

# 国家标准《铝合金石膏型铸造通用技术规范》解读

李笑<sup>1</sup>, 李宇飞<sup>2</sup>, 孙鲁洪<sup>3</sup>, 朱家辉<sup>1</sup>, 李泽华<sup>2</sup>, 安如爽<sup>2</sup>

(1. 高端装备铸造技术全国重点实验室, 中国机械总院集团沈阳铸造研究所有限公司, 辽宁沈阳 110022;

2. 沈阳铸研科技有限公司, 辽宁沈阳110022; 3. 深圳市景鼎现代科技有限公司, 广东深圳518122)

**摘要:** 详细介绍了GB/T 39314—2020《铝合金石膏型铸造通用技术导则》国家标准制定过程。分别在标准范围、规范性引用文件、工艺过程、石膏型制备、石膏铸型粉及铸型性能检测、铸件浇注工艺及设备、铸件清理等方面详细解读了标准内容。论述了标准的技术特点和应用范围。

**关键词:** 铝合金石膏型; 精密铸造; 国家标准; 解读

## 1 标准概况

铝合金石膏型精密铸造具有生产周期短、尺寸精度高、表面质量好等特点, 广泛应用于电子、航空航天、光学、兵器、仪器仪表、艺术品等领域<sup>[1]</sup>, 但我国对石膏型熔模铸造的工艺要求及石膏型用铸型粉性能试验方法和检验规则等方面缺少统一的行为规范。为了更好的推广技术、规范石膏型材料性能、铸件质量、促进石膏型熔模铸造行业健康稳定发展, 很有必要制定铝合金石膏型铸造通用技术导则国家标准。本标准基于国家质量基础的共性技术研究与应用专项研究/结合企业生产实际规范了铝合金石膏型精密铸造工艺流程、石膏型制备、焙烧、检测等环节技术要求, 更好的推动石膏型精密铸造工艺绿色、快速、高质量发展。

本标准根据2019年10月17日国家标准化管理委员会下达2019年第三批推荐性国家标准计划(国标委发[2019]29号)项目, 计划对铝合金石膏型铸件标准进行制定。

全国铸造标准化技术委员会委托沈阳铸造研究所有限公司等7家单位共同制定了该标准, 2019年7月形成了《铝合金石膏型铸造通用技术规范》标准征求意见稿。2019年11月形成标准送审稿。2019年12月全国铸造标准化技术委员会铸造有色金属分技术委员会在浙江省新昌县召开了标准审查会, 最终形成了标准报批稿<sup>[2]</sup>, 《铝合金石膏型铸造通用技术导则》于2020年11月19日发布, 2021年6月1日实施。

## 2 标准的主要内容

GB/T 39314—2020《铝合金石膏型铸造通用技术导则》(以下简称本标准)共分为9个部分, 其中要求共7个部分: 工艺过程、石膏型制备、石膏铸型粉及铸型性能检测、铸件浇注工艺及设备、铸件清理、铸件检验、废旧石膏型的处理。本标准适用于通过石膏型熔模精密铸造工艺方法生产的铝合金铸件。

### 2.1 规范性引用文件

按照GB/T 1.1 2009的要求, 本标准引用了GB/T 9438、HB/Z 220.5、HB/Z 220.6、JB/T 11734等规范性引用文件, 规范性应用文件全部采用最新版的标准名称

作者简介:

李笑(1994-), 女, 工程师, 研究方向为铝镁合金材料方向。电话: 024-85810145, E-mail: 289964012@qq.com

中图分类号: TG136

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2023)

04-0466-04

基金项目:

沈阳市标准化试点示范项目“铸造有色金属标准化体系建设试点”。

收稿日期:

2022-07-06 收到初稿;

2022-10-11 收到修订稿。

和标号,使用者可据此查阅相关标准原文以加深对标准的了解和应用。

### 2.2 工艺流程

本标准对铝合金石膏型整体铸造工艺进行了规定,主要工艺过程包括蜡模制造、浇灌石膏铸型、石膏铸型脱蜡、石膏铸型焙烧、铸件浇注、铸件清理、铸件检验等。

### 2.3 石膏铸型制备

(1) 石膏型铸型材料。本标准推荐了制备石膏铸型所需的主要工艺材料,主要包括模料用材料和石膏型铸型粉体材料等。其中粘结材料主要为半水石膏,根据其脱水方式不同又分为 $\alpha$ 型半水石膏和 $\beta$ 型半水石膏,具体性能如表1所示<sup>[3-4]</sup>。

耐火材料的添加可使石膏型具有良好的强度,减少其收缩和裂纹的倾向<sup>[3]</sup>,通过添加不同的添加剂可

达到增加石膏型湿强度、加快/减缓石膏浆料凝固、减少铸型收缩等目的。对于不同石膏铸型可根据铸件的结构特点、生产要求、使用环境选择不同的模料和配比,我国熔模石膏型专用模料配比如表2所示<sup>[3]</sup>。

为了验证组成材料的适宜性,在专业生产石膏造型材料的企业选取符合本标准石膏铸型材料的不同成分配比的石膏型造型材料进行比较详细、全面的工艺性能测试。在本标准推荐的石膏铸型材料里,不同成分配比的材料均表现出良好的性能,具体性能结果如下,见表3。

(2) 石膏浆料的组成和性能。石膏浆料的配比及制备对石膏铸型的质量有很大的影响,标准对石膏浆料配制过程所使用的材料、添加剂、工艺参数进行推荐,同时与HB/Z 220.6(铝合金石膏型精密铸造)具有同等效力,部分石膏型用耐火填料性能如表4所示<sup>[3]</sup>。

(3) 配制石膏浆料。水的清洁程度和温度、加料顺序、搅拌速率及搅拌时间等条件的变化,对浆料的

表1 两种半水石膏性能  
Table 1 Properties of two hemihydrated gypsum

种类	脱水条件	晶粒平均 粒径/ $\times 10^{-10}$ m	密度 /( $g \cdot cm^{-3}$ )	总比表面积 /( $m^2 \cdot g^{-1}$ )	石膏型性能		
					相同流动性 时水固比	石膏浆料凝 结时间/min	干燥抗压强 度/MPa
$\alpha$ 型半水石膏	在饱和水蒸气条件下加热脱水 或在加压水溶液中脱水	940	2.73~2.75	1	0.4~0.5	15~25	40~43
$\beta$ 型半水石膏	在干燥条件下加热脱水	288	2.62~2.64	8.2	0.65~0.75	8~15	13~15

表2 熔模石膏型专用模料配比  
Table 2 Proportioning of special pattern materials  
for investment plaster  $w_B$ /%

模料名称	硬脂酸	松香	石蜡	褐煤蜡	EVA	聚苯乙烯(外加)
48#	60~40	30~20	5~20	5~20	1~5	
48T#	60~40	30~20	5~20	5~20	1~5	10~30

表3 不同石膏型造型材料工艺性能测试汇总  
Table 3 Summary of process performance test of different  
gypsum molding materials

项目	样品1406	LVS31	LVS32	LVS33
消光	20'	13'30"	18'	16'15"
流平/mm	138	155	127	129
最低粘度	1 190	2 200	3 280	
pH		5.86	7.34	6.85
2 h膨胀率/%	0.22	0.563	0.477	
2 h抗压强度/MPa	4.4	3.1	4.498	5.223
2 h抗剪强度/MPa	1.022	0.743	1.086	0.963
2 h抗折强度/MPa			1.234	
1 000 °C灼烧失量/%	3.96			

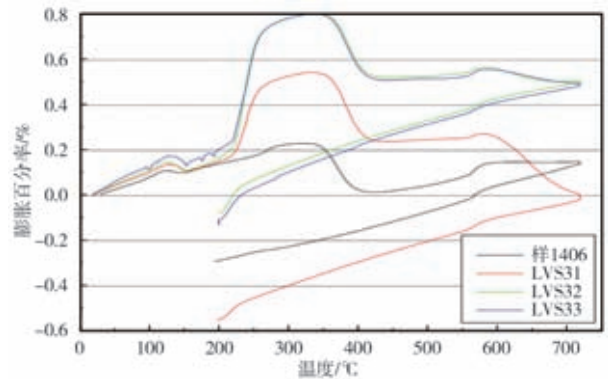


图1 工艺性能测试图  
Fig. 1 Process performance test diagram

表4 部分石膏型用耐火填料工艺性能测试汇总  
Table 4 Summary of process performance test of some  
gypsum type refractory fillers

名称	石膏:填料	加入填料后石膏混合料强度/MPa		
		7 h 烘干(90 °C, 4 h)	焙烧(700 °C, 1 h)	
硅砂	40:60	0.5	1.3	0.20
莫来石	40:60	2.3	3.4	0.80
铝矾土熟料	40:60	2.6	3.5	0.65

粘度、凝结时间及凝结时的膨胀量都有影响,进而影响石膏型的性能和质量<sup>[5]</sup>。为保证石膏浆料的性能稳定,混水时宜使用纯净水,当水温低于15℃时<sup>[5]</sup>,浆料的凝固、硬化显著减缓,当温度过高时影响铸型质量,因此水温宜控制在18~25℃之间,也可根据浆料组成不同按照需要调整水温。为减少石膏浆料中的气体,避免后续蜡模表面出现气泡,尽量在真空条件下进行搅拌且在搅拌过程中保持低速平稳,以防止空气卷入<sup>[6]</sup>。

(4) 铸型焙烧。熔模石膏型制作包括灌浆、凝固、干燥、脱蜡。石膏浆体胶凝时强度很低,为了适应脱蜡工艺的需要,石膏型在脱蜡前需要给予一定的自然干燥时间,以提高铸型的强度、抗折性能和表面质量<sup>[7]</sup>,在室温内宜静置2 h以上,不宜超过24 h,放置过久石膏铸型将因过分干燥而在后续脱蜡或焙烧过程中发生干裂现象。

石膏的焙烧过程包括是石膏的结构变化和结晶水的脱出过程<sup>[5]</sup>,而石膏导热率小,尽量采用阶梯式升温方式,使铸型内外壁温度达到一致。焙烧工艺制定时以典型试样为试验对象,根据现有焙烧炉的结构及属性现状等进行了石膏铸型探索性焙烧工艺改进。在灌浆时将热电偶导线植入石膏型石膏里,并在焙烧过程分阶段分时间测定即时温度,对铸型实时控温,浇注后验证效果。经过多炉次试验验证,最终获得适合的典型试样高强石膏铸型焙烧工艺。总体焙烧时间在19.5~27.5 h左右,可根据石膏型厚度调整焙烧时间及温度<sup>[8]</sup>。具体焙烧工艺图如下所示。

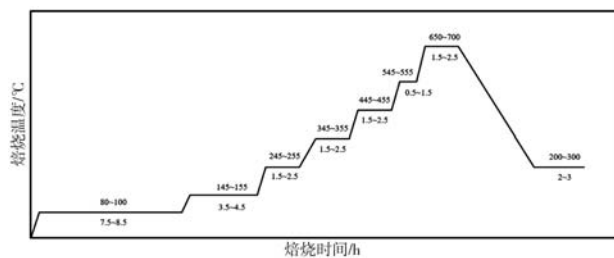


图2 石膏铸型焙烧工艺图

Fig. 2 Gypsum casting mold baking process diagram

## 2.4 石膏铸型粉及铸型性能测试

石膏铸型测试包括终凝时间测试、抗拉性能测试、抗折性能测试、抗压性能测试、线膨胀测试、抗热裂性能测试、流动性测试。主要测试方法如下。

(1) 终凝时间测试:采用标准维卡仪进行终凝时间的测试。

(2) 抗拉性能测试:采用4 mm厚的“8”字型试样,在木材万能试验机MWE-40(最大测试值是40 kN)上进行抗拉性能试验测试。

(3) 抗折性能测试:选用电动抗折机对每组3个40 mm×40 mm×160 mm的长方体试样进行抗折性能测试。

(4) 抗压性能测试:在抗折实验后,每个试样中间断裂,得到2个抗压试样。然后在NYL-300A型压力实验机进行抗压性能测试。

(5) 线胀率测试:采用最小刻度为0.02的游标卡尺,测量抗折试样的长度方向尺寸变化。抗折试样灌浆成型后的标准长度为160 mm,经过干燥、焙烧后测其长度,与标准长度相比以确定其收缩率。

(6) 抗热裂性能测试:将铸型加热到700℃高温,随炉冷却到350℃取出,在空气中冷却,考察其裂纹程度。如铸型表面没有明显裂纹,表示铸型具有足够的抗热裂性能。

(7) 流动性测试:将混合料浆倒入直径50 mm、高度100 cm的铜质圆筒中,将圆筒迅速而平稳的自上而下提起15~20 cm高度,让石膏混合浆料在玻璃板上摊(铺)开成饼状,测量圆饼直径。

为标准的制定提供石膏铸型用造型材料性能数据,按照本标准采用快速成形技术打制典型验证铸件的蜡模、配置了石膏粉(采用α型半水石膏及适当的耐火填料和添加剂),对其进行性能检测,结果如表5所示,结果符合标准所规定范围内。

表5 配置的石膏粉性能检测结果  
Table 5 Performance test results of gypsum powder prepared

凝固		抗压		流动性	线膨胀率/%	
时间/min	终凝	强度/MPa	干	/mm	加热至700℃	冷却至室温
7	12	2.2	1.0	200	0.6	-0.7

## 3 标准的特点

石膏型铸造工艺是一种铸造薄壁复杂的铝合金铸件的先进工艺方法,近十年来,在电子、航天航空等系统中,利用石膏型熔模铸造生产高精度和良好表面光洁度的复杂薄壁铝合金铸件。本标准的制定实施既规范了工艺条件、工艺参数,稳定产品质量又结合了我国铝合金石膏型精密铸造生产实际情况,促进行业发展。

标准的特点如下:

(1) 本标准的内容是根据我国国内现阶段石膏型铸造的生产现状、发展需求以及推动铝合金石膏型精密铸造产业高质量发展而制定实施的。本标准中提出的技术要求是结合国内石膏型熔模铸造铝合金铸件的企业和国家质量基础的共性技术研究与应用专项研究

成果而制定的,具有较强的科学性和可行性。

(2) 本标准明确了铝合金石膏型铸造工艺整体流程,结合企业生产技术的实际,规范性指导企业生产,最大限度的促进石膏型铸造工艺水平的提高与展。

(3) 本标准的技术规范对石膏型精密铸造在造型材料、具体制备工艺、焙烧和浇注方式等方面做了具体规定,以保证铝合金、铝镁合金和铜合金石膏型熔模精密铸造的工艺技术、工艺参数、造型材料原料成分的统一规范,以稳定生产工艺和产品质量,避免产生大量废品、次品。

(4) 国内目前尚无铝合金石膏型熔模精密铸造的通用技术指导,仅有HB/Z 220.6(铝合金石膏型精密铸造)、JB/T 11734(石膏型熔模铸造用铸型粉)等相关行业标准,且相关标准仅针对工艺制备或石膏型铸型材料等部分环节,而本标准作为国家标准包含了整

体铝合金石膏型制备流程。本标准的制定填补了国内行业空白,解决了国家标准缺失问题,为国内铝合金石膏型铸件的研制和生产提供了有力的技术支撑,有利于铝合金石膏型熔模精密铸造工艺在国内的快速发展。

## 4 标准的应用

随着我国航空航天、电子等领域的发展,对零件形状的要求越来越复杂,尺寸精度和表面光洁度要求也越来越严格,铝合金石膏型熔模铸造的优势逐渐显示。本标准适用于国内石膏型熔模精密铸造生产的铝合金铸件,为铝合金石膏型熔模精密铸造工艺研究、产品开发、企业生产提供相应的参考,对于提升产品质量水平、产业结构升级具有积极意义。

### 参考文献:

- [1] 吕志刚. 我国熔模精密铸造的历史回顾与发展展望 [J]. 铸造, 2012, 61(4): 347-356.
- [2] 全国铸造标准化技术委员会秘书处. 《铝合金石膏型铸造通用技术规范》国家标准和《铝合金转向节铸件》行业标准在浙江新昌市通过审查 [J]. 铸造2020, 69(2): 213.
- [3] 姜不居. 铸造手册第6卷: 特种铸造 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [4] 刘杨. 复合石膏铸型制备技术的研究 [D]. 成都: 西华大学, 2013.
- [5] 李传杖. 石膏材料和石膏型制造工艺(下) [J]. 机械工人: 热加工, 2006(10): 63-65.
- [6] 叶久新, 陈永泰. 石膏型熔模铸造工艺研究 [J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2000, 27(3): 49-53.
- [7] 崔凤楼. 铝合金熔模石膏型脱蜡和焙烧工艺的研究与应用 [J]. 特种铸造及有色合金, 1989(1): 6-9.
- [8] 高以熹, 张湛. 铸型石膏的组织性能与焙烧工艺相关性的研究 [J]. 铸造技术, 1992(5): 42-44.

# Interpretation of the National Standard “General Technical Specification for Aluminum Alloy Gypsum Mold Casting”

LI Xiao<sup>1</sup>, LI Yu-fei<sup>2</sup>, SUN Lu-hong<sup>3</sup>, ZHU Jia-hui<sup>1</sup>, LI Ze-hua<sup>2</sup>, AN Ru-shuang<sup>2</sup>

(1. National Key Laboratory of Advanced Casting Technologies, Shenyang Research Institute of Foundry Co., Ltd. CAM, Shenyang 110022, Liaoning, China; 2. Shenyang Zhuyan Technology Co., Ltd., Shenyang 110022, Liaoning, China; 3. Shenzhen King-Top Modern Hi-Tech Co., Ltd., Shenzhen 518122, Guangdong, China)

### Abstract:

The formulation process of the national standard GB/T 39314-2020 “General technical directives for aluminum alloy plaster investment casting” is detailed introduced in this paper. Standard scope, specification reference documents, process, gypsum type preparation, gypsum casting powder and casting performance testing, casting process and equipment, etc are detailed explained. Besides, the technical characteristics and application scope of the standard is discussed.

### Key words:

aluminum alloy plaster mold; precision casting; national standard; interpretation