

改善连铸坯低倍质量的实践

张中伟 陈建波

河北鑫达钢铁技术部, 河北 唐山 063000

[摘要]连铸生产工艺及钢水固有的凝固特性使得连铸坯不可避免的存在内部质量缺陷,而这些缺陷的存在及其严重程度直接影响轧制工序及成品质量。低倍检验是连铸坯内在缺陷的有效检验方法,根据低倍检验结果针对性的改善连铸坯内部质量,对提升产品质量、开发新品种具有重要指导意义。通过组织现场攻关,某公司连铸坯低倍质量合格率有所提高,折射出产品质量的提升;通过低倍缺陷的详细分析,也给出了后续进一步改善质量的方向。

[关键词]连铸坯内在质量;低倍检验;低倍质量提升攻关

DOI: 10.33142/ec.v5i5.5958

中图分类号: TF777

文献标识码: A

The Practice of Improving the Low Magnification Quality of Continuous Casting Slab

ZHANG Zhongwei, CHEN Jianbo

Hebei Xinda Iron and Steel Technology Department, Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: The continuous casting production process and the inherent solidification characteristics of molten steel make continuous casting slabs unavoidable internal quality defects, while the existence and severity of these defects directly affect the rolling process and the quality of finished products. Low magnification inspection is an effective inspection method for the inherent defects of continuous casting slabs. According to the results of low magnification inspection, the internal quality of continuous casting slabs can be improved in a targeted manner, which has important guiding significance for improving product quality and developing new varieties. Through the organization of on-site research, the qualified rate of low magnification quality of a company's continuous casting billet has improved, reflecting the improvement of product quality. By the detailed analysis of low magnification defects, the direction for further quality improvement in the future is also given.

Keywords: intrinsic quality of continuous casting billet; low magnification inspection; low magnification quality improvement research

1 连铸坯凝固特征及内部组织检验方法

由于连铸非均匀凝固的特性,连铸坯内部结晶组织呈现非均质状态,即存在具有一定分布规律的细小等轴晶、柱状晶和中心粗大等轴晶(疏松)组织;且凝固过程中,特定部位会因凝固过程的不均匀而产生应力,其发生、发展到一定程度,有可能将完成结晶的部分“撕裂”而导致内部裂纹;因“搭桥”现象的发生会导致连铸坯中间因不能补缩而形成沿轴向分布的“中空”现象,即缩孔;因钢水在脱氧合金化过程中会产生非金属氧化物(脱氧产物)、与耐材接触会有部分杂质溶解到钢水中、浇注时可能与空气接触而产生部分氧化物,导致在浇注(钢水包—中间包和中间包—结晶器)时钢水中会存在一定数量的夹杂物和氮、氧、氢等气体,这部分夹杂物会有一部分在钢包、中间包和结晶器内上浮并被钢包覆盖剂(顶渣)、中间包覆盖剂和结晶器保护渣吸收。尽管改善耐材材质和钢水的浇注工艺有利于减少夹杂物的产生和提高去除率,但无法做到钢水中完全没有夹杂物最终固化到钢的凝固组织中,会导致连铸坯中会存在一定数量的夹杂物或气泡。

我们希望得到等轴晶尽量多、中心无严重疏松和缩孔、非金属夹杂物和气泡尽量少、结晶组织分布呈中心对称的连铸坯结晶组织,以满足轧钢工序的需求。

2 连铸坯内在质量对轧钢工序和成品质量的影响

连铸坯内在质量对轧钢工序轧制过程及成品质量均有直接影响。

部分内部缺陷会带入成品材中,形成钢材的质量缺陷,如皮下气泡、三角区裂纹可引起钢材表面翘皮或开裂;

中心缩孔或疏松,可导致棒材切分轧制时的重皮缺陷等等;

大型夹杂物可导致轧制过程中出现裂纹或在深加工过程中出现穿孔、翘皮等缺陷;

部分优质钢要求等轴晶率比例必须达到设定值,一般要求40%或以上,有些特殊钢要求达到70%。

3 低倍检验法及其作用

如何评价连铸坯结晶组织呢?最常用的方法就是进行连铸坯的低倍检验。

为了评价或描述连铸坯内部质量状况,一般可以在连铸坯凝固完全后,切取其横断面作为试样,经过磨铣、抛光、酸浸等加工后,采取目视的方式对各类缺陷按照一定规则进行评级,即为低倍检验。为了提高低倍检验的精细程度,有时会对加工后的切面放大3-10倍进行观察。

即低倍组织属于宏观组织,低倍检验是对连铸坯内部的宏观检验。虽然按照相应的标准和图谱可以判定低倍缺

陷的档级,但低倍检验仍被认为属于定性检验范畴。我们一般情况下会制定一个判断低倍质量合格与否的标准,在检验后按照该标准给出“合格”或者“不合格”的结论。

连铸坯低倍检验的目的一般有三个方面:

一是判断连铸坯内在质量是否符合轧制要求,这对于合金钢、优质非合金钢、特钢具有重要的现实意义。

二是动态掌握铸坯质量情况。判断连铸坯浇铸工艺是否处于合理状态,从而为优化连铸工艺提供依据。一般情况下,通过低倍检验反馈出来的各类缺陷的程度判断连铸工艺存在的问题,并相应地加以解决,并根据缺陷消除的程度判断措施的实施效果。

三是指导新品种开发工作。新钢种开发过程中需对连铸坯取样进行低倍检验,以验证生产工艺的正确性。

4 某公司连铸坯低倍质量情况

某公司自 2018 年开始将低倍分析纳入正常检验内容,因未生产优级特钢,规定各类缺陷不差于三级即视为合格,且对等轴晶比率未做规定。回顾三年来的历程,某公司低倍合格率一直徘徊在 50%左右。

2020 年下半年以来,以改善连铸坯低倍质量为抓手提高炼钢产品质量成为共识,并在公司所属两个炼钢得到了较好的响应。从 9 月份开始进行了提高低倍合格率攻关,通过降低浇注温度、加强二冷喷淋系统水嘴维护、稳定生产节奏等措施,使低倍合格率略微提升了约 5 个百分点。以所有类型缺陷评级均优于 3.0 级为合格,合格率稳定在 55%-60%的水平。

但进入 2021 年 2 月份,因环保限产导致生产节奏紊乱,生产事故频发,造成连铸工艺走偏,也导致 2-8 月份连铸坯低倍质量也发生了较大的波动,完成最差的 4 月份低倍合格率仅为 41.67%。在 2021 年三季度炼钢专业研讨会上,集团和公司要求分公司组织连铸坯低倍合格率攻关工作,提升炼钢工序对轧钢工序的质量保障能力。

某公司于 2021 年 9-12 月份开展提高低倍合格率攻关活动,效果明显,11 月份,按同口径计算炼钢新区低倍合格率达到 87.57%。

①炼钢新区 2021 年 1-8 月份低倍完成情况见图 1。

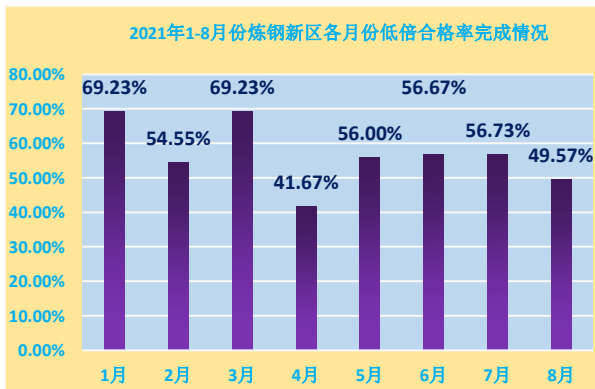


图 1 2021 年 1-8 月份低倍合格率完成情况

②主要缺陷统计分析

2021 年 1-8 月份连铸坯低倍缺陷分类统计见图 2

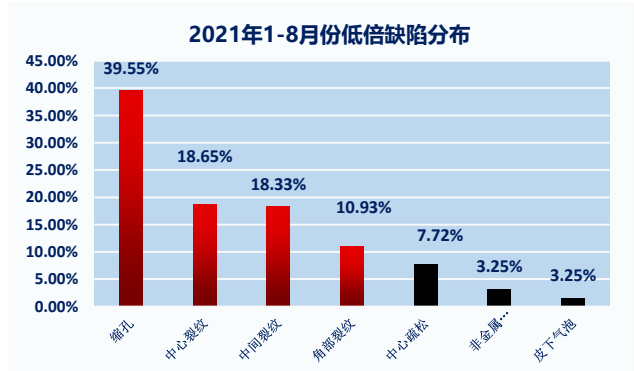


图 2 2021 年 1-8 月份低倍缺陷分布

低倍缺陷典型图样 (图 3-图 5):

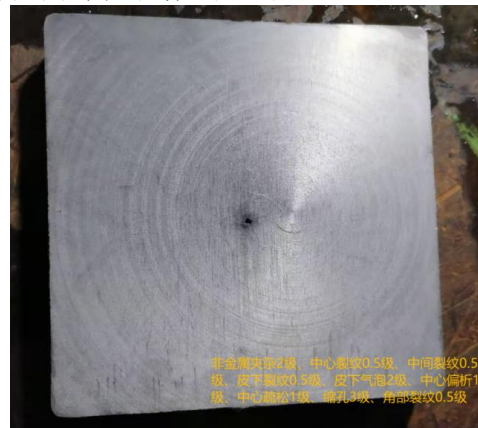


图 3 小方坯缩孔缺陷典型低倍图样



图 4 矩形坯缩孔、中间裂纹典型低倍图样



图 5 矩形坯内部裂纹及非金属夹杂典型低倍图样

5.2 制定措施

对于以上问题采取相应的纠正措施，主要如下：

- ①降低钢水过热度，目标：过热度大于 25℃炉数不大于 10%。
- ②控制冷却强度，比水量 1.0-1.2。老区和新区二号机三段供水，其他机组四段供水，依据现有各冷却段长度确定适宜的流量分配。
- ③尽快与喷嘴供应方结合，按照配水量核算喷嘴型号和数量，保持二冷分支压力不低于 0.4MPa。保证适度降低水量的情况满足二冷喷嘴的工况要求。
- ④校正二冷水量计量仪表。
- ⑤严格执行水口对中制度。
- ⑥完善钢包底吹控制系统，组织专题培训，保证钢包底吹严格执行工艺规定。
- ⑦围绕生产节奏的稳定，建立“恒拉速考评机制”，对生产调度及班组加以激励。

5.3 主要改善点

上述措施实施后，一些终点控制环节得到了一定改善，突出表现在如下几个方面：

- (1) 浇注温度有所降低，具体见图 10-图 12。

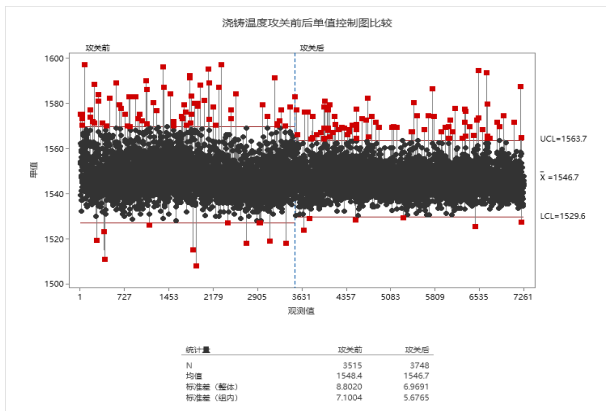


图 10 浇注温度单值 (I) 控制图

浇注温度单值-极差 (I-MR) 控制图

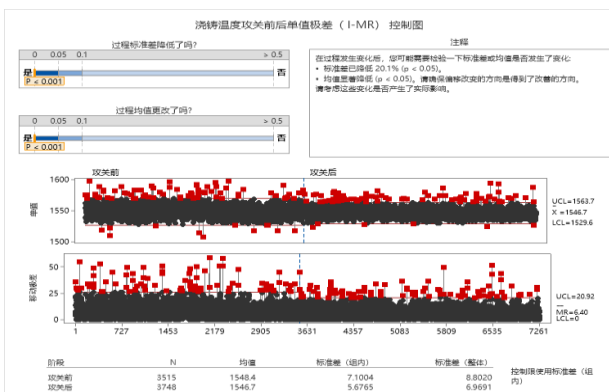


图 11 浇注温度单值-极差 (I-MR) 控制图

浇注温度控制能力比较:

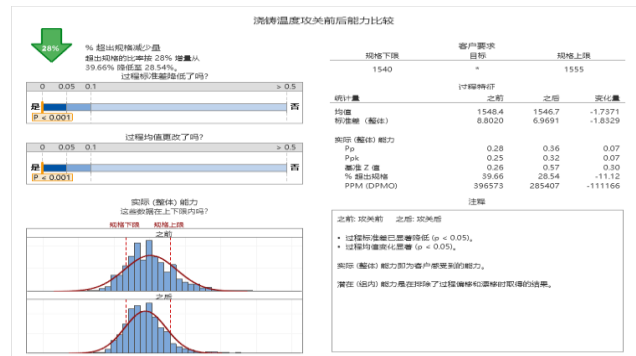


图 12 浇注温度控制能力比较

- (2) 二钢打氧次数 11 月份比 7 月份降低 39%。
- (3) 两钢等钢大于 8 分钟的次数减少 40%。
- (4) 结晶器水口浸入深度及对中情况明显改善。

5.4 攻关效果

上述措施在 10、11、12 月份陆续得到落实，重点贯彻二次冷却弱冷思维、加强二冷喷淋系统维护、强化炉后钢包底吹规范性管理等，取得了初步成效。11 月份取得了低倍合格率 87.5% 的历史最好水平，12 月 1-10 日达到 88.46%，显示低倍合格率阶段性地稳定到了一个较高水平。

2021 年各月份低倍合格率见图 13

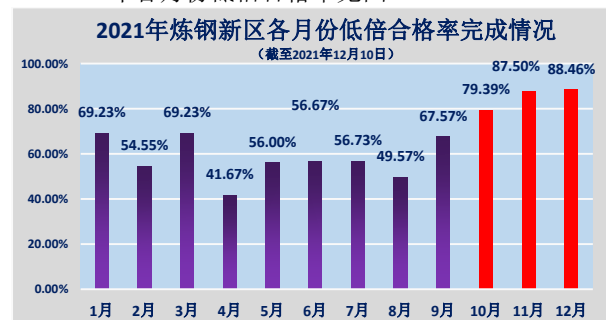


图 13 2021 年各月份低倍合格率柱状图

作为重点改善目标，缩孔缺陷发生量有所减少，占总缺陷量的比例由 1-8 月份的 39.55% 降低到了 21.79%，完成所定目标；同时发现，中心裂纹明显减少，占比已经移出 A 类因素。9-12 月份低倍缺陷分布见图 14。

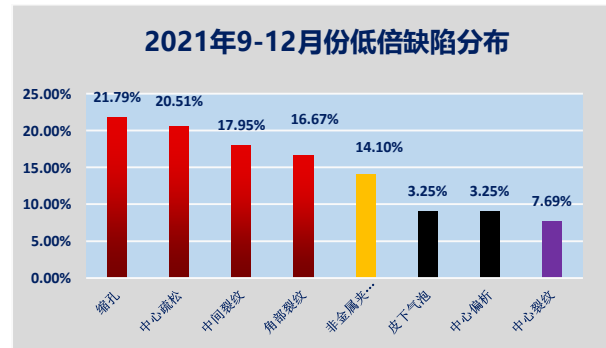


图 14 2021 年 9-12 月份低倍缺陷分布图

6 存在问题

6.1 二冷过强仍是重点问题

从9-12月份低倍缺陷分布图上可以看出, 尽管缩孔减少, 中心疏松比例明显上升, 提示连铸坯凝固过程中补缩不充分, 即凝固末端附近仍存在搭桥现象。事实上, 在攻关过程中, 只是强调了“降水”操作, 强行把水量控制下来了。连铸机二冷系统水嘴布置不合理的问题仍存在, 造成低拉速状态下水量控制受限, 很多情况虽然没有造成缩孔, 但中心疏松明显。因此, 有进一步完善和改造二冷系统的必要。

6.3 当前主要问题是生产平稳性仍然较差

与产能限制、高炉阶段性波动有关, 也与现场重视程度不足有关, 应继续努力加以改善; 另外, 体现“以连铸为中心”操作理念的“恒拉速率”概念的尚未形成, 需要在生产现场加以推进。

6.3 设备精度有待进一步提高

设备精度的提升是一个相对较长的过程, 需要从人的意识、科学安排、强化组织实施等方面系统做工作。当前看还处于初步阶段, 振动机构的水平性及振动的平稳性、

结晶器及弧形段的对弧、二次冷却系统的对中、二冷喷淋系统的畅通等方面都还有待进一步完善和提升。这项工作对于二钢3#、4#连铸机更具有现实意义。

7 后续工作

在前段攻关工作基础上, 下步将继续落实相关措施:

- (1) 着力推进连铸二冷系统完善化改造工作;
- (2) 将“恒拉速率”指标纳入到班组的日常评价体系中;
- (3) 利用检修时间对连铸机进行不断完善, 重点是提高对弧精度和二冷系统的维护水平;
- (4) 认真对标学习, 吸取先进单位好的经验。

【参考文献】

[1] 刘辉, 温维新. 厚板连铸坯角部横裂纹缺陷的成因分析及控制[J]. 连铸, 2014(2): 34-38.

[2] 牛山廷, 张兴中, 干勇. 连铸板坯表面横裂纹形成机理及防止措施[J]. 特殊钢, 2011, 32(1): 19-22.

作者简介: 张中伟, 男, 民族, 汉, 籍贯: 河北省唐山市, 职称: 助理工程师, 学历: 大专(专科), 研究方向: 冶金技术。