

# 膨润土在日用细瓷注浆成型生产中的应用研究

王世兴 任合超

(河南省禹州市神后镇南大二瓷厂 禹州 461682)

生产造成很大困难,因此在传统的陶瓷坯料配方中,膨润土的用量一般不大于5%。

## 1 前言

日用细瓷是目前国内外市场畅销的产品之一,国内众多厂家依靠细瓷产品的生产获得了较好的经济效益,企业有了长足发展。但是,由于高质量粘土原料的日益短缺,给陶瓷企业生产高质量的产品,在增加坯体白度和提高坯体干燥强度上带来困难。因此需要对传统配方进行研究,找出能够提高坯体干燥强度,增加坯体白度的方法。河北膨润土纯度高,塑性大,但在传统注浆生产工艺中,膨润土在坯料中的使用量受到限制。本研究突破传统观念,在注浆成形的日用细瓷生产配方中大量使用膨润土,使坯体的强度和白度都得到了提高。

## 2 膨润土的性能分析

蒙脱石是一种常见的粘土矿物,有很强的吸水性,吸水后体积膨胀,容易碎裂,颗粒很细,可塑性强,干燥后强度大,但干燥收缩也较大,以蒙脱石为主要矿物的粘土叫膨润土,外观呈白色或灰白色,比重2.2~2.9,硬度为1~2。蒙脱石为单斜晶系晶体,理论化学通式为 $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$  ( $n > 2$ ),晶体结构式为 $Al_4[Si_8O_{40}](OH)_4 \cdot nH_2O$ 。河北易县膨润土是含铁、钛极少,质量极好的粘土矿物,非常适用于改善陶瓷坯料的成形性能和瓷器色泽,是制作优质细瓷的良好原料。但是,由于膨润土的触变厚化性强,严重地影响泥浆性能,从而给

## 3 工艺技术探讨

### 3.1、注浆泥料的性能分析

众所周知,对于注浆成型的陶瓷产品来讲,泥浆性能的好坏直接影响着陶瓷半成品及成品的质量。一般来讲,比较理想的注浆用泥浆的性能为:

1、含水量要尽量小,在保证泥浆具有一定流动性的前提下,要使其含水量尽可能的小,这样既可缩短成坯和干燥时间,又可增加石膏模型的周转率。

2、要有适宜的触变性,良好的悬浮性和过滤性,同时流动性要好,能保证泥浆在管道中无阻碍地输送到模型的各个部位。

3、要有恰当的细度并具有一定的颗粒级配等。

根据以上要求,针对膨润土的基本性质,我们有必要回顾一下影响注浆泥料稀释的因素,从而找出合理利用膨润土的方法。

### 3.2、注浆泥料稀释的因素

在日用细瓷的生产中,注浆泥料要求泥浆的稳定性好,不会发生沉淀,流动性要大,一般要求为10~15s,含水率为28~38%,所以应该控制泥浆具有一定的流动性和稳定性。我们知道,影响泥浆流动性的因素之一是泥浆中固相含量,颗粒大小和形状。泥浆流动时的阻力来自三个方面:水分子本身的相互吸引力;固相颗粒与水分子之间的吸引力;固相颗粒相对移动时的碰撞阻力。若用经验公式可写成:

$$\eta = \eta_0 (1-C) + k_1 C^n + k_2 \eta^m$$

式中： $\eta$ ——泥浆粘度

$\eta_0$ ——液体介质粘度

$C$ ——泥浆中固相浓度

$\eta$ 、 $m$ 、 $k_1$ 、 $k_2$ ——常数

低浓度泥浆中固相颗粒少，上式中第二、三项均小；而第一项  $\eta_0(1-C)$  较大，就是说泥浆粘度由液体本身粘度所决定。在高浓度泥浆中因颗粒多，上式中第二、三项较大，而第一项较小，即泥浆粘度主要决定于固相颗粒移动时的碰撞阻力。固相颗粒增多必然会降低泥浆的流动性。在一定浓度的泥浆中，固相颗粒愈细，颗粒间平均距离愈小，吸引力增大，位移时所需克服的阻力增大，流动性减少，此外，由于水有偶极性，胶体粒子带有电荷，每个颗粒周围都形成水化膜，固相颗粒呈现的体积比真实体积大得多，因而阻碍泥浆的流动。由于组成膨润土主要矿物的蒙脱石颗粒微细，一般小于 0.5mm，吸水后体积膨胀，所以，膨润土的泥浆粘度较大。在含有大量膨润土的泥浆系统中，可以增加瘠性原料（如石英、废瓷粉、烧大同土等）的用量，由于瘠性原料对水的亲合力小，颗粒间自由水增多，因而颗粒易于位移，泥浆流动性增大。

### 3.3 易县膨润土的使用及试验情况

膨润土本身可塑性强，触变性大，在传统的注浆坯料配方中增加其用量时，注浆泥料几乎没能流动性，而是呈现“豆腐脑”状，如何有效解决泥浆的流动性是本研究的重点。通过试验我们发现，在大量使用易县膨润土的泥浆中，如果大幅度提高瘠性原料的用量，不仅可以有效地改善泥浆的流动性，同时能够保证生坯具有一定的强度。我们知道易县膨润土系以钙基蒙脱石为主的粘土矿物，其 CaO 含量高达 2.36% 左右，而钙含量在长石质日用细瓷坯料配方中又受到一定的限制，其主要缺陷在于烧成范围窄，产品易起泡、变形。因此，我们采用低熔剂（长石）系统的配方，取得了较为满意的结果。

在配方试验中，我们对大量使用易县膨润土进行反复试验的体会是：在确定膨润土使用量的同时，减少长石熔剂的用量，严格控制硅铝及钙镁钾钠的配比，这样不但保证了泥浆的工艺性能，而且还能使坯体在较宽的温度范围内烧成。

### 3.4 注浆泥料的试验体会

由于本研究中膨润土的用量较大，针对膨润土的基本性质，要使泥浆性能达到工艺要求，在配方中必须引入较多的瘠性原料。试验证明，鱼盘类泥浆中瘠性料控制在 55%~65% 为宜，在配方中引入大量的瘠性原料以及腐植酸钠和水玻璃的合理搭配，解决了因泥浆流动性差而造成的吃浆不均匀的缺陷，并解决了鱼盘沿部变形及流动性差而形成的搓板状缺陷，同时增加了可塑性和结合性。

### 3.5 电解质的使用情况

向泥浆中加入电解质是控制其流动性和稳定性的有效方法，在泥浆中引入一定种类及一定数量的电解质，可以使泥浆在含水量最少的情况下，具有较好的流动性，而且可以缩短浇注时间，易于脱模，本试验中采用水玻璃及腐植酸钠为电解质，试验证明，向泥浆中加入 0.1% 的腐植酸钠可以起到了 7% 左右子木节类粘土的作用。本试验中电解质的最佳加入量为腐植酸钠 0.35%，水玻璃 0.15%。

### 3.6 稳定配方的有效方法

易县膨润土含有一定量的 CaO、MgO，加入长石可提高其半透明度，引入适量的煅烧大同土及含  $Al_2O_3$  量较高，具有高白度、杂质少的高岭土，同时掺入适量的废瓷粉是提高工艺性能和烧成白度的有效方法。

在坯料中加入适量的废瓷粉既有利于产品快速烧成，提高坯料的物理机械性能，提高产品质量，降低成本，还对提高烧成范围，降低收缩，减少变形，提高瓷器的热稳定性都有好处。

### 3.7 烧成中应注意的问题

烧成升温曲线的拟定，对产品的烧成质量有着直接关系。由于膨润土的烧结温度较低，煅烧时脱水过程长，因此，在 400℃ 以前必须充分氧化完全，以使坯体中吸收的碳素氧化烧尽，使碳酸盐、硫化物等分解完全。如果以上反应进行不彻底，则当温度继续升高，釉熔融后发生脱碳反应及碳酸盐继续分解，则易产生气泡、烟熏。

烧至 1200℃ 左右，应缓慢升温，因为长石在熔融温度下，液相量增加很快，此期间内缓慢升温使液相量的增加不致发生突然变化，同时  $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  的溶解有相当的时间增加液相的粘度，这样随着温度的缓慢上升，熔体的粘度始终能保持在一定的水

平上,对减少产品变形增加坯体瓷化程度,提高瓷器的半透明度是有利的。

试验用主要原料的化学成分见表1

#### 4.2 配方设计

根据日用细瓷注浆坯料的工艺要求,我们选择以易县膨润土、煅烧大同土、石英、废瓷粉、大同土为主要原料,进行了一系列配方的对比试验,采取高岭土——石英——长石系统配方,共试验了56个配方。

根据试验情况及各项理化指标测试结果,

## 4、配方试验

### 4.1 试验用原料

表1 原料及其化学组成 %

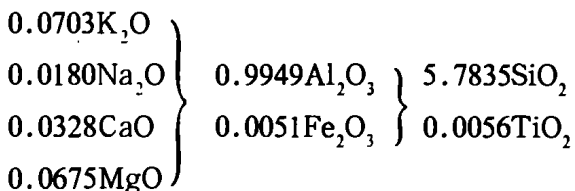
原料	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	I·L
易县土	70.06	14.54	0.16		2.36	3.75	0.14	0.23	7.76
大同土	43.44	39.44	0.27	0.09	0.24	0.38			16.07
煅烧大同土	51.80	47.03	0.32	0.10	0.28	0.45			
废瓷粉	69.27	22.99	0.32	0.10	1.34	1.17	2.44	1.12	
长石	65.54	18.02	0.11	0.01	0.32	0.03	10.50	4.75	0.27
石英	99.82								0.20
滑石	64.13	1.07	0.21	0.31	2.36	31.91			
黑毛土	34.12	32.71	0.64		3.68	0.33	0.36	0.22	28.97

我们选用了较理想的53#配方定为中试配方。其化学组成见表2。

表2 坯料的化学组成 %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	I·L
71.53	20.87	0.16	0.09	0.38	0.56	1.36	0.23	4.82

坯式:

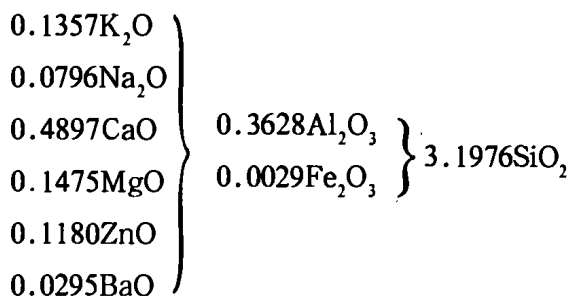


### 4.3 釉料组成

采用已投入生产的高光泽细瓷釉,对实物样品进行分析,坯釉烧成温度,膨胀系数和润湿性等都

相适应,釉的光泽度、白度、透明度良好。

釉式:



## 5、工艺技术路线

### 5.1 泥浆制备主要工艺:

泥浆细度: 万孔筛余 0.05~0.08%, 其中石英颗粒主要在 10~30 μ 内。

泥浆过三次振动筛, 筛网目数分别为 150 目、180 目、200 目, 高强吸铁棒二次除铁。

### 5.2 成型

采用高位压力注浆成型, 试验品种有 8 寸、10 寸、12 寸鱼盘, 成型性能良好, 毛坯破损为 1%~2%。

### 5.3 施釉

手工施釉, 釉浆比重为 1.35~1.45, 釉浆每小时过 180 目筛一次, 随时搅拌、除铁。

### 5.4 烧成

施釉产品经干燥后在日用瓷隧道窑和倒焰窑内氧化气氛烧成, 温度为 1270~1310℃。

### 5.5 产品性能

热稳定性: 220~20℃ 热交换一次不炸;

白度: 78

釉面硬度: 金属刀、钹刻划无痕迹。

光泽度: 107

## 6、结果与讨论

### 6.1 产品的白度

#### 6.1.1 膨润土对产品白度的影响

在注浆坯料中大量引入膨润土, 不仅可以降低产品的烧成温度, 改善了瓷质, 而且显著提高了产品的白度。我们所研制的注浆坯料配方尽管使用了我厂普白瓷用料, 但由于膨润土的大量引入和泥浆配方的优化, 严格了工艺。使产品内外在质量大幅度提高。经试验得知, 膨润土加入量在 3% 以下时对泥浆的性能影响不大, 超过 8% 时按传统配方配制的泥浆即成“脑状”, 我们通过在泥浆配方中加大瘠性原料的用量, 不仅增大了泥浆的流动性, 产品的白度也相应提高。当膨润土的用量超过 20% 时, 烧成时泥浆中玻璃相粘度急剧下降, 产品变形较为严重,

膨润土的加入量在 15~20% 时效果较好。

#### 6.1.2 石英加入量对产品白度的影响

泥浆中引入较高的石英量, 相应减少了粘土用量, 而粘土是泥浆料中铁、钛杂质的主要来源, 而石英较纯, 有害杂质也易除去, 故提高泥浆料中的石英用量, 相应提高了产品的白度, 同时由于本配方中膨润土的用量较大, 石英用量的增多对泥浆的流动性也有所改善。

#### 6.1.3 大同土对产品白度的影响

大同土是我厂的主要粘土原料。因其在低于 1250℃ 煅烧白度较差, 尤其是在颗粒较大时, 外白内黑, 只有在 1270℃ 以上煅烧, 大同土才有较高的白度。为了消除大同土对产品白度的不利影响, 我们一方面适当增加了泥浆的细度, 另一方面采用了部分煅烧大同土, 这样不仅可以增大泥浆的流动性, 对产品白度的提高也收到了较好的效果。

#### 6.1.4 釉料对产品白度的影响

我厂过去生产用釉虽为透明釉, 所用原料的有害杂质含量均较低, 但产品釉面出现黄色调, 尤其是釉层较厚时更明显, 这不仅仅是铁、钛杂质之故了, 而是釉中 CaO 组合含量太高之故。加之是煤烧氧化气氛。产品釉面自然发黄, 本试验采用我厂新试制的高光泽透明釉, 使釉料的使用性能和烧成性能进一步改善, 增加了产品的白度。

#### 6.1.5 工艺控制对产品白度的影响

通过试验得知, 原料的精选, 尤其是加细泥浆制备的工艺, 如多次过筛、过细筛, 多次除铁等, 对提高产品质量十分有效。另外, 由于我们采用氧化气氛烧成, 产品呈现白黑泛黄色调, 为此, 我们在泥浆中加入了微量氧化钴, 使产品白黑泛青, 增加了视觉效果。

### 6.2 产品的透光度

#### 6.2.1 膨润土对产品透光度的影响

我们所研制的泥浆配方中由于加入了大量膨润土, 虽然产品的烧成温度较低, 但由于膨润土中含有较多的低熔剂系统, 促进了瓷胎中玻璃相的生成, 改善了瓷质, 从而使产品具有较高的透光性。

#### 6.2.2 石英对产品透光度的影响

本试验引入了较我厂普通注浆料较高的石英量, 相应减少了普通粘土的用量, 同时工艺上采取

增加泥浆细度的措施,从而使产品的透光度有所提高。

此外,产品适宜的厚度也保证了产品有较好的透光度。

### 6.3 产品的规整度

#### 6.3.1 熔剂对产品规整度的影响

众所周知,泥浆中熔剂的含量越高,产品的变形倾向越大,尤其是 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{CaO}$ ,高温时具有使瓷胎中玻璃相粘度快速降低的特性,加剧了产品的变形,本试验配方中虽然加入了大量膨润土。但由于长石熔剂的用量较少,从而保证了产品有较好的规整度。

#### 6.3.2 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量对产品规整度的影响

泥浆中的 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 均能提高瓷胎中玻璃相的粘度,尤其是 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,其作用更显著。提高泥浆中的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量。对减少产品的变形较有效,但相应提高了烧成温度,也会降低产品的透光度。本试验泥浆配方中 $\text{SiO}_2$ 含量为70-73%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量为20-22%,使得一次烧成产品有较好的规整度。

#### 6.3.3 生产工艺对产品规整度的影响

泥浆过细,加剧了产品的变形,成形脱模过早或操作不当会造成半成品的变形,修坯不当会造成半成品大小不一,装窑不正,烧成温度过高会使产品变形。所以,日用细瓷的生产,配方是基础,工艺是保证。

#### 6.3.4 模型和匣钵质量对产品规整度的影响

模型的规整度影响了半成品的规整度。从而影响了产品的规整度;匣钵质量对产品的规整度也影响很大。故日用细瓷生产用模型、匣钵的质量要引起足够的重视。

### 6.4 产品的热稳定性

#### 6.4.1 膨润土对泥浆膨胀系数的影响

本试制泥浆的配方,降低了长石用量而引入膨润土和废瓷粉。从而有效地降低了泥浆的膨胀系数,有利于产品热稳定性的提高。

6.4.2 石英用量及其细度对泥浆膨胀系数的影响

一般而言,泥浆中石英用量越高,产品的热性能越差。但如果泥料中石英细度控制得当,即使泥浆配方中石英量高达40%左右,泥浆也有较低的膨胀系数,产品有良好的热性能,高石英质高档日用细瓷就是采用这一关键技术来解决产品的炸裂问题。

#### 6.4.3 釉料的膨胀系数

本试验使用釉料为已投产的高光泽透明釉,该釉料配方中使用了40左右的废瓷粉,15%左右的轻质碳酸钙及适量的煅烧滑石粉和氧化锌,使该釉具有较低的膨胀系数,与本试验泥浆结合良好,因而产品体现了较高的热稳定性。

### 6.5 产品的釉面光泽度

本试验产品使用了烧成温度范围宽,高温流动性良好的高光泽透明釉,产品釉面平滑光亮、滋润、光泽度高。

## 7 结论

7.1 在采用注浆成形生产的日用细瓷坯料配方中,增大膨润土的用量是可行的。在泥浆的配比中,膨润土用量范围可达到15~20%。

7.2 在使用膨润土的泥浆系统中,通过加入一定量的瘠性原料(废瓷粉、石英、煅烧大同土等),可以增大泥浆的流动性,使泥浆的性能满足注浆产品实际生产的需求。

7.3 在日用细瓷泥浆配方中提高膨润土的用量,坯体干燥强度相应提高,产品烧成后各项性能良好,为我厂在原料选择和配方配制上探索出了一条新路。(收稿日期:2005-03-24)

#### 参考文献

- 1、刘康时等.陶瓷工艺原理,华南理工大学出版社,1990
- 2、李家驹主编.陶瓷工艺学,中国轻工业出版社,2001
- 3、杜祥荣等,高石英质日用细瓷的研究.山东陶瓷,1983.1
- 4、王世兴.任合超.高光泽细瓷鱼盘透明釉的研究.陶瓷科学与艺术,2002.6