# 7# 铸机大方坯断面生产重轨钢铸坯质量评价

孟保仓，张怀军，陈建新

（内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心，内蒙古 包头 014010）

**摘 要：** 文章通过对7#铸机设备改造后生产的大方坯断面重轨钢坯内外部质量对比，分析了结晶器电磁搅拌、动态二冷配水、动态轻压下对铸坯的中心碳偏析指数、疏松及铸坯凝固组织的影响，得出7#铸机两个大方坯断面重轨钢在合理拉速、过热度匹配下，采用结晶器电磁搅拌＋轻压下工艺后，铸坯内部质量良好，不仅使铸坯等轴晶比率为52.3%～58.3%，也可使铸坯中心碳偏析指数控制在1.07以下。

**关键词：** 重轨钢；结晶器电磁搅拌；等轴晶比率；中心碳偏析指数

**中图分类号：** TF341.6 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2018)03－0039－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.03.010

# Quality Evaluation on Ingot Blank of Heavy Rail Steel with Bloom Section Produced by 7# Continuous Caster

*Meng Bao－cang, Zhang Huai－jun, Chen Jian－xin*

(*Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

**Abstract:** In the paper, the effects of mold electromagnetic stirring, dynamic secondary cooling water distribution and dynamic soft reduction on the central carbon segregation index, porosity and solidification structure of ingot blank are analyzed by comparing the internal and external quality for ingot blank of heavy rail steel with bloom section produced by 7# continuous caster after transformation. As a result, the internal quality for ingot blank of heavy rail steel with two bloom sections produced by 7# continuous caster is fine with reasonable casting speed matched with degree of superheat and the technology of mold electromagnetic stirring + soft reduction. The equiaxed crystal ratio of ingot blank is 52.3 %～58.3% and its central carbon segregation index can be controlled below 1.07.

**Key words:** heavy rail steel; mold electromagnetic stirring; equiaxed crystal ratio; central carbon segregation index

重轨钢是包钢(集团)公司的重点产品，其质量好坏直接影响公司的生存和声誉，2006年以后，重轨钢坯一直由5#铸机生产，断面为280 mm×380 mm[1-3]，为了进一步提升重轨钢的品质，增强市场竞争力，2014年炼钢厂对7#铸机原有的异型坯断面进行设备改造，增加了320 mm×415 mm、360 mm×450 mm两个大方坯断面。新增了结晶器电磁搅拌、二冷动态配水、铸坯凝固末端动态轻压下等技术，主要用来生产重轨钢坯、车轴坯等中、高碳合金钢。2015年8月至9月期间，7#铸机大方坯断面陆续生产了U71Mn、U75V重轨钢坯，坯型断面为360 mm×450 mm和320 mm×415 mm，为此针对大

**收稿日期：** 2018－02－23

**基金项目：** 国家重点研发计划资助项目(2017YFB0304500)

**作者简介：** 孟保仓(1982－)，男，山西省怀仁县人，硕士，工程师，现从事炼钢工艺质量研究工作。

中国知网 https://www.cnki.net

断面重轨钢开展了铸坯质量研究。7#大方坯连铸技术参数见表1。

大断面重轨钢生产工艺流程：KR铁水脱硫→90 t顶底复吹转炉→LF精炼→VD真空处理→7#大方坯连铸。

表1 7#大方坯连铸技术参数

| 名称 | 机型 | 冶金长度/m | 弧半径/m | 流间距/mm | 断面/(mm×mm) | 拉速/(m·min$^{-1}$) | 结晶长度/mm | 结晶器振动方式 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7#铸机 | 3机3流全弧形 | 35.7 | 12 | 3 000 | 320×415<br>360×450 | 0.60~0.65<br>0.48~0.53 | 850 | 液压振动 |

## 1 试验钢工艺参数

### 1.1 连铸工艺参数

表2为不同大方坯断面的连铸工艺参数控制情况。

表2 不同大方坯断面重轨钢连铸工艺控制参数

| 断面/(mm×mm) | 连铸工艺控制参数 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 结晶电磁搅拌 | 二冷比水量/(L·kg$^{-1}$) | 最大压下量/mm | 过热度/℃ | 拉速/(m·min$^{-1}$) |
| 320×415 | 580~600 A/1.5~1.8 Hz | 0.28 | 15 | 24~29 | 0.55~0.63 |
| 360×450 | 620~650 A/1.5~1.8 Hz | 0.24 | 11 | 26~30 | 0.40~0.54 |

### 1.2 检验及分析方法

1) 试样低倍组织检验。取铸坯横断面试样，做硫印及酸浸检验，检验铸坯的中心疏松、缩孔、裂纹等缺陷等级及测量铸坯的等轴晶区的面积。

2) 中心偏析的测定。采用Φ6 mm的合金钻头对铸坯坯样横断面进行钻孔取屑，沿铸坯中心线每间隔20 mm钻取试样，分析含碳量，用偏析指数代表横向试样的宏观偏析程度，偏析指数$C_s$表示为：$C_s=(C_i/\Sigma C_i/n)$，$C_i$为铸坯横断面取样区成分，$n$为样本数。

## 2 不同工艺对铸坯质量影响

### 2.1 硫印检验结果分析

不同大方坯断面重轨钢的硫印检验结果见表3。

表3 不同大方坯断面重轨钢硫印检验结果

| 断面/(mm×mm) | 结晶器电磁搅拌参数 | 凝固末端轻压下量/mm | 硫印结果/级 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 中心偏析 | 中心裂纹 | 中间裂纹 | 皮下裂纹 | 角部裂纹 | 夹杂物 |
| 320×415 | 580~600 A/1.5~1.8 Hz | 7~10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 360×450 | 620~650 A/1.5~1.8 Hz | 8~12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

中国知网 https://www.cnki.net

从重轨钢铸坯低倍硫印评级结果来看，采用结晶器电磁搅拌 + 凝固末端轻压下浇铸的铸坯中心裂纹不大于 1 级，没有出现大于 2 级的比率，中间裂纹、皮下裂纹、角部裂纹不大于 0 级，夹杂物不大于 1 级。与 5#铸机生产的 280 mm × 380 mm 断面坯型相比，能够达到同类产品质量的要求。

### 2.2　铸坯等轴晶区分析

不同大方坯断面重轨钢凝固末端轻压下对铸坯等轴晶区的影响见表 4。

表 4　凝固末端轻压下对铸坯枝晶结构的影响

| 铸坯断面 /( mm × mm) | 宽面尺寸/mm | | 窄面尺寸/mm | | 对角线尺寸 1、2/mm | 中心疏松区尺寸 /( mm × mm) | 等轴晶率/% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 最大值 | 最小值 | 最大值 | 最小值 | | | |
| 320 × 415 | 419 | 415 | 326 | 325 | 517、519 | 220 × 150 | 56.7 |
| | 415 | 411 | 324 | 324 | 515、516 | 240 × 140 | 56.3 |
| | 416 | 416 | 324 | 324 | 518、519 | 240 × 150 | 54.4 |
| 360 × 450 | 451 | 449 | 366 | 361 | 569、570 | 260 × 170 | 53.7 |
| | 451 | 448 | 366 | 366 | 569、571 | 230 × 160 | 58.3 |
| | 450 | 448 | 365 | 364 | 568、569 | 250 × 180 | 53.2 |
| | 452 | 451 | 361 | 361 | 569、571 | 240 × 160 | 57.3 |

铸坯的热酸检验结果显示：通过对不同断面大方坯铸坯枝晶结构的测量可知，大方坯铸坯的中心致密、等轴晶区的比率 320 mm × 415 mm 断面为 54.4% ~ 56.7%，360 mm × 450 mm 断面为 53.2% ~58.3%。

## 3　铸坯中心碳偏析指数

### 3.1　纵向偏析分析

对不同断面重轨钢铸坯横截面内外弧中心线方向上的碳偏析指数影响，见图 1、图 2。

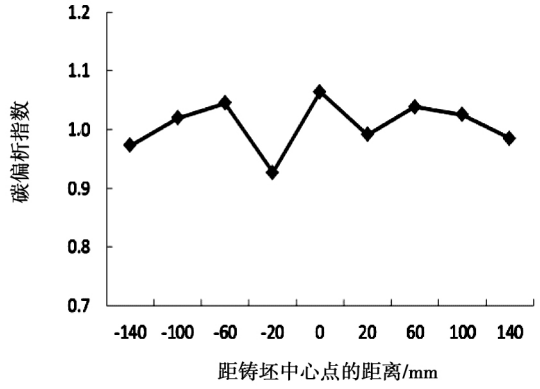



图 1　320 mm × 415 mm 内外弧碳含量分布情况

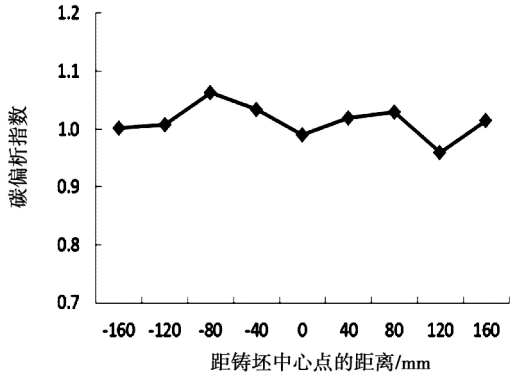



图 2　360 mm × 450 mm 内外弧碳含量分布情况

由图 1、图 2 可知，铸坯断面为 320 mm × 415 mm，轻压下量为 9 mm，钢种为 U75V，铸坯中心碳偏析指数最大为 1.06，波动范围为 0.93 ~ 1.06，铸坯断面为 360 mm × 450 mm，轻压下量为 12 mm，钢种为 U71Mn，铸坯中心碳偏析指数最大为 1.07，波动范围为 0.92 ~ 1.07。

### 3.2　横向偏析分析

对不同断面重轨钢铸坯横截面长轴中心线方向上的碳偏析指数影响，见图 3、图 4。

中国知网　https://www.cnki.net

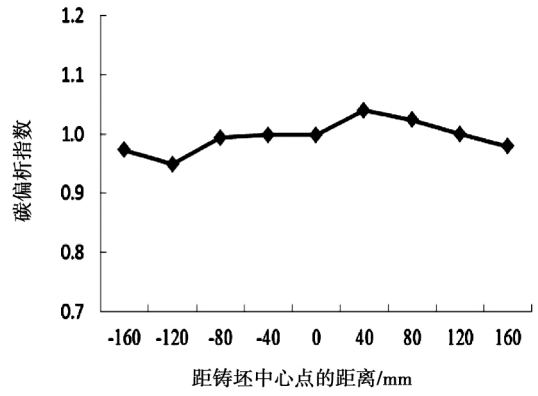



图3 320 mm×415 mm 长轴碳含量分布情况

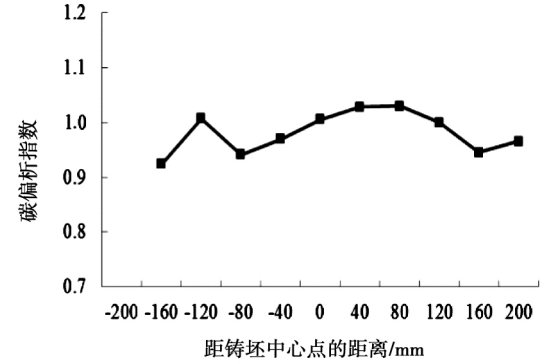



图4 360 mm×450 mm 长轴碳含量分布情况

由上图3、图4可知，铸坯断面为320 mm×415 mm，轻压下量为9 mm，钢种为U75V，铸坯中心碳偏析指数最大为1.04，波动范围为0.95～1.04，铸坯断面为360 mm×450 mm，轻压下量为12 mm，钢种为U71Mn，铸坯中心碳偏析指数最大为1.03，波动范围为0.92～1.03。

## 4 结论

(1) 7#铸机采用结晶器电磁搅拌+轻压下生产的不同大方坯断面的重轨钢，铸坯中心内部质量良好，铸坯等轴晶率在53.2%～58.3%。

(2) 不同大方坯断面重轨钢铸坯经过轻压下工艺后，铸坯横断面沿中心长轴、内外弧的中心碳偏析指数控制均不大于1.07。

### 参 考 文 献

[1] 蔡开科. 连续铸钢原理与工艺 [M]. 北京: 冶金工艺出版社，1994.

[2] 陈 永，杨素波，朱苗勇. 高速轨用钢连铸坯内部质量控制的关键技术 [J]. 钢铁，2006，41(12)：36－39.

[3] 钱静秋，刘平，关键. 包钢5#铸机生产重轨钢质量评价 [J]. 包钢科技，2008，34(2)：25－27.

# 启 事

本刊已加入“万方数据库”、“中国知网”、“维普数据库”等。凡向本刊投递的稿件一经采用，即视为作者同意将作品的网络传播权及电子版使用权授予本刊，本刊一次性给付的稿酬已包含上述授权的费用。若不同意上述内容者，请在投递的稿件上予以特别声明，以便本刊酌情处理。

《包钢科技》编辑部

中国知网 https://www.cnki.net