石墨型铸造钛铸件表面质量的提高

殷莹，薛芃，陈战考

摘要：特种石墨涂层与铸造技术相结合，成功地应用于钛合金铸造领域。概述了特种石墨铸造技术的特点，通过刷涂层的方法可有效改善铸件表面质量，消除铸件毛刺缺陷，并可增加石墨型的使用寿命。

关键词：涂层；焙烧；铸造；粘结剂

根据钛的物理化学和冶金特性，决定了对零件造型方法、造型材料要求的特殊性。作为钛铸造用造型材料和造型方法，当前国内外普遍采用机加工石墨型和熔模铸型。机加工石墨型是铸钛使用最早的造型方法和造型材料。由于其造型材料的性能特点，分型面选择不受限制，以及机加工石墨型浇注铸件质量的相对稳定性，而被国内普遍使用。一般普遍使用的石墨多为废电极石墨。

我公司机加工石墨型铸造钛合金铸件，制作石墨型所用的石墨多为废电极石墨，但其质量不稳定，经常可发现加工过的铸型表面存在孔洞、不致密等缺陷(见图1)，对铸件的表面质量造成严重影响。特别是制作型芯用的石墨型，若表面存在缺陷则影响到铸件的型腔内质量，难以经过后处理消除。为解决此类问题，我们通过一系列的试验摸索，寻找到一种工艺方式，能提高石墨铸型表面质量，以达到提高铸件表面质量的目的。

1. 工艺方案

在制作好的石墨型表面涂刷涂层，以填补石墨层上的孔洞，消除石墨不致密的缺陷。工艺分为以下几个步骤完成，将石墨型表面刷涂层和不刷涂层铸出的铸件对比，涂层不经过高温焙烧和经过高温焙烧铸出的铸件进行对比，然后得出结论。

目前，可以用于钛和钛合金铸造的耐火材料有石墨、部分金属（铸钢、铸铁、铸铜和难熔金属等），以及部分难熔化合物和氧化物。到目前为止，可以直接与液态钛接触的氧化物有ZrO_2、CaO、Y_2O_3、ThO_2及其他一些稀土氧化物等。其中氧化钇（Y_2O_3）是白色或淡黄色粉末，熔点是2410℃，理论密度5.96g/cm^3，氧化钇粉末经过电熔或煅烧处理后成为一种硬度很高的团块，电熔或煅烧过程中不发生晶型转变。这次我们选用对钛液很稳定的Y_2O_3氧化物作为涂料骨料，并采用钛铸件专用粘结剂。

2. 石墨型处理过程

按照图样对采购回来的石墨电极料进行机加工或者手工雕刻，石墨铸型加工完成后，装入真空除气炉进行真空除气，除过气的石墨型可以进行组型，浇注前放入电阻炉内预热。涂刷涂层可以在真空除气前完成，也可以在真空除气后完成，两者的区别在于涂层是否经过高温焙烧，我们分别对这两种情况进行了试验。

（1）涂层不经高温焙烧　在石墨型真空除气后涂刷涂层，涂层可以很好地保存，不会因真空焙烧过程中的搬运而损坏。但未经焙烧的涂层里含有部分有机物，在浇注时会对钛铸件产生影



图1　石墨型表面粗糙

响，因此不可大面积涂刷。

本次试验未采用铸件的铸型，而挑选了一件浇口杯进行试验。浇口杯已经过多次使用，内腔表面十分粗糙。对浇口杯内腔面进行了部分机加工，然后分别对机加工的部分和未加工的部分进行了涂刷（见图2），其余部分未经涂刷作为对比。

刷过涂料的石墨型先放进保温箱内进行烘干，使用前经过氧乙炔焰焙烧（见图3），达到涂层全部变为纯白色为止。

石墨浇口杯随炉使用，按现行工艺浇注出炉。浇口杯涂层区域未完全浇满，只有下部约50mm高充满金属，其余部分仅有薄薄的一层壳。

浇口杯内涂层情况如下：

1）涂层大部分黏结在金属表面，石墨型粘有少量涂层。说明涂层与金属的结合力比与石墨型的结合力要大。

2）充满金属液的区域，黏结在金属表面的涂层较易剥落；仅形成金属薄层的区域涂层黏结很紧，很难剥离。可能与涂层在高温下的烧结程度有关系。浇注后石墨型状态见图4。

3）有少量区域的涂层完全黏结在石墨铸型上，金属表面光亮，这是最希望达到的理想状态。

4）未进行车加工的区域：未刷涂层的区域金属表面十分粗糙，刷过涂层的金属表面较好（见图5左侧）。

5）经过机加工的区域：未刷涂料的区域金属表面手摸有毛刺，刷过涂料的区域金属表面手摸无毛刺（见图5右侧）。

（2）涂层经过高温烧结　石墨型制作好后，在真空除气以前涂制涂层，涂层经过烧结，强度有所提高，涂料中的有机物也可去除，会减少涂层与钛液的反应程度，获得良好的铸件表面质量。

选用LK60-08-425（II）泵盖进行试验。将涂料配制成合适的黏度，用毛刷将涂料均匀地刷在石墨型表面，然后放入350℃的保温炉内进行烘干（见图6），烘干后连同其他石墨型一起装入真空除气炉进行除气。

除气工艺：在真空下升温至900℃，保温4h，真空下冷却。经过真空焙烧的涂层呈白色，涂层与石墨型表面黏结很牢固，没有出现起皮、脱层等现象。

3. 工艺验证

将焙烧过的石墨型随同其他铸型一起组炉浇注，浇注TA2铸件（见图7），熔炼浇注工艺按现工艺执行。

浇注出的铸件及石墨型涂层情况如下：

（1）铸件表面整体良好，未出现任何粘砂、气孔等问题。

（2）与未刷涂料的铸件表面对比，刷涂料的铸件表面较光滑，没有毛刺。

（3）浇注后石墨型（见图

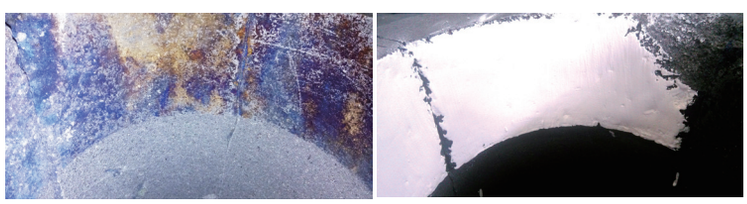


图2　浇口杯石墨型涂层

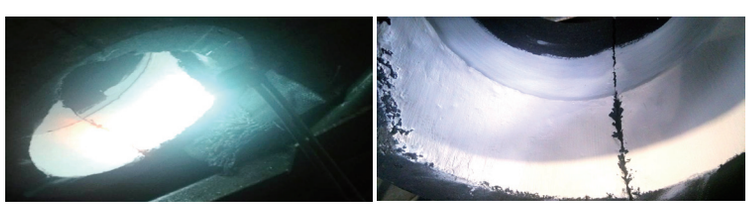


图3　涂层经过氧乙炔焰烤烧



图4　浇注后石墨型状态



图5　未刷涂料（左）和刷涂料（右）铸件表面



图6　在保温炉内烘干



图7　TA2铸件（左无涂层，右刷涂层）

缸套铸件缩松问题分析与改进

张红坎，缑鹏森

摘要：通过对铸造工艺和熔炼参数的修改，解决了缸套铸件的缩松问题，经过批量验证，该产品再没有出现由于缩松而报废的情况。

关键词：缩松；冷铁；碳含量；铸件

缩松缺陷是铸造最常见的主要缺陷之一。总体而言，铸钢件和球墨铸铁件缩松倾向大于灰铸铁件，但是，灰铸铁件内部一旦发生缩松就是一件很棘手的问题，因为灰铸铁件要检测出内部缩松缺陷除了使用RT检测外，最常用的UT检测是无法检测出来的，而做RT检测不但对铸件表面质量要求高、效率低、费用昂贵，且对检测人员有辐射伤害。为了降低检测费用、避免人身伤害及保证灰铸铁产品无内部缩松，本文对此进行了研究。

1. 产品参数及原工艺

铸件轮廓尺寸：657mm×475mm×373mm。

材质：HT300。

铸件毛重：268kg。

浇注重量：305kg。

浇注温度：1400℃±10℃。

浇注时间：22s。

浇注系统类型：开放式加过滤网。

生产方式：一箱一件。

我公司生产的内燃机缸套原铸造工艺如图1所示。

2. 典型缺陷与分析

缸套在交付客户后的小批量加工验证时发现了内部缩松问题，共加工16件，发现3件有内部缩松问题，报废占比18.75%。

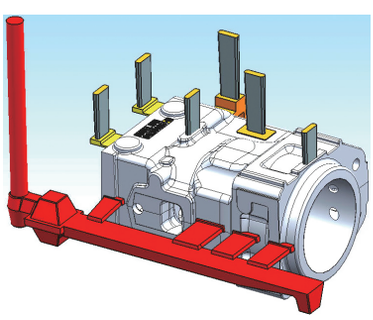


图1 缸套原铸造工艺

8）的涂层大部分仍黏结在石墨铸型上，并且被烧结。

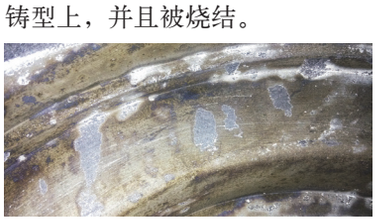


图8 浇注后的石墨型

4. 结语

（1）通过刷涂层的方法可有效改善铸件表面质量，消除铸件毛刺缺陷。

（2）涂层最好在真空除气前涂刷，铸件的表面粗糙度和涂层的平整度有很大的关系，可以用细砂纸将涂层表面打磨平整。

（3）刷过涂层的石墨型在浇注后不容易遭到破坏，可以增加石墨型的使用寿命。

参考文献

[1] 谢成木.钛及钛合金铸造[M].北京：机械工业出版社，2004.

[2] 周彦邦.钛合金铸造概论[M].北京：航空工业出版社，2000.

[3] 铸造工程师手册编写组. 铸造工程师手册[M].北京：机械工业出版社，1997.

作者简介：殷莹、薛芃、陈战考，西安泵阀总厂有限公司。

MW 20160728