

# 降低超低碳钢冷轧产品夹杂的生产控制实践

郑万任, 胡勤东, 李凯玉

(济钢集团有限公司 中厚板厂, 山东 济南 250101)

**摘要:** 济钢在生产超低碳钢冷轧产品的过程中, 产生大量的夹杂物缺陷造成的冷轧次、废品损失, 夹杂缺陷改判率最高时达到1.5%。通过分析夹杂物的来源及形成机理, 制定了相应的改进措施, 减少了夹杂缺陷, 超低碳钢冷轧产品夹杂的改判率降至0.6%以下。

**关键词:** 超低碳钢; 冷轧; 夹杂物; 改判率

中图分类号: TG335.5

文献标识码: B

文章编号: 1004-4620(2012)05-0022-03

## 1 前言

济钢冷轧厂2010年冷轧产品夹杂缺陷的改判率平均达到1.1%, 是冷轧厂质量改判的重大指标之一, 每月因板卷夹杂缺陷改判造成很大的损失。经统计分析, 产生冷轧夹杂物缺陷的钢种主要是超低碳钢。本研究通过对该系列钢种产生夹杂物的炉批次进行统计分析, 找出产生夹杂缺陷的根本原因, 并采取相应措施, 降低超低碳钢种的夹杂物缺陷改判率, 减少损失。

## 2 夹杂物统计分析

### 2.1 生产路线

济钢生产冷轧超低碳钢的工艺流程为: 铁水预脱硫→120 t顶底复吹转炉→LF精炼→RH精炼→ASP铸坯连铸→热轧→冷轧。铸坯连铸机为中薄板连铸机。超低碳钢的冶炼成分见表1。

表1 超低碳钢化学成分 %

项目	C≤	Si≤	Mn	P≤	S≤	Als	Ti
内控	0.005 0	0.03	0.10 ~ 0.20	0.020	0.012	0.015 ~ 0.050	0.055 ~ 0.080
目标	0.003 0	0.02	0.15	0.015	0.008	0.025	0.065

### 2.2 夹杂物浇序统计

结合夹杂物炉次在炼钢工序的浇序及铸坯号统计, 产生夹杂的卷次集中分布比例: 中间包第1炉前2支铸坯50%, 正常浇序炉次的第1支铸坯20%, 钢水浇注过程结晶器液面波动大炉次5%, 拉速波动较大炉次的变拉速铸坯12%, 钢包烧眼炉次的第1支铸坯3%, 各浇次最后1炉的最后1只铸坯5%, 正常浇序的正常铸坯5%。

### 2.3 夹杂物形貌及化学成分分析

现场深冲钢冷轧钢卷夹杂缺陷的宏观形貌见

收稿日期: 2012-05-24

作者简介: 郑万任, 男, 1982年生, 2005年毕业于北京科技大学冶金工程专业。现为济钢中厚板厂120 t转炉区生产技术科工程师, 从事洁净钢的研究工作。

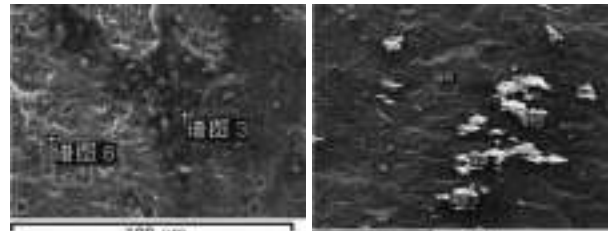
图1。夹杂缺陷主要以两种形式出现, 图1a主要为白色点状或白色中间粗两头小的线状夹杂, 出现的区域不规范, 面积较大, 严重时整卷都会出现; 图1b主要为黑色中间大两头小的线状夹杂, 基本出现在钢板两边靠近边部区域, 出现的量不大。对两种夹杂物的卷次分别做能谱分析, 见图2、表2。



a 白色夹杂

b 黑色夹杂

图1 冷轧卷夹杂物宏观形貌



a 白色夹杂

b 黑色夹杂

图2 图1夹杂物对应的电子图像

从表2可以看出, 图1a夹杂物主要是氧化铝、氧化钙、氧化钛等, 图1b夹杂物主要是氧化钠、氧化硅、氧化钙、氧化铝等。根据成分判断, 这两类夹杂基本来自于炼钢工序<sup>[1]</sup>。

## 3 夹杂物来源分析

根据夹杂物的成分、产生夹杂炉次及铸坯号在生产过程中的规律, 查阅相关资料并结合现场生产条件, 总结出冷轧钢卷产生夹杂物缺陷主要来源于以下几个方面:

1) 中间包第1炉前2支铸坯因开浇时钢水不可避免地被二次氧化, 产生的夹杂物来不及上浮留存在铸坯中; 同时由于钢水刚开始浇注时结晶器液

表2 夹杂缺陷能谱分析 %

谱图	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Fe	Cl	Mn	Zr	F	Na	S	总和
图2a谱图3	40.15	0.85	20.71	0.71	19.11	9.67	6.85	0.52	0.45	0.98				100
图2a谱图6	20.33	1.88	12.42	0.80	5.76		58.81							100
图2b谱图1	38.32	0.37	4.93	9.52	20.79	4.40	2.41				13.01	5.62	0.32	100
图2b谱图2	41.12	0.47	4.89	9.21	22.18	5.70	2.50				9.16	4.29	0.23	100
图2b谱图3	43.40	3.91	3.12	13.85	15.85	2.89	2.49				10.42	3.55	0.14	100
图2b谱图4	4.90	0.51	1.39	0.64	0.71	0.26	90.12				0	1.48	0	100

面波动较大,造成钢水卷渣带入铸坯;中间包最后一炉在浇注后期,随着中间包液位的降低,钢水表层的夹杂或覆盖剂被卷入钢水带入铸坯,在冷轧薄规格产品时,容易出现夹杂缺陷。

2)不同钢种混浇时,为减少混浇钢水量,中间包吨位控制较低,钢水表层覆盖剂及夹杂物带入钢水产生夹杂缺陷;同时,每浇注完一炉钢水在转浇下一炉时,从上一炉次停浇至下一炉次开浇,中间包吨位偏低,也造成钢水表层夹杂被带入铸坯。

3)转炉出钢下渣炉次,钢中夹杂物含量较高,在没有足够的时间上浮时,夹杂物带入铸坯。

4)钢渣碱度不够高,流动性不强,同时精炼吹氩时间不足、吹氩效果不佳的炉次,钢中夹杂物不能充分上浮而带入铸坯。

5)大包不能自动开浇炉次,需进行氧气烧眼操作,造成钢水二次氧化污染钢水。

6)大包吹氩密封流量偏低造成吸气,使钢水发生二次氧化。

7)钢水纯净度不够或铸机机况较差时,浇注过程中结晶器液面会出现波动幅度较大的情况,造成结晶器内保护渣被卷入铸坯产生夹杂缺陷。

8)在生产过程中,由于生产节奏、钢水温度或在线更换浸入式水口等非正常因素,连铸机拉速需要适当调整,由于拉速波动,带动结晶器液面波动,造成结晶器卷渣进入铸坯产生夹杂<sup>[2]</sup>,拉速波动对铸坯夹杂物的影响见图3、图4。

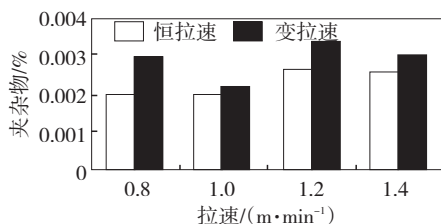


图3 提速和恒速下铸坯表层夹杂物平均含量

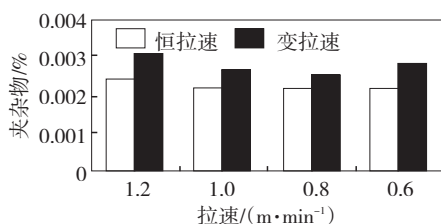


图4 降速和恒速下铸坯表层夹杂物平均含量

#### 4 减少连铸坯夹杂物的措施

根据夹杂物的来源及形成机理,分别制定出相应的预防措施。

1)加强中间包氩气吹扫。在当前国内冶金技术条件下,中间包无法做到真空浇注,中间包第1炉在浇注前期钢水二次氧化不可避免,如果早加覆盖剂,将造成覆盖剂卷入钢水产生夹杂。为此,济钢炼钢厂通过从钢水开始浇注前5 min,在钢包长水口插入孔位置及测温取样孔位置同时吹氩,同时要求在中间包钢水量达到10 t以上时,迅速在中间包前区加入150 kg以上覆盖剂,在中间包吨位达到20 t以上时,在中间包长水口区域迅速加入200 kg以上覆盖剂,减少钢水开始浇注时的二次氧化。

2)规定中间包浇注吨位控制标准。济钢炼钢厂ASP连铸机的中间包容量为32 t,在正常连续浇注过程中,规定不同钢种混浇时,中间包的吨位不低于20 t,同钢种连续浇注时,中间包吨位不低于25 t,中间包第1炉控制在15 t以上开浇,中间包最后1炉浇注后期,中间包吨位控制在15 t以上停浇,避免因中间包吨位偏低,钢水表层夹杂以及塞棒周围覆盖剂卷入钢水产生夹杂。

3)保证转炉的挡渣效果。控制好转炉下渣量是冶炼纯净钢的前提。为了保证转炉的挡渣效果,避免下渣,转炉吹炼后期加入适量石灰,提高转炉终渣碱度至4.5以上,提高钢渣黏度,同时出钢过程前期采用挡渣塞,后期采用挡渣棒,最大限度避免下渣,保证钢水纯净度,给后续的精炼过程创造良好的条件。

4)保证精炼过程的纯脱气时间、软吹时间以及软吹效果。由于济钢炼钢厂特殊的RH-ASP超低碳钢生产工艺,钢水在RH破空后需进行钙处理才能保证铸机连续浇注,如何保证铸机钢水纯净度成为控制成品夹杂缺陷的关键。为促进各工序夹杂物的充分上浮,要求RH纯脱气时间控制在7 min以上,钙处理后吹氩效果以钢水液面波动、钢水裸露面积<100 mm,吹氩时间15 min以上,并保证钢水镇静时间10 min以上。

5)提高钢包自动开浇率。通过采取优质的引

流砂,提高钢包周转效率,减少凉包的使用,同时加强引流砂的投放质量,保证钢包自动开浇效果,避免因钢包烧眼造成的钢水二次氧化。

6)提高保护浇注水平。采取优质中间包长水口密封石棉碗,更换原容易挤碎的石棉碗,同时要求长水口挂正、密封严实,限定长水口氩气密封的流量在150 L/min左右,保证套管口处于微正压状态,保证浇注过程良好的保护浇注效果。

7)减少结晶器液面波动。结晶器波动偏大就容易破坏保护渣在结晶器内的平衡,就容易把融化的保护渣液渣卷到铸坯中去,形成夹杂物。但是结晶器液面波动的影响因素很多,主要从以下3方面采取措施:第1,钢水在精炼过程早脱氧、早造渣,利用铝粒代替钢芯铝进行脱氧,前期脱氧完毕,后期进行软吹促进夹杂物充分上浮,保证钢水到达铸机之前尽量减少钢水中的夹杂物,减少因夹杂物过多造成保护渣变性,结晶器液面波动大进而产生卷渣。第2,连铸机采取优质保护渣,保证对钢水夹杂物有较好的吸附能力,避免因吸附夹杂后产生变性结晶器液面波动较大的情况。第3,保证铸机良好的机况,随时监测铸机低倍情况及二冷水流量,加强塞棒机构维护,避免因设备原因造成结晶器液面大幅波动。

8)减少拉速波动。优化生产组织,提高钢水质量,开展恒拉速竞赛,同时制定严格的拉速考核制度,保证钢水稳态恒速浇注。如果确实需要变更拉速,也应该小幅度变化,尽可能避免短时间内迅速

降低拉速的情况。

9)优化非稳态铸坯处理。在生产过程中,不可避免地会出现一些异常因素,造成铸机非稳态浇注,最典型的也无法避免的就是在线更换浸入式水口,换水口前后拉速变化比较大,而且结晶器内流场发生大的变化,容易卷渣产生夹杂物。为了减少超低碳钢在冷轧出现夹杂缺陷,连铸机更换水口的前后两支铸坯在订单匹配的情况下只送热轧轧制,尽可能不再送往冷轧。其他异常情况严格执行非稳态铸坯管理办法,保证供冷轧的原料质量。

## 5 控制效果

通过成立降低超低碳钢冷轧夹杂缺陷攻关组,开展大量工作,取得了明显效果。

1)钢包自动开浇率提高至99%以上;2)中间包第1炉前2支钢坯出现夹杂的概率大幅降低,尤其是第2支钢坯已很少出现夹杂缺陷;3)恒速浇注率提高至90%以上水平;4)非稳态铸坯的数量大幅降低至超低碳钢总产量的10%以下;5)超低碳钢冷轧夹杂缺陷改判率大幅降低,截至2011年6月份,超低碳钢冷轧夹杂缺陷改判率已降至0.6%以下,取得了良好的效果。

### 参考文献:

- [1] 安航航,包燕平,刘建华,等.优化精炼工艺生产SPHC钢的洁净度研究[J].炼钢,2010,26(2):33-36.
- [2] 赵紫锋,李宏,张炯明,等.拉速变化过程中连铸板坯皮下夹杂物的研究[C]//冶金研究.冶金研究中心2005年“冶金工程科学论坛”论文集.2005:237-241.

## Producing and Controlling Practice of Reducing Inclusion in Super Low Carbon Steel

ZHENG Wanren, HU Qindong, LI Kaiyu

(The Medium and Heavy Plate Plant of Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

**Abstract:** In the production course of cold-rolling products of super low carbon steel in Jinan Steel, a large number of inclusion defects appeared, which resulted in cold-rolling sub-standard products and waste products. The largest judgment-changing rate for inclusions reached 1.5%. Through analyzing the source and forming mechanism of the inclusions, corresponding improvement measures were taken, reducing the inclusion defects. The judgment-changing rate for inclusions of cold-rolling products of super low carbon steel is decreased to 0.6% below.

**Key words:** super low carbon steel; cold-rolling; inclusion; judgment-changing rate

(上接第21页)

## Deep-bed Sintering Process of 265 m<sup>2</sup> Sintering Machine in Laiwu Steel

CHEN Dekai, QIN Ligu

(Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

**Abstract:** By preheating mixed material, intensifying granulation, adding serpentine of 0.5% and controlling coke powder proportion of 4.5%, the 265 m<sup>2</sup> sintering machine in Laiwu Steel realized deep-bed sintering process with the thickness of 750 mm. The poor bed permeability, slow vertical sintering speed and other problems were solved, ensuring the yield and quality of the sinter and reducing solid fuel consumption by 1 kg/t.

**Key words:** deep-bed sintering process; permeability; sintering speed; serpentine; solid fuel consumption