DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.09.020

灰铸铁铸件硬度偏低的影响因素

刘德旺,姜建柱
(陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造分公司,陕西 宝鸡 722409)

摘　要:结合铸造生产实践,从灰铸铁配料,合金化及控制开箱时间 3 个方面入手,依据金相组织及铸件本体硬度检测结果,分析了造成灰铸铁件批量硬度偏低形成的主要原因。通过采用调整炉料配比,用碳化硅进行铁液预处理以及用锡铁进行合金化处理等工艺措施,有效改善了铸件金相组织,提高了灰铸铁件硬度。结果表明,灰铸铁配料中使用 20%～50%的回炉料、部分含有铬元素的废钢,并使铸件锡含量调整至 0.04%～0.06%,能稳定生产出合格硬度的灰铸铁件,提高了铸件品质。

关键词:硬度;合金化处理;微量元素;孕育;开箱时间

中图分类号:TG113.25　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)09-0965-03

Influence Factors of Low Hardness of Gray Iron Castings

LIU Dewang, JIANG Jianzhu
(Foundry Branch, Shaaxi Fast Auto Drive Group Co., Ltd., Baoji 722409, China)

Abstract: Based on the practice of casting, the test results of metallographic structure and body hardness of cast iron were obtained from the three aspects of ingredients, alloying and controlling the time of opening sand mould, the main reasons of low batch hardness of gray cast iron were analyzed. The microstructure and hardness of gray cast iron were improved by adjusting ingredients ratio, treating molten iron with silicon carbide and alloying with tin iron. The results show that 20%~50% of the return ingredients and some scrap steel containing chromium elements are used in the gray cast iron, and the tin content of the casting is adjusted to 0.04%~0.06%, which can produce qualified gray cast iron with stable hardness and improve the casting quality.

Key words: hardness; alloying; microelement; inoculation; opening time

1　生产设备

熔化设备:3t ABP 中频感应电炉 / 半自动浇注机。

造型设备:KW 静压造型生产线。

检验设备:HCS140 碳硫分析仪;PDA-7000 光谱分析仪;GX-51 金相显微镜;HBM-300 门式硬度计;WJW-E300 微机控制电子式万能试验机。

2　问题现状

生产的出口铸件质量要求较高,理化性能检测全部要求铸件指定部位本体取样,技术标准要求硬度检测压痕直径为:3.9~4.6 mm。

2018 年 4 月 ~5 月份生产的对应国标牌号 HT200 类铸铁件出现了 12 批次铸件本体检验抗拉强度,金相组织检验合格,但是铸件本体硬度检测不合格问题。随后对该批次铸件全部打硬度进行复检,部分铸件本体打硬度检验合格, 但对铸件本体规定部位取样,样块检测硬度还是不合格,造成铸件批量报废。2018 年 4 月 ~5 月生产的该铸件本体硬度检测结果见表 1。

表1　铸件本体硬度不合格检验结果/mm
Tab.1 Inspection results of unqualified hardness of casting

批次序号	1	2	3	4	5	6
铸件壁厚	8	12	13	15	16	13
压痕直径	5.13	5.00	4.98	4.95	4.82	4.82
批次序号	7	8	9	10	11	12
铸件壁厚	12	12	11	15	12	22
压痕直径	4.80	4.78	4.76	4.74	4.73	4.70

3　原因分析与工艺验证

3.1　铸件的金相组织

组织决定性能, 铸件本体规定打硬度部位金相组织分析结果见图 1。

铸件金相图片显示:心部珠光体含量 85%~90% 偏向工艺下限(≥85%),表面又存在 300 μm 左右的

收稿日期:2019-04-02

作者简介:刘德旺(1963-),陕西蒲城人,工程师.主要从事高铬铸铁熔炼及铸造工艺设计;铝镁合金材料及压铸、金属型铸造工艺研究方面的工作.电话:19991466876,E-mail:925840206@qq.com

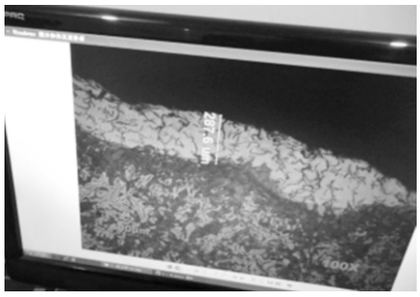

图 1 硬度不合格铸件金相组织 ×100
Fig.1 Microstructure of castings with unqualified hardness

铁素体层，造成铸件本体硬度偏低，因此应该从工艺上想办法提高铸件本体中的珠光体含量，以保证铸件硬度合格。

3.2 化学成分分析

降低含碳量与碳当量，能够减少石墨对灰铸铁铸件基体的割裂作用，提高铸件强度与硬度[2]。出现硬度偏低问题后，从工艺上首先对铸件的化学成分进行了控制，碳含量按照工艺下限 3.1%~3.2%控制，合金含量按照工艺上线控制，调整后铸件的化学成分见表 2、表 3。

铸件化学成分检验结果显示：硬度不合格铸件的碳含量范围为：3.00%~3.24%，碳当量为：3.78%~3.94%，均偏向工艺下限；促进并细化珠光体形成的 Cu 元素及 Mn 元素含量都偏向工艺上限。因此，可以确定灰铸铁配料中的碳、硅、锰、硫、磷 5 大元素及铜元素的含量变化不是造成本次铸件硬度偏低的主要原因。

硬度合格铸件与硬度不合格铸件的微量元素对比见表 3，微量元素总含量由以前的 0.33%降低到现在的 0.11%，其中对硬度能产生较大影响的 Cr、Mo、Sn 元素含量变化较大，由 0.23%降低到 0.029%，变化量 0.2%，占微量元素变化量的 91%，因此确定微量元素变化是造成这次铸件硬度变化的主要原因之一。

3.3 冷却速度的影响

按照铸造理论分析，冷却速度的大小也会对铸件的硬度产生显著影响。那么，铸件开箱时间过长，冷却速度慢是不是造成这次铸件硬度偏低的主要原因呢？于是，在现有的生产条件下，对同一炉铁液浇注的铸件（单重≤50 kg），按照生产流程最快 120 min 开箱，与实际开箱时间 260 min 开箱进行铸件本体硬度对比，试样硬度差值变化见表 4，铸件本体硬度还是全部不合格。

试验结果表明：在铸件浇注 2 h 以后，再通过延长开箱时间来改变铸件的冷却速度，对铸件的硬度无显著影响。因此可以确定，开箱时间过长，铸件冷却速度慢不是造成本批次灰铸铁铸件硬度偏低的主要原因。

4 预防措施及效果

4.1 使用低合金废钢配料，改善铁液微量元素

配料以前使用普通碳素钢，工艺调制采用 8620H 低合金钢代替，其它工艺保持不变，化学成分检验结果：铸件 Cr 含量由原来的 0.03%增加到 0.09%符合化学成分标准技术要求，铸件硬度见表 5，大多数铸件硬度还是处于工艺下限。

4.2 包内加入锡铁合金，增加珠光体数量

锡元素能够增加珠光体量，提高铸铁强度与硬度，但是当锡量大于 0.1%时，容易出现脆性[1]。工艺

表 2 硬度不合格铸件化学成分 w(%)
Tab.2 Chemical composition of castings with unqualified hardness

炉号	压痕直径 /mm	Cu		C	Si	Mn	S	P	Mo	CE
		标准	0.3~0.6	3.1~3.5	1.6~2.2	0.30~0.65	0.04~0.16	≤0.100	≤0.150	3.70~4.20
1-1	4.82	各炉号	0.59	3.13	2.1	0.64	0.06	0.031	0.006	3.93
1-2	4.82		0.54	3.1	1.9	0.66	0.083	0.038	0.001	3.86
1-3	4.82		0.59	3.23	1.81	0.63	0.074	0.032	0.004	3.91
2-1	4.78		0.58	3.24	1.73	0.6	0.07	0.034	0.001	3.94
2-2	4.78		0.53	3.1	1.93	0.63	0.068	0.03	0.060	3.84
3-1	4.78		0.52	3.1	1.77	0.57	0.073	0.03	0.060	3.78
4-1	4.64		0.52	3.1	1.86	0.66	0.075	0.032 1	0.004	3.81
4-2	4.64		0.6	3	1.94	0.64	0.075	0.034	0.080	3.78

表 3 铸件微量元素对比 w(%)
Tab.3 Contrast of microelement in castings

类别	Cr	Mo	Sn	Ti	V	Pb	Ni	Bi	Σ
硬度合格	0.072	0.1	0.03	0.015	0.011	0.009	0.05	0.04	0.33
硬度不合格	0.028	0.01	0.003	0.02	0.011	0	0.023	0.004	0.11

表 4　铸件本体硬度与开箱时间
Tab.4 Hardness of casting and opening time

开箱时间 /min	110-9269 离合器壳体铸件硬度值(压痕直径 /mm)			
120	4.65	4.63	4.65	4.64
260	4.66	4.65	4.67	4.66

表5 合金钢配料时铸件本体硬度
Tab.5 Hardness of castings in alloy steel batching

废钢	铸件硬度值(压痕直径 /mm)			铸件铬含量
碳素钢	4.55	4.65	4.62	0.03%
8620H	4.42	4.58	4.45	0.09%

表6 铸件硬度检验记录
Tab.6 Hardness testing record of castings

序号	产品号	批次号	标记	压痕直径 /mm	结论
1	162-9456	NKNLUO	C	4.07/4.10	合格
2	162-9456	NKNLUO	C	4.09/4.06	合格
3	162-9456	NKNLUO	C	4.11/4.05	合格
4	162-9456	NKNLUO	C	4.02/4.24	合格
5	162-9456	NKNLUO	C	4.02/4.08	合格
6	162-9456	NKNLUO	C	4.03/4.09	合格

上用锡铁合金对铁液进行处理，增加基体组织中的珠光体数量，锡含量控制到 0.06%~0.08%范围内，铸件硬度全部合格。

4.3　调整配料工艺，对铁液进行预处理。

调整配料工艺，将回炉料用量由原来的 20%提高到 50%，采用碳化硅提前对铁液进行预处理[3]进行工艺试制。金相组织、力学性能均合格，铸件硬度检测压痕直径为 4.0~4.5 mm，完全符合双特铸件硬度标准技术要求。

4.4　最终效果

配料中回炉料比例由以前的 20%增加至 50%，铸件锡含量调整至 0.04%~0.06%(2017 年硬度合格时铸件锡含量 0.03%)，其它工艺恢复到以前状态，生产的铸件各项性能检测全部合格，截止目前已经稳定生产 2 000 余吨双特灰铸铁铸件再没出现过硬度不合格现象(见表 7)。

表 7　调整工艺后铸件本体硬度
Tab.7 Hardness of casting after adjustment of technology

编号	C(%)		Si(%)	Mn(%)	S(%)	Cr(%)	Cu(%)0	Sn(%)	压痕	结论
	标准	3.1~3.5	1.6~2.2	0.30~0.65	0.04~0.16	≤0.20	0.30~0.60	≤0.10	直径 /mm	
1	各试验件	3.25	1.84	0.49	0.08	0.09	0.43	0.07	4.08	合格
2		3.32	1.79	0.49	0.06	0.10	0.44	0.05	4.17	合格
3		3.34	1.89	0.51	0.056	0.13	0.45	0.05	4.16	合格
4		3.21	1.81	0.48	0.062	0.07	0.55	0.05	4.02	合格
5		3.23	1.87	0.52	0.05	0.08	0.45	0.06	4.33	合格
6		3.31	1.79	0.49	0.05	0.07	0.48	0.06	4.15	合格
7		3.14	1.95	0.50	0.07	0.08	0.50	0.07	4.35	合格
8		3.25	1.97	0.47	0.06	0.10	0.53	0.05	4.18	合格

5　结论

(1)配料时回炉料的加入比例会对铸件硬度产生较大影响是这次产生铸件批量硬度降低的主要原因。

(2)灰铸铁中加入适量锡铁合金，能够增加基体组织中的珠光体数量，显著提高铸件硬度。

(3)KW 静压铸造生产灰铸铁件，浇注完成 2 h 后，延长开箱时间对铸件的硬度不会产生显著影响。

(4)使用碳化硅对铁液进行预处理能够细化组织，提高铸件硬度。

参考文献：

[1]　张伯明. 铸造手册. 铸铁 1[M]. 北京：机械工业出版社，1997.
[2]　陆文华.《铸铁及其熔炼》[M]. 北京：机械工业出版社，1981.
[3]　张文和，丁俊，聂富荣. 铸铁的 SiC 孕育预处理 [J]. 铸造，2009，58(3)：279-281.

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2019 年《铸造技术》杂志
国内邮发代号：52–64　国外发行号：M855　国内定价：18 元/本　海外定价：18 美元/本