

4

第四届
连续铸钢学术会议
论文选集



中国金属学会连续铸钢学会

1990·桂林

编辑说明

第四届全国连续铸钢学术年会（1990年）即将召开了。这次年会是继1982年（昆明）、1983年（邯郸）和1987年（唐山）连续铸钢学术年会之后，规模更大的一次专业学术交流活动。

自连续铸钢学会发出征文通知之时起，现在我们已收到要在会上交流的论文130余篇。其内容范围涉及连续铸钢技术的各个领域，十分广泛，而且论文质量也比以往有所提高。这充分说明，我国连续铸钢生产、科研、设计工作又有了新的进展。更为可喜是，在这批论文作者中，涌现一批新投入连续铸钢技术队伍中的年青科技工作者。

为了开好这次学术年会，连续铸钢学会曾于今年5月在北京召开了理事会，对提交连续铸钢学术年会的论文进行分类审查，并决定在年会前编印出《第四届连续铸钢学术会议论文选集》。

为此，理事会决定成立论文选集编辑组。编辑组根据理事会审查通过的论文70余篇，分4类即综述、连续铸钢工艺、连续铸钢设备、连续铸钢自动化及其他，以论文全文和论文摘要发表。

论文选集编辑工作是在连续铸钢学会副理事长熊毅刚和连续铸钢学会代理秘书长邹孝叔关心和领导下进行的，由连续铸钢学会理事葛志祺、雷知行、倪满森、阎峰、和学会办万体娅负责具体编辑出版工作的。由于这次文章较多、质量差异很大、文集容量有限，加上寄来稿件时间不一，又要赶在年会前印出，时间相当紧迫，给编辑、出版工作带来一定困难，因此，对论文选集中的不足和疏漏之处，望同行专家谅解并给予批评指正。

中国金属学会连续铸钢学会
《论文选集》编辑组

1990年10月

目 录

综 述

1. 我国连铸发展概况.....连续铸钢学会名誉理事长 殷 琰 (1)
2. 武钢无缺陷铸坯热送热装技术的应用实践
.....武汉钢铁公司第二炼钢厂 叶有余 黄青锋 兰 莹 (3)
3. 宝钢连铸机工艺性能评述
.....上海宝山钢铁总厂钢研所 孟昭珪 康 复 (11)
4. 国产化第一台大型板坯连铸机工程设计及生产
.....武汉钢铁设计研究院 张玉莲 (20)
5. 对我国平炉车间增建连铸机的探讨
.....北京钢铁设计研究院炼钢室 俞 晏 (25)
6. 天津无缝钢管总厂大型弧形圆坯连铸机评述
.....北京钢铁设计研究总院炼钢室 王家龙 (30)
7. 连铸连轧过程特点及高温冶金学问题
.....东北工学院钢冶系 姜永林 王延溥 (35)
8. 高碱性高玻璃化连铸结晶器保护渣探讨
.....重庆大学冶金系 王 谦 谢 兵 迟景灏 (43)
9. 合金钢方坯连铸机的特点
.....北京钢铁设计研究院炼钢室 刘秀华 李远怀 (50)
10. GL—5 连铸颗粒保护渣的研制及其在超低头板坯连铸机上的应用
.....吉林省梨树冶金保护材料厂 门兆严
天津钢厂第二炼钢厂 方立志 (58)
11. 电炉—连铸—热送生产线一年来的总结
.....无锡锡兴钢铁公司 李百炼 杨 滨 (66)
12. 江西钢厂使用绝热板中间包的技术总结.....江西钢厂技术处 曾少华 (73)
13. 邯钢二炼钢R 6 m板坯连铸机的改造
.....邯钢钢铁公司第二炼钢厂 魏祖康
邯钢钢铁公司钢铁研究所 李骏飞 (79)
14. 杭州钢铁厂 1 号连铸机达产小议
.....杭州钢铁厂转炉分厂技术科 张鑫泉 (83)
15. 抓好连铸技术, 促进企业进步.....昆明钢铁公司第二炼钢厂 王诗国 (85)

连续铸钢工艺

16. 超低头板坯连铸机生产实践
天津钢厂第二炼钢厂连铸办公室 徐美生
 方立志 马鸿庆 曾小平 (91)
17. 转炉一合金钢连铸生产工艺初探上海第五钢铁厂 邵毅峰 叶 枫 (97)
18. 超高功率电炉连铸实践与相关问题的探讨
广州钢铁有限公司钢研所 王中丙 (100)
19. 在实践中探索大型平炉配小方坯连铸机的生产规律
鞍山钢铁公司第二炼钢厂 (106)
20. 连铸工艺操作中的若干问题岳邦建 (110)
21. 板坯连铸拉漏原因的分析及对策 ...武汉钢铁公司第二技校 孙玉贤执笔 (114)
22. 对德马克型小方坯连铸机拉漏事故的再认识
通化钢铁公司第二炼钢厂 刘 晨 (118)
23. 重庆钢铁公司一机4流方坯连铸机纵裂纹漏钢机理
重庆钢铁公司第二炼钢厂 牟章远 (120)
24. 连铸板坯表面夹杂的产生和防止安阳钢铁公司第二炼钢厂 孟永刚 (122)
25. 天津钢厂第二炼钢厂超低头铸坯夹杂物来源及控制
天津钢厂第二炼钢厂 曾小平
 北京科技大学 蔡开科 刘新华 (124)
26. 关于多炉连浇技术的探讨武汉钢铁公司技术部 胡现槐 (134)
27. 连铸中间包钢水温度规律的研究
冶金部北京钢铁研究总院 张兴中 倪满森 (137)
28. 连铸用钢包不同包衬结构热工特性的研究
鞍山钢铁公司热能院 李顶宜
 鞍山钢铁公司第二炼钢厂 王志道 (139)
29. 无氯化浇注过程的基础研究——大包钢流保护若干工艺参数的研究及密封剂的研制重庆大学 任常富 游定方 陈精强 (141)
30. 改善结晶器保护渣性能的研究首都钢铁公司试验厂 许纯良 (148)
31. DL合金钢连铸保护渣大连钢厂设计院 王明顺 (149)
32. 德马克型小方坯连铸机结晶器冷却水流及传热的研究
鞍山钢铁公司第二炼钢厂 王志道 李 舟 崔淑兰
 鞍山钢铁公司钢研所 胡 成 王思钢 李德刚
 大连理工大学 方大成 姚 曼 齐育红 (151)
33. 关于结晶器内综合摩擦系数的探讨东北工学院 李纯忠 杨会林 (153)
34. 连铸钢坯的计算机数值模拟西安交通大学 杨秉俭 (155)
35. 连铸凝固过程冷却最优化北京科技大学 张凤禄 李劲东 (158)

36. 轮式连铸结晶器流场研究
.....冶金部北京冶金设备研究所 陈 克 北京科技大学 徐宝升 (166)
37. 加速喷嘴国产化进程满足连铸发展需要 ...北京冶金液压机械厂 王 楷 (168)
38. 新型多功能电磁搅拌器的理论和实验研究及工业试验
.....中国科学院力学研究所 毛 斌 王世郁 王 俭
北京科技大学 邢文彬 许诚信 房彩钢
崔润琴 李秀文 (171)
39. 连铸方坯电磁搅拌作用机理和实验室研究
.....冶金部北京钢铁研究总院 赵晓明 姚留枋等 (180)
40. 合金钢连铸方坯二冷区螺旋式电磁搅拌的工业试验
.....上海第五钢铁厂 黄春林 上海工业大学 汪建农 徐葆华 (183)
41. 结晶器电磁制动的实验研究
.....北京科技大学 邢文彬 许诚信 鲍远情 崔润琴 林 钢
中国科学院力学所 毛 斌 王 俭 王世郁 (189)
42. 连铸 1 Cr18Ni9Ti 不锈钢板坯的生产实践
.....上海第三钢铁厂 王 伟 周元明 夏金剛 (194)
43. 我国滚珠轴承钢连铸坯的质量剖析
.....冶金部北京钢铁北京总院 李吉夫 满华元 郑 鲁 曲塔迅
赵桂琴 齐齐哈尔钢厂 王忠信 郑翔才 鄢 杰 (199)
44. 40Cr 和 60Si2MnA 的凝固机理与微观组织
.....冶金部北京钢铁研究总院 李吉夫 满华元 郑 鲁 赵桂琴
抚顺钢厂 叶济生 王桂臣 孙怀玉 杨桂森 刘宽成 (206)
45. 30MnTiB 钢连铸工艺的研究姚名杰 吴明福 (208)
46. 合金钢方坯连铸二次冷却的最佳工艺制度控制模型
.....重庆大学 陈登福 颜广庭 (209)
47. 水平连铸技术的开发和应用马鞍山钢铁公司钢研所 凤兆海 (217)
- (48. 水平连铸结晶器水缝内的传热计算和分析
.....北京科技大学热能系 周筠清 (218)
49. 开发管坯水平连铸技术为钢管生产服务成都无缝钢管厂 顾 维 (224)
50. 西德 T·G 公司水平连铸机 3 号拉坯曲线的模拟与分析
.....攀枝花钢铁研究院炼钢室 马平安 (230)
51. 水平连铸中间包精炼措施的研究
.....冶金部北京钢铁研究总院 倪满森 赵志康 张兴中 王 彤
齐齐哈尔钢厂 鄢 杰 (231)
52. 双辊薄带连铸技术生产能力的研究上海钢铁研究所 张 奇
北京科技大学 孙祖庆 于忠东 (233)
53. 工艺参数对连铸薄带表面质量的影响
.....上海钢铁研究所 庞克昌 李 军 张成秀 (239)

连续铸钢设备

54. 小方坯连铸技术的新进展北京钢铁设计研究总院 王浦江 (241)
55. 太钢三炼钢不锈钢板坯连铸机设计参数的综合研究
.....北京科技大学计算机应用教研室 雷知行 董绍华
金工教研室 萧秀文
测试研究室 徐立刚 鹿 鸣
太原钢铁公司太钢设计院 李春旺
第三炼钢厂 王邦庆 (249)
56. 板坯连铸机成套设备CAD应用系统SCCP—CAD的研究
.....西安重型机械研究所 李 平 李光棋 (259)
57. 轮式连铸的钢液紊流和凝固.....北京科技大学 徐宝升
冶金部北京冶金设备研究所 陈 克 (261)
58. 120t钢包回转台力学行为研究北京科技大学 陆 勤 (268)
59. 板坯连铸机结晶器铜板温度简易计算法
.....西安重型机械研究所 杨拉道 李 平 (273)
60. 在R5.25机型试验带足辊多级结晶器
.....部北京钢铁设计研究总院 赵荣玖 姚念威 (277)
61. 连铸机弧形段快速液压开启装置
.....冶金部北京冶金设备研究所 刘 新 孟丽婷 (279)
62. 连铸机拉矫辊弹塑性热应力研究燕山大学 温崇哲 孙蓟泉 (281)
63. 板坯连铸机多辊拉矫机力能参数研究北京科技大学 许德宽 (288)
64. 连铸坯连续矫直理论的初步探讨
.....东北重型机械学院 盛义平 孙蓟泉 (295)
65. 某厂板坯连铸机矫直力的现场测试方案燕山大学 李宪奎
东北重型机械学院 胡国清 (301)
66. 板坯连铸机矫直段辊子反力测试
.....燕山大学 乔长锁 毛梦云 杨兆瑞 赵玉荣 (303)
67. 连铸板坯四点矫直矫直力的简便近似计算
.....燕山大学 毛梦云 乔长锁 孙晓春 (306)
68. 液压剪设计中的几个问题马鞍山钢铁设计研究院 钟思良 (311)
69. 300t剪切机蜗轮蜗杆的磨损与润滑
.....马鞍山钢铁公司第三炼钢厂 陈庆荣 (314)
70. 水平轮带式连铸机初步试验北京科技大学、重钢三厂 汤昆年执笔 (316)
71. 双辊法薄带连铸冷却辊辊套传热过程的数学模型和计算机模拟
.....上海钢铁研究所 吴卫平 许嘉龙 孙祖庆 庞克昌 (318)
72. 连铸结晶器动态热流及其影响.....冶金部北京冶金设备研究所 陈 克

- 北京科技大学 徐宝升 (326)
73. MYF—603小方坯连铸机马鞍山钢铁设计研究院 史震球 (334)
74. 安阳钢厂弧形小方坯连铸机设计制造改进小结
.....上海冶金设备总厂 蔡善海 (336)

连续铸钢自动化及其他

75. 小方坯连铸机防漏结晶器及漏钢预报系统
.....冶金工业部自动化研究院 杨 涤 徐继光 余 兵
上海第三钢铁厂 徐明昕 张鸿康 (340)
76. 应用微机仿真管理连铸工艺过程
.....鞍山钢铁公司热能研究所 李顶宜
鞍山钢铁公司第二炼钢厂 王志道 (349)
77. 超低头板坯连铸机在我国的应用与发展
.....北京钢铁设计研究总院 黄锡槐 顾家声 (355)
78. 双辊连铸304不锈钢带性能的研究
.....上海钢铁研究所 倪思康 孟笑影 张成秀 (360)
79. 3兆牛连铸坯摆式飞剪机东北工学院 崔华林等 (361)
80. 水平连铸中碳钢方坯结晶器冷却水量的计算
.....齐齐哈尔钢厂 郑方翔 于福云 (363)
81. 中小转炉炼钢车间的全连铸重庆钢铁设计研究院 黄永忠 (366)
82. 超低头连铸板坯非金属夹杂物研究
.....北京科技大学 刘新华 蔡开科 张淑心 胡水珍 王兰香 韩 庆
天津钢厂 曾小平 王砚铭
北京钢铁设计研究总院 曹广畴 陈增琪 (372)

综 述

1. 我国连铸发展概况

连续铸钢学会名誉副理事长 殷 捷

我国连续铸钢技术起步较早, 50年代中期即开始科研试验。第一台工业生产型立式方(矩)坯连铸机于1958年12月在重钢三厂诞生, 第二台同类型连铸机1960年6月在唐钢投产。1964年6月薄板坯(厚度110mm)弧型连铸机在重钢三厂问世(1983年迁重钢六厂改拉方坯), 1967年12月厚板坯(厚度320mm)弧型连铸机在重钢二炼钢投产(现改拉250×250毫米大方坯)。这两台薄厚板坯弧形连铸机, 在当时居于世界领先或前列。1965~1966年在上钢三厂、天津二钢和首钢试验厂先后建成矩坯、板坯和小方坯连铸机, 发展形势喜人。但后来进展缓慢, 甚至停滞不前。到1978年在生产的连铸机仅21台年设计能力共312万t, 1978年连铸坯产量仅112.7万t。

1979年以来, 国家确定以发展生产为中心, 明确科学技术是生产力, 强调技术进步的科学技术管理, 提出为社会主义四个现代化而奋斗的目标。冶金工业部指出, 连铸技术是节约能源、提高成材率、增加经济效益、实现钢铁工业现代化的重大战略措施, 是一项重要技术政策, 并作出加速发展连铸的决策, 提出战略目标, 制订建设规划, 明确以自力更生为主, 同时吸取国外新技术, 并尽快国产化。1985年连铸机累计达49台年设计能力677万t, 1985年连铸坯产量达502万t, 到1989年达112台2201万t, 产量达1004万

t。预计到1990年末将达125台2560万t。1990年连铸坯产量将达1400万t（上半年已超过700万t）。

1990年上半年，全国在生产、在建设和已签约的连铸机累计163台年设计能力3283.1万t，其中：板坯连铸机38台1593万t/a，方（矩、圆）坯连铸机32台495万t/a，小方坯（矩）坯连铸机84台1162.1万t/a，水平连铸机9台33万t。小方（矩）坯连铸机占总台数的51.5%，占总能力的35.5%，而且90年代还将建设一批。这是由于我国钢铁工业的特点——“三小”（小转炉、小电炉、小轧机）多所决定的。不仅地方企业基本上是小炉子、小轧机，而且重点企业（如首钢、上钢、天津、马钢、重钢、唐钢、酒钢、水钢、重特、长城、陕钢、抚钢等等）小炉子、小轧机还占相当大的比重。目前还不可能很快大型化。采用连铸工艺可以促进炼钢工艺科学化和设备的大型化。

在163台连铸机中，与转炉相配的116台年设计能力共2692.5万t；与电炉相配的37台429.5万t；与平炉相配的10台161万t。由于我国平炉钢还占总产钢量的四分之一左右，不可能很快转炉化，有的平炉还可能采用连铸。在163台中，重点企业84台2323万t，地方企业79台960.1万t。地方企业占总台数的48.5%，占总能力的26%。地方企业在连铸发展方面起着很大的作用，连铸坯产量约占总产量的28%，而且涌现出了如韶钢、锡兴钢铁公司、安阳钢厂等一批连铸生产好的企业。

我国已有合金钢连铸机21台年设计能力共236万t，其中13台已经投产（板坯3台，方坯5台，水平机5台）。水平连铸机已有9台，已投产的6台（含上述5台），并在扩大工业应用。

我国已有象武钢二炼厂和锡兴钢铁公司二炼钢车间实现全连铸并铸坯热送的企业，西安钢铁厂二炼钢车间亦已实现全连铸。这些企业正在提高综合生产能力和匹配性，于近期内创一批全连铸和高连铸比厂（车间），并推进铸坯热送和直接轧制。

我们正积极跟踪国外最新技术。我国第一台薄板坯连铸机试验机组今年内即将建成拉坯。

我国拥有连铸机的企业分布很广，大陆已有25个省市自治区70个企业有连铸机。省区仅新疆、青海、宁夏、海南、西藏还没有，重点企业仅包钢、湘钢还没有，本钢虽已有设备尚未动工建设。连铸起步较早的四川、河北、上海、北京发展较快，趋势旺盛。

引进连铸新技术，对我国连铸技术的发展有所推进。引进连铸机，包括引进主要部分、关键部件和合作制造以及引进二手设备共54台年设计能力1785.6万t，占总台数的33.13%，占总能力的54.31%。显而易见，设备的重复引进量过大，尤其是二手小连铸机的引进带来很大波动，并严重影响本国民族机电工业的发展。毫无疑问，必须严格制止重复引进（吸取国外先进技术不一定要引进设备），并同时加速本国机电工业尤其是“三电”液压以及高档次耐材的发展，满足连铸新技术新工艺的要求。

根据国际钢铁协会的调查，连铸工艺与模铸——初轧开坯工艺相比，能源消耗降低70~80%，金属收得率提高10~14%（板坯10.5%，大方坯13%，小方坯14%），劳动力节约75%，占地面积减少30%，并大大改善劳动条件和环境保护。所以，国外连铸发展很快。世界37个国家和地区（含我国台湾省）的统计，1970年连铸比为6%，而1980年达30%，1989年已达61.8%，连铸坯年产量超过4亿吨。37个国家和地区中已有29个

超过50%，其中有11个在90%以上，达到或接近了饱和点（93±3%）。在1980~1989的十年中，世界连铸比平均年增3.66个百分点，大于3.66的有17个国家，如：荷兰平均年增8.71个百分点，土耳其8.67，澳大利亚7.46，比利时6.75，法国6.45，南朝鲜6.35，英国6.33，加拿大5.62，西班牙5.44，委内瑞拉5.16，联邦德国5.08，挪威4.94，奥地利4.82，美国4.77，意大利4.77，瑞典4.38，日本4.15。

现在我们虽比过去发展速度加快了，并为更加速发展打下了基础，创造了条件，这是必须肯定的。但与国外连铸比增长速度快的国家相比，差距很大。我国1989年连铸比仅16.4%，1980~1989这十年中连铸比平均年增仅1.20个百分点，差距还在加大。这是一个严肃的问题。

当前连铸生产中一个突出的问题是一批企业达产缓慢。1987年以前（含1987年）投产的74台连铸机中已达产和曾经达产以及今年将达产的共计仅39台。达产缓慢的主要原因，除个别单位有其特殊情况外，一般是企业领导缺乏连铸意识。许多实际困难都是要靠主观努力切实组织解决的。所以，当务之急是要下功夫狠抓达产。

不能把发展连铸仅仅看作是解放炼钢和取代模铸的一种手段，重要的是应看作依靠技术进步，促进现代科学管理，从而带动整个钢铁工业从炼铁（甚至铁前）、炼钢到轧钢全流程的革新和飞跃，是钢铁工业现代化的重大战略步骤。因此，应该在整个钢铁工业的技改、扩建，新建中贯彻以连铸为中心，加速提高产品质量、扩大品种、降低消耗、增加效益的目的。

建议各级领导给予足够重视，保证建设资金，强化统一协调，确立严格考核。应建连铸而不建和已建而产生不合格者，均不参与企业评级升级；连铸生产好并已达产者，应从增长效益中提取年吨坯2~3元，作为技术改进及奖励之用，以资鼓励；对重复引进和引进小连铸二手设备者，应严加制止并追究责任。必须充分意识到：不能靠引进现代化，引进会成倍地多耗人民的血汗和减缓整个连铸发展的速度。提供必要的资金优先发展有关连铸的“三电”、液压、相关技术和高档耐火材料等，这样，我们就可加快发展步伐，尽快赶上世界连铸的水平，加速钢铁工业的现代化。

2. 武钢无缺陷铸坯热送热装技术的应用实践

武汉钢铁公司第二炼钢厂 叶有余 黄青锋 兰莹

1. 前言

铸坯热送热装已成为钢铁企业节能降耗，提高产品质量、获取综合经济效益的重要措施。热送热装，其先决条件是生产无缺陷铸坯，其次是增加产量，提供足够轧制编排的坯料；第三是突破坯宽的限制，实现热连轧的“自由轧制”。铸坯由冷送到热送，整

个工艺过程存在着一系列的不适应,需要改造、增加配套设施,最终达到高温热装炉的目标。

武钢在热送热装这一系统工程中,正是本着上述思路进行的。几年来做了大量的工作,使铸坯热送率高达90%以上,收到了明显的综合经济效益。

2. 多生产无缺陷铸坯

多生产无缺陷坯,一是提高铸坯质量,最大限度地控制缺陷坯的发生;二是增加产量。铸坯缺陷主要指铸坯的表面裂纹,中心线裂纹、夹杂、气孔等。有这些缺陷的铸坯必须进行人工清理或切除,不能热送。减少缺陷的措施是一方面提高钢水纯净度;另一方面稳定操作。

2.1 提高钢水纯净度,控制产生缺陷的“内因”

中心线裂纹,实质是中心偏析造成的晶间裂纹或缩孔,或两者的叠加,与钢水的纯净度有关。而夹杂和气孔纯属钢水质量问题。为了控制产生这些缺陷的“内因”,我们采取的技术措施包括:

1) 不断开发新型铁水脱硫剂。1985年12月应用CaO系,1988年9月应用无碳脱硫剂。大幅度降低脱硫成本,铁水处理量由1985年的5.27万t上升到1989年的33.4万t。为转炉提供了较足够的低硫铁水。

2) 转炉顶底复合吹氩后搅。1984年3月5日在3号炉,7月5日在1号、2号炉上应用。冶炼终点〔O〕降低250ppm; (TFe)降低4.1—4.3%;磷、硫分配比分别提高6.7—12.28和37.8—38.5%; Q195钢脱氧夹杂总量平均降低28.35%; 08Al、船板和硅钢炼成率分别提高13.9%、12.2%和8.8%; 成材率、一级品率均有提高; 炉龄平均提高200炉。

3) 大包钢水底吹氩。与顶吹氩相比:〔O〕、〔N〕分别降低15—25ppm和55ppm,〔H〕有所降低;钢中夹杂去除率提高14.4—16.2%;钢水最高脱〔S〕率可达20%。1986年8月15日应用底吹率为70%以上。为保证吹氩冶金效果,1985年开始采取了挡渣出钢。大包渣层一般为60—80mm。上述措施使成品钢〔S〕一般在0.018%以下,有效控制了硫化物中心偏析程度。

4) 长水口加吹氩气大包钢流保护浇铸使08Al钢中间包内钢水〔N〕降低26ppm、〔O〕降低66ppm; Al₂O₃损失减少53.8%; 电介夹杂总量降低175ppm,其中Al₂O₃夹杂降低157ppm; 铸坯内部夹杂总量降低50%; 轧后夹杂废品降低85%; 综合轧后废品率降低52.4%; 硅钢原牌号Q10、Q11合格率提高22.3%。

5) 中间包双隔墙1982年开始应用。采用这个措施可使钢水在中包内停留时间延长,流股轨迹改善,有利于夹杂物上浮;氧化物夹杂金相评级降低2级,无大型夹渣、夹杂物出现,夹杂粒径小且分布均匀;轧后夹杂废品平均降低57.34%,其中船板、08Al和普碳钢分别降低69.38%、54.93%和49.39%。

6) 中间包整体吹氩塞棒1984年9月开始应用。防止氧化物富集堵塞水口效果明显,使铸坯夹杂物金相评级降低1—2级,且粒径小;夹杂量减少38%。

7) 结晶器喂稀土丝1985年开始应用。采用这种措施可使硫化物夹杂改性; 稀土平均收得率达80%以上, 可直接节约稀土费8元/t钢。

8) 连铸保护渣。适应多品种钢连铸工艺的保护渣已形成系列, 使用效果均达到或超过原引进渣的水平。

RH真空处理、中包浸入式水口的改进和电磁搅拌, 都对纯净钢水, 改善铸坯质量发挥了很好的作用。

上述技术措施, 使铸坯夹杂物总量明显减少, 经1989年抽查, 08Al钢为0.00298%, 船板钢为0.00225%, W20钢为0.00178%……, 从而使产生中心线裂纹、夹杂和气孔缺陷的“内因”得到了有效的控制。

2.2 稳定工艺环节, 优化连铸工艺, 为提高铸坯质量创造“外因”条件

生产无缺陷铸坯的关键是全工序各个环节的稳定。为生产无缺陷铸坯创造必要的外部条件, 采取的主要技术措施包括:

1) 大包采用501滑动水口装置。1984年6月23日开始应用。这样使大包事故的85%产生于滑动水口装置及其耐材制品的突出矛盾得到解决, 钢流控制系统安全可靠, 滑板漏钢率由1982年的8.5%降到1989年的0.35%。

2) 采用WS—1型引流砂。1985年3月开始应用。用复合引流砂代替河砂, 钢流自开率由1984年的57.56%提高到93.15%, 这不仅为长水口保护浇铸创造了条件, 而且在更换大包钢水时可及时连浇, 不必大幅度降低拉速。

3) 中间包容容。中包容量由6.5 t扩大到10.78 t, 1985年4月开始应用。克服了小中间包在换大包钢水时必须大幅度降速等待, 而造成堵水口以及中包渣卷入结晶器和中间包钢水浇完不能衔接被迫停浇等一系列问题, 还可延长钢水在中间包内的滞留时间, 缩短浇铸周期2 min/次, 铸机小时产量提高4.52 t。

4) 采用“冷中包”技术。1985年开始应用。开浇成功率提高4.11%, 中间包系统故障下降80%以上, 中间包周转时间缩短一倍。

还有加强大包管理, 上炉浇完钢至下炉出钢时间不得超过90min, 保证红包出钢。制定符合过程温降规律的温度控制标准。在生产实践中不断修改调整二冷水表, 使水量分配合理、变化均匀。选择比较合适的结晶器振动参数, 减轻振痕, 控制裂纹源, 使表面裂纹极少发生。根据凝固收缩规律采用轻压下工艺, 中心线裂纹得到了有效控制, 1984年中心裂纹的废品率为1.021%, 1989年减至0.012%。

2.3 强化设备管理, 保证设备参数稳定, 运行稳定

设备为本是二炼钢发展全连铸, 不断改善铸坯质量, 提高连铸坯产量的重要管理思想。不同部位的设备对质量有不同的功能及影响, 本身寿命也不同。为此, 我们规定了不同的点检、检修、更换周期, 并严格执行。

检修周期: 铸机600炉8 h处理; 1000炉33 h小修; 1600炉10 h处理; 2000炉62 h中修; 转炉1500炉±50炉尽可能与铸机同步检修。

更换周期: 结晶器600±50炉; 冷却格栅1000±50炉; 扇形段1—3段1000炉, 4—7段2000炉。这些规定的实施使设备参数稳定, 始终处于良好的运行状态。

铸机开口度每月计划定期测量并调整2次/机, 保证开口度(扇形段 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -1.5 \end{smallmatrix}$ 拉矫机

±1.0mm始终处于标准状态。

2.4 进行铸坯硫印检验, 对铸坯质量实行跟踪管理

虽然对产生缺陷坯的“内因”和“外因”采取了种种技术措施, 而铸坯质量是否已达到一定水平, 还必须进行硫印检验。根据硫印结果分析钢质、工艺参数, 操作和设备状况等, 发现问题及时反馈, 进行必要的调整和处理。

2.5 有效提高铸机生产能力

快速更换中间包, 使铸机平均连浇炉数提高87.04%; 浇钢作业率提高幅度89.61%, 单中包平均浇钢炉数提高31.17%, 铸机辅助作业时间降低幅度33.72%, 中间故障率降低45.45%, 1984年3月至1985年2月, 产量就比上年同期提高41.77%。

异钢种连浇技术, 解决了多品种的连浇难题, 每次可节省辅助作业时间50min; 减少切损100mm; 可挽救一部分中断浇铸后, 在原条件下不能浇铸的钢水。

应用高级耐火材料是提高质量, 增加产量的有效措施。镁碳砖砌炉, 使炉龄达1500炉以上; 高铝料浇灌大包非工作层, 寿命由30次提高到600次以上; 镁碳砖砌大罐渣线, 寿命由25次提高到40次, 包龄由32次提高到51次; 镁碳质滑板, 刚玉质水口使滑板故障降低70%以上; 高铝料浇灌中包非工作层, 寿命由6.3炉提高到580炉以上; 硅质绝热板中间包工作层平均寿命由2.14炉提高到4.7炉; 铝—碳质整体塞棒, 寿命在10炉以上; 铝—碳质中间水口浇高锰钢, 寿命由石英质水口的2炉左右提高到8炉以上。

表 2—1 近几年铸坯质量、产量有关指标

指标 项目	年份	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
合格坯量, t		879460	1276721	1608242	1700234	1800871	1870675	1952357
总废品量, t		33658.253	32546.978	16030.787	5618.021	4014.819	6454.113	3900.283
合格率, (%)		96.31	97.51	99.01	99.67	99.78	99.66	99.80
轧后夹杂废品量, t		4900.884	4318.683	4200.66	1460.21	1166.18	1182.18	408.039
轧后夹杂废品率, (%)		0.537	0.330	0.259	0.086	0.065	0.063	0.021
厂内夹杂废品量, t		651.985	533.151	245.847	31.008	32.719	18.835	15.749
厂内夹杂废品率, (%)		0.071	0.041	0.015	0.002	0.002	0.001	0.001
中心线裂纹清理量, (块)		未统计	未统计	未统计	44	2	29	40
中心线裂纹废品量, (t)		4771.413	13362.887	3786.978	514.137	172.36	155.936	241.961
中心线裂纹废品率, (%)		0.523	1.021	0.233	0.030	0.010	0.008	0.012
表面纵裂清理量, (块)		未统计	未统计	未统计	6	4	34	8
表面纵裂废品量, (t)		863.948	949.843	1.639	0	7.998	23.22	24.94
表面纵裂废品率, (%)		0.095	0.073	0.0001	0	0.0004	0.0012	0.0013
边、角裂纹清理量, (块)		未统计	未统计	110	55	62	39	115
边、角裂纹废品量, t		2844.166	964.513	110.494	233.247	136.897	70.964	174.527
边、角裂纹废品率, (%)		0.311	0.074	0.068	0.014	0.008	0.004	0.009

由于采取上述种种措施加上科学管理方法与之配套，近几年来质量逐年提高。特别是从1986年开始，中心线裂纹，轧后夹杂废品和厂内夹杂废品大幅度下降，缺陷铸坯量得到有效控制，基本实现了生产无缺陷铸坯的目标。铸坯产量每年以10万的量级逐年增加，为热送热装创造了条件。近几年有关指标列于表2—1。

3. 铸坯热送热装

铸坯热送热装始于硅钢。武钢引进的硅钢生产专利技术规定，硅钢板坯要热送热装。为此配有特制的保温车，热轧厂板坯库设有硅钢专用保温坑，待储够一定数量的热坯后，集中安排轧制。硅钢坯的热送热装不追求高的热装温度，只是为了防止冷却后造成冷脆废品。硅钢板坯热送热装为其它钢种热送热装起到了借鉴作用。

3.1 完善工艺流程，增加配套设施

1984年11月进行了第一次热送热装试验，暴露了在原设计冷送的条件下进行热送，存在设备上的不适应问题，也反映了人们认识上的差异。整个工艺过程涉及到公司很多部门的工作，工艺流程如图2—1所示。为了推行热送热装工艺，我们开展的主要工作有：

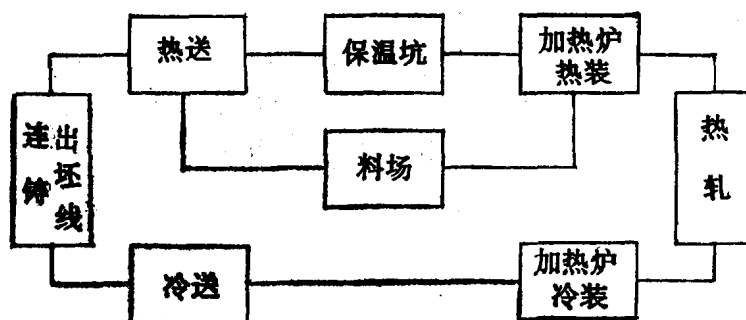


图2—1 铸坯热送热装工艺流程图

3.1.1 热坯描号

为了执行“铸坯上必须描上清晰的炉号和坯号”按炉送钢的规定，热坯描号便成了第一个需要解决的难题。为此，二炼钢厂土法上马，自行设计制造了热坯在线喷号机。

3.1.2 减少热量损失，提高热装温度

3.1.2.1 保温车加罩运输

热坯加保温罩保温运输，平均装炉温度可达490℃，不加罩为417℃，加罩对提高热装温度效果是明显的。

3.1.2.2 增建保温坑

由于热轧不能实现“自由轧制”，每个轧制编组单位需要不同宽度的板坯搭配，加上单位时间内铸坯产量与热轧产量不相匹配，因此热坯不能直接装炉。为了减少热坯等待装炉的温降，在热轧厂板坯库增建了5000 t 的保温坑，热坯先入保温坑保温，待装够两个轧制单位的铸坯后，安排轧制计划。保温坑是热送热装的必要措施，不仅可提高热

装温度，同时也改善了车间的操作环境。

3.1.3 热装温度测量与输入计算机问题

热坯装炉温度是加热过程控制计算机数模的必要参数。我们采用两种方法向计算机输入温度参数：

3.1.3.1 增装检测仪表

在加热炉前热坯通过的辊道上方安装温度测量仪，测得的温度直接输入计算机。

3.1.3.2 温降曲线法

根据试验实测时间和热坯温度，经过数据处理绘制成时间—温度曲线，由铸坯传搁时间查得热坯装炉温度输入计算机。

3.1.4 设备防热措施

铸坯热送引起了一系列设备的防热问题。如吊车滑线变形，大车梁变形、大车行走轮润滑干油烤热后溢出，辊道轴承润滑不良和辊道烘烤变形等。对上述设备和房柱采取相应防热措施之后，才使铸坯热送热装工艺得以顺利进行。

3.2 铸坯热送热装的品种质量

武钢热送采取了先易后难、循序渐进的方法，先从Q195、Q215开始，然后逐步扩大到钢瓶钢、船板钢、低碳优质钢和管线钢，最后试验汽车深冲钢。为了查明热送热装对成品钢板质量的影响，采取了跟踪调查。

对热轧材的调查。热坯成品钢板合格率第一次试验为99.37%，第二次试验为99.82%，试生产期间为99.84%。1985年元月份冷坯成品钢板合格率为99.12%，热坯的钢质不良废品低于冷坯。从钢板表面质量看，热坯轧出的成品优于冷坯，钢板的机械性能全部符合相应的标准。

对冷轧材的调查。我们跟踪了30个钢卷，酸洗和轧制正常，成品钢板合格率94.43%，成材率为91.61%，钢板性能全部合格，与同期冷坯轧出的钢板在质量上没有区别。自1985年4月纳入正常生产以来，尚未发现热坯带来的质量问题。

3.3 热坯加热的热工制度

1984年第一次试验，热装温度为615℃，停供预热段重油、煤气，减少第一、二加热段的用量50%，均热段的用量与加热冷坯相同，在炉时间缩短了10—13%，实际抽出温度和RT₁温度热坯比冷坯高，热坯水管黑印温度降低了23℃，成品厚度精度有所提高，轧制能耗有所降低。表2—2为不同坯厚和不同装炉温度下的在炉时间。

表 2—2 热坯厚度温度与在炉时间

在炉时间, min 坯厚, mm	热装温度 ℃	600	500	400	300
210		70	80	90	100
250		90	100	110	120

实践表明：热装量和热装温度是提高加热炉产量和降低能耗的决定性因素。

3.4 热送热装现状

热装热送工艺于1985年4月正式纳入正常生产后, 历年热送热装情况列于表2—3。

表 2—3 历年热送热装简况

年 份	热送量, (吨)	热送率, (%)	热装率, (%)	平均热装温度, °C
1985	801903	79.5	73.18	350~400
1986	1424088	93.4	70.84	
1987	1587529	95.6	73.1	436
1988	1501019	88.7	72.4	432
1989	1685283	90.8	77.6	447.5

4. 铸机出坯温度与质量及热坯温降

4.1 铸机出坯温度与铸坯内部质量

铸机出坯温度与热送温度直接有关。武钢二炼钢厂铸机出坯温度现状列于表2—4。

表 2—4 不同断面的出坯温度

断面, mm	钢种	表面平均温度, °C	S	波动范围, °C	极差	n
210×1050	Q195	1022	22.5	970~1060	90	46
210×1050	08A1	1025	38.2	960~1130	170	26
210×1300	Q195	1030	31.6	960~1120	160	49
210×1300	08A1	1070	32.9	1000~1140	140	39
250×1550	3C	1003	48.0	943~1066	123	16

注: S——方差, n——样本数。

对上述被测的不同断面, 钢种进行硫印质量检验, 发现出坯温度高于1050°C时, 中心偏析明显恶化, B级偏析增加, 同时有内部裂纹出现。出坯温度与中心偏析关系示于图2—2。

由表2—4和图2—2可以看出, 武钢连铸机的出坯温度基本上是合理的, 出坯温度再提高将降低铸坯内部质量, 不能顾此失彼, 必须两者兼顾。出坯温度不应高于1050°C, 也是铸机设备粗轻径、大辊距的特性所决定的。

4.2 出坯后的温度损失

武钢二炼钢对出坯过程温度进行了测定, 经数据处理后, 整理出的温降方程何下:

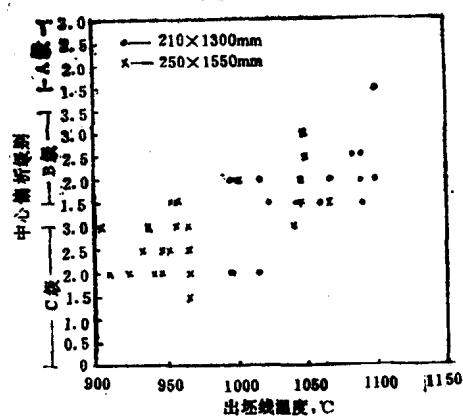


图 2—2 出坯温度与中心偏析级别

$$Q195 \quad 210 \times 1050 \text{mm}; \quad T = T_{55^*} - 8.14t \quad (2-1)$$

$$Q195 \quad 210 \times 1300 \text{mm}; \quad T = 1069.74 - [41.42t + (1069.74 - T_{55^*})^{1.25}]^{0.80} \quad (2-2)$$

$$08A1 \quad 210 \times 1300 \text{mm}; \quad T = 1023.13 [183.17t + (1023.13 - T_{55^*})^{1.54}]^{0.65} \quad (2-3)$$

$$3C \quad 250 \times 1550 \text{mm}; \quad T = 1005.31 - [1724.63t + (1005.31 - T_{59^*})^{1.95}]^{0.51} \quad (2-4)$$

式中: T_{55^*} 、 T_{59^*} ——拉矫机最后辊号处铸坯表面温度, $^{\circ}\text{C}$;

t ——铸坯出拉矫机后的时间, min;

T ——铸坯出拉矫机后 t 时刻的表面温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

由上述温降方程绘制的温降曲线示于图 2—3

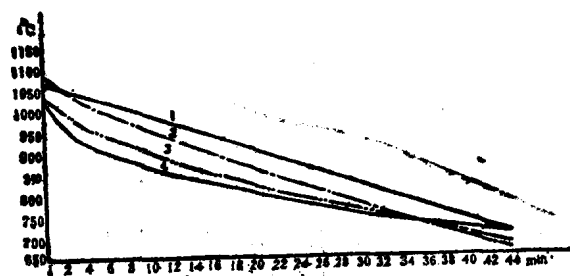


图 2—3 出坯过程温降曲线

铸坯出机至装车时间一般在15—35min。装车温度在700—950 $^{\circ}\text{C}$ 。缩短出坯时间是提高装车铸坯温度的重要环节。

5. 热送热装经济效益分析

铸坯热送热装的经济效益主要有以下几个方面;