

如何提高船用柴油机机体球化率

宋新良, 马 骥

(中国北车大连机车车辆有限公司, 辽宁 大连 116022)

摘 要: 针对船用柴油机机体球化率要求高的特点, 从原材料的选用、球化处理、孕育处理、球墨铸铁的球化衰退控制等几方面就如何提高船用柴油机机体球化率进行了分析。指出: 球墨铸铁的生产过程比较复杂, 必须在各个环节按规范操作运行, 才能保证铸件的质量。

关键词: 船用柴油机; 机体; 球化率

中图分类号: TG255 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2013)06-0044-03

How to Improve the Nodularity of Marine Diesel Engine Block

Song Xinliang, Ma Ji

(Dalian Locomotive and Rolling Stock Co., Ltd., CNR Group, Liaoning Dalian 116022)

Abstract: Aimed at high nodularity of marine diesel engine block, analysis was carried out on how to improve the nodularity from the aspects of material, spheroidization, inoculation, as well as nodularity fading of nodular cast iron. It is pointed out that nodular cast iron has complex production process and every procedure should follow the operation rules to ensure the quality of casting.

Keywords: marine diesel engine; engine block; nodularity

0 引 言

船用柴油机机体是较大型的球墨铸铁件, 球墨铸铁(简称“球铁”)问世已经 50 多年了, 因其性能范围大, 其应用范围也不断扩大, 已取代了不少可锻铸铁(简称“可铁”)件和碳钢件、甚至合金钢件。近年来, 由于球铁生产技术的进步, 球铁的可靠性不断提高, 用铸态高韧性球铁代替黑心可锻铸铁, 因不用热处理, 可大大缩短铸件的生产周期, 降低铸件成本, 其力学性能也明显地优于可铁。原来汽车、拖拉机上用的可铁件已被球铁件所取代, 还有一些原来用可铁材质的铸件也可以改为球铁件。

在球墨铸铁的生产过程中, 球化率是金相检验的一项重要, 如果铸件能得到好的球化率, 那么相应就会有好的机械性能和物理性能, 所以控制球墨铸铁的球化率是非常必要的。因为铸造行业有着不确定性和突发性的特点, 所以对于球化率的控制也

有相当大的难度。特别是柴油机机体, 对球化要求很高, 要求球化率都在 90% 以上, 所以控制球化率是柴油机机体生产的重要环节。

1 球化与孕育机理

经 Mg 处理过的铁水形成石墨球的形核质点 MgS 和 CaS, 而这些形核质点是石墨球的初始反应物, 在这些形核质点的表面覆盖显微夹杂物, 主要是一些硅酸盐等。在球化反应中, Mg 和铁水中的氧化元素是反应物, 而孕育剂属于催化剂, Mg 形成球化质点后, 孕育剂就开始起到使石墨长大, 并使石墨球圆整的作用。由此看来球化和孕育是紧密联系的, 孕育处理并没有增加石墨球数, 但在球化反应中起到了使石墨生长并圆整的作用。

2 原材料的选用

在铸铁熔炼过程中, 原材料是最重要的因素,

收稿日期: 2013-03-19

作者简介: 宋新良(1958-), 男, 工程师, 主要研究方向为柴油机铸造和质量管理, E-mail: dlsxl5812@163.com。

每炉球墨铸铁的铁液 85% ~ 95% 的含量是生铁，所以生铁是铸铁熔炼中最重要的原材料。原料生铁是生产各种铸铁的基础，因而研究原料生铁对铸件品质而言意义重大。我国幅员辽阔，各地用于铸造的原料生铁也多种多样，原料生铁中的组织、微量元素及缺陷的影响，在铸造过程中会有部分或者全部在铸件中显现。在实际生产中，人们发现由不同产地同牌号原料生铁配制同牌号铸铁，即使在熔炼工艺完全相同的情况下，其组织和性能往往有很大差异，通常将这种现象称为铸铁遗传性。所以在生铁的选用上，要尽量对市场进行足够多的调研，对生铁生产厂家的冶炼能力，管理水平进行了解。选择好的厂家是保证生铁质量稳定性的前提。

对于要求较高的铸件选用球铁专用生铁 Q16 生铁，品级为一组一级一类，当然也可以选用 Q10 和 Q12，这样 Si 和 C 的配用量要大一些；并且生铁的选用要选择反球化元素少一些。如表 1 所列出是生铁的牌号和成分。

表 1 生铁的级号和成分

铁种		球墨铸铁用生铁		
牌号		Q10	Q12	Q16
Si		≤1.00	>1.0 ~ 1.4	>1.4 ~ 1.8
化学 成分	Mn	一组	≤0.2	
		二组	>0.2 ~ 0.5	
		三组	>0.5 ~ 0.8	
	P	特级	≤0.05	
		一级	>0.05 ~ 0.06	
		二级	>0.06 ~ 0.08	
		三级	>0.08 ~ 0.1	
	S	特类	≤0.02	
		一类	>0.02 ~ 0.03	
		二类	>0.03 ~ 0.04	
		三类	≤0.08	≤0.05

生铁选用后要对其进行质量跟踪，首先是每批生铁的表面质量和基本元素含量化验，并且定期对生铁的合金元素含量 Mo、Cu、Cr 和微量元素 Pb、Co 等反球化元素抽检。建立完整有效的原材料管理体制，以控制产品质量。

另外除生铁外，球化剂和孕育剂也是比较重要的原材料，也要保证其质量和稳定性。特别是球化剂，Mg 含量必须在 7% 以上，并且含量稳定，以便控制球化剂加入量和铸件的参与镁量。

3 球化处理

铁水熔炼第一步是保证炉前成分。在熔炼工艺确定的前提下，要保证炉前成分在熔炼工艺范围

内，并且 C 当量和 Si、C 比必须保证合理。在球化反应中 S 是主要反球化元素，要达到好的球化率就要将铁水的 S 量控制在一定范围内，一般电炉熔炼 S 控制在 ≤0.05%，如果有特殊要求，对铸件进行脱 S 处理，应将 S 控制在 ≤0.02%。球化原理是利用球化元素抵消铁水中的干扰元素以减少石墨的球化阻力，同时要保证反应结束后有一定量的残余稀土和残余 Mg 含量，可以防止球化的衰退。

在球化反应中对 Mg 和 RE 加入量的控制尤为重要，除要计算出 Mg 与 S 反应量，还要计算出在球化反映中损失的 Mg 量 (S+Mg→MgS, Mg+O→MgO 所形成的气体升华等)。一般冲入法 Mg 的吸收率为 30% ~ 50%，而控制残留 Mg 的含量在 0.04% ~ 0.05%。

(加入 Mg 量×吸收率) - (反应量) = (残留 Mg 量)。

根据此公式可计算出根据球化剂的含量相应 Mg 的加入量，见表 1。

表 2

原铁液 S	<0.02%	0.02% ~ 0.04%	0.04% ~ 0.06%
加 Mg 量	0.10%	0.10% ~ 0.12%	0.12% ~ 0.15%

同时要保证 RE 的残余量，因为稀土元素可以对石墨球起到保护作用，减轻球化衰退。但是，残余稀土量过高对于薄壁铸件易产生白口倾向，大型厚壁铸件易产生灰斑(碎块石墨)且容易产生氧化夹渣。选用球化剂时根据铁水的含 S 量和反球化元素含量选择合适的球化剂牌号和合适的加入量，当反球化元素总量 (Ti. Cr. Sn. V. Sb. Pb. Zn 等) < 0.1% 时，可用纯 Mg 做球化剂。但是，由于现在采用的生铁很难达到，所以一般采用稀土镁硅铁作为球化剂。稀土元素可以用于抵消反球化元素，残留 RE 量在 0.02% ~ 0.04%。

现在球化处理的方法常见的有盖包法、冲入法、喂丝法。盖包法和喂丝法效果较好，但操作困难，工作效率低，而且成本也较高。一般在生产要求较高的铸件上使用，由于冲入法操作简便，并且成本也较低。所以，一般情况下选用冲入法。

在盖包法球化处理过程中有几点重要因素要控制好：

(1) 材料的加入量 材料的加入量主要是指球化剂和孕育剂的加入量，在上面已经提到了球化剂加入量的确定方法。

(2) 装包 利用冲入法球化，球化剂应装在堤坝包底的一侧(粒度为 15 ~ 30 mm)，并且要覆盖硅铁(粒度等于或小于球化剂)，操作过程中要注意

捣紧并要覆盖好,再用铁板或钢板覆盖。这样可以使球化剂均匀地反应。

(3) 出铁处理 出铁处理时,球化处理的最后一个步骤,也是人为影响较大的环节,就是操作者的手法,电炉起翻向包里翻铁水时一定要控制好,必须将包嘴对准装载球化剂的另一侧冲入,以避免球化剂过早开始反应。在处理过程中,应保证铁水开始反应到反应结束的时间,1t 以下的铁水一般应保证反应时间在 1 min 以上,1~2t 铁水应在 1.5 min 以上。2t 以上铁水应保证反应时间在 2 min 以上。

球化处理结束后,就可以扒渣浇注,这段时间要尽量的短,避免球化和孕育的衰退。

4 孕育处理

以前的球铁生产,一般将球化和孕育处理同时进行,但随着我国铸造技术水平的提高,孕育方法也不断进行改进;也可以在球化结束后,在包内浮硅孕育,在浇注过程中随流孕育或者在型内进行随流孕育。

包内孕育一般采用 FeSi75,加入量根据炉内硅和终硅量确定,一般加入量在 1.0%~1.4%。一般球化处理 FeSi 吸收率为 90%。球墨铸铁的处理采用高 C 低 Si,并进行强化孕育。

大型铸件和要求较高的铸件要进行二次孕育,由于型内孕育容易带入熔渣,浮硅孕育效果差一些,所以一般采用随流孕育。二次孕育一般采用 BaSi 孕育剂。

在机体的铁水处理过程中,提高球化率还有一个重要的环节,就是增加随流孕育。随流孕育经过多方实践证明对石墨的圆整度和机体组织的均匀性都有相当大的帮助,而且许多生产厂家都采用这种方式。所以对要求较高的铸件,随流孕育是必不可少的环节。随流孕育一般加入量在 0.1%~0.2%。

5 球墨铸铁球化衰退的控制

球化和孕育处理过的铁水,如果待浇注的时间过长,则很容易产生石墨球形状恶化,这就是常说的球化衰退。球化衰退一般与两种因素相关,即镁衰退或孕育衰退。重要的是要分辨出衰退的原因。

(1) 镁衰退的影响

当镁从铁水中损耗(即:夹渣、耐火材料、蒸发)时,随着时间的延长,会使球化能力逐渐丧失。这是典型的铁水中残留 Mg 含量过少,或者是由于从周围环境中吸进了 S 或 O,从而逐步消耗了残留 Mg,残留 Mg 量不足,就会出现蠕虫状石墨。

(2) 孕育衰退的影响

孕育处理后,如果铁水待浇注的时间太长,则孕育效果将会逐步衰退。根据孕育剂种类和加入量的不同,石墨球数量将不同程度地减少,石墨球的形状也在恶化。当发现球化衰退时,对于操作人员来说,最为重要的是找出原因,即是镁衰退还是孕育衰退,因解决这两种衰退的措施有时是截然不同。

(3) 防止镁衰退的措施

对于引起形成蠕虫状石墨的镁衰退,可采取如下措施克服:

① 增加球化剂的加入量,使残留镁或稀土含量得到提高;

② 避免铁水温度过高或保持时间过长;

③ 使用更纯的炉料或添加剂,降低原铁水的含硫量;

④ 改善撇渣工艺,以防止回硫;

⑤ 避免铁水过多暴露于空气中,以防止残留镁的氧化;

⑥ 使用含稀土的孕育剂来补偿镁的损失。

(4) 防止孕育衰退的措施

对于引起形成不规则石墨形态和石墨球数量降低的孕育衰退,可以采取如下措施加以克服:

① 使用更加强力的和抗衰退的孕育剂或增加孕育剂的加入量;

② 避免将铁水保持在高温或保温时间过长;

③ 使用强力孕育剂进行二次孕育;

④ 有时候,形成不规则石墨球和低石墨球数是由于过量的残留 Mg 或球化剂加入过量引起的,此时降低镁加入量可以改善球化率。

6 结束语

球墨铸铁的生产过程比较复杂,不但石墨球的形核过程复杂,而且对原材料的质量和稳定性要求较高,人为操作因素也要考虑在内,所以球墨铸铁的生产,必须在各个环节按规范操作,才能保证铸件的质量。通过大量的试验证明,以及对上述要素的控制,柴油机机体球化率得到较好的提高。

参考文献

- [1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 周继扬. 球状石墨的行核与孕育[J]. 现代铁. 2002, (3):7-11.
- [3] 边秀房,刘相法,马家骥. 铸造金属遗传学[M]. 济南:山东科学出版社. 1999.
- [4] 杨华,孙益民. 原料生铁与铸件组织遗传性研究[J]. 钢铁研究学报,1999, (6):53-55.