

貴鋼科技

93年科技論文集

1993

貴陽鋼廠

前 言

一九九三年,贵钢在加强质量管理,推进技术进步,开发新工艺、新技术、新设备、新产品、实施技术措施项目方面做了大量的、有成效的工作,以炼钢电炉——精炼炉、双联工艺和锻钢电液锤新工艺装备为代表的一批技术进步项目的开发成功,为工厂节能降耗,降低成本,增加效益,起到了十分重要的作用。贵阳钢厂在九三年的工作中又一次验证了“科学技术是生产力,而且是第一生产力”。

我厂广大科技人员和全厂职工一道,在各自的岗位上辛勤劳作,用自己的基础理论知识和专业技术知识,在日常技术管理、质量管理、设备管理及各方面管理中,在科技开发研究攻关中,作出了积极的贡献。我们将一九九三年收集的部份论文汇编成册。从一个侧面反映了我厂一九九三科技进步情况。

令人宽慰的是本论文集的作者中,有相当一部份是名不径传的年轻科技人员,他们大多数工作在生产第一线,他们坚持科技面向生产的发展,生产发展依靠科学技术,勤勤恳垦地工作,兢兢业业写论文,有些还写出了质量较高的论文。让人们感到新一代的贵钢科技人员正在茁壮成长。

编纂全厂性年度科技论文集,对我们来说还是第一次,由于编者水平有限,错误在所难免,本论文集出版后,敬望各界同仁批评指正。以便把今后每年一期的《贵钢科技》办的更好。

《贵钢科技》93年论文集编辑部

1994年 2月

目 录

炼钢

- LFV-30型钢包精炼炉运行报告-----炼钢分厂 吴 坚(01)
我厂20tEAF-30tLF“双联”工艺开发-----技术处 王 彬等(08)
双联工艺冶炼齿轮钢20CrMnTi-----炼钢分厂 郭蜀伟(15)
复合脱硫渣在“双联”工艺中的应用-----炼钢分厂 杨 海(21)
复合保护渣在我厂的使用效果-----炼钢分厂 余 凯(25)
700Kg锭型生产轴承钢在我厂的应用-----技术处 侯羽卒(30)

轧钢

- 横列式轧机轧材弯头解决途径-----技术处 程晋阳(35)
优化初轧工艺提高半连轧机生产效率-----三轧分厂 丁 炼(43)
12CrMo薄壁无缝管开发-----钢管分厂 薛文涛等(51)
燃烧粉液体出渣加热炉炉底改造-----二轧分厂 王世良(57)

热处理

- 贵钢电加热辊底式连续退火炉的生产使用情况-----技术处 刘德荃(62)

标准

- 试论企业标准工作如何适应市场经济的发展-----技术处 韩 阳(77)
《凿岩用锥形连接中空钢六角形钎杆》标准评述-----技术处 杜简丽(82)

检测

- 钢样分析在线管理C+CATV系统-----炼钢分厂 李锦光(85)

铸造

- 湿法喷淋式除尘器在铸造车间冲天炉上的应用-----配件分厂 佟 谦(90)

新材料

- 高级镜面塑料模具钢阶段总结-----特钢所 张宝川等(95)

计算机

- 电加热辊底连续退火炉微机集散型炉温控制系统-----计算中心 杨贵龙(100)

机械

- 油压无键联接技术在我厂的应用-----三轧分厂 梁锦沛(108)
试论气源压力对250吨热剪机剪刀开口度的影响-----二轧分厂 胡皓波(114)
用脉冲电刷镀修复 Φ 400轧机人字齿轮轴的可行性-----配件分厂 黄国雄(119)
环氧树脂砂浆浇灌基础螺栓工艺的一些经验-----冷拔分厂 王树梁(123)

Φ 500轧机十字轴式万向联轴器强度校核及改造设想——三轧分厂 汤继雄(127)

电器

内部过电压对电炉变压器的影响及防治措施的探讨——炼钢分厂 严毅(132)

Φ 340 连轧机组电控性能改进——三轧分厂 陈肯(136)

变压器内部故障检测和实例分析——动力分厂 唐落谦(144)

可移式电磁定尺挡板设计安装及使用——一轧分厂 李西伟(149)

文摘

Mg-C, Al-Mg-C砖在精炼钢包中的应用——陈耿(55)

论 6号炉蓄能器对液压系统的影响及改造——王勇义(07)

炼钢 6号炉下料槽的设计及应用——袁卫东(14)

解决45Mn₂小规格轧材脱碳层不合格的途径——付家全(151)

交流变频调速器在Φ 1500mm热锯机上的应用——王强(151)

加热炉横炉筋管断面结构改进及其翻面使用
是降低消耗的有效途径——王世良(151)

谈我厂Φ 300轧机轧材头部急弯消除的设备改造——石尚民(61)

平立式连轧机的工艺消化和连轧转速的计算公式——高兴勇(89)

三轧分厂加热炉出钢机改造——王云理(81)

试论“CD₂5-30D”型电动葫芦高横梁的改型及设计方案——王重新(152)

1"、2"升降台地脚螺栓改进措施——姚方坤(122)

速度继电器安装方式的改进——文俐周(152)

一个容易混淆的问题——文俐周(153)

冲天炉鼓风机的噪音治理——文俐周(94)

分析P、S对钢锭模裂纹的影响——全世红(148)

型砂膨胀对厚壁铸件型腔尺寸的影响——全世红(126)

石墨涂料的改进探索——李朝辉(135)

铸造车间60m³和90m³烘窑平车的改进——潘子荣(148)

提高涡流探伤探头信噪比试验——付光祥(152)

混号钢的产生及预防措施——李丽南(153)

截流过电压对高压元件及电炉变压器损害的探讨
及炼钢2#炉变压器为什么会失火——彭永福(153)

提高钢包炉的钢液精炼处理效率——叶径文译(154)

LFV-30型钢包精炼炉运行报告

吴 坚
炼钢分厂

摘 要

本文介绍了贵阳钢厂的LFV-30型钢包精炼炉的设备情况、设备运行参数、生产高标准要求(如轴承钢)和一般要求钢种的冶炼工艺,并介绍轴承钢能满足YJZ-84标准的质量指标。用实例说明了该精炼炉选型正确、设计合理,设备能力能满足轴承钢、钎钢等各种要求的钢种的需求。

关键词: 钢包精炼炉 炉外精炼

1. 前言

贵阳钢厂 LFV-30 型钢包精炼炉是我国自行设计、制造、安装的多功能炉外精炼设备。总占地498平方米,设备总重量190吨。这台精炼炉参考了ASEA-SKF、HB-40、LF的特点,结合我厂实际情况设计而成,为我国炉外精炼又增添了一台装备。

贵阳钢厂LFV-30型钢包精炼炉(以下简称精炼炉)是上钢五厂设计,贵阳钢厂安装,上钢五厂调试的。这台精炼炉采用了吊装,加热、脱气三工位的钢包车移动式操作,具有常压电弧加热、真空脱气、吹氩搅拌等功能(预留了吹氧脱碳、喷粉功能)。

自1992年元月冷态调试以来,已经历了热调试、试生产,正常生产三个阶段,到1992年12月止,总运行时间为12个月,冶炼22个钢种,共456炉,产量达12344.480吨,产品合格率达100%。据92年10-12月统计,精炼炉平均月产量2462.22吨,平均冶炼炉数为89炉/月。运行表明:精炼炉设备运行参数均能满足冶炼滚珠轴承钢、钎钢、合金结构钢等钢种的要求,具有操作灵活、方便的特点。

LFV-30型钢包精炼炉与一台CB-20电炉匹配以来,已显示出以下优点:

- (1)脱气性能好,工作真空度 $\leq 67\text{Pa}$,脱气效果十分明显;
- (2)加热性能好,平均升温速度 $3.66^\circ\text{C}/\text{min}$;
- (3)经精炼处理后,产品内在质量好;
- (4)投资少,见效快;
- (5)产品合格率高,按YJZ-84标准生产的GCr15,检验合格率为100%;

(6)设备运行可靠, 维护简便。

2. 设备

贵钢厂LFV-30型钢包精炼炉设备运行参数见表一。

从表一可以看出, 精炼炉设备运行参数达到设计指标, 证明精炼炉设计合理, 制造安装质量合格。

表一 LFV-30型精炼炉设备运行参数

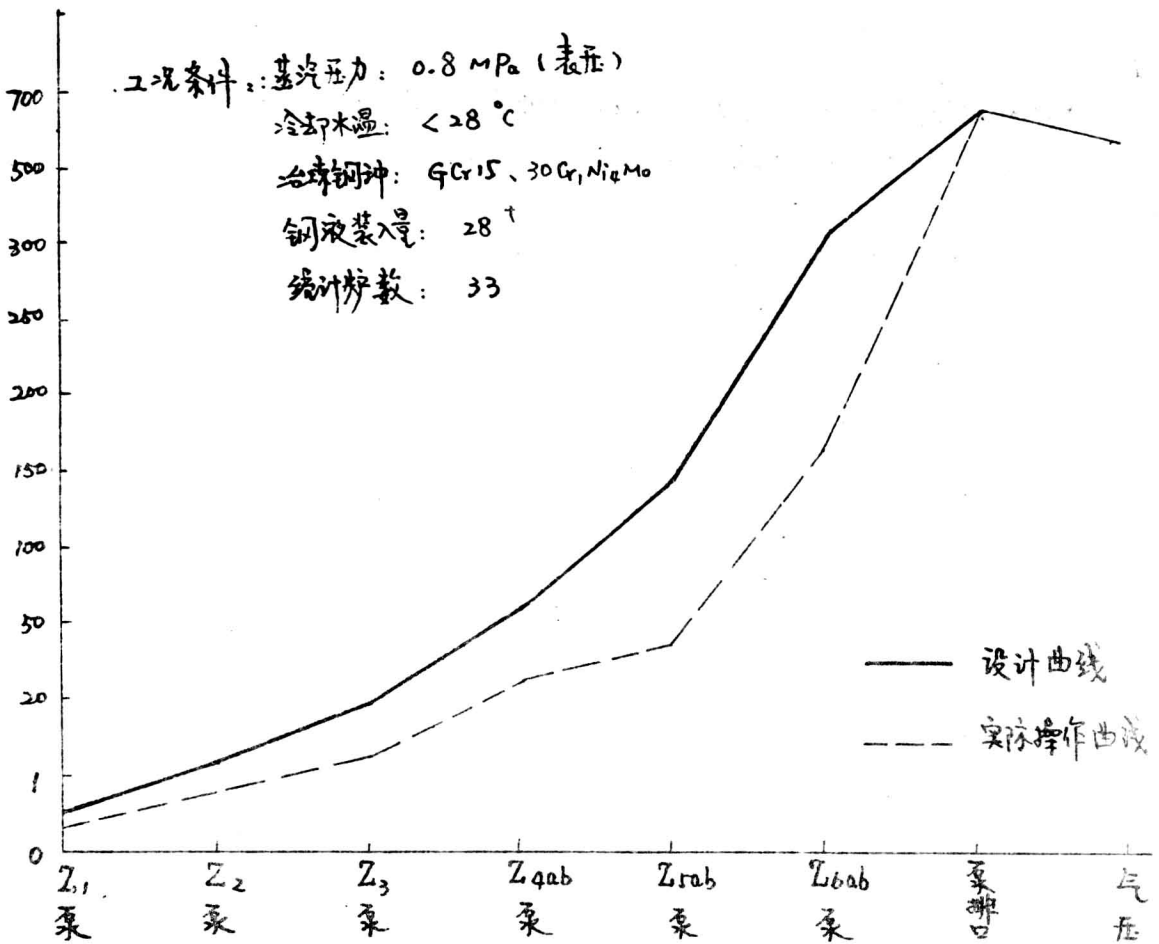
项 目	单 位	设计参数	实际参数
处理能力	吨钢/炉	25-30	25-32
电极升降速度	上升 m/min 下降 m/min	≥ 4 ≥ 3	2-4 1-2
钢包车液压系统压力 液压系统流量 行走速度 液压系统介质	MPa L/min m/min	12 100 2-12 20" 机油	12 ≤ 100 8 20" 机油
主体部分液压系统 液压系统流量 液压系统介质	MPa L/min	4.5-5.5 63 120B乳化油	4.0-5.5 > 60 120B乳化油
真空系统工作真空度 抽气能力67Pa 抽气能力7998Pa 预抽时间 喷射泵冷却水温度 喷射泵冷却水压力 喷射泵冷却水耗量 喷射泵蒸汽压力 喷射泵蒸汽温度 喷射泵汽耗量	Pa Kg/h Kg/h min ℃ MPa t/h MPa ℃ t/h	≤ 67 200 1300 ≤ 5 ≤ 32 0.3 1120 > 0.8 > 175 ≤ 9	≤ 67 > 200 > 1300 ≤ 5 ≤ 28 0.2 0.62-1.16 165-190 > 9
氩气压力 氩气耗量	MPa M ³ /炉	0.2-0.4 3-6	0.15-0.50 2-6

2.1 真空系统

现代炉外精炼工艺主要手段为真空脱气, 真空系统则是钢包精炼炉的核心。LFV-30型钢包精炼炉由高位倾斜式蒸汽喷射泵、真空管道、真空炉盖、钢包、电气控制系统、真空测量系统、冷却水供应系统等部份组成。

蒸汽喷射泵是精炼炉实现真空的关键设备, 它由九级变量水蒸汽喷射泵组成。选用200Kg/h的蒸汽喷射泵, 通过调试实测数据和真空泵特性曲线对比(见图一)可知, 真空系统的主泵与辅泵性能, 远远超过设计性能, 主、辅泵在设计真空度下, 抽气量分别大于200Kg/h和1300Kg/h。蒸汽喷射泵的设计余量较大。

真空系统气压 (mmHg)



图一 真空系统抽气曲线对照图

蒸汽喷射泵以水蒸汽作为能源工作介质。以冷却水为节能介质，蒸汽和水的温度、压力、耗能直接关系到真空系统的工况。我厂精炼炉配有2台 SHL10-13/350-A型过热蒸汽锅炉供气，确保了蒸汽喷射泵的稳定运行，蒸喷射泵正常运行的蒸汽压力、温度参数见表二。

蒸汽喷射泵冷凝器的水压、水温直接影响抽气性能，根据上钢五厂的经验，水温 > 32°C 将严重影响喷射泵的抽气性能，根据我厂运行情况，水温均 < 28°C，未出现 > 32°C 的情况，冷却水能满足真空的需求。

真空系统的控制根据钢包内炉况现场手动。真空检测采用北京真空仪表厂生产的数

表二 蒸汽喷射泵正常运行参数控制范围

名称	蒸汽压力 MPa	蒸汽温度 °C
6a6b	0.82-1.16	165-190
5a5a	0.76-1.05	
4b4b	0.69-1.00	
3	0.70-1.03	
2	0.69-1.03	
1	0.62-0.98	
设计值	> 0.8	> 175

宇真空仪。

根据实践表明真空系统设计是合理的设备加工质量、施工安装质量是好的。因此蒸汽、水供应稳定,真空系统性能稳定,抽气量较大,真空度较高。

2.2加热装置

LFV-30型钢包精炼炉加热装置与普通电弧炉相似。精炼炉选用变压器5000KVA,电极直径 Φ 300mm,电流密度21.22A/cm²,采用电极向心倾斜升降装置,其倾斜角为1°-2.5°,炉盖上电极中心圆直径 Φ 689mm,经倾斜后,钢液面上的电极中心圆直径为 Φ 630mm,电极到包壁实测距离在460mm-510mm之间,变压器二次电压为210.5-170V共五级,常用电压为188V,最大电流为15000A。

当钢液初加热10分钟,由于钢包耐火材料、加热炉盖吸热,钢液基本上不升温;加热10分钟后,特别是真空脱气后,由于耐火材料接触钢液时间较长,热量吸足,接近热平衡状态,此时加热升温速度较快。加热情况见表三。

表三 加热工位钢液升温速度

名称	单位	平均升温速度	统计炉数
设计值	℃/min	1.5-2.0	
送电后0-10分钟	℃/min	0.17	59
10分钟以后 (真空脱气后)	℃/min	3.66	97

实际运行表明,精炼炉加热装置,电极调节简便,反应迅速,惯性较小,升温速度较快,运行稳定、可靠。

2.3吹氩搅拌

钢液的吹氩搅拌选用 Φ 40×45.2×40mm³的透气砖,安装在滑动水口的下滑板上,离钢包中心450mm,供氩压力0.15-0.55MPa,流量控制在50-130NL/min,搅拌能约为50-80W/t具有均匀钢液温度、化学成份的能力,钢包底部没有凝钢现象。

2.4液压系统

精炼炉液压系统由炉子主体部份和钢包车部份两个单独的系统组成。主体部份采用以高水基液压油(5%120B乳化液+95%的水)为介质的二通式插装阀集成控制系统。控制三相电极升降,电极松、紧,加热炉盖、真空炉盖的升降,以及真空系统V1阀启闭机构的运行,工作压力4.5-5MPa。

钢包车液压系统,采用滑阀式滑压元件控制,以20"机油为介质,工作压力为12MPa,流量为100L/min具有控制钢包车行走、定位的功能。

两套液压系统性能可靠,工作稳定,基本上能满足精炼炉的要求。

3. 工艺

根据我厂情况，借鉴上钢五厂经验，初炼炉、精炼炉工艺如下：

3.1 高标准钢种冶炼工艺

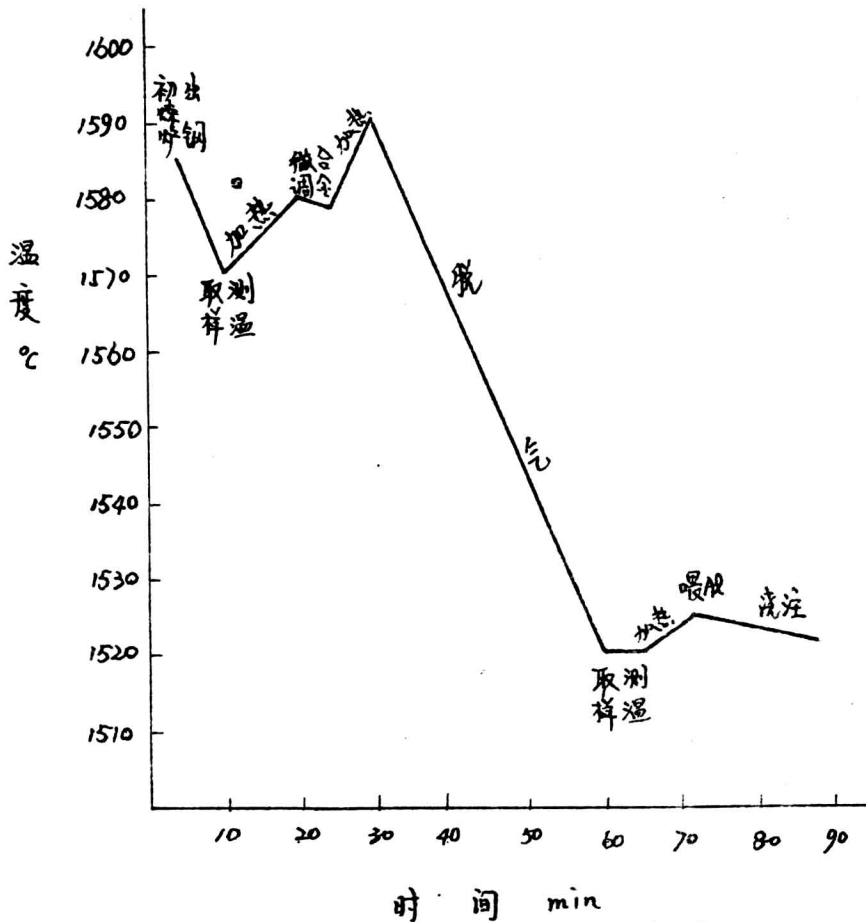
初炼炉工艺：

补炉→进料→送电→吹氧助熔→取样→控碳去磷→测温取样→扒渣→加渣料、合金→测温→出钢。

精炼炉工艺：

钢包入座→取样测温→加热→微调成份→脱气($\leq Pa$ 、保持15分钟)→取样→测温→加热→测温→喂铝线→浇注。

精炼炉轴承钢典型工艺见图二。



图二 精炼炉轴承钢典型操作工艺示意图

3.2 一般标准钢种冶炼工艺：

初炼炉工艺:

补炉→进料→吹氧助熔→取样分析→控碳去磷→取样分析→测温→扒渣(或部分扒渣)→出钢(包中加渣料、合金)

精炼炉工艺:

钢包入座→取样、测温→加热→微调合金→加热→取样→测温→浇注。

4. 质量

钢包精炼炉的使用,明显提高了产品的质量,钢液的清洁度,成份的均匀性,各类夹杂物含量减少,特别是真空冶炼显著的提高了产品的质量。

4.1 滚珠轴承钢的气体含量

精炼炉冶炼YJZ-84标准生产的轴承钢,随意抽一炉送机电部洛阳轴承研究所检验,送检钢材氧含量为14PPm,氮含量为64PPm,“从全国同类型真空脱气轴承钢氧含量来看(贵阳钢厂)处于国内较好水平”(引号内内容为机电部洛阳轴承研究所检验结论,下同)。

4.2 非金属夹杂物和碳化物评定

送洛阳轴承研究所检验的轴承钢钢材中的“非金属夹杂物、碳化物液析、碳化物网状和碳化物带状均符合YJZ-84标准要求。其供试钢材的退火组织,碳化物颗粒大小,非金属夹杂物的含量分布处于国内中等水平”。具体数据见表四。

表四 真空处理GCr15轴承钢非金属夹杂物检验表

氧化物	硫化物	点状	液析	碳化物网状	碳化物带状
1.5	0.5	0	0	1.5	1.5
1.5	1	0	0	1	1.5
1	1.5	0	0	1.5	1

4.3 接触疲劳寿命试验

送洛阳轴承研究所试验的接触疲劳寿命 $L_{10}=4.5595 \times 10^6$ 次,“从疲劳寿命试验结果来看,该厂采用LF法生产的真空脱气轴承钢处于全国同类型真空脱气钢的中等水平”。

4.4 真空处理GCr15轴承钢常规检验

统计真空处理GCr15轴承钢低倍检验情况见表五。

我厂生产的真空处理GCr15轴承钢低倍检验结果均符合YJZ-84标准要求。

5. 结论

LFV-30型钢包精炼炉经过一年的运行,证明精炼炉选型正确,布置紧凑,设计是合理的,制造和安装质量是好的,设备的各项性能均能满足轴承钢、合结钢、钎钢,以及

论6"炉蓄能器对液压系统的影响及改造

王勇义
炼钢分厂

本文论述在电炉液压系统中，蓄能器是个十分关键的设备，它能否可靠而稳定地把液压能提供给控制元件和执行元件是保证液压系统正常运行的必要条件。本文就6"炉液压系统在设计造型方面存在的包括蓄能器造型偏小的5项缺陷进行了彻底的改造后，大大改善了液系统的运行状况，收到了良好的经济效益。

表五 真空处理GCr15轴承钢低倍检验情况

级别 级别分布 检验项目		YJZ-84标准	试样数	平均级别
低 倍	一般疏松	≤1.0	100	0.87
	中心疏松	≤1.0	100	0.92
	偏析	≤1.0	100	0.48

其它特殊要求钢种的需要。

LFV-30型钢包精炼炉设备运行可靠，操作灵活，维护简便。

贵阳钢厂LFV-30型钢包精炼炉能在较短时间内建成使用，并在第一年达产1,2万吨，这与上钢五厂、北京冶金液压机械厂、上海4805厂、上海港口机械厂等单位的大力支持是分不开的，在此表示衷心感谢！

20tEAF-30tLF双联工艺在贵阳钢厂的应用

王彬 吴坚
技术处 炼钢分厂

摘 要

主要分析了双联工艺特点及冶金质量的关系,对冶炼成本进行了对比分析,试验结果证明:双联工艺可行,提高了生产率,降低了冶炼成本,钢的质量符合要求,实现了EAF-LF双联工艺应用。

关键词:双联炼钢工艺 应用

电弧炉炼钢技术在不断的更新。传统的“三期”冶炼工艺由于对产品及钢产量的制约,已不能适应现代工业的发展。超高功率电弧炉、直流电弧炉、炉外精炼和连铸等技术的推广应用在国内特钢行业已形成了新的生产力〔1〕。

92年我厂30LFV钢包炉的投产给炼钢生产带来了巨大活力。为进一步提高电弧炉生产率,降低生产成本、充分利用精炼炉的加热工位,我们开发了以生产优质碳素结构钢及合金结构钢为主要品种的EAF-LF双联工艺。它的工艺主要特点是:熔氧合一、取消电弧炉还原期,LF炉脱硫脱气的同时调整合金和温度。93年利用该工艺产钢1800多炉,产量达54000多吨。主配精炼炉的6号电弧炉最高日产达12炉,钢锭量305吨。与同吨位同功率按原工艺生产的7号电弧炉相比,6号电弧炉93年全年多产钢7500多吨,吨钢冶炼电耗由630Kwh降到588Kwh,每炉冶炼时间由242分降到208分。从出钢到成品的脱硫率由原工艺的67%提高到80%,化学成份综合一次合格率比原工艺提高5.16%,吨钢工艺综合成本降低31.97元。采用双联工艺生产的各类钢种其各项技术指标均达到和超过了原“三期”工艺的水平。

1. 工艺试验

1.1. 试验条件

初炼炉公称容量20tEAF,出钢量27-30t,变压器额定容量9000KVA,炉壳直径4200mm,炉衬采用焦油镁砂砖,电极直径400mm;精炼炉公称容量30tLFV,变压器额定容量5000KVA,电极直径300mm,钢包直径2540mm,包衬采用镁碳砖。浇注锭型700Kg方锭。

1.2. 试验范围

优质碳素结构钢及合金结构钢。

1.3. 生产工艺流程

1.3.1. 原工艺

配料→EAF三期冶炼→出钢→喂线→浇注→精整入库

1.3.2. 双联工艺

配料→EAF初炼→出钢→LF精炼→喂线→浇注→精整入库

1.4. 双联工艺生产要点

1.4.1. 熔化期氧化期合并，提高炉料配碳量；熔化未提前去磷，高温沸腾脱碳；

1.4.2. 取消电弧炉还原期；

1.4.3. 电弧炉扒渣出钢同时进行包底吹氩，向包中加渣料、脱氧剂及合金；

1.4.4. LF精炼，吹氩去除钢中氧、硫，调整化学成分及温度；

1.4.5. 精炼后喂线，进一步脱氧和合金化。

2. 双联工艺的冶炼质量

2.1. 化学成份变化情况

20tEAF用单渣法取消了还原期，电弧炉内脱硫受到限制。因此主要脱硫任务都集中在出钢和精炼过程中完成。我厂废钢原料含硫高，熔清平均硫含量在0.006%以上。根据脱硫原理，在高碱度、低氧化性、强流动性、大渣量的条件下有利于钢中硫去除〔2〕。双联工艺向包中加入大量渣量是有限的，但提高包内炉渣流动性、增强炉渣对钢液的脱氧能力是可行的。渣系的质量好坏，直接影响着钢包内的脱硫效果，表一反映了不同成份的炉渣与脱硫效率的关系。试验初期I号渣型的总脱硫率仅为52%，出钢过程脱硫率

表一 炉渣与脱硫关系

渣型	成份	CaO %	SiO ₂ %	MgO %	Al ₂ O ₃ %	CaF ₂ %	块度 mm	平均脱硫率 %
I		45.30	18.20	14.88	8.47	4.80	40-150	52
II		43.03	20.20	11.39	11.96	3.21	20-60	80

不到30%。通过渣系成份及粒度的改进，II号渣型总脱硫率提高80%。根据150炉试验数据的收集，成品〔s〕全部合格，各期脱硫效果详见表二。

从表中可以看出，由于出钢后5-8分钟，包中新渣系未能形成还原性，故脱硫效率低于原工艺；但从精炼期至成品阶段脱硫率提高。总脱硫率高于原工艺，说明氩气的搅拌增加了钢渣接触面积。从化学成份一次合格率来看，双联工艺比原工艺提高了5.16%，其中碳结钢提高4.33%，合结钢提高5.97%；20CrMnTi钢的成份波动最大极差：碳由0.07%降到0.05%，钛由0.07%降到0.045%，这一步说明，双联工艺由于精炼包中钢水计量准确，从而使合金加入量准确，因此在合金控制上比原工艺有了更可靠的保证。加上长时间的

包底吹氩搅拌，不仅使钢水成份均匀稳定，而且钢液温度均匀，合金回收稳定，为元素的一次合格率打下了良好的基础。

2.2. 钢的低倍质量

双联工艺钢锭经650轧机开坯成60方、90方和130方。通过112炉按双联工艺生产的炉回和120炉按原工艺生产的炉回检测结果可知(详见表三)，双联工艺钢的低倍组织缺

表三 新老工艺低倍检验对比

项 目	双联工艺(122炉)				原工艺(120炉)			
	0.5-1.5	0.5-1.5	2-3	2-3	0.5-1.5	0.5-1.5	2-3	2-3
级 别	出现炉数	出现率	出现炉数	出现率	出现炉数	出现率	出现炉数	出现率
单 位	炉	%	炉	%	炉	%	炉	%
一般疏松	112	100.00	0	0	120	100.00	0	0
中心疏松	82	73.21	2	1.75	89	74.21	3	2.5
偏 析	75	66.96	0	0	82	68.33	0	0

陷各项评级指标比原工艺都略有降低。这说明双联工艺由于氩气的搅拌，不仅活跃了钢包中钢水，使化学成份均匀，减少了偏析的可能性，而且氩气气泡在一定程度上带走了钢中气体和夹杂，从而使浇注凝固过程中集聚于锭身中部的气体也相对降低，钢的铸态组织也就相对更加致密。

2.3. 机械性能

大家都知道，影响机械性能的各种因素较多，除了通过锻、轧等热加工热处理工艺来获得较理想的机械性能外，钢液冶炼的质量好坏也直接影响着钢材的机械性能。

从表四可以看到，通过双联工艺生产的20CrMnTi、40Cr钢，在同等外部条件下绝大部分机能情况比原工艺好。20CrMnTi钢最突出的是屈服点比原工艺高出243N/mm²，抗拉强度和断面收缩率也比原工艺微有降低，但远远大于标准值367N/mm²。从检测范围来看，双联工艺所有机能项目的最大值都高于原工艺相应指标的最大值。20CrMnTi、40Cr钢的机能综合一次检验合格率比原工艺分别高2.25%和2.0%。这说明了双联工艺生产出的钢锭内在质量优于原工艺，对20CrMnTi钢尤为明显。

2.4. 钢的气体含量

在试验过程中，我们作了大量的气体对比分析。对出钢前、精炼前分别采取了块状钢样，经锻打后再加工为6毫米的标准气体样进行分析；同时在对对应炉号的钢材上也取试样进行分析。从表五可以看到，两种工艺生产的同一钢种氧含量，从出钢到成品都有

表二 新老工艺脱硫效果对比

时间	山钢前		出钢后		精炼完		成品		全过程
	炉数	平均含量	最高 最低	下降率	平均含量	最高 最低	下降率	最高 最低	
单位	炉	%	%	%	%	%	%	%	%
双联 合格	95	0.081	0.190 0.042	53.08	0.028	0.042 0.010	26.32	0.016	42.86
双联 合格	55	0.088	0.200 0.053	52.27	0.030	0.045 0.016	28.57	0.018	40.00
原工艺 合格	40	0.065	0.125 0.048	60.10				0.021	12.50
									67.59

表四 新老工艺机械性能对比

检测	项目	标准	80/160		50/100		40Cr		GB3077-88	
			双联 平均	原 工艺	双联 平均	原 工艺	双联 平均	原 工艺	双联 平均	原 工艺
双联工艺炉数/试样数			80/160		50/100		50/100		40Cr	
原工艺炉数/试样数										
标准值										
最低-最高 平均	δ sN/mm ²	835	810-1545 1382	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	δ bN/mm ²	1080	1000-1705 1445	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	δ %	10	10-17 13	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	ψ %	45	45-85 62	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	Ak J	55	50-115 90.5	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	ψ %	45	45-85 62	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	δ %	9	13-19 16	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	Ak J	47	50-115 90.5	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	ψ %	45	45-85 62	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	δ %	9	13-19 16	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230
最低-最高 平均	Ak J	47	50-115 90.5	835-1635 1161	840-1570 1245	980-1540 1252	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230	980-1540 1230

表五 新老工艺气体分析对比

项 目	钢 种	工 艺	炉 数	出钢前		精炼前		浇注前		成 品		
				最高-最低 平均	最高-最低 平均	最高-最低 平均	最高-最低 平均	脱气率 %	最高-最低 平均	脱气率 %	最高-最低 平均	脱气率 %
CO ppm	20CrMnTi	双 联	40	168-56 96	152-42 84	12.50	115-27 60	28.57	37.50	48.33	65-26 31	67.71
	45	双 联	20	143-49 98	157-42 90	8.16	121-23 62	31.11	36.73	53.23	76-12 29	70.41
CO ppm	20CrMnTi	原工艺	20	82-14 58	91-16 46	20.69				23.91	85-22 35	39.66
	45	原工艺	20	95-20 61	105-23 55	9.84				21.82	68-18 43	29.51
	20CrMnTi	双 联	40	217-68 120	197-74 125	-4.17	183-67 115	8.00	4.17	28.70	104-45 82	31.67
	45	双 联	20	223-62 105	185-76 117	-11.43	174-58 102	12.82	2.86	23.53	99-47 78	25.71
C/D ppm	20CrMnTi	原工艺	20	183-54 88	187-72 94	-6.28				6.38	118-65 88	0.00
	45	原工艺	20	167-72 94	208-77 98	-4.26				16.33	135-65 82	12.77

不同程度的下降，但出钢过程原工艺的脱气速度比双联工艺快；而从精炼到成品阶段，双联工艺的下降幅度增大，双联工艺总脱氧率为70%以上，比原工艺高出30-40%，这说明：电弧炉炉内的还原期任务完全可以由精炼炉来完成。氮气在出钢过程都有增加的现象，但从精炼到成品双联工艺有较大幅度的降低，原工艺下降幅度较少。

总之双联工艺钢的氧、氮含量均低于原工艺，但是我厂与先进水平还有一定差距。进一步除去双联工艺钢中的气体含量，也是我们下一步工作中需要解决的问题。

3. 分析与讨论

3.1. 钢质量提高的分析

从双联工艺试验结果来看：化学成份波动范围缩小，稳定性增加，铸态组织致密，气体含量下降，脱硫效率提高。这些事实证明：双联工艺的冶炼条件优于原“三期”工艺的冶炼条件。

众所周知，对于整个精炼过程来说，总是存在着吸附、脱离、化学反应。对于高温下进行的炼钢而言，化学反应不是限制性环节，而反应物扩散至作用面和生成物脱离反应面等环节的传质速度，却起着限制性作用，在此情况下，传质速度V可以用下面公式表示：

$$V = \frac{D}{\delta} \Delta C \cdot S \quad (3)$$

式中：D：分子扩散系数；

δ ：边界层扩散厚度；

ΔC ：浓度梯度；

S：相接触面积；

由此可知，加大浓度梯度和相接触面积，减少边界层厚度，都有利于提高传质速度；此外，强烈搅动与静止状态下分子扩散系数也是有很大差别：在静止金属液中1500-1600℃扩散系数D在 10^{-4} - 10^{-5} 厘米²/秒数量级，而顶吹氧过程中，D可以达到1500-300厘米²/秒。LF底吹氩钢液的搅动不亚于顶吹氧操作，D值较大，传质速度也就较高，从而加速了精炼反应的进行。所以LF冶炼的产品质量在一定程度上有提高。

3.2. 经济效益

我厂双联工艺经过近一年的试验性生产，各项技术经济指标均有改善。双联工艺的吨钢电耗比原工艺降低42Kwh，电极消耗降低0.43Kg/t钢；电弧炉冶炼时间缩短32分钟，电弧炉炉体寿命提高9.5次；精炼钢包使用寿命高达125次以上；双联工艺较原工艺吨钢综合成降低31.97元，取得了既提高了生产质量又降低了生产成本的双向效果。93年仅双联工艺增产一项，就获税利450万元。

4. 结论