

高强度易填充覆膜砂工艺研究

张殿喜¹, 陈文文¹, 王怀志², 陈召松¹, 杨秀凡¹

(1. 安顺学院, 贵州安顺 561000; 2. 青岛大学材料科学与工程学院, 山东青岛 266071)

摘要: 随着工艺技术要求提高, 铸件的结构越来越复杂, 进而对覆膜砂提出更高的要求, 特别是强度和填充性。针对这一问题, 对一种强度高和填充性好的覆膜砂进行了工艺研究, 得出结论: 20%~30%的宝珠砂和70%~80%的硅砂, 粒度为70~140目, 树脂添加量为原砂质量的1.2%~1.6%, 润滑剂的加入量为原砂质量的0.05%~0.2%, 固化剂加入量为树脂加入量的10%~20%, 可使覆膜砂强度、刚度、耐火性、变形量、流动性等各种性能得到提升, 满足现代砂芯的生产工艺, 还可以发展低污染覆膜砂和提高覆膜砂再生能力。

关键词: 高强度; 易填充; 覆膜砂

覆膜砂是指在砂粒表面覆有一层固体树脂膜的型砂或芯砂, 其混制方法有干混法、冷覆膜法、温覆膜法、热覆膜法, 目前覆膜砂的生产几乎都采用热覆膜法。由于覆膜砂具有强度高、发气量低、生产效率高、生产铸件尺寸精度高、表面质量好、便于保存等优点, 近年被广泛应用于汽车发动机等复杂的精密铸件^[1-2]。

随着汽车工业的飞速发展, 行业竞争日趋激烈, 大批量、高效率生产将是广大铸造企业追求的目标。同时随着环境保护要求的不断提高, 对覆膜砂的低污染和再生利用提出了更高的要求。随着汽车技术的发展, 要求结构紧凑轻量化, 对发动机的冷却提出更高要求, 造成水道油道复杂化, 进而水道油道砂芯的复杂化, 最窄处仅2~3 mm, 传统的覆膜砂的强度、刚度、变形量和流动性都很难满足形状复杂、壁厚相差较大的砂芯生产工艺。原因一是填充困难良品率低, 二是高温时强度不够, 容易变形、断裂, 难达到要求。

由于覆膜砂应用领域广泛, 近年来不少企业和学者做了大量基础研究^[3-12], 并取得一定的成效。聂越^[3]等人通过尝试宝珠覆膜砂在缸体铸造中的应用取得不错的效果, 解决了缸体油道芯变形、缸筒缺口、粘砂、气孔和壁厚超差等铸造缺陷; 王琳琳^[4]等对宝珠覆膜砂旧砂再生工艺研究, 结果表明: 热法再生最优加热温度为700℃左右, 保温时间20 min, 砂粒重新获得较高的表面能, 其工艺性能基本接近同种新砂, 具有良好的经济效益; 张睿亭^[5]对宝珠覆膜砂固化的温度、时间对抗拉强度、抗弯强度等做了优化研究。

新型覆膜砂至今还在进一步的探索中, 随着需求的要求增高, 研究新型覆膜砂迫在眉睫。本文从工程实践入手, 以流体力学的理论为支撑, 寻求一种新型高温强度高填充性好的覆膜砂。通过实验统计分析, 探索最优配置、对发气量、角形系数、高温强度、常温强度、灼减量、树脂熔点等进行测量比较。有针对性的对新型覆膜砂高温强度和填充性进行了试验研究和理论分析。

1 试验材料及方法

1.1 试验用材料

试验用材料包括宝珠砂、原砂、酚醛树脂、固化剂、润滑剂以及添加剂等。

宝珠砂是一种人造砂, 又被称为电熔陶瓷, 主要成分是 Al_2O_3 , 具体成分见表

作者简介:

张殿喜(1983-), 男, 研究生, 副教授, 从事铸造凝固过程和造型材料新技术研究。E-mail:xiwa_315@163.com

中图分类号: TG221

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2020)

02-0200-04

收稿日期:

2019-08-29 收到初稿,

2019-11-05 收到修订稿。

1. 宝珠砂热膨胀系数小, 性能可与锆英砂媲美, 用其配制型砂, 铸件产生膨胀缺陷可能性小。另外, 砂粒为球形, 流动性好, 结构致密, 易春实, 且透气性好, 表面光滑, 使得粘结剂能均匀覆盖。宝珠砂属微碱性材料, 酸、碱粘结剂均可使用, 破碎率低, 回收再利用性能好, 利用率高, 性价比高, 热导率大, 耐火度高, 不龟裂, 易溃散, 稳定性好。

硅砂取材方便, 资源丰富, 价格便宜, 回收再利用方便。它的主要成分是石英, 有硬度高、耐火性强的特点, 颜色呈乳白色、淡黄、褐色及灰色, 硅砂有较高的耐火性能, 广泛用于铸铁、铸钢、铸铝等作为造型材料, 具体成分见表1。

在物理参数方面, 宝珠砂比硅砂具有更优的性能, 具体见表2。

酚醛树脂具有良好的耐热性、耐酸性、力学性能, 能够广泛应用在阻燃材料、胶粘剂、砂轮片制造、防腐蚀工程等的行业。在覆膜砂中添加, 可有效提高覆膜砂耐热性、耐酸性和力学性能。

固化剂又可以叫做熟化剂、变定剂或者硬化剂, 是一种能够增进或控制固化反应的物质或混合物, 树脂固化是经过缩合、闭环、加成或催化等化学反应后, 使热固性树脂发生不可逆的变化过程。固化是通过添加固化剂来完成的, 固化剂能使覆膜砂在力学性能、耐热性和耐腐蚀性等得到有效的提高。

润滑剂用以降低摩擦副的摩擦阻力、减缓其磨损的润滑介质。润滑剂可以使覆膜砂的流动性得到提高。

1.2 试验分析与实现步骤

宝珠砂密度比硅砂大, 从射砂口射出时拥有更大的动能。另外由于宝珠砂呈球形或近似球形, 角形系

数小, 在流动时相互之间多发生滚动, 摩擦系数小, 相互之间摩擦力小, 流动阻力小, 流动性好, 动能损失小, 从而填充性好。宝珠砂比热容大, 能够吸收更多的金属液热量, 有利于顺序凝固。宝珠砂热膨胀率低, 能够有效提高高温的稳定性和保障砂芯尺寸误差。随着树脂加入量的增加, 覆膜砂的抗拉强度、发气量增加、流动性会降低^[7], 宝珠砂比表面积小, 相同份量的树脂可以覆膜更多的宝珠砂, 砂粒的树脂膜越厚, 粘结的截面积越大, 可有效提高覆膜砂的强度, 也可有效降低覆膜砂的发气量。

高强度易填充性覆膜砂的主要材料组成见表3, 宝珠砂和硅砂所选用的粒度是70~140目, 综合考虑经济效益, 宝珠砂占总砂量20%~30% (不考虑成本可以增大含量占比), 硅砂占总砂量的70%~80%最优, 树脂添加量为硅砂和宝珠砂总重量的1.2%~1.6%, 润滑剂的加入量为原砂质量的0.05%~0.2%。固化剂加入量为树脂加入量的10%~20%。

高强度易填充覆膜砂硅砂和宝珠砂粒度分布要求如表4, 要求硅砂和宝珠砂集中度大于等于85%, 从而保证角形系数较小, 使覆膜砂有较好的流动性。通过使用 $\Phi 6$ mm标准流杯, 测试方法采用计时法进行测试, 单位为s, 测试出所用硅砂流速23.5 s, 宝珠砂流速20.5 s。

高强度易填充性覆膜砂的制备工艺流程: ①先将100份原砂放入混砂机中, 加热到130~170℃; ②再向原砂中放入酚醛树脂, 加入时间控制在15~30 s内, 混制60 s后, 加入一半量的润滑剂, 混制约120 s; ③砂温降低至100~110℃加入固化剂; ④加入剩下半量的润滑剂, 混制40~50 s; ⑤砂温降低到60~80℃以下卸料, 然后破碎、筛分; ⑥砂温降低到25~35℃包装。

表1 宝珠砂和硅砂的化学成分
Table 1 The composition of ceramsite and silica sand

项目	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	CaO	TiO ₂	其他
宝珠砂	78~85	8~15	≤3.5	≤4					余量
硅砂	0.20	99		0.015	0.011	0.056	0.023	余量	

表2 宝珠砂与硅砂物理参数的比较
Table 2 Comparison of physical parameters of ceramsite and silica sand

项目	密度/(g·cm ⁻³)	比热容/(J·kg ⁻¹ ·°C ⁻¹)	热膨胀率/%	热导率/(W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	耐火度/°C	角形系数(70-140目)/s
宝珠砂	2.65	1 130	1.5	0.7~0.8	1 730	<1.1
硅砂	3.4	1 214	0.13	0.5~0.6	1 790	<1.3

表3 高强度易填充性覆膜砂主要材料及加入量
Table 3 Main materials of high-strength and easy-filling precoated sand and their amount added

宝珠砂	原砂	树脂	固化剂	润滑剂	其他辅料
20~30	70~80	1.2~1.6	0.05~0.2	树脂加入量的10~20	0.5

2 试验结果与应用验证

2.1 试验结果

从表5可以看出,通过原料成分和制备工艺上的改进,使覆膜砂成形强度好,高温热抗弯强度从最低强度1.5 MPa提高到2.5 MPa,也降低了覆膜砂发气量。另外,变形量小、流动性好,能够生产出复杂的砂芯,型砂表面光洁度高,溃散性好,铸件容易震动落砂清理,改善了覆膜砂的高温性能和其他铸造性能。

2.2 应用验证

随着汽车飞速发展对发动机的要求越来越高,特别是涡流增压和缸内直喷技术的发展,其高性能、高输出的特性决定了冷却系统极其复杂,水道结构比传

统水道结构复杂、工艺性更差,普通覆膜砂难以满足该水套的成形和强度要求。

某发动机缸盖水道砂芯如图1所示,通过SE分析发现:①工艺性差,最薄处仅3.3 mm,存在烧结时变形量大、易断裂、充填困难、气孔、裂纹、变形(水道壁厚不均匀,水道中心偏移)等问题;②由于砂芯壁薄且不均匀,造成浇注时砂芯变形量大,进而要求覆膜砂强度要高,抗变形(也不能太高,否则震动落砂困难);③砂芯结构复杂,定位仅靠两端的定位芯头来固定,形成桥形结构易变性,砂芯高温时产生的气体只能从芯头端排出,所以覆膜砂的发气量尽量少,且包裹在金属液中间的砂芯壁厚薄,要求覆膜砂不仅流动性要好,而且高温强度要高。

表4 覆膜砂硅砂和宝珠砂粒度分布要求

Table 4 The particle size distribution requirements of silica sand and ceramsite

项目	型号/目										
	20	30	40	50	70	100	140	200	270	底盘	集中度
筛孔/mm	0.850	0.600	0.425	0.300	0.212	0.15	0.106	0.075	0.053		
硅砂粒度分布/%	0	0	0~1	0~10	20~25	55~60	10~15	0~1	0	0	≥85
宝珠砂粒度分布/%	0	0	0~1	0~10	20~25	55~60	10~15	0~1	0	0	≥85

表5 常规覆膜砂和高强度易填充性覆膜砂性能对比

Table 5 Comparison of performance of conventional coated sand and high-strength easy-filling precoated sand

型号	粒度/目	灼减量/%	常温抗弯强度/MPa	热抗弯强度/MPa	发气量/(mL·g ⁻¹)	熔点/°C
常规	70/140	<2.0	>3.0	>1.5	<15	100
新型	70/140	<1.6	>4.5	>2.5	<12	100

通过对传统覆膜砂进行生产实验,发现填充性差,良品率低,需要用修补膏进行修补,费时费工生产效率低下,不适合批量生产。修改模具增加射砂口,增加排气塞等措施效果不明显,砂芯合格率在50%左右。

缸盖采用翻转式(90°)重力铸造,对铸件解剖和加工检测,发现缸盖盖沿面有气孔,水道有变形、断裂,部分尖端存在粘砂现象,并且有气孔出现,综合良品率不到30%。对缸盖盖沿面有气孔缺陷进行工艺分析发现,主要是由充型过程中铝合金液充型不平稳,产生紊流卷入气体,铸件表面结壳,气体无法排出造成的。通过修改浇口杯到浇注模具引流部分长度,由350 mm减小到150 mm,盖沿面气孔铸造缺陷基本解决。对加入宝珠砂的新型覆膜砂生产实验,填充效果良好,砂芯轮廓清晰,结构致密,表面光洁、平整、无披缝、无裂纹、无影响铸件质量的弯曲变形、无浮砂,砂芯合格率达94%以上。

由于生产工厂地处西南地区,湿度较大,生产过程中,严格控制砂芯存放期在48 h以内,超过48 h的

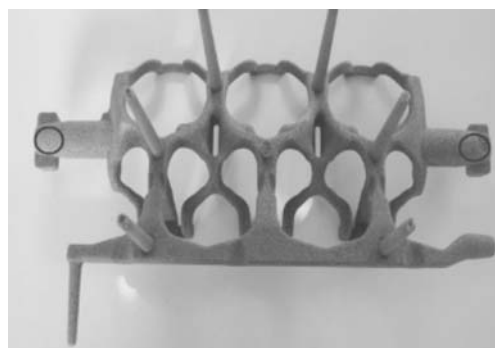


图1 某型号发动机水道砂芯

Fig. 1 A certain type of engine waterway sand core

砂芯不允许投入使用。在浇注模具芯头两端增大排气塞尺寸,气孔率大大降低,铸件水道尺寸在公差范围内,未发现有高温断裂、变形、粘砂等缺陷,综合良品率在91%以上。后期震动落砂容易,说明强度适中。新型高强度易填充覆膜砂,通过热法再生回收率达95%以上。

3 结论

(1) 宝珠砂、原砂粒度是70~140目,综合考虑经济效益,宝珠砂占总砂量20%~30%,原砂占总砂量的70%~80%最优。

(2) 树脂添加量为原砂和宝珠砂总质量的1.2%~1.6%,润滑剂的加入量为原砂质量的0.05%~0.2%,固化剂加入量为树脂加入量的10%~20%。覆膜砂强度高,填充性好,溃散性优,发气量小,回收再利用方便。

参考文献:

- [1] 邵丁伟. 缸体、缸盖用覆膜砂性能研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2006.
- [2] 梁培. 选区激光烧结用覆膜砂制备及其成形工艺研究 [D]. 南昌: 南昌航空大学, 2010.
- [3] 聂越, 刘增林, 苏鹏, 等. 宝珠覆膜砂在缸体铸造中的应用 [J]. 铸造, 2017, 66(4): 414-417.
- [4] 王琳琳, 刘越, 潘龙, 等. 宝珠覆膜砂再生工艺研究 [J]. 铸造, 2018, 67(4): 339-343.
- [5] 张睿亭, 刘慧婷, 薛鸿舰, 等. 宝珠覆膜砂固化工艺参数优化研究 [J]. 铸造技术, 2017, 38(8): 1940-1943.
- [6] 芦刚, 张小松, 严青松, 等. 浸渗硅溶胶对SLS覆膜砂强度的影响及强化机理 [J]. 铸造, 2016(2): 193-197.
- [7] 杨力, 史玉升, 沈其文, 等. 选择性激光烧结覆膜砂芯成形工艺的研究 [J]. 铸造, 2006(1): 20-22.
- [8] ANISH S, SHARANJIT S, VISHAI S, et al. Investigating sur-face roughness of parts produced by SLS process [J]. Int. J. Adv. Manuf. Technol., 2013, 64: 1505-1516.
- [9] TANG Y, FUH J Y H, LOH H T, et al. Direct laser sintering of a silica sand [J]. Materials and Design, 2003(24): 623-629.
- [10] 张殿喜, 李文仲, 郭宗富, 等. 易填充覆膜砂及其制备工艺: 中国, 201310749873.8 [P]. 2016-03-30.
- [11] 梁小文, 徐志锋, 饶江华, 等. 基于SLS整体砂型的薄壁铝铸件的快速成形 [J]. 特种铸造及有色合金, 2017, 37(2): 225-228.
- [12] 刘增林, 陈科, 聂越, 等. 4G20B缸筒缺口形成原因及解决措施 [J]. 铸造技术, 2014(10): 2140-2142.

Study on High Strength and Easy Filling of Precoated Sand

ZHANG Dian-xi¹, CHEN Wen-wen¹, WANG Huai-zhi², CHEN Zhao-song¹, YANG Xiu-fan¹

(1. Anshun College, Anshun 561000, Guizhou, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, Shandong, China)

Abstract:

As the technical requirements of the process increase, the structure of the casting becomes more and more complex, which in turn places higher demands on the precoated sand, especially its strength and filling. Aiming at the problems, this study investigated the preparation process of a high-strength and well-filled precoated sand, and found that the strength, stiffness, fire resistance, deformation and fluidity of precoating sand could be improved when it consisted of 20% to 30% of ceramsite sand and 70%-80% of silica sand, with a particle size of 70-140 mesh, and the amount of the resin added is 1.2% to 1.6% of the weight of the raw sand, the amount of the lubricant added is 0.05% to 0.2% of the mass of the raw sand, and the amount of the curing agent is 10% to 20% of the amount of the resin added. It can not only meet the production process of modern sand core, but also help to develop low-contamination precoated sand and improve the regeneration ability of precoated sand.

Key words:

high strength; easy to fill; precoated sand