

# 球化剂成分对汽车球铁件健全性的影响

盛 达

(清华大学机械系, 北京 100084)

**摘要:** 汽车用球铁件在球墨铸铁生产中占有重要地位, 本文提供了在已确定的生产工艺和原材料条件下, 球化剂的成分对汽车用球墨铸铁件健全性影响的研究, 结果表明适当的调整球化剂中的镁和稀土量能对球铁件的缩松的大小进行控制以确保铸件的健全性。

**关键词:** 汽车; 球铁件; 球化剂; 镁; 稀土

汽车铸件产量随着汽车生产的发展而快速增长, 在 2003 年产量已达 340 万吨, 约占我国铸件产量的 17%。而汽车中球墨铸铁件一般都是关键件和保安件, 它在汽车铸件中所占的比重也逐渐提高, 因而汽车用的球墨铸铁件产量也大幅度增长。虽然 1997~2003 年间我国汽车产量年均增长率为 36.5%, 2003 年已达 4443522 量, 但人均拥有量与美国、日本、德国相比存在巨大差距。2003 年美国、日本、德国、中国的汽车人均拥有量分别为 0.042 辆、0.08 辆、0.066 辆和 0.00346 辆<sup>[1]</sup>, 因此我国汽车用球墨铸铁件仍有很大发展空间。

球化剂是影响所制取的球墨铸铁件健全性的重要因素之一。我国某球化剂生产厂应韩国用户要求要生产一批球化剂, 用这批球化剂生产的球铁除了成分性能要达到要求以外, 还要对某些铸件(如曲轴联轴节等)的健全性适当控制。对这些铸件要进行 X-射线检查, 依照日本标准 JIS G0581 结果分为三级(见表 1), 铸件检查结果为 A 和 B 级判定合金合格, C 级则判定合金不合格。

表 1 X-射线检查结果分级

级别	特征	
A	X-射线检查铸件, 其断面无缩松缺陷	图 1a
B	X-射线检查铸件, 其断面非主要部分有缩松缺陷	图 1b
C	X-射线检查铸件断面, 在有效(关键)部位有缩松缺陷, 缺陷放大 100 倍, 其尺寸 >20~30mm	

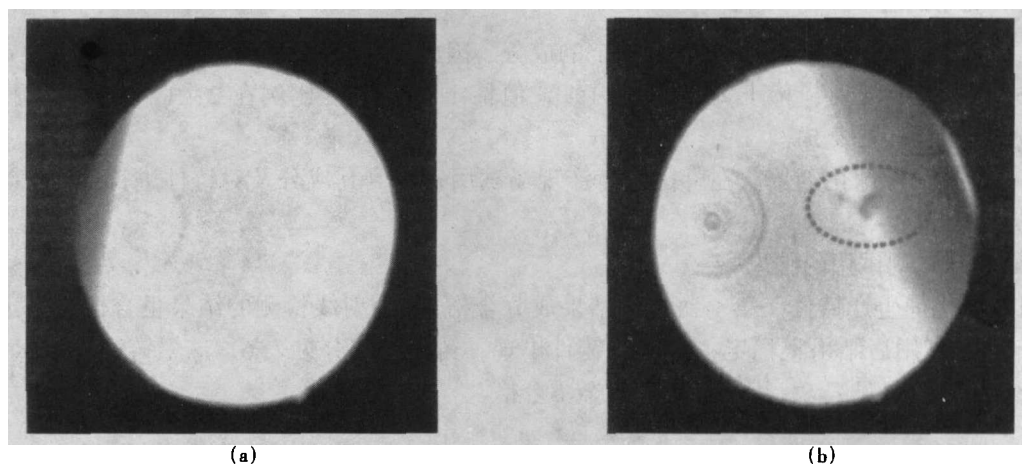


图 1 X-射线检查图谱

## 1 试验安排

工厂生产球墨铸铁的工艺和设备均已确定, 仅合金成分可作适当调整, 但球化剂中的含镁量应在 5% 左右。为此试验研究分为二部分: 试验室试验和现场试验。

### 1.1 试验室试验<sup>[1]</sup>

试验室试验在福州大学铸造试验室进行, 主要是初选球化剂成分及确定球化剂中氧化镁的影响。主要试验结果见表 2 和表 3。

表 2 球化剂的化学成分%

No	Mg	RE	Si	Ca	Fe	MgO	MgO/Mg
1	5.6	1.65	44.10	1.95	余量	0.55	0.0982
2	5.8	1.85	44.10	1.85	余量	1.0	0.1724
3	5.95	2.00	44.00	1.90	余量	1.55	0.2605

表 3 氧化镁含量不同的球化剂球化处理结果

No	加入量 (%)	温度 (°C)	反应时间 (s)	$\sigma_b$ (Mpa)	$\delta$ (%)	$a_k$ (J/cm <sup>2</sup> )	HB	$\psi$ , 体收缩率 (%)
1	1.3	1520	45.2	332.0	3.5	17.60	147	2.0
	1.5	1500	70.2	462.2	14.9	86.80	215	1.7
	1.7	1500	78.8	480.9	18.69	96.70	158	3.5
2	1.3	1500	46.0	305.2	3.6	19.20	187	2.2
	1.5	1510	44.8	341.5	4.35	25.3	175	1.3
	1.7	1520	39.2	445.7	8.2	33.25	173	1.5
3	1.3	1520	31.2	90.4	0.70	8.75	133	0.7
	1.5	1500	38.8	88.4	0	6.65	187	0.9
	1.7	1510	60.5	368.6	5.2	22.95	143	1.6

结果表明用球化剂 1 得到良好的球墨铸铁, 球化剂 2 和 3 分别得到的是蠕墨铸铁和灰口铸铁。因此控制球化剂中的氧化镁含量是非常重要的, 氧化镁含量应用  $MgO/Mg \leq 0.1^{+0.02}$  来控制。

### 1.2 生产现场试验

工厂要求球铁成分必须达到表 4 中规定的成分, 因此根据试验室试验结果, 选定球化剂中镁含量在 4.5~5.5% 中变动, 稀土为 1.9~2.1%, 但稀土中 La/Ce 比例在 2:1~1:2 范围内变动,  $MgO/Mg \leq 0.1^{+0.02}$  (见表 5)。

I、II、III 三种球化剂依次在韩国的生产现场试用, 检测其成分及对铸件进行 X-射线检查, 判断合金是否合格。

#### 1.2.1 I 型球化剂试用的结果

用 I 型球化剂生产铸件, 第一次试用结果成分合格, X-射线检测的结果也合格, 未出现 C 类铸件。但重复试用后结果不稳定, 有 C 类铸件出现, 铸件的成分见表 6, 球墨铸铁的组织见表 7, X-射线检测的结果见表 8。因此判定此合金不合格。

表 4 球铁中允许的成分范围 (%)

元素	Mg	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Ti	V	Mo	Sn
含量(%)	>0.03	3.0-4.0	2.5-3.2	0.2-0.6	<0.05	<0.05	<0.05	<0.5	<1.0	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

表 5 试验用球化剂成分 (%)

球化剂编号	元素 含量(%)	Mg	Ca	RE*	Si	Al	MgO
I		4.5-4.7	2.1-2.3	1.9-2.1	44-47	0.3 <sub>max</sub>	<0.3
II		4.8-5.0	2.1-2.3	1.9-2.1	44-47	0.3 <sub>max</sub>	<0.5
III		5.0-5.4	1.3-1.7	1.7-2.1	44-48	0.3 <sub>max</sub>	<0.5

\*在稀土中 La/Ce 在 2:1—1:2 之间变动,并确定最佳值是 La/Ce = 1

表 6 球铁中成分 (%)

元素	Mg	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Ti	V	Mo	Sn
含量(%)	0.03	3.75	2.14	0.56	0.02	0.01	0.02	0.81	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02

表 7 球墨铸铁的组织

球铁牌号	石墨尺寸(μ)	球化率(%)	球铁基体	硬度 HB	注
FCD70C-A	10-60	90	珠光体	267	合格

表 8 X-射线检测的结果

检查铸件数	A 类	%	B 类	%	C 类	%
206	103	50	98	47.6	5	2.4

### 1.2.2 II、III型球化剂试用的结果

II、III型球化剂调整了球化剂中的含镁量及稀土中 La/Ce 的比值,试用后,成分、组织均合格,并有很大改进,X-射线检测结果均无 C 类铸件出现,但 III型球化剂比 II型球化剂更稳定,X-射线检测的结果 A 类铸件所占比例较高。铸件的成分见表 9,球墨铸铁的组织见表 10,X-射线检测的结果见表 11,部分铸件的 X-射线检测的结果见图 2。

表 9 球铁中的成分 (%)

元素	Mg	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Ti	V	Mo	Sn
含量(%)	0.036	3.38	2.36	0.59	0.02	0.01	0.02	0.83	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02

表 10 球墨铸铁的组织

球铁牌号	石墨尺寸(μ)	球化率(%)	球铁基体(%)	硬度 HB	注
FCD70C-A	10-60	90	铁素体 0.5-1.0 珠光体 余量	267	合格

表 11 X-射线检测的结果

序号	所用球化剂	检查铸件数	A 类 %		B 类 %		C 类 %	
1	Ⅱ	211	53	25.1	158	74.9	/	/
2	Ⅱ	327	39	11.9	288	88.1	/	/
3	Ⅲ	1570	561	35.7	1009	64.3	/	/

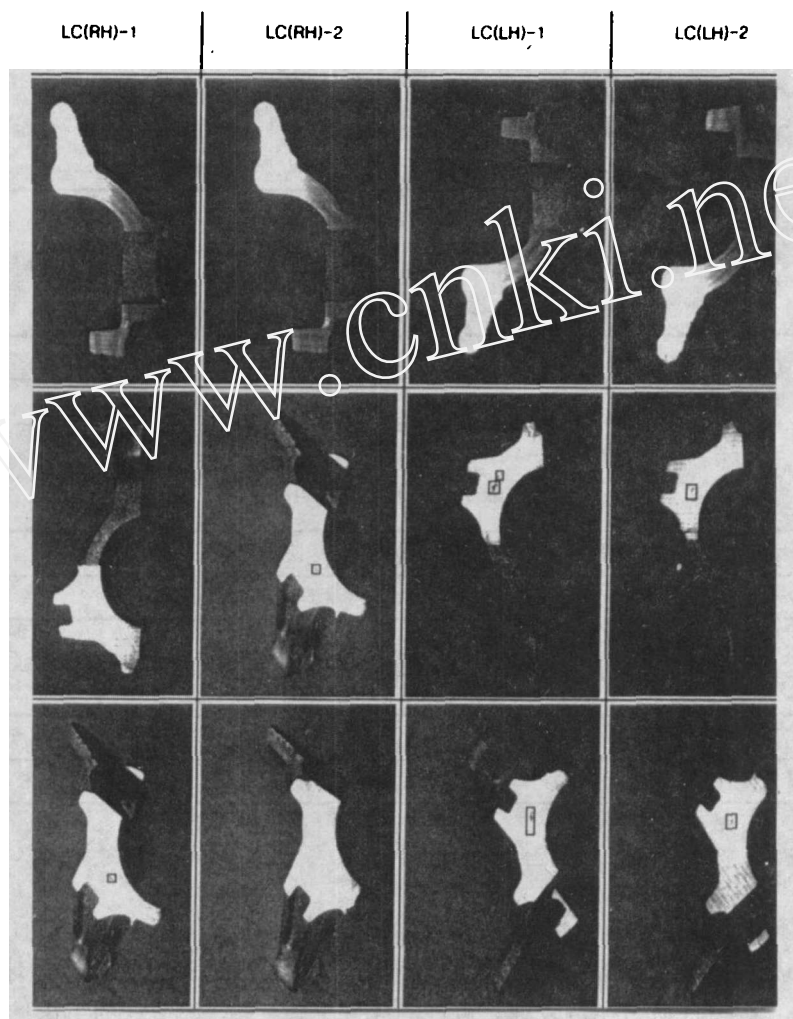


图 2 X-射线检测结果

### 3 结果与讨论

试验对球化剂中的氧化镁进行了控制,对含镁量和稀土中的 La/Ce 比值分别进行了调整。试验结果表明,球化剂成分对铸件收缩状况是有影响的。如用球化剂 I 制取的球铁含镁量处于允许成分的临界处,因此表现出不稳定性,对铸件 X-射线检测的结果,有 C 类铸件缺陷出现;而球化剂 Ⅱ、Ⅲ制取的球铁含镁量均稳定高于允许成分,加上对稀土也作了控制,因此铸件的缩松状况均在允许范围之内。从表 3 可看出,用同一种球化剂制取的球墨铸铁成分组织都在合格范围之内,球铁的体收缩率可以有所不同,二者相差可达一倍左右(1.7%/3.5%)。这是由于石墨化效果不同而造成的,石墨化充分,由石墨化引起的体膨胀可抵消一部分体收缩,球化剂的加入量和孕育的效果也都会对铸件的收缩状况产生影响。

## 4 结论

(1)必须控制球化剂中的氧化镁含量,过量将导致球化处理失败,为了确保球化处理成功必须使  $MgO/Mg \leq 0.1^{+0.02}$ 。

(2)用相同处理工艺、不同球化剂制取球铁,球铁的体收缩不同,球化剂中的镁和稀土都对铸件的收缩状况有一定的影响。在所试验的球化剂中镁的影响是主要的,稀土影响次之。

(3)在相同处理工艺条件下,用同一种球化剂制取球铁时,球化剂加入量不同时,所制取的球铁的体收缩也不相同。

### 参考文献:

- [1] 周亘. 球墨铸铁缩孔缩松问题的探讨, 2005 年中国铸造活动周论文集, P. 46 - 66, 2005 年 8 月, 沈阳
- [2] 盛达. 中国球墨铸铁现状与发展前景, 2005 年中国铸造活动周论文集, P. 75 - 78, 2005 年 8 月, 沈阳