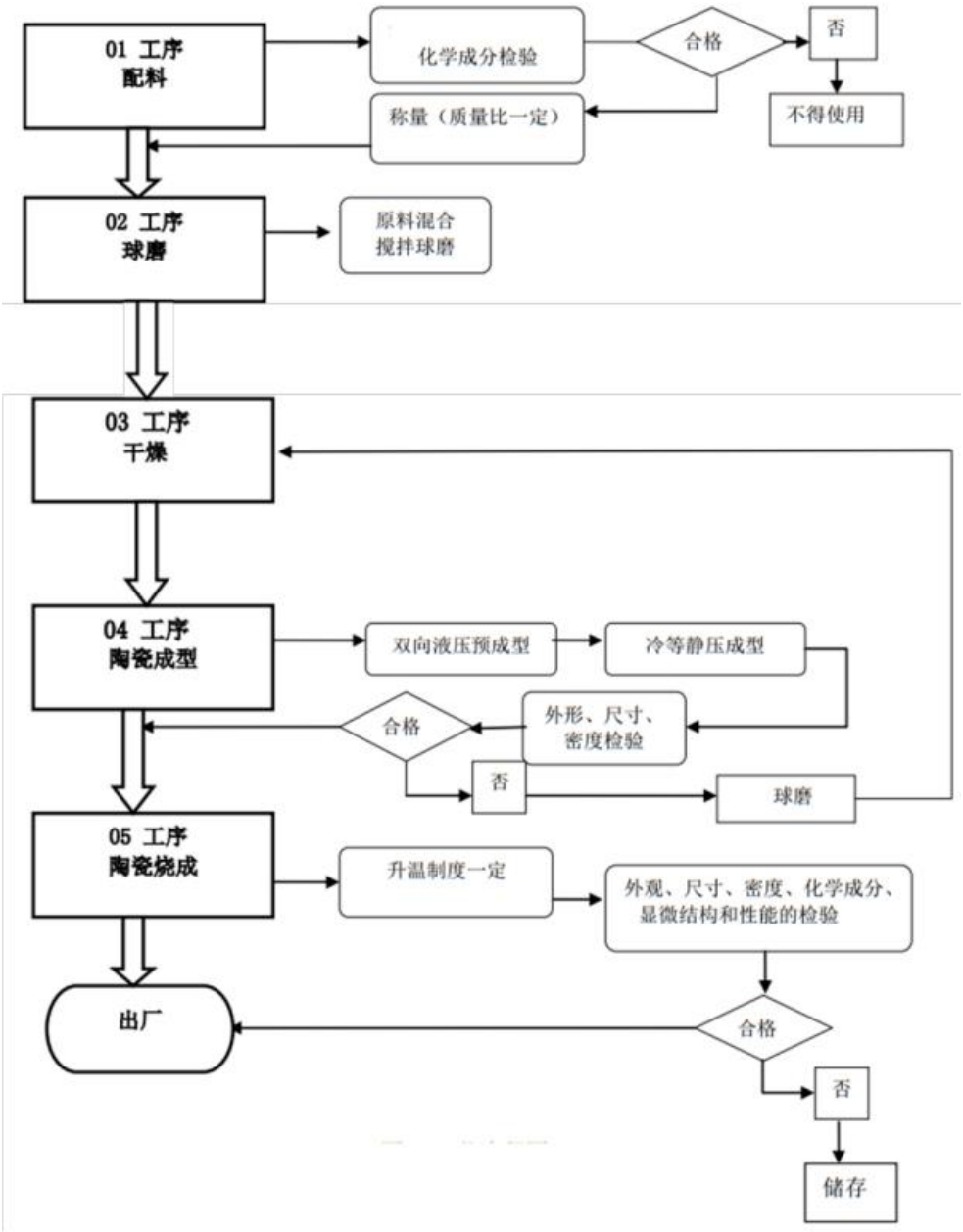


图 1　彩色氮化硅陶瓷生产工艺流程图

5.2　配料

5.2.1　准备

5.2.1.1　电子天平（符合 JJG 1036 的规定）、电子台秤（符合 JJG 539 的规定），每年应经计量部门检定，持有检定证书，有效期 1 年。

5.2.1.2　设备状态：称量台铺垫称量纸，取料仪器洁净无污染物，操作人员佩戴一次性手套。

5.2.1.3　环境要求：操作环境通风、干燥，天平放置水平，使用前应调零。

5.2.2　材料与配方

5.2.2.1　α-Si_3N_4 粉末纯度不低于 99.5 wt%，α 相含量不低于 95 wt%，杂质含量不超过 0.5 wt%；稀土氧化物（RE_2O_3）或过渡金属氧化物纯度不低于 99.5 wt%；烧结助剂纯度不低于 99.5 wt%。

5.2.2.2　掺杂剂（稀土/过渡金属氧化物）添加量 1 wt%～15 wt%，烧结助剂添加量 1 wt%～10 wt%，余量为 α-Si_3N_4 粉末。

5.2.3 操作

5.2.3.1 α-Si_3N_4、掺杂剂、烧结助剂使用专用取料器取料，不应混用。
5.2.3.2 采用分别称量方式，精确记录各原料质量数据。
5.2.3.3 避免原料受潮、污染，开封后及时密封。

5.2.4 检验

5.2.4.1 原料应按对应标准检验，氮化硅按 JC/T 2342 的规定执行，稀土氧化物按 GB/T 14635 的规定执行，过渡金属氧化物按 GB/T 12690.5、GB/T 12690.6 的规定执行。
5.2.4.2 检验合格后方可进入下一工序，不合格原料不应使用。

5.2.5 搬运与储存

5.2.5.1 原料存放于专用货架，避免与地面接触，防止受潮、污染。
5.2.5.2 采用原厂防水包装，包装标识应注明物料名称、纯度、生产厂家、生产日期。

5.3 球磨

5.3.1 设备准备

5.3.1.1 生料球磨采用搅拌球磨机进行磨细和混料，设备为行星式球磨机（聚氨酯内衬，专用设备，不得用于其他材料生产）、研磨体（氮化硅研磨球，占球磨桶容积 5%～40%）。
5.3.1.2 初次装球应剔除杂质及直径过小的球，每 50 个生产周期补充研磨球并剔除损耗过大的球。

5.3.2 操作

5.3.2.1 将称量好的原料装入球磨罐，加入去离子水作为介质，原料与水质量比 5：2～5：6，原料与研磨球总体积占球磨桶容积 60%～90%。
5.3.2.2 设定球磨时间 24 h～36 h，设定转速为 300 r/min～500 r/min，球磨至预定时间，球磨机停止运转后，操作人员应及时出料。
5.3.2.3 在设备运行过程中，操作人员应定期检查设备运行是否正常，球磨罐是否漏料，在检查过程中应佩戴防护面罩、耳塞等防护用品。

5.4 干燥

5.4.1 设备准备

5.4.1.1 电热鼓风干燥箱（干燥温度不低于 100 ℃，作为专用设备，不允许用于其他材料生产）。
5.4.1.2 定期清洁箱内，检查加热及鼓风系统，确保正常运行。

5.4.2 操作

5.4.2.1 将球磨后的浆料转入鼓风干燥箱内的不锈钢料盘中。
5.4.2.2 关闭箱门，开启加热系统和鼓风系统，干燥温度控制在 100 ℃～120 ℃，干燥时间大于 24 h。
5.4.2.3 充分干燥后的料块经玛瑙研钵研磨后过 80 目筛网，过筛后粉体损失率应≤5%。
5.4.2.4 过筛后的粉料装入专用双层塑料袋密封备用，料袋上应标明粉料化学成分、质量包装日期，存储过程中应严格防潮。

5.5 陶瓷成型

5.5.1 设备准备

5.5.1.1 双向液压机（主油缸公称轴向力 400 kN，额定工作压力 20 MPa；下缸公称力 400 kN，额定工作压力 20 MPa；工作台尺寸 485 mm×510 mm，电机功率 7.5 kW）、冷等静压机（额定压力 320 MPa，整机功率 3 kW±1 kW）。
5.5.1.2 双向液压机定期检查压力指示系统、调零、补充液压油；冷等静压机每 6 个月更换腔体内液压油，检查压力指示及位移传感器，确保无泄漏、无堵塞。

5.5.2 操作

5.5.2.1 陶瓷预成型

5.5.2.1.1 烘干后的粉体放入专用模具中在双向液压机上进行预成型。
5.5.2.1.2 液压机压力范围 8 t～15 t，保压时间 1 min～10 min，压力和保压时间均可根据预成型粉料质量及所采用的模具尺寸进行换算和合理调整。
5.5.2.1.3 压制完毕后退模，将样品取出。

5.5.2.2 冷等静压成型

5.5.2.2.1 预成型后的样品用弹性塑胶薄膜真空密封，尽量排尽空气。
5.5.2.2.2 设置冷等静压设备参数，压力 200 Mpa～250 Mpa，保压时间 1 min～20 min。
5.5.2.2.3 提起液压腔体上缸盖，将预成型样品放入腔体液压油中，放下上缸盖，启动设备，完成冷等静压成型。
5.5.2.2.4 保压结束后，提起上缸盖，取出样品，拆掉塑胶薄膜，得到致密的陶瓷素坯。
5.5.2.2.5 操作人员应佩戴一次性手套避免直接接触陶瓷素坯。

5.5.3 检验

陶瓷成型后，外观应光滑、无缺陷、无污染，外形应规则且较为致密。

5.5.4 搬运、储存和包装

5.5.4.1 成型后的样品应放置于阴凉干燥处，标明化学成分、生产日期。
5.5.4.2 搬运过程避免样品损坏与污染。

5.6 陶瓷烧成

5.6.1 设备准备

5.6.1.1 真空热压烧结炉（最高温度 2 000 ℃，额定功率 18 kW，最大压力 5 T，工作区 Φ80 mm ×120 mm，加热体为石墨，专用设备，不应用于其他材料生产）。
5.6.1.2 烧结前确认炉体密封性、氮气供给系统正常，加热体无损坏。

5.6.2 操作

5.6.2.1 采用热压烧结技术，通入 N_2 进行保护性烧结。
5.6.2.2 烧结压力为 30 MPa～50 MPa，烧结温度为 1 600 ℃～1 700 ℃，升温速率 5 ℃～8 ℃/min，前期低速、后期可适当提速，避免坯体开裂，保温时间为 3 h～5 h，之后随炉冷却。
5.6.2.3 操作人员佩戴高温防护手套，避免接触高温炉体。

5.6.3 检验

5.6.3.1 陶瓷成品冷却后立即进行初步的表面质量及尺寸检验，剔除残次品，并记录数据。
5.6.3.2 烧成后的陶瓷每批次抽样进行化学成分、尺寸、密度、力学性能及光学性能检验，具体应满足如下性能指标：

a) 化学成分及尺寸满足材料设计需求；
b) 断裂韧性大于 10 MPa·$m^{1/2}$；维氏硬度大于 20 GPa；
c) 相对密度大于等于 98%；
d) 光学性能指标 L*，a*，b* 应满足设计要求。

5.6.3.3 若检验不符合要求，不应出库。

5.6.4 包装

5.6.4.1 每块陶瓷都应单独包装。
5.6.4.2 操作过程保证清洁无污染，操作人员应佩戴手套。

6 搬运、储存、包装和防护

6.1 包装

6.1.1 每块陶瓷独立包装，采用防尘、防震材料（如泡沫），包装标识注明陶瓷化学成分、生产日期、批次、规格。
6.1.2 每批次陶瓷集中装入专用包装箱，箱内填充泡沫防震，箱外标识批次、数量、生产单位。

6.2 储存

6.2.1 阴凉、干燥、通风，避免阳光直射、潮湿及腐蚀性气体。
6.2.2 置于专用货架，避免堆叠挤压。
6.2.3 建立储存台账，记录批次、数量、储存时间，定期检查陶瓷外观状态。

6.3 运输

6.3.1 选择具备防震、防潮功能的运输工具，避免剧烈颠簸、碰撞。
6.3.2 轻装轻卸，严禁抛掷、挤压。
6.3.3 每批次运输应附带产品合格证明，包含化学成分、性能检验报告、生产日期、批次等信息。

7 资源与安全保障

7.1 资源

7.1.1 研发与管理人员：应为材料相关专业技术人员，具备氮化硅陶瓷研发、生产经验。
7.1.2 操作人员：经安全、质量、工艺培训合格后上岗，各工序及设备设专人负责。
7.1.3 培训要求：每季度开展 1 次专业培训，包括工艺参数、设备操作、安全防护等内容。

7.2 安全保障

7.2.1 消防设施：操作现场配备足量有效灭火器（如干粉灭火器），设置清晰逃生通道。
7.2.2 防护装备：配备防毒面具、高温防护手套、防护面罩、耳塞、急救包等防护用品。
7.2.3 应急处理：制定设备故障、原料泄漏、火灾等应急预案，定期组织应急演练。
7.2.4 环保要求：生产过程中产生的废料（如不合格粉料、废包装）按环保规定分类处理，不应随意丢弃。

8 生产记录与追溯

8.1 记录要求

各工序建立生产台账，记录内容包括：
a) 配料：原料名称、纯度、质量、操作人员、日期、检验结果；
b) 球磨：球磨时间、转速、料水比、操作人员；
c) 干燥：干燥温度、时间、粉料损失率、包装信息；
d) 成型：预成型压力、保压时间，冷等静压压力、保压时间、素坯检验结果；
e) 烧结：烧结温度、压力、保温时间、氮气流量、成品检验结果。

8.2 追溯管理

生产记录保存期限不少于 3 年，可通过批次号追溯每块陶瓷的生产过程、原料来源、检验结果，确保产品质量可追溯。