

铁路货车制动梁用微合金化钢 15Mn2CrVNbE 的试制

杨卫中¹ 周德光¹ 唐建国² 张娜² 肖静²

(1 首钢第三炼钢厂,北京 100043;2 首钢特殊钢股份有限公司,北京 100043)

摘要 首钢三炼钢厂采用铁水脱硫-80 t LD 冶炼-LF(喂丝)精炼-4 流方坯连铸工艺生产制动梁用微合金化钢 15Mn2CrVNbE(%,0.13~0.17C,1.44~1.59Mn,0.30~0.60Cr,0.02~0.10V,0.02~0.05Nb,0.02~0.05Al)。通过控制钢中 Al 含量、吹氩、喂硅钙线和全程保护浇铸等工艺措施,149 炉生产结果表明,铸坯中氧含量为 $(7\sim 26)\times 10^{-6}$,氮含量为 $(29\sim 79)\times 10^{-6}$ 。制动梁成品的力学性能为 σ_s 465~575 MPa, σ_b 630~720 MPa, δ_5 25%~34%, -40℃ 纵向冲击功 36~183 J,满足使用要求。

关键词 微合金化钢 15Mn2CrVNbE 制动梁 LD-LF 工艺

Research and Production of Microalloying Steel 15Mn2CrVNbE for Triggirng Girder of Railway Wagon

Yang Weizhong¹, Zhou Deguang¹, Tang Jianguo², Zhang Na² and Xiao Jing²

(1 No3 Steelmaking Plant, Shougang, Beijing 100043; 2 Special Steel Corp Ltd, Shougang, Beijing 100043)

Abstract The microalloying steel 15Mn2CrVNbE (0.13~0.17C, 1.44~1.59Mn, 0.30~0.60Cr, 0.02~0.10V, 0.02~0.05Nb, 0.02~0.05Al) for triggirng girder has been produced by hot metal desulphurizing - 80 t LD melting - LF (feeding wire) refining - 4 strand billet concasting process at No3 steelmaking plant, Shougang. The production results (149 heats) showed that with control of Al content in steel, argon stirring, feeding silicon-calcium wire, whole course shielding casting technology, the oxygen content in billet was $(7\sim 26)\times 10^{-6}$, nitrogen content was $(29\sim 79)\times 10^{-6}$, and the mechanical properties of triggirng girder products were σ_s 465~575 MPa, σ_b 630~720 MPa, δ_5 25%~34% and -40℃ longitudinal impact energy 36~183 J, which met the requirement of service.

Material Index Microalloying Steel 15Mn2CrVNbE, Triggirng Girder, LD-LF Process

新型货车组合式制动梁用 15Mn2CrVNbE 钢,性能相当于 GB/T1591-1994 中低合金高强度钢 Q460E,要求具有优良的综合力学性能($\sigma_s \geq 460$ MPa, -40℃ $A_{KV} \geq 27$ J)、耐候性和较长的使用寿命。

1 制动梁用钢 15Mn2CrVNbE 的工艺特点

首钢三炼钢厂的生产工艺流程为:铁水脱硫-80 t LD 冶炼-LF 精炼-2 号连铸机矩形坯连铸-铸坯出厂。

1.1 转炉冶炼

80 t 氧气顶吹转炉(LD),4 孔氧枪,出钢用渣钎挡渣。以脱硫后的低硫铁水为原料,采用氧气顶吹、早化渣去磷、双渣法操作、控制终点成分、包中脱氧及合金化、挡渣出钢等操作,终点目标成分按(%,0.05~0.08C,≤0.015P,≤0.030S)控制。

1.2 LF 精炼

2 台达涅利 LF(表 1)最大电极工作电流 46 kA,电极直径 $\Phi 400$ mm,电弧长度 60~90 mm。每台 LF 配有 3 台双孔喂丝机,钢包底部有 2 块弥散型直通狭缝式透气砖。

根据低碳用 Al 脱氧的特点,经过 LF 精炼,合成

表 1 LF 主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of LF

项目	参数
额定处理量/t	80
钢包直径/mm	2 702(内衬上口)
自由空间/mm	600~900
变压器容量/MVA	14
升温速度/(℃·min ⁻¹)	3~5

渣加入量 12~15 kg/t,埋弧渣加入量 3~4 kg/t,终渣碱度控制在 3.6~4.5,加入粉状脱氧剂,造白渣,微调成分至内控要求,C 按目标中下限控制,并喂 Al 线调整 Al 含量至 0.020%~0.050%,全程吹氩,并喂硅钙包芯线进行钙处理,净吹氩时间 ≥ 10 min,以不露钢液面为宜,保证钢水的纯净度和可浇性^[1]。LF 终渣成分(%)为:45~55CaO、8~12SiO₂、20~28Al₂O₃、5~10MgO、 ≤ 1 (FeO+MnO)。

1.3 2 号机矩形坯连铸

达涅利 4 流全自动矩形连铸机(表 2)连铸时,采用碱性干式料中间包,钢包到中间包用氩封长水口,中间包到结晶器用浸入式水口或整体水口全保

表 2 连铸机主要技术参数
Table 2 Main technical parameters of concaster

项目	参数		
中间包容量/t	22		
中间包过热度/℃	20~40		
铸坯断面/mm×mm	160×200	160×245	160×160
弧形半径/m	10.28		
流数	4		
流间距/mm	1300		
拉坯速度/(m·min ⁻¹)	1.2~2.5		
铸坯定尺长度/m	8.4~10.8		
冶金长度/m	21		
出坯温度/℃	700		
矫直方式	连续矫直		
二次冷却方式	自动配水,气雾冷却		
M-EMS	有		
铸流保护	有		
连铸机平均作业率/%	75		
连铸机连浇铸炉数	15~18		
平均浇铸时间/min	36~50		
生产能力/(万 t·a ⁻¹)	68		

表 3 15Mn2CrVNbE 钢化学成分和氧、氮含量控制结果

Table 3 Control results of chemical composition and oxygen, nitrogen content in steel 15Mn2CrVNbE

项目	化学成分/%									[O]/	[N]/
	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Nb	Al	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
协议要求	≤0.18	≤0.55	1.00~1.70	≤0.025	≤0.025	≤0.70	0.02~0.20	≥0.020	≥0.015	≤35	≤120
分析值	0.13~0.17	0.22~0.42	1.44~1.59	0.007~0.020	0.003~0.017	0.30~0.60	0.02~0.10	0.02~0.05	0.02~0.05	7~26	29~79

149 炉钢的化学成分(熔炼分析)控制情况分析统计结果见表 3。

取 160 mm×245 mm 铸坯进行连铸坯酸浸横向低倍检验(N=75),结果为:中心偏析 0 级,中心疏松 0.5~2.0 级,缩孔 0~2.0 级,非金属夹杂物、皮下裂纹、角部裂纹均为 0.5 级。

取试制炉次(N=81)铸坯试样,其中 T[O] 含量(7~26)×10⁻⁶(平均 14.7×10⁻⁶), T[N] 含量(29~79)×10⁻⁶(平均 56.4×10⁻⁶),大部分试样 T[O] 在(10~20)×10⁻⁶, T[N] 在(50~70)×10⁻⁶。15Mn2CrVNbE 钢铸坯开成 113 mm×113 mm 方坯(N=92),低倍检验结果见表 4。

3 制动梁成品的力学性能

新钢种制动梁生产工艺流程为轧制方坯-加热-轧(锻)成“十”字型钢-冷却。“十”字型钢-加热-切分-拉拔-整形-冷却-回火-检查-成品。制动梁成品的

表 4 15Mn2CrVNbE 钢 113 mm×113 mm 的低倍检验/级
Table 4 Macrostructure examination results of 113 mm×113 mm cast billet of steel 15Mn2CrVNbE /rating

项目	一般疏松	中心疏松	偏析
协议要求	≤3	≤3	≤3
检验结果	0.5~1.0	0.5~1.5	0~0.5

护浇铸。中间包用低碳专用碱性覆盖剂,结晶器用低碳保护渣。采用结晶器电磁搅拌、二冷弱冷自动配水选 2D 组、气雾冷却及结晶器液面自动控制条件下自动浇钢技术。中间包钢水过热度控制在 30~40℃,断面 160 mm×245 mm 的铸坯拉速控制在 1.7~1.9 m/min;铸坯要求在避风垛位堆冷时间≥8 h。含 Nb 钢在连铸过程中 Nb 的析出在 900℃ 达到峰值,这是该钢种高温塑性降低的主要原因^[2]。因此采用了较高过热度、较高拉速、二冷弱冷等措施。

2 制动梁用钢 15Mn2CrVNbE 的冶金质量

首钢三炼钢厂试制生产制动梁用新钢种 15Mn2CrVNbE 铸坯共 2 个规格(160 mm×200 mm、160 mm×245 mm),累计产量约 26 360 t,铸坯合格率达 99.78%。

钢的化学成分均符合技术协议的要求,其中

表 5 15Mn2CrVNbE 钢制动梁成品的力学性能
Table 5 Mechanical properties of triggering girder products of steel 15Mn2CrVNbE

项目	σ _s /MPa	σ _b /MPa	δ ₅ /%	A _{KV} /J (纵向-40℃)
标准要求	≥460	≥550	≥17	≥27
实测范围	465~575	630~720	25~34	36~183

力学性能按 GB/T1591-1994 标准检验,结果见表 5。

4 结论

(1) 制动梁用钢 15Mn2CrVNbE 采用 LD 冶炼-LF 精炼-连铸工艺生产的铸坯合格率达 99.78%。铸坯[O]含量为(7~26)×10⁻⁶。

(2) 由铁道部委托铁道科学技术研究院从各车辆厂抽样 8 辆运装货车,进行 7 个月寿命考核行车试验,证明新型货车制动梁用新钢种完全能满足 GB/T1591-1994 标准和用户轧制加工及各项性能要求,符合铁道部制动梁用钢标准规定。

参考文献

- 1 章洪涛,王瑞珍. 铌钢和铌合金. 北京:冶金工业出版社,2000
- 2 殷瑞钰. 钢的质量现代进展. 北京:冶金工业出版社,1995

杨卫中(1969-),男,工程师,北京科技大学毕业,从事特钢的技术管理与产品研究、开发。

收稿日期:2006-06-03