

等静压成型素坯与釉面针孔的形成

夏光华 缪松兰 徐乃平 周健

(景德镇陶瓷学院)

摘 要

利用体视显微镜和偏光显微镜对釉层显微结构进行观察,并做了性能测试,结合等静压成形以及生产实际,对釉面针孔的成因进行了讨论。通过分析对比,得出高气孔率的素坯是影响釉面针孔的重要因素;在进一步的试验中,提出了克服釉面针孔的合理途径并取得了一定成效。

关键词 等静压成形,釉面针孔,素坯,显微结构

RESEARCH ON THE NEEDLE HOLE OF GLAZE SURFACE
OF DOMESTIC FINE PORCELAIN BY ISOSTATIC PRESSING

Xia Guanghua Miao Songlan Xu Naipin Zhou Jian

(Jingdezhen Ceramic Institute)

Abstract

The microstructure between body and glaze are studied by stereomicroscope and polarizing microscope in this paper and some properties are tested. The combination of isostatic pressing exchnology with the facts of production, mechanism of forming needle hole on glaze surface is toplored. Through analysis, high porosity in biscuit body formed by isostatic pressing is an important factor which resulted in needle hole on glaze surface. Ways of improving the quality of glaze and reducing the needle hole are found in further experiments.

keywords isostatic pressing, glaze, needle hole, microstructure, biscuit body

1 引 言

据有关资料报道,我国日用细瓷釉面针孔缺陷占整个缺陷总数的15%。可以说,釉面针孔的存在是个普遍问题。为了尽快改变我国日用细瓷制品品质次价低的情况,国内几个著名产瓷区相继从国外引进了具有八十年代末世界先进水平的日用细瓷生产技术——等静压成形新工艺。与其它成形方法相比,有其明显的

优越性。国外陶瓷厂利用该技术生产出高档日用细瓷产品,其制品釉面质量优良,针孔极少,器型规整,系列产品整齐划一。引进该技术目的是为了克服我国传统成形方法中多变因素对产品质量的影响,提高陶瓷产品的档次,同时使产品质量达到高档瓷的要求——五无一小三光滑(无斑点、无落渣、无针孔、无擦伤、无色脏;变形小;釉面、花面、底足光滑)。但是,该技术在景德镇等地区实际应用中,因陶瓷原料质量波动以及生

收稿日期:1997-09-05

通讯联系人:夏光华,景德镇陶瓷学院材料工程系 333001

产技术管理水平和人员素质等诸多因素,使得产品质量难以达到预期目标,主要表现之一为釉面针孔、桔釉缺陷比较严重。

针对这一问题,我们除曾对等静压成形用添加剂国产化进行过研究外,还在改善釉面质量方面做了一些研究实验工作。本文主要从低温素烧坯体的结构特征以及对釉中气泡的观测两方面来探讨等静压成形日用细瓷釉面针孔的成因。

2 试验样品与生产厂样品的观测

将生产厂样品及我们试验中若干典型试样,在同样条件下利用显微镜观察,并进行了几项测试和定点烧成试验。

2.1 釉层显微结构的观察

为了更真实客观地反映釉中气泡的分布特点,以便取得理想效果,我们采用体视显微镜与偏光显微镜相配合的观察方法。前者可以直接反映釉层气泡的立体形貌、分布特征,在一定程度上弥补了偏光显微镜下因薄片等原因而不能完全显示气泡空间分布的不足。

从显微镜观察中得知,生产厂样品釉面针孔似麻坑状、小疙瘩状,且在上述缺陷点之下都呈现出较大气泡的现象。釉中气泡分布不均,气泡以 $\Phi 30\mu\text{m}$ 左右多见,少量残余晶体,釉层厚度 $0.15 \sim 0.22\text{mm}$ (见图 1a)。而试验样品釉面针孔大幅度降低,釉中气泡细小密集,分布较均匀,气泡以 $\Phi 15 \sim \Phi 20\mu\text{m}$ 多见,少量大于 $\Phi 30\mu\text{m}$,残余晶体极少,釉层厚度为 $0.25 \sim 0.30\text{mm}$, (见图 1b,c)。

无论是针孔多还是针孔少的釉,其釉层均含一定量的气泡。只是各自特点不同,前者釉层中气泡大小不一,分布不均,而后者釉中气泡细小,分布均匀。当釉中气泡大于 $\Phi 30\mu\text{m}$ 时便成为肉眼可见的釉面针孔缺陷。

2.2 性能测试

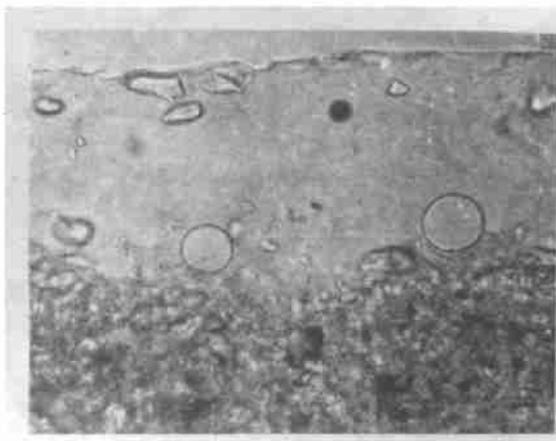
2.2.1 白度、光泽度

生产厂样品和我们的两个典型试样白度与光泽度的测定结果见表 1。

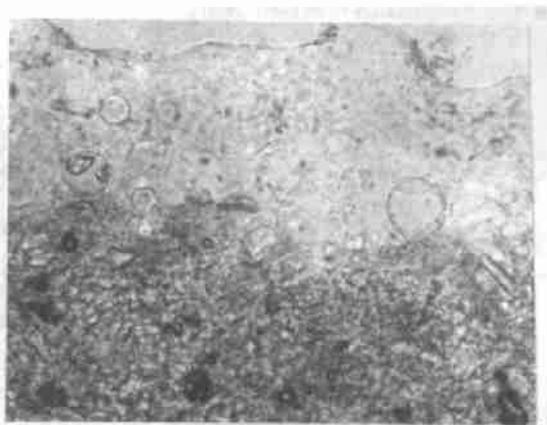
表 1 釉面白度、光泽度测定

Table 1 Test result of whiteness and glossiness of glaze

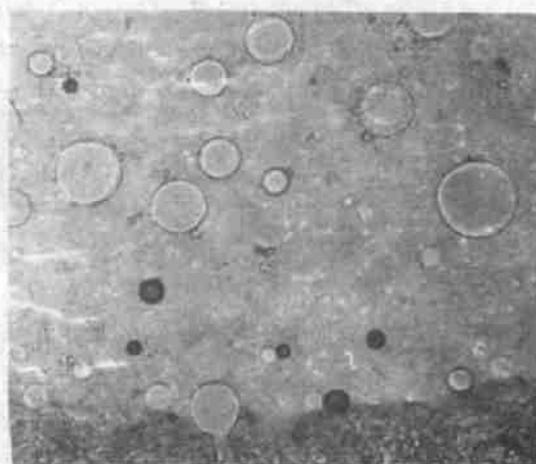
样品名称	白度	光泽度
生产厂样品	80.83	102.1
A ₅ 试样	80.81	104.5
A ₆ 试样	80.74	107.3



(a) 生产厂样品 (偏光 160×)



(b) 试验样品 (160× 偏光)



(c) 试验样品 (偏光 250×)

图 1 不同样品的 OM 照片 偏光

Fig. 1 Microstructure of body and glaze with different sample

2.2.2 釉料高温流动性能

熔融的釉料能否在胎体上铺展成平滑的釉面,与釉熔体的流动性状即高温粘度有很大关系。本实验采用斜槽法定性地比较各个釉料相对的流动情况。釉料在斜槽内流得越长,表明高温流动性越好,高温粘度越小。反之类推。测定结果见表 2。

表 2 釉料高温粘度测定

Table 2 The high temperature viscosity of glaze

样品名称	生产厂样品	A ₅ 样品	A ₆ 样品
流动长度(cm)	6.5	4.7	4.3

2.2.3 釉料颗粒组成

目前,陶瓷生产厂一般采用筛余量来控制坯釉料的细度,而国外一般都是通过控制坯釉料的颗粒分布来反映其细度。于是,我们对上述釉料的颗粒分布进行了测试,并引用日本某瓷厂釉料的数据^[4],以便于对比(见表 3)。

表 3 釉料的粒度分布测定(%)

Table 3 Particle size distribution of glaze(%)

试样来源	真空度	< 1 μ m	1-5 μ m	5-8 μ m	8-15 μ m
生产厂釉料	2.724	10.1	41.4	33.2	7.1
自制釉料	2.630	12.7	56.6	29.7	0.5
日本某厂釉料	2.64	26.5	36.9	(5-10 μ m) 28	(10-15 μ m) 6.8

表 4 釉料熔融性能测定

Table 4 Melting temperature range of glaze

试样名称	开始收缩(℃)	开始圆角(℃)	圆角(℃)	半球(℃)	扁平二格(℃)
生产厂釉料	980	1140°	1260	1315	1350
A ₅ 釉料	940	1175°	1290	1342	1362
A ₆ 釉料	950	1164°	1282	1320	1360

表 5 生产厂样品定点烧成后观察情况

Table 5 Observation of manufacturing sample fired at different temperatures

温度点及编号	肉眼观察	体视显微镜下观察	偏光显微镜下观察
1020℃ (1#)	釉料呈粉状,呈坯色	釉呈粉状,且凹凸不平,附着性差	
1145℃ (2#)	釉层呈板片状,受力后可剥离,泛白色	釉面仍不平整,坯釉附着性较好	

通过以上对比可知,我们的釉料颗粒多集中在 1-8 μ m 范围内,小于 1 μ m 仅占 10% 左右;而日本的釉料颗粒多集中在 10 μ m 以下,且小于 1 μ m 占 25% 以上。这说明我们的釉面质量较差,与釉料颗粒偏粗,级配不佳有关。

2.2.4 釉料熔融温度范围

利用 SCN 型高温显微镜测定釉料熔融性能,其结果见表 4。

2.3 生产厂样品及 A₅ 试样的定点烧成及观测

为了进一步了解釉层气泡的来源、变化情况,根据釉料的熔融性能,依次选取了一些代表性的温度点,且在每个温度点上保温三十分钟,尔后取出冷却,获得了一批定点烧成试样。具体详见表 5 及表 6。

从表 5,表 6 样品的釉料定点烧成观察结果可以看出:

(1)无论是生产厂还是试验配方,在定点烧成中自釉料软化开始,釉层中就出现气泡,并随着温度的升高,气泡密集程度也随之变化,基本上是由稀疏到密集再到较稀疏。气泡大小由小到大变化,但一般气泡直径在 10~30 μ m 范围内,仅有少量直径达 50 μ m 以上的气泡。气泡的分布状况由不均匀到均匀,且釉中较大气泡多分布釉下层。

(2)从气泡出现直至釉料成熟的整个高温区间,釉层内自始至终都可观察到气泡自坯体渗入釉层的痕迹。而坯体经过低温素烧后,诸如有机物氧化、水份排除、一些原料的分解等反应基本完成。那么到底有多少气体在釉烧成期间由于坯体自身收缩等原因在釉中

温度点及编号	肉眼观察	体视显微镜下观察	偏光显微镜下观察
1265℃ (3#)	釉面呈现光亮,粗糙不平	釉层表面似麻坑状,透明度较好,见许多气泡密集,坯体致密	釉中气泡多分布在 $\Phi 10\sim 40\mu\text{m}$,未熔晶粒多见,见气体由坯向釉渗入的痕迹。附图2
1280℃ (4#)	釉面光泽提高,针孔多且细小	整个釉层透明,气泡更加密集,分布不均,多在坯釉界面附近	基本同上,但坯釉反应明显,气泡减小
1320℃ (5#)	釉面光泽良好,针孔数有所减少	釉层中有许多气泡,釉面较平整、光滑	釉中气泡大多为 $\Phi 10\sim 30\mu\text{m}$,少量 $\Phi 50\mu\text{m}$ 左右,残余晶粒减少。附图2
1340℃ (6#)	基本同上,针孔数减少	基本同上	基本同上,坯釉结合较好
1358℃ (7#)	釉面光滑,针孔严重,轻微桔釉	基本同上,但大气泡有增多趋势,多分布釉下层及界面附近	釉中气泡以 $\Phi 20\mu\text{m}$ 为主,少量大于 $\Phi 30\mu\text{m}$,残余晶粒少,坯釉界面交融发育,附图2

表6 A₅试样定点烧成后观察情况

Table 6 Observation of specimen A5 fired at different temperatures

温度点及编号	肉眼观察	体视显微镜下观察	偏光显微镜下观察
944℃ (A ₅₋₁)	釉面呈粉状,无光泽,同坯色	釉料呈粉状,表面不平整,附着性差	
1165℃ (A ₅₋₂)	釉面呈粗糙板片状,泛白色,受力后可剥离	釉面仍不平整,附着性较好	
1278℃ (A ₅₋₃)	釉面初显光亮,可见少量麻坑状针孔	釉面光亮,具有一定透明度。釉中气泡密集,分布不均	釉中气泡多为 $\Phi 20\mu\text{m}$ 以下,少量达 $\Phi 40\mu\text{m}$,可见未熔晶粒,见气体自坯向釉渗入的现象,坯釉界面平直
1304℃ (A ₅₋₄)	釉面更加光亮,且麻坑状,针孔明显减少	基本同上	基本同上,玻化较完全,残留晶粒减少,坯釉界面发育较好
1320℃ (A ₅₋₅)	基本同上,但针孔变得细小	基本同上,但釉中气泡分布趋于均匀	基本同上
1342℃ (A ₅₋₆)	釉面平滑光亮,针孔数量减少	釉中气泡密集,分布均匀,个别较大气泡	釉中气泡主要为 $\Phi 20\mu\text{m}$ 以下,个别达 $\Phi 40\mu\text{m}$ 左右,残余晶粒极少,坯釉界面发育良好
1360℃ (A ₅₋₇)	釉面平滑光亮,但针孔直径稍变大	基本同上	基本同上,但残余晶粒极少且极细

形成气泡呢?为此对生产厂素坯专门进行了高温定点烧成试验。即在电炉内自1000℃起,每隔20℃设置一个温度点,保温三十分钟取出冷却,获得了一批素坯试样,并测定了各温度点素烧坯体的吸水率,结果见表7。

3 试验分析

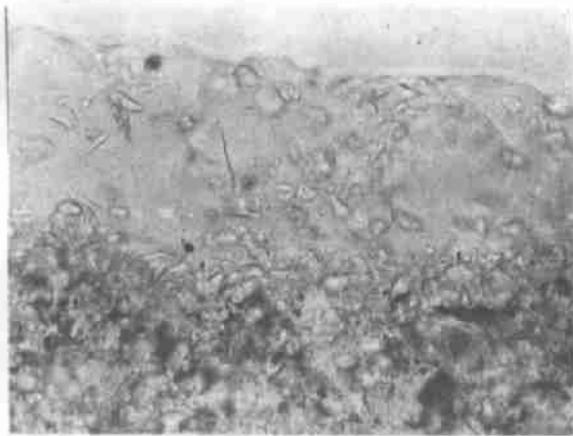
3.1 素坯对釉中气泡形成的影响

釉面针孔是陶瓷行业普遍存在的现象。国内外学

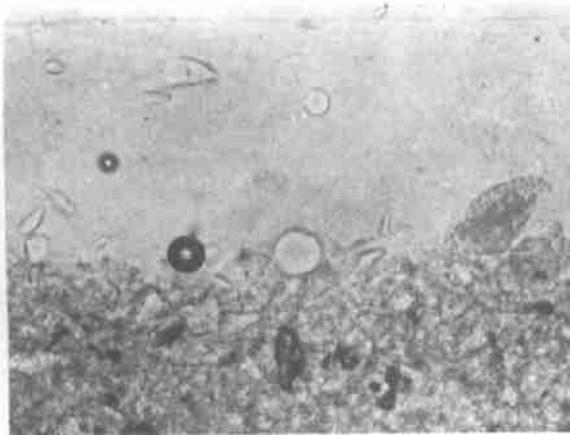
表7 生产厂素坯定点烧成后吸水率的测定

Table 7 Water absorption of manufacturing biscuit body fired at different temperatures

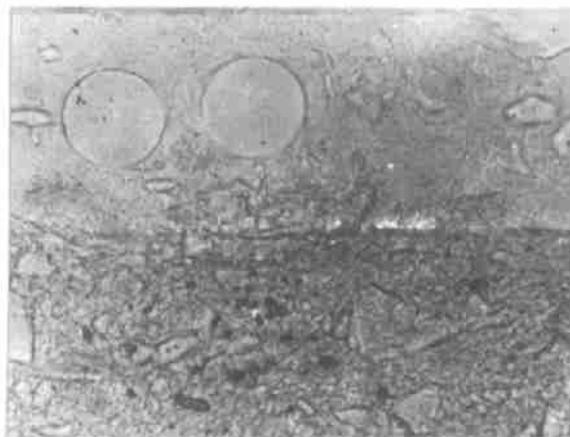
试样号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#
温度(℃)	900~1000	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140
吸水率(%)	23.34	22.96	22.81	21.94	21.52	21.40	20.32	18.61	15.82
试样号	10#	11#	12#	13#	14#	15#	16#	17#	18#
温度(℃)	1160	1180	1200	1220	1240	1260	1300	1340	1360
吸水率(%)	13.50	12.06	9.38	5.96	5.27	2.02	0.66	0.20	0.11



3#



5#



7#

图2 生产厂样品在不同温度下的OM照片(偏光250×)
Fig.2 Microstructure of manufacturing sample find at different temperatures

者对其产生的原因做了许多研究,提出了各种观点。

一般地,将生产中影响釉面针孔形成的主要因素归纳为以下几点:

(1)由于泥料质量和坯体致密性差所致。如疏松的坯体收缩排除气体时易于产生针孔。

(2)由于坯釉料中杂质分解引起的针孔。如含有硫酸盐、碳酸盐等高温分解物,且若釉的始熔温度较低和高温粘度偏高,则易于产生针孔。

(3)烧成过程引起的针孔。如烧成工艺控制不当,燃料中水分过多或含硫量偏高等均易于产生针孔。

根据上述原因,结合等静压成形生产工艺特点,我们主要围绕着坯体进行试验研究,从以下三个方面进行探讨。

3.1.1 合理的坯体密度

陶瓷制品的烧成性能与素坯的致密程度有关。在这里,我们将素坯的致密度用素坯的吸水率来表征。据前苏联西符契柯娃研究表明,釉面的针孔数与素坯的吸水率有关,只有当吸水率适中时,釉面针孔才最少。据了解,国外同类产品的素坯吸水率一般为16~19%,而国内生产厂的等静压成形素坯吸水率为22~24.5%。由于是低温素烧,且在1360℃高温釉烧过程中,坯体同样在进行着有液相参与的烧结过程,此时素坯中颗粒逐渐混熔,空隙变形和缩小,最终得到致密的烧结体。另据学者研究^[1],釉料开始玻化时坯体的吸水率为8%时釉面质量为优。从表7可以看出,生产厂釉料开始玻化时坯体的吸水率为13~16%。这样,素坯达到烧结温度时仍有较多的气体从坯中不断地向釉层溢入。气体进入开始熔融的釉层,将大大提高釉层气泡的含量,一旦这些气泡迁移,聚集成较大气泡,就易产生釉面针孔。

在相同的素烧条件下生产厂滚压成形的素坯吸水率测定为17~18%。我们将同一种釉浆分别施于等静压成形素坯和滚压成形素坯,在同等条件下釉烧,前者的釉面针孔数量明显地高于后者,这充分说明素坯的致密程度对釉面针孔影响很大。

3.1.2 等静压成形粉料的颗粒级比

表8 粉料造粒级比数据^{[2][3]}

Table 8 Data of the lumps particle size distribution of powder

样品号	粉料水份(%)	容量(g/l)	>500 μ m	500-400 μ m
1#(国内)	3.1	870	4%	18.6%
2#(国内)	3.2	890	9.3%	19.8%
3#(国外)	2.6	826	0.2%	0.4%

样品号	粉料水份(%)	容量(g/l)	>500 μ m	500-400 μ m
样品号	400-315 μ m	315-200 μ m	200-100 μ m	<100 μ m
1*(国内)	33.6%	32.6%	9.8%	
2*(国内)	29.9%	30.3%	9.0%	
3*(国外)	2.1%	57.0%	33.5%	4.6%

由表8得知,国内厂家的粉料粒径主要分布在200~500 μ m范围内,比较分散,小于200 μ m的粉料所占比例很小,且大于500 μ m的大颗粒偏多。而国外同类产品的粉料造粒粒径多集中于315~100 μ m范围内,大于315 μ m的大颗粒很少,少量小于100 μ m。

在等静压成形工艺中,造粒级比对坯体的致密程度有重大影响。既要考虑到颗粒的紧密堆积,又要考虑到易于成型和烧结。通常,喷雾干燥造粒的假颗粒在压实过程中,首先是滑动堆积,接触,进而产生塑性形变和破裂、压碎,使颗粒间紧密堆积达到致密化,获得合理的坯体密度。压实工序要求达到最大的颗粒充填率和坯体密度比较均匀,这样在烧成时产生最小的收缩和残余气孔率。而要达到这一效果,就需要合理的造粒级比。

3.1.3 等静压成形粉料所用有机添加剂

要满足等静压成型干法压坯要求,喷雾干燥粉料必须具备一定的性能。通过加入适当的有机添加剂可使生产出来的粉料具有一定的流动性、可塑性及合理的级比,从而提高成坯率。为了探讨添加剂对等静压成型素坯的影响,我们利用体视显微镜对表7中的各个试样进行了观察,结果见表9。

从表9中可看出,随着素烧温度的提高,素坯粉料颗粒间接触界线逐渐扩大,并逐渐形成含较多玻璃相的烧结体。此时,坯中气孔从连通的逐渐变成孤立的并进一步缩小,最后大部分甚至全部从坯体中排出,使坯体的致密度和强度都增加,成为具有一定性能和几何外形的整体。

表9 对定点烧成素坯的观察情况

Table 9 Observation of biscuit body fired at different temperatures

试样编号	体视显微镜下观察
1*(生产厂样品)	素坯表面明显凹凸不平,粉料颗粒间结合力较弱,接触界线清晰,呈扁椭球状
2#~7#	基本同上,但随温度递增,颗粒间结合力增强

试样编号	体视显微镜下观察
8#~11#	粉料颗粒结合力进一步增强,且钢针难以刻划,椭球状颗粒已混熔,接触界线变宽
12#~14#	表面仍不平整,坯体强度明显提高,颗粒间混熔并见玻化现象,接触界线更宽
15#~18#	基本同上,但随温度升高,颗粒熔融,玻化明显,接触界线已模糊,逐渐成为致密烧结体

在这里,生产厂素坯在1100 $^{\circ}$ C以内焙烧,颗粒仍大致为变形椭球状,接触界线清晰。而颗粒为椭球状的主要原因在于压制成形过程中,大量的假颗粒以塑性形变为主,未被压碎、破裂,进而形成许多压扁或伸长的椭球状颗粒,构成桥连结构,产生大的不规则气孔,进一步导致素坯的致密度降低,孔隙度提高。

为了进一步弄清生产厂素坯粉料假颗粒以塑性形变为主的原因所在,我们主要针对系列有机添加剂中的取代国外粘结剂EV的国产粘结剂J₂₈进行分析探讨。J₂₈属合成聚烯烃类胶粘剂中的一种,主要包括有效成份、填料、增塑剂、增粘剂等,其中填料多为粘土、重晶石等,但在工厂实际应用中,J₂₈粘结剂质量波动很大,粘度不够稳定,与国外EV相比,质量较差。这样就造成了生产中成坯率的波动,生产厂为了提高成坯率和生坯强度,则往往需要增加有机添加剂(如J₂₈,Er添加剂)的用量,结果是成坯率、生坯强度提高了,而素坯的质量却下降了。具体表现为素坯的开裂,“白心”缺陷增多。还会出现下列问题:

(1)添加剂用量的增多。尽管提高了粉料的塑性和韧性,提高了成坯率,但却使得粉料假颗粒在压制成形中以塑性形变居主导地位,使得坯体孔隙度提高。

(2)添加剂用量增多,无疑在坯体内所占体积加大,在素烧过程中随有机物的分解挥发残留下的孔隙就大为增加,尽管素坯有一定的收缩率,但残留孔隙仍很高,从而提高了素坯的气孔率。

(3)添加剂组分中填料成分可能有高温分解物质,尽管坯体经950 $^{\circ}$ C低温素烧,但在釉烧高温阶段,即使杂质残余物很少,也将会对釉面带来危害。

(4)在釉烧过程中,如果温度、气氛、压力、临界温度等控制不当,添加剂中高温分解物更会影响釉面质量。

因此,为了尽可能减少有机添加剂的不利影响,应当在保证坯体强度和成坯率的同时,应采用效果显著,质量优良的添加剂,并严格控制其用量。

3.2 克服多孔素坯釉面针孔的几点措施

通过上述观测与分析,可以知道釉面针孔的本质是由于釉层中 $\Phi 30 \sim 50 \mu\text{m}$ 气泡所致。为此,针对生产厂素坯高气孔率及生产现状,我们仅限于对釉料的组成、细度、釉层厚度以及采用二次施釉方法等进行试验,以期使釉料适应坯体,有效降低釉面针孔。

3.2.1 釉料组成

釉料组份的变化会引起始熔温度、高温粘度及表面张力等性能的改变。对于成熟温度范围一定的釉料,始熔温度是影响釉面质量的关键因素。实践证明,始熔温度较高的釉面极少有针孔现象。始熔温度过低,会将高温下产生的气孔过早封闭于釉中,使坯、釉料中分解产生的气体和坯体收缩产生的气体不易排出,在以后的升温过程中极易产生气泡,进而导致产生针孔。故釉的始熔温度高低是关键。

对等静压成形坯体尤为重要是釉料的高温流动性,因为高温流动性适宜的釉料,不但能填补坯体表面的凹坑,还能填平釉面气体逸出的痕迹。与此同时,釉的高温粘度与表面张力密切相关。一般地,表面张力小的釉料高温粘度低,且碱金属氧化物对降低表面张力作用较强,碱土金属氧化物不如碱金属氧化物作用明显。正是如此,我们在试验中采取了以下措施:

(1) 针对多孔素坯,为在釉未熔融前尽可能地将气体排出,适当地提高釉料的始熔温度和高温粘度。采用熟料:引入少量废瓷粉;对可能产生气体的原料进行煅烧;采用高温熔块等。由表 4 中看出,我们的试验釉料始熔温度比生产厂高出 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 。此外,适当地提高釉中 Al_2O_3 和 SiO_2 的含量,也就使得釉料高温粘度适当提高,使得被封闭于釉层中的气泡在迁移,聚集过程中难以加大,减小了釉中气泡的直径。

(2) 改变釉料熔剂种类或数量,主要通过添加含 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 P_2O_5 、 MgO 等的原料来实现。例如釉中 Al_2O_3 和 SiO_2 适当提高后,引入适量的 CaO ,并调节 Na_2O 、 K_2O 的数量,以调节釉料高温粘度。 CaO 等碱土金属氧化物可明显地降低钾钠对釉的玻璃网络结构的破坏,从而提高热稳定性,并且在 1300°C 以上的高温阶段, Ca^{2+} 的活性增大,助熔作用显著提高,可急剧地减小粘度增长的温度范围。这样,使得釉在成熟温度时均匀铺展于坯体表面,利于釉面质量的提高。由表 1 中可知,试验配方便是这样,对待静压成形的陶瓷釉面针孔减少起到了积极作用。

3.2.2 釉料细度与施釉工艺

(1) 釉料细度

由表 3 中得知,厂家釉料的颗粒组成不是很好,颗粒偏粗。于是,我们对釉料加工采取硬质料与软质料二次入磨工艺来改善釉料的细度和颗粒级配。试验结果如表 10 所示。对于同一配方的釉料,釉面针孔可明显降低,光泽度提高。

表 10 球磨工艺与釉面质量

Table 10 Grinding technology and quality of glaze surface

釉料细度万孔筛余	球磨方法	釉面质量
0.01~0.02%	软硬料一次投入	桔釉、针孔明显
0.005~0.01%	软硬料分别投入	针孔减少、光泽度高

由此可见,将充分磨细的釉料施于多孔素坯上,釉料玻化程度提高,残留晶粒减少,釉面质量得到提高。釉料的细度,尤其是石英的粒度对釉中气泡影响极大,这是由于石英颗粒周围存在着较多的硅酸盐组份。在这个高硅的微区中熔体的粘度很大,同时酸性熔体中气体的溶解度一般很小,因而气泡极易产生。因此,在同一烧成环境下,釉料中石英颗粒偏粗,且残留石英就增多,而釉中气泡含量也就增大,对釉面质量带来不良影响。

(2) 施釉工艺

研究表明,国内生产厂家的素坯有二个主要缺点:气孔率高和表面平整度差。且烧制的产品,釉层偏薄,桔釉、针孔缺陷多。为此,我们在试验过程中注意适当提高釉层厚度,这样可使一部分釉料溶入坯体凹陷处填平凹坑,另一部分形成正常的釉层,在一定程度上改善了釉面质量。

另外,就是采取二次施釉工艺,具体作法是在坯体表面先施一层薄薄底釉,尔后再施一层薄薄的面釉。根据帕默里研究,对于高气孔率的坯体为了获得良好釉面,应使坯釉中间层的高温粘度高于釉的高温粘度。这样,高温粘度较大的底釉在高温后期使得来自多孔素坯中的残余气孔释放气体被抑制,滞留在中间层附近或釉底层,即使一部分气体克服阻力上升到釉层,也会因消耗能量而直径缩小,从而降低形成釉面针孔的倾向。采用二次施釉工艺,样品针孔大幅度降低,光泽度良好。釉层显微结构得到明显改善,面釉玻化程度高,残余晶体极少,釉中气泡平均直径 $\Phi 15 \mu\text{m}$,数量多且细小,分布较均匀。可见底釉在一定程度上增大了中间层的效果。详见图 3。

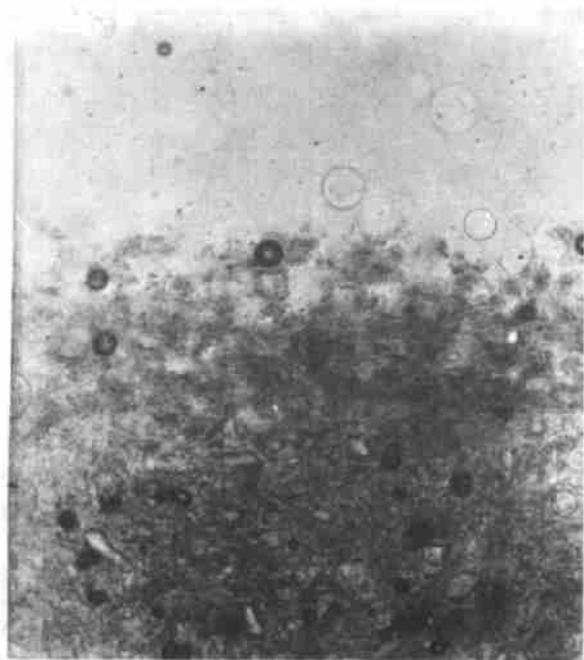


图3 二次施釉样品的OM照片(偏光 160×)

Fig.3 Microstructure of twice glazing specimen

4 结 论

(1)根据釉的显微结构观测结果,二次烧成等静压成形日用细瓷无论是釉面针孔多的制品还是釉面针孔少的制品,自釉料始熔温度至最高烧成温度,其素坯中均有气体不断向釉层渗入,形成釉中气泡。素坯气孔率的高低是影响釉中气泡含量的一个重要因素。

(2)国内生产厂低温素烧的坯体吸水率偏高,这种素坯将在高温后期释放出较多气体,成为釉中气泡,一旦这些气泡多聚集,就易导致釉面针孔的增多。

(3)针对高气孔率素坯等生产现状,通过改善釉料组成,配制始熔温度高,高温粘度和表面张力适宜的釉料;适当提高釉料细度;增加釉层厚度;采用二次施釉工艺等措施可以减少釉中气泡的数量并减小釉中气泡直径,从而大幅度地降低釉面针孔缺陷。

参 考 文 献

- 1 徐端.日用陶瓷釉面质量问题初探.中国陶瓷,1982,(6)
- 2 林云万,吴大选.陶瓷样板工程.陶瓷导刊编辑部
- 3 刘人雷.西德日用陶瓷等静压成型简介.中国陶瓷,1989,(6)
- 4 高宝琴.釉泡与析晶.河北陶瓷,1984,(4)
- 5 戴维(美).现代陶瓷工程.北京:中国建筑工业出版社