

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(% C 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 ~ 26) × 10⁻⁶,氮含量为 (29 ~ 79) × 10⁻⁶。制动梁成品的力学性能为 σ_s 465 ~ 575 MPa ,σ_b 630 ~ 720 MPa ,δ₅ 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 Triggirg 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 triggirg 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 ~ 26) × 10⁻⁶ ,nitrogen content was (29 ~ 79) × 10⁻⁶ , and the mechanical properties of triggirg girder products were σ_s 465 ~ 575 MPa ,σ_b 630 ~ 720 MPa ,δ₅ 25% ~ 34% and -40 ℃ longitudinal impact energy 36 ~ 183 J ,which met the requirement of service.

Material Index Microalloying Steel 15Mn2CrVNbE ,Triggirg 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(σ_s ≥ 460 MPa , -40 ℃ A_{KV} ≥ 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 ,出钢用渣锥挡渣。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 Φ400 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	1 300		
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[O]含量(7~26)×10⁻⁶(平均 14.7×10⁻⁶),[N]含量(29~79)×10⁻⁶(平均 56.4×10⁻⁶),大部分试样[O]在(10~20)×10⁻⁶,[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。