

铸钢消失模涂料的研制及应用

朱筠 於有根 (上海市机械制造工艺研究所 200072)

王石明 (万利铸造材料经营部)

摘要 本文分析了消失模涂料的作用、组成及对涂料工艺性能的影响,研制出适合铸钢件使用的消失模涂料。经测试和生产验证,涂料性能良好,可获得令人满意的铸件表面质量和尺寸精度。

关键词 消失模铸造 铸钢涂料 工艺性能

Development and Application of EPC Coatings for Steel Casting

Zhu Yun Yu Yougen (Shanghai Institute of Machine Building Technology)

Wang Shiming (WanLi Foundry Material Management)

Abstract In the production of castings by EPC, the refractory coating applied to the patterns is an extremely critical factor. In this paper, the function, ingredient and technological properties of the EPC coatings are presented. The coatings for producing steel casting are developed. After production test, it has been proved that high surface quality and dimensional accuracy of castings can be obtained.

Keywords EPC Coatings for steel casting Technological properties

在消失模铸造中,涂料是其关键的基础技术之一。^[1]消失模涂料在常温下能提高模样的刚度,防止模样在搬运、造型时损坏。浇注金属液时,涂料是金属液与干砂之间的屏障,防止铸件粘砂及砂眼等缺陷,同时,涂层是泡沫塑料模分解产物排出型腔的通道。除了具有传统砂型铸造中要求涂料有良好的悬浮性,适宜的密度、粘度和流变特性外,消失模涂料还应具有以下性能要求:(1)适宜的透气性,能快速导出泡沫模的气化产物;(2)较高的强度和刚度,防止浇注时模样变形和被干砂损伤;(3)高的耐火度,防止浇注时铸件表面粘砂;(4)优良的自干或低温烘干性能,并且干燥后不龟裂;(5)良好的涂挂性,使用时能方便地涂覆一定厚度的涂层。^[2]本文通过对原材料的性能、作用及其对涂料工艺性能影响的研究,研制出适合铸钢件使用的消失模涂料,并在实际生产中应用,取得了令人满意的效果。

1 涂料的组成及配制

1.1 原材料的选择

1.1.1 耐火骨料

耐火骨料是消失模涂料的重要组成部分之一,具有抗粘砂和降低铸件表面粗糙度等作用,它的物理和化学性能在很大程度上决定了涂料的性能。耐火骨料的选择应根据合金种类而定,铸钢件多采用耐火度较高的锆英粉、刚玉粉、铬矿砂粉以及混合骨料等。从涂

料的性能要求和生产需要看,尤其要注重材料粒度分布以及不同材料的优化组合问题。

1.1.2 载液

载液的选择将直接影响涂料的工艺使用性能。目前采用空气干燥的溶剂,如乙醇、甲醇、丙酮等,依靠快速挥发起作用。这类载液不仅易燃易爆,而且有些还具有毒性,必须考虑安全和通风条件。其中甲醇、丙酮对泡沫塑料还有化学腐蚀作用。同时这些材料价格昂贵,成本高。因此采用来源广泛、价格低廉的水作涂料的载液,其作业安全,是名副其实的环保型材料。

1.1.3 粘结剂

涂料层的强度主要取决于粘结剂的粘结强度。消失模涂料粘结剂有低温型和高温型两类。通常象水溶性合成树脂、聚乙稀醇、羧甲基纤维素钠、聚醋酸乙烯乳液、糖浆等粘结剂耐热性低,大多在400℃~500℃以上均烧失而失去粘结强度。高温粘结材料主要有粘土、磷酸盐、水玻璃、硅溶胶等,其耐热性高,能与耐火骨料形成烧结层,具有强化涂料层和防止金属渗透的作用。消失模涂料层应兼具适宜的透气性和较高的涂层强度,因此采用高一低温复合粘结系统。

1.1.4 悬浮剂

悬浮剂是促使涂料中耐火骨料在载液中保持悬浮、防止沉淀分层的物质,也是使涂料具有适当触变性的主要材料。使用膨润土、凹凸棒土和有机高分子

化合物悬浮体系,比单一的膨润土有更好的悬浮效果。

1.1.5 其他添加剂

泡沫塑料模与水润湿不良,加入少量表面活性剂可以降低涂料的表面张力,使水基涂料易于涂挂。若涂料中由于搅拌引起的微小气泡不能逸出,会影响涂料粘度和铸件表面质量,加入适量的消泡剂可有效避免气泡产生。消失模涂料涂层较厚,干燥后易产生龟裂纹,为防止涂层开裂可添加少量无机硅酸盐多孔纤维状物。

1.2 涂料配制工艺

在研制消失模涂料合理配方时所遵循的技术路线是根据消失模铸造的特点及对涂料性能的要求,以及所选择的主要材料,来拟定配方,进行涂料的配制研究分析。

涂料配制工艺规程如下:载液(约总量的 $\frac{3}{4}$) + 悬浮剂 + 助剂 → 耐火骨料 → 粘结剂 + 助剂 + 载液(约总量的 $\frac{1}{4}$) → 出料。

2 涂料的性能测试及分析

2.1 涂料性能测试方法

消失模铸造工艺有其特殊性,消失模涂料的性能检测方法大部分可借鉴砂型涂料的方法,但也有些特殊的性能如涂层透气性,必须结合消失模铸造的工艺特点采用相应的检测方法。

目前国内外消失模涂料透气性的测试方法多而不统一,各方法相互之间可比性较差。而涂层的透气性作为消失模涂料的重要性能指标,在消失模铸造过程中起着至关重要的作用。为使研制的涂料达到理想的效果,并能方便准确地测定涂层透气性,我们利用原有的PED型电动型砂透气性测量仪改制成消失模涂料的涂层透气性测试装置,如图1所示。

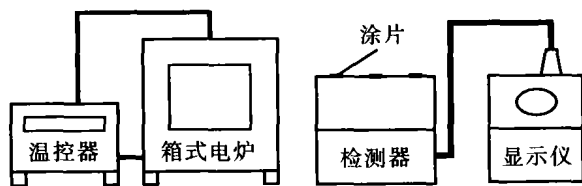


图1 涂料透气性测试装置简图

涂片的制作:为了准确测定涂料的透气性,涂片的制作极为重要。由于涂片一般较薄,且强度也较低,极易损坏。为此,我们设计了如图2所示的模具来制作涂片。使制作的涂片涂层厚度准确,可直接进行测试,保证了涂层的完好性及测试的准确性。

常温透气性试验方法:将制作好的涂片置于透气性检测器上,开启电源,从显示仪上读取透气性值。高温透气性试验方法:将干燥的涂片置于电炉中在 $850\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热10min,取出冷却后,再按常温试

验法测试其透气性。

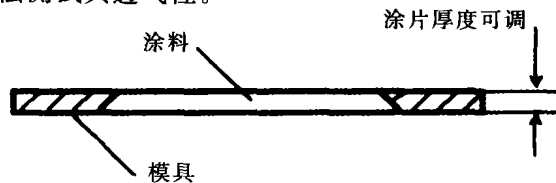


图2 涂片制作装置示意图

2.2 涂料试验及性能分析

2.2.1 耐火骨料对涂料性能的影响

我们将耐火骨料级配成两种不同的的粒度分布,涂料配方中的粘结剂、悬浮剂以及其它添加物均相同。耐火骨料的粒度分布见表1。

表1 耐火骨料的粒度分布

粒度分布	0.15mm	0.106mm	0.075mm	0.053mm	0.038mm	底盘
1#骨料	12.2	18.8	34.6	15.2	14.4	4.8
2#骨料	0.3	54.1	41.3	2.7	1.5	0.1

所配制的两种涂料测得的透气性如图3所示。从中可以看出,2#涂料常温和高温透气性都明显高于1#涂料。从表1中可知,1#涂料使用的耐火骨料粒度分散,配制成的涂料,粗细不同的耐火骨料相互嵌入,颗粒间的孔隙小,这样涂料的透气性就低。相反,2#涂料使用的耐火骨料粒度集中,细粉含量低,颗粒间的孔隙大,涂料的透气性高。这说明耐火骨料的粒度分布是决定涂料透气性高低的重要因素。

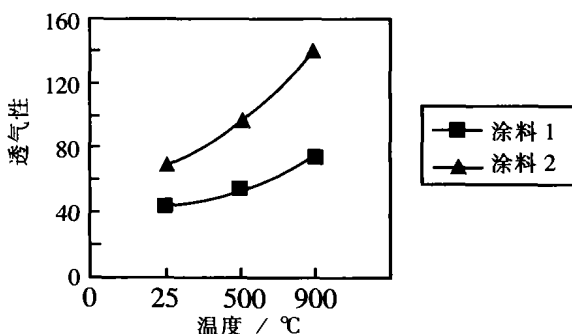


图3 涂料透气性试验

目前国内市场上购买的耐火骨料的粒度较分散,不同批次的耐火骨料的粒度分布也不完全相同。若为了提高涂料透气性而过多使用粒度均匀的粗颗粒材料,有可能使高温下涂层孔隙过大,造成铸件机械粘砂。为此我们选用具有多孔性结构的铝硅系耐火材料作为辅助骨料加入涂料中,希望通过此举能解决耐火材料粒度分布难以控制的问题,将涂料的透气性保持在适宜的范围内,使铸件获得良好的表面质量。通过试块浇注试验证明,使用辅助耐火骨料涂料的试块表面状况明显优于单一耐火骨料的其他试块。

2.2.2 粘结剂对涂料性能的影响

通过对多种粘结剂的分析筛选,综合考虑各方面因素,我们确定用LB和HB两种材料组成复合粘结

剂。试验配方为:耐火骨料100%、复合粘结剂7%、悬浮剂2%、添加剂1%、水适量。结果如表2所示。

表2 复合粘结剂不同匹配试验结果

LB加入量 %(占总量)	HB加入量 %(占总量)	涂层表面 强度	涂层干燥 时间/h
100	0	好	1~2
50	50	好	2~3
40	60	好	2~3
30	70	尚可	2~3
0	100	较差	>5

从以上试验可以看出:①粘结剂全部用LB,涂层表面强度和干燥时间均令人满意,但由于该材料为有机物,因此涂料的高温强度较差,在浇注时不足以抵挡金属液的冲刷;②粘结剂全部用HB,涂层表面强度较低,干燥时间也较长,涂料使用性能较差;③当LB与HB之比为1:(1~1.5)时,涂料性能较佳。对于铸钢件而言,其浇注温度较高,HB的量可取上限值。

2.2.3 悬浮剂对涂料性能的影响

据资料^[3]介绍,由于凹凸棒土和膨润土的矿物结构不同,其对涂料触变性的影响有显著的差别,膨润土形成的结构破坏很快,而恢复缓慢。凹凸棒土的加入使涂料的结构破坏、恢复均成一个渐变的过程,这有利于改善涂料的涂挂性和滴淌性。膨润土遇水膨胀、加热收缩,加入量过高易使涂层开裂,通过试验发现其加入量宜控制在4%以下。而凹凸棒土可作为涂料的流变添加剂与膨润土搭配使用。图4为单独使用膨润土(a)和同时加入膨润土与凹凸棒土(b)时涂层表面状况,由此可见(b)涂料的涂挂性和抗滴淌性明显优于(a)涂料。

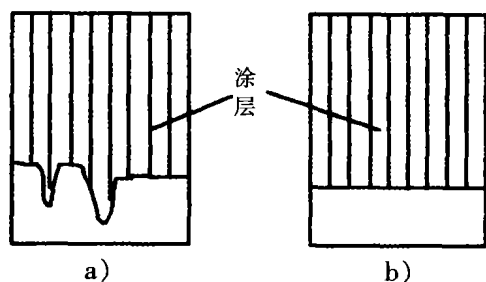


图4 不同涂料的涂挂性和抗滴淌性示意图

消失模涂层为增加透气性,其耐火骨料的粒度需稍粗一点,为此还必须加入悬浮性强的有机高分子化合物与粘土一起组成复合悬浮体系。但加入量应以满足涂挂性能为限,过量加入会使涂料难以流平,易在模型拐角处形成堆积造成开裂,其加入量为0.5%左右。

2.2.4 表面活性剂对涂料性能的影响

将配好的涂料分成4份,分别加入不同量的表面活性剂,观察泡沫塑料试块表面的涂层情况,结果见

表3。

表3 表面活性剂加入量试验

表面活性剂加入量/%	涂层情况
0	涂料难以涂上
0.1	涂料能涂上,但不均匀
0.3	涂层均匀完整
1.5	涂层均匀完整

可以看出,加入表面活性剂可改善涂料的涂挂性,不加表面活性剂的泡沫塑料试块上有相当部分涂不上涂料,而表面活性剂加入量适当可以使涂料层均匀完整。通过分析和对比试验可知,表面活性剂的适宜加入量为0.3%~1.3%。

2.2.5 涂料基本配比的确定

通过以上试验分析,我们确定铸钢消失模涂料的基本配比为:主耐火骨料80%~100%、辅助耐火骨料0~20%、复合粘结剂6%~7.5%、复合悬浮剂2%~3%、其他添加剂(表面活性剂、消泡剂及无机硅酸盐等)1%~2%、水适量。其中主耐火骨料可根据铸造合金种类,分别选用锆英粉、棕刚玉、铬矿砂粉等材料。涂料主要性能见表4。

表4 消失模涂料主要性能

波美度 Be'	24h 悬浮性 %	pH 值	涂挂性	涂层 表面强度	发气性 ml·g ⁻¹	涂层 透气性
>90	>98	7~8	好	好	<25	75~110

3 涂料的生产验证及应用

为验证所研制消失模涂料的可靠性和使用效果,我们对江苏某铸造厂的实际产品进行了生产验证。

涂料采用刷涂工艺,涂层厚度控制在1mm~1.5mm左右,涂毕将泡沫塑料模置于烘房(约50℃)干燥,造型振实负压浇注。具体试验情况详见表5。

表5 铸件浇注试验情况

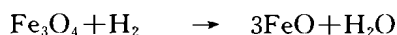
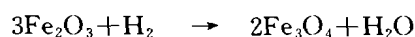
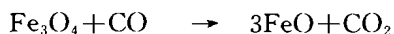
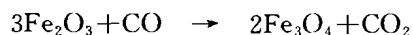
铸名称	衬板	导轨	闸阀
材质	高铬铸铁	普通碳钢	合金钢
重量/kg	2~20	150	85
壁厚/mm	20~30	30~50	25
浇注温度/℃	1550~1580	1600~1630	1650
涂层情况	干燥后涂层强度好		
涂层剥离情况	基本剥离		
铸件表面情况	无粘砂、气孔、毛刺等缺陷		

经过多次实际浇注试验说明,本研制的系列消失模涂料可适用于普通碳钢、各种合金钢、高铬铸铁不同材质的铸件,所浇铸件基本无气孔、粘砂、毛刺及夹渣等缺陷(见图5),可获得令人满意的铸件表面质量和尺寸精度。且涂料涂挂容易,使用工艺控制方便,涂料干燥后在填砂造型紧实过程中模型无变形和损伤

(下转第20页)

在砂芯表面和铁液之间形成一致密的 $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 尖晶石陶瓷薄膜。该陶瓷膜一方面可阻止铁液对砂粒的侵入,另一方面又可阻止树脂分解的气体侵入铁液。

铁液进入型腔后,由于型腔中存在一定的 O_2 ,使得铁液被氧化,形成 FeO 、 Fe_2O_3 。同时树脂受热分解出 CO 、 H_2 等气体,使得铁液被氧化形成的 Fe_2O_3 还原:



还原的最终物均为 FeO ,高于1370℃左右的 FeO 为液相,它的表面张力为0.558N/m,它与 SiO_2 的润湿角为 $\theta=21^\circ$,所以 FeO 能在较低的临界压力下进入砂粒间隙,发生上述反应。 FeO 能润湿 SiO_2 ,它可以通过渗透使 FeO 进入砂粒间隙内,或者与 SiO_2 反应生成低熔点的铁橄榄石(Fe_2SiO_4)粘附在砂粒上形成粘砂。一方面微晶刚玉涂料覆盖在 SiO_2 砂粒表面,阻止 FeO 和 SiO_2 形成低熔点 Fe_2SiO_4 (液)铁橄榄石,另一方面微晶刚玉熔入氧化铁熔体中,形成高熔点的铁铝尖晶石 $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$,有效的提高了熔体的粘度,阻止了它在涂层中的渗透。同时形成高熔点的铁尖晶是硬壳,在铁水凝固收缩时,由于两者收缩率的差异,使得铁铝尖晶石硬壳从铸铁表面脱落。

使用树脂砂制芯产生的另一个常见铸件缺陷是气孔,这主要是因为铁液的高温作用下,树脂等物

质受热分解出含有 CO 、 CH_4 、 H_2 、 N_2 等气体,而这些气体极易进入铁液中,产生侵入性气孔。使用微晶刚玉涂料,一方面微晶刚玉和 FeO 形成高熔点的尖晶石 $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$,提高了熔体的粘度,防止树脂分解出的气体侵入;另一方面 FeO 和 Al_2O_3 形成的尖晶石是一吸热反应,这使得铁液和微晶刚玉涂料表面迅速形成一凝固层,进一步阻止气体侵入。这就是为什么使用微晶刚玉涂料可以有效的防止铸件产生侵入性气孔的原因,即对气体有明显的屏蔽作用。

五 小结

以上是通过使用高性能Nt-45P微晶刚玉涂料后的结果分析,并从理论上解释为什么用微晶刚玉作为涂料骨料,能有效防止树脂粘砂、气孔的机理。微晶刚玉涂料在树脂砂上的应用,有效地解决了使用树脂砂存在的粘砂和气孔等缺陷,其机理还有待于进一步的探讨和研究。

参考文献

1. Porosity in Iron Castings from Mold-Metal Interface Reactions[J], Modern Casting (4) Apr 2000, 4pp(英).
2. 王文清, 李魁盛, 铸造工艺学, 北京: 机械工业出版社, 1998.
3. 氧化铝粒度对尖晶石生成反应的影响, 刘素健译自《耐火物》, 1994, No11, 553(日).
4. 韩国大, 树脂砂铸件侵入性气孔的防止《中国铸造装备与技术》2002(5).
5. 郭海珠, 余森, 《实用耐火材料手册》, 北京: 中国建材工业出版社.

(上接第16页)

发生。该涂料基本上能满足铸造厂的使用要求,并已进入批量使用阶段。



图5 开箱后未经清整的铸件

4 结论

1) 铸钢用消失模涂料采用主辅耐火材料的合理搭配,使其具有适宜的透气性,有助于消失模模样的热分解气体在负压的作用下及时排出铸型,获得表面

质量良好的铸件。

2) 消失模涂料包覆在泡沫塑料模外表面,形成具有一定强度的硬壳,提高模型的刚度,使其能承受干砂的冲击不变形,常温下涂层一般在一天之内可干燥,涂料现场使用工艺控制方便。

3) 由于使用水作为载液,配制的消失模涂料无毒、无害,有利于使消失模铸造成为真正的“绿色铸造”。

4) 系列消失模涂料可适用于不同材质的铸钢件,该涂料现已进入批量使用阶段,取得了一定的经济效益和社会效益。

参考文献

1. 王忠柯, 黄乃瑜, 佟天夫, 消失模涂料的研究现状及发展[J], 特种铸及有色合金, 1996(3)
2. 梁光泽, 实型铸[M], 上海: 上海科学技术出版社, 1990
3. 吴国华, 丁文江, 罗吉荣, 凹凸棒土对消失模涂料触变性的影响[J], 上海交通大学学报, 2001(3)