

上海钢铁工艺技术研究

科研成果论文集

一九八一——一九八六



上海钢铁工艺技术研究所

科研成果论文集

一九八一~一九八六年

编 辑 上海钢铁工艺技术研究所
印 刷 上海科技情报研究所印刷厂

张 凡 开

工本费 元 一九八七年十二月

序

上海钢铁工艺技术研究所以科研成果论文集(1981—1986)汇集了从1981年工艺技术分所期间到1986年钢铁工艺技术研究所以期间的成果论文共80余篇,是我所建立以来编辑出版的第一本论文集。因此,本论文集也是我所科研工作的一个缩影。这些成果是我所广大科技人员在党的十一届三中全会方针路线指引下,特别是1985年初我所成立后,在经济和科技体制改革的大好形势鼓舞和推动下取得的。

我所是以从事钢铁工业新工艺、新技术、新装备和新产品开发研究为主的研究单位。历年来,我们努力贯彻科研为经济建设服务,为钢铁工业的技术进步和技术改造服务的方针,取得了一批科研成果,例如,VOD—VAD炉外精炼、钢包喷射冶金、钢材轧后余热处理、不锈钢水平连铸、保护气氛热处理、金属表面强化和冷弯型钢等新工艺、新技术、新装备、新产品,已在国内钢铁生产上得到广泛的推广和应用,产生了较大的社会效益和经济效益。我所科研成果迅速转化为生产力,为推动钢铁工业的技术进步和技术改造、为提高钢铁工业的工艺技术水平作出了贡献。

多年的开发研究,不仅出了成果,同时也形成了一支理论水平较高、实际经验较丰富的科技队伍,出了人才,出了效益,为我所的发展和振兴奠定了良好的基础。

为了沟通信息,加强交流,我们编辑出版了这本论文集,供有关科研、设计和生产企业的领导和科技人员及大专院校师生参考。我衷心希望,这本文集能对同行们的工作有所裨益。

所长 汪静海

一九八七年十二月

主 编	汪静海			
副主编	赵瑞诚	张尔柏		
主 审	张尔柏			
审 稿	丁 俊	马炳华	王大齐	石亚男
	朱宏义	刘妙涛	邬显明	李正升
	林其方	陈时雍	张赛珠	张明洋
	金 伟	赵瑞诚	赵黎乐	袁定勋
	章祖尧	程 东	薛东林	聂道纯
	(按姓氏笔划)			
责任编辑	舒文华	胡宇澄		
封面设计	王伟坤			

目 录

I 喷射冶金

- I—1 电炉钢包喷射冶金装置设备及工艺研究.....陈迪(执笔)(1)
- I—2 钢包喷粉装置的研制与应用.....文国巩 何文伟 戴焕梁(3)
- I—3 采用钢包喷粉工艺生产超低硫钢的研究.....林敏忠(5)
- I—4 小型钢包应用喷粉工艺处理低合金钢的实践.....卫乾祥 戴焕梁(7)
- I—5 30吨转炉钢包喷粉试验.....陈大慈 毛荣敏 王济海(8)
- I—6 钢包精炼炉钢水喷粉脱硫工艺研究.....张静晖(执笔)(10)
- I—7 喷射冶金技术开发和应用.....张静晖(执笔)(12)
- I—8 130吨平炉钢包喷粉工艺及设备研究.....陈迪(执笔)(14)
- I—9 氧气转炉——钢包喷吹增碳法生产20钢管坯.....戴焕梁(执笔)(16)
- I—10 高铬钢液喷射还原脱磷(IRD)法物化原理探讨.....卫乾祥 赵家彦(18)
- I—11 钢包喷射法添加稀土硅铁粉.....梁乃钊 卫乾祥 文国巩 张尔柏(20)
- I—12 铁水喷射脱硫法初步试验.....卫乾祥 梁乃钊 陈雪英 张尔柏(22)
- I—13 钢包钙处理对奥氏体不锈钢中非金属夹杂物的影响.....朱宏义 张赛珠(24)

II 炉外精炼

- II—1 小容量VOD—VAD炉外精炼装置的冶金实践
.....秦永锡 叶志新 赵黎乐(执笔) 高永清(26)
- II—2 VOD—VAD—5 炉外精炼应用于精密合金生产
.....赵黎乐(执笔) 高永清 周月明 胡惠君(28)
- II—3 VOD冶炼不锈钢碳、铬、硅等元素的氧化规律探讨
.....秦永锡 赵黎乐 陈华强(执笔) 上海钢铁工艺技术研究
.....马廷温 李士琦 北京钢铁学院(30)
- II—4 强化还原法制取稀土中间合金
.....蔡体刚 上海钢铁工艺技术研究
.....刘兴山 包头稀土研究所(32)
- II—5 煤炭炼钢和“二次化铁”炼钢的经济比较.....于定孚(34)
- II—6 高合金钢还原期成分调整的数学模型.....赵黎乐(36)
- II—7 钢包升温技术.....房海春(38)
- II—8 喂丝法在冶金中的应用.....蔡体刚 陈华强(40)

III 铸锭技术

- III—1 水平连铸技术的半工业性试验研究.....王威榕 徐健生 丁俊 石亚男(42)
- III—2 不锈钢铸坯火焰切割技术和装备研究.....费鸣 (执笔)(44)
- III—3 铸锭绝热板传热数学模型的探索.....赵黎乐 王瑞彬(46)
- III—4 连续铸钢技术的最新进展——上海国际连铸会议论文述评.....王威榕 陈华强(48)

Ⅲ—5 国外钢液直接铸带技术	周建 龚晓华 郑镜堂(50)
Ⅲ—6 轮带式旋转连铸机简介	徐蔚中(52)
Ⅳ 压力加工	
Ⅳ—1 用热扭转试验模拟研究热轧过程	李正升(54)
Ⅳ—2 HC轧机的发展及应用	王伟堂(56)
Ⅳ—3 Cr16Ni14无磁不锈钢带钢工艺与性能研究	王伟堂 唐德宝 李元(58)
Ⅳ—4 低碳锰铌钢的热变形模拟研究	李正升 张关云 郑芝兰 王培兴(60)
Ⅳ—5 Ni36CrTiAl合金的热塑性研究	李正升 张关云 董正贵 杨建美 冯英雷(62)
Ⅳ—6 国内外双相钢线材研究及生产概况	龙熙嘉 王爱萍 胡小飞(64)
Ⅴ 轧后余热处理技术	
Ⅴ—1 螺纹钢轧后余热处理工艺及性能研究	陈时雍 李金葆 许振基(66)
Ⅴ—2 钢筋轧后余热处理工艺技术与应用	鲍忠豪 许振基(68)
Ⅴ—3 棒材(钢筋)轴向湍流式冷却器的设计理论与计算	鲍忠豪(70)
Ⅴ—4 棒材(钢筋)控制冷却装置的设计研究	常纯哲 鲍忠豪 李景煌 周光良 郭建中(72)
Ⅴ—5 20MnSi轧后余热处理钢筋的韧性	于懿懿 钟文达 许振基(74)
Ⅴ—6 GCr15棒材的轧后控冷及球化退火工艺	樊志礼(执笔) 陈时雍 陆关福(76)
Ⅴ—7 轴承钢棒材控制冷却装置的设计和研制	鲍忠豪 樊志礼 陈时雍(78)
Ⅴ—8 K3钢筋应用研究	许振基 孙传仁 李勇伟(80)
Ⅴ—9 轧后余热处理(K3)钢筋闪光对焊试验	孙传仁 孙文英(82)
Ⅴ—10 轧后余热处理 3 号钢Ⅱ级非预应力钢筋电弧焊试验研究	孙传仁 孙文英 周文通 上海钢铁工艺技术研究 所 钱美丽 上海钢铁研究所(84)
Ⅴ—11 中板轧后控制冷却装备的研制	常纯哲 周中光 周光良 郭建中 陆敏 鲍忠豪(86)
Ⅴ—12 20MnSi控轧钢筋的焊接工艺试验	孙传仁 上海钢铁工艺技术研究 所 施千人 上海钢铁研究所 徐兰藻 上海第三钢铁厂(88)
Ⅴ—13 15CrMoV钢焊接接头韧性的研究	杨永兴 周丽霞 西安交通大学 刘妙涛 上海钢铁工艺技术研究(90)
Ⅴ—14 CK3钢筋闪光对焊与焊后水冷工艺试验研究	许振基 孙传仁(92)
Ⅵ 热处理技术	
Ⅵ—1 关于钢材氮基保护气氛热处理的现状及几点设想	许仁麟 张兴祖(94)
Ⅵ—2 关于不锈钢光亮热处理对氮基气氛最低含氮量的要求	许仁麟(96)
Ⅵ—3 内热式氨分解保护气体发生装置	许仁麟 张兴祖(执笔)(98)
Ⅵ—4 60m ³ /h乙醇转化法制取氮基保护气氛装置及其在冷拔钢材热处理上的应用	

.....	许仁麟 张兴祖 尤巧珍 周捷	上海钢铁工艺技术研究所
.....	李承家 徐任昌 张德先	大冶钢厂(100)
VI—5 甲醇与工业氮配制氮基保护气氛装置.....	(执笔) 张兴祖 芮桂秋	(102)
VI—6 国外钢材热处理炉节能技术的现状.....	许仁麟 张兴祖 周捷	(104)
VI—7 国外钢材热处理设备的节能技术及对上海冶金系统热处理节能改造的看法	周捷	(106)
VII 硬面技术		
VII—1 Ni35自熔合金粉末研制.....	蔡志聪 王培兴	(108)
VII—2 喷焊、喷涂合金粉末系列的研制及应用.....	孙夷 (执笔)	(110)
VII—3 熔融金属雾化过程探讨.....	张仰如 顾丽萍	(112)
VII—4 热喷涂在大型四辊冷轧机支撑辊颈上的修复应用.....	朱润生 付文龙 许惠珍	(114)
VII—5 自粘性一次喷涂复合粉末.....	邓基永(执笔) 孙夷	(115)
VII—6 ZCu—110自粘结一次法喷涂粉末的一项应用.....	付文龙 许惠珍	(117)
VII—7 Ni60自熔合金粉末的研究.....	朱润生	(118)
VII—8 水雾化法生产自熔合金粉末	蔡志聪 王培兴 张仰如 顾丽萍	上海钢铁工艺技术研究所
.....	徐松生	上海钢铁研究所(120)
VIII 计算机应用		
VIII—1 PDP11/04计算机故障排除及方法.....	严圭巽 李维民	(122)
VIII—2 力能参数测试在水平连铸试验中的应用.....	陈明薇	(124)
VIII—3 四辊可逆冷轧机部分工艺参数测试及分析.....	陈明薇	(126)
VIII—4 16MnR中板控冷试验装置——电器控制系统部份.....	陆敏	(128)
VIII—5 双闭环系统在轴承钢控制冷却中的应用.....	杨文娟 周光良	(130)
IX 物性测试		
IX—1 最小二乘法半定量相分析	张赛珠	上海钢铁工艺技术研究所
.....	陈丽君 林天辉	上海钢铁研究所
.....	姜小龙	中国科学院上海冶金研究所(132)
IX—2 X射线衍射测定残留宏观应力.....	周勤友 张赛珠 潘鹤林	(134)
IX—3 固体保护渣高温粘度的测定.....	管美英 戴志祝 胡士浩 朱健飞	(136)
IX—4 20碳钢水平连铸坯的宏观质量	戴民强	(138)
IX—5 喷射用粉剂物理性能及其测定研究.....	管美英 达云	(139)
X 冷弯型钢		
X—1 对TI—200高频焊管设备的初步剖析.....	金伟 姚仕雄	(141)
X—2 计算机辅助设计(CAD)在冷弯型钢孔型中的应用	邵鸿章	(143)
X—3 抓信息开发品种求发展 抓管理以质求量赢声誉.....	郁国栋	(145)
X—4 冷弯型钢生产线的噪声综合治理.....	张绍祖	(147)
XI 其他应用技术		
XI—1 不锈钢表壳仿金离子镀用靶材研究.....	张杰昆(执笔)	(149)

Ⅱ—2	不锈钢表壳仿金离子镀工艺研究·····	张杰昆(执笔)(151)
Ⅱ—3	活性反应离子镀原理及应用·····	张杰昆(执笔)(153)
Ⅱ—4	仿金装饰离子涂层的色调研究·····	张杰昆 傅君辉 傅道斌 吴鸿亮(155)
Ⅱ—5	国内外部分表壳材料性能分析比较 ·····	孙慧芳 张玉珍 夏月香 上海钢铁工艺技术研究所以157) ·····尤云龙 上海钢铁研究所
Ⅱ—6	60赫460伏电动机应用于50赫380伏电源的运行特性分析·····	郭显明(159)

电炉钢包喷射冶金装置设备及工艺研究

陈迪(执笔)

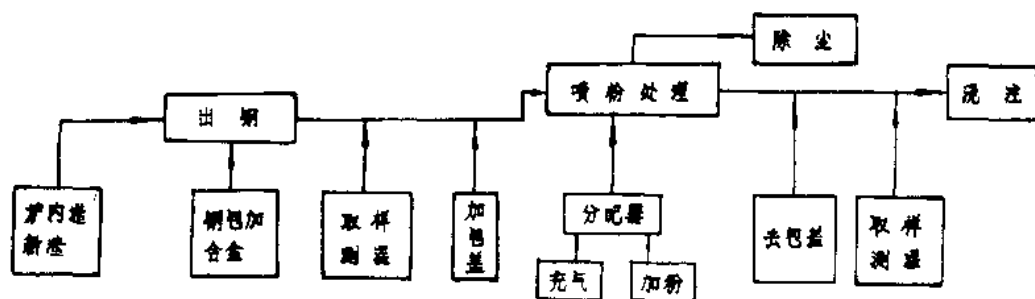
钢包喷射冶金工艺,能强化钢液的脱氧,脱硫,合金化,促使钢中夹杂物变性并净化钢液,是提高钢质的重要手段,受到国内外广泛重视。

一、总体布置

整套设备的特点是配套比较完善,功能齐全,能自动操作及手动操作,检测系统用国内较先进的仪表,可以用作生产及科研;由于布置紧凑,更能适应老车间的技术改造要求。

二、工艺流程及主要参数

2.1 喷粉处理工艺流程如图



2.2 钢包喷粉处理的冶金条件

2.2.1 出钢温度按各钢种的中上限控制。

2.2.2 按钢水量3%配加渣料,放钢时渣碱度 ≈ 4 。

2.2.3 配合金时,考虑喷粉时带入的硅。

2.2.4 铝、钛、钒等易烧损元素随钢流投入包中。加铝量确保钢中含铝0.03~0.05%。

2.3 喷吹工艺的基本参数

喷吹系统各项参数的选择,经冷态模拟试验,选用的工艺参数为:(1)炉处理钢水量16~21t;(2)粉剂用量:硅钙粉1~2.5kg/t;(3)处理时间3~5min;(4)压力参数:缸压39~55N/cm²,输送气压39~59N/cm²;(5)管道参数:输送管径12mm,喷枪口直径 $\phi 6.5\sim 7$ mm;(6)总气体耗量0.38~0.45Nm³/min;(7)供粉速度9~15kg/min。

三、工艺试验结果及分析

3.1 温降 小型钢包采用钙处理工艺,若不提高出钢温度,处理后能否顺利浇注,应予以重视。通常出钢后,钢液在包内温降为4~7℃/min,但经喷粉后为10~14℃/min。经喷粉处理,钢水流动性有所改善,但只能补偿部分温降。

3.2 脱硫 顶渣作用较为重要,当渣中($\text{FeO} + \text{MnO}$)较低,碱度4左右,渣指数约0.35时,为喷粉脱硫、净化钢液建立了有利条件。本试验脱硫率最高为79%,最低硫含量达0.0015%。

3.3 气体含量变化

3.3.1 氧 喷粉后成品钢板氧含量平均值为0.0039%,最低达0.0015%。

3.3.2 氢 经喷吹硅钙合金粉,有轻微增氢现象,平均增氢约6ppm。

3.3.3 氮 随钢中氧、硫的降低,吸氮可能性增加,经喷粉平均增氮25.9%。

3.4 各元素含量变化

喷硅钙过程中C、Mn、P、Cr几乎无变化,当钢中含铝量超过0.04%时硅回收率达100%,在喷粉过程中铝烧损平均为0.0135%。

四、钢质量及钢种

4.1 钢中夹杂物

4.1.1 夹杂评级及总量对比 试炼钢种16MnR轧成12mm中板,50CrVA冷轧薄板,取样对比可知喷粉钢夹杂总量低于电炉常规冶炼的钢。

4.1.2 夹杂物的变性 经喷粉处理,夹杂物已呈球状,钢中硫化锰夹杂显著减少,大于 $2.5\mu\text{m}$ 的硫化物夹杂数目已趋于零,试片经图象仪分析,当钢中 $\text{Ca/S} = 3.1$ 时,达到了夹杂物形状变性要求。

4.2 钢材的机械性能 喷粉处理与未喷粉的16MnR钢材机械性能比较可见喷粉对钢强度影响不大,突出的是冲击韧性值达到 163 J/cm^2 (横向, -40°C),比常规的提高一倍以上。钢板的冷弯检验,也优于标准。

由于16MnR经喷粉后综合性能提高,可解决该钢种低温冲击性能不足的问题。还可取消正火工艺。50CrVA钢喷粉取消按正常生产采用的电渣重熔工艺而其性能同样能达到要求。

五、结 语

5.1 全部设备为国内制造和配套,功能齐全,操作简便。

5.2 设备自1983年来正常运行,工艺稳定。

5.3 冶金效果明显,经喷吹1~2.5kg/t硅钙粉,最高脱硫率达79%,成品硫含量最低值为0.0015%。

5.4 为小型钢包喷粉积累经验,能适应老车间改造,有推广意义。

参考文献 略

钢包喷粉装置的研制与应用

文国巩 何文伟 戴焕梁

钢包喷射冶金技术是钢包炉外精炼的一种形式,七十年代以来,发展迅速。1979年起,我所开展喷粉设备及喷粉工艺的试验研究,并与生产厂合作建成一座22t级的工业规模喷粉处理站,投入热试以来,经过120炉的工业性试验,已于1983年10月通过上海市级鉴定。

一、钢包喷粉设备

- 1.1 喷粉系统 由料仓(包括振动筛)、粉末分配器、输料管道、喷枪四部分组成。
- 1.2 喷枪升降机构 采用立柱升降式机构,臂长1.9m,回转速度8.(°)/S。
- 1.3 喷枪库 具有存放调换和烘烤喷枪的功能。
- 1.4 料仓及加料系统 采用活动料仓,附加保护性过筛(振动筛)。筛目约10目($d = 2\text{mm}$)。
- 1.5 钢包盖 采用卷扬开式机构。包盖上开有喷枪插入孔和取样孔。
- 1.6 废气除尘系统 喷吹硅钙粉烟尘排放量很大,除尘是必需的。
- 1.7 气流 包括氩气和驱动用压缩空气。氩气纯度应在99.9%左右。
- 1.8 仪表检测及控制系统 采用继电顺序控制系统。选用先进的仪器仪表配套。

二、钢包喷粉系统主要参数的选定

2.1 载体气流的输送速度 U_a

按下式计算: $U_a = 2U_t = 24 \text{ m/s}$

2.2 输送氩气量 Q_A

$Q_A = \frac{W_s}{\mu \cdot r_A} \approx 0.5 \text{ Nm}^3/\text{min}$ 式中 W_s : 送粉速度 kg/min , μ : 粉气比, r_A : 氩气重度 kg/Nm^3 。

2.3 输料管内径 D

D 值决定气流输送速度和输送稳定性,可按下式计算: $D = \sqrt{\frac{4Q_{A\text{始}}}{60\pi U_a}} \approx 13 (\text{mm})$, 其中

$Q_{A\text{始}}$: 管道始端流量

2.4 压力损失及粉末分配器料罐的充气压力

压力损失一般由双相流的压损 $\Delta P_{\text{双}}$ 、喷射器的压损 $\Delta P_{\text{喷}}$ 加速压损 $\Delta P_{\text{加}}$ 三部分组成:

$$\Delta P_{\text{双}} = P_0 \sqrt{1 + \beta \mu \frac{L_{\text{当}} U_a^2}{D}} \pm r_A \mu L_{\text{斜}} \sin \theta \approx 41.3 (\text{N}/\text{cm}^2)$$

式中 P_0 ——输料管终端的绝对压力, β ——经验系数 $\beta = 1.4 \times 10^{-7}$, θ ——倾斜管与水平线夹角, $\pm$ ——物料向上取+, 向下取-, $L_{\text{当}}$ ——当量长度, $L_{\text{斜}}$ ——倾斜长度。

$$\Delta P_{\text{喷}} = C' P_0 = 5.5 (\text{N}/\text{cm}^2)$$

式中 C' ——喷射器结构系统 $C' = 0.2$, P_0 ——输料管终端绝对压力,

$$\Delta P_{\text{加}} = 0.06 \times U a^2 (1 + 0.72 \mu s) \text{mmH}_2\text{O} \approx 9.8 (\text{N/cm}^2)$$

$$\text{粉末分配器充气压力 } P_{\text{罐}} = [(\Delta P_{\text{双}} + \Delta P_{\text{喷}} + \Delta P_{\text{加}}) - 1] + 0.8 \approx 54.6 (\text{N/cm}^2)$$

式中 0.8——钢水反压, $P_{\text{罐}}$ ——指表压

2.5 粉末分配器料罐主要参数的选定

$$\text{标准封头、圆筒、罐筒的壁厚}(S) S = \frac{P D_i}{2 [\sigma] \phi - 0.5P} + C \approx 5 (\text{mm})$$

式中: P ——设计压力, D_i ——封头内径, $[\sigma]$ ——材料许用压力, ϕ ——焊接系数, C ——壁厚附加量。

锥筒倾角 $\theta \leq 65^\circ - \phi_w$ 式中: ϕ_w ——粉剂对壁面的动摩擦角

三、设备特点及喷吹工艺

设备热态验证与设计数据基本接近

比较项目	粉末分配器工作压力 N/cm^2	耗气量 Nm^3/min	粉气比	送粉速度 Kg/min	输料管始端气流输送速度 m/s	输料管终端气流输送速度 m/s
设计值	54.6	0.47—0.5	12—19	10—15	24	40
实测值	39.2—54.9	0.38—0.45	10—18	9—15	20	32
国内	—	—	—	—	18	12.2(粉流)
国外	—	—	20—40 Kg/Nm^3 送粉浓度	—	—	15(粉流) 58(粉流)

四、试验结果分析

4.1 温降 一般出钢浇注的钢包温降平均为 $5.66^\circ\text{C}/\text{min}$ 试验中增加处理时间则温降平均为 $6.63^\circ\text{C}/\text{min}$ 。但喷粉处理使钢水流动性改善, 故并不明显影响浇注进行。

4.2 脱硫 喷吹硅钙量 $1 \sim 2.5 \text{kg/t}$ 时, 脱硫率最高79%, 含硫量最低为0.0015%。

4.3 夹杂 采用喷吹工艺后16MnR及50CrVA成品钢材的夹杂评级有明显改善。

4.4 钢材的机械性能 16MnR低温 $U-a$ (横向)为 163J/cm^2 , 提高一倍以上。

4.5 氧、氢、氮 喷粉后脱氧率平均为32.1%, 增氮率平均25.9%, 有轻微增氢现象。

五、经济分析

5.1 工厂电炉钢包喷粉站总的投资相当于进口同类设备的 $1/3 \sim 1/2$ 。

5.2 采用本工艺, 成本稍有增加。但提高低温冲击性能, 可以节约正火费用30元/t, 一般二年后即可收回全部投资。喷粉处理后的50CrVA钢可与电渣重熔成品钢材媲美。

5.3 本工艺可缩短电炉白渣时间, 提高生产率。

参考文献 略

采用钢包喷粉工艺生产超低硫钢的研究

林敏忠

钢包喷粉,是获得超低硫钢的有效方法。我所与上海重型机器厂协作,建立一套钢包喷粉装置,共同开展钢包喷粉生产超低硫钢的试验研究工作。

一、试验方法

为了取得良好的冶金效果,要求放钢时,钢包内渣量占钢水重量的2%左右,炉渣碱度(CaO/SiO_2)大于3,放钢至开浇期间包底吹氩搅拌。

在喷粉过程中,每隔30秒取样,经锻造后进行化学成份、气体、金相夹杂评级,电解夹杂等分析。

二、试验结果

2.1 钢水的脱硫和脱氧 由图1可见,钢中平均硫含量从喷前 $\bar{S}_0 = 62\text{ppm}$ 下降到喷后 $\bar{S}_e = 15.34\text{ppm}$ 。喷后硫最低值为6.7ppm,最高值为20ppm,平均脱硫率 $\eta_s = 70\%$ 。

下表所示总氧含量从喷前 $\Sigma[\text{O}]_0 = 44\text{ppm}$ 降到喷后 $\Sigma[\text{O}]_e = 18.3\text{ppm}$,喷后最高值为28ppm,最低值为10ppm,平均脱氧率 $\bar{\eta}_0 = 58.4\%$ 。试验表明:通过钢包喷粉,钢中硫含量,总氧含量都有大幅度下降。

喷前喷后钢中 $\Sigma[\text{O}]$ 的变化

炉号	钢种	喷粉量	喷前 $\Sigma[\text{O}]_{\text{ppm}}$	喷后 $\Sigma[\text{O}]_{\text{ppm}}$	脱氧率 η_0
B495	45	1.63	43	16	62.7
B507	45	1.52	41	10	75.5
B510	20Mn	1.67	51	28	45
B511	45	1.98	41	19	53.6
B514	45	2.94	58	12	53.7

2.2 氮、氢和夹杂物的变化 钢包喷粉过程中氮、氢的增加,倍受关注。控制适宜的喷吹,可以少增甚至不增氮。氢的增加则在 $1.1\text{cm}^3/100\text{g}$ 左右(图2)。串状氧化物、分散状氧化物、硫化物夹杂金相分析表明喷吹后不久,Ⅱ类硫化物夹杂已经消失;喷吹结束后,分散状氧化物夹杂Ⅰ级(ASTM标准),串状氧化物夹杂评级也很低。

三、结论

3.1 本试验由于充分发挥了颗粒—钢液瞬间接触反应的优势,因而钢中的硫始终稳定在

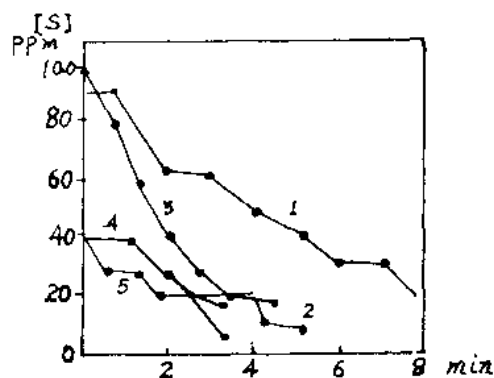


图1 喷吹过程中钢中硫含量的降低
1—B514炉 2—B511炉 3—B301炉
4—B415炉 5—B510炉

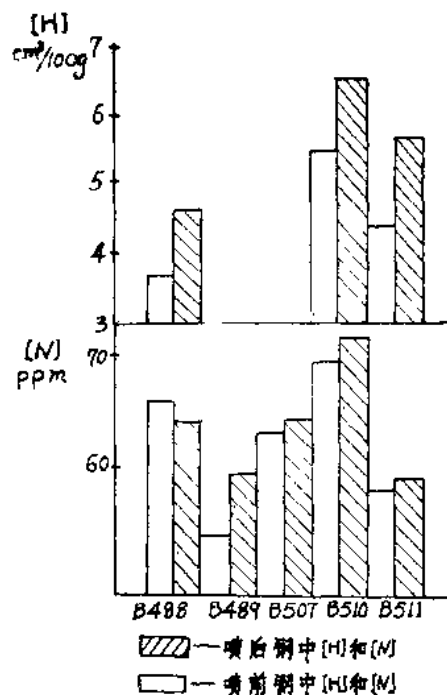


图2 喷后钢中[H][N]的增加

一个很低的水平。

3.2 采用钢包喷粉已经取得 $[S] + \Sigma[O] \leq 20\text{ppm}$ 的高质量钢。

3.3 钢包喷吹硅钙粉后，钢中Ⅱ类硫化物夹杂消失，串状氧化物和分散状氧化物夹杂评级也有所降低。

参考文献 略

本试验由陈迪、朱文龙、张静晖、管忆龙、叶汉良、陆兆林、张永符、周强忠、陈翔龙、刘玉丰以及上重厂蒋梦龙、吴小蕾、康贤胜等同志完成。

原文发表于“特殊钢”1984年增刊

小型钢包应用喷粉工艺处理低合金钢的实践

卫乾祥 戴煥梁

应用小型钢包对16MnR、50CrVA、40Si2MnV等14种低合金钢约170炉进行喷粉处理,取得良好的效果,本文就钢的质量改善讨论其工艺及影响因素。

一、喷粉设备和工艺

1.1 喷粉处理站 由分配器、顺序控制装置和附属的粉末回收仓、除尘系统等组成。

1.2 电炉熔炼工艺的要点 扒除氧化渣后熔池中插Al1.5kg/t钢,还原渣碱度大于3,终脱氧Al须保证钢中[Al]达0.03~0.05%,考虑喷粉带入的Si含量,出钢温度控制在中、上限。

1.3 喷粉工艺 喷枪插入钢液约0.9~1.25m,喷入CaSi粉量为1.0~2.5kg/t钢,喷入速度为9~12kg/min,Ar耗量为0.38~0.45Nm³/min,喷粉结束后吹Ar搅拌0.5min。

二、喷粉处理的某些影响因素

2.1 喷粉处理的温度损失 小型钢包的温损较大,但如喷粉时间适当,钢包烘烤良好,出钢温度控制于中上限即能满足需要。喷粉处理3~5min,钢液温损一般增加20℃左右。

2.2 喷溅的控制 喷CaSi处理可引起程度不等的喷溅,为减少钢液温损和增氮量,提高处理效果,应尽量减少喷溅。搅拌能根据 $W \propto W_s/22.4\mu$,可见,适当降低喷粉速度 W_s ,提高粉气比 μ ,能有效降低气体搅伴能 W ,同时降低 W_s 以使Ca蒸汽相应减少;操作中注意气体、粉料的稳定输送和避免喷枪剧烈晃动,均对减少喷溅有益。

2.3 脱氧和脱硫效果 喷粉处理后,钢中总氧通常可降至0.0060%以下,Al也有所降低。喷粉处理可有效地脱S,获得超低S钢。

2.4 夹杂物的去除和变性 经喷吹1.5kg/t钢CaSi粉后,发现钢中硫化物夹杂变性为球状夹杂。检测表明,夹杂物的形状系数达到了 $L/W \leq 1.79$ 的要求。同时,夹杂物总量也大幅度减少至0.0048%,仅不喷粉的80%左右。

2.5 增氢和增氮 喷吹操作中引起钢液裸露于大气中,而造成吸氢吸氮,但强烈的气体搅动和气泡上升作用,又可去氢,因此,总的增氢极少,约增0.37ppm。气体搅伴并不具备有效的去氮作用,而且喷粉处理使钢中活性元素氧、硫大量去除,使吸氮作用更趋增大。

2.6 钙的利用率高 说明钙的收得率并不完全取决于钢包大小和喷吹深度。

三、喷粉处理对钢性能的改善

喷粉处理后的低合金钢,机械性能都有较好的改善。如16MnR容器钢板材的冲击韧性值(指横向),获得大幅度提高。又如50CrV弹簧钢,电介夹杂总量大为降低,冷轧薄板的质量已达EF+ESR工艺生产的水平。

原文发表于《沈阳喷射冶金技术会议论文集》,1984,9

30吨转炉钢包喷粉试验

陈大慈 毛荣敏 王济海

一、前言

上钢一厂三转炉车间生产船板钢、电焊条钢、其他低合金钢时,由于转炉冶炼脱硫能力差,影响船板钢等炼成率的提高及连铸坯表面缺陷的降低。因而我们与该厂钢研所和转炉车间共同进行了转炉钢的喷粉工艺研究和钢的性能研究,并为该厂30吨转炉研制了一套钢包喷射冶金装备。试验结果表明,喷粉处理能有效改善转炉钢性能,并有利于连铸生产。

二、试验内容与结果

2.1 喷粉前冶金条件与工艺措施 喷粉试验共进行了48炉,计船板钢9炉,普碳钢34炉,10MnNb5炉,为获得良好的喷粉(CaSi粉)处理效果,钢、渣在喷吹前应达到的冶金条件和实际情况见表1。

表1

项 目	放钢温度 ℃	喷前温度 ℃	覆盖渣碱度 R	渣中 $\Sigma(\text{FeO} + \text{MnO})$ %	钢中氧的活度 [a _o]ppm	钢中残[Al] %
冶金条件	1680—1700	>1620	>3	≤5	≤60	>0.03
实际水平	1660—1743	1585—1670	2.28—5.1	1.45—25.07	60—181	0.01—0.06

为达到上述的冶金条件,在冶炼和出钢工艺上采取了以下措施:首先应用挡渣球进行挡渣出钢,钢包中另加入由石灰、萤石(85%和15%)和少量Al粉的覆盖渣,以确保炉渣碱度和低的 $\Sigma(\text{FeO} + \text{MnO})$;其次是强化脱氧,每炉向钢包内加120kgFe—Al(含Al约20%)或者再添加6~15kg石油焦(含C99%),但钢中[a_o]还较难达60ppm以下。

2.2 喷粉设备及喷粉工艺参数 喷粉设备主要是料仓的容量为0.15m³的粉料分配器和倾覆式包盖,可旋转、升降的喷枪,以及可进行称量、调节气体流量、压力,调节操纵机械动作的控制系统(表2)。

表2

CaSi喷粉入量 Kg/t钢	喷粉速度 Kg/min	Ar气耗量 Nm ³ /min	分配器工作 压力MPa	粉气比 μ	喷粉时间 min	喷枪插入 溶液深度mm
0.8—2.6	16.1—22.2	0.56—0.93	0.44—0.54	10.7—21.4	1'31"—4'16"	1400—1850

2.3 喷粉的冶金效果 喷CaSi粉处理的钢,冶金质量有不同程度的提高。对钢质量关系较大的脱氧、脱硫和去除夹杂情况列于表3。夹杂物形态控制效果随CaSi喷入量增加而得到改善,出现较多的球状钙铝酸盐夹杂。

喷粉处理对钢脱氧、脱硫和去除夹杂的效果

表3

钢中 $[a_o]$ %			喷入不同Ca-Si量的脱S率 %			电解夹杂总量 %		
喷前	喷后	脱氧率	<1.0Kg/t钢	≤1.5Kg/t钢	>1.5Kg/t钢	喷前	喷后	去除率
0.013	0.01	29.6	28.2	31.1	41.6	0.0185	0.0082	55.7
0.0145	0.0095							

2.4 机械性能的改善 对16mm厚钢板的检验表明, 钢的各向异性获得明显改善。无论 σ_s 、 σ_b 还是 δ 值, 纵横比都在0.91以上。钢的低温冲击韧性(a_k —V型试样)随CaSi喷入量的增加而显著提高(见表4)

 喷入不同CaSi量的低温 a_k (V型试样)

表4

温 度 ℃	低 温 a_k		
	1.0kg/t钢 CaSi	1.5kg/t钢 CaSi	2.0kg/t 钢CaSi
-20	94	89	110
-40	18.6	26	66.6

一、结束语

钢包喷钙处理是简单有效的钢液炉外精炼技术。对于转炉冶炼合金钢、特种钢更有特殊的意义。但要获得良好的处理效果, 钢液必须先经良好脱氧, 覆盖渣中 $\Sigma(\text{FeO})$ 必须低于3%。在本试验中, 由于挡渣问题以及钢包中前炉钢的残渣量大而又不能有效清理, 再加上大生产条件下无法实施一些工艺措施, 因此喷粉处理的效果尚不够理想。

参考文献 略