DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.12.015

消失模铸造对铸钢件的增碳解决方案——新型模样材料 EMB 的工业化应用

王光环[1],孔繁杰[1],闫及利[1],任志荣[1],宋润根[1],李政胜[1],韩晓红[2]

(1. 平遥同妙机车有限公司 铸造分公司,山西 平遥 031199; 2. 浙江维博化工有限公司,浙江 杭州 311100)

摘　要:采用消失模(实型)铸造的方式,通过使用一种新型模样材料 EMB 后,有效解决铸钢的增碳与反喷问题,同时提高了铸钢件稳定的生产成品率。结果表明,这一实用案列解决了困扰多年消失模铸造无法直浇铸钢件,得到高质量低碳的产品,提高成品率等问题。

关键词:消失模;实型铸造;铸钢件;新型模样材料 EMB;先烧后浇铸造

中图分类号:TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)12-1063-03

Solution of Carburization Defects of Steel Castings by EPC ——Industrial Application of New Pattern Material EMB

WANG Guanghuan[1], KONG Fanjie[1], YAN Jili[1], REN Zhirong[1], SONG Rungen[1], LI Zhengsheng[1], HAN Xiaohong[2]

(1. Cast Sub-company of Pingyao Tongmiao Locomotive Co., Ltd., Pingyao 031199, China; 2. Zhejiang Welb Chemical Inc., Hangzhou 311100, China)

Abstract: By using a new type of evaporative material EMB, the problem of carburization of steel castings and back-spurt of liquid steel (due to gasses generated too much and too fast from the foam pattern) were solved. For many years, steel castings cannot be directly poured with EPC, this problem was solved with this method. High quality low-carbon steel castings are obtained, and casting yield is improved. The stability and consistency of steel casting production by EPC is greatly improved.

Key words: lost foam casting (EPC); full mold casting; steel castings; novel pattern material EMB; pour after burning off polystyrene foam pattern

消失模铸造在整个铸造行业是属于“绿色环保型铸造”,由于铸件的尺寸精密度高、生产成本低等各种优势,被国内越来越多的铸造企业所认可。然而发展的同时,由于模样材料的性能不完善,从而导致消失模(实型)铸造在浇注铸钢产品时会引起增碳、气孔、反喷等缺陷,使该技术的推广受到了很大的限制,这就严重制约了消失模(实型)铸造在铸钢上应用。在没有配套完善的原辅材料条件下,铸钢企业寻求了另一种先烧后浇的空壳浇注工艺,殊不知先烧后浇只能停留于实验少量生产,对于大批量生产铸钢件时会产生很多一系列的问题。

1　模样材料中气与碳的来源

模样材料的主体原材料:丙烯酸酯类、苯乙烯、戊烷。EPS 含 100%苯乙烯。普通共聚物含 MMA70%、苯乙烯 30%。EMB 含丙烯酸酯类 90%、苯乙烯 10%。丙烯酸酯类(或 MMA)原材料属于拉开式链接,燃烧时分解成有机气态小分子、CO_2、H_2O,这就是模样在裂解时所产生的气体之一。苯乙烯含有苯环结构,全链式分解,燃烧时分解成焦状多聚体,也就是我们常说的碳焦油,这就是模样在裂解时所产生的碳的主因。戊烷属于碳氢化合物,性如汽油,燃烧时分解成气与微碳。

2　实型浇注与先烧后浇注的铸造应用方法、成本等对比

消失模(实型)铸造方式是将各种模样刷好涂层后,直接放入到砂箱中去浇注的一种最为简便的铸造操作方式。

消失模铸造先烧后浇是先将制作好的白模,加上一定强度的涂层,然后放入砂箱中,先用明火先将其燃烧后,再注入铁液的一种铸造操作方式。

收稿日期:2021-09-08

作者简介:王光环(1970—),山西平遥人,大专,工程师.主要从事铸造工艺方面的工作.电话:18635426750,Email:zjwelb@163.com

两种操作工艺方式的对比如下：

相对于两种铸造的方式，对于涂料的成本来说，实型铸造的方式要比先烧后浇的方式节约涂料成本因为涂料层厚度减薄40%从而降低成本。

在整个操作中由于先烧后浇必须要将涂料制成一定的强度，那么上涂料的过程、周期性、时间、能耗等，都较于实型铸造复杂、成本高，一般刷涂料次数会多2~4次，同时时间会久2~5天。

消失模先烧后浇铸造是先将白模模样通过各种方式烧尽，但是EPS含有100%的苯乙烯，苯乙烯含有苯环结构，燃烧后会形成碳焦油，是根本无法烧尽的，同时当碳焦油形成硬块后，再高温的钢液也无法燃烧完全，反而会造成增碳的存在。

先烧后浇对比实型浇注，工艺程序更多而复杂，当任何生产工艺流程变多时，就会造成更多的生产可变因素。

先烧后浇，在烧模过程中，会损失一定的砂箱系统的负压值。这就要求，真空系统在浇注过程中，砂箱保持稳定的系统负压。这对工艺控制会造成一定的不稳定因素。

上述两种工艺方案对比后，能很明确的了解到实型铸造方式的优越性，但是实型铸造方式唯一的致命点就是模样材料的低碳、微反喷。目前全球的模样材料市场，我们需要找到这种符合于实型铸造生产要求的低碳、微反喷材料是重中之重之事，据此我们研发出一种可发性丙烯酸酯类的模样材料（简称“EMB”），以解决实型铸造方式所需求的质量问题。

3　EMB新型模样材料中气与碳的技术分析

用消失模（实型）铸造技术浇注铸钢件时，需要高质量的模样材料：模样的外观质量、低碳点、无反喷与卷气现象是非常关键性的技术点。

外观：EMB设计初衷我们是借鉴了日本JSP的模样表面，让预发完后的球体自身包有一种熔溶性，使得我们能在成型时能得到更漂亮、光洁的模样表面。

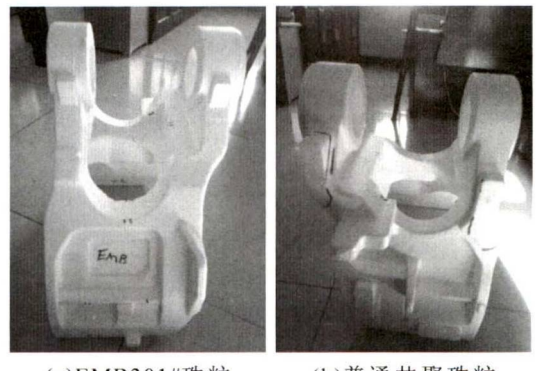
低碳点：EMB只含有10%的苯乙烯，从苯乙烯含量计算所得增碳数为3.2个碳。

反喷与卷气的原因：模样材料在遇铁液时快速裂解所造成，首先是模样材料中含有的戊烷成份过高，当用一步聚合法生产出的产品，它的戊烷含量包裹于球体的核心部位，同时由于分子量较高，需要更高的戊烷来预发与成型，表皮的更为厚实从而会造模样内的戊烷跑不完全后造成内卷气与反喷问题。目前EMB产品改善了此类性能，我们加入了一种特殊的锁定剂，当球体在不预发时，它能将戊烷牢牢的锁定住，一旦预发后，在不影响成型的条件下，它又能跑得快，从而在浇注时能得到低于3%的戊烷含量，以减少内卷气与反喷现象。EMB由于是低碳产品，丙烯酸酯类的含量高于普通共聚，气量904.14 mL/g，我们在不能改变模样材料总气量时，唯有通过均匀燃烧的方式，让模样材料在燃烧瞬间发气转变为均匀发气，来减少降低反喷。

4　EMB三代产品在25Mn铸钢托架直浇中的应用反馈

4.1　白模的制备

图1为采用EMB301#珠粒和普通共聚珠粒的泡沫成型，前者预发密度为28 g/L，后者预发密度为24 g/L。



(a)EMB301#珠粒　(b)普通共聚珠粒

图1　EMB301#珠粒和普通共聚珠粒制作的模样

Fig.1　Patterns made by EMB301# beads and ordinary copolymer beads

4.2　涂覆涂料组粘

采用的涂料：铸钢消失模专用涂料（针对EMB三代研究）见表1。

表1 铸钢消失模专用涂料

Tab.1 Special Coating For EPC of Steel

	涂料厚度 /mm	涂料价格 /(元/t)	每吨涂料的铸件出品/t
先烧后浇注	2.5~3.0	3 200	6.5~7.5
EMB-3 实型浇注	1.6	3 200	11.0~13.0

图2为整体涂挂涂料，采用铸钢消失模专用涂料（针对EMB三代研究），厚度>1.6 mm。

4.3　熔炼造型浇注

熔炼材料为25Mn铸钢，含碳量要求为0.25%，浇注温度为1 580~1 610 ℃。造型采用雨淋式加砂，振动紧实。EMB302采用直浇的方式，浇注负压为0.05~0.07 MPa，实际每件浇注时间为55 s，偶尔有微

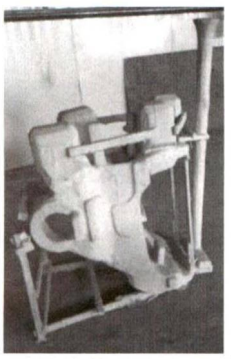


图 2 涂挂涂料后的 EMB 模样

Fig.2 EMB pattern coated with refractory material

小的反喷现象。普通共聚也采用直浇的方式，浇注负压为 0.05~0.07 MPa，实际每件浇注时间为 55 s，偶尔有较大的反喷现象。取样化验分析的取样位置，按铸件浇注位置，取上、中、下 3 个光谱化验分析，如图 3 所示。光谱化验分析结果列于表 2、表 3 和表4。

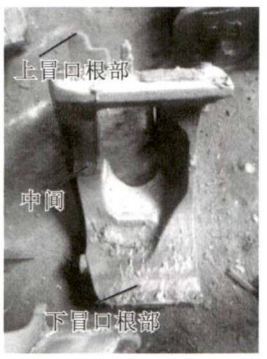


图 3 EMB 浇注后铸件

Fig.3 Casting by EMB

表2 铸件化学成分分析报告 *w*(%)

Tab.2 Elements analysis report of casting

试样名称	编号	C	Mn	S	P	Si	备注
EMB 托架	-	0.20	0.985	0.024	0.016	0.29	原铁液
EMB 托架	1#	0.220	0.925	0.020	0.016	0.326	上部冒口根部
EMB 托架	2#	0.238	0.948	0.018	0.014	0.311	中间
EMB 托架	3#	0.202	0.976	0.020	0.016	0.346	下冒口根部

注：EMB 托架指用 EMB 为白模所铸的托架。

图 4 为最终产品实物照片。可以看出，经热处理调质后性能合格，EMB 浇注的产品探伤无裂纹等铸造缺陷。

以上分析结果表明，此次采用 EMB302 珠粒直浇方式，铸件本体上中下位置增碳是比较均匀的在 0.002%~0.038%，完全符合材料 0.25%含碳量要求。

表 3 铸件化学成分分析报告

Tab.3 Elements analysis report of casting

试样名称	编号	C	MN	S	P	Si	备注
共聚料托架	-	0.212	0.927	0.025	0.024	0.362	原铁液
共聚料托架	1#	0.296	0.857	0.028	0.027	0.323	上部冒口根部
共聚料托架	2#	0.320	0.865	0.028	0.028	0.342	中间
共聚料托架	3#	0.256	0.925	0.030	0.028	0.354	下冒口根部

注：共聚托架指用普通共聚物为白模所铸之托架。

表 4 两种材质浇注后对比数据

Tab.4 Comparison of castings by EMB and common copolymer

模样材料	泡沫比重 /g	钢液原碳量 (%)	铸件最高含碳量(%)	铸件最低增碳(%)
EMB302	28	0.20	0.238(3.8 个)	0.002(0.2 个)
普通共聚	24	0.212	0.320(10.8 个)	0.256(4.4 个)



图 4 EMB 直浇浇注后产品

Fig.4 casting made by EPC with new evaporative material EMB and direct pouring without burning off evaporative pattern

常规共聚珠粒浇注的产品本体上中下位置增碳在 0.044%~0.100%，超出要求范围。

结果表明，采用新型的 EMB 三代聚合珠粒生产的铸件具有更低的增碳量，铸件含碳量成分更可控。

5 结束语

用实型浇注的方式，采用 EMB 三代新型模样材料成功的浇铸了 25Mn 铸钢铸件。消失模铸造是一个看似简单，实则复杂的工艺，属于一个系统化的工程，整个生产链接的每一个环节都是需要严谨以待、不容忽视。本次的试验虽已拿到合格的铸件，但是对此我们将进行批量化，逐步放量工业化进行跟踪试验生产，希望以此成功案例来推动消失模（实型）铸造在高端铸件产品上的发展。

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2022 年《铸造技术》杂志

国内邮发代号：52-64　国外发行号：M855　国内定价：25 元/本　海外定价：25 美元/本