

离心铸造薄壁缸套内外砂气孔解决办法

■ 吕凌, 肖璇, 王明泉

摘要: 找出离心铸造气缸套内砂气孔产生的原因, 提出控制办法, 防止气缸套内外砂气孔问题的发生。

关键词: 气缸套; 内砂气孔; 原因分析; 解决办法

1. 概述

离心铸造气缸套存在内外砂、白口、刺料、端面不平缺陷, 而气缸套内砂气孔属易发缺陷, 一旦产生多以批量形式出现, 给企业带来的损失很大。以日产50t铸件的中型铸造厂计算, 每出现一次批量内外砂缸套报废, 企业损失就会达到2万余元。我们经过大量的研究, 找到了离心铸造气缸套内砂气孔产生的原因, 并提供相应的预防措施, 希望能够帮助缸套企业有效

控制离心铸造气缸套内砂气孔的出现, 减少因气缸套在铸造过程中产生内砂气孔缺陷带来的损失, 从而提高产品质量。

(1) 气缸套坯件出现内砂气孔时的征兆形貌如图1、图2所示。

(2) 缺陷坯件经加工后内砂气孔的形貌如图3、图4所示。

2. 跟踪试验—内砂气孔

(1) 缸套内砂气孔产生的原因 我们观察发现, 当毛坯内



图1 STR缸套内孔出现的浮渣



图2 与浮渣对应的气孔

节, 反而容易引起局部石墨粗大现象。

(4) 合理调配生铁、废钢、回炉料的使用比例, 采用高温熔炼净化铁液, 有益于减少铸件上平面渣气孔缺陷。在满足铸件浇注成形且上平面不产生气孔的条件下, 适当降低浇注温度有益于防止石墨粗大缺陷。

(5) 根据不同的结构, 高牌号厚大截面灰铸铁件建议CE选择在3.65%~3.75%。

(6) 合金化对提高珠光体比例、细化晶粒, 以及抑制石墨

粗大有利。炉前适当添加碳化硅预处理剂(增加SiO₂晶核)有益于改善铸件各项综合性能, 获得铸造性能和可加工性能更优越的铸件。

(7) 使用SiBa孕育剂多次、大比例孕育促进石墨化, 对消除碳化物偏析和防止孕育衰退起到关键作用, 随流孕育方法在实践中应用对改善石墨形态效果良好, 不仅限于球墨铸铁使用, 灰铁厚大断面铸件也值得推广应用。

七、结语

生产高牌号厚壁铸件应做细做足各项细节工作, 优化铸造工艺, 提高冶金质量, 通过高温熔炼、低温浇注, 实施随流孕育等方法, 能够有效减少铸件上平面缩孔、渣气孔及石墨粗大现象。

作者简介: 吕贤枝, 张家港市罗铁机械设计制造有限公司, 铸造工程师。杨晓磊, 澳萨咖金属材料(上海)有限公司。

MW 20170612

孔出现图1、图2所示“浮渣”现象时，通过对内孔存在浮渣毛坯进行加工，发现与浮渣对应的点出现砂孔的概率达100%，“浮渣”凸出越多产生的砂孔越深，少部分缸套因“浮渣”凸出不明显会随加工余量去除掉。解决“浮渣”问题就解决了内砂气孔问题，表1是针对某型STR缸套浮渣问题寻求解决的试验方案。

从表1的跟踪试验结果看：浇注温度高、碳当量高、气缸套壁厚大时缸套内孔出现的“浮渣”现象明显减轻，同样的铁液，壁厚相对较厚的36D缸套内孔没有出现“浮渣”现象。而不同的孕育剂、材料配比、合金含量、模具温度等情况下缸套均出现约10%的“浮渣”现象，说明

孕育剂、材料配比、合金元素、模具温度不是形成缸套内孔浮渣的主要因素。

(2) 分析 为什么在同等条件下浇注的36D缸套内孔没有出现“浮渣”现象，而STR缸套内孔出现浮渣现象，它们唯一的差别在于两者的壁厚与水冷工艺不一样。具体见表2。

从表2可看出，STR缸套壁厚较薄只有8mm，虽然放水时间仅15s，但其冷却速度仍然较快。从表1总结可知浇注温度高、碳当量高、气缸套壁厚较大时，薄壁缸套内孔出现“浮渣”的现象减轻，这是因为三者跟渣气（浮渣）在气缸套内的行走速度有关，浇注温度高、碳当量高，气缸套壁厚大时气缸套的冷却速度

减慢，铁液的流动性增强，有利于渣气（浮渣）的排出，减少或消除渣气孔（浮渣）的出现，其自身也并不会产生渣气。



图3 STR缸套粗铰后内砂气孔



图4 STR缸套精磨后内砂气孔

表1 针对STR缸套内孔出现内砂的试验

序号	试验项目	试验办法	工艺参数				内孔浮渣出现情况
1	不同壁厚的STR缸套与锡柴36D缸套	同时浇注	36D缸套				毛坯厚13mm的36D缸套内孔未出现浮渣，毛坯厚8mm的STR缸套内孔出现浮渣
			离心机转速 /r·min ⁻¹	模具壁厚 /mm	模具喷涂前温度 /℃	毛坯内径 /mm	
			1400	15	300~400	104~106	
2	不同的孕育剂生产STR缸套	硅锆孕育剂	离心机转速 /r·min ⁻¹	模具壁厚 /mm	模具喷涂前温度 /℃	毛坯内径 /mm	毛坯内孔均出现浮渣现象
		硅钡孕育剂					
3	不同温度浇注STR缸套	1427℃ 1315℃	1400	15	300~400	117~118	1427℃毛坯内孔出现浮渣概率10%。1315℃后出现概率约30%
4	不同材料配比浇注STR缸套	50%废钢+50%生铁 50%废钢+50%铁屑					均出现浮渣现象
5	合金含量STR缸套	添加镍钼 不添加镍钼					均出现浮渣现象
6	不同模温控制STR缸套	300~400℃ 400~480℃					均出现浮渣现象
7	不同碳当量STR缸套	低碳					碳当量3.1%~3.2%时内孔出现浮渣概率约20%，碳当量3.3%~3.4%时出现浮渣概率约10%
		高碳					

表 2

品名	毛坯壁厚/mm	第一空转时间/s	放水时间/s	第二空转时间/s	出模温度/℃
STR缸套	8	50	15	70	685
36D缸套	13	50	70	70	683

从毛坯破坏试块（见图2）可看出，缺陷位置有夹杂物滞留，在铁液凝固过程中夹杂物释放气体，且气体撑开铁液后铁液在离心力与表面张力的作用下闭合，但因坯件壁厚薄、冷却速度快，此时铁液已进入糊状半凝固状态，不能流动补充气体出坯时留下的空穴，故在坯件破开后既看到夹杂物，同时也看到空穴，符合渣气孔形貌。“浮渣”是物质，它来源于哪里，不同的孕育剂、材料配比、合金含量、模具温度并没有对缸套内孔出现“浮渣”现象产生变量影响，因此它们不是产生“浮渣”的根本原因。

3. 跟踪试验二

（1）铸造涂料的影响 既然入炉的主材不存在问题，那么辅材涂料就存在最大的“嫌疑”。

我们对产生内砂气孔与未产生内砂气孔时的铸造涂料混制配方进行对比，见表3。

我们将两种涂料用同样的机台浇注STR缸套，每种涂料各浇注100只，试流发现使用2#涂料59只缸套内孔出现坚硬的球形“浮渣”，而1#涂料缸套无一例内孔出现“浮渣”，经精加工后2#涂料缸套内砂53只，1#涂料缸套内砂2只，由此断定内砂问题主要由涂料问题引起，见表4。

（2）分析涂料对渣气孔形成的机理 渣气来源于涂料，渣气孔在不同壁厚的产品中滞留的位置不一样，每个品种或多或少存在砂孔，且砂气孔的严重度取决于涂料的强度、发气量。涂料

的强度越高出现“浮渣”的概率越小，产生的缺陷越少；涂料的发气量越少，产生缺陷越少，相反则废品率越高。

铁液流动性、冷却速度、加工余量等因素，仅对缸套内孔出现内砂气孔现象产生一定的影响，但不是主要原因，在缸套行业中缸套内外砂气孔均有标准规定，说明缸套内外砂气孔是存在的，我们需要控制其存在的度和量，最好没有，即使存在也不能被目测到，哪怕存在也使其不影响使用。

缸套内外砂气孔影响因素不外乎涂料强度问题，球团土胶质价过低、石英粉粒度偏细是涂料失去强度的主因，是造成缸套产生内外砂气孔的根本原因。冷却速度、水冷时机决定渣气孔的滞留层，通过调整铁液冷却速度与

水冷时间，使“浮渣”滞留在被加工去除的层面。

4. 解决措施

（1）离心铸造涂料的强度主要依赖球团土，保证被使用的球团土胶质价在200~300mL/15g土，确保原材料在规定标准的合格状态下被使用。

（2）浇注温度控制在1360~1420℃为宜。

（3）生产中采用高含碳量， w_c 在3.25%~3.35%，增加铁液的流动性。

（4）采用合适的水冷强度和水冷时间，使气孔、渣质滞留在加工余量层内，被加工去除。

（5）铸件内表面不小于 $340\text{g}/\text{cm}^3 r$ 的有效重度。适当提高离心机的转速。可按 $1.3 \times 55200 / (rr_0)^{1/2}$ 设定，以减少内砂气孔的产生。

表3 铸造用涂料材料配比

名称	类别	材料配比					密度 / $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$	内砂废品率 (%)
		石英粉	硅藻土	滑石粉	球团土	洗衣粉		
1#涂料	重量/kg	300	45	20	100	3.5	1.58	3
	材料占比 (%)	64.0	9.6	4.26	21.34	0.75		
2#涂料	重量/kg	340	46	35	80	2.2	1.54	60
	材料占比 (%)	67.56	9.14	6.95	16.9	0.437		

表 4

STR缸套	总数/只	内孔浮渣/只	内砂气孔/只
1#涂料	100	0	2
2#涂料	100	59	53

5. 结语

通过采取上述措施对薄壁气缸套浇注进行控制，能显著降低薄壁气缸套出现的内外砂气孔现象，减少产品的废品率，降低产品成本。

作者简介：吕凌、肖璇、王明泉，江苏爱吉斯海珠机械有限公司。

MW 20170612