DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.08.018

树脂砂型(芯)裂纹的产生机理和控制措施

张本水,王宝富,李兴文
(济南圣泉集团股份有限公司 市场部,山东 济南 250204)

摘　要:树脂砂型(芯)表面使用醇基涂料,点燃后常常会产生裂纹,影响型(芯)质量。浇注金属液后常因为砂型(芯)的开裂导致铸件出现脉纹和毛刺缺陷,影响铸件的质量。树脂砂型(芯)在浇注前和浇注后开裂的根本原因在于型(芯)砂受热后的膨胀。避免涂料点燃后型(芯)裂纹的产生,要防止涂料燃烧过程中对型(芯)的加热,减少型(芯)在铁液浇注后的开裂措施,可以避免型(芯)在受热后膨胀过程中产生压应力。

关键词:树脂砂;砂型芯裂纹;应力;脉纹

中图分类号:TG242　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)08-0776-03

Mechanism of Crack on Resin Sand Core/Mold and Prevention Methods

ZHANG Benshui, WANG Baofu, LI Xingwen
(Marketing Department of Jinan Shengquan Group Share Holding Co., Ltd., Jinan 250204, China)

Abstract: Resin sand mould (core) surface using alcohol based coating, after ignition often crack, it affected the quality of the sand core/mould. Veins and burr defects often occur in casting due to sand mold (core) cracking after pouring metal liquid, which affected the quality of casting. The root cause of the cracking of resin sand mould (core) before and after pouring is the expansion of sand mould (core) after being heated. To avoid the paint after ignition (core) crack generation, to prevent the paint in the combustion process of the type (core) heating, reduce the type (core) in the iron liquid pouring cracking measures, it can avoid the type (core) in the process of expansion after heating compressive stress.

Key words: resin sand; crack of sand core/mould; stress; veining

树脂砂型(芯)在醇基涂料点燃后常常会产生裂纹,在浇注金属液后常因为砂型(芯)的开裂导致铸件出现脉纹和毛刺缺陷,影响铸件的质量,严重时甚至会导致铸件的报废。因此分析树脂砂型(芯)在浇注前和浇注后开裂的机理,从而采取防止措施,避免型芯裂纹的产生,减少由此造成的铸件缺陷,就显得尤为必要。

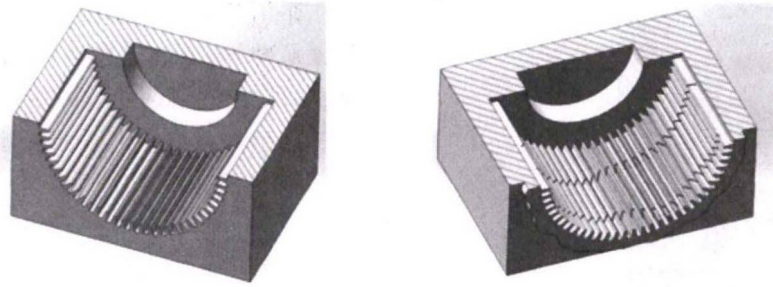
1　裂纹产生的机理

树脂砂型(芯)产生的裂纹分为砂型(芯)在金属液浇注前和金属液浇注后产生的裂纹。树脂砂型(芯)在铁液浇注前产生的裂纹根据产生的机理不同又分3种情况。

(1)由于醇基涂料的燃烧导致型砂膨胀引起的裂纹

在砂型(芯)制作完成后,在涂覆完醇基涂料点燃过程中树脂砂型(芯)往往产生的裂纹。正常情况下,在砂型水平平面上涂料燃烧时,由于火焰产生的热量往上走,对涂料下面的砂型产生加热作用较小,不会造成砂型表面因温度升高而膨胀或膨胀量很小,也有的砂型因为受热膨胀时受阻而不产生线膨胀量。但有的砂型因为铸件结构和分型工艺的原因,往往导致砂型成为一个较深的型腔,而且砂型的内壁是垂直的,如两开型的电机壳砂型(如示意图1所示),这种深型腔在涂刷完醇基涂料点燃的过程中,造成下部垂直型壁上涂料的燃烧火焰对上部的垂直型壁起到的加热作用,由于涂料的燃烧是在一个很深的型腔内燃烧,加剧了对型壁的加热,使砂型型壁受到加热产生热膨胀,受热膨胀的表层砂型由于在垂直于分型面的方向膨胀时不受阻碍,于是沿垂直于分型面的方向上产生线膨胀量,在涂料燃烧完后,造成一定厚度的表层型砂在垂直分型面方向突出分型面一定高度。在涂料燃烧完表层砂型温度下降过程中,膨胀的表层型砂收缩时受到砂型内部未膨胀的砂型的阻碍(两层之间的摩擦阻力),使受热膨胀的表层砂型不能自由收缩。当表层砂型受到的收缩应力大于和内层砂型之间的阻力,小于表层砂型的抗拉强度时,表层砂型能收缩恢复原位,表层砂型不会产生裂纹;当收缩应力小于内外砂型之间的阻力

收稿日期:2020-04-17
作者简介:张本水(1968-),山东济南人,学士,工程师.主要从事造型材料和熔炼材料的技术方面的工作.
电话:13953139993,E-mail:zhangbenshui@shengquancom



(a)涂料点燃前　　(b)涂料点燃后

图 1 电机壳砂型（下箱）示意图

Fig.1 Schematic of sand mold (drag) of motor housing casting

而大于表层砂型的抗拉强度时，就会造成表层砂型垂直于收缩方向的开裂，形成垂直于收缩方向的裂纹。当砂型内壁有较薄的筋条时，筋条部位的裂纹会严重。醇基涂料的燃烧性好，燃烧产生的热量大，会增加裂纹的严重程度。这种砂型裂纹的方向一般垂直于砂型芯受热时产生线膨胀的方向，也就是垂直于型芯膨胀时不受阻的方向。

（2）由于醇基涂料燃烧完涂料层的收缩引起的裂纹

由于施涂过程中，涂料骨料要渗入砂型一定深度，使涂料和砂型结合牢固，当涂层强度过高，醇基涂料层在溶剂燃烧完降温时产生的收缩应力大，砂型表层抗拉强度小于涂料层收缩应力时，涂料层的开裂会带动砂型表层开裂形成裂纹（见图 2）。当涂料溶剂渗入砂型（芯）过多、过深时，使未固化的树脂膜溶解，导致型（芯）砂强度的下降，加剧了砂型（芯）表层的开裂。当砂型（芯）树脂膜内的应力较大时，会使裂纹沿长度和深度方向上延伸。另外涂料的燃烧时对砂型表层的加热也使得砂型表层沿不受阻碍的方向产生膨胀量，冷却时砂型表层产生收缩应力加剧涂层带动砂型表层开裂。两种作用往往同时存在，不可能截然分开。

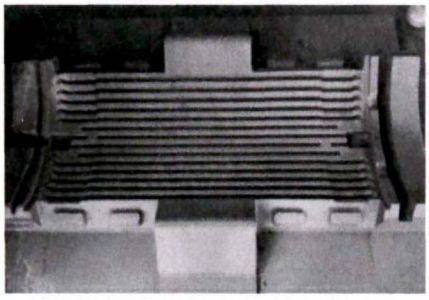


图 2 涂料点燃后有裂纹

Fig.2 Surface crack of sand core/mold after coating ignition

（3）自硬树脂砂型（芯）在制造过程中由于砂箱刚度不够和砂芯的芯骨的刚度不够，造成在砂型和砂芯的吊装搬运过程中，砂型（芯）产生变形，当砂型（芯）的强度度不足以抵抗砂型芯变形时，造成砂型（芯）的开裂，从而产生裂纹。

型（芯）在浇注金属液后产生的裂纹（高温下产生的裂纹），其产生的机理为：型芯砂在浇注的高温金属液的热作用下，型（芯）砂受热膨胀，有时还要产生相变膨胀，在砂箱或者砂型的阻碍下，使砂型（芯）受热表层在受阻方向上产生压应力，当砂型（芯）受热大的表层承受的压应力大于砂型（芯）本身的高温抗压强度时，导致砂型（芯）表层开裂产生裂纹，同时带动涂料层开裂。

2 防止砂型芯裂纹的措施

金属液浇注前造成的砂型（芯）裂纹，会增加操作者的工作量，经过修补的裂纹处，往往成为金属液浇注时砂型（芯）易产生裂纹的位置，严重的可能造成浇注时炮火。经过修补的砂型（芯）也会因为表面质量差而影响到铸件的表面质量，型（芯）的变形还会影响铸件的尺寸精度。金属液浇注后砂型（芯）产生裂纹，导致涂料层开裂，此时如果金属液外壳还没有凝固，未凝固的金属液渗入裂缝里，就会造成铸件的毛刺缺陷，严重的造成脉纹缺陷。轻微的毛刺和脉纹缺陷增加铸件清理打磨时的工作量。在缸盖和液压件等铸件的水道和油道中产生的毛刺和脉纹难以清理和打磨，往往造成铸件报废。

2.1 浇注前砂型裂纹的解决措施

在不改变型砂种类的情况下，金属液浇注前第一种情况的砂型裂纹缺陷，特殊铸件可以通过调整铸造工艺，改变铸件的分型位置及分型方式，使施涂的醇基涂料在水平或者有一定斜度的砂型面上燃烧，使涂料燃烧的火焰不加热或少加热砂型。如上面提到的电机壳铸件，可以改为在水平方向上三开型，垂直方向四开型的分型方式（如图 3）。但分型面过多，造成造型工作量增加，同时会增加铸件清理打磨时的工作量及降低铸件尺寸精度。在不改变分型工艺的情况下，可以把砂型涂料改为自干涂料，自干涂料不产生对砂型的加热，也就不存在砂型受热膨胀

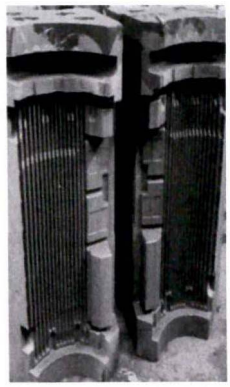


图 3 涂料点燃后没有裂纹
Fig.3 No crack after ignition of coating

的问题。但自干涂料的有机溶剂往往存在挥发过快、有毒的问题，导致涂料工艺性能的下降和对工作环境的污染。因此自干涂料宜选用无毒、挥发速度适中的有机溶剂。

防止金属液浇注前第 2 种情况砂型裂纹的主要措施是改善醇基涂料的配方，防止涂层干燥过程中收缩过大；改善涂料的工艺性能，使涂料骨料渗入砂型芯深度适宜，过浅会使涂料层易剥落，防黏砂效果差，过深则在涂料干燥收缩过程中易导致砂型一起开裂；同时要防止涂料的载体渗失过大（载体渗入砂型芯过深），造成砂型（芯）的强度下降过多（也使浇注过程中砂型芯的发气量增加）；增加砂型芯的强度也是一种措施，覆膜砂很少产生这种裂纹就是因为覆膜砂的强度较高的缘故；适宜的固化速度会减少树脂膜在固化时产生的应力。这些都会减少涂料点燃后砂型的开裂。

针对浇注前第 3 种砂型（芯）的裂纹的主要措施是加强砂箱、芯骨的刚度，合理设计砂芯的芯骨结构。砂箱、芯骨宜采用铸铁制造，当采用钢板制作砂箱、钢筋制作芯骨时，刚度要满足要求，使砂型和砂芯在吊装和搬运过程中砂箱和芯骨能够承受砂型和砂芯的重量不产生变形。

2.2 解决型（芯）在高温金属液热作用下产生的裂纹及其造成的缺陷

优化型砂的级配，型砂粒度集中受热时膨胀量增大，裂纹倾向大；型砂粒度分散受热时膨胀量减小，裂纹倾向减少。

使用膨胀量小的型砂。硅砂受热产生相变，膨胀量大，砂型（芯）高温下易产生裂纹。特殊的砂芯采用受热膨胀量小的型砂，或者掺入部分受热膨胀量小的型砂，如宝珠砂、陶粒砂等，减少型（芯）砂的受热时的膨胀量；

采用蓄热能力强和导热能力强的激冷型砂（如铬铁矿砂）局部造型和制芯，使砂型（芯）在膨胀开裂前，铸件外壳凝固，也会减少毛刺和脉纹缺陷。

在型（芯）砂中添加防脉纹添加剂是防止砂型（芯）开裂，防止脉纹缺陷的有效措施。防脉纹添加剂分为有机和无机两种，有机的防脉纹添加剂在高温下燃烧腾出的空间使型芯砂受热膨胀时具有膨胀的空间，避免产生压应力；无机的防脉纹添加剂中的碱性氧化物能在高温下和型砂（SiO_2）发生反应生成硅酸盐（如生成 Fe_2SiO_4），由于硅酸盐的熔点较低，高温下熔融成为玻璃态的物质，包覆在砂粒表面，是砂型芯具有良好的退让性，抵消砂型芯的膨胀，避免产生压应力，从而避免砂型（芯）开裂。水玻璃砂和自硬碱性酚醛树脂砂脉纹缺陷少，就是因为水玻璃砂中含有的硅酸盐及碱性酚醛树脂砂中的碱性物质和型砂（SiO_2）在高温下反应生成的硅酸盐在高温下熔融使砂型芯具有退让性，使型芯砂在受热膨胀时不至于开裂，从而使脉纹缺陷不产生或者很少。

提高树脂砂的高温强度。型（芯）砂在在高温金属液的热作用下，膨胀产生压应力，但只有当压应力大于型芯砂的高温抗压强度时，砂型芯才会开裂，因此提高型（芯）砂的高温强度也可以防止脉纹缺陷的产生。冷芯盒树脂砂和 pepset 树脂砂生产的铸件之所以容易生脉纹，根本原因就是此种树脂砂高温强度低。

3 结论

树脂砂型（芯）产生的裂纹（除型芯制作过程中的第 2、3 种情况的裂纹），都是与型砂受热膨胀有关；浇注前的型芯砂膨胀是醇基涂料燃烧引起的，裂纹是型（芯）砂受热时在不受阻方向上先产生线膨胀量，在砂型芯冷却过程中由于型（芯）砂收缩产生的拉应力大于型芯砂的抗拉强度引起的；浇注后的型（芯）砂膨胀是高温金属液热作用的结果，裂纹是型（芯）砂膨胀过程中由于受阻产生的压应力大于型（芯）砂高温抗压强度导致的。

金属液浇注后砂型（芯）因受热膨胀过程受阻产生的裂纹带动涂层开裂是铸件产生脉纹的根本原因。

解决铸件脉纹的根本措施是减小型（芯）砂受热时的膨胀量和使用防脉纹添加剂使型（芯）砂在受热膨胀过程中不产生压应力。