

特殊钢高拉速生产实践

赵新宇*, 王向红, 张建斌, 朱稳超

中天特钢有限公司炼钢厂, 常州 213011

Practice on high-speed of special steel

Zhao Xinyu*, Wang Xianghong, Zhang Jianbin, Zhu Wenchao

Department of steelmaking, Zenith steel, Changzhou, 213011, China

1. 前言

连铸高拉速是连铸高效化生产的核心, 高拉速的实现是一项集工艺技术、装备技术与生产操作技术于一体的综合性技术, 可以提高单机生产效率, 增加产量, 降低能源消耗^{[1]-[6]}。

目前国际上方坯连铸机的拉速如表 1 所示, 高拉速已经成为连铸发展的必然趋势。

表 1 国际连铸机拉速

Table 1 Velocity of billet casting

铸机设计公司	铸机半径/m	铸机断面 mm×mm	最大拉速/m/min
新日铁	9.00	150×150	4.6
康卡斯特	10.25	150×150	4.7
奥钢联	9.00	150×150	5.7
达涅利	9.00	160×160	6.0

但目前连铸机的最大拉速通常仅使用在 HRB400 等低碳钢上, 而对于中、高碳钢, 由于其凝固缓慢, 液芯长度较长, 因此少有高拉速的报道。对于合金量较大的优特钢而言, 表面质量和内部质量需要同步控制, 且又相互制约, 因此在提拉速过程难度较大^{[7][8]}。

2. 实验材料和步骤

2.1. 实验材料

在高碳钢上进行高拉速试验, 钢种成分如表 2 所示。

表 2 试验钢种成分(质量分数, %)

Table 2 Composition of samples (mass fraction, %)

序号	[C], %	[Si], %	[Mn], %	[P], %	[S], %	[Cr], %
钢种 A	0.80	0.20	0.30	0.012	0.007	<0.6

2.2. 实验步骤

试验参数如表 3 所示, 其中拉速分别为 2.2m/min、2.6m/min 和 3.0m/min。通过对凝固终点的计算, 凝固系数 K 值在 29.2-29.4m/min^{1/2} 左右。

压下位置及压下量为: 当拉速为 2.2m/min、2.6m/min 和 3.0m/min 时, 对应的压下位置分别为 $f_s=0.28-0.78$ 、 $f_s=0.19-0.53$ 和 $f_s=0.05-0.22$, 总压下量分别为 20mm、16mm 和 16mm。

当拉速为 2.2m/min、2.6m/min 和 3.0m/min 时, 对应的两相区长度分别为 6.1m、7.0m 和 8.7m。

表 3 试验参数

Table 3 Parameters of experiment

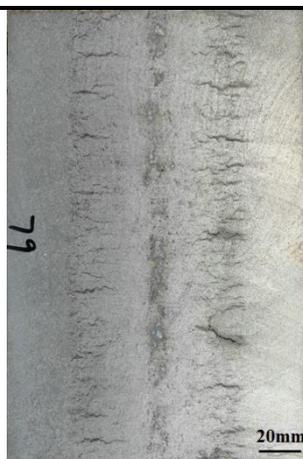
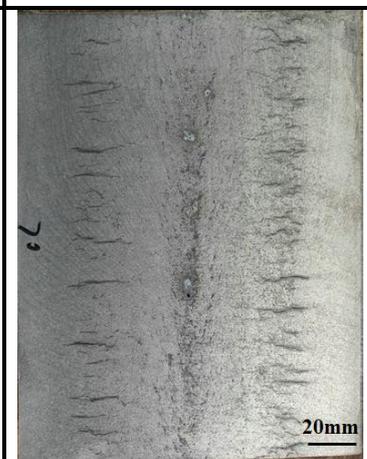
	试验 1	试验 2	试验 3
拉速, m/min	2.2	2.6	3.0
凝固终点位置距离弯月面距离, m	17.1	20.5	23.5
两相区长度, m	6.1	7.0	8.7
凝固系数 K, mm/min ^{1/2}	29.4	29.2	29.3

3. 结果与分析

不同参数对铸坯心部质量的影响如表 4 所示，当拉速分别为 2.2m/min、2.6 m/min 和 3.0 m/min 时，压下位置分别设置在 0.3-0.8、0.2-0.5 和 0.05-0.2 之间，对应压下量分别为 20mm、16mm 和 16mm，压下后对应鼓肚值分别为 6、7 和 8mm。对比可以发现，随着轻压下位置的提前，中间裂纹越加严重，且中间裂纹越加靠近铸坯表面。

表 4 不同参数对铸坯心部质量的影响

Table 4 Effect on inner quality of different parameters

拉速, m/min	2.2	2.6	3.0
压下位置, fs	0.3-0.8	0.2-0.5	0.05-0.2
压下量, mm	20	16	16
压下率, mm/m	10.5	8.9	8.9
鼓肚值, mm	6	7	8
拉坯方向 			

对铸坯的心部碳偏析进行分析，每个工况下取样 10 组，得到心部的碳偏析指数，不同拉速下铸坯心部碳偏析指数如图 1 所示，当拉速为 2.2m/min 时，其压下范围在 fs=0.3-0.8 的位置，其中心碳偏析指数在 0.97-1.04 之间，平均指数为 1.01；当拉速提高至 2.6m/min 时，其压下范围在 fs=0.2-0.5 的位置，压下向前移动，此时碳偏析指数在 0.92-1.11 之间，心部负偏析指数降低，其平均指数为 1.04；而当拉速提高至 3.0m/min 时，其压下范围在 fs=0.05-0.2 的位置，压下位置更加靠前，此时心部全部为负偏析，其碳偏析指数在 0.87-0.95 之间，平均碳偏析指数为 0.90。其主要原因为铸坯心部的富含杂质的溶液被挤压进入中间裂纹内，在铸坯中心形成了负偏析，却在厚度 1/4 位置形成负偏析。

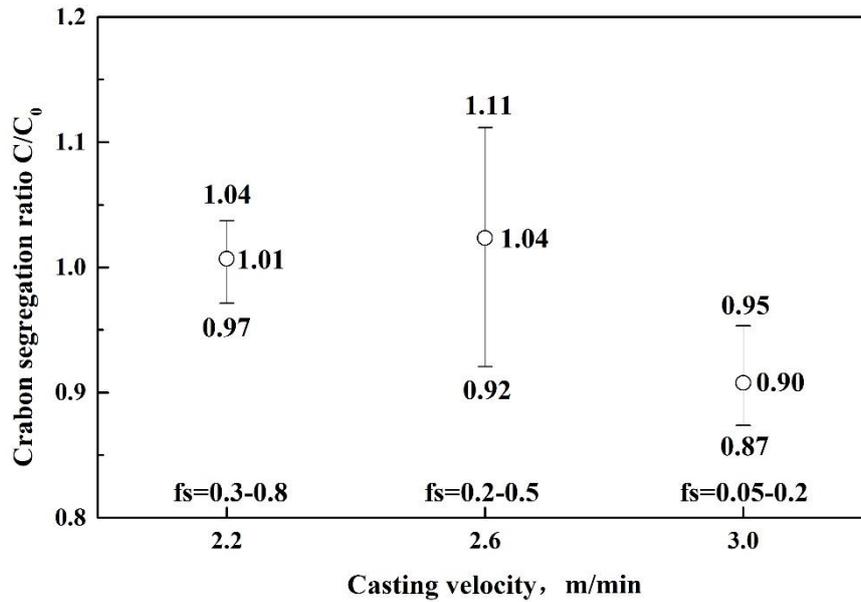


图1 不同拉速下铸坯心部碳偏析指数

Fig. 1 Index of carbon segregation with different velocity

4. 结论

(1) 在碳含量为 0.8% 的高碳钢上进行高拉速试验，同时进行轻压下，压下量在 16-20mm 左右，拉速从 2.2m/min 到 3.0m/min。

(2) 高拉速下，轻压下会造成一定程度的中间裂纹，同时心部会出现负偏析，这与中间裂纹有关。

参考文献

- [1] 张红军. 小方坯连铸机高拉速技术改造和生产实践[J]. 冶金与材料,2022,42(05):127-129.
- [2] 何宇明. 板坯连铸高拉速生产面临的几个问题探讨[A]. 中国金属学会.第十三届中国钢铁年会论文集——3.炼钢与连铸[C].中国金属学会:中国金属学会,2022:325-329.
- [3] 朱立光,郭志红. 高速连铸技术研究[J]. 河北冶金,2021,(06):1-10.
- [4] 谢长川,李富帅,钱亮等. 高拉速小方坯铸机关键技术的研发及应用[J]. 炼钢,2020,36(02):59-62+69.
- [5] 关文博,宋文生,王利勇等. 小方坯连铸机高拉速生产实践[J]. 山西冶金,2019,42(06):89-91.
- [6] 孙坤. 高拉速小方坯控制脱方的生产实践[J]. 冶金与材料,2019,39(06):142-143.
- [7] Sairstahl AG, Volklingen. Study on the Design of the Soft Reduction Unit of High-Speed Billet Casters [J]. steel research int. 75 (2004) No. 10: 693-700
- [8] Ralf Thome and Klaus Harste. Principles of Billet Soft-reduction and Consequences for Continuous Casting [J]. ISIJ International, Vol. 46 (2006), No. 12, pp. 1839-1844