

25SiMn2 钢部分 170 mm 连铸板坯吊运断裂原因分析和改进措施

苏春霞 陈本文 付超 孙殿东 王勇
(鞍钢股份有限公司技术中心,鞍山 114009)

摘要 分析了在吊运过程部分 25SiMn2 钢重 22 t 170 mm × 1 650 mm × 10 000 mm 连铸板坯断裂的原因。结果表明,浇铸时中间包钢水过热度高(30 ~ 36 ℃),引起铸坯厚度 1/4 位置柱状晶发达,钢液凝固时流动性不好,补缩不足,出现大量显微缩孔,并在反复吊运后在自身重力作用下,显微缩孔处应力集中开裂而造成铸坯断裂。通过降低中间包钢水过热度(10 ~ 30 ℃)、减少吊运次数可有效避免铸坯断裂。

关键词 25SiMn2 钢 吊运铸坯断裂 柱状晶 中间包钢水 过热度

An Analysis on Crane-Conveying Fracture of Partial 170 mm Casting Slab of Steel 25SiMn2 and Improving Measures

Su Chunxia, Chen Benwen, Fu Chao, Sun Diandong and Wang Yong
(Technology Center, Angang Corp Ltd, Anshan 114009)

Abstract The cause for fracture of partial 22 t 170 mm × 1 650 mm × 10 000 mm casting slab of steel 25SiMn2 during crane-conveying process has been examined and analyzed. Results show that during casting the superheating extent of liquid steel in tundish is higher (30 ~ 36 ℃) led to significant columnar crystal growth at 1/4 thickness of slab, poor fluidity of molten steel and lack back feeding during solidification, as result a lot of micro-shrinkage cavity occur causing crack at micro-shrinkage cavity by stress concentration effect and finally causing fracture of slab by repeating crane-conveying and acting with self-gravity. The fracture of casting slab is availably avoided by decreasing superheating extent of liquid in tundish to 10 ~ 30 ℃ and reducing times of crane-conveying of slab.

Material Index Steel 25SiMn2, Crane-Conveying Slab Fracture, Columnar Crystal, Liquid in Tundish, Superheating Extent

在碳及合金质量分数较高(C > 0.20%, 合金 > 3.00%)的钢中,防止铸坯断裂一直是生产中的关键环节之一^[1-2]。特殊用途的 25SiMn2 钢强度高,耐磨性好,但该钢铸坯容易发生横向断裂,本文通过试验对 25SiMn2 钢的铸坯断裂现象进行研究,分析断裂原因,提出解决方案。

1 铸坯生产工艺、试验材料及方法

1.1 铸坯生产工艺

采用 180 t 转炉冶炼、LF + RH 钢包精炼、连铸工艺生产 25SiMn2 钢连铸坯,一浇次共生产 4 炉钢。铸坯尺寸(mm)为 170 × 1 650 × 10 000,重 22 t,每次吊运 1 块。第 1 炉铸坯不下线,通过传送辊道直接装加热炉、轧制。后 3 炉铸坯下线,堆垛缓冷到 200 ℃ 以下,吊运、装车送其它轧钢生产线。第 2 炉铸坯运到其它轧钢生产线后,两天之内装炉轧制。第 3 和第 4 炉铸坯运到其它轧钢生产线未轧制,半个月之内吊装、转换两次堆放位置,此时发现第 3 炉部分铸坯横向断裂;第 4 炉铸坯则完好无损。

为找到第 3 炉铸坯断裂原因,对本浇次生产工

艺进行分析:整个浇次浇注状态稳定,拉坯速度在 1.3 ~ 1.4 m/min,未出现拉速大幅波动的情况;由于属中碳硅锰钢,钢种淬透性好,冷速快易形成较大内应力和脆性组织,生产过程中二冷水均采用冷却强度最弱的水曲线,且二冷水在生产过程中无明显波动;因是 4 炉连浇,采用的钢包精炼、钢液保护渣等其它生产工艺也无差别;4 炉钢存在波动的参数仅化学成分和中间包过热度两项(表 1 和表 2)。

从表 1 可以看出,虽然 4 炉钢成分有波动,但都在标准要求的范围之内。从表 2 可以看出,前 3 炉钢的中间包过热度都较高,超出了钢种液相线温度

表 1 25SiMn2 钢的化学成分 / %

Table 1 Chemical composition of steel 25SiMn2 / %

试样	C	Si	Mn	P	S	Cu
1	0.26	1.35	1.80	0.013	0.004	0.039
2	0.23	1.39	1.74	0.012	0.003	0.040
3	0.24	1.39	1.78	0.013	0.002	0.040
4	0.25	1.32	1.71	0.014	0.004	0.037
标准要求	0.23 ~ 0.27	1.10 ~ 1.50	1.50 ~ 1.80	≤ 0.020	≤ 0.020	≤ 0.30

注:4 炉钢转炉终点 C 含量(/%)分别为 0.10、0.09、0.09、0.09, 终点 P 含量(/%)分别为 0.01、0.009、0.01、0.01。

表2 中间包钢水的过热度

Table 2 Superheating extent of liquid in tundish

序号 No	液相线温 度/℃	中间包要求 温度/℃	中间包实际 温度/℃	中间包实际 过热度/℃
1	1 503	1 513 ~ 1 533	1 533 ~ 1 539	30 ~ 36
2	1 503	1 513 ~ 1 533	1 535 ~ 1 539	32 ~ 36
3	1 503	1 513 ~ 1 533	1 531 ~ 1 537	28 ~ 34
4	1 503	1 513 ~ 1 533	1 524 ~ 1 531	21 ~ 28

注:根据炼钢厂生产设备不同,中间包钢水要求温度不同^[3],本设备要求中间包钢水温度范围为液相线加 10 ~ 30 ℃。

加 10 ~ 30 ℃ 的要求。第 4 炉钢的中间包温度则控制在要求的范围之内。中间包过热度太高,铸坯的铸状晶、内部缩孔、疏松、偏析、裂纹明显加大,这些缺陷的加大会增加铸坯开裂的风险^[3],在吊运、自重等力作用下开裂的风险会进一步加大。

1.2 试验材料及方法

4 炉钢轧制后钢板按 GB/T2970-2004《厚钢板超声波检验方法》探伤合格,各项力学性能和使用性能完全满足标准和用户要求。对比第 3 炉钢和其

余几炉钢,前两炉钢同样中间包过热度高,但铸坯未长时间存放或多次吊运;第 4 炉钢经过了多次吊运,但中间包过热度合理。因此推断第 3 炉钢铸坯断裂是中间包过热度过高,引起铸坯的柱状晶、疏松或裂纹等缺陷加大,经多次吊运后,这些缺陷扩展,在自身重力和外力的作用下,发生开裂。

选用第 3 炉钢横向断裂连铸坯(170 mm × 1 650 mm)进行高低倍组织试验。

2 试验结果及分析

2.1 断裂面宏观形貌

铸坯断裂面整体形貌见图 1(a,b),可以看出,整个断裂面以脆性断裂为主,在距断坯上、下表面 1/4 处均存在许多条纹形貌的非正常区域,其余部分断口平齐,呈光亮的结晶状。条状区域放大的图片见图 1(c),这些条纹区域为铸坯断裂的裂纹源。

2.2 断裂面扫描电镜检验

分别在铸坯断裂面的条纹状区域、铸坯正中心区域和正常区域取样,编号分别为 1#、2#、3#,取样位置见图 1(b)。

从图 2(a)可以看出,宏观呈条纹处自由晶表面清晰可见。一般情况下自由晶只能在铸坯最后凝固的中心位置出现,即中心疏松,且数量较少(图 2b),而在铸坯断裂面的其它位置,断口形貌基本为脆性解理断口(图 2c)。此次在距断坯上、下表面 1/4 处发现大面积未熔合的自由晶,比中心疏

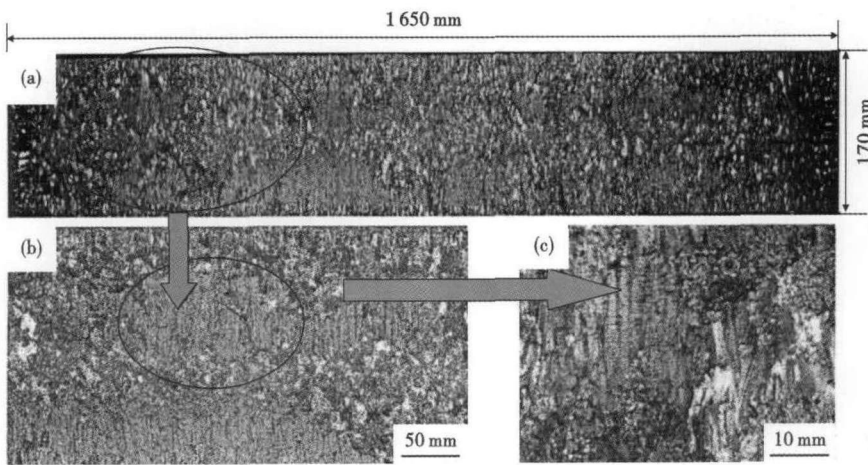


图1 25SiMn2 钢铸坯断裂面形貌
Fig. 1 Morphology of fracture surface of steel 25SiMn2 casting slab

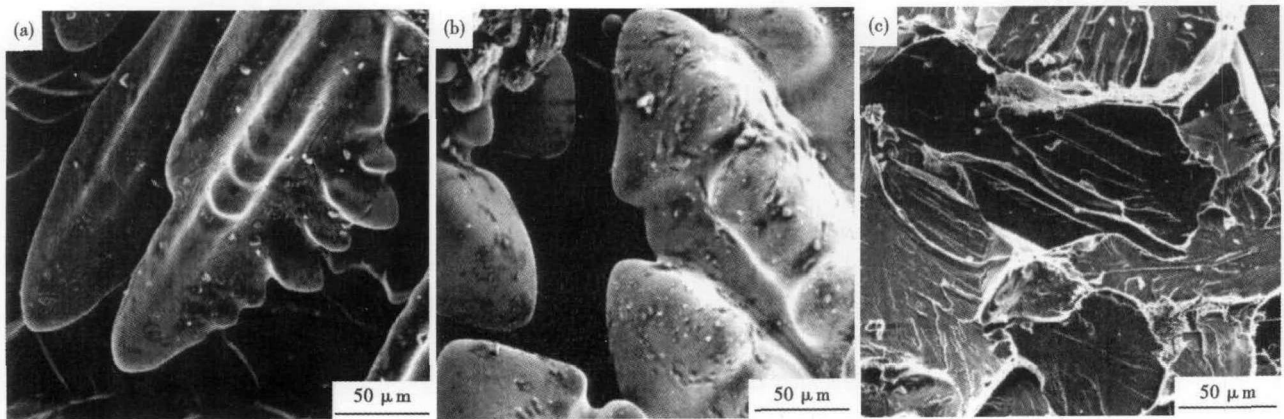


图2 (a)25SiMn2 钢铸坯裂纹源处自由晶形貌(No1 样);25SiMn2 钢铸坯中心位置(b- No2 样)和正常区域(c- No3 样)的组织形貌,SEM
Fig. 2 (a) Morphology of free crystals at crack source in casting slab of steel 25SiMn2, No1; morphology of casting slab central structure (b- No2) and normal zone (c- No3) of steel 25SiMn2, SEM

松位置自由晶还要发达,非正常现象,会在距上、下表面 1/4 处形成大量显微缩孔,明显降低铸坯的质量。

2.3 显微组织

将 1#(裂纹源处)和 3#(正常区域)试样制成金相样,用 4% 硝酸酒精腐蚀后,进行了组织检验,见图 3,铸坯组织均为铁素体 + 珠光体,珠光体在铁素体枝晶间分布。与正常区域的组织相比(图 3b),裂纹源处柱状晶非常发达,且相互搭接,这种组织强度、塑性、韧性均很差,不利于阻止裂纹的扩展,因此可观察到大量的穿晶裂纹,见图 3(a)。

2.4 铸坯低倍

对距离断面 10 mm 处的铸坯横截面进行低倍检验,观察铸坯中裂纹等缺陷存在的情况。结果见图 4 和表 3。

从图 4 和表 3 可以看出,铸坯的中心疏松及中

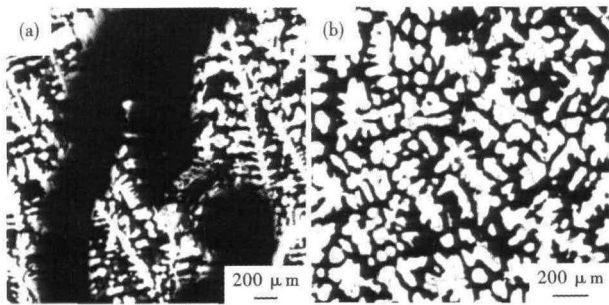


图 3 25SiMn2 钢铸坯裂纹源处(a- No1 样)和正常区域(b- No3 样)的组织形貌

Fig. 3 Morphology of optical structure of steel 25SiMn2 casting slab at crack source (a- heat No1) and in normal zone (b- heat No3)

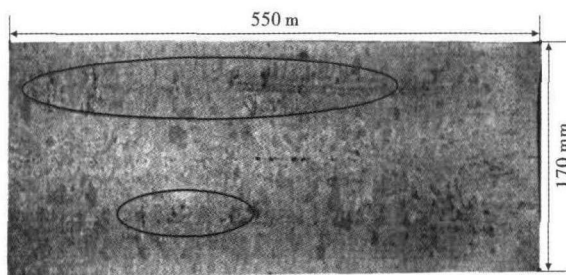


图 4 25SiMn2 钢铸坯低倍组织形貌

Fig. 4 Morphology of macrostructure of steel 25SiMn2 casting slab

表 3 25SiMn2 铸坯缺陷低倍评级/级

Table 3 Rating of macrostructure defects of casting slab of steel 25SiMn2 /rating

中心偏析			中心疏松	中间裂纹	角裂	三角区裂纹	Al ₂ O ₃	针状气泡	蜂窝气泡
A	B	C							
			0.5	1.0	2.5	0	0	0	0

心偏析均控制较好,分别为 1.0 级和 C 类 0.5 级,与常规生产的水平相当。但铸坯中却出现了极为严重的中间裂纹,且已达到了 2.5 级。从整个铸坯横截面来看,这些中间裂纹主要分布在铸坯厚度的上、下 1/4 处,与前面所观察到的铸坯宏观断截面上出现的条纹状断口基本处于同一位置。对中间裂纹位置取样,进行扫描电镜检验,同样有明显的自由晶存在,低倍检验发现的铸坯中间裂纹与宏观截面上出现的条纹状断口为同一物质。

从断裂铸坯的检验得出钢中柱状晶发达,当粗大柱状晶发展形成搭桥时,液穴深处被封闭,封闭区域较大时冷缩甚至出现孔洞而形成显微缩孔,这种显微缩孔在微观上体现为成排分布的自由晶,在宏观上体现为铸坯厚度上、下 1/4 处大量的中间裂纹,在铸坯断裂面上看到的是条纹状区域,就是铸坯的最薄弱部位,是铸坯断裂的裂纹源^[4,5]。

通过统计生产数据发现,连铸坯不下线直接装炉轧制或者下线缓冷后直接装炉轧制从未出现断裂;而出现断裂的连铸坯均是在炼钢厂缓冷后运送到轧钢厂,多次吊运后断裂。

3 结论

(1) 铸坯浇铸温度较高,柱状晶间的钢液凝固补缩不足,出现大量未熔合的自由晶,形成显微缩孔,宏观为铸坯厚度上、下 1/4 处形成中间裂纹,反复吊运后这些薄弱部位成为裂纹源,引起铸坯断裂。

(2) 生产 25SiMn2 钢时,当中间包过热度控制在 10 ~ 30 ℃,铸坯尽量不下线,直接装炉轧制,或者下线缓冷后直接装炉轧制,减少吊运和倒垛的次数,可有效避免铸坯断裂。

参考文献

[1] Tsukaguchi Y. 高碳钢板坯连铸技术的开发[J]. 武钢技术,1998 (10):33-35.

[2] 王新华,赵 沛,王文军,等. 中碳亚包晶成分钢连铸坯角横裂的防止对策[J]. 北京科技大学学报,1995,17(4):328-330.

[3] 王忠涛,虞海燕. 水平连续铸钢工艺与设备[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2003:25-27.

[4] 马秉先,肖 纯,王立军. 20MnSi 钢坯的断裂原因[J]. 华东冶金学院学报,1997,14(4):440-443.

[5] 佟 新,李 蓉. 板坯中间裂纹产生的原因及预防措施[J]. 鞍钢技术,2005(3):42-45.

苏春霞(1978-),女,硕士(东北大学),高级工程师,2000 年沈阳工业大学(本科)毕业,高强度钢开发。

E-mail:agsuchunxia@sina.com

收稿日期:2014-02-18