DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.06.011

# 干燥时间对快干硅溶胶型壳质量的影响

张　歌,赵亚利,宁二宾
(洛阳鹏起实业有限公司,河南 洛阳 471023)

**摘　要**:采用快干硅溶胶作为粘结剂,分别选用 8 h 和 20 h 为背层干燥时间得到硅溶胶型壳,通过重量法获得型壳的干燥程度,研究干燥时间对型壳质量的影响。结果表明,8 h 干燥后的失水重量与 20 h 干燥后的失水重量相比无明显变化,且 8 h 干燥和 20 h 干燥后均获得较为致密的型壳,型壳表面光滑,没有剥落及裂纹。

**关键词**:快干硅溶胶;干燥时间;重量法

**中图分类号**:TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)06-0548-03

# Effect of Drying Time on the Quality of Quick-drying Colloidal Silicon Shell

ZHANG Ge, ZHAOYali, NING Erbin
(Luoyang Pengqi Industry Co., Ltd., Luoyang 471023, China)

**Abstract**: The silica sol shell was obtained by using quick-drying silica sol as binder, and using 8 h and 20 h as the drying time of the back layer respectively. The drying degree of the shell was obtained by weight method, and the effect of drying time on the quality of the shell was studied. The results show that the water loss weight after 8 h drying have no significant change compared with that after 20 h drying, and the compact shell is obtained after 8 h drying and 20 h drying, with smooth surface and no peeling and crack.

**Key words**: quick-drying silica sol; drying time; weight method

熔模铸造涂料中粘结剂的合理选用对精铸件的质量和成本有重要影响[1]。目前国内常用的精密铸造粘结剂有水玻璃、硅酸乙酯和硅溶胶。硅溶胶型壳工艺简单,尺寸精度高,不用任何预处理,但制壳周期太长。快干硅溶胶通过对硅溶胶胶粒表面进行改性,使胶体表面结构发生变化,从而达到降低硅溶胶胶凝浓度的目的,以加快其干燥速度,可以有效的缩短制壳周期[2]。

硅溶胶型壳性能和质量与干燥硬化直接相关,硅溶胶型壳的干燥过程实质上是水分挥发的过程,型壳干燥彻底其强度就好,型壳干燥不透则型壳强度就差[3]。硅溶胶型壳强度或表面质量不够好,大多是因为型壳干燥环节没控制好而造成的。那么,研究硅溶胶型壳的干燥时间对于保证型壳质量,缩短制壳周期,提高生产效率具有重要意义。

型壳干燥程度测定方法有:显色法、电阻法、重量法和 $\gamma$ 射线衰减法等。本文选用快干硅溶胶作为粘结剂,通过重量法获得型壳的干燥程度,研究干燥时间对快干硅溶胶型壳质量的影响。

**收稿日期**:2019-10-10

**作者简介**:张　歌(1986-),女,河南洛阳人,硕士研究生,工程师.主要从事钛合金铸造工艺技术方面的工作.
电话:15824914383,E-mail:hi_zhangge@163.com

## 1　试验材料和方法

选用快干硅溶胶作为粘结剂,白刚玉和莫来石分别作为面层和背层耐火材料,撒砂种类与该层涂料用耐火粉料一致,试验采用 4 块试样,形状和尺寸如图 1,编号分别为 1#～4#。4 块试样的面层干燥时间相同,1#、2# 试样背层干燥时间为 20 h,3#、4# 试样背层干燥时间为 8 h。用电子天平(精度 0.1 g)记录试样每一层撒砂和干燥后的重量。具体方案见表 1 所示,其它制壳工艺参数相同。

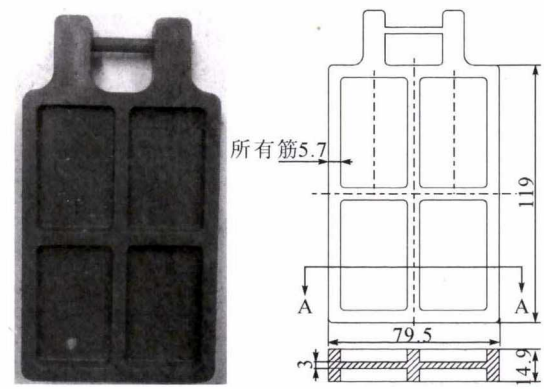


图 1　试样形状与尺寸(mm)
Fig.1　Shape and size (mm) of specimen

### 1.1　压蜡

用压蜡机压制蜡模试样,用小刀将编号刻于蜡模

表1 试样方案
Tab.1 Experiment scheme

| 编号 | 干燥时间 /h | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 面一层 | 面二层 | 背一层 | 背二层 |
| 试样 1# | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 试样 2# | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 试样 3# | 20 | 20 | 8 | 8 |
| 试样 4# | 20 | 20 | 8 | 8 |
| 温度 /℃ | 22～25 | | | |
| 湿度(%) | 60～70 | | 40～60 | |
| 风速 /(m/s) | / | | 6～8 | |

上，把试样放入清洗剂中清洗后，取出蜡模，放入清水池中清洗并烘干后用电子称称量试样重量并记录。

### 1.2　面层、背层料浆及撒砂

按比例配制面层料浆和背层料浆，涂料时应使试样均匀的覆盖一层涂料，避免涂料堆积，缺涂和裹气泡，待涂料滴落很少时即可进行撒砂，撒砂材料也应均匀的覆盖在涂料的试样上。记录每一层撒砂及干燥后型壳的重量。涂料和撒砂所用材料如表 2 所示。

### 1.3　面层、背层干燥

面层干燥过快容易引起凝胶的急剧收缩使面层涂料开裂。背层的情况则不同，下层涂料中的水分会渗透到上层涂料中，在干燥本层涂料时还要使被渗透的那层涂料也干燥，因此降低湿度，提高风速，加速背层干燥时间，是提高生产效率，缩短制壳周期的有效方法。因此，面层湿度为 60%～70%，背层湿度为 40%～60%，背层的风速为 6～8 m/s。

表2 涂料和撒砂所用材料
Tab.2 Material of coating and sand

| 名称 | 规格 / 目 | 技术要求 | 用途 |
|---|---|---|---|
| 快干硅溶胶 | / | HB5346，SiO2;29%～30% | 粘接剂 |
| 白刚玉粉 | 280 | GB/T2479-2008 | 配制面层料浆 |
| 白刚玉砂 | 90 | GB/T2479-2008 | 面层撒砂 |
| 莫来石粉 | 320 | GB12215-90，RLF | 配制背层料浆 |
| 莫来石砂 | 16～30 | GB12215-90，RLS85-21 | 背层撒砂 |

### 1.4　脱蜡和焙烧

采用蒸汽脱蜡法，脱蜡蒸汽压力为 0.60～0.75 MPa，脱蜡时间在 6～10 min 内完成。型壳的焙烧温度为 950～1 050 ℃，到温后保温 30 min。

## 2　实验结果与讨论

经过脱蜡和焙烧后的试样，如图 2。1#～4# 试样均获得较为致密的型壳，型壳表面光滑，没有剥落及裂纹。试验说明 8 h 干燥和 20 h 干燥后的型壳质量无明显差异。

将每一层撒砂和干燥后型壳的重量记录下来，并计算出二者的重量差，得到 4 个试样每一层的失水重量曲线，如图 3。由图可以看出，4 个试样的背一层和背二层失水重量变化不大，说明 20 h 干燥和 8 h 干燥后，试样中的水分变化不明显，20 h 干燥效果和 8 h 干燥效果基本相同，这与有关文献中报道的背层干燥需要 6～7 h，之后型壳基本不再失水一致。

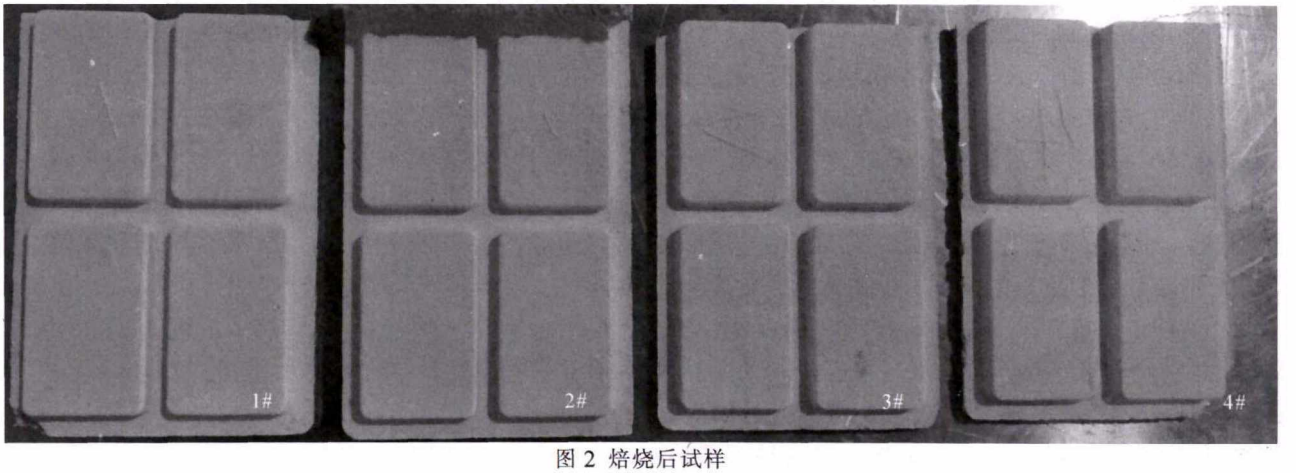

图 2 焙烧后试样
Fig.2 Specimens after baking

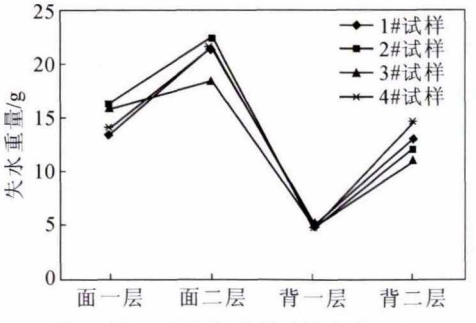

图 3 1#～4# 试样干燥后的失水重量
Fig.3 Dehydrate weight of the specimens after drying

图 3 中，4 个试样从面一层到背二层失水重量呈现出先上升再下降，最后再上升的趋势，这与各层的粉液比相关，硅溶胶型壳的干燥过程实质上是水分挥发的过程，粉液比越高，涂料粘度越大，涂料中的含水量就越低；反之，涂料中的含水量就越高。由

（下转第 552 页）

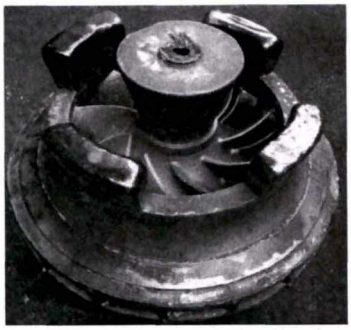

图 4 清壳后铸件实物图
Fig.4 The impeller casting after shell removal

## 3 结果与讨论

通过本研究确定的工艺方案及工艺参数，成功的研制出合格的叶轮铸件。

### 3.1 表面及内部质量

铸型清理和浇注系统切割后，目视观察，铸件表面光洁，没有发生化学粘砂现象，铸件进行荧光渗透检测，铸件表面无裂纹、冷隔等铸造缺陷。经 X 射线检查铸件内部没有夹渣、裂纹缺陷。表明采用 SLS 成型技术烧结制备的熔模表面涂挂性好，型壳的质量高，型壳采用高温气化法脱蜡，PS 粉末材料能够完全去除，没有残留；氧化钇制备的型壳强度符合要求；氧化钇面层惰性符合要求，几乎不与钛液发生反应。

### 3.2 化学成分

采用 FOUNDRY-MASTER Xpert 全谱直读光谱仪和 G8 GALILEO ONH 氧氮氢分析仪进行叶轮铸件的化学成分分析，铸件的化学成分结果见表 1。

上述结果表明，叶轮铸件的化学成分符合 GJB2896A-2007 标准要求。试验结果证明，SLS 快速成型模熔模铸造工艺能够保证钛合金铸件的化学成分。

表 1 铸件的化学成分 $w$(%)
Tab.1 Chemical composition of the casting

| ZTC4 | 主量元素 | | | 杂质元素(≤) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ti | Al | V | Fe | Si | C | N | H | O |
| 标准值 | 余量 | 5.50～6.80 | 3.50～4.50 | 0.300 | 0.150 | 0.100 | 0.050 | 0.015 0 | 0.200 |
| 实测值 | 余量 | 6.31 | 4.06 | 0.085 | 0.026 | 0.018 | 0.033 | 0.002 4 | 0.178 |

## 4 结论

(1)SLS 激光烧结熔模与中温蜡组成的模组型壳直接在大气中进行脱蜡、去除 PS 模样，焙烧。有效解决了型壳脱蜡过程中，SLS 激光烧结模因受热膨胀而导致型壳开裂造成铸件缺陷的技术难题。

(2)通过 SLS 激光烧结熔模和熔模精密铸造结合的工艺，不仅能较好的解决了单件小批量、高尺寸精度的钛合金精密铸件的铸造难题，而且在较大程度上提高生产效率，降低生产成本。

(3)采用快速成型模熔模铸造工艺，成功完成 ZTC4 钛合金叶轮铸件的试制，铸件表面无裂纹、冷隔、化学粘砂缺陷，铸件内部无裂纹、夹渣缺陷，铸件的化学成分合格，铸件质量满足 GJB2896A-2007 的要求。

**参考文献：**

[1] 谢成木. 钛及钛合金铸造[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
[2] 霍东兴，梁精龙，李慧，等. 钛合金研究及应用进展[J]. 铸造技术, 2016，37 (10)：2065-2066.
[3] 曹运红. 钛合金成型工艺在飞航导弹上的应用研究 [J]. 飞航导弹，2002(7): 50-60.
[4] 阎峰云，陈基东，马孝斌. 钛合金熔模铸造技术[J]. 中国铸造装备与技术，2009(2):1-5.
[5] 谢华生，刘时兵，苏贵桥，等，我国钛合金精铸件铸造技术的发展及应用[J]. 特种铸造及有色合金，2008(S1):462-464.
[6] 黄乃瑜，万仁芳，董选普，等. 中国模具工程大典[M]. 北京：电子工业出版，2007.

(上接第 549 页)

于面二层涂料的粉液比小于面一层，所以面二层的失水重量就大于面一层，背一层涂料的粉液比增大，所以失水重量就减少，背二层涂料的粉液比降低，失水重量就增加。

## 3 结论

(1)干燥 8 h 和 20 h 后的型壳质量无明显差异，型壳均致密，光滑，无剥落及开裂。

(2)背层干燥时间 20 h 和 8 h 相比，失水重量无明显变化，20 h 干燥效果和 h 干燥效果基本相同。

(3)粉液比影响型壳失水重量，粉液比越大，失水重量越小，粉液比越小，失重重量越大。

**参考文献：**

[1] 李海树.熔模铸造制造成本降低的几种工艺方法[J]. 特种铸造及有色合金，2008，28(4)：292-294.
[2] 马波. 快干硅溶胶应用研究 [J]. 特种铸造机有色合金，2005,25 (4):234-236.
[3] 姜不居. 熔模铸造手册[M]. 北京：机械工业出版社，2000.