

120 t BOF-LF-Φ200 mm 坯连铸工艺试制 X52 管线钢

陈 亮

(攀钢集团研究院有限公司,成都 611731)

摘 要 由于方圆连铸机浇铸 X52 管线钢($\% : 0.14 \sim 0.18\text{C}, 0.30 \sim 0.50\text{Si}, 1.25 \sim 1.40\text{Mn}, \leq 0.025\text{P}, \leq 0.025\text{S}, 0.03 \sim 0.06\text{Nb}$)易发生水口堵塞和难控制铸坯质量,故采用转炉出钢时根据钢中的碳含量加入 200 ~ 500 kg/炉 Fe-Al 脱氧剂进行脱氧,在 LF 用高碱度渣($\% : \geq 70\text{CaO}, \leq 5\text{Al}_2\text{O}_3, \leq 5\text{SiO}_2, \geq 5\text{CaF}_2, \leq 5\text{MgO}, \leq 0.05\text{N}$)进行精炼,精炼结束软吹氩 ≥ 5 min 等技术措施生产 X52 管线钢。结果表明,LF 平均脱硫率 37%,钢中 $\text{S} \leq 0.011\%$ 、 $\text{P} \leq 0.015\%$, $\Phi 200$ mm 连铸圆坯表面质量良好,低倍各项评级均小于 1.0 级。

关键词 X52 管线钢 转炉 LF 精炼 $\Phi 200$ mm 圆坯连铸

Pilot Production of Pipe Line Steel X52 by 120 t BOF-LF-Φ200 mm Round Bloom Concasting Process

Chen Liang

(Pansteel Group Research Institute Co Ltd, Chengdu 611731)

Abstract In consideration of easier nozzle clogging and difficult control of bloom quality for casting pipe line steel X52 ($\% : 0.14 \sim 0.18\text{C}, 0.30 \sim 0.50\text{Si}, 1.25 \sim 1.40\text{Mn}, \leq 0.025\text{P}, \leq 0.025\text{S}, 0.03 \sim 0.06\text{Nb}$) in casting by square-round bloom caster, the pipe line steel X52 is produced with using the technology including according to carbon content in liquid adding 200 ~ 500 kg/heat Fe-Al deoxidizer at tapping of BOF, refining by high basicity slag ($\% : \geq 70\text{CaO}, \leq 5\text{Al}_2\text{O}_3, \leq 5\text{SiO}_2, \geq 5\text{CaF}_2, \leq 5\text{MgO}, \leq 0.05\text{N}$) in LF process, and soft blowing argon for 5 min after refining. Results show that the average desulphurization rate is 37%, in steel the $\text{S} \leq 0.011\%$ and $\text{P} \leq 0.015\%$, the surface quality of $\Phi 200$ mm round bloom is nice and the rating of each item of macro-etch test is less than rating 1.0.

Material Index Pipe Line Steel X52, BOF, LF Refining, $\Phi 200$ mm Round Bloom Casting

2009 年 10 月攀钢方圆铸机投产,为了优化品种结构,扩大市场需求,该铸机于 2010 年初试制了 X52 管线钢,生产过程中解决了钢种的冶炼工艺参数及铸坯内部质量控制。生产的 25 炉 X52 管线钢经用户检验并投入使用,完全满足后续轧管要求,表明该方圆铸机具备了批量生产 X52 管线钢的能力。

1 工艺流程及铸机参数

X52 管线钢的工艺路线:铁水预处理→120 t 顶底复吹转炉→出钢渣洗→LF 精炼→软吹氩→ $\Phi 200$ mm 圆坯连铸。该铸机技术参数见表 1。

2 冶炼难点及解决措施

由于方圆坯铸机为新投产不久的铸机,设备及工艺还处在探索期。在生产 X46 管线钢时采用铝铁脱氧,方圆坯铸机投产初期多次出现钢液因 Al_2O_3 夹杂变流导致水口堵塞的情况,虽经过阶段性的治理,取得一定成果,但还是要加强铝脱氧钢种的过程铝控制;同时投产初期 X46 圆坯存在表面纵裂缺陷等问题,这也是 X52 钢生产过程中的难点。

针对 X52 钢在方圆坯铸机上生产存在的问题,

表 1 方圆铸机主要参数

Table 1 Main parameters of square-round bloom caster

项目	参数
年生产能力/万 t	80 ~ 100
钢包容量/t	120
中间包容量/t	45
结晶器长度/mm	750
铸机基本半径/mm	10 000
结晶器振幅/mm	± 4
流数/流	6
流间距/mm	1 300
铸坯规格/mm	200 × 200, $\Phi 200$
拉速/($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)	0 ~ 3.0

为确保 X52 钢的稳定生产,采用的各工序主要技术措施见表 2。

3 过程工艺参数控制

为了保证钢管良好的力学性能,硫、磷含量要求越低越好^[1],硫含量控制要求 $\leq 0.015\%$,磷含量控制要求 $\leq 0.015\%$;残余元素也需要尽量低;同时铸坯非金属夹杂要求 A、B、C、D、Ds 各类夹杂评级均小于 2.0 级。钢种成分要求见表 3。

3.1 转炉冶炼

表 2 各工序采取的主要技术措施及控制目标

Table 2 Main technical measures and control targets of each working procedure

工序	主要技术措施	控制目标
转炉冶炼	入炉[S]≤0.020%；控制终点碳，避免过度深吹，减少炉内增、回硫；加强脱氧，减少精炼过程用铝量，保证脱氧产物上浮时间充分，钢质纯净，以提高钢的质量和可浇性；选用 N、P、S 含量低的合金进行合金化；出钢渣洗。	终点[S]≤0.020%；下渣层厚度≤100 mm
LF 精炼	补加高碱度精炼渣，控制精炼终渣成分精炼加热时间≥20 min，精炼后软吹氩时间≥5 min。	成分合格，出站温度1590~1605℃
连铸	全程采用保护浇铸。钢包到中间包采用长水口和保护套管，长水口吹氩+密封圈；保护渣使用前必须按规定进行烘烤。	过热度(ΔT)20~40℃；拉速稳定

表 3 X52 管线钢的化学成分要求/%

Table 3 Requirement for chemical composition of pipe line steel X52 / %

C	Si	Mn	P	S	Nb
0.14 ~ 0.18	0.30 ~ 0.50	1.25 ~ 1.40	≤ 0.025	≤ 0.025	0.03 ~ 0.06

残余元素/%：Cr≤0.20、Ni≤0.20、Cu≤0.20、Mo≤0.10、As≤0.03、Sn≤0.01。

采用脱硫铁水或半钢冶炼，入炉[S]≤0.020%，转炉加入废钢为洁净废钢，不加生铁块。25 炉该钢种有 96% 的炉次入炉[S]≤0.020%，较好的达到了入炉[S]≤0.020% 的控制要求。

转炉出钢采用 Fe-Al 脱氧剂脱氧，脱氧剂的加入量按照表 4 实施。脱氧后钢水[Al]为 0.01%~0.03%， $a_{[O]}$ 为 0~10×10⁻⁶。为了避免因合金加入量太大而结团，出钢过程全程吹氩，在 Fe-Al 脱氧后，进行合金化；合金化后每炉钢加 400~600 kg 活性石灰和 80~120 kg 萤石，出完钢后在渣面加入 200 kg 含铝调渣剂，以降低钢包渣氧化性。

试验过程转炉冶炼时间平均为 13 min，最短冶炼时间为 12 min，最长时间为 17 min。转炉出钢时间平均为 6 min，控制效果良好。

3.2 LF 工序

为了达到更好的加热效果，以及降低钢包渣的氧化性，在 LF 进站时，每炉定量向钢包渣面加入

表 4 脱氧剂加入量控制方案

Table 4 Control scheme of addition amount of deoxidizing agent

转炉出钢碳含量/%	铝铁加入量/(kg·炉 ⁻¹)
≤0.05	400~500
0.06~0.08	300~400
0.09~0.12	250
>0.12	200

300 kg 精炼高效发泡剂。同时根据 LF 进站钢水中硫含量加入一定量的高碱度精炼渣进行精炼脱硫，精炼渣成分见表 5，具体加入量见表 6。

表 5 高碱度精炼渣成分/%

Table 5 Ingredient of high basicity refining slag / %

CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaF ₂	MgO	N
≥70.0	≤5.0	≤5.0	≥5.0	≤5.0	≤0.05

表 6 LF 精炼过程精炼渣的加入量

Table 6 Addition amount of refining slag during LF refining process

LF 进站硫含量/%	高碱度精炼渣加入量/kg
≤0.015	不加
0.016~0.025	200~300
≥0.026	400~700

由于入炉及转炉冶炼钢水中硫控制较好，钢中[S]均比较低，LF 进站[S]仅 1 炉为 0.018%，其余炉次均在 0.016% 以内，此次在 LF 工序精炼脱硫用料较少，范围为 300~500 kg；平均 420 kg。加入高碱度精炼渣的同时向钢包渣面加入铝丸可以加大脱硫效果，但是考虑到 X46 钢浇注发生过 Al₂O₃ 堵塞水口的现象，LF 处理 X52 钢不加入铝丸。

由于钢包渣况良好，同时钢中氧活度低，LF 精炼脱硫率 8%~69%，平均脱硫率 39%，LF 出站[S]均在 0.011% 以内，全部满足≤0.025% 的判钢要求，具体情况见表 7。

表 7 试验炉次 LF 进出站钢中硫含量/%

Table 7 Sulphur content in liquid of test heats at beginning and end of LF refining / %

炉次	LF 进站	LF 出站
700419	0.009	0.009
700420	0.009	0.006
700422	0.012	0.011
700423	0.009	0.005
700427	0.012	0.007
700428	0.015	0.005
700429	0.010	0.007
700431	0.014	0.008

出站温度在 1600~1607℃，温度控制较好，仅 1 炉超过目标温度(1605℃)2℃，其余炉次均在目标温度范围内。精炼结束后平均每炉软吹氩时间为 6.5 min。

3.3 连铸

连铸过程全程采用保护浇铸，长水口用密封圈保护浇铸，并控制吹氩量，防止大量吸氮；采用中低

碳钢用保护渣,采用含氮低、保温效果较好的中间包覆盖剂;结晶器冷却水采用1 800~2 200 L/min,二冷比水量0.5~0.7 L/kg_钢,全程投入电磁搅拌,电流强度320~350 A,频率3~3.5 Hz;浇铸过程中拉速稳定在1.3~1.5 m/min;中间包温度控制在1 540~1 560 ℃,平均为1 548 ℃。采用上述工艺后,确保了连铸坯的内部及表面质量。

4 试验结果

4.1 成品成分控制结果

在试验中为确保成分控制合格,充分利用生产

表8 X52 管线钢 Φ 200 mm 铸坯低倍组织/级

Table 8 Macrostructure of Φ 200 mm casting bloom of pipe line steel X52 /rating

项目	中心偏析	中心疏松	缩孔	其它缺陷
生产数据	0.5~1.0	0.5~1.0	0	无
用户要求	≤ 2	≤ 2	≤ 1.5	无

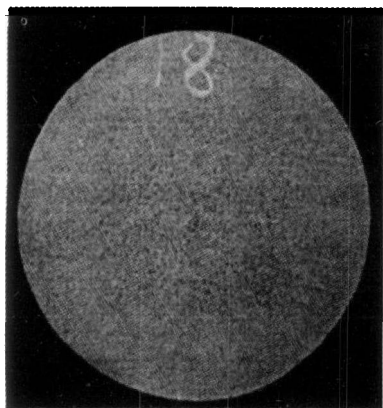


图1 X52 管线钢 Φ 200 mm 铸坯的低倍组织形貌

Fig. 1 Morphology of Φ 200 mm casting bloom macrostructure of pipe line steel X52

流程中各工序的成分调整功能,出钢过程对各元素按下限值进行合金化,再在 LF 精炼进行成分微调。采用以上措施后,所有炉次成品成分均满足用户要求。

试制的 25 炉 X52 钢的化学成分范围为(%): 0.16~0.17C、0.36~0.39Si、1.26~1.34Mn、 ≤ 0.015 P、 ≤ 0.011 S、0.04~0.05Nb。

4.2 铸坯质量

经现场随机检验,铸坯未发现表面缺陷,表面质量良好。X52 管线钢 Φ 200 mm 铸坯低倍检验结果见表 8,典型炉次 Φ 200 mm 铸坯低倍组织见图 1,铸坯质量满足用户要求。

5 结论

(1)采用炉后进行渣洗,LF 使用高碱度精炼渣进行精炼,精炼结束向钢包内软吹氩时间 ≥ 5 min 等技术措施,实现了 X52 圆坯的批量生产。

(2)冶炼过程[S]控制稳定,LF 精炼脱硫效果明显,脱硫率 8%~69%,平均脱硫率为 37%,出站[S]均 $\leq 0.011\%$ 。

(3)连铸圆坯无表面缺陷及内部缺陷,低倍各项缺陷评级均小于 1.0 级。

参考文献

- 1 杨太阳,廖卫团,温志红. 输油气管线钢 X52 的开发. 南方金属, 2008(3):28

陈亮(1983-),男,硕士,工程师,2009 年昆明理工大学毕业,二次精炼和质量控制研究。

收稿日期:2011-04-06

下 期 要 目

300 t 钢包顶底复合吹氩预脱硫工艺的物理模拟	朱伦才等
34 t 中间包底吹气水模型实验	樊文军等
关于 210 t RH 混匀时间影响因素的水模型研究	申甜甜等
CSP 热轧 CVC 工作辊磨损模型优化	李立新等
大方坯结晶器圆角半径大小对铸坯角部热-机械状态影响	李景等
轿车车身高强度钢应用进展	张志勤等
丝锥用 Nb 微合金化 TGM2A-S 高速钢的开发	雷利军等
82B 高碳钢小方坯中磷的偏析行为	崔怀周等
梁板钢板坯角部横裂纹控制技术的研究	潘红
微合金化 HRB400 高强度热轧钢筋的试制	唐海燕等