DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.02.018

宝珠砂在消失模铸造上的应用

陈兆杰,李忠泽,王柏勤,刘满对
(洛阳凯林铸材有限公司,河南 洛阳 471003)

摘　要:随着消失模铸造企业的增多,越来越多的企业已经开始意识到宝珠砂作为消失模填充砂的优越性。宝珠砂粒形接近球形,流动性好并有高的透气性,可充填细长孔、铸件内夹角部分以及复杂内腔部分,也比较容易震实;另外宝珠砂由于有高强度,使得它具有不破碎、不粉化、回用性能好,也能降低铸件生产成本,改善车间劳动环境。

关键词:消失模铸造;宝珠砂;环境;成本

中图分类号:TG221　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)02-0206-04

Application of Ceramic Sand in Lost Foam Castings

CHEN Zhaojie, LI Zhongze, WANG Baiqin, LIU Mandui
(Luoyang Kailin Casting Materials Co., Ltd., Luoyang 471003, China)

Abstract: With the lost foam industry booming, more and more foundries had begun to realize that ceramic sand as the elimination of the advantages of the backing sand. Ceramic sand has near spherical shape, good flowability and a higher permeability, it can be filled with elongated holes, steep located castings and the complex part with cavities. Ceramic sand is relatively easy to shakeout although it has higher strength while molding. Ceramic sand is difficult to be broken while reclamation so it generates less sand powder. Also, ceramic sand can reduce the cost of casting production, improve the workshop labor environment.

Key words: lost foam casting; ceramic sand; environment; profit

消失模工艺被描述成很适合具有错综复杂结构特征,并且难于用其它方法生产的大批量铸件生产的铸造工艺(如图1)。消失模工艺已经被成功用于生产铝发动机组并且在美国已经面向汽车和船舶方面批量生产。这种铸造方法已经给世界铸造行业一个论证,证明了消失模工艺的优势。在中国,消失模技术开发从不同的方面显示出这种工艺的优点,并已大部分应用到铸铁和铸钢产品方面。它已经习惯被投入到生产各种部件,从相对简单的到具有相对复杂特征的部件。此外,还适用于包括批量生产,零散部件,甚至原型样机等不同的生产操作。

目前,铸造用原砂仍以硅砂为主。硅砂资源丰富,价格低廉,其性能通常可以满足大部分铸件的要求,容易就地取材,因此长期以来始终作为铸造行业造型材料的主流。但是,硅砂也有如下缺点:热膨胀系数比较大,而且会因为相变(573 ℃)产生突然膨胀而引起铸件夹砂;热扩散率和蓄热系数都比较低,容易与铁的氧化物起作用造成化学粘砂;尤其在生产高合金钢铸件或大型铸钢件时,铸件粘砂的几率更大,使铸件的清理变得异常困难;SiO_2 含量低时,大大降低原砂的耐火度而引起热粘砂;而且粉化比较严重,车间环境也比较差,硅砂粉尘严重威胁工人身体健康[1,2]。

在非硅质砂如宝珠砂未出现以前,为了保证铸件质量,降低铸件生产成本,国内铸造企业一方面通过使用优质硅砂,如高 SiO_2 含量,低含泥量,低含水量,粒形圆整的硅砂来尽量降低硅砂自身不足对铸件质量的不良影响;另一方面,在尽可能保证铸件质量的前提下,部分铸造企业通过改善铸型表面的涂料质量和调整涂层厚度,以降低型砂和铸造材质的直接作用进而达到控制铸件质量的目的[3]。

1　消失模铸造原砂的要求分析

原砂的性能指标是由铸造的要求提出的,也正是用这些性能指标来评价原砂的质量。随着铸造工艺的多样化,以及精确成形,近无余量成形的生产要求或目标,铸造对原砂的性能指标的控制越来越严格。

消失模铸造用砂,首选的是形状。一定要圆形砂粒,因为圆形砂粒,横向送砂性能好,比如宝珠砂,在生产试验过程中,可以横向送砂近 200 mm,而精致石英砂 50 mm 都送不了,安息角达 60°。圆形砂粒紧

收稿日期:2018-09-21

作者简介:陈兆杰(1985-),河南长垣人,助理工程师.主要从事铸造工艺及铸造材料方面的研究.
电话:15838820157,E-mail:czhaojie@yeah.net

实时砂子下沉量非常小，宝珠砂每米下沉约 30 mm，人造石英砂可多达 80 mm。所以使用多角砂时，铸件折角处易长瘤子。其次是粒度均匀：粒度均匀的型砂透气性好，紧实下沉系数也低。粒度不均的砂，紧实下降量也大，然后再考虑耐火度等其它因素。

石英砂在浇注后都可发现塑料薄膜下有大量水珠，距离铸件周围 100~150 mm 左右的砂层像淋了水一样湿漉漉的。这是因为接触铸件的型砂，石英砂内的结晶水挥发后，遇冷再度凝结成水的缘故，此时铸件表面会有大量气孔，像呛火一样，同时涂料层下面会有积碳，像是燃烧不干净的样子；或是负压不够的样子，都是石英砂中结晶水的原因。而宝珠砂属于人工熔融砂，砂子内不含结晶水[5]，可减少铸件表面缺陷的形成。

为了保证消失模原砂有足够的流动性来填充泡沫模样的复杂深腔部位，再加上较厚的涂料层具有一定的力学强度来防止塌箱，因此消失模铸造要求原砂的圆整性要足够好。另外，消失模铸造浇注期间将伴随着泡沫模样的裂解和燃烧，产生大量的气体或液态热解产物，因此砂子必须具有足够的透气性以防阻碍残留物的溢出。由于宝珠砂粒形接近球形，具有较好的流动性并有高的透气性，可充填细长孔、铸件内夹角部分以及复杂内腔部分，也比较容易震实，而宝珠砂的中性材质，保证了其在铸铁和铸钢(包括高锰钢等)上的广泛应用。

2　消失模铸造用宝珠砂的分析

2.1　宝珠砂简介

宝珠砂又名电熔陶粒。主要是对熔融状态下的优质煅烧铝矾土原料进行喷雾处理，得到形状为球状或接近球状、表现光滑的砂粒。图 2 为宝珠砂显微写真，从图可以看出：宝珠砂颗粒圆整，呈标准球形；表面无棱角、起伏和凹陷。

2003 年初，偶然的机会，洛阳凯林铸材有限公司刘满对总经理知道了刘立中总经理在研究消失模工艺及设备，也从刘总那儿了解到了消失模铸造用的原材料。刘总看到宝珠砂样品后非常感兴趣，凭着他多年研究的经验和对消失模铸造工艺与材料的了解，他认为把宝珠砂用于消失模铸造填充砂会有很大的发展。他定了 40 t 宝珠砂，并在他的生产线上进行反复实验，总结了很多的经验，提出了许多问题。并把整个试验过程录象，制成光碟。在 2003 年 5 月昆明消失模会议上进行播放、介绍、交流，收到良好的效果。从此，宝珠砂正式的“走进”消失模铸造这个行业。与石英砂对比如表 1。

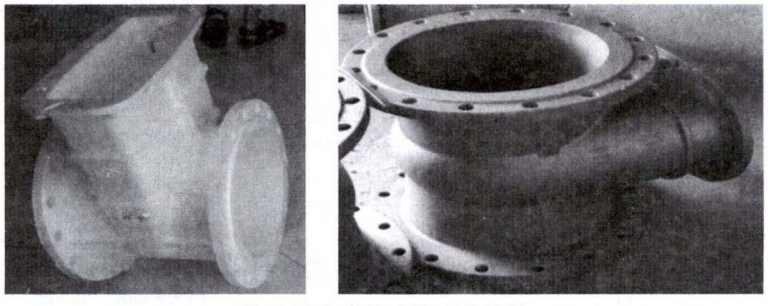


图 1　消失模铸造模型及铸件

Fig.1　A lost foam pattern and casting

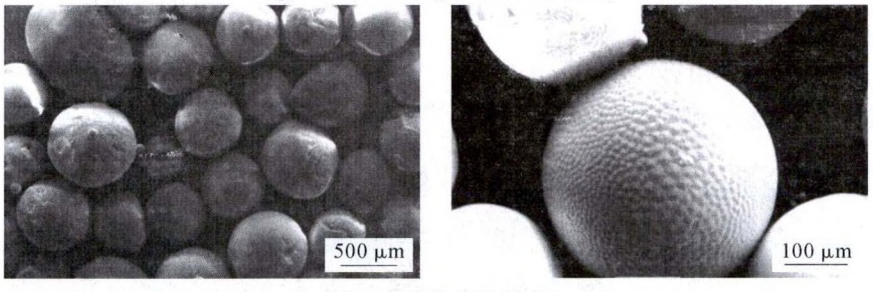


图 2　宝珠砂显微写真

Fig.2　Sand flour in the air of the workshop

表1 宝珠砂与石英砂的理化性能

Tab.1 Physical and chemical properties of ceramic sand and silica sand

名称	主要成分	粒形 / 角形系数	堆积密度	莫氏硬度	耐火度	热膨胀系数(20~600 ℃)	化学性质
宝珠砂	Al_2O_3≥70% Fe_2O_3≤5%	球形 /1.06	2.0	7.5	≥1 800 ℃	7.2×10^{-6} /K	中性
石英砂	SiO_2≥98%	多角型 /1.3	1.6	7.0	1 500~1 700	23×10^{-6} /K	酸性

2.2 成分及粒度选择

宝珠砂由铝矾土熔融吹制而成，热膨胀系数小，用其配置型砂，铸件不会产生膨胀缺陷，这方面可以与锆英砂媲美。另外宝珠砂热导率大，耐火度高且呈中性，不与铁的氧化物等反应，不为金属液润湿，抗粘砂作用较强。粉化很少，回用再生性好，无矽粉危害，较为环保，其主要化学成分如表 2~ 表 4 所示。

消失模铸造浇注期间将伴随着泡沫模样的裂解和燃烧，产生大量的气体或液态热解产物，因此砂子必须具有足够的透气性以防阻碍残留物的溢出。目前，消失模广泛使用 12～30 目的砂子，尤以一筛或两筛集中度为佳。如表 3 粒度组成所示。

2.3 效益分析

(1)吉林某消失模设备有限公司生产的高锰钢铸件，在使用宝珠砂之前，粘砂、夹砂现象非常严重，每次都要花费大量的人力物力进行铸件表面的清理、打磨工作，既增加了铸件的生产成本，还造成铸件表面质量缺陷，在使用宝珠砂之后已完全消除了该类铸造缺陷。而且节省了近 6%的生产成本；成都某动力设备有限公司生产的发动机缸体，原采用镁橄榄石砂作为填充用砂，由于多边形砂的流动性差，常发生鼠尾、结疤等缺陷。使用宝珠砂后这种现象已得到明显改观，节省成本 5%；新疆某铸钢厂，在生产高猛耐磨铸钢件时，先后使用过石英砂和镁橄榄石砂，但效果都不理想，由于这两种砂的透气性差，泡沫模型因强大的热辐射作用产生的气体排出不畅，造成了气孔、结疤、浇不足、铸件表面产生大量结疤等缺陷，后选用宝珠砂做干砂造型解决了这种问题，成品率提高了 7%。

表2 宝珠砂的化学成分 w(%)
Tab.2 Chemical composition of ceramic sand

Al_2O_3	Fe_2O_3	Ti_2O	SiO_2
70~76	≤5	3.0~4.5	15~25

表 3 宝珠砂的粒度组成
Tab.3 Grain size distribution of ceramic sand

规格	筛号及筛上余留量 w(%)					
	8 目	12 目	20 目	30 目	40 目	50 目
KL01	/	≤5	35~45	45~55	≤5	/
KL02	/	35~45	45~55	≤10	/	/

表 4 宝珠砂、铬铁矿砂及硅砂的性能对比
Tab.4 Properties comparison of ceramic sand,silicon sand and chromite sand

名称	pH	耐火度 /℃	堆积密度 /t·m^{-3}	热导率 /W(m·K)$^{-1}$	热膨胀率(%)	比热容 /J·(kg·K)$^{-1}$
硅砂	7~8	1 710	1.4~1.5	0.7~0.8	1.5	1 130
宝珠砂	7.6	1 800	1.9~2.0	0.5~0.6	0.13	2 210
铬铁矿砂	7.8	1 830	2.8	0.65	0.3~0.4	1 214

注：热膨胀率的测定方法是：将加有粘结剂的混成砂制成 ϕ35 mm×55 mm 试样，完全硬化后，在 1 000 ℃加热 5 min，测量其尺寸变化，计算膨胀率。

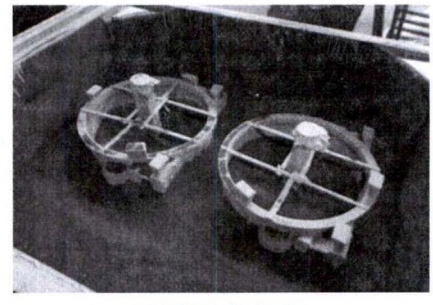
(2)宝珠砂每年的损耗量在 5%以下，吨铸件耗砂量为 1.5~2.0 kg，从而直接抵消了宝珠砂由于价格高而造成的高成本，大大降低了生产成本。根据使用宝珠砂的铸造厂家测算，使用宝珠砂一次性增加的成本可在 8~10 个月中收回，如表 5。

(3)硅砂作为消失模铸造用砂时，由于硅砂易破碎粉化，车间粉尘过多达不到环保的要求，也易使铸造工人产生职业病(硅肺病)，采用宝珠砂净化

表5 宝珠砂与石英砂对比
Tab.5 General comparison between ceramic sand and silica sand in lost foam process

名称	原料成本	砂子消耗	车间环境	流动性	铸件表面质量	气孔倾向
宝珠砂	大	小	好	好	好	小
石英砂	小	大	差	差	差	大

(a)浇注现场



(b)宝珠砂填充

图 3 消失模宝珠砂生产现场
Fig.3 Lost foam production line

了车间环境，保证了工人的身体健康。消失模宝珠砂生产现场见图3。

3　结论

(1)宝珠砂粒形为球形，流动性好及透气性高，能预防和减少夹渣、气孔等铸造类缺陷。

(2)宝珠砂耐高温且属于中性材料，采用宝珠砂做消失模填充砂，不仅可已生产铸铁和铸钢，还可以生产高锰钢及耐热钢，对于生产多样化材质铸件厂家降低了原材料的采购成本。

(3)宝珠砂无破损、粉化现象，净化了车间环境，降低了铸件生产成本。

参考文献：

[1] GB/T 9442-2010, 2011-02-01. 铸造用硅砂[S].

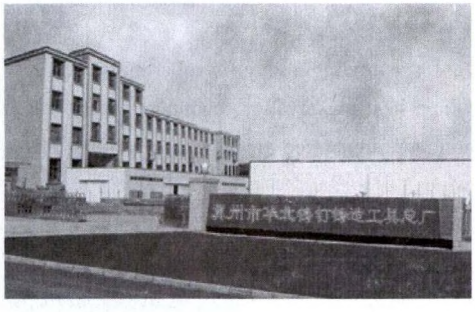
[2] 谢方文.铸造用砂的选择及砂资源的再利用[J]. 现代铸铁，2008(3)：88-91.

[3] 石德全. 造型材料[M]. 北京：北京化学出版社，2009.

[4] 李传栻. 漫话硅砂的替代材料[J]. 铸造纵横，2011(9)：65.

[5] 袁东洲.消失模铸造装备是铸件质量的保障[J].消失模与V法，2016(5)：62.

河北省冀州市华北铸钉铸造工具总厂



冀州市华北铸钉铸造工具总厂座落于河北省冀州市城南白庄工业区，紧靠全国大动脉京九、石梅铁路，交通十分便利。我厂是生产铸顶（泥芯撑）、羊毛掸笔、硬扫笔、圆水笔的专业厂家。建厂36多年来,技术设备先进，产品销往全国各地,深受用户欢迎。本厂始终承诺：诚信至上，守信誉,质高价低，实行三包，交货及时，代办发运，可供图订做。热情欢迎国内外来人来电选购。

四同

同类产品比质量　同等质量比价格
同样价格比服务　同等服务比速度

两免

免费为客户提供产品技术咨询
免费为客户提供初期试用产品

一、常用修造工具规格（材质为不锈钢或弹簧钢）

/mm

名称	型号	规格	名称	型号	规格	名称	型号	规格	名称	型号	规格
刮刀	2#	160×45	秋叶	1#	180×30	三角光子	2#	50×30	东北压钩	1#	270×50
尖刮刀	3#	140×35	单头钢批	2#	240×22	蛋圆光子	1#	75×50	圆型钩	2#	200×30
提钩	2#	350×15	单头钢批	3#	210×20	压钩	1#	270×50	长把压钩	1#	220×30
提钩	4#	300×10	法兰钩	1#	270×14	压钩	2#	240×45	柳叶钩	1#	240×40
钢批钩	1#	280×16	榔头铲	1#	240×24	单齐压钩	2#	240×45	单开提钩	2#	320×12

二、掸笔、硬扫笔：20～120 mm 10个品种；圆水笔：12～17 mm 3个品种；
三、铸顶（芯撑）有圆、方、长方形，单、双、多柱、异形铸顶等各种铸铁、铸钢用铸顶材质为A3或A3F，表面镀锌、镀锡等；
四、过滤网、木型工具、皮风箱、铸尺、百叶轮、角磨片、树脂油、固化剂、粘结剂、木型锤等。

图中从左至右依次为：1.刮刀 2.尖刮刀 3.压勺 4.单齐压勺 5.提钩 6.单头钢批 7.秋叶 8.单开提钩 9.法兰钩 10.钢批钩 11.掸笔、扫笔 12.圆水笔 13.铸顶

诚征各地代理商

厂址：河北省冀州市城南白庄工业区（053200）　联系人：白英韩 13831863803 白其水 13582484193（中国农行金穗卡，户名：白英韩 卡号：955998213033249031O）
电话/传真：0318-8682135　网址：www.hbzhz.com　E-mail:hbbyh@hbzhz.com　银行汇款：冀州市华北铸钉铸造工具总厂　开户行：市中行　帐号：100148643069

经销处
哈尔滨市铸材门市部 13831863803　包头市铸材经销处 13633184318
杭州市中亚铸材有限公司 13932860882　贵阳市忠信铸材公司 13831888322
长沙市铸材办事处 13831823340　西宁市铸材办事处 13931810511
上海市铸材办事处 13932894585　南宁市铸材办事处 0771-8994686

本单位为一般纳税人，增值发票税率17%。