

文章编号 1000-2278(2013)03-0353-08

硅灰石对瓷质砖工艺性能影响的研究

刘建华

(景德镇高等专科学校生化系,江西 景德镇 333000)

摘要

在分析硅灰石物理与化学性能的基础上着重研究了硅灰石对瓷质砖坯体工艺性能的影响,进而力求为瓷质砖坯体产品的大规格超薄化生产找到合理的应用研究依据。

关键词 硅灰石;瓷质砖;工艺性能;影响;研究

中图分类号:TQ174.76 文献标识码:A

0 前言

新时期随着我国经济的高速发展,国内建筑卫生陶瓷也得到了空前的发展,尤其是建筑陶瓷,不论是从产量还是质量上,其发展都是前所未有的,然而相较于国外发达国家,我国的建筑陶瓷在生产规模、产品结构层次、生产技术工艺以及技术设备等方面仍存在着一定的差距。特别是大尺寸的瓷质建材陶瓷砖因受制于传统成型工艺,往往制品坯体的厚度必须达到一定的程度,否则制品的成型合格率低或是根本难以成型,然而厚度的增加也带来了资源消耗大、烧成能耗大、建筑承受负载重以及运输费用高等系列问题。

目前着眼于大规格超薄瓷质砖的应用研究已经从原料配方、成型、烧成等多方面进行,其中从坯体的性能入手分析研究构成坯体性能的原料影响是一个重要方面。本文力求从硅灰石这一低温陶瓷熔剂性原料入手分析研究其对瓷质砖坯体性能的影响,从而为坯体的制品厚度与坯体的总体性能要求找到影响其平衡关系的因素,一定程度上为产品的大规格超薄化找到合理的应用研究依据。

1 硅灰石概况

1.1 硅灰石的结构和特性

收稿日期 2013-04-02

通讯联系人:刘建华 E-mail: jianhua_school@126.com

硅灰石是一种偏硅酸盐矿物,晶体结构式为 CaSiO_3 ,理论组成为 CaO 48.25wt.%、 SiO_2 51.7wt.%。硅灰石化学性能稳定,通常条件下耐酸、耐碱、耐化学腐蚀。硅灰石具有多种形式类质同象体,因而很少见纯净的硅灰石。自然界常见的硅灰石主要是低温三斜硅灰石。硅灰石高温性能表现为与高岭石、叶蜡石、伊利石、滑石等矿物发生固相反应生成固熔体,因而常常作为低温熔剂材料使用。

硅灰石晶体的晶粒粗大,晶体常呈板状或柱状,具有玻璃光泽,常有的外观色彩是白色、乳白色或浅红色。通常硅灰石比重为 $2.87\sim 3.09\text{g/cm}^3$,硬度 $4.5\sim 5$,白度 $61\text{wt.}\%\sim 85\text{wt.}\%$,折光指数 1.62 ,熔点 1540°C ,如果有杂质,熔点则大为降低。

1.2 硅灰石的助熔作用机理分析

硅灰石以独特的理化性能及其与粘土矿物的特征固相反应而成为优良的陶瓷工业原料,其突出作用表现为大幅度降低烧成温度、缩短烧成周期,因而其可以实现低温快烧,同时还能赋予陶瓷坯体诸如提高坯体强度、减小烧成收缩、降低湿膨胀、易于成型等很多优良的工艺性能。

硅灰石质陶瓷的烧成温度相较传统陶瓷一般低 $100\sim 200^\circ\text{C}$,这种作用是硅灰石有利于以固相反应为特点的固相烧结所致。坯体中引入含钙(镁)较多的硅灰石能降低反应体系的最低共熔点,硅灰石与高岭石的混合物的熔化温度可降至 1180°C ,远低于传统坯体的熔化温度,这样较早的液相出现有利于扩散、

烧结的进行；硅灰石本身不含结构水和挥发性气体，有利于陶瓷坯体的快速升温。在瓷质砖坯体中加入硅灰石能显著降低坯体的烧成收缩，提高坯体强度，究其原因在于烧成时坯体中一部分硅灰石和坯体中高岭石质粘土的热分解产物发生反应，生成了钙长石和

方石英。

2 实验基础配方

配方组成和泥料的加工工艺对成型坯体泥料的

表 1 主要原料化学成份表
Tab.1 Chemical composition of main raw materials

	IL	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
长石岩粉	1.74	75.10	17.35	0.35	0.08	0.79	0.15	4.32	0.12
膨润土	6.69	69.01	14.20	2.12	0.11	2.24	3.04	0.20	2.39
可塑泥	9.90	62.90	22.80	1.15	0.69	0.48	0.19	1.6	0.29
硅灰石	5.36	51.16	0.62	0.5	/	41.39	0.85	0.09	0.03
水洗泥	10.89	53.7	31.40	1.41	0.38	/	/	/	/

表 2 长石岩粉含量为 35%时不同配方坯体的性能
Tab.2 Technical performance of the body prepared from the formula with 35% feldspar powder

编号	可塑泥 (wt.%)	长石岩粉 (wt.%)	膨润土 (wt.%)	水洗泥 (wt.%)	干燥收缩 (%)	吸水率 (%)	可塑性 (kg·cm)	干燥强度 (Mpa)
N1	20	35	1	44	5.04	3.25	3.10	1.96
N2	20	35	2	43	5.13	3.31	3.51	2.01
N3	20	35	3	42	5.20	3.21	3.71	2.21
N4	20	35	4	41	5.30	3.16	3.84	2.31
N5	20	35	5	40	5.37	3.11	4.01	2.39
N6	25	35	1	39	5.09	3.31	3.56	2.32
N7	25	35	2	38	5.18	3.17	3.80	2.39
N8	25	35	3	37	5.24	3.26	3.90	254
N9	25	35	4	36	5.30	3.30	4.07	2.64
N10	25	35	5	35	5.41	3.31	4.21	2.71
N11	30	35	1	34	5.11	3.25	3.84	2.59
N12	30	35	2	33	5.21	3.37	4.04	2.61
N13	30	35	3	32	5.31	3.20	4.18	2.72
N14	30	35	4	31	5.44	3.23	4.41	2.79
N15	30	35	5	30	5.55	3.24	4.56	2.89
N16	35	35	1	29	5.01	3.25	4.21	2.58
N17	35	35	2	28	5.12	3.27	4.41	2.70
N18	35	35	3	27	5.26	3.30	4.53	2.87
N19	35	35	4	26	5.37	3.29	4.69	2.87
N20	35	35	5	25	5.49	3.29	4.86	2.96

备注：可塑性在含水率 23%下测得，1210℃下烧成

可塑性、延展性、干坯性能和瓷坯性能都具有重要影响。通过调整优化配方与加入添加剂以及适当的加工工艺,可以达到对坯体诸如可塑性、延展性、干燥收缩、瓷坯强度、烧成收缩与温度范围等的合理调节,以形成可以适合大规格超薄瓷质砖生产的制备工艺技术。因此一个合理优化的瓷质砖基础配方是进行一定的特殊应用研究试验的关键。泥料的配方组成决定着坯体的基本工艺性能,而构成泥料的单一原料性能是坯体泥料综合性能的基础,并且最终决定着坯体配方在可塑性、干燥强度、干燥收缩、吸水率、烧成收缩等重点工艺指标。本次实验以某厂的长石岩粉、水洗泥、可塑土、膨润土为主要基础原料,其原料的化学成分见表 1。

在以上原料的基础上,运用单因素试验法设计配

方来探析某种原料对坯体性能的影响。

首先固定长石岩粉的含量为 35wt.%,变化配方中其他原料成分的比例进行了一系列配方试验(配方设计见表 2)。

表 2 表明,在可塑泥含量为 35wt.%,长石岩粉含量为 35wt%,膨润土含量为 1~5wt% 水洗泥含量为 25~29wt.%时,泥料的可塑性指标较高,其中可塑性指标最高的试样为 N20,可塑性指标值为 4.85kg·cm,其配方组成为可塑泥 35wt.%,长石岩粉 35wt.%,膨润土 5wt.%,水洗泥 25wt.%;并且泥料的可塑性愈高,其干燥强度也高,N20 试样的干燥强度值最高,达到了 2.96Mpa;但干燥收缩也逐渐增大,N 系列坯体均未烧结。

再固定长石岩粉含量为 40wt.%,同样变化配方

表 3 长石岩粉含量为 40%时不同配方坯体的性能

Tab.3 Technical performance of the body prepared from the formula with 40% feldspar powder

编号	可塑泥	长石岩粉	膨润土	水洗泥	干燥收缩(%)	吸水率(%)	可塑性(kg·cm)	干燥强度(Mpa)
M1	20	40	1	39	4.96	1.32	3.30	1.86
M2	20	40	2	38	4.98	1.12	3.42	1.99
M3	20	40	3	37	5.05	1.23	3.61	2.11
M4	20	40	4	36	5.10	1.36	3.79	2.33
M5	20	40	5	35	5.16	1.29	3.94	2.51
M6	25	40	1	34	4.99	1.16	3.53	2.22
M7	25	40	2	33	5.04	1.20	3.72	2.40
M8	25	40	3	32	5.14	1.24	3.85	2.51
M9	25	40	4	31	5.20	1.29	4.91	2.66
M10	25	40	5	30	5.26	1.31	4.06	2.81
M11	30	40	1	29	4.77	1.28	3.72	2.37
M12	30	40	2	28	4.87	1.35	3.89	2.51
M13	30	40	3	27	4.97	1.27	4.06	2.70
M14	30	40	4	26	4.98	1.17	4.24	2.81
M15	30	40	5	25	5.06	1.33	4.41	3.00
M16	35	40	1	24	4.96	1.21	3.93	2.59
M17	35	40	2	23	4.99	1.28	4.11	2.76
M18	35	40	3	22	5.00	1.29	4.26	2.89
M19	35	40	4	21	5.12	1.28	4.42	3.01
M20	35	40	5	20	5.16	1.27	4.57	3.20

备注:可塑性在含水率 23%下测得,1210℃下烧成

中其他原料的比例进行一系列配方试验(配方设计见表 3)。

表 3 表明：在可塑泥含量 35wt.%，长石岩粉含量 40%，膨润土含量 1~5wt.%，水洗泥含量 20~24wt.%时，泥料可塑性指标较高，最高 M20 试样可塑性指标值达到 4.57kg·cm，配方组成为可塑泥 35wt.%，长石岩粉 40wt.%，膨润土 5wt.%，水洗泥 20wt.%。随着膨润土含量的增加和水洗纯泥含量的减少，泥料的可塑性逐渐提高，坯体的干燥强度得到了提高，再次证明膨润土对泥料可塑性的增强效果要好于水洗泥，而长石岩粉的增加整体上降低了泥料的可塑性和坯体的干燥强度，提高了坯体的烧结程度，M 系列坯体也均未烧结。

当固定长石岩粉含量为 45wt.%，变化配方中其他原料成分的比例也进行了一系列配方试验(配方设

计见表 4)。

表 4 表明：在可塑泥含量为 35wt.%，长石岩粉含量为 45wt.%，膨润土含量为 1~5wt.%，水洗泥含量为 15~19wt.%时，泥料的可塑性指标较高，最高的试样 L20 的可塑性指标为 4.23kg·cm，配方组成为可塑泥 35wt.%，长石岩粉 45wt.%，膨润土 5wt.%，水洗泥 15wt.%；L 系列坯体均已烧结。

当固定长石岩粉含量为 50wt.%，变化配方中其他原料成分的比例再进行一系列配方试验(配方设计见表 5)，泥料的可塑性和干燥强度也呈现一定的规律。

表 5 表明：在可塑泥含量为 35wt.%，长石岩粉含量为 50wt.%，膨润土含量为 1~5wt.%，水洗泥含量为 10~14wt.%，泥料的可塑性指标较高，最高的试样 Q20 的可塑性指标为 4.03kg·cm，配方组成为可塑泥 35wt.%，长石岩粉 50wt.%，膨润土 5%，水洗泥 10wt.%；

表 4 长石岩粉含量为 45wt.%时不同配方坯体的性能

Tab.4 Technical performance of the body prepared from the formula with 45wt.% feldspar powder

编号	可塑泥	长石岩粉	膨润土	水洗泥	干燥收缩(%)	吸水率(%)	可塑性 kg·cm	干燥强度(Mpa)
L1	20	45	1	34	4.85	0.1	3.12	2.26
L2	20	45	2	33	4.87	0.16	3.27	2.40
L3	20	45	3	32	4.96	0.17	3.41	2.50
L4	20	45	4	31	5.01	0.15	3.52	2.66
L5	20	45	5	30	5.12	0.18	3.70	2.81
L6	25	45	1	29	4.91	0.15	3.19	2.51
L7	25	45	2	28	4.97	0.20	3.31	2.63
L8	25	45	3	7	5.06	0.24	3.51	2.80
L9	25	45	4	26	5.13	0.20	3.64	2.91
L10	25	45	5	25	5.19	0.13	3.81	3.13
L11	30	45	1	24	4.72	0.20	3.31	2.82
L12	30	45	2	23	4.81	0.18	3.52	2.93
L13	30	45	3	22	4.88	0.21	3.71	3.09
L14	30	45	4	21	4.96	0.15	3.81	3.21
L15	30	45	5	20	5.26	0.16	4.09	3.35
L16	35	45	1	19	4.91	0.21	3.40	3.13
L17	35	45	2	18	4.97	0.22	3.66	3.26
L18	35	45	3	17	4.99	0.26	3.81	3.36
L19	35	45	4	16	5.06	0.25	4.03	3.41
L20	35	45	5	15	5.32	0.20	4.23	3.50

备注：可塑性在含水率 23%下测得，1210℃下烧成

Q 系列坯体均已烧结且致密。

在归纳以上实验结果基础上参考实际生产应用配方,最终确立了在 1210℃烧成的最终相对合理坯体配方(见表 6),并且分析出 1210℃温度下烧成的坯体配方的合理组成范围为:可塑泥 26~31wt.%,长石岩粉 45~50wt.%,膨润土 2~5wt.%,水洗泥 16~33wt.%,这个组成范围的配方泥料具有较好的延展性、较高的干坯强度以及较小的收缩,坯体烧结致密。

3 加入硅灰石对瓷质砖坯工艺性能的影响研究

大规格超薄瓷质砖坯体的工艺性能主要有成型性能、结合性能、生坯强度、干燥收缩、烧成收缩等多个方面。本次试验主要在瓷质砖基础配方上通过加入

不同含量的硅灰石来分析硅灰石对瓷质砖坯体的烧成收缩与坯体强度二方面工艺性能的影响。

3.1 硅灰石加入量对瓷质砖坯烧成收缩的影响

为分析硅灰石对坯体烧成收缩率的影响,进行的具体试验是在试验坯体中分别添加 5wt.%、10wt.%、15wt.%、20wt.%、25wt.%的江西某地硅灰石,分析硅灰石对坯体烧成收缩率的影响。为研究温度对基础瓷质砖坯体加入硅灰石的影响,分别进行了 1050℃、1070℃、1090℃和 1210℃的相应烧成试验,结果发现在约 2.5 小时的快速烧成时间里 1050℃和 1070℃温度坯体没有烧结,而 1090℃下坯体已经烧结但致密度不够,1210℃下坯体烧结且致密,但硅灰石加入达到 25%的配方已经过烧,因此从这些不同温度的烧成试验结果大致可以看出加入硅灰石后的瓷质砖坯体配方的烧成温度在 1090~1220℃范围较好,且硅灰

表 5 长石岩粉含量为 50wt.%时不同配方坯体的性能

Tab.5 Technical performance of the body prepared from the formula with 50wt.% feldspar powder

编号	可塑泥	长石岩粉	膨润土	水洗泥	干燥收缩(%)	吸水率(%)	可塑性(kg.cm)	干燥强度(Mpa)
Q1	20	50	1	29	4.81	0.11	2.86	1.86
Q2	20	50	2	28	4.82	0.12	3.01	1.99
Q3	20	50	3	27	4.90	0.88	3.20	2.11
Q4	20	50	4	26	4.91	0.79	3.39	2.33
Q5	20	50	5	25	5.01	0.38	3.52	2.51
Q6	25	50	1	24	4.83	0.69	3.06	2.22
Q7	25	50	2	23	4.89	0.69	3.21	2.39
Q8	25	50	3	22	4.97	0.69	3.40	2.51
Q9	25	50	4	21	5.49	0.12	3.54	2.66
Q10	25	50	5	20	5.11	0.08	3.69	2.81
Q11	30	50	1	19	4.63	0.06	3.21	2.37
Q12	30	50	2	18	4.72	0.08	3.31	2.51
Q13	30	50	3	17	4.80	0.06	3.49	2.69
Q14	30	50	4	16	4.86	0.08	3.66	2.81
Q15	30	50	5	15	4.91	0.05	3.82	3.01
Q16	35	50	1	14	4.81	0.04	3.36	2.60
Q17	35	50	2	13	4.91	0.05	3.47	2.76
Q18	35	50	3	12	4.86	0.07	3.66	2.89
Q19	35	50	4	11	4.78	0.05	3.81	3.01
Q20	35	50	5	10	4.70	0.07	4.03	3.20

备注:可塑性在含水率 23%下测得,1210℃下烧成

表 6 最佳性能坯体的基础配方

Tab.6 The basic formula of the body for best technical performance

原料种类	可塑土	长石岩粉	膨润土	水洗泥
数量 (wt.%)	30	44	3	23

表 7 硅灰石对坯体烧成收缩率的影响

Tab.7 Influence of wollastonite on firing shrinkage of the body

硅灰石加入量(wt.%)	0	5	10	15	20	25
坯体烧成收缩率(wt.%)	5.65	5.49	5.31	5.05	5.17	5.39
吸水率(wt.%)	0.17	0.13	0.12	0.09	0.06	0.05

备注 此实验的烧成制度为 1210℃ 烧成时间为 2.5 小时

石的最佳加入范围为 10wt.%~20wt.%。由于研究的是硅灰石加入量对瓷质砖坯体工艺性能影响 故只测试了在 1210℃下坯体收缩与吸水率的相关数据结果 (见表 7) ,并绘成分析走势图见图 1。

从数据结果看 ,本次试验中引入 15wt.%硅灰石的瓷坯具有较小的烧成收缩和吸水率 ,并且随着硅灰石加入量的不断提高 ,产品坯体的烧成收缩呈现出先减小后增加的趋势 ,吸水率逐渐降低。结合理论分析 ,造成以上结果的主要原因可以从硅灰石与高岭石的基本反应以及其热力学过程得到解释 :

含有一定量的硅灰石陶瓷坯体主要以硅灰石与高岭石为基本成分 ,硅灰石 - 高岭石二元体系的坯体在烧成过程中将发生基本反应如图 2。

根据上述两个基本反应式和各矿物相的克分子体积计算 ,硅灰石和高岭石反应生成钙长石所造成的体积收缩小于高岭石生成莫来石反应所造成的收缩。因此 ,对于主要涉及固相反应的瓷质砖产品来说 ,硅灰石可以起到降低烧成收缩的作用。理论研究表明 ,添加少量的硅灰石时 ,瓷化产品中残余的针状硅灰石晶体形成紧密的骨架结构 ,有利于阻止坯体的烧成收缩 ;当添加过量硅灰石 ,大量的游离硅灰石分布在瓷坯中 ,由于硅灰石的促进烧结作用而提高了坯体的烧成收缩 ,因此硅灰石质坯体烧成收缩呈现出先减后增的现象。

3.2 硅灰石加入对瓷质砖坯抗折强度的影响

在试验基础配方中引入不同比例的硅灰石 ,分析硅灰石对坯体抗折强度的影响的数据情况见表 8 ,并也绘成用量与性能结果分析走势图(见图 3)。

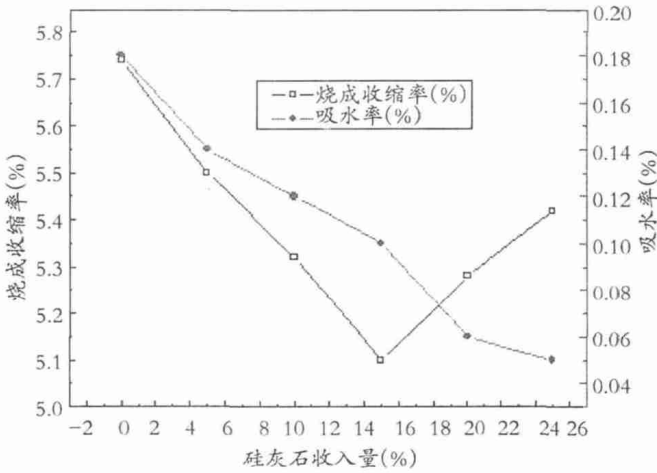


图 1 硅灰石引入量与烧成收缩率和吸水率的关系
Fig.1 Dependence of firing shrinkage and water absorption on wollastonite content

从表 8 可以看出 ,随着硅灰石添加量的增加 ,坯体的烧结程度逐渐提高 ,同时结合表 3 ~ 1 可知瓷坯的吸水率逐渐降低 ,在硅灰石含量达到 15wt.%后 ,瓷坯的吸水率达到了 0.1wt.% ,之后随着硅灰石添加量的增加 ,吸水率均在 0.1wt.%以下 ,坯体的烧结程度得到了显著提高。图 3 表明 ,随着硅灰石添加量的增加 ,瓷坯的抗折强度呈现出先增加后减小的趋势 ,在添加量为 15%时抗折强度出现最大值 62.80Mpa 之后继续增加 ,抗折强度出现了下降。

从理论分析看 ,瓷坯的烧结程度越高 ,瓷坯中液相数量也愈多 ,但是添加了 25wt.%硅灰石的配方坯体烧成后 ,其液相数量增多 ,形成过烧状态 ,坯体结构反而不致密 ,导致瓷坯的抗折强度降低。

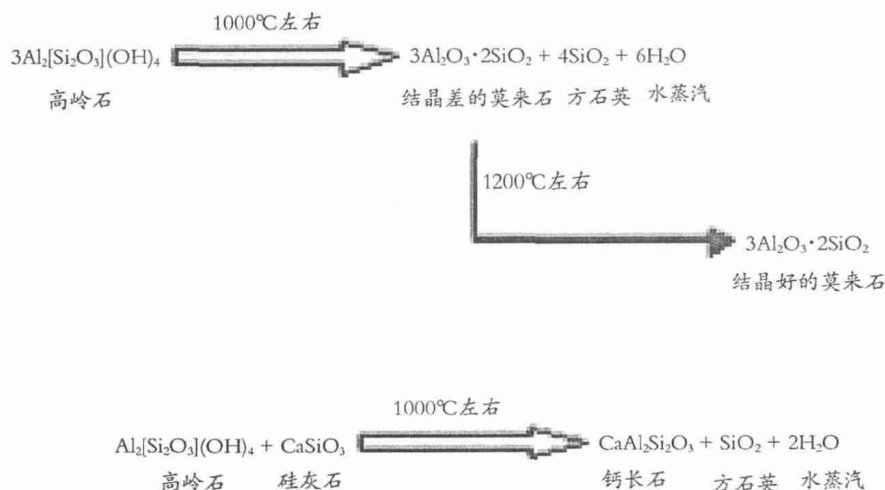


图2 硅灰石-高岭石二元体系的坯体在烧成过程中将发生基本反应

表 8 硅灰石对瓷坯抗折强度的影响

Tab.8 Influence of wollastonite on the flexural strength of the body

硅灰石加入量(wt.%)	0	5	10	15	20	25
抗折强度(Mpa)	54.80	57.90	61.30	62.80	58.90	54.80

备注:此实验的烧成制度为 1210℃ 烧成时间为 2.5 小时

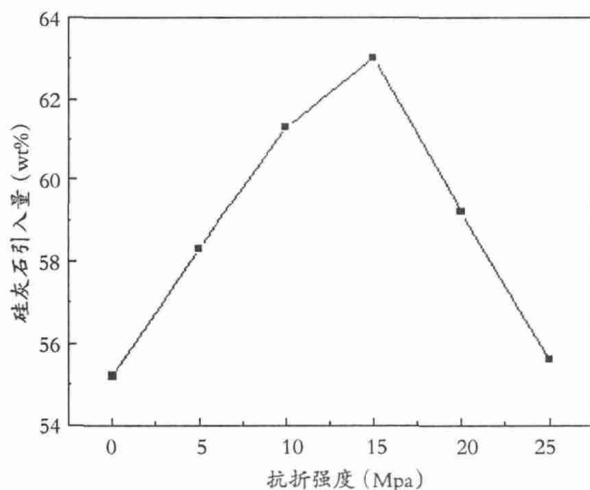


图3 硅灰石引入量与瓷坯抗折强度的关系

Fig.3 Dependence of flexural strength on wollastonite content

度下烧成的瓷器质砖坯体配方合理的组成范围为:可塑泥 26~31wt.%,长石岩粉 45~50wt.%,膨润土 1~3wt.%,水洗泥 16~33wt.%.从试验结果情况看,坯体配方中可塑土和水洗泥对泥料的可塑性影响较大,其中可塑土的增塑作用强于水洗泥。

本次试验重点研究了加入硅灰石对大规格超薄瓷质砖瓷质坯工艺性能的影响,试验结果表明硅灰石的加入能明显促进坯体的烧结降低坯体的吸水率,而在 1210℃下烧成外加硅灰石的最佳量为15wt.%,这时坯体的拒折强度最高,且吸水率最低。硅灰石的加入具有促进坯体的烧成收缩呈现出先减小后增加的趋势,而抗折强度呈现先提高后减小的曲线分布。当添加的硅灰石用量过高,造成坯体结构呈过烧状态,从而坯体结构反而不致密,反而降低抗折强度。

4 小结

本次试验运用了单因素试验法,通过长石岩粉、水洗泥、可塑土、膨润土的配方体系开展了泥料性能对大规格超薄瓷质砖坯体工艺性能的影响研究,最终找出最佳工艺性能的泥料配方体系,且在 1210℃温

参考文献

- 1 李家驹, 缪松三等. 陶瓷工艺学. 北京: 中国轻工业出版社, 2001, 132~133
- 2 素木洋一. 硅酸盐手册. 北京: 轻工业出版社, 1982

- 3 周 玉,雷延权.陶瓷材料学.北京:科学出版社.2004: 45~50 1972:(2),119~125
4 赵绍棠.硅灰石的合成及其在陶瓷坯料上的应用.Interceramic,

Influence of Wollastonite on Technical Performance of Ceramic Tile

LIU Jianhua

(Department of Biology and Chemistry, Jingdezhen College, Jingdezhen, Jiangxi 333001)

Abstract

The physical and chemical properties of wollastonite were first analyzed and then its influence on the technical performance of ceramic tile was studied so as to provide theoretical basis for its application to the production of large-sized ultrathin ceramic tiles.

Key words wollastonite; ceramic tile; technical properties; influence; research

Received on Apr.2,2013

LIU Jianhua, E-mail: jianhua_school@126.com

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>