

链轨节用钢 15B36Cr 的开发与试制

梁佰战 郑力宁 肖波

(江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司技术中心, 淮安 223002)

摘 要 淮钢采用 90 t 顶底复吹转炉-LF-RH-200 mm × 200 mm 连铸-连轧工艺流程试生产了 2 炉 Φ60 mm 链轨节用钢 15B36Cr(/% : 0.30 ~ 0.37C, 0.15 ~ 0.30Si, 1.20 ~ 1.50Mn, ≤ 0.040P, ≤ 0.050S, 0.20 ~ 0.40Cr, ≤ 0.25Ni, ≤ 0.35Cu, ≤ 0.06Mo, 0.0005 ~ 0.0030B)。通过加严影响淬透性化学成分, 控制出钢碳 ≥ 0.08%, 转炉有效挡渣和下渣检测系统控制下渣, LF 炉铝粒和电石渣面脱氧, RH 最低真空度处理 20 ~ 30 min, 结晶器电磁搅拌、末端电磁搅拌和连铸低过热度保护浇铸等工艺措施, 15B36Cr 钢的化学成分稳定控制在内控范围内, 除了 B 粗以外, 其他类型非金属夹杂物级别全部控制在 1.0 以内, 淬透性控制在较窄的范围内, 试制钢种关键技术指标达到客户和预期设计要求。

关键词 链轨节用钢 15B36Cr 90 t 顶底复吹转炉-LF-RH-CC 工艺流程 试制

Development and Preproduction of 15B36Cr Steel for Track Link

Liang Baizhan, Zheng Lining and Xiao Bo

(Technology Center, Huaigang Special Steel Co Ltd, Jiangsu Shagang Group, Huai'an 223002)

Abstract The Φ60 mm 15B36Cr steel two furnace for Track Link (/% : 0.30 ~ 0.37C, 0.15 ~ 0.30Si, 1.20 ~ 1.50Mn, ≤ 0.040P, ≤ 0.050S, 0.20 ~ 0.40Cr, ≤ 0.25Ni, ≤ 0.35Cu, ≤ 0.06Mo, 0.0005 ~ 0.0030B) was produced by 90 t LD with top-bottom blowing-LF-RH-200 mm × 200 mm billet concasting-continuous rolling process at Huaigang Special Steel. With more narrow chemical constituents influencing hardenability, controlling LD end [C] ≥ 0.08% and roughing slags amount using effectively slag stopping technology and detecting system of roughing slags, diffusion deoxidation of LF using aluminum particle and carbide, treating for 20 ~ 30 min in the minimum vacuum degree of RH, shielding casting with mold electromagnetic stirring and final electromagnetic stirring and by low superheat pouring, the examination results show that the chemical constituents of steel 15B36Cr is stable, except B heavy inclusion, the rating of other inclusion in steel is no more than 1.0, the hardenability band is more narrow, and the key technical indexes of test steel satisfy the requirements of customer and expectation.

Material Index 15B36Cr Steel for Track Link, 90 t LD with Top-Bottom Blowing-LF-RH-CC, Preproduction

15B36Cr 为韩国钢种牌号, 该牌号与我国 35MnB 系列钢种化学成分相近, 主要用于加工工程机械用履带中的链轨节。由于坦克、挖掘机和起重机等配有履带的工程机械设备工作环境恶劣, 其中链轨节承受着复杂多变的周期载荷, 这就要求链轨节具备较高屈服强度、疲劳性能、良好的冲击性能等, 进而对链轨节用钢的纯净度、淬透性和成分均匀性等技术指标提出了更高的要求^[1-3]。

1 生产设备与工艺路线

铁水预处理-90 t 顶底复吹转炉-90 t 钢包精炼炉-100 t 双工位真空循环脱气炉-200 mm × 200 mm 四机四流弧形连铸机-冷装-梁式步进加热炉-750 棒材连轧机-Φ60 mm 材入坑缓冷-检验-矫直-粗磨-倒棱-超声波探伤-磁粉探伤-包装入库-发货。

2 生产过程控制

采用喷吹颗粒镁对铁水进行预处理, 100 t 转炉

顶底复吹。由于该钢种有较为严格的淬透性要求, 为了减少残余元素对于淬透性的影响, 在转炉冶炼时选取预处理铁水和自产废钢, 钢包精炼炉通过电弧加热造中碱度精炼渣, 底部全程氩气搅拌, 配有喂入丝机, 钢水经过 RH 真空循环脱气, 真空结束后向钢水喂入硅钙线变性处理, 连铸机为弧形四机四流, 全过程保护浇铸, 采用结晶器和末端两段电磁搅拌来减轻钢坯偏析和疏松等, 轧制采用 750 连轧机, 微张力控制, 终轧后配有表面检测仪和测径仪, 对钢材表面质量和尺寸进行实时监控。

2.1 铁水预脱硫

铁水温度 ≥ 1 250 ℃, 0.03% ~ 0.05% S。采用喷吹颗粒镁进行铁水预脱硫, 脱硫后加入聚渣剂, 使用特制的扒渣板进行扒渣处理, 防止在转炉冶炼过程回硫, 铁水经过预处理后硫含量在 0.015% ~ 0.030%。

2.2 转炉冶炼和出钢控制

由于该钢种对磷含量要求不是很高,在转炉冶炼时,采取高拉碳和单渣操作,保证出钢碳 $\geq 0.08\%$,出钢温度 $1\ 630 \sim 1\ 670\ ^\circ\text{C}$,禁止补吹,采用挡渣锥和滑板复合挡渣防止下渣,出钢适时加入脱氧剂、合金和渣料^[4],铝饼一次性加入 $150\ \text{kg}/\text{炉}$,石灰 $400\ \text{kg}/\text{炉}$ 和预熔精炼渣 $350\ \text{kg}/\text{炉}$ 。

2.3 LF 精炼和 RH 真空处理

根据精炼过程中脱硫情况和精炼渣的流动性,适当补加萤石和石灰,但萤石和石灰的补加量分别控制在 $50\ \text{kg}/\text{炉}$ 和 $200\ \text{kg}/\text{炉}$,将炉渣碱度 $R(\text{CaO}/\text{SiO}_2)$ 稳定控制在 $5 \sim 7$,精炼渣主要成分为($\%$): $51 \sim 59\text{CaO}$ 、 $20 \sim 30\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $7 \sim 12\text{SiO}_2$,冶炼前期调大氩气搅拌改善脱硫的动力学条件。在精炼过程中,使用少量铝粒和电石进行渣面扩散脱氧,保证“白渣”时间控制在 $15\ \text{min}$ 以上。试验钢种需要添加一定量的硼用于提高淬透性,为了减少硼的氧化和氮化等损失,在白渣状态下先后向钢水中加入钛铁和硼铁来调整硼含量。精炼结束后向钢水中喂入 $100 \sim 150\ \text{m}$ 硅钙丝进行非金属夹杂物变性处理^[5]。

在RH工序禁止添加含铝和含钙合金和丝线。在真空度 $\leq 100\ \text{Pa}$,在最高真空度下处理 $20\ \text{min}$ 左右,真空处理结束后,氩气软吹时间控制在 $20 \sim 30\ \text{min}$ 。

2.4 连铸控制

全程保护浇铸,利用钢包下渣监测系统控制下渣,长水口氩封,为了保证氩封效果,采用台阶式结

构密封垫,中间包到结晶器使用内装浸入式水口,减少钢液吸气,结晶器液位波动控制在 $\pm 3\ \text{mm}$ 以内,对于超出波动范围钢坯实施报废处理,中间包第一包钢水过热度控制在 $30 \sim 40\ ^\circ\text{C}$,连浇炉次钢水过热度控制在 $20 \sim 30\ ^\circ\text{C}$,在一定的过热度范围内按照恒拉速操作,避免因拉速的频繁调整导致质量问题。

2.5 轧制工序控制

采用冷装工艺加热轧制, $200\ \text{mm} \times 200\ \text{mm}$ 钢坯加热温度控制在 $1\ 020 \sim 1\ 200\ ^\circ\text{C}$,钢坯在炉时间控制在 $120 \sim 150\ \text{min}$,考虑到钢坯头尾温差,要保证头尾温差控制在 $30\ ^\circ\text{C}$ 以内,钢坯经高压水除鳞,终轧温度和下冷床温度控制在 $850 \sim 880\ ^\circ\text{C}$ 和 $400 \sim 450\ ^\circ\text{C}$,整个生产工序并未使用控轧控冷,成材规格为 $\Phi 60\ \text{mm}$ 而采用自然缓慢冷却。利用表面检测仪和轧后在线取样检查钢材表面质量,保证钢材表面没有肉眼可见缺陷。

3 结果分析

3.1 熔炼化学成分

钢的熔炼化学成分见表1。从表1可以看出,精炼工序对于化学成分控制较好,所有化学成分能够按照内控要求严格控制,其中残余元素钼波动较大,这可能与转炉废钢加入量较大和种类复杂有关,由于钼元素不易氧化,冶炼加入的废钢中存在钼元素,就会基本残留于钢水中,故此要想稳定钼含量,就要从加入废钢时进行控制。

表1 15B36Cr 钢化学成分/ $\%$

Table1 Chemical composition of steel 15B36Cr/ $\%$

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	B	[O]/ 10^{-6}
用户要求	0.30 ~ 0.37	0.15 ~ 0.30	1.20 ~ 1.50	≤ 0.040	≤ 0.050	0.20 ~ 0.40	≤ 0.25	≤ 0.35	≤ 0.06	0.000 5 ~ 0.003 0	/
内控值	0.32 ~ 0.35	0.20 ~ 0.29	1.30 ~ 1.40	≤ 0.022	≤ 0.006	0.34 ~ 0.39	≤ 0.10	≤ 0.10	≤ 0.05	0.002 0 ~ 0.003 0	≤ 15
实测值	0.33 ~ 0.34	0.24 ~ 0.27	1.33 ~ 1.35	0.012 ~ 0.017	0.003 ~ 0.006	0.34 ~ 0.37	0.01 ~ 0.02	0.01 ~ 0.02	0.001 7 ~ 0.006 6	0.002 2 ~ 0.002 5	7.0 ~ 10.2

表2 淬透性试验 HRC 硬度值

Table 2 HRC hardness value of hardenability test

项目	$J_{1.5}$	$J_{12.7}$	J_{19}
用户要求	≥ 52	42 ~ 52	35 ~ 50
实测值	52 ~ 54	46 ~ 50	42 ~ 48

3.2 末端淬透性

从 $\Phi 60\ \text{mm}$ 轧材上取样检验末端淬透性,热处理制度:正火(850 ± 10) $^\circ\text{C}$ 、淬火(850 ± 5) $^\circ\text{C}$,检验结果见表2。从表2可以看出,末端淬透性完全满

足用户要求,且淬透性值都在中上线,这说明钢材的淬透性较高,淬透性带窄,淬透性相对稳定。

3.3 力学性能

从 $\Phi 60\ \text{mm}$ 圆钢 $1/2$ 半径处纵向钻取 $\Phi 25\ \text{mm}$ 力学性能毛坯试样。试样经(845 ± 10) $^\circ\text{C}$ 淬火(保温 $40\ \text{min}$ 和水冷)和(470 ± 10) $^\circ\text{C}$ 回火(保温 $45\ \text{min}$ 和水冷),检验力学性能,结果见表3。

3.4 非金属夹杂物

按照GB/T10561-2005中A法对钢材中非金属

表 3 Φ60 mm 15B36Cr 钢的力学性能

Table 3 Mechanical properties of Φ60 mm 15B36Cr steel

项目	屈服强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	延伸率/ %	断面收 缩率/%	U 型冲击 吸收能量/J
用户 要求	≥800	≥1 000	≥11	≥45	≥45
实测 值	929 ~ 957	1 146 ~ 1 173	12 ~ 15	57 ~ 59	81 ~ 85

表 4 15B36Cr 钢 Φ60 mm 材的非金属夹杂物/级

Table 4 Rating of nonmetallic inclusion in Φ60 mm products of 15B36Cr steel /rating

项目	A		B		C		D	
	细	粗	细	粗	细	粗	细	粗
用户 要求	2.0	1.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5
实测 值	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.5	0	0	0.5 ~ 1.0	0 ~ 0.5

表 5 15B36Cr 钢 Φ60 mm 材低倍组织/级

Table 5 Rating of macrostructure of 15B36Cr steel Φ60 mm products /rating

项目	中心疏松	一般疏松	定型偏析
用户要求	≤2.0	≤2.0	≤2.0
实测值	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0	0 ~ 0.5

夹杂物进行评级,评级结果见表 4。

3.4 低倍组织

Φ60 mm 钢材的横截面酸浸低倍组织试片上未发现目视可见的缩孔、气泡、裂纹、夹杂、翻皮、白点、晶间裂纹。从表 5 可以看出,钢材低倍组织较

好,得益于钢坯质量和压缩比,对于链轨节用钢的内控压缩比要求必须 ≥10。

4 结论

(1) 按照上述工艺路线试制链轨节用钢 15B36Cr,经过厂内质检部检验,钢材各项技术指标完全满足与客户签订的技术协议。

(2) 末端淬透性和力学性能检验结果说明试验钢种的化学成分设计合理,淬透性值都在客户要求的中上线,力学性能有一定的富余量。

(3) 冶炼过程控制较为稳定,渣系配比合理,钢材纯净度较高。

参考文献

[1] 李灿明,王建景,闫志华. 国内工程机械用钢发展现状和市场预测[J]. 山东冶金,2008(5):9-11.
 [2] 马传庆. 工程机械履带用钢的研制[J]. 特钢技术,2012(1):26-30.
 [3] 周彦,陈林,薛虎东. 35MnBH 工程机械用钢试制[J]. 包钢科技,2014,40(5):40-43.
 [4] 陈家祥. 钢铁冶金学(炼钢部分)[M]. 北京:冶金工业出版社,1990.
 [5] 黄希祐. 钢铁冶金原理[M]. 北京:冶金工业出版社,2011.

梁佰战(1983-),男,硕士(2011 年贵州大学),工程师,2006 年长江大学(本科)毕业,新产品开发和质量控制。

E-mail:1614308895@qq.com

收稿日期:2018-09-15

欢迎订阅 2019 年《特殊钢》杂志

全国各地邮局均可订阅(可破订)

邮发代号:38-183

定价:16.00 元/期 96.00 元/年

邮编:435001

地址:湖北省黄石市黄石大道316号、新冶钢-大冶特殊钢股份有限公司《特殊钢》杂志社

电话:0714-6297386 6297313 0714-6297888-8010