



船用气缸套云斑产生原因及防止措施

江苏爱吉斯海珠机械有限公司 (淮阴 223100) 陶晓明

船用柴油机气缸套, 由于其内孔大、壁较厚且外形复杂, 铸造毛坯除了经常出现的砂孔、渣孔和缩松外, 云斑也是普遍存在的铸造缺陷。为了提高船用气缸套的铸造质量, 必须防止云斑的产生。下面根据我厂多年生产气缸套的实践, 本人提出对云斑问题的看法和一些解决措施。

1. 云斑缺陷的特征

(1) 云斑分布的特点 直径大于 200mm 的船用气缸套易出现云斑, 一般云斑出现在气缸套内孔和外表面, 有时还出现在台肩端面 and 尾部。在内孔和外表面都有不规则的明暗相间的花斑状组织。云斑成块状, 大小不一, 小的 $7 \sim 8\text{mm}^2$, 大的 $90 \sim 100\text{mm}^2$ 。

(2) 云斑的组织特征 在云斑区中, 宏观上表现为两种特征: 即“白区”和“黑区”。黑区分布着许多短而粗的弯曲石墨, 石墨数量较正常部位明显增多。白区的石墨较少, 基体为珠光体和硬化相。

2. 云斑产生的主要原因及防止措施

云斑产生的原因比较复杂, 它是由多种因素交织在一起所致的后果。而其主要原因是大直径气缸套端面大、冷却速度较慢和共晶停留时间长等导致石墨畸变。

有关资料介绍, 铁液温度在 $1065 \sim 1171^\circ\text{C}$ 、平均冷却速度小于 $115^\circ\text{C}/\text{h}$ 时, 就会产生碎块状石墨。化学成分对云斑也有重大影响, 碳当量高, 出现云斑的几率增加且云斑面积大。另外, 残余孕育剂过高或分布不均匀, 在凝固过程中产生偏聚。而工艺条件也是影响云斑的重要因素。

因此, 为了消除云斑, 应改善气缸套的凝固条件, 采取合理的孕育处理工艺, 消除石墨畸变; 熔炼工艺中强化脱硫, 加强炉料管理; 铸型涂料要烘干等。具体解决方法如下。

(1) 设计合理的金属浇注模 应根据气缸套形状设计金属浇注模, 要基本保持模具壁厚一致性, 要有利于涂料在离心力作用下均匀分布在金属模内, 并避免产生热节。

(2) 制定符合要求的化学成分 合金铸铁的力学性能主要由铸铁中的组织(基体或石墨)决定,

而铸铁组织又由铁液的化学成分和铸型的冷却速度决定, 这就要求必须根据铸件的壁厚和它的力学性能要求来决定化学成分。

C、Si 均为石墨化元素, 一般灰铸铁在保证抗拉强度大于 250MPa 条件下, CE 应控制在 $3.7\% \sim 4.1\%$, 以获得良好的铸造性能和加工性能。CE 在上述范围内, 采用高 C、低 Si 铁液可获得良好的强度和端面均匀性。要控制铁液的碳当量, 若采用多加废钢, 需在熔化铁液中加入增 C 剂。对于感应电炉, 铁液温度过热, 炉衬中 SiO_2 还原为 Si 进入铁液, 造成铁液降 C 而增 Si, 从而使铁液成分波动, 因此在感应电炉熔炼铁液时要采取“高碳、低硅”。

为了提高气缸套的耐磨性, 增加其硬度、强度, 钒、钛的加入量要适量, 因钒、钛硬化呈网状分布在晶粒边界上, 数量过多会恶化力学性能与切削加工性能。

(3) 严格炉料管理 由于生铁在配料中占相当大的比例, 所以生铁质量的好坏对气缸套的质量影响较大, 因此首先要严格控制生铁质量。其次回炉料和废钢锈蚀必须清理干净, 按成分分类堆放、使用, 不可混杂, 以免有害元素混入炉内。

(4) 铁液的过热温度和静置时间 对大直径气缸套所浇铁液, 必须高温熔炼, 适温浇注, 以有利于石墨化, 防止白口。铁液出炉温度以 $1400 \sim 1480^\circ\text{C}$ 为宜, 浇注温度在 $1360 \sim 1400^\circ\text{C}$ 。在规定范围内适当提高铁液过热温度, 以提高气缸套断面上组织的均匀性, 由于有适当的过热温度, 能给铁液的孕育提供必要条件。但是, 高温静置时间过长, 会造成铁液成分波动太大, 石墨结晶核心溶解, 石墨可能很快生长、长大, 引起石墨形态恶化。感应电炉熔炼铁液, 高温静置时间不应超过 6min。

(5) 加强孕育处理的工艺措施 孕育处理的目的是为了消除白口倾向和减少过冷石墨, 所以一般采用石墨化孕育剂进行瞬时孕育, 出铁槽随流加入孕育剂。使用 75SiFe , 粒度 $2 \sim 4\text{mm}$, 加入量一般占铁液重量的 $0.1\% \sim 0.2\%$, 并制作容量为 $50 \sim$

100g 的孕育剂加入勺, 根据试样断口和炉前分析结果, 确定孕育剂加入量。当试样断口边角出现白口现象明显过大的情况时, 应停炉先倒出 10% ~ 15% 铁液, 然后加入经预热的新生铁块升温熔化。由于新生铁块所含的初生石墨能起到晶核作用, 可有效地消除白口现象。硅铁中含有微量 Al、Ca 时, 可以提高共晶团数的生成能力, 硅铁中应严格控制 $w_{Al} \leq 1.5\%$ 。孕育剂必须经过筛选, 为了减少降温, 排除孕育剂中的潮气, 使用前必须烘烤。为了获得最佳孕育效果, 处理后的铁液要尽快浇注完毕, 每包铁液一般不超过 3min, 否则孕育效果将会衰退。为了防止产生气孔, 在每包铁液的孕育剂中加入适量 $NaHCO_3$ 。但要注意当铁液温度不高时, 不宜采用二次孕育 (尤其是第二次将孕育剂加在铁液表面的工艺), 孕育后搅拌一定要充分。另外, 由于在铸件内硅量偏析没有一定规律, 所以云斑产生部位也没有规律。

(6) 要严格控制金属模模温 适当的模温可以防止涂料皸料, 改善铸件冷却条件。

(7) 选择开始喷水时间和喷水流量 开始喷水时间为从浇注完毕到铁液即将失去流动性的时间间隔, 以保证气缸套内层组织的细化; 选择合适的喷水流量, 以保证有足够的细化层厚度。应根据气缸套的浇注温度和铁液量确定开始喷水时间, 而喷水流量应根据气缸套壁厚和模温确定。

(8) 选择合适离心浇铸机转速 应在不致产生铸件成分偏析和加剧双向凝固的前提下, 将离心浇铸机转速适当提高, 以加快铁液中渣和气泡在离心浇注过程中的逸出速度。

3. 结语

(1) 云斑区石墨呈不规则密集分布, 云斑中石墨数量较正常部位明显增多。

(2) 残余孕育剂的偏聚是产生船用气缸套云斑缺陷的主要原因。

(3) 防止船用气缸套产生云斑缺陷的方法: 保证铁液的化学成分及孕育处理的铁液温度符合工艺要求; 严格控制孕育剂加入量和粒度; 确定合理的熔炼工艺和浇注工艺。 (20030910)

(上接第 69 页)

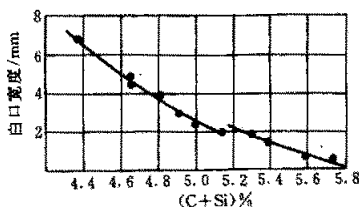


图 2 白口宽度与 (C+Si)% 的关系

(3) 看三角试块断面组织粗细、致密均匀程度 从三角试块断面里外组织上的差别, 不但能看出铁液碳、硅含量的高低, 而且可以判断铁液对壁厚敏感性的关系 (见表 2)。

表 2 三角试块断面组织与断面敏感性的关系

断口特征	断面敏感性	图示
里外均匀, 晶粒细小	碳当量不太高, 孕育良好, 壁厚敏感性小	
里外不均、内部晶粒粗大	碳当量高, 壁厚敏感性大	

4. 三角试块的白口宽度与铸铁牌号的关系

表 3 是我们根据多年的生产实践总结出来的白

口宽度与普通灰铸铁各牌号间的关系, 可供参考。使用时, 必须同时注意白口宽度与断口特征才能正确估计铸铁的力学性能。

表 3 铸铁牌号与白口宽度的关系

铸铁牌号	HT200	HT250	HT300	HT350
孕育后白口宽度/mm	2~6	3~7	6~10	8~15

5. 炉前调整化学成分

用观察三角试块白口宽度的方法来调整化学成分, 简单迅速, 整个过程大约 3min 左右就可得出结果。如果经三角试块检查, 白口宽度过大, 说明碳、硅含量太低, 可向铁液中补加促进石墨化的 FeSi75 合金进行孕育, 减少白口宽度; 如白口宽度过小, 说明碳、硅含量太高, 铸件的强度及硬度可能不够, 补救的办法是当铁液温度高时, 可在铁液包中加入适量的锰铁孕育, 增加白口宽度。不过, 以加入锡 ($w_{Sn} < 0.1\%$)、铋 ($w_{Bi} < 0.60\%$) 等效果最明显。如果温度不高, 则降级使用。

三、结语

目前, 炉前测试化学成分的方法有多种, 但三角试块法在铸铁厂仍普遍被使用, 因为该方法简便迅速, 并有一定的准确性。 (20030816)