

湖北随州霞石正长岩烧结性能试验研究

王勤燕, 赵文俞, 秦麟卿, 彭长琪

(武汉工业大学材料研究与测试中心, 湖北 武汉, 430070)

摘要:以随州霞石正长岩原岩为主要原料烧制陶瓷墙地砖, 具有机械强度高、烧成温度低、收缩率低等特点, 试验烧成样品指标符合国家标准(GB4100-92)。研究结果对充分利用霞石正长岩资源和陶瓷节能具有重要意义。

关键词:霞石正长岩; 烧结性能; 陶瓷墙地砖; 湖北随州

中图分类号: TQ174.6⁺52.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0076(2000)05-0023-04

Study on the Ceramic Sintering Properties of Nepheline Syenite in Suizhou of Hubei

WANG Qin - yan, ZHAO Wen - yu, QIN Lin - qing, PENG Chang - qi
(Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: The Experiment results on the application of natural nepheline syenite to making of ceramic bricks prove that nepheline syenite is of super sintering properties including lower sintering temperature, lower contraction rate and absorption rate, and higher compressive strength. The various quality indexes of the sintering products in experiment have reached the national standard GB4100-92. The investigation result indicates that nepheline syenite can be utilized directly as ceramic material with energy-saving advantages.

Key words: nepheline syenite, sintering properties, ceramic bricks, Suizhou

霞石正长岩是一种由霞石、钠长石、钾长石、云母和少量其它矿物组成的碱性岩。其特点是 SiO_2 含量少, 碱性成分多, 具有助熔作用, 是陶瓷工业低温速烧、省时高效、节能降耗的理想原料^[1]。但湖北随州霞石正长岩资源由于 FeO^* (全铁氧化物) 含量高, 限制了其在制造白色陶瓷器皿中的应用^[2]。虽经选矿除铁可将 FeO^* 含量降低到一定的应用要求^[3], 但选矿精矿产率偏低, 影响生产成本。为了充分利用资源, 本文采用该霞

石正长岩天然原料进行陶瓷烧结试验, 并对其坯体的烧结性能进行了探讨, 以期开发霞石正长岩在建筑用陶瓷生产中的直接应用。

1 原岩基本特征

湖北随州霞石正长岩岩体出露地表受不同程度的风化, 外观呈浅黄色、黄褐和灰褐色, 具有中粗粒半自形粒状结构, 块状构造。岩石主要矿物为正长石(包含钾长石和钠长石)60%~75%, 霞石 12.5% 及暗色矿物(主

• 收稿日期: 2000-08-09

作者简介: 王勤燕(1963-), 女, 理学硕士, 讲师, 矿物学专业。

要为黑云母和霓辉石)20%。

1.1 化学成分特征

随州霞石正长岩平均化学成分(%)为: SiO_2 53.35, Al_2O_3 23.49, K_2O 5.72, Na_2O 3.62, MgO 1.05, FeO^* (*全铁氧化物) 6.44, CaO 0.56, TiO_2 0.28, MnO 0.24。从化学成分特征看,该霞石正长岩本身就具备了成瓷的基本组分。 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 为 0.4400,与陶瓷主成分分配比接近, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 小于 1,平均为 0.6265,是陶瓷原料中碱性料的理想配比。

1.2 热性能分析

随州霞石正长岩原岩差热分析见图 1,该霞石正长岩在加热过程中,吸附水在 100℃之前排出,73.4℃为该吸热谷峰值;约在 169.1℃排出岩石中少量粘土矿物层间水;400~600℃排出岩石中云母矿物的结构水及其它挥发组分,497.3℃为吸热谷峰值;800~1000℃吸热谷显著加大,为岩石中矿物分解熔融的吸热效应,974.5℃达最大;在 1000~1100℃出现矿物相变,热效应曲线平缓,持续稳定范围较宽;1100~1200℃为岩石中新的一轮矿物结晶相形成,1200℃为该放热峰峰值。综合热性能特征表现为:熔融温度在 1000℃以下,1000~1100℃之间热效应稳定范围较宽,是理想的陶瓷低温速烧原料。

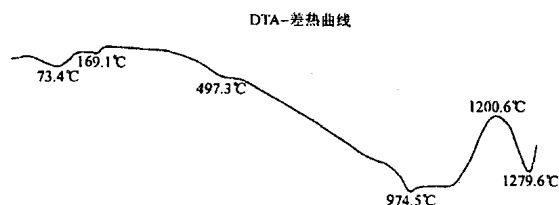


图 1 霞石正长岩原岩的差热曲线

2 原岩烧结试验

2.1 配方及烧制

根据陶瓷墙地砖瓷坯化学成分特点,为了降低原料成本,配方中尽可能多的使用当地及附近原料。在文献^[2]研究基础上反复试验,确定坯料试验配方为霞石正长岩 万方数据

50%、浠阳板岩(随州当地产,含 MgO 组分) 30%、石英 20%,其化学组成为 SiO_2 62.01, Al_2O_3 17.75, K_2O 5.05, Na_2O 2.16, MgO 5.13, FeO^* 6.60, CaO 0.73, TiO_2 0.36, MnO 0.21。采用实验室配料、球磨及液压机半干压成型,制成直径 3.2cm、厚 0.72cm 的圆形块状生坯。经 100℃烘干,置马弗炉内焙烧,烧制温度(℃)分别设置在 900、930、960、990、1020、1050、1080、1110、1140、1170。

2.2 烧成状况及显微结构特征

对各温度下烧成的素坯进行观察分析,从吸水率、显微结构和表面特征判断:(1)焙烧温度在 990℃以下时,素坯表面手擦起粉,显然尚未烧结。显微观察颗粒棱角分明,孔隙率高,无玻璃相出现,至 990℃时,局部细小颗粒聚集点开始出现熔融,部分残余石英已转变为鳞石英(见图 2a)。吸水率大于 20%,收缩率为 -0.37%,坯体略有膨胀;(2)温度在 1020℃时坯体开始烧结,吸水率降为 13.08%,收缩率渐增为 0.03%,素坯表面手擦不起粉。显微结构特征见图 2b,颗粒边界欠清晰,已有部分矿物分解熔融,出现少量钾钠铝硅质低共熔的玻璃相,同时还可见少量针状莫来石生成;(3)1050~1080℃坯体逐渐瓷化,玻璃相有所增加。温度在 1050℃时素坯敲击声较为清脆,吸水率为 2.80%,收缩率为 0.53%,开始有新的矿物相变,出现透长石矿物。当温度达到 1080℃时,素坯敲击声清脆,断口呈瓷状,坯体正好完全烧结。显微结构特征见图 2c,透长石矿物边缘开始熔解,莫来石晶体生长呈棒状,且含量有所增加,玻璃相充填于颗粒间,孔隙率剧降,出现闭口气孔。素坯吸水率降低为 0.30%,收缩率为 0.94%;(4)当焙烧温度高于 1080℃,达到 1110℃时,坯体呈现过烧变形现象,边缘棱熔化呈钝圆状,素坯表面有釉光。此时玻璃相显增,收缩明显,收缩率为 3.39%,吸水率趋近于零。因此,根据烧成状况和显微结构

特征确定坯体烧成温度范围在 990 ~ 1080℃, 最佳烧成温度为 1080℃。

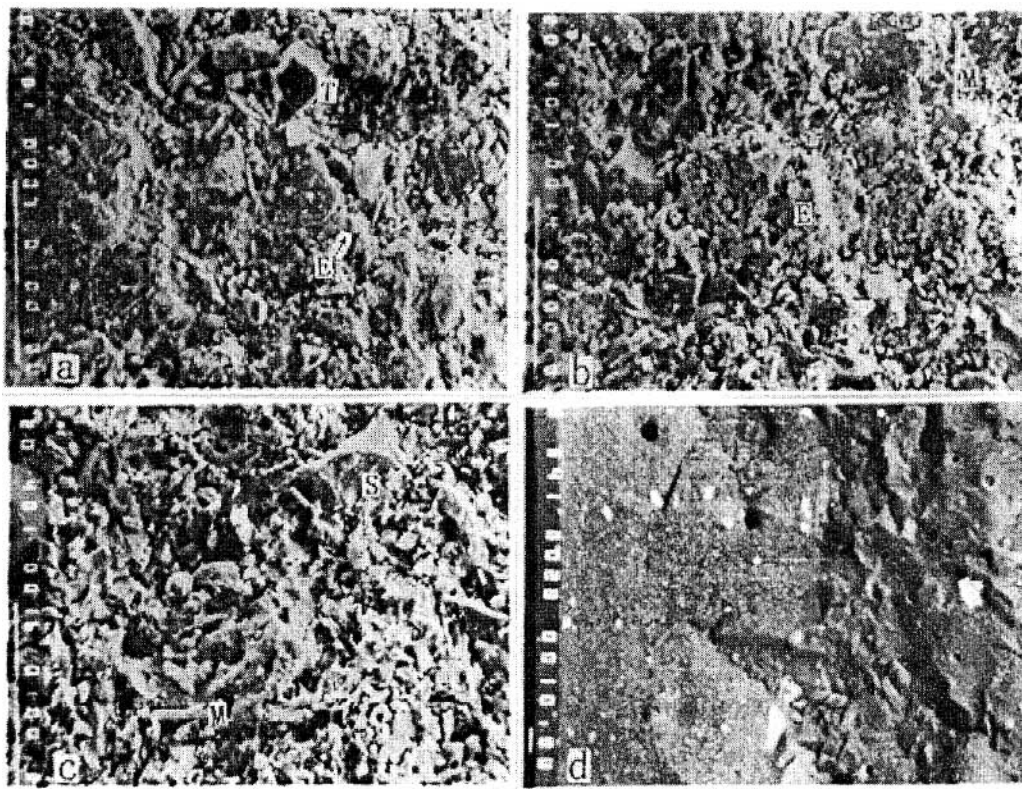


图2 霞石正长岩陶瓷墙地砖烧结试样扫描图象照片(×400)

a—990℃; b—1020℃; c—1080℃; d—坯釉结合界面(×540)。T—鳞石英; S—透长石; M—莫来石; E—低共熔物(玻璃相)。

2.3 釉烧试验

由于原岩含铁量高致使烧成后的素坯色泽呈砖红色, 白度低, 为此选用覆盖能力强、白度高的硼锆乳浊釉, 经试烧确定釉烧温度为 980~1060℃。图 2d 是烧成后坯釉结合断面的扫描分析图像, 左侧为釉, 右侧为坯。釉的内部结构均一旦很致密, 说明釉已充分玻化。坯釉之间界线明显, 说明坯釉稳定性较好, 没有过多反应。二者交界处的齿合交接现象, 说明坯釉结合能力强。

3 烧结性能分析

3.1 降低烧成温度

传统陶瓷生产多以硅铝为主要体系的原料, 烧成温度高(基本都在 1250~1280℃), 万万数据

烧成周期长。霞石正长岩由于富含钾钠成分而具有较低的熔点和较大的助熔作用。在 $\text{SiO}_2 - \text{NaAlSiO}_4 - \text{KAlSiO}_4$ 体系^[4]中, 钾长石和钠长石在高温下能以任何比例混溶形成连续固溶体, 其最低共熔点为 1075℃, 且霞石正长岩与石英不共生。因此, 一般情况下, 霞石对于 SiO_2 是不饱和的, 若在坯料中加入石英则会迅速发生反应, 使体系熔融点更为降低, 从而起到降低焙烧温度, 加快烧成速度, 减少能耗的作用。该霞石正长岩原岩烧结试验配方的烧成温度为 1080℃, 较普通陶瓷釉面砖烧结温度(1280℃)降低了 200℃。

3.2 缩短烧成周期

素坯烧结过程分为三个阶段。(1)预热阶段: 从图 1 差热曲线上分析, 800℃ 以下主

要排除坯料中水份。由于生坯中矿物颗粒形态主要为柱状,少量为针状和粒状,在坯体中形成许多细小的孔隙,可成为水份快速排除的通道,能快速预热升温;(2)烧成阶段:在 990~1080℃ 的烧成阶段主要生成透长石、磷石英和少量的莫来石,产生的放热效应较普通釉面砖高温时所形成的莫来石、堇青石、方石英的放热效应小得多。从图 1 差热曲线上看,在这一温度区间,曲线平缓,没有明显的吸热和放热效应发生,因此可以快速烧成;(3)冷却阶段:霞石正长岩陶瓷试验配方中所加入的适量的石英,部分已参加了反应,烧成时残存下来的主要为鳞石英,且含量较普通釉面砖少,能相对减少由残存石英随温度突变而产生 α 、 β 变态所引起的坯体膨胀,故适宜于快速冷却。

3.3 降低收缩率与变形程度

虽然霞石正长岩中含有少量云母,试验配方中又引入了适量粘土矿物,但由于同时加入了适量的石英,以调整烧结过程中由于失水引起的收缩,控制烧成品的变形。烧成阶段温度在 990℃ 时,素坯收缩率为 -0.37%,略有膨胀,说明失水过程中产生的收缩已被石英相变引起的膨胀所抵消;在 1080℃ 素坯正好烧成时收缩率为 0.94%,较普通釉面砖的收缩率(1%~1.5%)低。

试验烧成制品变形较小,基本能确保产品尺寸均一。通常,坯体在烧成时的变形程度主要与其中的液相高温粘度有关^[5]。该霞石正长岩中钾长石含量高,熔融温度低,高温粘度大,不易使制品变形。但在同样温度下,钠长石液相粘度比钾长石小,对控制变形不利,而该霞石正长岩中却含有一部分钠长石。但试验表明,这部分钠长石在坯体中的作用,并不象通常所认为的那样影响坯体变形。这是由于液相高温粘度的大小不仅与坯体中所用溶剂种类和含量有关,而且与 SiO_2 、 Al_2O_3 的含量有关。正因为熔融粘度

小,才使得钠长石熔解 SiO_2 的能力强,配方中在保持足够的 Al_2O_3 含量的同时,适当增加了 SiO_2 的含量,使得坯体中总的液相粘度均衡增大,从而达到了克服坯体高温变形的目的。

3.4 提高机械强度

由于固相反应生成的柱状透长石、棒状莫来石及部分残留的粒状矿物相互交织在坯体中形成骨架,适量的钾钠铝硅质共熔玻璃相充填其间,粘结颗粒使坯体致密化,并起加固坯体的作用,有利于提高坯体的机械强度。经测试,1080℃ 正好烧成的素坯抗折强度为 32.86MPa,强于普通釉面砖(24.5MPa)。

4 结论

(1)利用霞石正长岩原岩进行陶瓷墙地砖应用试验,其烧结性能主要表现为:烧成温度低(1080℃)、烧成周期短(可低温快烧)、收缩率(0.94%)和吸水率(0.30%)低、机械强度高(32.86MPa),并具有良好的坯釉结合性能,试验烧成样品指标符合国家标准(GB4100-92)。

(2)上述试验结果表明,直接应用随州霞石正长岩低温快烧生产建筑用陶瓷是可行的,符合未来陶瓷工业直接利用天然原料,节约能源,降低成本,发挥资源效益的需要,具备较好的应用前景。

参考文献:

- [1] 马占奎.霞石在陶瓷工业中的应用及其经济效益[J].中国陶瓷,1988,(6):40-42.
- [2] 王勤燕,等.湖北随州霞石正长岩资源特征及应用研究[J].非金属矿,1999,(4):43-44.
- [3] 王勤燕,等.湖北随州霞石正长岩除铁工艺试验[J].矿产保护与利用,2000,(1):17-19.
- [4] (日)桥本谦一,滨野健也.陶瓷基础[M].陈世兴译.北京:轻工业出版社,1986.
- [5] 《陶瓷墙地砖生产》编写组.陶瓷墙地砖生产[M].北京:中国建筑工业出版社,1983.