

90 t 电弧炉-LF(VD)-连铸-连轧流程生产链轨节钢 35MnBM 的工艺实践

朱志欣 李 艾 王秀兰

(东北特钢集团北满特殊钢有限责任公司, 齐齐哈尔 161041)

摘 要 北满特钢通过 90 t 电弧炉-LF(VD)精炼-240 mm × 240 mm 方坯连铸-连轧工艺生产 $\Phi 65$ 、 $\Phi 70$ mm 链轨节钢 35MnBM(% :0. 35C、1. 25Mn、0. 001 8B、0. 029Al、0. 09V)。通过 VD 处理和全程无氧化保护浇铸,使 $[N] \leq 78 \times 10^{-6}$,钢中非金属夹杂物为 0~2 级,无发纹,晶粒度、组织和淬透性均满足标准要求。

关键词 EAF-LF(VD)-CC-CR 流程 链轨节钢 35MnBM 工艺实践

Process Practice for Production of Caterpillar Track Steel 35MnBM by 90 t EAF - LF(VD) - CC - CR Flow Sheet

Zhu Zhixin, Li Ai and Wang Xiulan

(Beiman Special Steel Co Ltd, Dongbei Special Steel Group, Qiqiha'er 161041)

Abstract The $\Phi 65$, $\Phi 70$ mm products of caterpillar track steel 35MnBM (0. 35C, 1. 25Mn, 0. 001 8B, 0. 029Al, 0. 09V) was produced by 90 t electric arc furnace - LF(VD) refining - 240 mm × 240 mm billet concasting - continuous rolling process at Beiman Special Steel. With VD treatment and whole period shield casting practice the $[N]$ was $\leq 78 \times 10^{-6}$, the rating of non- metallic inclusions in steel was 0~2, no hair crack was detected and the grain size, structure and hardenability of steel all met the requirement of standard.

Material Index EAF-LF(VD)-CC-CR Flow Sheet, Caterpillar Track Steel 35MnBM, Process Practice

1 生产工艺

35MnBM 链轨节钢工艺流程:90 t 电弧炉冶炼 → LF 精炼 → VD 真空 → 连铸 240 mm × 240 mm 方坯 → 连铸坯热装(或缓冷 → 铸坯清理) → 轧制。

1.1 电弧炉冶炼

90 t EBT 超高功率电弧炉,炉容 96.1 m³,炉壳直径 6100 mm,变压器功率 85 MVA + 10%。

冶炼采用熔氧结合、早期去磷、泡沫渣埋弧操作^[1],当 $[P] \leq 0.015\%$ 、温度 ≥ 1630 °C 出钢。出钢 $[Si]$ 、 $[Mn]$ 不计烧损调至规格下限,出钢 15 t 时,向钢包中加铝 1 kg/t;出钢量达 20 t 时,随钢流加入增碳剂、粗调合金及渣料。留钢留渣操作,留钢量 22.4 t,出钢全程吹氩。

1.2 LF/VD 精炼

90 t LF 变压器功率 18 MVA。VD 是双罐、单盖、罐盖车横移式装置。钢包到精炼位后,给电加热化渣,用 C 粉、Si 粉、Al 粉扩散脱氧造白渣,升温速度 4.0~5.0 °C/min, $[C]$ 、 $[Si]$ 、 $[Mn]$ 、 $[V]$ 微调完毕;精炼过程 Als 控制在 0.025%~0.035%,温度 ≥ 1680 °C 时吊包。

当 VD 真空度达 67 Pa,保持氩气搅拌 10 min 以上,氩气压力 ≥ 0.5 MPa,而后调小氩气压力破真空。破真空后依次精调成分,喂铝线 0.030%,加铁

0.03%,加硼铁 0.0025%,再喂钙线 160 m,加 150 kg 覆盖剂,软吹氩 ≥ 10 min 后,考虑残硫量喂入 0.025% 硫磺线。温度 1565~1570 °C 吊包连铸。

1.3 弧形连铸机连铸

4 机 4 流连铸系统包括,蝶型、支臂可独立升降的钢包回转台;悬臂式、变频驱动的中间包车;工作液位 20 t(800 mm),溢流液位 22 t 的中间包;内壁镀铬,长 800 mm 的管式结晶器;每流 4 架,1、2 架拉矫;3、4 架矫直的拉矫机系统,一区、二区随断面规格更换,三区通用的二冷区;自动火焰切割系统;出坯辊道、事故冷床、拨钢机等组成的出坯系统。连铸机半径 10.25 m,流间距 1300 mm,冶金长度 28 m。连铸是全程无氧化保护浇铸,铸坯拉速 0.6~1.0 m/min。

结晶器冷却水流量 2500 L/min;停止浇铸时冷却水流量 1300 L/min;振动频率 170 r/min,振动截止频率 150 rpm,振幅 3.9 mm。结晶器电磁搅拌频率为 3.0 Hz,电流 450 A。连铸规格 240 mm × 240 mm,定尺长度 5.9 m,切头 600 mm,切尾 1600 mm。

1.4 连轧机轧制

采用侧进侧出步进梁式加热炉,预热段温度不限,加热 1 段(1100 ± 20) °C,加热 2 段(1180 ± 20) °C,均热段(1160 ± 20) °C,开轧温度 1050~1070 °C,经平立交替布置、单线全无扭转的 23 架轧

机轧制成 $\Phi 65$ mm、 $\Phi 70$ mm、4~6 m 的定尺材。

2 生产结果与分析

2.1 化学成分

35MnBM 链轨节钢化学成分检验值见表 1。由

表 1 可以看出,通过 90 t 电弧炉冶炼、90 t LF/VD 精炼,C、Si、Mn、P、S、B、Al、V 等含量均控制在标准要求的范围内,且 P、S 含量平均值分别为 0.014%、0.007%,控制较好。

表 1 35MnBM 钢化学成分,30 炉
Table 1 Chemical compositions of steel 35MnBM, 30 heats

项目	化学成分/%											[N]/ 10 ⁻⁶
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	B	Al	V	
标准	0.32 ~ 0.37	0.15 ~ 0.30	1.10 ~ 1.40	≤0.030	≤0.030	≤0.20	≤0.20	≤0.30	0.000 5 ~ 0.003 0	0.015 ~ 0.070	0.08 ~ 0.12	≤80
内控	0.35 ~ 0.37		1.25 ~ 1.40						0.001 0 ~ 0.002 5	0.015 ~ 0.030		
检验值	0.33 ~ 0.37	0.21 ~ 0.28	1.16 ~ 1.32	0.005 ~ 0.024	0.005 ~ 0.024	0.05 ~ 0.19	0.04 ~ 0.09	0.12 ~ 0.21	0.001 3 ~ 0.002 4	0.018 ~ 0.042	0.08 ~ 0.10	35 ~78

2.2 低倍组织和非金属夹杂物

通过对短流程生产线生产 $\Phi 65$ mm、 $\Phi 70$ mm、4~6 m 的定尺材检验结果看,中心疏松、中心偏析、一般疏松、一般点状偏析均波动在 0~1 级,波动级别较低,这与采用了结晶器电磁搅拌(M-EMS)、凝固末端电磁搅拌(F-EMS)技术有关。非金属夹杂物均≤2.0 级(表 2),尤其是 B 类夹杂物控制得好。通过塔形检验未发现发纹存在(表 3)。

表 2 35MnBM 钢的非金属夹杂物/级
Table 2 Non metallic inclusions in steel 35MnBM /rating

项目	A		B		C		D	
	细	粗	细	粗	细	粗	细	粗
标准	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤3.0
检验值	0.5 ~ 2.0	0.5 ~ 1.5	0 ~ 1.0	0 ~ 1.0	0	0 ~ 0.5	0	0 ~ 1.5

表 3 35MnBM 的淬透性、晶粒度、发纹检验结果
Table 3 Examination results of hardenability, grain size and hair crack of steel 35MnBM

项目	淬透性要求(HRC)			晶粒度/级	发纹(塔形检验)	
	J _{1.5}	J ₉	J ₁₅		1 组(其它各炉)	2 组(第 1~5 炉)
标准	51 ~56	46 ~53	≥30	≥5	总条数≤20 条 总长≤15 mm 最长≤5 mm	总条数≤8 条 总长≤40 mm 最长≤8 mm
检验值	51.0 ~55.5	46 ~51	31.0 ~48.5	7~8	0	0

3 结论

通过 30 炉次的生产实践,北满特钢在短流程生产线上生产的 35MnBM 链轨节钢,其化学成分(%: 0.33 ~ 0.37 C、0.21 ~ 0.28 Si、1.16 ~ 1.32 Mn、0.001 3 ~ 0.002 4 B、0.018 ~ 0.042 Al、0.08 ~ 0.10 V)、低倍组织、非金属夹杂物、淬透性(HRC: 51 ~ 55.5 J_{1.5}、46 ~ 51 J₉、31 ~ 48.5 J₁₅)、晶粒度(7~8 级)、发纹及脱碳层完全满足技术标准要求,可进行批量生产。

参考文献

- 邱绍岐,祝桂华. 电炉炼钢原理及工艺. 北京:冶金工业出版社, 1996
- 《钢铁材料手册》总编辑委员会. 合金结构钢. 钢铁材料手册第 4 卷. 北京:中国标准出版社,2003

朱志欣(1967-),男,工程师,1990 年本溪冶金专科学校毕业,产品开发及冶炼工艺研究。

收稿日期:2007-09-25