

首饰铸造石膏浆料工作性能的探讨

袁军平, 骆美美, 周惠英, 张锦航, 马德蓉

(广州番禺职业技术学院珠宝学院, 广东广州 511483)

摘要: 首饰石膏型精密铸造中, 浇注时间、流动性及凝结时间是衡量石膏浆料工作性能的重要指标。本文选择珠宝首饰企业广泛应用的某品牌铸粉作为试验材料, 对比试验了铸粉浆料在不同水类、工艺参数、操作方法下的工作性能。试验结果表明, 水类、水粉比、体系温度、铸粉储存状况、搅拌方式、真空脱泡操作都会影响浆料的浇注时间、流动性及凝结时间。首饰生产中应优先采用纯水来混制浆料, 并保持各工艺参数与操作方法的合理性与稳定性。

关键词: 首饰; 石膏型; 石膏浆料; 工作性能

石膏型精密铸造工艺是金、银、铜等金属首饰成型的主要方法, 铸型质量是决定铸件质量的重要因素。首饰石膏铸型一般采用商品化的石膏铸粉与水混成浆料来制作, 石膏铸粉通常由三部分组成: 一是耐火骨料, 主要成分为石英和方石英, 它们的另一个重要作用是补偿高温下石膏的收缩; 二是粘结剂, 一般采用 α 半水石膏, 为铸型提供所需强度; 三是添加物, 可用来调节铸粉浆料的流动性、浇注时间和凝结时间等^[1-2], 它们是衡量石膏浆料工作性能的重要指标。其中, 流动性是评价铸粉浆料流淌充填的能力; 浇注时间是铸粉浆料自混制开始至粘度增加到无法浇注的时间; 凝结时间是自混制开始到浆料凝结固化的时间, 此时浆料表面光泽消失, 又称为失去光泽点时间^[3]。

不同品牌的铸粉在添加物的组成与比例方面有差别, 铸粉浆料工作性能也就存在一定的差异。然而在生产中也经常出现这样的情况, 不同企业使用同一品牌铸粉, 甚至是同一个企业使用同种铸粉在不同的生产阶段, 其浆料工作性能及铸型质量方面也会出现波动情况。这说明石膏浆料制备中的工艺参数及工艺操作会直接影响铸粉浆料工作性能, 鉴于这方面的研究较少, 本文针对水类、温度、水粉比、铸粉储存状况、搅拌方式、真空脱泡等因素对铸粉浆料工作性能的影响进行了试验探讨。

1 试验材料及方法

选择珠宝首饰企业广泛应用的某品牌铸粉作为试验材料, 分别用自来水、纯水、不同浓度的硼酸水溶液来混制浆料, 用pH计和万用电表检测各水类的pH值和导电性。对比试验在不同的水粉比、水温、铸粉储存状况、加料搅拌方式、真空脱泡操作下浆料的流动性、浇注时间及凝结时间。其检测方法为: 浆料混制好后, 每隔30 s将浆料倾倒浇注一次, 当浆料流出现断流时, 即为该工艺条件下浆料的浇注时间。浆料的流动性试验采用流淌法, 将内径为 $\Phi 35 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 的不锈钢筒固定在水平的玻璃板上, 浆料混好后倒入筒内, 使液面与筒顶边持平, 然后在10 s内将钢筒抬起12~15 mm, 浆料从各个方向流出, 测量浆料流过区域的直径^[4]。凝结时间的测定方法是将浆料浇注到 $\Phi 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 的不锈钢筒中, 以铸型表面失去光泽时对应的时间来确定。

作者简介:

袁军平(1969-), 男, 博士, 教授级高工, 主要从事金属材料及成形工艺研究。
E-mail: yuanjp@gzppy.edu.cn

中图分类号: TG221

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)10-1116-05

基金项目:

广东省珠宝首饰工程技术研究中心建设项目, 粤科产学研字[2016]176号。

收稿日期:

2019-02-25 收到初稿,

2019-05-06 收到修订稿。

2 试验结果及分析

2.1 水类对浆料工作性能的影响

用自来水、纯水按照38 mL水/100 g粉的比例混制5组浆料,其工作性能分别如图1所示。可以看出,水类不同,浆料的工作性能有一定差别。一方面,以自来水混制的浆料,其平均浇注时间和凝结时间相比纯水要长约1.5~2 min,平均流动性也要略高些;另一方面,自来水混制浆料的工作性能具有更大的分散性,而纯水混制浆料的工作性能稳定性更好。因此,在生产中为保持稳定性,应优先使用纯水来混制浆料。

在首饰蜡镶铸造中,为保护宝石在铸型焙烧过程中不发生变色,常采用硼酸水溶液来混制石膏浆料。不同浓度的硼酸液对浆料工作性能的影响见图2。可以看出,随着硼酸液浓度的增加,浆料流动性、浇注时间和凝结时间都呈现逐渐下降趋势。

采用不同水类来混制浆料时,浆料表现出来的工作性能的差别,与其物理化学性质不同有关。铸粉加水后会溶解形成溶液,铸粉中的半水石膏经过水化后形成二水石膏,而二水石膏在溶液中的溶解度远小于半水石膏,因此二水石膏在溶液中呈现过饱和状态,随即发生析晶,进而破坏了溶液的平衡状态,半水石膏进一步溶解以补偿二水石膏析晶而在液相中减少的硫酸钙含量。如此不断进行半水石膏的溶解与二水石膏的析晶,直到半水石膏完全水化为止。水化过程中从浆料分泌出来的自由水浮在铸型表层,使铸型表面看起来具有明显的光泽^[1]。而当水化物大量形核长大,晶体之间互相连接成网络时,浆料粘度迅速增加而失去流动性,浆料开始凝结成具有一定强度的硬化体,在此过程中铸型表面的水层又会被吸进硬化体内部,使表面光泽消失,也即浆料对应的凝结时间。

检测几种试验水类的pH值和电阻,结果如表1。纯水为电解质已除去或降低到一定程度的去离子水,其电阻无穷大,不导电,浆料凝结时的水化析晶过程不会受到影响,凝结时间较短。硼酸水溶液中有大量的氢离子和硼酸根离子存在,它们会使半水石膏在水中的溶解度提高,加速石膏浆料的凝结,并在凝结时析出大量晶粒,因此可以较明显地影响浆料的胶凝过程,缩短浆料凝结时间^[5]。自来水中存在微量的金属离子、碳酸(氢)根离子、氯酸根离子、硫酸根离子等,它们会降低半水石膏的溶解速度或溶解度,使水化过程受到阻碍,从而延长凝结时间^[6]。

鉴于水类对石膏浆料凝结过程的影响,为保持生产过程的一致性和铸件质量的稳定性,应优先采用纯水来混制浆料。而在蜡镶铸造首饰中采用硼酸水溶液来混制浆料时,需注意在混制浆料和灌注浆料操作中把握好时间,避免因浆料凝结时间缩短而灌注不畅的情况。

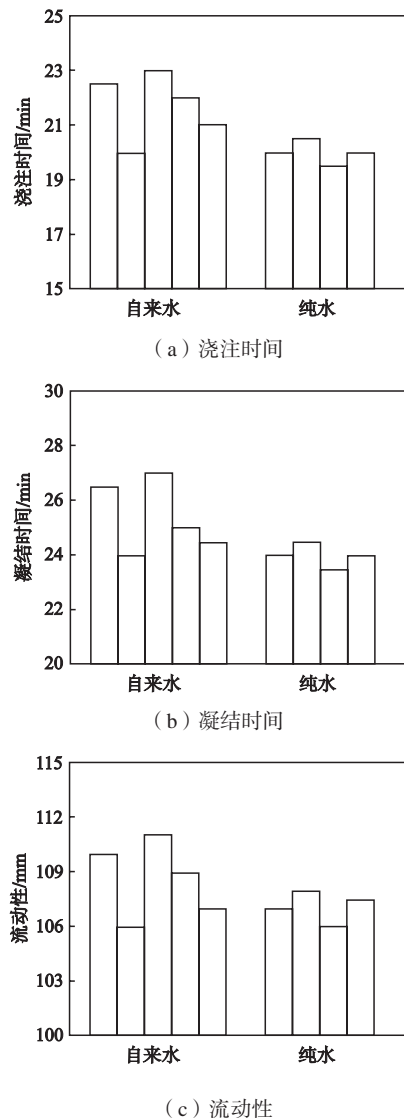


图1 不同水类混制的石膏浆料工作性能(11℃, 38 mL/100 g)

Fig. 1 Working performance of gypsum slurry mixed with different types of water

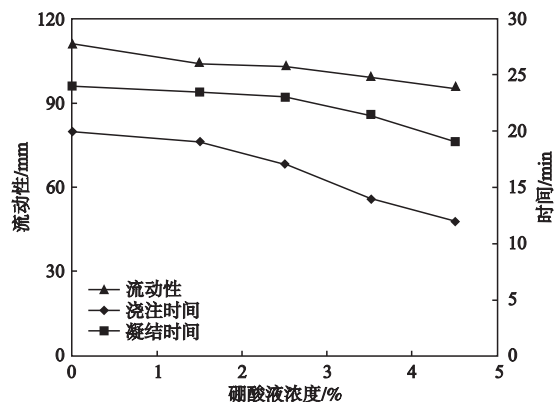


图2 硼酸液浓度对浆料工作性能的影响

Fig. 2 Effect of boric acid solution concentration on working performance of gypsum slurry

2.2 水粉比对浆料工作性能的影响

采用纯净水混制浆料，改变水与石膏粉的比例，检测各种水粉比下浆料的浇注时间、凝结时间和流动性，结果如图3所示。

总体而言，浆料的浇注时间、凝结时间及流动性随着水粉比增加而增加，但是它们的变化幅度有差别。流动性与水粉比呈现较好的线性关系，凝结时间也基本呈现线性关系，但是浇注时间在不同的水粉比范围变化规律有较大差别。水粉比低于36 mL/100 g时，浆料接近黏稠的膏状，难以顺利倒出；当水粉比超过36 mL/100 g以后，浇注时间迅速提高，这说明浇注时间与流动性比凝结时间更依赖水粉比；水粉比增加到43 mL/100 g时，浆料流动性比35 mL/100 g时提高了1.17倍，凝结时间提高了25%。另外可以看出，当水粉比在38~40 mL/100 g的范围内，浇注时间与凝结时间的变化幅度相对较小。

实际生产中对于石膏浆料搅拌、灌注的操作而言，既需要留给操作工从容操作的时间，使石膏浆料在开始凝结前能完成所有操作，又要避免浆料灌注后长时间不凝结。如果采用过低的水粉比，浆料的粘度大，流动性差，将使整个操作显得仓促甚至失败，而且浆料中的气泡也容易滞留下来。如果采用过高的水粉比，尽管浆料流动性好了，但是石膏浆料凝结时间长而容易发生泌水问题，导致铸造后铸件表面出现水印，影响铸件表面光洁度，而且铸型强度低，容易开裂剥落而导致铸造缺陷。只有水粉比合适时，才能使浆料具有较好的流动性，可以较好地复制蜡模的细微处，操作时间基本充足，而在灌注完成后浆料可以较快发生凝结，获得足够的强度，并减少了出现水印的风险。

本文的研究表明，水粉比的优化确定不仅要考虑工件的结构，还要综合考虑铸粉状态、环境温度、水质、抽真空等工艺因素，不能机械地套用某个值。

2.3 铸粉开袋放置时间对浆料工作性能的影响

分别取刚开袋以及开袋后敞开放置不同时间的铸粉，用自来水以39 mL/100 g的水粉比混制浆料，对比它们的工作性能，结果见图4。采用发气性测试仪检测不同储存状态下铸粉的发气性，结果如图5。

图4、5测试结果说明，石膏铸粉在储存和使用过程中如果密封不严，则铸粉难免吸水受潮，导致铸粉中的部分半水石膏转变为二水石膏，此时再以原有的水粉比混制浆料时，超出比例的水就类似自由水，使石膏晶体之间易产生滑动，浆料粘度下降，凝结时间变长。而储存受潮过程中生成的二水石膏晶体并不能在石膏硬化体中形成交错搭接的晶体网络结构，故不

能为建立铸型强度做出贡献。如前述，当凝结时间延长时，泌水量增加，既会损害铸型强度，也会增加铸件出现水印的风险。

因此，铸粉在生产过程中要注意妥善保管。铸粉储存的环境应保持干燥，袋口要密闭；当铸粉袋开启后，应在短时间内用完，并在每次取用后要扎紧袋口。对于受过潮的铸粉，如果要继续使用，可以先将其放入50~70 °C的热风炉中烘干，以部分恢复其工艺性能。

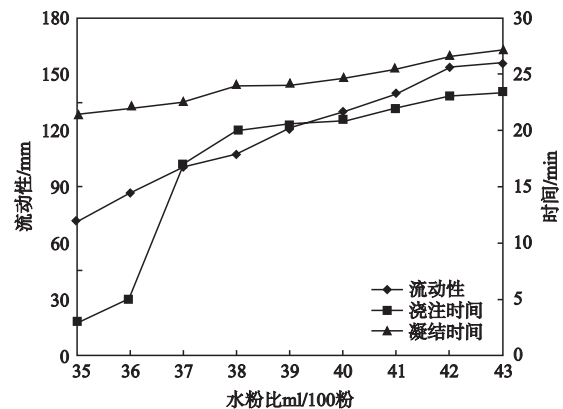


图3 水粉比对浆料工作性能的影响
(浆料温度13.5 °C, 不抽真空)

Fig. 3 Effect of water/powder ratio on working performance of gypsum slurry

表1 不同水类的pH值及电阻
Table 1 Working performance of gypsum slurry mixed with different types of water

| 项目 | 自来水 | 纯水 | 3.5%硼酸水溶液 |
|-------|-----|-------|-----------|
| pH值 | 7.3 | 6.9 | 4.1 |
| 电阻/kΩ | 132 | 1 060 | 84 |

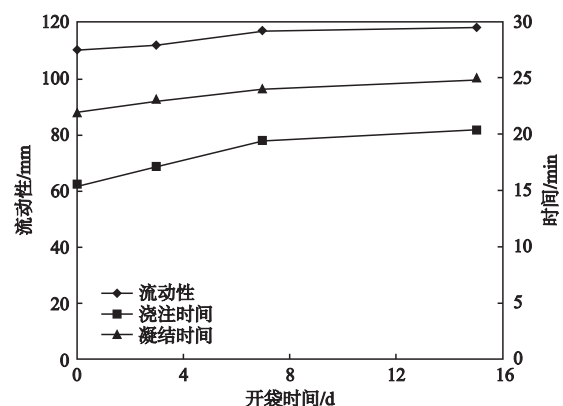


图4 铸粉开袋放置时间对浆料工作性能的影响
(11 °C, 39 mL/100g, 抽真空1.5 min)

Fig. 4 Effect of powder air exposure time on working performance of gypsum slurry

2.4 温度对浆料工作性能的影响

采用纯净水混制浆料，水粉比为38 mL/100 g，环境温度为14 ℃。将水和铸粉分别调整到预定温度，然后混制浆料，为避免抽真空对浆料温度造成影响，浆料混制过程中不抽真空。分别试验浆料在不同温度下的工作性能，结果如图6所示。

可以看出，随着浆料温度的升高，浆料流动性先升高再降低，浇注时间和凝结时间则大致上先降低再升高。究其原因，当温度低时，二水石膏在溶液中的溶解度下降，相应地其过饱和度就高，有利于二水石膏晶核形成，因而使浆料的流动性降低，浇注时间和凝结时间延长；而随着浆料温度提高，二水石膏在溶液中的溶解度提高，过饱和度减小，减缓了二水石膏晶核的形成速度，因而使浆料的流动性提高，浇注时间和凝结时间缩短。但是当浆料温度超过一定值后，半水石膏在溶液中的溶解速度也明显加快，有利于二水石膏达到饱和溶解度而析晶，导致浆料流动性又下降^[7]。因此，在冬季混制石膏浆料时凝结较慢，需要相应地降低水粉比，或者将水温和粉温提高后再混浆；而在夏季时石膏浆料凝结较快，需要相应提高水粉比以满足操作要求。

2.5 混制方式对浆料工作性能的影响

按照38 mL/100 g的水粉比配料，对比加料方式、搅拌方法和抽真空方式对浆料工作性能的影响，结果如表2所示。

可见，搅拌方式对浆料的工作性能有一定影响。先水后粉的加料方式比先粉后水更有利于改善浆料工作性能；过高的搅拌速度会造成浆料的大量卷气，并提高了温度，增加浆料的粘度，降低其流动性，而过低的搅拌速度不容易使浆料搅拌均匀。生产过程中应采取合适的搅拌速度，建议取120~150 rpm。相比未抽真空的操作，采用真空脱泡后浆料的工作性能有不同程度的劣化，尤其是强力抽真空时影响较显著。这是由于真空脱泡时部分水以蒸汽方式被抽走，使浆料的实际水粉比下降，加速浆料的凝结。

3 结论

(1) 水类对石膏浆料凝结过程有一定影响。为保证生产过程的一致性和铸件质量的稳定性，应优先采用纯水来混制浆料。

(2) 浆料的浇注时间、凝结时间及流动性随着水粉比增加而增加，流动性比浇注时间与凝结时间更依赖水粉比。

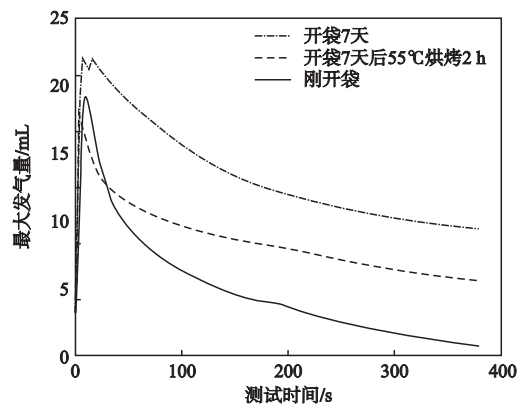


图5 不同储存状态的铸粉在850 ℃的发气性
Fig. 5 Gas evolution of powder under different storage states at 850 ℃

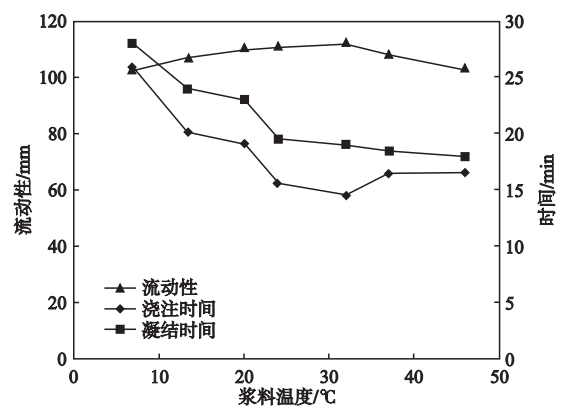


图6 温度对浆料工作性能的影响 (38 mL/100 g, 不抽真空)
Fig. 6 Effect of temperature on working performance of gypsum slurry

表2 混制方式对浆料工作性能的影响
Table 2 Effect of mixing method on working performance of gypsum slurry

| 加料方式 | 搅拌方式 | 抽真空方式 | 浇注时间/min | 凝结时间/min | 流动性/mm |
|------|---------|---------|----------|----------|--------|
| 先水后粉 | 中速3 min | 不抽真空 | 20 | 23 | 118 |
| 先粉后水 | 中速3 min | 不抽真空 | 18 | 22 | 116 |
| 先水后粉 | 中速3 min | 中度2 min | 18.5 | 23 | 114 |
| 先水后粉 | 高速2 min | 强力2 min | 18.5 | 22 | 98 |
| 先水后粉 | 高速2 min | 强力3 min | 13 | 20 | 84 |

- (3) 铸粉储存不当, 发生受潮后会延长凝结时间。
- (4) 过高或过低的温度均不利于石膏浆料的工作性能, 气温低时应适当加温, 气温高时应适当提高水粉比。
- (5) 先水后粉、中速搅拌及适度抽真空的浆料混制方式有利于改善浆料工作性能。

参考文献:

- [1] 谭德睿 陈美怡. 艺术铸造 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1996.
- [2] 楼建, 余章霖, 陈瑜, 等. 熔模石膏铸型粉初凝时间测定方法的研究[C]//第十二届全国铸造年会暨中国铸造活动周论文集, 2011: 550-553.
- [3] RALPH Carter. Getting optimum performance from your investment powder [J]. Gold Technology, 2002, 34: 22-30.
- [4] 石膏型熔模铸造用铸型粉: JB/T 11734-2013 [S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部发布, 2013.
- [5] 李传斌. 石膏材料和石膏型制造工艺(上) [J]. 机械工人, 2006(9): 55-58.
- [6] 杨磊, 张力, 张勇, 等. 3种水质对IV型石膏固化后膨胀的影响 [J]. 实用口腔医学杂志, 2014, 30(5): 713-714.
- [7] 吴金童. 熔模精铸用石膏及其混合料性能探讨 [J]. 特种铸造及有色合金, 1989(3): 11-14.

Discussion About Working Performance of Gypsum Slurry for Jewelry Casting

YUAN Jun-ping, LUO Mei-mei, ZHOU Hui-ying, ZHANG Jin-hang, MA De-rong
(Jewelry Institute of Guangzhou Panyu Polytechnic, Guangzhou 511483, Guangdong, China)

Abstract:

In jewelry gypsum mold casting, pouring time, fluidity and setting time are the important criteria to evaluate the working performance of the gypsum slurry. In this paper, a certain brand investment powder applied widely in jewelry enterprises was chosen as the experimental material, and the tests were carried out to compare the working performances of several kinds of gypsum slurry prepared by the use of different water types, technological parameters and operating methods. The results show that the pouring time, fluidity and setting time of the gypsum slurry are affected by water type, water to powder ratio, system temperature, powder storage state, stirring method, vacuum degassing, etc. In the jewelry production, purified water should be preferentially used to mix gypsum slurry, and the technological parameters and operating methods should be kept reasonable and stable.

Key words:

jewelry; gypsum mold; gypsum slurry; working performance