

· 工艺技术 ·

减少轴承钢和齿轮钢中大颗粒点状氧化物夹杂(Ds)的工艺实践

刘绍康¹ 黄 煌²

(江阴兴澄特种钢铁有限公司花山分厂三炼钢(1),质量检验中心(2),江阴 214432)

摘 要 研究了 100 t EBT DC 电弧炉-100 t LF/VD-300 mm × 340 mm 连铸坯生产 GCr15 轴承钢、齿轮钢时,电弧炉终点[C]、精炼渣、吹氩工艺、Als、保护浇铸、钢水温度及耐火材料等工艺参数对钢中 Ds 出现几率的影响。实践表明,采用较高的终点[C](≥0.10%)、精炼渣碱度 2.5~3.5、真空后弱搅拌时间≥15 min、Als 控制在 0.011%~0.020%、良好的保护浇铸以及选用优质耐火材料等措施,可降低钢中大颗粒点状夹杂的出现几率。

关键词 精炼 轴承钢 汽车齿轮钢 点状氧化物夹杂

Practice of Process for Decreasing Large Size Globular Oxides Inclusion (Ds) in Bearing Steel and Gear Steel

Liu Shaokang¹ and Huang Huang²

(1 No3 Steelmaking Plant and 2 Quality Examination Center, Jiangyin Xingcheng Special Steel Co Ltd, Jiangyin 214432)

Abstract The effect of process parameters such as arc furnace end [C], refining slag, argon blowing, Als, shielding casting, liquid steel temperature and refractory material etc on occurred probability of Ds in GCr15 bearing steel and gear steel produced by 100 t EBT DC EAF - 100 t LF/VD - 300 mm × 340 mm billet process has been studied. The practice showed that with using higher end [C] (≥0.10% C), refining slag basicity 2.5~3.5, ≥15 min soft argon stirring after vacuum treatment, controlling Als 0.011%~0.020%, favorable shielding casting and using excellent refractory materials, it was available to decrease large size globular oxides inclusions in steel.

Material Index Refining, Bearing Steel, Gear Steels for Car, Globular Type Oxides

1 工艺参数对点状氧化物夹杂(Ds)的影响

Ds 是 > 13 μm 的点状夹杂。轴承钢和某些齿轮钢对全氧含量和夹杂物含量、尺寸要求都很高。经电镜扫描分析和能谱强度计数,结果表明,点状夹杂物含镁的铝酸钙,其组成基本上以 Al₂O₃、CaO 和 MgO 为主,有时外边包裹有少量的硫化钙、硫化锰(图 1、表 1)。将点状夹杂物本体的元素换算成氧化物后,其成分与精炼渣成分接近。

1.1 电弧炉终点[C]

实验统计数据表明,终点[C]低于 0.20%时,随着[C]的降低,[O]急剧上升,尤其是在终点[C]低于 0.10%时,随着[C]的降低,[O]几乎直线上升(图 2)。采取措施将电弧炉的终点[C]控制在 0.10%以上,对于中、高碳

表 1 钢中点状氧化物夹杂(Ds)的成分/%

Table 1 Ingredient of globular oxides inclusions (Ds) in steel / %

类别	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	试样数
高 MgO	17.16 ~ 5.16	60.3 ~ 42.1	45.3 ~ 29.0	14.9 ~ 2.61	11
低 MgO	4.16 ~ 1.04	64.7 ~ 34.2	53.8 ~ 26.3	14.1 ~ 1.08	47
无 MgO	-	67.7 ~ 41.9	55.5 ~ 23.6	13.5 ~ 1.11	47

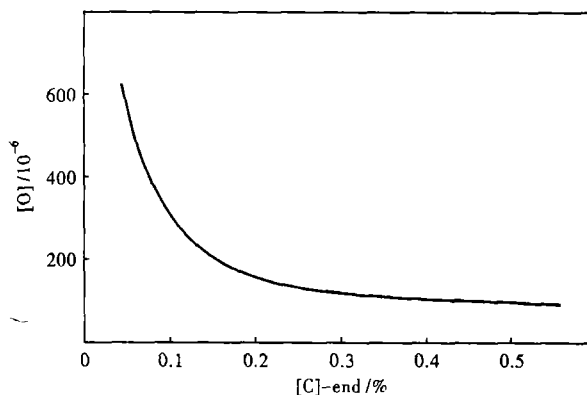


图 2 电弧炉终点碳与钢中氧含量的关系

Fig. 2 Relation between end [C] and oxygen content in EAF steelmaking

钢,力争控制到 0.20% 以上。

统计了 2006 年 6~12 月生产的 GCr15 轴承钢

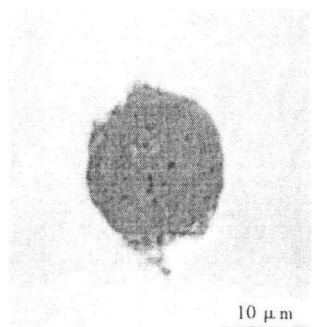


图 1 钢中点状氧化物夹杂(Ds)的形貌

Fig. 1 Morphology of globular oxides inclusion (Ds) in steel

表 2 电弧炉粗钢液终点碳与钢材 D_s ≥ 1.5 级出现率的比较
Table 2 Comparison between end carbon of EAF crude liquid steel and occurred probability of ≥ 1.5 rating D_s in products

试样数	粗钢液终点[C]/ %	D _s ≥ 1.5 级夹杂	
		试样数	所占比例/%
588	≤ 0.10	20	3.40
2 142	0.11 ~ 0.20	22	1.03
1 890	0.21 ~ 0.50	10	0.53
1 452	≥ 0.51	7	0.48

电弧炉粗钢液终点碳与对应炉号的钢材单片试样 D_s ≥ 1.5 级出现率(表 2)。表 2 说明,粗钢液溶解氧高,经铝强脱氧后,钢液中存在大量细小的 Al₂O₃ 质点,为以后的 D_s 形成起到形核作用。

1.2 精炼渣

精炼渣与钢中的 D_s 有着密切的关系,主要是渣的碱度要合适。碱度太低,渣中过高的不稳定氧化物(SiO₂)会在真空处理过程中分解,增加钢中的 [O]。碱度太高,D_s 的出现几率增加,同时,炉渣的流动性变差,吸附夹杂的能力下降。为了更好地达到去气、去夹杂的目的,对于中、低碳齿轮钢来说,精炼渣碱度控制在 2.5 ~ 3.5 较为合适。精炼渣的具体成分(%)为:40 ~ 60CaO、15 ~ 20SiO₂、25 ~ 30Al₂O₃、6 ~ 10MgO。

1.3 吹氩工艺

为了比较,将工作真空度下的吹氩强度分为两级,一级为强搅拌,二级为中等强度搅拌,在其它操作条件基本上相近的情况下,吹氩强度对点状夹杂物的视场出现率关系如表 3 所示。

从表 3 可以明显地看出,在高真空下,过强的搅拌,将导致出现严重的混渣现象,从而点状视场出现率明显上升,尤其是 D_粗 和 D_s 更为突出,又多又粗。

实践得出,氩气流量应控制在 40 ~ 80 L/min 比较合适,有利于夹杂物的排除,能获得比较纯净的钢液。

1.4 控制合适的 Als

就降低氧含量而言,普遍认为控制 Als 在 0.015% ~ 0.025% 比较理想。统计了 2006 年生产的 SAE1141H₂ 齿轮钢,钢中 Als 与 D_s ≥ 1.5 级出现率(表 4)。表 4 表明,对 D_s 来说,Als 有一个比较合适的范围是 0.011% ~ 0.020%。

表 3 不同吹氩强度下钢中点状夹杂(D_s)视场出现率
Table 3 Occurred probability of observed field of globular oxides inclusions (D_s) in steel with different argon blowing rate

吹氩 强度	试样 数	D _粗 /%		D _粗 /%		D _s /%	
		≥ 0.5 级	≥ 1.0 级	≥ 0.5 级	≥ 1.0 级	≥ 0.5 级	≥ 1.0 级
一级	756	20.77	1.98	63.76	28.04	41.16	8.73
二级	594	17.14	0.84	35.52	2.53	22.75	4.63

表 4 SAE1141H₂ 齿轮钢材中 Als 对 D_s 出现率的影响
Table 4 Effect of Als on occurred probability of D_s in SAE1141H₂ gear steel products

试样数	Als/%	D _s /%
120	≤ 0.010	8.33
246	0.011 ~ 0.020	4.47
126	0.021 ~ 0.030	6.35
24	≥ 0.031	12.50

1.5 保护浇铸

采用全过程无氧化保护浇铸:钢包采用长水口、氩封,且用密封环对接口部位进行闭封,中间包铸流采用内装式浸入式水口,效果较好。

1.6 过程温度控制

EBT 出钢温度的控制以到 LF 工位的初始温度为衡量依据,一般控制在 1 620 ~ 1 650 ℃。浇铸过热度控制在 30 ℃ 左右比较合适。

1.7 耐火材料

实践证明,选用纯度高的铝质或镁质材料,对降低 D_s 有比较好的效果。

2 实践结果与对比

通过以上工艺改进,钢材纯净度有所提高,尤其是 D 类夹杂改善比较明显。这里仅以某厂按瑞典牌号 SKF3(技术标准 SKF D33-1 B10001,化学成分与国内牌号 GCr15 GB/T18254-2002 相近)生产的高碳铬轴承钢为例,对工艺改进前后钢中 D 类夹杂进行比较(表 5)。

表 5 工艺改进前后轴承钢中 D_s 出现率比较
Table 5 Comparison of occurred probability of D_s in bearing steel before and after improved process

项目	D 类夹杂平均级别			D _s ≥ 1.5 级 所占比例/%	试样数
	D _细	D _粗	D _s		
标准	≤ 1.0	≤ 0.5	≤ 1.5	-	-
工艺改进前	0.522	0.213	0.683	1.46	618
工艺改进后	0.443	0.201	0.506	0.82	366

注:检验方法为 ISO4967:1998(E)A

3 结束语

通过将粗钢液中的碳含量控制在 0.10% 以上;精炼渣碱度控制在 2.5 ~ 3.5,严格控制氩气流量;控制成品钢中的残余酸溶铝含量 0.011% ~ 0.020%;全密封保护浇铸必须严格做到全过程不疏漏,全过程合理控制操作温度等工艺措施,可使轴承钢 D_s ≥ 1.5 级所占比例从 1.46% 降至 0.82%。

刘绍康(1974-),男,工程师,1996 年中南科技大学毕业,从事特殊钢生产工艺和质量管理。

收稿日期:2008-03-19