

20MnCr5 齿轮钢全流程夹杂物分析

白旭旭¹, 张 敏¹, 曾建华¹, 杨树峰², 李京社²

(1. 攀钢集团研究院有限公司, 钒钛资源综合利用国家重点实验室, 四川 攀枝花 617000; 2. 北京科技大学冶金与生态工程学院, 北京 100083)

摘 要:为有效改善齿轮钢的洁净度, 提高产品质量, 必须明确齿轮钢冶炼过程中非金属夹杂物的演变行为。以某厂 20MnCr5 齿轮钢为研究对象, 通过对 LF-VD-CC 工艺齿轮钢生产过程的全流程取样分析, 利用扫描电子显微镜对冶炼过程不同阶段的夹杂物成分、形貌、尺寸和数量等特性进行系统分析研究。结果表明, LF 进站时, 主要夹杂物为 Al_2O_3 -MnS 复合夹杂物, 其中还分布了大量的 MnS 夹杂物; 精炼 20 min 后取样, 观察到 Al_2O_3 -MgO-MnS 复合夹杂物和 Al_2O_3 夹杂物; LF 末期, 产物基本不变; VD 破空后, 观察到的主要夹杂物为 MnS 夹杂物和呈近球形的以 Al_2O_3 为核心的 MnS 包裹的复合夹杂物, 还有许多镁铝尖晶石, 其有的含有少量 CaO, 有的有少量 MnS, 但主要成分为镁铝尖晶石。针对该钢厂镁铝尖晶石较多的情况, 可通过调控精炼渣或者减少耐火材料的侵蚀进行改善。

关键词: 齿轮钢; 非金属夹杂物; 成分; 形貌; 全流程分析

中图分类号: TF76, TG115

文献标志码: A

文章编号: 1004-7638(2022)06-0143-06

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2022.06.021

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



听语音
与作者互动
聊科研

Analysis of inclusions in the whole process of 20MnCr5 gear steel

Bai Xuxu¹, Zhang Min¹, Zeng Jianhua¹, Yang Shufeng², Li Jingshe²

(1. State Key Laboratory of Vanadium and Titanium Resources Comprehensive Utilization, Pangang Group Research Institute Co., Ltd., Panzhihua 617000, Sichuan, China; 2. School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 10083, China)

Abstract: In order to effectively improve the cleanliness of gear steel and product quality, it is necessary to clarify the evolution behavior of non-metallic inclusions in the smelting process of gear steel. This paper takes 20MnCr5 gear steel as the research object. Through sampling and analysis of the whole LF-VD-CC gear steel production process, a scanning electron microscope is used to systematically analyze the characteristics of inclusion composition, morphology, size, and quantity at different stages of the smelting process. When LF enters the station, the primary inclusions are Al_2O_3 -MnS composite inclusions, among which many MnS inclusions are distributed. After 20 minutes of refining, Al_2O_3 -MgO-MnS composite and Al_2O_3 inclusions were observed. At the end of LF, the product is unchanged. After VD breaking, the primary inclusions observed are MnS inclusions, which are nearly spherical and consist of MnS inclusions with Al_2O_3 as the core. There are many magnesia-aluminum spinels, some of which have a small amount of CaO, and some have a small amount of MnS. However, the main component is the magnesia-aluminum spinel.

Key words: gear steel, non-metallic inclusion, composition, morphology, whole process analysis

收稿日期: 2021-08-20

作者简介: 白旭旭, 1994 年出生, 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 副研究员, 研究方向: 钢铁冶金, E-mail: 18811360208@163.com。

0 引言

作为特殊钢领域中的一类常见钢种, 齿轮钢主要应用于制造汽车、工程机械等机械制造业的传动部件, 高质量的齿轮钢不但要有良好的强韧性、耐磨性, 还需要有良好的抗冲击、抗裂纹扩展和抗疲劳性能^[1-4]。非金属夹杂物的类型、数量、尺寸等是影响齿轮钢疲劳性能的重要因素, 非金属夹杂物的控制是高品质齿轮钢生产的关键环节^[5-8]。李涛^[9]等分析了汽车齿轮钢 8620RH 连铸坯中氧化物夹杂的形貌和化学成分, 确定大直径尺寸的球状夹杂物来源于炉渣。蒋芳杰^[10]等通过氩站、LF、VD、中间包及铸坯的系统取样, 发现某厂夹杂物控制水平能够满足一般齿轮钢的质量要求。王勇^[11]等发现铸坯中夹杂物主要为 $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ 和 $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 复合氧化物夹杂, 其中 Al_2O_3 含量(质量分数)较高, 可通过适当提高精炼渣碱度或喂入适量钙线促使夹杂物充分转变为成分更加均匀的低熔点夹杂物。齿轮钢一般采用铝脱氧, 钢中易生成大量的高熔点含铝夹杂物, 容易导致水口结瘤及钢材性能恶化^[12-16]。实际生产过程中, 合理控制夹杂物形貌、成分、尺寸、数量等特性是洁净钢生产过程的关键, 其控制不当会引起探伤不合格或夹杂物超标等问题。因此, 掌握齿轮钢冶炼过程中夹杂物的演变规律对钢液洁净度的控制尤为重要。

笔者以国内某钢厂生产的 20MnCr5 齿轮钢为研究对象, 通过对冶炼过程全流程取样分析, 研究了非金属夹杂物的类型、尺寸、数量变化行为及规律, 对进一步控制齿轮钢中夹杂物特性、提高齿轮钢产品质量提供指导。

1 试验材料及方案

1.1 试验材料

某钢厂 20MnCr5 齿轮钢现场的生产工艺流程为: 转炉→LF 精炼→VD 精炼→中间包→连铸, 主要化学成分见表 1。转炉出钢之后, 钢包吊送至 LF 工位进行精炼, 精炼开始通入氩气, 并加入石灰、硅灰石和萤石等进行造渣。在精炼期间向钢水中加入碳粉和低铝硅铁、中碳锰铁、低碳铬铁等对钢液成分进行微调和合金化。LF 精炼出站后进入 VD, 期间喂入硅钙线、Al 线等进行成分调整。精炼完成后进行浇注, 经过最终轧制处理得到成品钢。为研究该钢种在冶炼生产过程中钢液成分与夹杂物的演变行为, 试验共对三炉次 20MnCr5 齿轮钢钢液进行连续取样, 具体取样方案如表 2 所示。

表 1 20MnCr5 钢主要化学成分

Table 1 Main chemical composition of 20MnCr5 %

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
0.14~0.22	≤0.12	1.00~1.50	0.80~1.30	0.020~0.035	≤0.035	0.80~1.30

表 2 取样方案

Table 2 Sampling plan

编号	取样工位点	试样编号	饼样	渣样	吊桶样	测温
1	LF座包	LF1	√	√	√	√
2	精炼20 min	LF2	√	√	√	√
3	LF末期	LF3	√	√	√	√
4	VD破空	VD1	√	×	√	√
5	VD终点	VD2	√	×	√	√
6	中间包	中包中期	×	×	√	√
7	铸坯	铸坯	全断面截取, 200 mm			

1.2 试验方法

全流程小吊桶样及铸坯样利用线切割进行加工, 分别加工出 $15\text{ mm}\times 15\text{ mm}\times 15\text{ mm}$ 金相样及 $\Phi 5\text{ mm}\times 50\text{ mm}$ 的气体样, 具体加工示意如图 1 所示。

切割好的金相样用磨样机进行粗磨、细磨之后用抛光机进行抛光, 制好的样品放在扫描电子显微镜中进行观察, 为了更准确的统计夹杂物的形貌和成分, 对每个试样中观察的夹杂物数量不少于 30 个。利用 SEM-EDS 对夹杂物的成分进行定量分析。

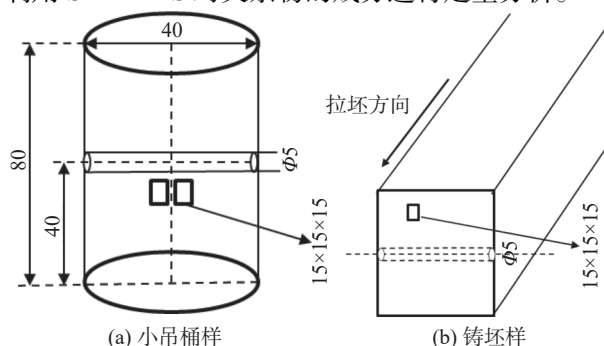


图 1 试样加工示意(单位:mm)

Fig. 1 Schematic diagram of sample processing

试验钢化学成分分析检测在钢研纳克检测技术有限公司-国家钢铁材料测试中心进行, 钢中 T[O] 和 [N] 含量利用 TCH600 氧氮分析仪检测。

2 结果分析与讨论

2.1 钢液成分变化

图 2、3 分别为三炉次试验钢各工位 T[O] 含量和 [N] 含量变化情况。由图 2 可见, 通过全流程冶炼, 氧含量最终都降低到 10×10^{-6} 以下, 脱氧效果明显。LF 精炼期间加入碳化硅及 Al 线进行脱氧, 使氧含量迅速降低。LF 精炼 20 min 时, 三炉次中的全氧含量分别降低到 13.5×10^{-6} 、 7×10^{-6} 、 9.9×10^{-6} 。

LF 末期, 钢水中的氧含量变化波动较小。

第一、二炉中包中期钢中的 T[O] 含量比 VD 破空时有所升高, 说明在浇注过程中钢水可能发生了一定的二次氧化。第三炉次中间包中期氧含量降低, 说明浇注过程中氧化物夹杂进一步上浮去除, 铸坯中的氧含量平均只有 7.43×10^{-6} 。

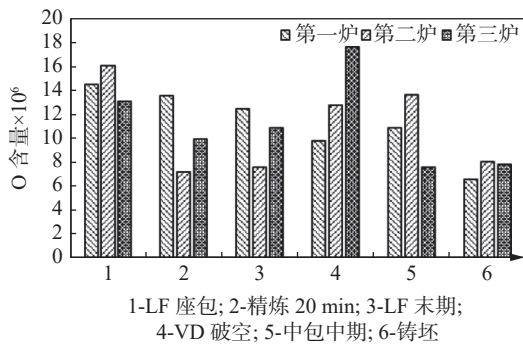


图 2 三炉次试验钢各工位氧含量变化
Fig. 2 Change of oxygen content in each station of three heats test steel

由图 3 可见, LF 精炼 20 min 后, 第一、二炉钢中的 [N] 含量均降低, 而第三炉次中钢水的 [N] 含量由 91.2×10^{-6} 增加到了 118×10^{-6} , 第三炉次试验钢中的 [N] 含量均明显增加, 这可能是由于吹氩控制不当造成。LF 精炼结束时的 [N] 含量分别为 130×10^{-6} 、 130×10^{-6} 、 123×10^{-6} 。VD 过程 [N] 含量

都有一定程度的降低, 到中包中期时, 第一、三炉次的 [N] 含量基本不变, 第二炉略微降低, 变化很小。最终铸坯中的 [N] 含量分别为 114×10^{-6} 、 108×10^{-6} 、 113×10^{-6} , 均满足控制要求。

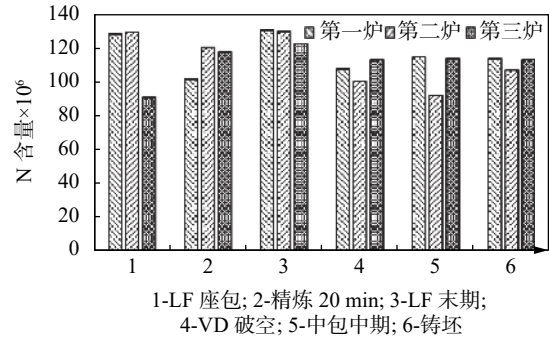
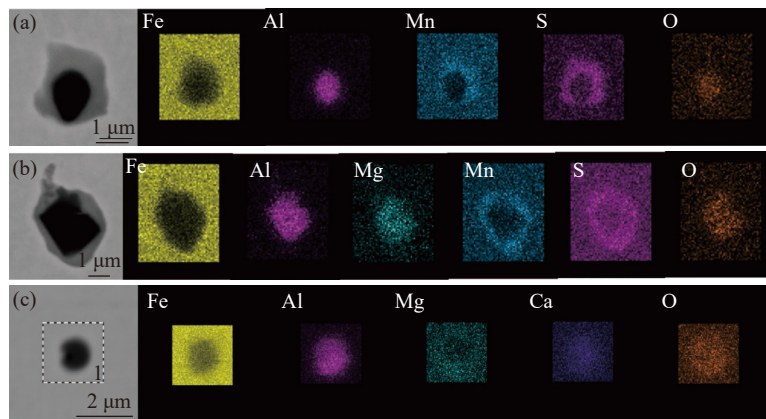


图 3 三炉次各工位氮含量变化
Fig. 3 Change of nitrogen content in each station of three heats

2.2 非金属夹杂物的演变

2.2.1 钢中非金属夹杂物成分和形貌变化

图 4 为 LF 精炼过程中典型夹杂物的 SEM 面扫描分析结果, 由图 4 可知, 在 LF 进站时, 主要夹杂物为 Al_2O_3 -MnS 复合夹杂物, 其中还分布了大量的 MnS 夹杂物; 精炼 20 min 后取样, 观察到 Al_2O_3 -MgO-MnS 复合夹杂物和 Al_2O_3 夹杂物; LF 末期, 钢中夹杂物主要为 MnS、 Al_2O_3 -MnS、 Al_2O_3 、 Al_2O_3 -MgO-MnS 夹杂物。



(a) LF 进站时, Al_2O_3 -MnS 夹杂; (b) LF 精炼 20 min 时, Al_2O_3 -MgO-MnS 夹杂; (c) LF 末期, Al_2O_3 -MgO-CaO 夹杂

图 4 LF 精炼过程典型夹杂物扫描结果
Fig. 4 Scanning results of typical inclusions in LF refining process

图 5 为 VD 精炼过程中夹杂物的变化。在 VD 精炼期间主要在 VD 破空及 VD 末期取小吊桶样。VD 破空后, 主要观察到的夹杂物为 MnS 夹杂物和呈近球形的以 Al_2O_3 为核心 MnS 包裹的复合夹杂物, 还有许多镁铝尖晶石, 镁铝尖晶石中有的有少量 CaO, 有的有少量 MnS, 但主要成分为镁铝尖晶石。而到了 VD 末期, 复合夹杂物中出现了 SiO_2

和 CaS, 这是由于 VD 期间喂入了硅钙线, 导致钢中硅钙含量有所增加, 产生了含 SiO_2 的夹杂物, 其中硅的含量比较低。

图 6 为中间包的典型夹杂物及面扫描结果。中间包中期对钢水进行取样, MnS 夹杂物仍是主要的夹杂物, 镁铝尖晶石中包含 Ca、Mn、S 元素, 可见 Ca 与 O 反应的较少, 主要形成了 CaS。

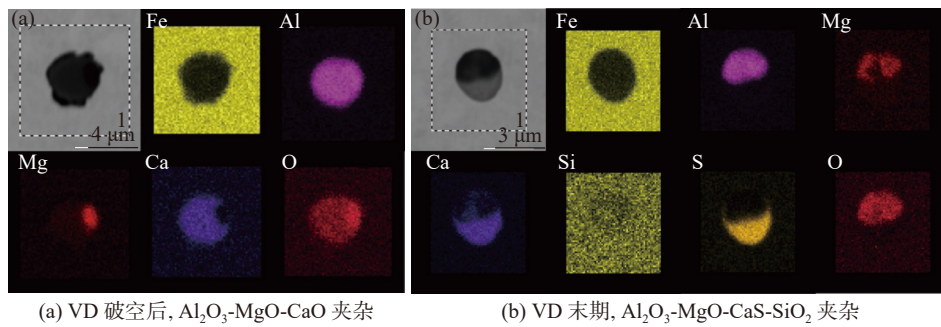


图5 VD精炼过程典型夹杂物扫描结果
Fig. 5 Scanning results of typical inclusions in VD refining process

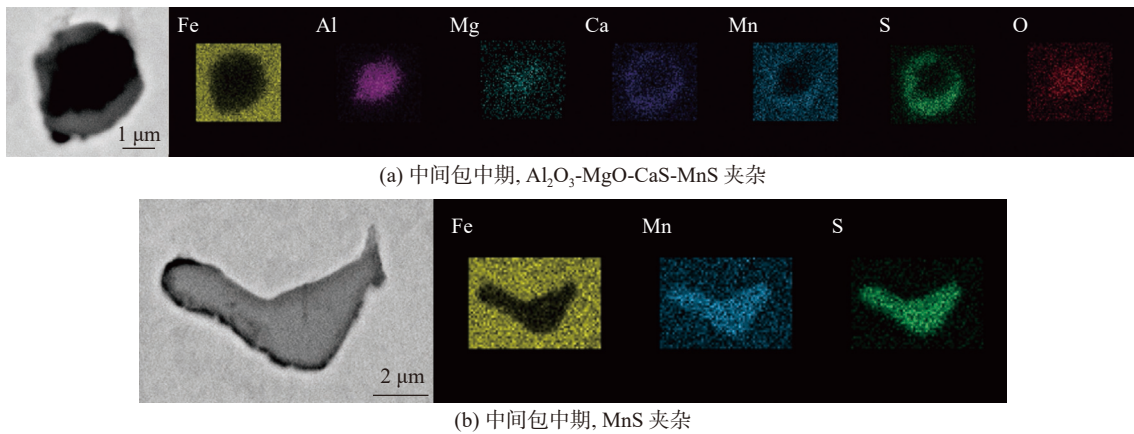


图6 中间包中期典型夹杂物扫描结果
Fig. 6 Scanning results of typical inclusions in tundish

铸坯中的典型夹杂物见图7、8。铸坯中布有大量的MnS夹杂物，主要呈链状，钢中的Al₂O₃-MnS复合夹杂物主要以Al₂O₃为核心，尺寸较小，Al₂O₃-

MgO-MnS复合夹杂物尺寸小于5 μm，主要呈近球形，Al₂O₃-MgO-MnS-CaS复合夹杂物也呈球形与近球形，尺寸也大多小于5 μm。

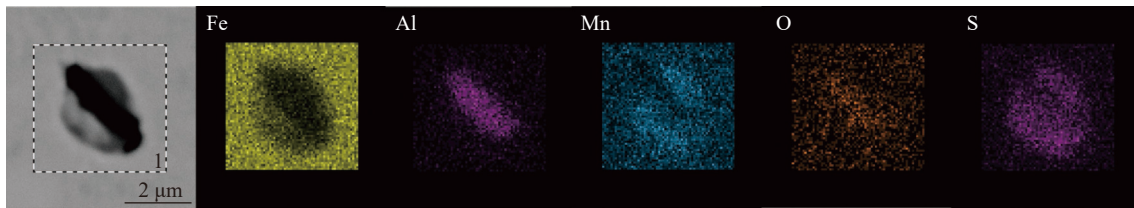


图7 铸坯中Al₂O₃-MnS夹杂
Fig. 7 Scanning results of Al₂O₃-MnS inclusions in slab

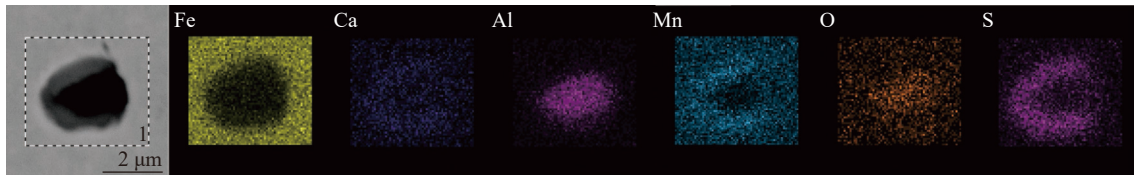


图8 铸坯中Al₂O₃-CaS-MnS夹杂
Fig. 8 Scanning results of Al₂O₃-CaS-MnS inclusions in slab

2.2.2 全流程中夹杂物尺寸、数量变化

各试样中的夹杂物数量的统计结果如图9所示。由图9可知，LF精炼过程中夹杂物的数量变化较小，在精炼20 min时分别由进站时的291、241、

235个/mm²降低到102、193、150个/mm²。VD终点与VD破空相比，第二、三炉中的夹杂物数量增多，可能与破空后喂料有关。中包中期时夹杂物数量有所减少，最终铸坯中夹杂物数量均小于290个/mm²。

随着精炼的进行, 钢液中夹杂物的平均尺寸都较小, 均在 3 μm 以下, 铸坯中的平均尺寸最大, 如图 10 所示。在 LF 精炼期间, 三炉次各阶段夹杂物的平均尺寸变化趋势略有不同, 第一炉 LF 末期夹杂物平均尺寸最小, 为 1.14 μm, 其他两炉均大于 1.5 μm。在 VD 终点时, 三炉次平均尺寸较接近, 从 VD 终点到最终铸坯, 夹杂物的平均尺寸呈上升趋势, 最终也低于 3.0 μm, 夹杂物多为小尺寸夹杂。

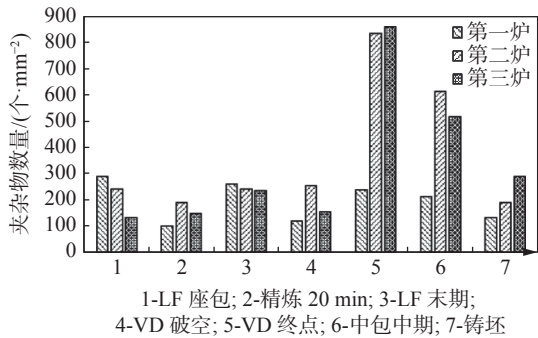


图 9 三炉次各阶段夹杂物的数量变化

Fig. 9 Variation of inclusion quantity density in each stage of three heats

表 3 是不同炉次各阶段夹杂物的尺寸分布, 由表 3 可知, 每炉次钢中小于 3.0 μm 的夹杂物均大

于 50%, 大于 5.0 μm 的夹杂物所占比例很小, 中包中期时大于 2 μm 的夹杂物明显增多, 这可能跟二次氧化有关。最终铸坯里的小尺寸夹杂物占的比例较高, 大于 5 μm 的夹杂物也增多。三炉次全流程取样分析夹杂物, 可以看出铸坯中小于 2 μm 的夹杂物与其他冶炼阶段小于 2 μm 夹杂物所占比例相比, 其所占比例最小, 小于 50%, 铸坯中大于 5 μm 的夹杂物的比例也比其它阶段高, 可能是因为夹杂物聚集来不及长大造成的。

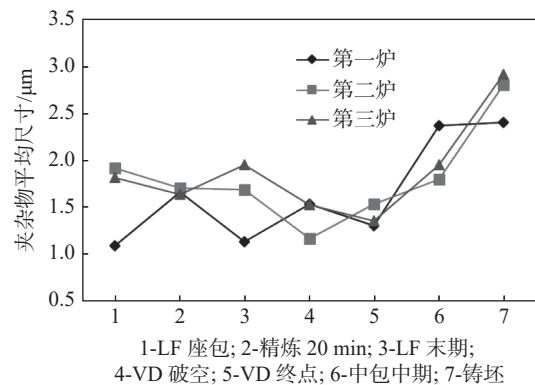


图 10 三炉次各阶段夹杂物平均尺寸变化

Fig. 10 Average size change of inclusions in each stage of three heats

表 3 不同炉次各阶段夹杂物的尺寸分布

Table 3 The size distribution of inclusions in different furnaces at each stage

工序	夹杂物比例/%														
	<1.0 μm			1.0~2.0 μm			2.0~3.0 μm			3.0~5.0 μm			>5.0 μm		
	第一炉	第二炉	第三炉	第一炉	第二炉	第三炉	第一炉	第二炉	第三炉	第一炉	第二炉	第三炉	第一炉	第二炉	第三炉
LF座包	48.80	20.29	26.24	49.20	41.55	44.55	1.60	23.67	16.83	0.40	13.53	9.9	0	0.97	2.48
LF精炼20 min	21.59	29.52	30.23	48.86	41.57	44.96	25.00	20.48	17.05	4.55	6.63	7.75	0	1.81	0
LF末期	50.88	30.77	22.28	44.69	40.38	43.07	4.42	19.23	18.32	0	8.17	12.38	0	1.44	3.96
VD破空	27.88	50.91	41.35	54.81	42.73	39.10	9.62	3.18	9.02	7.67	3.18	9.77	0	0	0.75
VD终点	43.63	37.17	43.46	40.20	41.80	40.87	14.71	13.32	11.58	1.47	6.73	3.68	0	0.98	0.41
中包中期	11.40	22.81	22.40	38.04	50.19	46.38	27.71	15.02	16.52	17.93	9.13	10.41	5.43	2.85	4.30
铸坯	9.48	12.05		33.62	33.13	23.69	32.76	23.50	17.67	17.24	21.69	27.71	6.90	9.64	12.45

综合上述分析, 发现该钢厂 20MnCr5 齿轮钢成品钢中的 T[O] 含量均控制在 10×10^{-6} 以下, 控制水平较高, [N] 含量也符合冶炼要求。通过 SEM-EDS 观察, 发现钢中 MnS 夹杂物主要沿晶界析出, 还存在大量不规则的 MnS 夹杂物, 需对其进行进一步控制。而且钢中生成了很多含镁铝尖晶石的复合夹杂, D 类夹杂等级较高, 可通过调控精炼渣或者减少耐火材料的侵蚀进行控制。

3 结论

1) 经过对全流程冶炼研究, 可知钢中非金属夹杂物主要有: Al_2O_3 -MgO-MnS 夹杂物、 Al_2O_3 -MgO-CaS 夹杂物和 Al_2O_3 -MgO-CaS-MnS 夹杂物, 其中

Al_2O_3 所占比例高于 80%, 铸坯中的复合夹杂物尺寸较小, 氧化物主要呈球形、近似球形, 其中还有大量不规则 MnS 夹杂物。

2) 20MnCr5 齿轮钢冶炼过程中夹杂物的尺寸都很小, 每炉次钢中小于 3.0 μm 的夹杂物均大于 50%, 大于 5.0 μm 的夹杂物所占比例很小。

3) 通过 SEM-EDS 观察, 发现钢中 MnS 夹杂物主要沿晶界析出, 还存在大量不规则的 MnS 夹杂物, 需对其进行进一步控制。而且钢中生成了很多含镁铝尖晶石的复合夹杂, 这种 D 类夹杂等级较高, 可通过调控精炼渣或者减少耐火材料的侵蚀进行改善。

参考文献

- [1] Jia Yi, Liu Chunyang, Han Shaowei, *et al.* Analysis of nitrogen content control in Al-killed steel[J]. *China Metallurgy*, 2021, 31(3): 116–121.
(贾毅, 刘春阳, 韩少伟, 等. 铝镇静钢氮含量控制分析[J]. *中国冶金*, 2021, 31(3): 116–121.)
- [2] Zeng Yaoxian. Cleanness control of sulfur bearing gear steel 20CrMnTiH[J]. *Iron & Steel*, 2021, 56(2): 76–81.
(曾耀先. 含硫齿轮钢20CrMnTiH洁净度控制[J]. *钢铁*, 2021, 56(2): 76–81.)
- [3] Chen Wu, He Xiaofei, Yu Wenchao, *et al.* Characterization of the microstructure and hardness of case-carburized gear steel[J]. *Micron*, 2021, 144: 103028.
- [4] He Xiaofei, Hu Chengfei, Xu Le, *et al.* Effect of total oxygen on the nonmetallic inclusion of gear steel[J]. *Chinese Journal of Engineering*, 2021, 43(4): 537–544.
(何肖飞, 胡成飞, 徐乐, 等. 总氧含量对齿轮钢中非金属夹杂物的影响[J]. *工程科学学报*, 2021, 43(4): 537–544.)
- [5] Fang Yurong, Chen Zhengquan. Oxygen content and inclusion characteristics of 20CrMnTi gear steel produced by 120 t BOF-LF-VD-CC process[J]. *Special Steel*, 2020, 41(6): 64–67.
(方宇荣, 陈正权. 120 t BOF-LF-VD-CC流程冶炼的20CrMnTi齿轮钢氧含量和夹杂物特性[J]. *特殊钢*, 2020, 41(6): 64–67.)
- [6] Ma Wenjun, Bao Yanping, Zhao Lihua, *et al.* Control of the precipitation of TiN inclusions in gear steels[J]. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 2014, 21(3): 234–239.
- [7] Yin Chuanlei, Lin Peng, Zhang Hongcai, *et al.* Experiment on effect of nitrogen content in steel on sulfide of sulfur-containing gear steel[J]. *China Metallurgy*, 2020, 30(7): 61–67.
(印传磊, 林鹏, 张洪才, 等. 钢中氮含量对含硫齿轮钢硫化物影响的试验[J]. *中国冶金*, 2020, 30(7): 61–67.)
- [8] Liu Jian, Ma Yumin, Zhou Weiji, *et al.* Theoretical analysis and application of 100 t RH vacuum dehydrogenation[J]. *Henan Metallurgy*, 2020, 28(3): 8–12,38.
(刘建, 马玉民, 周伟基, 等. 100 t RH真空脱氢理论分析及应用实践[J]. *河南冶金*, 2020, 28(3): 8–12,38.)
- [9] Li Tao, Sun Dali, An Jie. Study on inclusion of automobile gear steel 8620RH in continuous cast billet[J]. *Continuous Casting*, 2017, 42(3): 39–42.
(李涛, 孙大利, 安杰. 汽车齿轮钢8620RH连铸坯中夹杂物研究[J]. *连铸*, 2017, 42(3): 39–42.)
- [10] Jiang Fangjie, Wu Huajie, Zhang Yongchao. Study on inclusion behavior of 20CrMnTi gear steel produced by BOF-LF-VD-CC[J]. *Henan Metallurgy*, 2017, 25(4): 1–4,45.
(蒋芳杰, 吴华杰, 张永超. BOF-LF-VD-CC生产20CrMnTi齿轮钢的夹杂物行为研究[J]. *河南冶金*, 2017, 25(4): 1–4,45.)
- [11] Wang Yong, Tang Haiyan, Wu Tuo, *et al.* Research on the cleanliness of 50CrVA spring steel produced by the BOF-LF-CC process[J]. *Chinese Journal of Engineering*, 2016, 38(S1): 187–194.
(王勇, 唐海燕, 吴拓, 等. BOF-LF-CC工艺生产50CrVA弹簧钢洁净度研究[J]. *工程科学学报*, 2016, 38(S1): 187–194.)
- [12] Wang Jianzhong, Cheng Limei, Ren Ying, *et al.* Thermodynamic study on deoxidation and inclusion control of sulfur-containing gear steel[J]. *Steelmaking*, 2020, 36(1): 8–14,26.
(王建忠, 程礼梅, 任英, 等. 含硫齿轮钢脱氧过程中非金属夹杂物生成热力学及工业实践[J]. *炼钢*, 2020, 36(1): 8–14,26.)
- [13] Hu Yujun. Technical practice for reduction of 20CrMnTiH gear steel inclusions[J]. *Fujian Metallurgy*, 2020, 49(1): 30–33.
(胡玉军. 降低20CrMnTiH齿轮钢夹杂物工艺实践[J]. *福建冶金*, 2020, 49(1): 30–33.)
- [14] Sun Houjin, Zhang Yong'an, Zhang Sanping. Influencing factors of austenite grain size and analysis on mixed crystal of 22CrMoH gear steel[J]. *Shandong Metallurgy*, 2019, 41(6): 29–31.
(孙后金, 张永安, 张三平. 22CrMoH齿轮钢奥氏体晶粒度影响因素及混晶原因分析[J]. *山东冶金*, 2019, 41(6): 29–31.)
- [15] Cao Xiaojun, Fang Guangjin, Yang Guo, *et al.* High quality 20MnCr5(SH) steel production technology practice[J]. *Foundry Technology*, 2019, 40(12): 1303–1306.
(曹小军, 方光锦, 杨国, 等. 汽车齿轮用高品质20MnCr5(SH)钢生产工艺实践[J]. *铸造技术*, 2019, 40(12): 1303–1306.)
- [16] Yang Guangwei, Chen Zhaoping, Liu Xiangchun, *et al.* Effect of holding time after VD on large-sized inclusions of gear steel[J]. *Steelmaking*, 2019, 35(6): 31–34,45.
(杨光维, 陈兆平, 柳向椿, 等. VD镇静时间对齿轮钢大颗粒夹杂物的影响[J]. *炼钢*, 2019, 35(6): 31–34,45.)