

高强度灰铸铁缸体材质工艺稳定性研究

尹庆华

(一汽铸造有限公司铸造一厂, 吉林 长春 130028)

摘要: 铸造一厂生产的道依茨、6DL、6DM、6DN 系列高强度灰铸铁缸体, 本体抗拉强度要求较高。通过采取预处理技术、合金化、变质处理、随流孕育等一系列技术措施, 稳定生产出符合质量要求的高强度灰铸铁缸体。

关键词: 高强度; 缸体; 材质稳定性; 研究

1 前言

铸造一厂生产的高强度灰铸铁缸体, 即道依茨、6DL、6DM、6DN 系列缸体是集团公司自主卡车主力装机毛坯, 是铸造一厂的主打产品。确保缸体材质性能的稳定, 是关系到集团公司自主品牌市场竞争力的核心因素, 是我厂灰铸铁材质工作的重点。

本文主要从中频炉熔炼工艺研究、铁水基础化学成分确定, 预处理技术、合金化、变质处理、随流孕育等方面, 摸索出一整套缸体材质稳定生产的工艺方案。

2 工艺现状

2006 年, 铸造一厂开始生产 6DL、道依茨系列缸体。6DL、道依茨系列缸体要求进行本体试棒检测, 抗拉强度要求较高, 具体要求见表 1、表 2 及表 3。

表 1 6DL 系列 29 D、36 D、53 D、81 D 缸体本体材质要求

强度 (MPa)			硬度 (HBW)		
G	Y	Z	G	Y	Z
240~280	240~320	240~280	180~220	190~250	180~220

表 2 道依茨系列 52D、30 D 缸体本体材质要求

强度 (MPa)				硬度 (HBW)			
W	X	Y	Z	W	X	Y	Z
220~320	230~310	220~280	220~280	190~220	190~220	180~220	180~220

表 3 道依茨系列 56D、65 D 缸体本体材质要求

强度 (MPa)				硬度 (HBW)			
W	X	Y	Z	W	X	Y	Z
230~310	225~310	220~280	220~280	200~240	190~230	185~225	185~225

为了确保材质性能的稳定, 我厂采用中频炉熔化铁水, 采用 GF300 合金 (加入量为 0.5%) 及铜、锡合金化工艺。原铁水具体水化学成分要求见表 4 及表 5。

作者简介: 尹庆华, 工作单位: 铸造一厂技术质保部。

表 4 6DL 系列缸体原铁水化学成分要求 (w_B/%)

C	Si	Mn	Cu	S	Cr
3.20~3.30	1.55~1.65	0.45~0.65	0.60~0.70	0.08~0.12	0.17~0.20

表 5 道依茨系列缸体原铁水化学成分要求 (w_B/%)

C	Si	Mn	Cu	S	Cr
3.25~3.35	1.55~1.65	0.45~0.65	0.60~0.70	0.08~0.12	0.25~0.30

铁水孕育后 Si 量要求为 2.00%~2.10%。

正常生产的 6DL、道依茨系列缸体，其本体试棒检测抗拉强度合格率仅为 70%左右，不合格的主要原因是抗拉强度偏低。

3 不稳定原因分析

(1) 缸体轴瓦螺栓孔位置是强度最容易偏低的位置，该位置相对厚大 (40~50mm)，且为内浇口位置，凝固冷却条件相对较差。

(2) 铸件石墨形态不佳，形核能力及较缓慢的凝固冷却过程中孕育效果较差，存在超量的 D、E 型过冷石墨。

(3) C、Si、Mn、S、基础元素等匹配不合理，使铸件难以获得良好的铸铁组织和力学性能。碳、硅量偏高；炉前孕育处理量不足；Mn 含量偏高，硫含量偏低，自由硫量减少，影响石墨形态及长短。

(4) GF300 合金是变质处理剂，铁水处理后倒入 15t 气压保温浇注炉中浇注，由于各种原因不能连续生产时，存在变质及孕育衰退问题，导致缸体材质不稳定。

4 高强度灰铸铁缸体工艺稳定性研究

(1) 在中频炉熔炼中，研究试验埃肯公司预处理剂对提高铁水抗衰退能力、受孕育能力的影响。

(2) 优质增碳剂对提高增碳剂吸收率、提高增碳效果、增加石墨核心数量的影响。

(3) 研究改变铁水充型进水位置对防止铸件局部过热冷却缓慢的影响。即取消缸体容易过热部位的内浇口，让铁水从远端进入避免持续热作用，以此改善该位置的冷却条件。

(4) 研究适当降低铁水碳、硅含量对铸铁组织和力学性能的影响，研究加大炉前孕育处理量对铸铁组织和力学性能的影响，研究适当降低 Mn 含量、提高硫含量，增加自由硫量对铸铁组织和力学性能的影响。

(5) 研究将 GF300 合金制成随流变质处理剂，不在倒入 15 吨气压保温浇注炉之前加入，而在浇注时减少其加入量后随流加入对力学性能及加工的影响。

(6) 上述内容落实后，若效果良好，可考虑适当减少 GF300 合金加入量，降低成本。

5 技术措施

(1) 中频炉试验采用埃肯预处理剂，提高铁水形核、抗衰退、受孕育能力，加入量为 0.10%~0.15%。

(2) 中频炉试验优质增碳剂，提高增碳剂吸收率，提高增碳效果，增加石墨核心数量。

(3) 改变铁水充型进水位置，取消缸体容易过热部位的内浇口，让铁水从远端进入避免持续热作用，改善该位置的冷却条件。

(4) 适当降低原铁水碳、硅含量，适当降低锰含量、提高硫含量，具体见表 6 及表 7。加大炉前孕育处理量，孕育量由 0.2%调整为 0.4%，孕育后气压保温浇注炉硅含量为 1.80%~1.90%。

- (5) 降低用 GF300 合金加入量, 由 0.5% 减少为 0.35%。
 (6) 将 GF300 合金制成随流变质处理剂, 与埃肯随流孕育剂一同在浇注时加入到铁水中。

表 6 降低碳、硅、锰量、提高硫量后 6DL 系列缸体原铁水化学成分要求 (w_B/%)

C	Si	Mn	Cu	S	Cr
3.10~3.20	1.40~1.50	0.40~0.60	0.65~0.75	0.10~0.12	0.18~0.22

表 7 降低碳、硅、锰量、提高硫量后道依茨系列缸体原铁水化学成分要求 (w_B/%)

C	Si	Mn	Cu	S	Cr
3.20~3.30	1.40~1.50	0.40~0.60	0.65~0.75	0.10~0.12	0.25~0.30

6 生产试验结果

采取以上 1-5 条技术措施后一段时间以来部分 6DL、道依茨系列缸体本体抗拉强度统计结果见表 8-表 11。

表 8 29D 缸体本体抗拉强度统计结果 (MPa)

序号	G	Y	Z
1	290	290	235
2	275	255	235
3	265	285	280
4	240	270	260
5	260	265	275
6	265	280	275
7	245	270	285
8	320	275	285
9	285	275	265
10	220	230	235
11	285	300	275
12	270	320	285
13	255	270	275
14	265	290	230
15	245	280	295
16	250	285	280
17	265	310	280
18	240	315	280
19	270	300	265
20	240	295	275
21	260	265	260
平均	262.4	282.1	268.1

表 9 36D 缸体本体抗拉强度统计结果 (MPa)

序号	G	Y	Z
1	265	260	275
2	275	305	255
3	300	290	285
4	260	270	250
5	255	265	250
6	260	265	265
7	270	270	265
8	285	310	270
9	270	300	260
10	300	295	285
11	280	290	295
12	300	270	240
13	250	260	260
14	270	275	285
15	270	280	280
平均	274.0	273.3	268.7

表 10 56D 缸体本体抗拉强度统计结果 (MPa)

序号	W	X	Y	Z
1	255	250	245	255
2	280	250	270	275
3	285	250	240	235
4	270	255	255	245
5	260	300	255	245
平均	270.0	261.0	253.0	251.0

表 11 65D 缸体本体抗拉强度统计结果 (MPa)

序号	W	X	Y	Z
1	260	255	255	260
2	255	255	260	255
3	265	265	230	255
4	245	250	250	250
5	245	255	245	245
6	295	280	265	260
7	280	290	265	260
8	280	260	260	275
9	280	275	265	275
10	295	285	260	275
平均	270.0	267.0	255.5	261.0

2013 年 7 月份开始, 又采取了将 GF300 合金制成随流变质处理剂, 与埃肯随流孕育剂一同在浇注时加入到铁水中, 进一步减少 GF300 合金炉前加入量 (减少 1/2 左右)。几次生产性试验效果较好, 已经将批量生产的缸体铸件送到主机厂加工。试验结果如下 (见表 12-表 19)。

表 12 7 月 5 日试验铁水化学成分 (36D 缸体: 流水号 114-144#) (w_B/%)

成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Sn
A97	原铁水	3.14	1.35	0.55	0.017	0.096	0.19	0.013
	孕育后		1.75					0.065
B97	原铁水	3.19	1.36	0.54	0.018	0.094	0.21	0.015
	孕育后		1.73					0.084
气压	3.16	1.79	0.582	0.019	0.1	0.21	0.654	0.067
炉化	3.14	1.78	0.56	0.018	0.099	0.2	0.64	0.072
学成分		3.18	1.85	0.57		0.076		0.62
		3.19	1.8	0.57		0.077		0.65

表 13 7 月 5 日试验本体抗拉强度检测结果 (MPa)

序号	G	Y	Z
1	245	270	260
2	255	260	260

表 14 7 月 12 日试验铁水化学成分 (36D 缸体: 流水号 87-162#) (w_B/%)

炉次	成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Sn
C98	原铁水	3.20	1.41	0.55	0.017	0.09	0.18	0.63	
	孕育后		1.68						
D50	原铁水	3.14	1.45	0.61	0.019	0.09	0.22	0.69	
	孕育后		1.83						0.074
气压炉 化学 成分		3.18	1.66	0.61	0.016	0.097	0.18	0.67	0.082
		3.15	1.82	0.59	0.017	0.104	0.19	0.64	0.08
		3.13	1.82	0.6	0.018	0.091	0.2	0.69	0.065
		3.15	1.92	0.63		0.082		0.67	
		3.15	1.89	0.63		0.082		0.68	

表 15 8 月 14 日试验本体抗拉强度检测结果 (MPa)

序号	G	Y	Z
1	245	260	245
2	265	265	255

表 16 8 月 12 日试验铁水化学成分 (29D 缸体: 流水号 1-151#) (w_B/%)

炉次	成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Sn
C98	原铁水	3.20	1.41	0.55	0.017	0.09	0.18	0.63	
	孕育后		1.68						
D50	原铁水	3.14	1.45	0.61	0.019	0.09	0.22	0.69	
	孕育后		1.83						0.074
气压炉 化学 成分		3.18	1.66	0.61	0.016	0.097	0.18	0.67	0.082
		3.15	1.82	0.59	0.017	0.104	0.19	0.64	0.08
		3.13	1.82	0.6	0.018	0.091	0.2	0.69	0.065
		3.15	1.92	0.63		0.082		0.67	
		3.15	1.89	0.63		0.082		0.68	

表 17 8 月 14 日试验本体抗拉强度检测结果 (MPa)

序号	G	Y	Z
1	245	265	280

表 18 8 月 22 日试验铁水化学成分 (81D 缸体: 流水号 1-48#) (w_B/%)

炉次	成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Sn
C98	原铁水	3.20	1.41	0.55	0.017	0.09	0.18	0.63	
	孕育后		1.68						
D50	原铁水	3.14	1.45	0.61	0.019	0.09	0.22	0.69	
	孕育后		1.83						0.074
气压炉 化学 成分		3.18	1.66	0.61	0.016	0.097	0.18	0.67	0.082
		3.15	1.82	0.59	0.017	0.104	0.19	0.64	0.08
		3.13	1.82	0.6	0.018	0.091	0.2	0.69	0.065
		3.15	1.92	0.63		0.082		0.67	
		3.15	1.89	0.63		0.082		0.68	

表 19 8 月 22 日试验本体抗拉强度检测结果 (MPa)

序号	G	Y	Z
1	245	270	260
2	255	260	260

但将 GF300 合金制成随流变质处理剂, 与埃肯随流孕育剂一同在浇注时加入到铁水中缸体在主机厂加工过程中渣孔废品明显增多, 随流变质处理剂不熔化所致。因此, 这一问题还有待进一步解决。

7 结论

通过采取一系列技术措施, 道依茨、6DL、6DM、6DN 系列缸体本体抗拉强度稳步提高, 达到了技术条件的要求。