

宝钢耐候钢连铸实践

阮晓明

(上海宝钢集团公司)

摘 要 根据宝钢耐候钢连铸生产实践,分析了生产中存在的问题,并提出了相应改进措施,取得了较好的效果。

关键词 耐候钢 连铸 纵裂^a

CONTINUOUS CASTING OF ATMOSPHERIC CORROSION-RESISTING STEEL AT BAOSTEEL

RUAN Xiaoming

(Shanghai Baosteel Group Corp.)

ABSTRACT Based on the practice of continuous casting of atmospheric corrosion-resisting steel at Baosteel, some problems in the production were analyzed, and corresponding countermeasures have been put forward. And it has been proved that the measures are effective to improve the slab quality.

KEY WORDS atmospheric corrosion-resisting steel, continuous casting, longitudinal crack

1 前言

目前,中国作为世界最大的集装箱生产国,其集装箱产量已达世界总产量的68%,约在100万个标准箱。相应集装箱用钢的需求量约在150万吨^a。在集装箱用钢中,大约90%为耐候钢。

宝钢自1994年开始生产集装箱用钢,产量为3万吨,此后产量成倍增长,至1999年已达85万吨。市场占有率也从当年的41.3%上升到1999年的55%。集装箱用钢已发展成为宝钢以产顶进的重要热轧产品之一。

耐候钢由于对耐腐蚀性有较严格的要求,其成分也较其他钢种有较大差别,因此在浇铸过程中也有相应的要求。

2 生产概况

2.1 宝钢板坯连铸机特点

宝钢目前拥有两个板坯连铸分厂,共计4台板坯连铸机,其主要规格和性能如表1所示。

2.2 耐候钢连铸生产现状

宝钢生产的耐候钢牌号主要是B480NQR。因

表1 宝钢板坯连铸机特点

Table 1 Properties of slab continuous caster in Baosteel

主要参数	连铸一分厂	连铸二分厂
投产日期	1989.2.12	1998.2.04
机型	垂直立弯型	垂直立弯型
机流数	4机4流	4机4流
设计年产量 δ 万吨	400	288
冶金长度 δ m	39139	37138
结晶器长度 δ mm	904	904
扇形段数 δ 个	17	18
中间包类型	矩形	T形
板坯规格 δ mm	(900~1930) × (8000~12000)	(900~1450) × (8000~11000)

该钢种对耐大气腐蚀有较高要求,故在其钢种成分中Cu、Cr、Ni、P元素的含量较高,并且碳含量也正好处在包晶反应区,如表2所示。独特的成分决定了该钢种的浇铸难度。[P]高对板坯内部质量影响较大,其[C]、[Ni]、[Cu]、[Cr]则对板坯的表面质量影响较大,从宝钢目前生产的实际情况来看,基本不存

^a 联系人:阮晓明,高级工程师,上海(201900)上海宝钢集团公司炼钢部生产技术室

在内部质量问题, 主要问题是板坯表面纵裂。

表 2 耐候钢基本成分

Table 2 Composition of atmospheric corrosion resisting steel %

成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni
含量	0109	013	014	0108	01005	016	013	0125

3 纵裂原因分析

311 钢水成分决定该钢种表面纵裂发生率高

由 $Fe\text{-}C$ 相图可知, 当 $C = 011\%$ 时, 坯壳在 1493 以下不远处, 即弯月面附近, $D\text{Fe} 100\%$ 转化为 $C\text{Fe}$, 即相变收缩最大, 坯壳线收缩最大, 这样结晶器壁与坯壳间空隙也最大, 因而极易引起热流不匀。

当碳愈靠近 $0110\% \sim 0115\%$ 时, 奥氏体晶粒就愈大, 而奥氏体晶粒愈大, 钢的塑性就愈低, 因而产生纵裂的倾向就愈大。另外当碳含量在包晶点附近时, 容易形成粗大柱状晶, 当坯壳不能均匀凝固, 使得在柱状晶粗大的地方很容易就形成凹陷。

312 一冷传热

根据国内外众多文献资料介绍, 纵裂根源产生于结晶器。而结晶器中的关键问题则是, 如何使得凝固坯壳得到均匀一致的冷却, 从而使初生坯壳得到均匀生长。

在结晶器中坯壳在凝固过程中, 一方面受钢水静压力作用。另一方面则受钢壳收缩应力的作用。当 $C = 0110\% \sim 0115\%$, $P = 0104\%$ 时, 坯壳的收缩应力占有优势。所以在钢水凝固过程中, 坯壳相当于受到一拉应力作用。当液渣流入不均匀时, 极易造成冷却不均匀, 从而使得凝固坯壳厚度不均匀。这样在坯壳薄弱位置由于拉应力而产生纵裂。

313 出结晶器下口的二冷传热

在以往的实际生产中, 为了防止高磷钢的偏析和内裂问题, 一般在二冷区采用超强冷却。这样, 虽然铸坯的内部质量问题得到解决, 但同时由于冷却强度太大, 往往会加重结晶器内所产生的细小纵裂纹在二冷区进行扩展, 使得表面纵裂问题非常突出。

当 $C = 011\%$ 时, 约在 1493 时, 全部钢水凝固成为 $D\text{Fe}$, 而磷在 $D\text{Fe}$ 中的溶解度高于在 $C\text{Fe}$ 中的溶解度。因此当 $C = 011\%$ 时, 液相内磷的显微偏析最小。可见对于该钢种二次冷却可采用稍弱一些的冷却方式。

4 采取的相应对策

411 改善一冷传热

为使得结晶器中的坯壳达到均匀冷却的效果, 在结晶器内尽量采用缓冷。为了达到该目的, 针对影响一冷传热的几个因素, 在保护渣、结晶器铜板、生产操作上采取了相应的措施。

41111 保护渣选用

为防止纵裂, 须选用导热率低的保护渣, 这样可以使坯壳温度升高, 对减少横向热梯度有利。所以保护渣选择原则是确保低粘度化下的玻璃层落下速度、高结晶化温度下的结晶层厚度、防止粘结性漏钢, 在充分保证保护渣消耗量的基础上, 使得结晶器内均匀且缓冷却化。

凝固温度高可以使结晶器坯壳间固态渣膜厚度增加, 液态渣膜厚度减少, 因而减少传热量。结晶温度高、粘度低的保护渣, 其结晶器内的传热率小, 可实现结晶器内的缓冷却化, 但此时须注意要确保其消耗量。

另外为了保证液态保护渣的均匀流入, 生产操作上须确保稳定, 这里包括采用发热型开浇渣, 以降低头坯的纵裂发生率; 保护浇铸, 以减少钢水中 Al_2O_3 量, 从而防止其对结晶器中保护渣产生不良后果; 减小液面波动, 以利于液态保护渣均匀流入结晶器与坯壳间的间隙; 拉速与所选用保护渣要匹配, 且尽量保持恒速等。

宝钢在此类裂纹敏感钢种上, 对保护渣进行大量的对比试验, 表 3 列举了几种保护渣的试验结果。生产实践证明保护渣对纵裂影响极大, 选择一种适合自身工艺条件的保护渣对减少纵裂非常重要。

表 3 几种保护渣的纵裂发生指数比较

Table 3 Index comparison of longitudinal crack of some kinds of powders

保护渣	碱度	熔点 t_m	纵裂指数
A	1119	1060	2174
B	1125	1050	2111
C	1126	1020	0122
D	1130	1127	0164

41112 结晶器壁厚度与结晶器冷却水流速

宝钢结晶器壁厚度为 $50 \sim 41\text{ mm}$, 其结晶器冷却水流量也有其相应的变化范围, 一方面为了防止铜板水缝内的间隙沸腾, 以免结晶器铜板变形大而影响其使用寿命, 结晶器水缝内水流速度应不小于 4 m/s ; 另一方面为了改善纵裂发生率, 结晶器的冷却最好为缓冷, 这就要求冷却水流速又不宜过快。对

此结合宝钢的实际工况条件,对铜板的传热进行了计算,结果表明,当长边水量从目前的2800 L \dot{Q}_m in 下降到2600 L \dot{Q}_m in 时,铜板表面温度提高约 5 $^{\circ}$ C。同时冷却水流速从 4146 m \dot{Q}_s 下降到 4132 m \dot{Q}_s 。可见单依靠减少铜板冷却水流量来减缓结晶器内冷却,调节范围较为有限。

41113 结晶器冷却水质量与水槽深度

水质是影响结晶器壁温度和变形重要因素。沉在结晶器铜壁冷面上的水垢,使热阻大为增加,因而提高了结晶器壁温度,从某种意义上讲,这有利于减少纵裂的发生。

宝钢一炼钢在 1998 年 7 月以前,铜板水槽结垢较为严重,尤其在夏天高温季节,问题更为突出,铜板温度最高达 400 $^{\circ}$ C (热偶温度)。这段时期,板坯纵裂发生率很低,但同时铜板的寿命大大缩短了。1998 年 8 月后对阻垢剂、缓蚀剂进行了调整,基本解决了铜板水槽结垢问题,铜板温度下降到现在的 150~200 $^{\circ}$ C,而此时板坯纵裂发生率上升。

为了既能保证铜板寿命,同时又能减少板坯纵裂发生率,目前有两种方案正在实施。一是考虑增加铜板表面的镀镍层厚度,以增加热阻。二是考虑将铜板水槽深度从目前的 28 mm 和 29 mm 恢复到原设计值 25 mm 和 26 mm。

41114 结晶器冷却水温度

为减缓结晶器中冷却速度,将结晶器冷却水的入口温度从原来的 29 $^{\circ}$ C 提高到现在的 35 $^{\circ}$ C。

412 二次冷却

根据前面的分析以及生产的实际情况,将原超强冷却的二冷方式,改为冷却强度相对较弱的冷却方式。图 1 是两种冷却方式下,二冷区各控制点的铸坯表面温度。从图 1 中可看出,在结晶器下出口处,在冷却强度稍弱的方式下,铸坯表面温度提高了 70 $^{\circ}$ C 左右。从生产的实际情况来看,铸坯内部质量无差异,而表面纵裂发生比例有所下降。

同时对二冷水水温进行调节,目前水温控制在 30~35 $^{\circ}$ C。

413 采取措施后的效果

从图 2 中可以看出,1998 年底耐候钢纵裂发生指数为 115 左右,到 1999 年 8 月下降到了 0.13,效果非常显著。

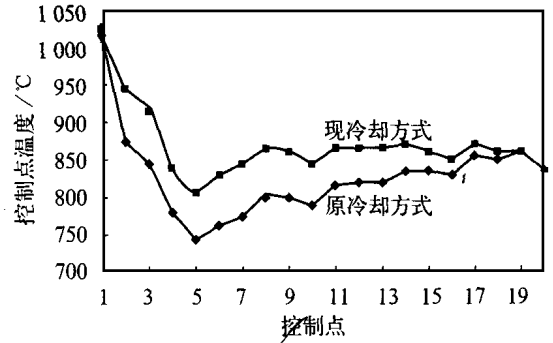


图 1 两种冷却方式下的各控制点铸坯表面温度
Fig11 Slab superficial temperature of each controlling point in two kinds of cooling pattern

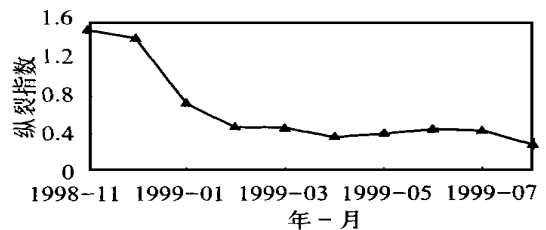


图 2 1998211~1999208 耐候钢纵裂发生指数
Fig12 Longitudinal crack index of atmospheric corrosion-resisting steel from Nov., 1998 to Aug., 1999

5 结语

经过几年的耐候钢连铸生产实践,板坯的主要质量问题在于其表面纵裂。而降低其纵裂发生率的关键在于选择合适的保护渣、改善一冷传热及合理的二冷方式。

邯钢建成2000 m³ 高炉

2000 m³ BF BUILT AT HANDAN STEEL

邯钢投资 9.15 亿元,从德国克虏伯公司引进的2000 m³ 高炉,历时 1 年 10 个月的建设,已于 2000 年 6 月底投产。

该高炉采用水冷氮封无料钟炉顶、外燃式热风炉、煤气

燃气轮机高炉鼓风机、变压吸附富氧及大喷吹量富氧喷煤工艺。同时采用二级计算机控制系统,可自动取样、自动切换、自动打印、自动报警。

万 利