

## 包钢 X65 管线钢 Φ300 mm 圆铸坯的试制

麻晓光<sup>1</sup> 王天瑶<sup>2</sup> 张秀平<sup>2</sup>

(1 包钢(集团)公司规划发展部,包头 014010; 2 包钢钢联股份有限公司炼钢厂,包头 014010)

**摘要** 包钢钢联股份有限公司炼钢厂采用 120 t 顶底复吹转炉-100 t LF(VD)-5 流 Φ300 mm 铸坯连铸工艺流程试生产 X65 管线钢 13MnNbTi (% : 0.10 ~ 0.16C, 1.20 ~ 1.40Mn, 0.03 ~ 0.05Nb, 0.01 ~ 0.02Ti, 0.025 ~ 0.05Al)。生产实践表明,通过铁水脱硫([S] ≤ 0.005%),转炉挡渣出钢,精炼渣碱度 ≥ 3.0,VD 处理 ≥ 13 min,可以使[S] ≤ 0.005%、[P] ≤ 0.015%、[H] ≤ 1.5 × 10<sup>-6</sup>。通过全程保护浇铸和结晶器电磁搅拌工艺,钢中氧含量(13 ~ 21) × 10<sup>-6</sup>,平均氧含量 16.44 × 10<sup>-6</sup>,铸坯表面质量良好,低倍组织 0 ~ 1 级。

**关键词** X65 级管线钢 Φ300 mm 圆铸坯 工艺实践

## Pilot Production of Φ300 mm Round Casting Bloom of X65 Pipeline Steel at Baogang

Ma Xiaoguang<sup>1</sup>, Wang Tianyao<sup>2</sup> and Zhang Xiuping<sup>2</sup>

(1 Planning and Developing Dept, Baotou Iron & Steel (Group) Co Ltd, Baotou 014010;

2 Steelmaking Plant, Steel Union Co Ltd, Baotou Iron & Steel (Group) Co Ltd, Baotou 014010)

**Abstract** The X65 pipeline steel 13MnNbTi (% : 0.10 ~ 0.16C, 1.20 ~ 1.40Mn, 0.03 ~ 0.05Nb, 0.01 ~ 0.02Ti, 0.025 ~ 0.05Al) is pilot-produced by 120 t top and bottom combined blown converter-100 t LF (VD)-5 strands Φ300 mm round bloom casting flow sheet at steelmaking plant, Baotou Steel Union Co Ltd. Production practice shows that it is available by desulphurization of hot metal ([S] ≤ 0.005%), using slag stopper during converter tapping, basicity of refining slag ≥ 3.0, VD treatment ≥ 13 min, to get [S] ≤ 0.005%, [P] ≤ 0.015% and [H] ≤ 1.5 × 10<sup>-6</sup>. With shielding casting in whole process and mold electromagnetic stirring, the oxygen content in steel is (13 ~ 21) × 10<sup>-6</sup>, average oxygen content is 16.44 × 10<sup>-6</sup>, the surface quality of bloom is fine and the rating of macrostructure is 0 ~ 1.

**Material Index** X65 Pipeline Steel, Φ300 mm Round Cast Bloom, Process Practice

### 1 钢种成分及工艺路线

为了保证钢管良好的机械性能,要求严格控制化学成分,13MnNbTi 钢的标准化学成分(% )为: 0.10 ~ 0.16C、0.15 ~ 0.35Si、1.20 ~ 1.40Mn、≤ 0.020P、≤ 0.005S、0.025 ~ 0.05Al、0.01 ~ 0.02Ti、0.03 ~ 0.05Nb。铸坯除每炉检验化学成分外,需每炉检验气体含量,同时监控 As、Sn、Pb 等有害元素。[S]、[P]要求越低越好。气体含量(%): [O]<sub>total</sub> ≤ 30 × 10<sup>-6</sup>、[N] ≤ 100 × 10<sup>-6</sup>。

包钢圆管坯生产工艺设备主要包括:铁水预处理纯镁脱硫、120 t 顶底复合吹炼转炉 1 座,100 t LF 1 座,100 t VD 真空脱气炉 1 座和 5 机 5 流弧形圆坯铸机 1 台。连铸工艺的主要技术参数见表 1。

X65 级管线钢 13MnNbTi 的生产工艺流程为:铁水预脱硫-转炉冶炼-LF-VD-圆坯连铸机。

### 2 工艺控制和冶金质量

#### 2.1 铁水脱硫

采用纯镁脱硫工艺,以减轻精炼的冶炼负担。

表 1 圆坯铸机主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of caster for round bloom

项目	技术参数
钢包容量/t	100
中间包容量/t	25
铸坯规格/mm	Φ180、Φ230、Φ270、Φ300、Φ350
弧形半径/m	12、16、31
流数	5 机 5 流
流间距/mm	1 650
拉速/(m · min <sup>-1</sup> )	2.4、1.7、1.3、1.0、0.7
冶金长度/mm	29 460
矫直方式	三点矫直
二次冷却方式	气雾冷却
铸流保护	全程无氧化保护浇铸
电磁搅拌(M-EMS)	有
平均作业率/%	89.4
平均浇铸时间/min	37.7
生产能力/(万 t · a <sup>-1</sup> )	120

铁水脱硫完成后加入聚渣剂进行捞渣,为了防止回硫,捞渣率要求 ≥ 90%。脱硫后铁水平均成分见表 2。

#### 2.2 转炉

全部采用脱硫铁水,且所有合金及原材料质量达到标准要求;采用单渣工艺冶炼,终渣碱度按 3.0

表 2 脱硫后铁水成分和温度

Table 2 Chemical composition and temperature of hot metal after desulphurization

项目	铁水成分/%				温度/℃
	Si	Mn	P	S	
平均	0.46	0.49	0.106	0.015	1 274
范围	0.20 ~	0.39 ~	0.101 ~	0.010 ~	1 254 ~
	0.69	0.55	0.163	0.028	1 287

控制;要求控制出钢[C]0.06%~0.10%,一次拉碳出钢。实践表明,钢中的氧含量决定于出钢C%和点吹次数,点吹次数越多,钢中的氧含量越高。出钢温度控制在1 620~1 650℃。

出钢过程中采用FeSi、FeMn合金化;Al-Mn-Fe进行脱氧。出钢结束后加入顶渣白灰200kg。出钢必须挡渣,且渣层厚度≤200mm。出钢过程中全程氩气搅拌。供精炼成分(%):0.08~0.14C、0.15~0.30Si、0.70~1.34Mn、0.007~0.015P、0.005~0.013S,温度1 524~1 572℃。

2.3 精炼

精炼工序采用硅铝镇静钢工艺控制,造渣材料

包括:白灰、萤石和铝矾土,合计用量8~10kg/t;炉前加入适量电石60~100kg/t进行造白渣泡沫操作,炉渣碱度≥3.0(渣样见表3)。脱氧剂采用硅铝钙钡和铝线(直径10mm)。

表 3 精炼渣样成分/%

Table 3 Ingredient of refining slag specimen / %

项目	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	FeO	S
平均值	51.42	16.46	8.97	0.14	0.18	8.45	0.62	0.83
范围	48.05 ~	15.71 ~	7.49 ~	0.11 ~	0.17 ~	6.18 ~	0.51 ~	0.28 ~
	53.82	17.44	10.21	0.16	0.19	9.71	0.75	1.23

VD深真空时间≥13min,真空处理平均温降1.94℃/min;真空处理后,[H]小于1.5×10<sup>-6</sup>,脱氮率平均23.6%。真空处理后按0.025%~0.05%喂入铝线,再喂入直径为Φ13mm的硅钙线150~200m,通过钙处理将剩余的氧化铝夹杂变性为低熔点的铝酸钙;喂丝后保证软吹时间≥8min,以促使夹杂物充分上浮,可以完全缓解水口堵塞问题<sup>[1]</sup>。供铸机钢水和成品成分见表4。

表 4 X65 管线钢连铸钢水和成品成分/%

Table 4 Chemical composition of casting liquid and finished products of X65 pipeline steel / %

类别	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Tb	Ca(参考)
钢水	0.12~0.15	0.22~0.34	1.25~1.32	0.009~0.0115	0.005	0.036~0.055	0.036~0.043	0.014~0.017	0.003~0.005
成品	0.12~0.16	0.22~0.35	1.23~1.36	0.01~0.018	0.002~0.004	0.02~0.048	0.036~0.047	0.012~0.018	-

注:通常情况下,对于钢种标准成分没有要求[Ca]的,成品检验时不作分析。

2.4 连铸

铸机采用Φ300mm断面进行了试制浇铸,全程采用保护浇铸,严禁敞浇,防止二次氧化<sup>[2]</sup>。过热度20~30℃,且拉速为0.8m/min恒定控制。5个流次全部采用结晶器电磁搅拌,可以消除过热,析出气体及促使夹杂物上浮,形成细小等轴晶带获得良好的铸坯质量<sup>[2]</sup>。二冷比水量0.35~0.20L/kg。

2.5 冶金质量

X65钢成品成分控制较好(表4)。钢中氧含量为(13~21)×10<sup>-6</sup>,平均氧含量为16.44×10<sup>-6</sup>;氮

含量为(39~51)×10<sup>-6</sup>,平均氮含量为43×10<sup>-6</sup>。铸坯组织比较均匀致密,无中心缩孔和裂纹。低倍组织为0~1级,合格率100%。力学性能见表5。

3 结论

(1)采用铁水预脱硫-转炉冶炼-LF-VD-圆坯连铸机的工艺路线能够满足X65管线钢的生产需要。

(2)铸坯成分命中率达到100%,表面质量和内部质量较好,管坯的力学性能符合要求。

参考文献

- 张 鉴. 炉外精炼的理论与实践. 北京:冶金工业出版社,1993
- 王昌生,周建男. 钢铁生产工艺装备新技术. 北京:冶金工业出版社,2004

麻晓光(1968-),男,硕士,高级工程师,1991年内蒙古科技大学毕业,精炼和连铸工艺研究。

表 5 X65 管线钢的力学性能

Table 5 Mechanical properties of X65 pipeline steel

项目	抗拉强度/ MPa	屈服强度/ MPa	冲击功 A <sub>K</sub> (横, -20℃)/J	伸长率/ %
标准	531~758	448~600	≥27	≥23
轧态平均值	525	323	37	31
热处理后	617	497	195	37

收稿日期:2009-10-09