

涂料及涂料设备在制芯过程中的应用

黄青松

(福士科铸造材料(中国)有限公司, 上海 200233)

涂料是砂芯不可分割的重要组成部分,是砂芯制作的最后一道工序,又是砂芯防止金属渗透及粘砂的第一道防线。涂料的正确选择及合理施涂是获得高质量铸件的关键保障。再好的砂芯,如果涂料选择有误或使用不当也很难生产出好的铸件,反之亦然。近年来,铸造涂料技术发展迅速,涂料的性能不断提高,功能不断扩展,涂料的品种越来越丰富。同时,涂料的应用技术及设备也越来越受到广大铸造工作者的重视。本文对涂料与砂芯的相互作用、涂料的正确选用、涂料的应用新技术、新设备作简单介绍。

1 涂料与砂芯的关系

涂料与砂芯在铸造过程中是一个整体,既相互依存又相互影响,两者协同作用的结果决定铸件的质量或缺陷(粘砂、烧结、脉纹、气孔)。砂芯质量是基础,砂芯的耐火度、紧实度、强度、发气量、透气性等对涂料性能的发挥有很大影响。涂料可进一步提高砂芯的性能(耐火度、密实度、强度等),但若涂料使用不当也会给砂芯造成一些不良影响。

1.1 涂料对砂芯的影响

涂料可进一步提高砂芯的耐火度、提高其常温及高温强度,从而可以更有效地抵抗高温铁水对砂芯的热作用及机械冲刷。涂料中的细骨料可以渗入砂芯表层,堵塞砂芯表面砂粒之间的孔隙,使砂芯表面更加致密,可有效防止金属液的渗入。特殊设计的涂料有很好的绝热性能,可推迟砂芯的相变膨胀及砂芯粘结剂的分解,这有助于消除某些膨胀缺陷如脉纹以及由于砂芯过早溃散引起的砂眼。涂料的绝热性能对砂芯在浇注过程中的变形、断裂也有很好的拟制作用。涂料还可以封闭砂芯内分解出来的 SO_2 等有害气体,降低砂芯的发气速度。当然涂料使用不当也会对砂芯产生一些消极的影响,如涂料过度稀释或渗透过深可降低砂芯的强度,严重时会引起砂芯断裂。涂料也会增加砂芯的发气总量,系统排气不畅时会引起气孔或结疤等缺陷。

1.2 砂芯对涂料的影响

砂芯是涂料的基础,基础牢固了涂料才能发挥最大的效能。但是如果砂芯的质量存在问题时会大大削弱涂料的作用。砂芯对涂料的消极作用主要有以下几个方面:

- (1) 砂芯紧实度低引起涂料渗透过深及涂层过薄(砂芯裸露)。
- (2) 砂芯耐火度低引起涂料失效形成粘砂或烧结。
- (3) 砂芯发气量过大引起涂层剥落形成结疤。
- (4) 砂芯相变膨胀引起涂料开裂形成脉纹。
- (5) 砂芯表面残留脱模剂影响涂料润湿性。
- (6) 砂芯某些成分可引起涂料破水、黑斑等。
- (7) 砂芯过细或紧实度过高会降低涂料的附着力,严重时会引起涂层剥落。

总之,砂芯与涂料关系紧密,在解决实际问题时必须同时、全面及整体地考虑,不可偏废。

2 涂料的正确选择

涂料的正确选择是保证铸件质量的前提。涂料选择不当,不仅起不到相应的作用,还可能造成更加严重的问题。涂料的选择需要考虑多个方面的因素:

- (1) 铸件材质(铸铁、铸钢、有色)。

- (2) 铸件特征参数（重量、壁厚、尺寸、结构）。
- (3) 铸造缺陷（粘砂、气孔、脉纹、砂眼等铸造缺陷）。
- (4) 砂芯种类（覆膜砂、冷芯盒、热芯盒）。
- (5) 砂芯的结构（强度、变形、排气、壁厚）。
- (6) 砂芯在铸件中的位置（受热、冲刷、排气）。
- (7) 原砂的种类（硅砂、铬铁矿砂、宝珠砂、熟料砂、混合砂）。
- (8) 芯砂添加剂（氧化铁、防脉纹剂）。
- (9) 施涂方法（刷涂、喷涂、流涂、浸涂）。
- (10) 施涂设备（手工、机械、机器人）。
- (11) 砂芯组合（单个砂芯、整体）。
- (12) 成本因素。

实际应用过程中，常常根据铸件的主要缺陷并综合考虑以上各种因素来确定合适的涂料。有时还需要进一步的试验来确认使用效果。例如在用冷芯盒生产汽车发动机缸体铸件时，常常在水套和油道部位出现脉纹及烧结缺陷。因此水套及油道砂芯用涂料应选用保温性能优秀的防脉纹专用涂料，如 Rheotec 451XL。普通砂芯如曲轴箱及炮筒芯对涂料的要求比水套油道低一些，可采用成本较低的通用型涂料。而在生产缸盖时，缸盖水套部位除了脉纹、烧结，还可能存在结疤及气孔缺陷，这时要选择保温性、透气性较好的防脉纹专用涂料，如 Rheotec XL+。刹车盘铸件对涂料的要求比较特殊。例如在用冷芯盒生产高档刹车盘铸件时，其典型的铸造缺陷为脉纹、飞刺及尺寸超差。刹车盘砂芯为辐射状圆盘，沿圆周上分布着一圈细小的砂芯，截面或为方形或为扁平，脉纹及变形缺陷就出现在这一部位。因此，在用冷芯盒生产刹车盘铸件时要选用保温性能好的防脉纹专用涂料。由于刹车盘砂芯在涂料烘干时极易变形，因此涂料的烘干温度及烘干时间都要严格控制。典型的烘干工艺为 100℃ 烘干 25 分钟，为此要求涂料的干燥速度要快，另外还要采用高效的烘干设备。针对刹车盘铸件的特殊要求，福士科公司开发出一种刹车盘专用涂料 Semco Sil 3454C，该涂料在欧洲及国内高档刹车盘的生产中已获得成功应用。

在用覆膜砂芯生产缸盖等复杂的铸件时，常常会出现涂料破水（如图 1 所示）、起皮，破坏了涂层的完整性，会引起粘砂。另外，由于覆膜砂发气量较高，铸件容易出现气孔缺陷。因此，在选择覆膜砂制芯用涂料时要选用抗破水、抗起皮能力强及发气量低的涂料。



图 1 缸体水套砂芯上的涂料破水缺陷

在生产重型卡车的缸体时，由于铸件较大，浇注时砂芯受高温铁水热作用时间很长。即使采用了加入铬铁矿砂、宝珠砂或熟料砂等措施，在水套等热节部位也会产生严重的烧结。在这种情况下可考虑选用特殊的预处理涂料（也称为高渗透涂料），即在烧结部位局部预先刷涂高渗透性高耐火度的特种涂料（如 Teno Coating ZKPX），然后再浸涂普通的涂料。

3 涂料的正确使用及质量控制

选择了合适的涂料，还要加上正确地使用及质量控制才能保证良好的使用效果。

3.1 涂料的正确使用

涂料的正确使用需考虑下列多个方面的因素：

- (1) 涂料的稀释：搅拌均匀、稀释剂、水质影响。
- (2) 涂料槽中的搅拌：连续、间断或从不。
- (3) 施涂工艺：刷涂、浸涂、流涂、喷涂。
- (4) 施涂设备：手工、机器人、半自动机械。
- (5) 烘干工艺及设备：温度、时间、设备效率。
- (6) 微生物的影响：涂料槽、管道及稀释用水中细菌的控制。
- (7) 气候、地域：温度、湿度的变化。
- (8) 涂料槽的清理维护、涂料颗粒、散砂的过滤去除。
- (9) 砂芯的预处理：修补、密实、预涂、预热。

比如，涂料在使用前往往需要稀释。醇基涂料所用的稀释剂为乙醇、甲醇或异丙醇。市售工业酒精往往含有较高的甲醇，用于低档甲醇涂料没有问题，但不能用于优质乙醇或异丙醇基涂料。水基涂料稀释用水对涂料的性能也有很大影响。水的硬度、pH 值、电导率等影响涂料的流变性能，进而影响涂层厚度、滴痕、流淌。水中细菌的含量也需要引起关注。细菌的滋生和繁殖会引起涂料在使用存放过程中变质，严重影响涂料的涂敷质量。

涂料在使用前和使用中的搅拌工艺对涂料的性能也有很大影响。持续的高剪切高速搅拌会造成涂料粘度下降、滴痕、流淌、涂层变薄、气泡等问题。但搅拌强度太低，涂料的均匀性难以保证。既要保证涂料的均匀性，又要避免长时间、高速的剪切及卷气。

涂料的施涂工艺及设备要根据铸件及砂芯的特点、生产规模等因素合理选择。大批量生产的铸件如汽车铸件宜采用自动化程度高的机器人浸涂，较大的砂芯及单件小批可采用流涂或刷涂。如果采用机械化或智能机器人浸涂时要设定正确的操作参数如浸入速度、时间、出离速度、悬停角度及时间、旋转速度及时间等。要在调试过程中确定最佳的参数。

涂料槽的定期维护也很重要。涂料在连续的生产过程中会有散砂甚至砂块、杂质不断进入涂料槽中，另外槽壁上粘附的涂料也会再次脱落进入涂料中，这会影响涂层的外观。因此，需要通过过滤及定期清理涂料槽去除涂料中的外来杂质。

另外，砂芯往往存在局部疏松，在浸涂涂料前应用修补膏对该部位进行必要的修补或预涂，否则这一部位可能涂层过薄或根本盖不住砂芯表面。

3.2 质量控制

涂料在使用过程中要控制一些指标如波美度、粘度、密度。波美度是最常用、最简单有效的控制方法。但要注意的是波美度受操作者、波美计、读数时间、温度及容器等很多因素的影响，有时会出现较大的偏差。有的采用比重计控制，与波美度存在相似的问题。采用密度（称重法）控制会更加精确，因为密度受人体的因素及检测仪器的影响较小。目前国外先进的生产线采用在线自动测定并控制密度的方法控制涂料质量。控制密度的另一好处是涂料的密度与涂层的厚度有良好的线性关系。另外，流杯粘度在流涂和浸涂涂料的控制中其灵敏度或准确度优于波美度。但要注意不同的流杯（如福特杯、DIN 杯、ISO 杯等）其检测结果差异很大。

涂层厚度的控制非常重要。波美度、密度及粘度的控制其实最终是要控制一定的涂层厚度。目前常常采用的是湿态涂层厚度规。湿态厚度规也有多种形式，如方形、六角形、圆形等。方形及六角形厚度规需要一定宽度的平面。而圆形厚度规则不需要平面，可用于曲面上的涂层厚度测定。

4 涂料施涂方法及设备

常用的涂料涂敷方法主要有刷涂、浸涂、流涂及喷涂，要根据铸造车间的具体条件及要求来选择合适的施涂方法。如大批量、高效、自动化生产线如汽车铸造厂通常采用浸涂。另外，涂料的烘干工艺及设备在涂料应用过程中也很重要。因此，下面主要对汽车铸造广泛采用的浸涂设备主要关注点及烘干设备做几点说明。

4.1 涂料循环系统

低流速、大环流、无死角是对浸涂设备的基本要求。低流速可保证浸涂时有一个稳定的涂料液面。大环流是涂料宏观成分均一性的保证。而无死角是指涂料流变性能的一致性。有的涂料触变性很强，很容易出现死角。典型的高触变性涂料如防脉纹涂料。如果搅拌的强度不够，涂料浸涂槽中可能只有中心部位流动，四个角上涂料根本不动。不同区域的涂料波美度及粘度有很大差异，这会造成涂层不均匀、流挂等问题。气动隔膜泵循环比较平稳但力量往往不够，容易出现死角，需要配合浆叶式搅拌器以形成大而稳的涂料环流。另外，在自动化浸涂时，为了保证浸涂的一致性，涂料液面必须保持一致。这是靠溢流槽来实现的。图2是浸涂机器人及浸涂槽。图3是浸涂槽的一个典型设计。涂料通过气动隔膜泵及浆叶式搅拌器形成大的涂料环流。隔膜泵将涂料以一定压力从槽底喷射进入浸涂槽，同时两个搅拌浆叶旋转也会将涂料向下向右压，涂料在压力下沿着涂料槽底部向右向上流动，到达液面后又向左流动最终进入溢流槽，完成一个循环。有效的搅拌及回流保证了涂料槽中无死角，如图4所示。图5为上述浸涂槽实物。



图2 机器人浸涂设备

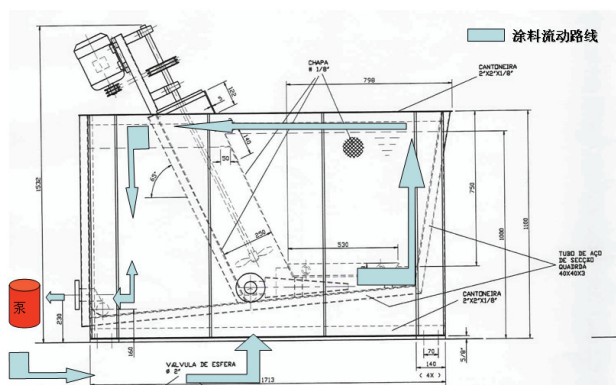


图3 浸涂槽中涂料的流动路径



图4 无死角的涂料槽



图5 浸涂槽实物

4.2 涂料的搅拌

水基涂料不能长期高速搅拌。正确的搅拌应该是低速、平稳的搅拌，如浆叶式、隔膜泵搅拌系统。涂料长期高速搅拌剪切会破坏涂料的胶体体系，引起涂料性能下降。最常见的问题是滴痕加重、涂层变薄。搅拌力度不够时涂料的均匀性无法保证，涂层厚度不均匀、不稳定。比较有效的搅拌方式是浆叶式搅拌加隔膜泵搅拌。

4.3 涂料槽及管路中的细菌

过去在涂料的使用当中细菌对涂料的影响未引起大家的普遍关注。但在实际生产中，细菌无处不在，特别在夏季，细菌滋生迅速，常常会引起涂料变质及缺陷。如涂料流变性能恶化，滴挂、破水，涂料堆积、发臭、气泡等。细菌来源主要是稀释用水和空气。另外，在循环系统中，某些部位如管道及缓冲器当中细菌残留和滋生比较严重，需要定期清洗、杀菌。稀释用水也要采取必要的杀菌处理，比如可以装置图 6 所示的管道式紫外杀菌器，也可添加杀菌药剂等。涂料槽长期不用（如放假期间），要提前清空涂料槽中的涂料并清洗管道，最好对整个循环系统进行杀菌处理。



图 6 管道式紫外杀菌器

4.4 涂料的过滤（颗粒及油污的去除）

涂料槽侧壁上粘附的干固的涂层会脱落再次进入涂料中形成涂料颗粒，在浸涂时会会在涂层表面形成疙瘩。压缩空气中含油，如果未经油水分离器去除，可能会进入涂料中，搅拌设备、隔膜泵、浸涂设备中的润滑油等可能会滴入涂料中。这些油污会浮在涂料表面，还会引起石墨漂浮，针孔。溢流槽的设计要考虑如何过滤涂料颗粒及去除油污。涂料中含有一些表面活性剂，对少量油污可以乳化。但如果油污过多时无法去除。必须从源头上防止油污进入涂料。

4.5 涂料的烘干设备

涂料必须经过充分地干燥才能使用。涂料的干燥速度及残留水分除了与涂料本身的干燥特性有关，主要取决于烘干设备的性能。个别铸造厂烘干窑老旧，虽烘干温度高达 250℃时间在 1~2h，涂料还有烘不干的问题，而且有时砂芯或涂料局部粉化或烧焦。而先进的烘干设备可以在很低的温度快速烘干涂料。烘干工艺对砂芯的尺寸精度有很大影响。特别是一些复杂、细小、薄壁的砂芯，在烘干过程中容易变形，引起尺寸超差的问题。如刹车盘砂芯。通常采用的烘干工艺为：90~120℃烘干 25min。温度过高、时间过长都会引起砂芯变形。靠高效的烘干设备来实现。缸体缸盖的水套、油道也容易出现变形。烘干炉的设计非常讲究，对流换热及红外辐射换热的效率是关键，要实现低温高效烘干，加强对流换热非常重要，风量和风速都要达到足够的数值，风口的数量及位置也很重要，需根据砂型、砂芯的形状结构来合理地设置。另外，利用铸造过程中的废热来烘干涂料可节约能源，是未来烘干设备的发展方向。

5 结束语

- （1）涂料与砂芯是一个整体，两者协同作用的结果决定铸件的质量。
- （2）涂料的正确选择是前提，正确使用及质量控制是关键。
- （3）正确、高效的施涂及烘干设备是保证。