炉前三角试块法测试铸铁化学成分

天长缸盖有限公司技术部 （安徽 239300） 陈文标

铸件的材质直接决定其使用性能，化学成分是影响材质的主要因素，而炉前化学成分的准确判断，可以确定孕育剂的加入量并检查孕育效果，避免浇注后铸件性能不合格而出现废品。

一、灰铸铁件的成分

灰铸铁的化学成分主要是碳、硅、锰、磷、硫五大元素，它们含量的多少是决定铸件力学性能和铸造性能的主要因素。

碳：是铸铁中生成石墨的基础。铸铁中含碳量越多，析出石墨量越多，铸铁性能降低。

硅：是促进石墨生成的元素。硅量增加则促使析出石墨增多，降低铸铁力学性能。

锰：阻碍石墨析出。在 $w_{Mn}=0.5\%\sim1\%$ 范围内，增加锰量，有利于强度、硬度的提高。

磷：能增加铁液的流动性和铸件耐磨性，但含量高时，增加了铸铁的脆性，以控制 $w_P<1\%$ 为宜。

硫：降低铁液流动性，增加铸件热裂倾向，是铸件中的有害元素，其含量应越低越好。

二、三角试块控制

1. 三角试块法的原理

由于三角试块截面呈三角形（见图 1），厚薄不等，因此冷却速度不一样。尖端薄，冷却快，铁液结晶时易得到白口组织；底部厚，冷却慢，容易呈灰口；在两者之间存在麻口组织。一个三角试块可以反映一种化学成分在不同壁厚的组织情况，如果改变化学成分，则三角试块的断面组织情况会随之改变。当冷却速度、铁液过热温度、浇注温度均不变时，凡是促进石墨化的元素如碳、硅增多，三角试块的白口宽度会变小。相反，阻碍石墨化元素如锰、硫增多，三角试块的白口宽度会加大。白口宽度的变化，实际上反映了铁液化学成分的变化，尤其是对石墨化能力比较强的碳、硅的变化反映比较灵敏，所以可以用它来粗略地检查铁液的碳、硅含量。

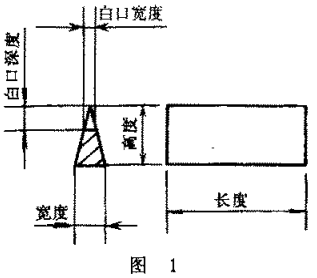

图 1

2. 制备三角试块

（1）最好使用干型浇注。因为湿型浇注试块，激冷作用强，白口宽度偏大。

（2）掌握合适的淬火速度。当水强烈沸腾时，说明入水速度太快。若有微小沸腾并有吱吱声，则表明入水速度合适。

（3）取样勺必须深入铁液包内作适当搅拌，一则可以预热取样勺，二则可使成分均匀。

（4）每次取出的铁液量应大致相同，以免由于浇注温度波动而影响白口宽度。

根据不同铸件壁厚，应选择不同尺寸的三角试块（见表 1）。

表 1 三角试块尺寸 （mm）

编号	高度	宽度	长度	应用范围
1	25	12.5	120	一般壁厚的灰铸铁
2	40	20	120	中等壁厚的灰铸铁
3	50	25	150	厚壁件
4	100	50	180	厚壁件

一般在相同条件下，一定牌号的铁液对应着一范围的白口宽度。

3. 三角试块的判断方法

（1）测三角试块的白口宽度 由于不易准确测量白口深度，所以都以测量白口的宽度为准。

根据三角试块的白口宽度，可以判断出铁液的碳、硅总量的高低，它们的关系如图 2 所示。

（2）看三角试块的断口颜色 三角试块断口层的颜色有黑、灰之分。碳高时，断口灰口层颜色发黑，结晶粗；碳低时，试块灰口层颜色浅，中心结晶细。

（下转第 71 页）

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 $w_{Al} \leqslant 1.5\%$。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跳料，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。热　（20030910）

（上接第69页）

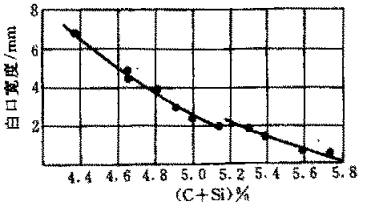

图2　白口宽度与（C+Si)%的关系

（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大小（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（$w_{Sn} < 0.1\%$）、锑（$w_{Sb} < 0.60\%$）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。热　（20030816）