

T27 铁路用钢的研制与开发

叶黎华 马佐仓 梁建国 范夕荣 马传庆
(莱芜钢铁股份有限公司特殊钢厂, 莱芜 271105)

摘要 T27 铁路用钢(%:0.10~0.16C,0.15~0.25Cr,0.025~0.045Al)为包晶钢。莱钢特殊钢厂采用 45%~60% 铁水+废钢-50 t 电弧炉-LF(VD)-连铸机工艺路线生产 T27 钢。通过电弧炉热装铁水≥45%,调节供氧量,确保终点碳为 0.08%~0.10%,电弧炉出钢过程用部分钢芯铝替代硅锰合金进行脱氧,精炼渣碱度为 4,控制精炼吹氩参数,控制中间包钢水过热度 20~30℃,结晶器配水量 180 m³/h,保护渣黏度为(0.85±0.05)Pa·s,使钢中的氧含量为(15~20)×10⁻⁶,连铸坯合格率≥99.95%,钢材质量符合 GB/T700-1988 标准要求。

关键词 EAF-LF(VD)-CC 终点碳控制 T27 钢 包晶 保护渣

Research and Development of Steel T27 for Railway

Ye Lihua, Ma Zuocang, Liang Jianguo, Fan Xirong and Ma Chuangqing
(Special Steel Plant, Laiwu Iron and Steel Co Ltd, Laiwu 271105)

Abstract The steel T27 (0.10~0.16C, 0.15~0.25Cr, 0.025~0.045Al) for railway belongs in peritectic steels which was produced by 45%~60% hot metal + scrap - 50 t EAF - LF(VD) - caster flow sheet at special steel plant, Lai Steel. With EAF charging hot metal ≥45%, adjusting oxygen supply, ensuring end carbon 0.08%~0.10%, partly replacing silicomanganese by steel cored aluminium for refining during EAF tapping, controlling refining basicity 4 and argon blown parameters, controlling overheating 20~30℃ of steel in tundish, mold water rate 180 m³/h and viscosity of shield slag 0.85±0.05 Pa·s, the oxygen content in steel was lower to (15~20)×10⁻⁶, the qualified rate of cast billet ≥99.95%, and the quality of steel products met the requirements of standard GB/T700-1988.

Material Index EAF-LF(VD)-CC, End Point Carbon Control, Steel T27, Peritectic, Shield Slag

莱钢特殊钢厂研制开发的 T27 钢主要用于铁路铁轨固定件的制造。T27 钢碳含量在 0.10%~0.16% 属包晶反应区,连铸工序容易出现裂纹、凹陷等缺陷。莱钢特殊钢厂通过多次试制,克服了较明显的质量缺陷,使钢材质量稳步提高,质量检验满足了标准要求。

1 工艺流程、成分和性能要求

T27 钢生产流程为:铁水热装 45%~60%+优质废钢→50 t UHP 电弧炉→50 t LF(VD)→R11 合金钢连铸机→连铸坯落地缓冷→热轧圆钢。

T27 钢执行 GB/T700-1988 技术标准,化学成分和力学性能见表 1、表 2。

表 1 T27 钢的化学成分/%
Table 1 Chemical composition of steel T27 / %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al
0.10~0.15	0.15~0.70	~	≤	≤	0.15~	≤	≤	0.025~
0.16	0.30	0.80	0.020	0.020	0.25	0.30	0.20	0.045

2 技术控制要点

2.1 终点碳控制

表 2 T27 钢的力学性能要求

Table 2 Requirement for mechanical properties of steel T27

σ_b / MPa	σ_s / MPa	δ_5 / %	-20℃时 V 型冲击功/J	180°冷弯试验 B=2a(mm)	
				纵	横
375~500	≥185	≥21	≥27	2.5a	3a

注: B 为试样宽度, a 为钢材厚度或直径。

T27 钢电弧炉正常出钢终点碳控制在 0.08%~0.10% 较为合适,实际操作中电弧炉热装铁水控制在 45% 以上,以确保电弧炉一定的配碳量。另外,在生产过程中根据电弧炉熔清碳及时调整供氧强度,确保终点碳在 0.08%~0.10% 的合格率达 95% 以上。

2.2 精炼脱氧与成分控制

T27 钢种电弧炉冶炼控制的难点是终点碳控制不稳定,当出现钢水过氧化严重时,精炼炉渣不好调,碱度(R)偏低(2.5 左右),所以关键在精炼炉做好脱氧控制,具体措施是电弧炉出钢过程加部分钢芯铝(替代硅锰合金)进行脱氧,精炼到位后用高品质脱氧剂(90%Si-C)调整精炼炉炉渣,确保炉渣良好的流动性,保持白渣时间≥15 min。精炼炉渣分析成分见表 3。

表 3 T27 钢精炼渣成分和碱度

Table 3 Ingredient and basicity of refining slag for steel T27

精炼渣成分/%							碱度 R
FeO + MnO	SiO ₂	P	S	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	
0.36	11.16	0.007	1.138	55.13	5.84	16.87	3.98

钢包到位后先采用大氩气流量搅拌(流量在 160~200 L/min),吹开渣面,精炼送电过程氩气流量为 60~80 L/min;精炼出钢后软吹时,氩气流量为 30~50 L/min,软吹原则是确保不裸露钢水,软吹时间 ≥ 10 min。表 4 给出了 T27 钢 3 批次生产过程的 C、Al 成分控制情况。

表 4 T27 钢 C、Al 含量的控制

Table 4 Control of C, Al content in steel T27

批次	C 含量/%		Al 含量/%	
	成品	平均	成品	平均
1	0.11~0.12	0.11	0.032~0.055	0.040
2	0.14~0.15	0.14	0.018~0.042	0.036
3	0.14~0.16	0.14	0.023~0.052	0.036

2.3 连铸配水控制和保护渣的参数选择

通过生产实践的总结分析,连铸坯产生裂纹和凹坑缺陷的主要原因是结晶器冷却水配水量的选择和保护渣的参数选择,当结晶器冷却水配水量过大时,铸坯冷却收缩快,当收缩的坯壳离开结晶器壁后,保护渣就填充到收缩夹缝中;而此时保护渣黏度、熔速等参数选择不合适时,易将过多的保护渣压入高温坯子表面,造成此处坯子冷却不均匀,形成裂纹,保护渣脱离后形成凹坑等缺陷。另外,操作中中间包温度、拉速的不稳定也是造成部分缺陷的次要原因。

因 T27 钢在连铸过程中发生包晶反应,莱钢参考 20[#] 钢生产工艺,结晶器配水量定为 200 m³/h,足辊水 21~22 L/min,但铸坯表面波浪状凹坑缺陷明显,经分析是配水过大,造成坯壳收缩严重,而后又受钢液静压力作用,这样往复变化变形量过大,形成凹坑缺陷。将结晶器配水量调低到 160 m³/h,足辊水 20 L/min,铸坯表面仍然出现较多细小裂纹,针对此问题,在以后的生产过程中根据不同炉次逐步调整配水(结晶器配水量为 160~190 m³/h),经多次试验总结,结晶器配水量控制在 180 m³/h,有效解决了上述问题,铸坯质量得到了控制。

试生产时用相近钢种的保护渣代替,实际生产中发现铸坯表面积渣严重,在随后生产的几次试验中不断优化保护渣,在稳定了其它工艺参数的基础

上逐步调整保护渣的黏度,黏度范围从 0.60~1.12 Pa·s,在不同炉次和不同流上进行跟踪检验,及时取连铸坯低倍进行试验,经多次试验和摸索,保护渣黏度在(0.85±0.05) Pa·s 较为合适。

2.4 拉速与温度的控制

在生产 T27 钢时,为使连铸实现稳定匹配的拉速,拉速控制一般在 0.70 m/min,但在此拉速下的铸坯质量不理想,主要缺陷是表面有凹坑和细小裂纹,通过分析后发现,主要是由拉速过快和铸坯出结晶器后表面返温等原因造成的。因此,经优化拉速参数后,确定拉速在(0.60±0.02) m/min 较合适。针对此拉速,中间包温度控制原则是过热度在 20~30 °C 较为合适。

2.5 轧制控制

钢坯加热 1 180~1 200 °C, ≥ 2.5 h,温差 ≤ 30 °C,保证钢坯加热均匀,开轧温度 1 080~1 180 °C。260 mm×300 mm 方坯经 $\Phi 650$ 粗轧、 $\Phi 550 \times 4$ 精轧成材,终轧温度 ≥ 850 °C,空冷。

3 钢材的力学性能、低倍组织和氧含量检验

T27 钢低倍、力学性能检验数据见表 5。

表 5 T27 钢材的低倍组织和力学性能,30 炉

Table 5 Macrostructure and mechanical properties of steel T27, 30 heats

项目	疏松/级		偏析/级	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 /%	V 型冲击功/J
	一般	中心					
标准	≤ 3	≤ 3	≤ 1	375~500	≥ 185	≥ 21	≥ 27
最大值	1.20	1.60	0.85	490	330	29	96
最小值	0.24	0.31	0.40	395	215	24	35
均值	0.45	0.63	0.53	462	265	26	61

开始对关键技术掌握不充分,最初两批次的氧含量为(19~24)×10⁻⁶。根据前期的生产试验结果调整了脱氧制度,尤其对电弧炉出钢预脱氧钢芯铝用量进行了调整,并加强了精炼操作和成分控制要求,在此后生产批次的氧含量降低到(15~20)×10⁻⁶,全部在 20×10⁻⁶ 以下。

4 结论

通过不断的完善优化工艺参数,T27 钢连铸坯合格率达 99.95% 以上,平均氧含量 $\leq 20 \times 10^{-6}$,质量完全达到 GB/T700-1988 标准要求,用户使用后评价较好。

叶黎华(1974-),女,工程师,华东冶金学院毕业,特钢的技术管理与产品开发。

收稿日期:2008-01-02