

## 快干硅溶胶陶瓷型的胶凝快干机理

## Coagulation Quick Drying Mechanism for Quick-Dry Silica Sol Ceramic Shell

袁新强 曾 明 徐道芬

( 西华大学材料科学与工程学院,四川成都 610039)

**摘要** 硅溶胶陶瓷型壳可通过室温胶态成型法制得,使用的原料有 FS-II 型快干硅溶胶、JN-30 硅溶胶和石英粉。实验研究发现:控制环境温度  $22\pm 2$  °C,相对湿度 50%~60%,风速 4~6m/s 时,FS-II 型快干硅溶胶陶瓷型的胶凝硬化时间为 3h,而 JN-30 硅溶胶陶瓷型为 12h。通过普通硅溶胶和快干硅溶胶的结构与稳定性比较分析快干硅溶胶陶瓷型的胶凝快干机理。

**关键词** 快干硅溶胶,陶瓷型壳,稳定性,胶凝快干

**中图分类号** :TG221;文献标识码 :A;文章编号 :1006-9658(2006)05-2

**Abstract:** It is found that coagulation cure time for FS-II quick-dry silica sol ceramic shell is 3h in experiment details at ambient temperature  $22\pm 2$  °C, relative humidity 50~60%, wind velocity 4~6m/s. However, JN-30 silica sol ceramic shell is 12h. Coagulation quick drying mechanism for quick-dry silica sol ceramic shell was analyzed by comparison between the stability and structure on common silica sol and quick-dry silica sol.

**Keywords:** Quick-dry silica sol, Ceramic shell, Stability, Coagulation quick drying

## 1 前言

近十年来,虽然陶瓷型铸造用粘结剂偏向硅溶胶,但是硅溶胶的胶凝硬化时间很长,这严重限制了硅溶胶在铸造行业中的发展。因此,国内外纷纷开展了各种类型快干硅溶胶研究。其中,1994 年杜邦公司推出的 Ludox SK 系列硅溶胶最具代表性,还有 Remet 公司的 Remasol ADBOND 系列,1997 年清华大学研制开发的 FS-30 快干硅溶胶(现称 FS-I)随后的 FS-II 和 FS-III 型快干硅溶胶,东莞某公司 SKP-27 型快干硅溶胶等。同时,许多科研工作者对快干硅溶胶的陶瓷型铸造工艺进行了深入研究,并简单分析它的胶凝快干机理<sup>[1-3]</sup>:①胶体结构的变化;②高聚物的物理束缚作用;③胶凝平衡点下降。本文对 FS-II 型快干硅溶胶和 JN-30 硅溶胶进行比较实验,并通过普通硅溶胶和快干硅溶胶的结构与稳定性比较分析快干硅溶胶陶瓷型的胶凝快干机理。

## 2 实验研究

硅溶胶陶瓷型壳可在室温下采用胶态成型法制

得,使用的原料有 FS-II 型快干硅溶胶、JN-30 硅溶胶、石英粉。表 1 给出了 FS-II 型快干硅溶胶和 JN-30 硅溶胶的成分及某些性能。以石英粉(g)硅溶胶(ml)为 3.5:1 配制陶瓷浆料,浇注成型。表 2 所示是硅溶胶陶瓷型胶凝硬化的控制干燥条件。

表 1 硅溶胶的成分及某些性能

型号	SiO <sub>2</sub> (w%)	Na <sub>2</sub> O(w%)	pH 值	胶体平均直径/ $\mu\text{m}$
FS-II	25~26	$\leq 0.25$	8.5~9.5	8~20
JN-30	30~31	$\leq 0.3$	8.5~10	10~20

表 2 硅溶胶陶瓷型胶凝硬化的控制干燥条件

型号	温度/°C	湿度(%RH)	风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	干燥时间/h	参考文献
FS-II	24 $\pm$ 4	40~65	4~6	2	[1]
FS-II	22~24	45~65	-	4~5	[3]
FS-II	23 $\pm$ 2	50~60	4~6	3	本文
JN-30	23 $\pm$ 2	50~60	4~6	12	本文

## 3 结果与讨论

实验研究表明,控制环境温度( $22\pm 2$ )°C,相对湿度 50%~60%,风速 4~6m/s 时,快干硅溶胶陶瓷型胶凝硬化时间为 3h,这与吕志刚等<sup>[1]</sup>和马波<sup>[3]</sup>的研究结

收稿日期 2006-04-19

文章编号 2006-070

作者简介:袁新强(1981-),男,硕士研究生,研究方向:特种成型技术

果基本一致。由表 2 可知,相同干燥条件下,FS-II 快干硅溶胶比 JN-30 硅溶胶的胶凝硬化时间短,这说明 FS-II 快干硅溶胶自身胶凝硬化作用比 JN-30 硅溶胶明显。而这种自身胶凝硬化作用程度又与它们本身的结构有关。

3.1 普通硅溶胶和快干硅溶胶的结构与稳定性

图 1,图 2 所示分别是普通硅溶胶(JN-30)和快干硅溶胶(FS-II)的结构示意图。由表 1 和图 1,图 2 可知,普通硅溶胶和快干硅溶胶稳定性的影响因素有 Na<sub>2</sub>O、静电斥力, Van der Waals 引力等(如表 3 所示)。从表 3 中可知,无论是普通硅溶胶还是快干硅溶胶,其稳定性均是若干对立影响因素间的相互平衡。硅溶胶中任何影响稳定性的因素被破坏,其稳定性就变差,易发生胶凝硬化。稳定性的破坏程度越大,胶凝硬化越容易,即胶凝硬化时间就越短。这是硅溶胶自身胶凝硬化的首要条件。

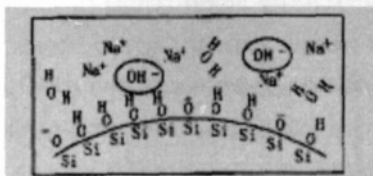


图 1 普通硅溶胶结构示意图

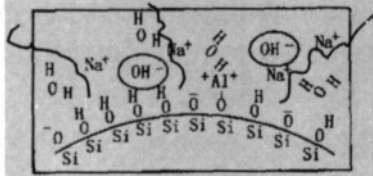


图 2 快干硅溶胶结构示意图

表 3 硅溶胶稳定性的影响因素<sup>[4-6]</sup>

型 号	普通硅溶胶	快干硅溶胶
稳定剂	Na <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Si-OH 弹性水化膜	存在	存在
ζ 电位(静电斥力)	存在	存在
高聚物分子的空间势垒(见图 3)	不存在	存在
Al <sup>3+</sup> 和高聚物分子吸附层	不存在	存在
Van der Waals 引力(胶体平均直径 μm)	10~20	8~20
布朗运动	存在	存在

3.2 快干硅溶胶陶瓷型的胶凝快干机理

由于硅溶胶中作为溶剂的是水分,胶凝硬化时间除了与稳定性破坏程度有关外还与溶剂水分的消失速度有关。因此,我们必须从这两方面深入分析快干硅溶胶陶瓷型的胶凝硬化机理。

首先,采用搅拌制备陶瓷浆料时,石英粉冲击破坏高聚物分子的空间网状结构, Al<sup>3+</sup>和高聚物分子脱离粒子的吸附,快干硅溶胶的吸附层被破坏,即稳定

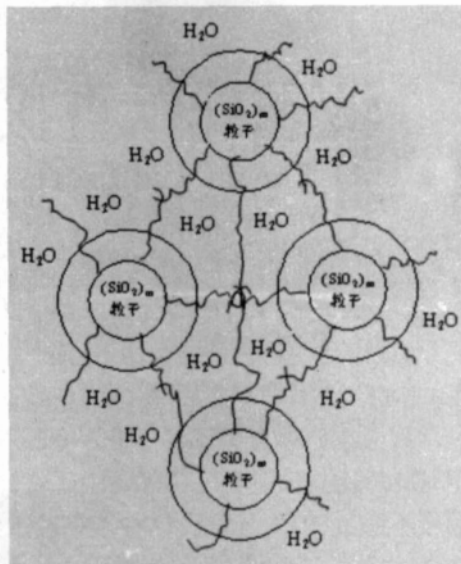
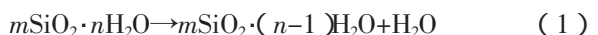


图 3 快干硅溶胶中聚合物分子的空间网状结构性变差,粒子间布朗运动加剧,碰撞几率增加。粒子碰撞发生缩聚反应<sup>[7]</sup>,生成具有很强粘结性的凝胶和水分,即:



其次,脱离吸附的高聚物分子重新交接在一起形成一层薄薄的高聚物膜,且具有粘结性。

最后, Al<sup>3+</sup>发生水解反应,生成 Al(OH)<sub>3</sub> 胶体和 H<sup>+</sup>离子<sup>[8]</sup>,即:



Al<sup>3+</sup>消耗水分,一方面,促进了反应式(1)进行;另一方面,生成的 Al(OH)<sub>3</sub> 胶体具有很强的吸附能力,增强了快干硅溶胶的粘结力,且生成的 H<sup>+</sup>离子降低了 pH 值,快干硅溶胶的稳定性进一步降低。

此外,控制环境湿度和风速,快干硅溶胶同普通硅溶胶一样在陶瓷型壳中形成里高外低的湿度梯度,水分加速蒸发,胶凝硬化时间缩短。

综上所述,相同的干燥条件下,快干硅溶胶之所以较普通硅溶胶陶瓷型的胶凝硬化时间短,主要是因为快干硅溶胶中脱离吸附的高聚物分子快速成膜,且具有粘结作用; Al<sup>3+</sup>发生水解反应,生成 Al(OH)<sub>3</sub> 胶体和 H<sup>+</sup>离子,加快水分消失并促进反应式(1)进行,增强快干硅溶胶的综合粘结力。

4 结论

快干硅溶胶陶瓷型的胶凝快干机理:

(1) 搅拌制陶瓷浆料时,石英粉冲击破坏高聚物分子的空间网状结构, Al<sup>3+</sup>和高聚物分子脱离粒子的吸附,快干硅溶胶的吸附层被破坏,即稳定性变差,粒子间布朗运动加剧,碰撞几率增加。粒子碰撞发生缩聚反应式(1)。

# 液态硅铁直接颗粒化的原理和方法

## Theory and Process of Ferrosilicon Liquid Globuling

王绪然 陕西理工学院材料系,陕西汉中 723003)

**摘要** :从理论上说明在一定条件下,液态硅铁合金自由出口处形成液滴的体积仅与液体的表面张力和出流孔直径有关。且当该体积液滴的重力和上部液体的内聚力相等时,液滴即可分离自由下落。据此理论进行了试验,结果表明,液态硅铁合金可直接进入冷却液中形成球状颗粒。且当出流孔径  $d=8\text{mm}$ ,浇注温度为  $1420^\circ\text{C}$ ,落差  $H=150\text{mm}$ ,油层/水层为  $700\text{mm}/1000\text{mm}$  时,76%的颗粒形状几乎都近于圆球形,颗粒体积与理论计算值最大偏差不超过 10%。同时,这种液态硅铁合金直接颗粒化的方法与机械破碎法相比具有简易、快捷、节能、高效的优点。

**关键词** :硅铁,颗粒化,原理,方法

**中图分类号** :TF645 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-9658(2006)05-3

**Abstract** :It has been described theoretically that the volume of ferrosilicon liquid drops is relation to the surface tension of liquid and the diameter of outflow. When the gravity of this liquid drops equate with the cohesive force of the liquid columns, the liquid drops would freely. According to this theory, it indicates that grains of ferrosilicon can be obtained by pouring directly into cooling fluid. when the outflow  $d=8\text{mm}$ , the pouring temperature  $t=1420^\circ\text{C}$ , the fall head  $H=150\text{mm}$ , the depth of oil/water equaling to  $700\text{mm}/1000\text{mm}$ , almost 76% of grains are roundness. The maximum deviation of grains dimension according to test is less than 10% according to theoretical computing. Such method is better than mechanical breaking with facility, shortcut, energy saving and high efficiency.

**Keywords** :Ferrosilicon, Grain, Theory, Process

### 1 前言

硅铁一般是在生铁锭模里浇注成形,再经破碎后

使用。用户对硅铁的块度有不同的要求,如对铸造行业要求单块重量  $150\sim 200\text{g}$  之间,而有些用户要求部分硅铁的块度为  $2\sim 10\text{mm}$ ,或  $\leq 3\text{mm}$ 。因此硅铁的破碎在其生产过程中是必不可少的一个环节,目前破碎

收稿日期 2006-06-19

文章编号 2006-103

(2)脱离吸附的高聚物分子重新交接在一起形成一层薄薄的高聚物膜,具有粘结作用。

(3)  $\text{Al}^{3+}$  离子发生水解反应,加快水分消失,生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$  胶体和  $\text{H}^+$  离子,促进反应式(1)进行,粘结力增强。

(4)控制环境湿度和风速,快干硅溶胶陶瓷型壳中形成里高外低的湿度梯度,水分加速蒸发,加快陶瓷型壳的胶凝硬化。

### 参 考 文 献

- 1 吕志刚,闫双景,张锡平,等.增强型快干硅溶胶的研制[J].特种铸造及有色合金,2003(6):47-49
- 2 罗琼,王国顺,宋建伟,徐忠礼.SK-27型快干硅溶胶在精密铸造中的应用[J].特种铸造及有色合金,2005,25(3):179-181

- 3 马波.快干硅溶胶应用研究[J].特种铸造及有色合金,2005,25(4):234-236
- 4 K.Esumi, Y.oshie, Nakaie, Kennicki, Sakai, Kanjiro, Torigoe. Adsorption of poly (ethyleneglycol) and poly (amidoamine) dendrimer from their mixtures on alumina/water and silica/water interfaces [J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2001(194):712
- 5 J. L. Viota, M. RaSa, S. Sacanna, A. P. Philipse. Stability of mixtures of charged silica, silica-alumina, and magnetic colloids [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2005, (290):419-425
- 6 沈钟,赵振国,王果庭.胶体与表面化学[M].第3版.北京:化学工业出版社,2004,78-107
- 7 包彦堃,谭继良,朱锦伦编著.熔模铸造技术[M].浙江:浙江大学出版社,1997,184.
- 8 Jinming Duan, John Gregory. Influence of soluble silica on coagulation by aluminium sulphate [J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 1996(107):309-319