

铸造涂料的性能控制与技术发展(下)

中国铸造协会 (北京 100048) 李传斌

三、涂料所用的原材料

铸造涂料所用的原材料种类繁多,并还将在材料工业发展的基础上不断增补,本文中只能扼要地介绍一些基本情况。

1. 耐火骨料

耐火骨料是涂料中的主要组分,其质量如何及选用是否得当,对涂料的使用效果影响极大。同时,选用骨料时,也应在工业卫生和经济等方面做较全面的分析。

常用作涂料骨料的几种材料及其基本性质见表1。

表1 常用作涂料耐火骨料的几种材料

名称	化学式	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔点/ $^{\circ}\text{C}$
石墨粉	C	2.1~2.3	>3000
石英粉	SiO_2	2.65	1710
锆砂粉	ZrSiO_4	4.0~4.6	2430
刚玉粉	Al_2O_3	3.9	2050
煅烧镁砂粉	MgO	3.5~3.7	2800
高铝熟料粉	—	约2.6	>1800
滑石粉	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	2.7	1550

既然是耐火骨料,如不做具体分析,容易使人误认为耐火性能越高越好。正因为如此,对骨料的耐火性能规定过高的要求,从而不惜代价地追求用高级耐火材料的事例屡见不鲜。实际上,这种考虑是很不妥当的。

提到耐火性能,应该包括两个方面:一是耐火度,即熔点或软化点;二是高温下的化学稳定性。

涂料是在液态金属和铸型的界面上起作用。一般的铸钢件浇注温度不超过1600 $^{\circ}\text{C}$,铸铁件则不超过1400 $^{\circ}\text{C}$ 。如果考虑到铸型对金属的冷却作用和界面上的温度落差,涂料受热后所能达到的温度实际上比上述数值低得多。对于这样的温度条件,一般的耐火材料都能满足要求,对耐火度无过分苛求的必要。

骨料在高温下的化学稳定性,即是否易于与其他氧

化物作用而降低熔点,对涂料的作用而言,也不必要求过高。

液态金属浇注后,由于高温的作用,涂料层中在常温下起作用的粘结剂因热解而失效。这时,涂料层强度的建立主要靠骨料颗粒的烧结。如骨料的耐火性能很高,不能烧结,则涂料层就易于松散甚至剥落,从而使铸件产生多种表面缺陷。

如果涂料层易于烧结,浇注后很快就在金属-铸型界面上形成致密的烧结隔离层,则对改善铸件的表面质量,以及减少清理作业的劳动量,都是非常有利的。

因此可以说,用于铸造涂料的耐火骨料,其烧结性能比耐火度更为重要。

锆砂粉的耐火度高,高温下的热稳定性好,热膨胀很少,且又易于烧结(兼有这些优点的材料很少),因而其在铸造涂料方面的应用很广,可用于铸钢、铸铁及其他合金铸件,是涂料骨料中的首选材料。

但是,锆砂的矿藏较稀缺,价格也相当昂贵。据美国矿物年鉴所载的估计数字,全世界锆砂的总储量约为4000万t。目前,全世界每年产出量约60~70万t,主要产地是澳大利亚和南非,其中用于铸造行业的约占70%。因此,研究和寻求锆砂的代用材料是今后的重要课题。

高铝熟料粉是价格便宜的材料,且耐火度很高,其缺点是烧结性能欠佳。如果能根据铸件的生产条件,在高铝熟料中配加其他材料制成烧结型涂料,就可以用相当低的成本得到很好的效果。这种做法的缺点是涂料的通用性不好,如材质相同的铸件,由于壁厚、尺寸不同,涂料中各种骨料的配比可能有所不同。

2. 载体

铸造涂料中所用的载体主要有水、醇类和氯代烃类三种。目前,出于价格和环境方面的考虑,已很少采用

以氯代烃类为载体的涂料，通用的是水基涂料和醇基涂料。常用作载体的几种溶剂的性质见表2。

表2 常用涂料载体的性质

名称	分子式	密度 /g·cm ⁻³	沸点 /℃	闪点 /℃	允许浓度 (×10 ⁻⁶)	燃烧热 /kJ·g ⁻¹
水	H ₂ O	1.0	100	—	—	—
甲醇	CH ₃ OH	0.79	64.7	15.5	200	19.6
乙醇	C ₂ H ₅ OH	0.79	78.3	16.1	1000	30.2
异丙醇	(CH ₃) ₂ CHOH	0.78	82.3	21.1	400	26.9

目前，广泛应用于树脂自硬砂型的是醇基涂料。醇是易燃物，醇基涂料点火即燃烧而脱除载体，可在几分钟之内完成施涂、干燥等全过程，通常称之为快干涂料。

醇类价格高，且涂料在制作、储存、运输和使用过程中都有安全方面的问题，且醇类在车间现场的挥发也存在环境问题。从长远考虑，醇基涂料的使用将会受到多方面的制约，前景看好的应该是水基涂料。

水是良好的溶剂，无毒副作用，并具有极性，用作涂料的载体时，易于使其中的颗粒带电荷，从而得到极好的悬浮稳定性，且易于控制涂料的流变特性。无论在什么情况下，选用载体时都应首先考虑水，只是在有不能克服的困难时，才做其他的选择。

水基涂料的缺点：水在完成运载任务后较难脱除，一般都需要烘干，即使是高固体含量的涂料，晾干也需数小时之久。在水基涂料的推广应用方面，如何快速而有效地干燥，是我们所面对的重要课题。

3. 悬浮稳定剂和粘结剂

水基涂料所用的悬浮稳定剂和粘结剂很难截然分开，其中膨润土是非常重要的组分。但膨润土的用量不可太多，否则干燥时涂料层易开裂，因此必须与其他材料配合使用。

除膨润土外，常用于水基涂料的还有羧甲基纤维素钠、海藻酸钠、聚丙烯酰胺、聚乙烯醇、α-淀粉和水玻璃等，通过试验将多种材料配合使用，达到优点互补是至关重要的。

醇基涂料所用的粘结剂主要是能溶于醇的各种树脂和纤维素衍生物，如酚醛树脂、松香、聚乙烯醇缩醛类等。必要时也可用硅酸乙酯的水解液。

目前，还没有适当的醇溶性悬浮稳定剂，醇基涂料中效果较好的悬浮稳定剂是有机膨润土。

有机膨润土是以膨润土为原料，用季铵盐进行离子交换而制得的，价格大约是膨润土的50~70倍。使用时，需先在芳香烃中溶胀，然后再将胶态体分散于醇中。芳香烃是有害物质，其应用受到很大的制约。

我国铸造企业在生产中，不少醇基涂料采用锂膨润土作悬浮稳定剂。锂膨润土在醇中不能溶胀，必须先在水中溶胀，再使之分散于醇中，稳定颗粒的悬浮。此种醇基涂料，刚制成时悬浮性很好，但是锂膨润土胶中的水很容易溶于醇，导致胶质脱水而失效，因此以锂膨润土为悬浮稳定剂的涂料不耐储存。采用锂膨润土，必须采取有效的改性措施。

国外有采用凹凸棒土作醇基涂料悬浮稳定剂的报道，我国也有人进行这方面的研究工作，但合适的工艺尚待探索。

4. 其他加入剂

水基涂料中一般都应加入适当的电解质和防腐剂，有时还需加入消泡剂。

醇基涂料中不必加防腐剂，但有时需加入消泡剂和表面活性剂。

四、施涂方法

可用的施涂方法有刷涂、抹涂、喷涂、蘸涂和流涂等多种。

(1) 刷涂时，刷子的运动有助于使涂料进入砂粒之间的间隙，涂料层防止金属液渗入的能力最强。但是，刷涂耗费的工时多，且涂层的质量因人而异。另外，刷涂时还易造成残留刷痕，用醇基涂料时尤为明显。

对于铸件上残留的刷痕，可能有不同的认识：有的客户可以接受打磨的痕迹，而不愿接受刷痕；也有客户认为，铸件上保留刷痕，说明铸件未经打磨，是质量良好的表征。

(2) 抹涂只适用于特殊的厚壁铸件。

(3) 喷涂工艺虽然采用者不少，但到目前为止还缺乏特别适用于铸造涂料的喷涂装置。

借助于压缩空气的流动、抽吸对涂料进行喷涂，是早期的工艺，其缺点是喷涂时飞溅严重，且由于有空气阻力，在铸型凹部施涂的效果不好。因此，这种施涂方法现已很少应用。

无气喷涂是一种改进方案，解决了凹部的喷涂问题，已用于许多造型生产线，但还存在不少问题，如与喷射

流方向平行的型面施涂效果不佳；泵、阀、管道及喷嘴等部件易于磨损；铸型表面上易于局部厚积等。

(4) 蘸涂和流涂是效果较好的施涂方法。蘸涂适用于较小的芯子，流涂适用于铸型和较大的芯子。

五、铸造涂料方面几项值得一提的进展

近20年来，在铸造涂料的研究、开发方面不断有新的思路出现，有的虽然已问世多年了，但仍然值得借鉴。

1. 粘土湿砂型用的涂料

粘土湿砂造型是最古老的工艺，也是迄今仍然应用最广的工艺，传统的做法是在型砂中加入煤粉等辅料以改善铸件的表面质量，不用涂料。近年来，随着汽车工业的发展，对铸件要求的提高已不仅限于材质和内在质量，表面质量也日益受到重视。因而，在粘土湿砂型用涂料方面也在不断探索。

20世纪80年代，有人在粘土湿砂型表面喷一薄层醇基石墨涂料，喷涂后不点燃，直接合型浇注，铸件的表面质量得到显著改善。

90年代，Foseco公司研发了一种干粉涂料，商品名称是“Tribonol”。涂料是表面涂覆有诺沃腊克酚醛树脂和胺类硬化剂的锆砂粉，在小型流态床内分散，再经专用的塑料喷嘴喷出。涂料颗粒喷出时，因摩擦而带有静电荷，同时因湿砂型含有水分，有一定的电导率，这样就可使涂料颗粒与砂型表面结合。浇注时，由金属液的热量使涂料表面的树脂熔融、硬化，形成涂料层。据报道，日本有几家铸造厂采用此工艺，铸件的表面质量改善，气孔缺陷减少。

21世纪初，Foseco公司又推出了一种粘土湿砂型用的涂料“HARDCOTE★W100”。这种涂料是高固体含量的水基涂料，在大量生产的造型线上喷涂于砂型表面，喷涂后不需烘干，有增强砂型的作用，在减少铸件表面缺陷方面效果很好，美国、日本、澳大利亚和荷兰都有铸造厂采用。

此后不久，Foseco公司又在“HARDCOTE★W100”的基础上，开发了改进型涂料“Hardcote W300”。这种涂料中加有晶态石墨，除减少铸件表面缺陷外，还可以改善铸件的表面粗糙度。

2. 转移型涂料

1978年前后，位于美国伊利诺伊州的Ceramco公司，研发了一种涂料转移工艺“U-Process”。其特点是：涂

料不涂覆于铸型表面，而涂在模样表面上，造型时，在涂有涂料的模样上填砂，起模时涂料层脱离模样，转移到铸型表面。这一工艺的优点如下：

(1) 涂料层的厚度不影响铸件尺寸，铸件的尺寸精度提高。

(2) 铸件表面可以更好地复制模样的状态。

(3) 铸件表面完全没有涂料刷痕、流痕之类的缺陷。

据了解，我国也有单位在这方面进行过研究。

3. 防止球墨铸铁件表面石墨蜕变的涂料

采用酸硬化的树脂自硬砂时，由于所用的硬化剂主要是芳香烃磺酸，因此循环使用的再生砂中含有少量的硫。制造一般的铸件时，硫的有害作用往往并不显现。但制造厚壁球墨铸铁件时，再生砂中的硫就可能导致铸件表面层石墨的形态蜕变，且蜕变层的深度可达1~1.5mm，这将不可避免地会影响铸件的力学性能。能否借助于涂料层来阻碍硫向铸件渗入，是铸造业同仁、特别是风电铸件生产者非常关注的问题，在这方面所做的试验、研究也不少。

很多人认为，采用以镁砂粉为骨料的涂料，可以吸收硫，因此也就可以防止石墨蜕变。但是，有试验表明，用镁砂粉涂料的效果不佳。

据Foseco公司的试验报告，石墨涂料不能防止石墨蜕变，而采用不含石墨的硅酸铝涂料或硅酸镁涂料效果较好。

还有报道说，虽然焦炭中硫含量较高，但以焦炭粉为骨料的涂料也有防止石墨蜕变的效果，这可能与焦炭粉是多孔性材料且能吸附硫有关。**MW**

(全文完) (20090310)

~~~~~

## 大飞机项目关键件浇注成功

日前，国内最大的120MN强力拉伸矫直机活动横梁铸件，在中信重工机械股份有限公司浇注成功，此举标志着我国大飞机项目的生产制造进入了一个新阶段。

据悉，这套设备可生产宽4000mm、厚250mm的各种铝合金厚板，满足大飞机项目对各种规格铝合金厚板的需求。

为满足大飞机制造的需求，西南铝业（集团）有限责任公司决定改扩建铝板带热轧生产线上的关键设备——120MN强力拉伸矫直机。该成套主机设备制造合同在2008年与洛阳中信重工及中国重型机械研究院签订。