

CaO-SiO₂-Al₂O₃系保护渣加Li₂O对高铝钢 20Mn23AlV连铸板坯表面纵裂纹的影响

李晓军¹ 李欢² 李振²

(山西太钢不锈钢股份有限公司1炼钢二厂;2技术中心,太原030003)

摘要 研究了1.5%~2.5%Al的20Mn23AlV钢200 mm×1 260 mm铸坯表面纵裂纹产生机理。结果表明:20Mn23AlV表面纵裂纹与结晶器保护渣变性有关。保护渣渣中加入5.49%的Li₂O大幅提高了该钢种浇注过程保护渣理化指标的稳定性,且有利于将该钢种连铸坯表面纵裂发生几率由23.8%降至0.3%以下。

关键词 铸坯 纵裂 保护渣变性 高铝钢 20Mn23AlV

Effect of CaO-SiO₂-Al₂O₃ Series Mold Flux Adding Li₂O on Cast Slab Surface Longitudinal Crack of High Aluminum Steel 20Mn23AlV

Li Xiaojun¹, Li Huan² and Li Zhen²

(1 No.2 Steelmaking Plant;2 Technology Center, Shanxi Taigang Stainless Steel Co, Ltd, Taiyuan 030003)

Abstract The mechanism of surface longitudinal cracks of 200 mm×1 260 mm cast slab of 1.5%~2.5% Al steel 20Mn23AlV has been studied. The results show that the surface longitudinal crack of steel 20Mn23AlV cast slab is related to the denaturation of mold flux. The mold flux added 5.49% Li₂O can greatly improve the stability of the physical and chemical indexes of the mold flux during the casting process, and it is favourable to reduce the occurrence probability of cast slab longitudinal surface crack from 23.8% to below 0.3%.

Material Index Cast Slab, Longitudinal Crack, Denaturation of Mold Flux, High Aluminum Steel 20Mn23AlV

20Mn23AlV钢因其具有良好的隔磁性能、力学性能以及易加工性能,被广泛应用于大中型变压器铁芯拉杆、电磁铁等无磁部件^[1-3]。

近年来,随着连铸技术的不断发展和进步,山西太钢不锈钢股份有限公司(“太钢”)、宝山钢铁集团有限公司(“宝钢”)等均实现了全连铸生产。但在生产中,连铸坯表面易产生纵裂纹缺陷,严重时甚至会引发漏钢事故,影响连铸生产顺行和产品质量。

20Mn23AlV为单一奥氏体钢,凝固过程中坯壳收缩大,容易出现坯壳生长厚度不均匀问题。要解决凝固过程坯壳生长不均匀问题,通常选用结晶性能较好的高碱度保护渣。但是,该钢种又属于高铝钢,浇注过程中保护渣容易变性,高碱度保护渣润滑性能差,不利于生产顺行。因此,生产过程需综合考虑坯壳收缩不均匀和表面润滑差等问题。

1 生产工艺

1.1 连铸工艺

工业生产20Mn23AlV钢生产工艺流程为铁水预处理→K-OBM-S→VOD→LF→连铸机,钢包80 t,

中间包20 t,中间包钢水浇注温度为1 440~1 460℃,结晶器断面尺寸为200 mm×1 260 mm,拉速为0.6~0.7 m/min,结晶器振动方式为正弦振动,浸入式水口插入深度为(120±5) mm。连铸机技术参数如表1所示。

1.2 20Mn23AlV钢的成分

20Mn23AlV钢化学成分见表2,其碳含量在0.14%~0.20%,锰含量在21.5%~25.0%,铝含量在1.5%~2.5%,属典型的高铝高锰钢。

1.3 铸坯表面纵裂缺陷形貌

20Mn23AlV钢连铸坯表面纵裂形貌如图1所

表1 连铸机主要技术参数

Table 1 Main parameters of continuous casting machine

项目	技术参数
机型	板坯直弧形连铸机
台数×流数	1×1
基本半径/mm	8 000
厚度/mm	200
宽度/mm	900~1 320
冶金长度/mm	23 600
拉速/(m·min ⁻¹)	0.6~0.7

表 2 20Mn23AlV 钢的化学成分/%
Table 2 Chemical composition of steel 20Mn23AlV/%

C	Si	Mn	P	S	Al	V
0.14~0.20	≤0.50	21.5~25.0	≤0.030	≤0.030	1.5~2.5	0.05~0.1

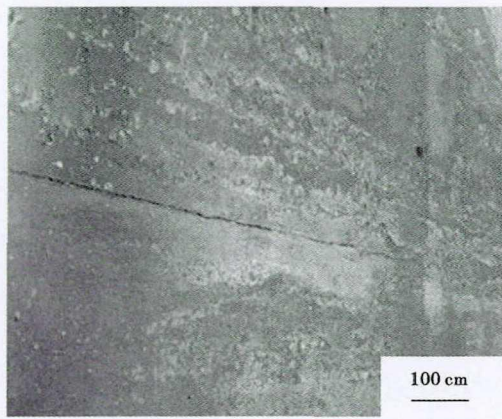


图 1 20Mn23AlV 钢板坯表面纵裂形貌

Fig. 1 Surface crack morphology of steel 20Mn23AlV cast slab

示,该缺陷位于连铸坯宽面,内弧中部居多,裂纹呈
通长贯通状,有时伴有钢水挤出现象。

2 研究方法

在实验室对两种保护渣(表 3)反应前后理化指
标进行了测定和分析。化学成分采用化学分析法;
熔点采用高温原位热分析仪测定,黏度采用高温黏
度测定仪测定。

3 结果与讨论

3.1 两种保护渣与连铸坯表面纵裂对应关系

图 2 给出了 A、B 两种保护渣(表 3)使用过程
中连铸坯表面纵裂纹随时间变化关系,结合图 2 和
生产实际可知:(1)开浇阶段,两种保护渣对应连铸
坯表面纵裂纹发生几率均较高,随后逐步降低。
(2)随浇注继续进行,A 渣对应连铸坯表面纵裂纹
产生几率逐步增大,B 渣对应连铸坯表面较好,无裂
纹产生;(3)浇注末期(浇注时间 > 60 min),A 渣对
应连铸坯表面纵裂纹指数最高达到 23.8%,考虑生
产顺行,此时已不具备继续浇注条件,故通常限定 A
渣浇注时间小于 60 min; B
渣对应连铸坯表面无纵裂
纹,具备继续浇注条件,当浇
注时间超过 120 min 时, B
渣对应连铸坯表面纵裂纹几率
仍较低,但存在结疤等缺陷,
结晶器内保护渣有明显结

块,判定此时已不具备继续浇注条件,
故在使用 B 渣时限定浇注时间小于
120 min。

3.2 浇注前后保护渣化学成分分析

由表 3 可知,A 渣和 B 渣原渣基础
渣系均为“CaO-SiO₂-Al₂O₃”系,A 渣二元碱度为
0.81,B 渣二元碱度为 0.64;助熔剂均含有 F 和
Na₂O,B 渣还含有 5.49% 的 Li₂O;两种保护渣原渣
中 Al₂O₃ 含量均较低。A 渣反应后二元碱度升高至
2.85,渣中 Al₂O₃ 含量由原来的 1.86% 升高至
44.93%,SiO₂ 含量由原来的 39.38% 降至 9.04%。
B 渣反应后二元碱度升高至 1.09,渣中 Al₂O₃ 含量
由原来的 2.96% 升高至 24.37%,SiO₂ 含量由原来
的 44.29% 降至 23.24%。相比较而言,A、B 两种渣
反应后二元碱度、Al₂O₃ 含量均有升高,SiO₂ 含量均
有明显降低,但 B 渣升高幅度较小,反应后仍能满
足生产顺行及产品质量需求。

3.3 浇注前后保护渣物理性能分析

A、B 两种保护渣使用前熔点和黏度如表 4 所
示,A、B 两种保护渣原渣熔化过程如图 3 所示,结合
生产过程和图 3、表 4 可知:

(1)使用 A 渣时:连铸开浇生产正常,随浇注继
续进行,保护渣渣况开始恶化,第一炉钢浇注中后期

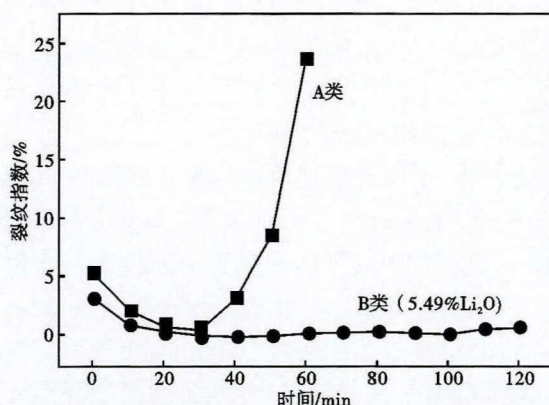


图 2 A 渣和 B 渣(5.49% Li₂O)20Mn23AlV 钢板坯表面纵
裂纹指数与浇注时间对应关系

Fig. 2 Relationship of steel 20Mn23AlV cast slab surface longi-
tudinal crack index and casting time for A flux and B flux
(5.49% Li₂O)

表 3 两种保护渣反应前后的化学成分

Table 3 Chemical composition of two kinds of mold fluxes before and after reaction

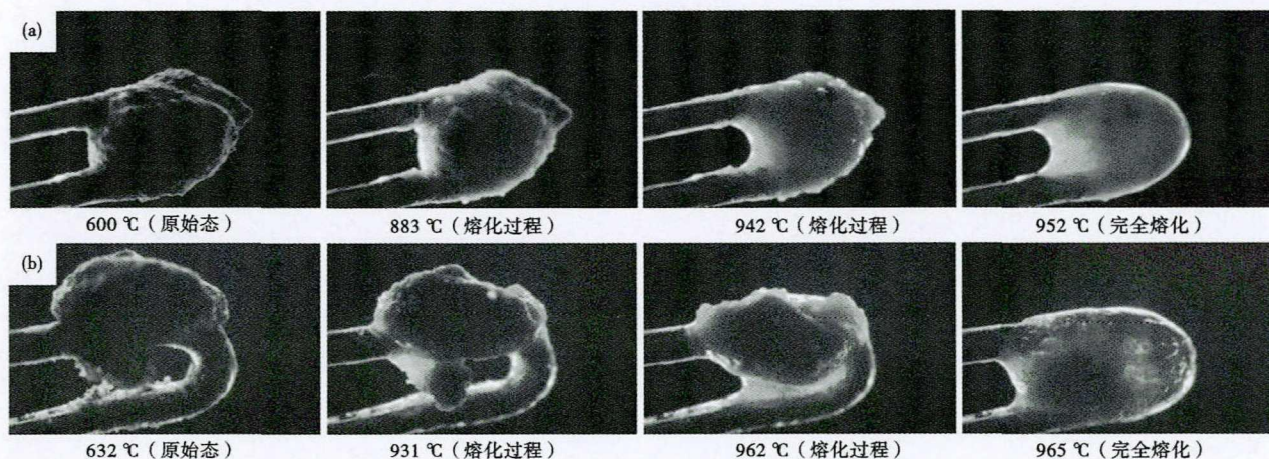
保护渣	渣的成分/%									碱度(R)
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	F ⁻	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	Li ₂ O	C _全	
原渣 A	31.79	39.38	1.86	1.53	11.13	12.93	1.07	-	4.82	0.81
终渣 A	25.73	9.04	44.93	1.39	8.84	9.27	0.58	-	4.33	2.85
原渣 B	28.17	44.29	2.96	1.78	9.6	9.21	0.49	5.49	7.22	0.64
终渣 B	25.30	23.24	24.37	2.07	8.2	9.50	0.78	5.11	5.85	1.09

表4 两种保护渣反应前后理化指标

Table 4 Physical and chemical properties of two kinds of mold fluxes before and after reaction

保护渣	熔点/℃	1350℃熔速/s	1300℃黏度/(Pa·s)
原渣 A	952	40	0.08
终渣 A	1300	12	0.98
原渣 B	965	26	0.16
终渣 B	1059	17	0.56

时,保护渣渣条严重,结晶器润滑性能变差。对比原渣和终渣化学成分及理化指标可知,浇注过程渣中(SiO₂)与钢中[Al]反应生成了(Al₂O₃)和[Si],保护渣渣中Al₂O₃升高后,碱度由0.81升高至2.85,熔点由952℃升高至1300℃以上,同时保护渣黏度急剧升高,结晶器内渣条增大增厚,这主要是由

图3 (a) A和(b) B(5.49% Li₂O)两种保护渣熔化过程Fig. 3 Melting process of (a) A and (b) B (5.49% Li₂O) two kinds of mold fluxes

于保护渣结晶物相由原来的硅灰石向钙铝黄长石转变所致^[3-5]。

(2)使用B渣时:连铸开浇生产正常,随浇注过程进行,保护渣同样出现渣况恶化情况,渣条同样有增大趋势,但相对于A渣而言,渣条较小,且并未堵塞保护渣流入通道,当浇注至第一炉中后期时,结晶器内保护渣渣况趋于稳定,不再有明显变化。反应前后保护渣熔点由965℃逐步升高至1059℃。尽管使用B渣时保护渣同样发生变性,但变化幅度相对较小,变性后的保护渣仍能维持正常生产,满足两连浇(约120min)生产条件,且下线连铸坯表面无纵裂纹等缺陷。这主要是由于B渣中含有约5.49%的Li₂O, Li₂O的加入不仅降低了结晶器保护渣的熔化温度,而且使黏度降低,有利于提升保护渣的润滑能力,能保证生产顺行和产品质量稳定,连铸坯表面裂纹发生率由23.8%降至0.3%以下。

4 结论

(1)使用A渣时,20Mn23AlV钢生产过程中保护渣变性快,连铸仅能维持单浇生产,浇注末期连铸坯表面纵裂纹发生几率达到23.8%;

(2)使用含5.49% Li₂O的B渣时,20Mn23AlV钢生产过程中保护渣理化指标变化较慢,且能在0.6~0.7m/min拉速下实现两连浇(约120min)正常生产,下线连铸坯表面纵裂纹发生率降至0.3%以下。

参考文献

- [1] 闫威,陈伟庆,郑宏光. 无磁钢20Mn23AlV保护渣液渣和渣圈性能变化对连铸的影响[J]. 特殊钢,2013,34(1):45-18.
- [2] 张增武. 无磁钢20Mn23AlV冶炼和连铸生产实践[J]. 山西冶金,2012,35(6):21-23.
- [3] 张宇斌,文光华,于雄,等. 高铝奥氏体无磁钢20Mn23AlV板坯连铸结晶器保护渣的研究[J]. 特殊钢,2013,34(6):22-25.
- [4] 于雄,文光华,唐萍,等. F-对高铝钢连铸保护渣理化性能的影响[J]. 过程工程学报,2010,10(6):1153-1157.
- [5] 王欢. 高铝钢保护渣结晶器性能及渣膜传热的研究[D]. 重庆:重庆大学,2010:91-92.
- [6] 王强,仇圣桃,朱果灵,等. 高Al₂O₃含量高铝钢连铸保护渣的试验研究[C]. 2012年连铸保护渣技术研讨会论文集,2012,38-45.

李晓军(1986-),硕士(2011年重庆大学),工程师,2008年重庆科技学院(本科)毕业,特殊钢连铸坯工艺技术研究。
E-mail:lixj01@tisco.com.cn

收稿日期:2020-12-03