

氧气转炉炼钢顶底复合吹炼技术

(“七五”攻关资料汇编)

1986~1990

第一册

冶金部氧气转炉顶底复合吹炼技术攻关专家组
《复吹通讯》编辑部 合编

1992·北京

氧气转炉炼钢顶底复合吹炼技术

(“七五”攻关资料汇编)

1986~1990

第一册

冶金部氧气转炉顶底复合吹炼技术攻关专家组 合编
《复吹通》

1992·北京

· 222890

本文集为“七五”国家重点攻关项目“氧气转炉炼钢顶底复合吹炼技术”开发资料汇编，全集分四册，（一）氧气转炉顶底复合吹炼技术开发；（二）铁水预处理及炉外精炼技术开发；（三）氧气转炉顶底复合吹炼炼钢相关技术及理论基础研究；（四）氧气转炉顶底复合吹炼工艺、设备及设计手册。前三册文集全部资料取自鉴定和验收材料，主要收集了鞍钢、武钢、南钢、太钢等主要攻关点的攻关开发技术资料，第（四）册收编了国内外复吹工艺、设备及设计的主要参数。文集由冶金部氧气转炉顶底复合吹炼技术攻关专家组及《复吹通讯》编辑部负责编辑出版，旨在为氧气转炉顶底复合吹炼技术的进一步深化和推广提供参考资料，供有关方面参考。编辑中疏漏与错误之处请读者批评指正。

——编者

氧气转炉顶底复合吹炼技术

氧气转炉顶底复合吹炼技术开发

(1986~1990)

第一册

1992年

目 录

1. 鞍钢180吨转炉 AFC 技术开发	(1)
2. 鞍钢180吨AFC转炉单道异位双流氧枪试验研究	(13)
3. 鞍钢180吨AFC转炉底吹技术研究	(28)
4. 鞍钢180吨AFC转炉底吹系统及应用	(33)
5. AFC法用二氧化碳生产技术开发概况	(37)
6. AFC 法炼钢中蘑菇头的形成与控制	(40)
7. 鞍钢180吨 AFC 转炉吹炼工艺和冶金特性	(50)
8. 鞍钢180吨AFC转炉钢的品种质量	(61)
9. AFC 转炉底枪蚀损监测与报警技术研制和应用	(72)
10. 过程控制系统的引进与开发	(82)
11. 过程控制计算机应用软件	(92)
12. 计算机控制炼钢工艺方案研究	(103)
13. 过程控制系统的数学模型	(111)
14. 智能式数学模型的研制	(126)
15. 副枪控制与测试系统的开发与应用	(139)
16. 底吹自控技术的开发应用	(148)
17. 烟气净化与煤气回收自控技术开发研究	(156)
18. 转炉烟气净化与煤气回收微机控制	(168)
19. 称量控制系统简介	(170)

20. 转炉连铸计算机以太网连—转生产协调软件的研制.....	(171)
21. 武钢50吨复吹转炉底部供气工艺及微机自控系统 的开发与应用	(180)
22. 武钢50吨复吹转炉冶炼工艺的研究	(190)
23. 低碳和超低碳钢种复吹工艺的开发	(198)
24. 采用复吹工艺提高钢质量开发新品种	(208)
25. 镁碳质多孔定向复吹供气砖的研制	(214)
26. 转炉噪声法微机监控炉渣系统的开发与应用	(220)
27. 南钢15吨转炉复吹新工艺——操作工艺及元素行为 的分析报告	(224)
28. 南钢15吨转炉复吹新工艺成渣过程的研究	(235)
29. 复吹转炉炉渣氧化性的测定	(241)
30. 南钢15吨转炉双氧道旋转副氧流氧枪的研试	(247)

1. 鞍钢180吨转炉AFC技术开发

(鞍山钢铁公司)

1. 前言

鞍钢在实验室研究和转炉工艺试验成功的基础上,于1983年底,先后在两座150t转炉上开发并投产应用了复吹技术,但和国内其他厂家一样,基本上是底部吹入惰性气体,而且供气强度较低,转炉装备水平也较差,特别是还没有应用计算机,各种相关技术也不够完善,所以复吹效果差,当时仍处在复吹技术发展的初期阶段。

为尽快缩短与世界先进复吹技术的差距,在“七五”期间,由国家科委和冶金部主持,复吹技术专家组指导,为鞍钢1号转炉引进了日本住友金属株式会社的STB复吹技术,使鞍钢复吹技术上升到一个新阶段。鉴于鞍钢生产进一步发展的具体情况和条件,如扩大品种,适应连铸生产的需要等,为赶超世界复吹技术先进水平,开发了具有鞍钢特色的AFC复吹技术,并将实现铁水预处理—转炉复吹—炉外精炼—大板坯连铸及全过程采用计算机控制的现代化的先进炼钢工艺流程。

对此,由国家科委立项,冶金部主持,把〈氧气转炉复吹炼钢技术开发〉列为“七五”国家重点攻关项目,〈180吨转炉AFC技术开发〉专题是该项目中的组成部分。该专题由鞍山钢铁公司、东北工学院、北京科技大学、北京钢铁研究总院、鞍山钢铁学院、冶金部鞍山热能研究总院等单位共同承担了攻关任务,并出色地完成了全部攻关指标,使转炉复吹技术进入了世界先进行列。

2. AFC工艺技术开发及其特点

AFC法(鞍钢复吹法AnGang Fu Chui),其含义是结合鞍钢的原材料和装备条件,以产品特点为基础、研制出相应的复吹技术。通过鞍钢自己开发的 N_2/Ar 切换复吹技术及引进STB复吹技术的实践,发现①鞍钢生产的钢种大部分 $[C]>0.07\%$,熔池经强搅拌后生产中、高碳钢时,脱磷有些困难;②复吹法的废钢比有所下降;③由于使用 CO_2 使STB法底部供气元件侵蚀速度比较高。针对上述问题,AFC的特点是:①采用具有既能提高 CO 二次燃烧率,从而增加废钢比;又具有提前化渣功能和改进脱磷条件的单氧道异位双流氧枪;②采用以 CO_2 为主的多种气源为特点的结构特殊的底部供气元件,能达到满足复吹工艺要求的较大气量可调和寿命高的目的;③在引进的顶吹计算机动态控制的基础上,开发底部供气系统的自动检测、显示和控制系统,以保证复吹工艺的稳定性及重现性。

2.1 单氧道异位双流氧枪的研制与应用

由于复吹底部搅拌气体的作用,使转炉废钢比下降。同时,铁水预处理脱硫扒渣技术的实施,入炉铁水温度降低使化渣较难。因此,需要开发热补偿技术,以便提高废钢比,加快成渣速度。

单氧道异位双流氧枪的结构及其特点见表1、图1。

炉内二次燃烧是从副氧道喷孔出来的氧流与炉气内的 CO 相互冲撞而进行扩散燃烧,其燃烧效果的提高取决于主副流的氧量比、副流氧气喷射角度以及副流喷孔与主氧流喷孔的间

表1 主、副氧流喷管主要设计参数

参 数	主氧流喷管	副氧流喷管	注
氧流量, m ³ /h	22000	5500	总氧流量 27500
使用工作压力, MPa	0.78	0.78	
出口马赫数	1.96		
喷管中心夹角, 度	14.5	30~45	
喉口直径, mm	4× $\phi 37.9$	10× $\phi 12$	
出口直径, mm	4× $\phi 48.4$	10× $\phi 16 \sim \phi 18$	
氧流量比, %	80	20	
主、副氧喷管间距, mm	1000~1300		

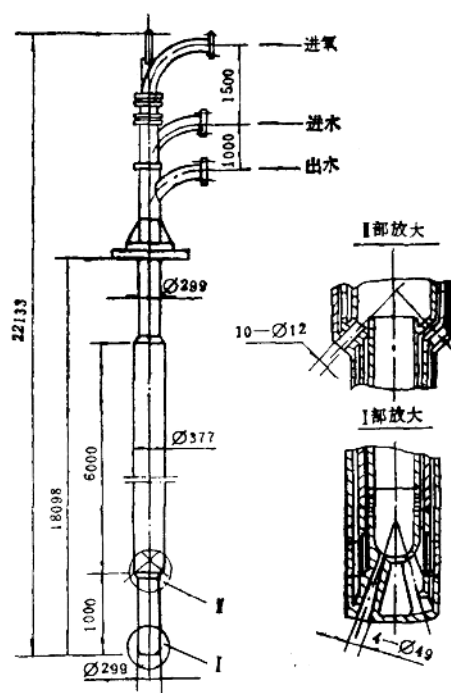


图1 单氧道异位双流氧枪简图

距。AFC法采用这种单氧道异位双流氧枪，使二次燃烧比提高11.53%，增加废钢比3.72%热补偿效果及其与国内外一些工厂的对比见表2。

由于AFC法中的单氧道异位双流氧枪主副流的作用，增大了炉气中CO二次燃烧率。从而提高炉内的温度，有利于化渣。再者，副氧流喷孔与主氧流喷孔相距为1.3m，在正常枪位下，副氧射流具有高枪位的化渣作用，增加了泡沫渣中铁的氧化，提高了吹炼过程中(FeO)含量，因而有利去除磷、硫，这就是单氧道异位双流氧枪与底吹强搅拌相互匹配（即AFC法），在激烈的脱碳期克服了过程渣中 $\Sigma(\text{FeO})$ 较低的弱点，并且产生良好的化渣效果和较高的去除磷、硫能力的原因。

2.2 底吹技术及底枪的研制

2.2.1 AFC底吹气源开发

AFC工艺采用CO₂为主，另外与N₂、O₂、Ar多种气体混合吹入方式，即N₂+CO₂、

N₂+CO₂+O₂等多种配比方案。生产实践证明，AFC工艺使用混合气体，除能较好地满足冶金行为的动力学和热力学条件外，并可大大减轻底枪的侵蚀速度，其侵蚀速度平均为0.6mm/炉的水平，比STB工艺低0.4mm/炉。钢中含氮量可有效地控制在50ppm以下。由于有利于在低碳区进行[C]—[O]反应，AFC工艺已用于生产低碳的优质深冲汽车板钢。

2.2.2 底吹喷枪开发

为了适合底吹多种气体的需要，开发了AFC工艺所用的两种形式的底吹喷嘴（图2）。其中a型结构喷嘴，中心孔采用非金属陶瓷管，通入CO₂或CO₂+O₂或Ar的混合气体；环缝通入CO₂或N₂或Ar；外围环形管束通入N₂或Ar。可减轻套管喷嘴的气体“后坐”，以减少喷嘴周围耐火材料的蚀损。该喷嘴，可增加O₂的混合比值。特别是通入大气量混合气体，更有力地促进低碳区的[C]—[O]反应，是一种适合冶炼低碳钢的底吹喷嘴。而b型结构喷

表2 一些工厂热补偿情况

厂 家	复吹形式	CO平均 降低, %	二次燃烧 率平均 提高, %	废钢比 提高, % (kg/t)	热吸收 率, %	枪形结构	供氧系统	资料来源
鞍 钢	180 t AFC	13.25	11.53	3.72 (42.5)	65.6	单流道异位 双流氧枪	同一供氧 管道	
攀 钢	120 t	8.74		(25)		双流道共体 双流氧枪	二条主付 供氧管道	复吹技术 1990年1期
日本钢管	250 t NK—CB	10		2.6		单流异位 双流氧枪	同一条供 氧管道	铁と钢 84—S102
日本君津厂	250 t LBE		9	3	70±	双流道双 流氧枪	二条主、 付氧管道	铁と钢 1985年10期
日本川崎厂	250 t K—BOP				65	双流道双 流氧枪	二条主、 付氧管道	铁と钢 1985年10期
日本神户	240 t LD—OTB		8	3	74±	双流道异位 双流氧枪	二条主、 副氧管道	铁と钢 1985年12期

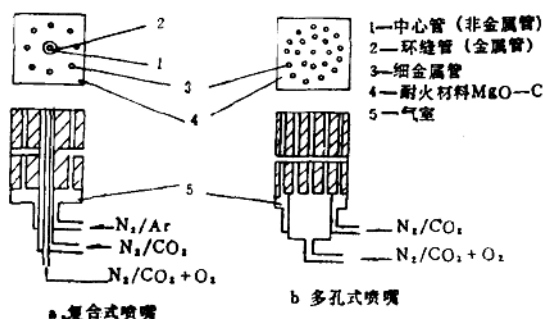


图2 AFC底吹喷嘴结构示意图

嘴具有双气室，由孔径4mm金属管组成。中心管束通入 $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ ，用 O_2 与熔池的氧化反应所放出热的多少来控制喷嘴蘑菇头的最佳形成。外围管束通入 N_2 气，以减少 CO_2 的氧化性，从而减轻 CO_2 对底枪的侵蚀，起到保护作用。此喷嘴实现了不堵塞、可调性好、气量大等作用。其耐用性好，寿命达1000炉以上，适用于生产高、中、低碳各类钢种的冶炼要求。根据现在AFC转炉的产品结构和生产条件，主要使用b型喷嘴为宜。

2.2.3 底吹喷嘴布置及供气控制

根据水模和热模试验及转炉炉底自然结构，AFC采用两支底枪布置在轴向 $0.4D$ 处。其供气强度为 $0.02 \sim 0.12 \text{ m}^3 / (\text{min} \cdot \text{t})$ （图3）。

由于使用多种底吹气源，采用三条分支管路经耳轴与炉底喷枪的中心管环缝管、微型管来联接，其底吹供气系统见图4。

底吹控制系统全部采用计算机控制，有CRT显示，并通过炉侧压力的监测，以实现控制底枪蘑菇头的状态和最佳供气状态。

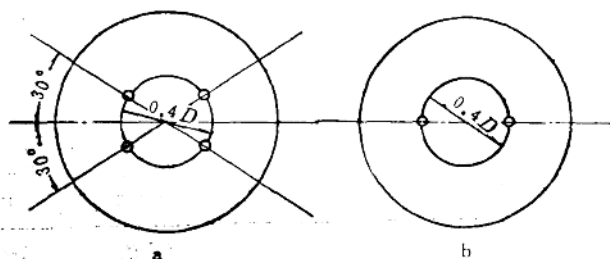


图3 四支喷枪 (a) 和二支喷枪 (b) 布置图

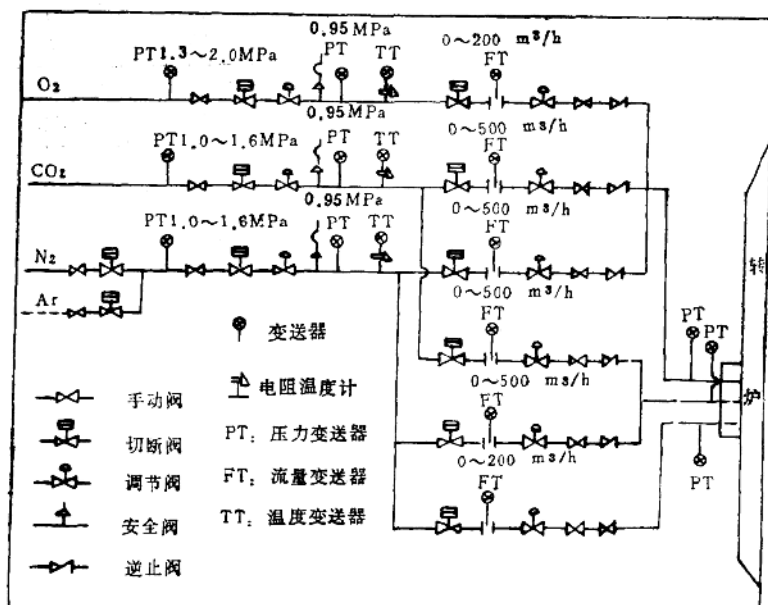


图4 AFC转炉底吹供气系统管路布置图

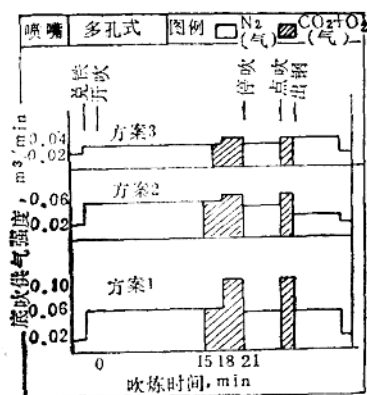


图5 底吹供气模式
方案1 低碳钢冶炼; 方案2 中碳钢冶炼;
方案3 中高碳钢冶炼

AFC常用的底吹供气模式如图5。

国内外一些厂家复吹转炉底吹情况见表3。

2.3 AFC工艺制度及其特点

2.3.1 AFC工艺原材料条件如表4。

2.3.2 顶底吹工艺与加料制度

按 AFC 工艺要求的模式用计算机进行 顶底供气数量及加料的控制, 并采用副枪, 从而实现了吹炼过程的动态控制。当炉龄 ≤ 500 次, 铁水Si 0.4~0.7%, 终点钢[C] $\leq 0.15\%$, 钢种要求为一般[N]含量时, 其操作模式如图6。

2.3.3 AFC 造渣工艺特点

表3 国内外一些厂家复吹转炉底吹情况

厂 家	代 号	底吹供气元件	底吹气量, m ³ /min	供气方式	底枪寿命
日本新日铁	LD—OB	金属双套管	0.3~0.8	O ₂	
日本住友	STB	金属双套管	0.01~0.10	CO ₂	600~1200
日本神户	LD—OTB	多孔透气塞	0.01~0.10	Ar/N ₂	800~1500
鞍 钢	AFC	复合喷嘴	0.02~0.12	CO ₂ /N ₂ 、O ₂ 、N ₂	1000~1200
首 钢		多孔供气砖	0.03~0.06	N ₂ /Ar	1800±
武 钢		多孔供气砖	0.01~0.06	N ₂ /Ar	600~1500
南 钢		多孔供气砖	0.01~0.08 0.20	N ₂ /Ar	600~1100 600~800

表4 AFC原材料条件

铁	成份, %	C	Si	Mn	P	S	温度, °C
水	普通铁水	4.14~4.34	0.30~0.85	<0.3	0.050~0.070	<0.050	1220
	脱硫后铁水	4.14~4.34	0.30~0.85	<0.3	0.050~0.070	≤ 0.015	1170~1300
造渣料	成分, %	CaO	SiO ₂	MgO	CaF ₂	Al ₂ O ₃	烧 碱
	普通冶金石灰	66~74	1.65~1.83	3.3~4.1	0.025		18.5~20.1
	活性石灰	≥ 90	≤ 3				≤ 4
	轻烧白云石	38.77	2.99	45			7.32
	萤矾混料		20.72		25.23	28.76	1.15

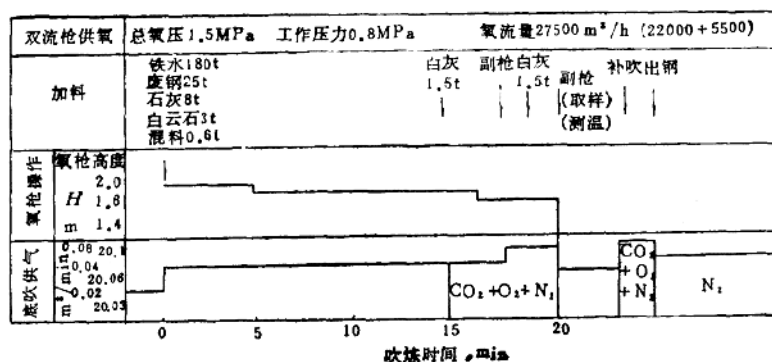


图6 AFC工艺操作模式

AFC工艺中, 主要造渣材料是活性石灰, 其次是污泥复合渣料、锰矿、轻烧白云石及萤矾混料。由于底气搅拌及顶部异位双流氧枪的作用, 改善了成渣的热力学和动力学条件。因此, 石灰熔化早, 初期渣碱度以及过程(FeO)均高于N₂/Ar搅拌复吹工艺。石灰熔化情况见图7。

AFC法的炉渣组成与LD法基本相同, 但由于AFC法顶部采用异位双流氧枪, 石灰熔化早, 又因使用活性石灰等造渣, 从而使吹炼前期5min出现的镁硅钙石炉渣很快转变成含有

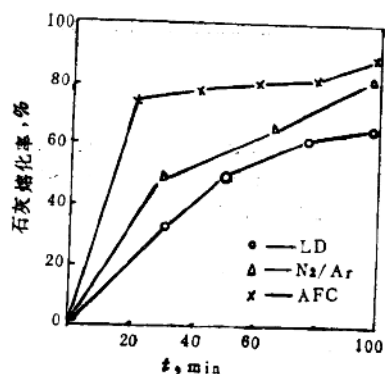


图7 过程中的石灰熔化率

大量RO相的硅酸二钙、硅酸三钙炉渣（见图8、9、10、11）。

2.4 动态控制

AFC工艺的冶炼操作是全过程由计算机联网的动态控制，其控制模式如图12。

由于采用计算机动态控制方法，从而AFC工艺实现了科学炼钢，提高终点命中率（碳 $\pm 0.02\%$ ，温度 $\pm 12^\circ\text{C}$ ），碳、温双项命中率达75.29%，达到了80年代中后期国际先进水平。

2.5 AFC工艺冶金效果

2.5.1 AFC法的熔池氧化性



图8 5号渣岩相

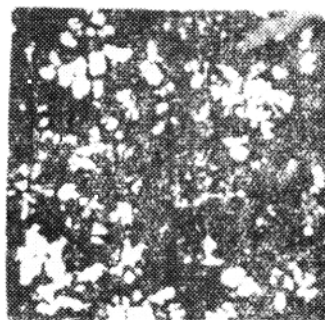


图9 10号渣岩相



图10 15号渣岩相



图11 20终点渣岩相

由于AFC法工艺特点，改善了动力学和热力学条件，终点（FeO）明显低于其他工艺方法，在终点 $[\text{C}] < 0.15\%$ 时，其效果更为明显。终点 $[\text{C}]$ 在 $0.07 \sim 0.15\%$ 时，AFC法与LD法相比，氧含量降低50~220ppm，这是提高吹炼末期顶吹氧气利用率所致。

2.5.2 终点 $[\text{Mn}]$ 、 $[\text{P}]$ 、 $[\text{S}]$ 的变化

向熔池吹入混合气体的AFC法，因强化了金属和渣间的传质过程，使金属—渣更接近

平衡, 金属、渣中氧势较低, 故渣中(MnO)被还原, 使(MnO)/(Mn)分配比也降低, 见图13。

如图14所示, 尽管使用的铁水含锰量小于0.3%, AFC法的终点〔%Mn〕高于LD法, 钢中终点残锰量平均提高0.02~0.03%。

虽然AFC法的终点(ΣFeO)较低, 但由于AFC法采用异位双流氧枪和底部吹入 CO_2 混合气体, 致使冶炼过程获得较好的脱磷效果, 见图15, 16。

AFC法吹炼过程化渣快, 碱度高, 提供了良好的脱硫条件。图17所示AFC工艺脱硫率、硫的分配比与碱度的关系, 都说明它优于其它工艺方法。

2.5.3 钢中〔N〕含量及其控制

从实验室的热模试验和工业生产证明, 吹入 $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ 混合气体, 其钢中〔N〕含量与纯

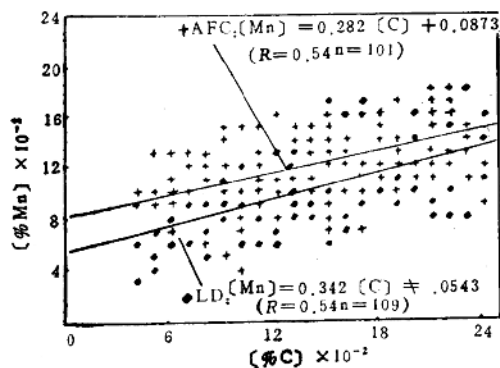


图13 终点〔%C〕与〔%Mn〕

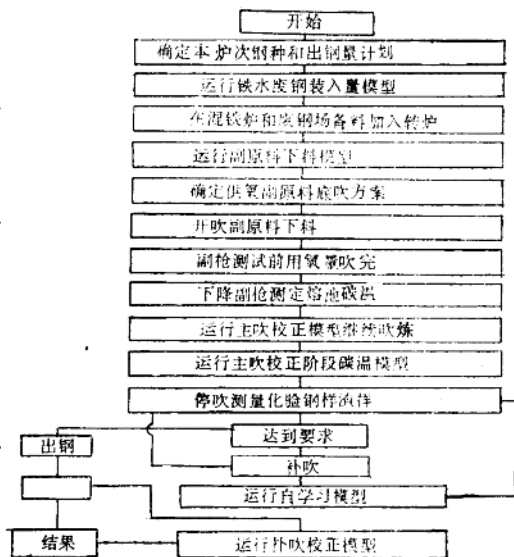


图12 AFC计算机动态控制炼钢过程

注: 右侧下二相上下交换

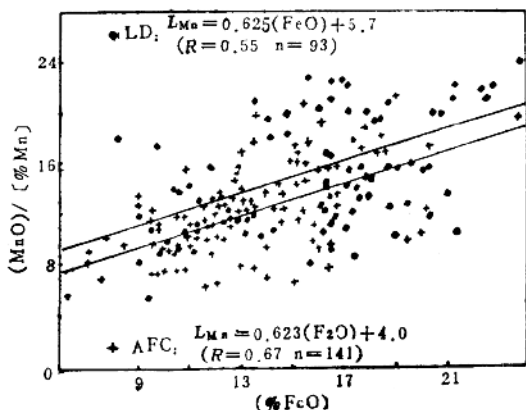


图14 终点(%FeO)与(MnO)/〔%Mn〕

注: 图中 F_2O 为 FeO

吹 CO_2 基本相当。而且, 还可以通过底吹 CO_2 时间的长短来有效控制钢中〔N〕含量, 如图18。

当 CO_2 气体切换时间为总吹氧时间的80%时, 可确保成品钢中〔N〕<50ppm以下, 若切换时间为50%时, 成品钢中〔N〕<30ppm, 从而确保了AFC转炉钢的质量。

2.5.4 钢中〔H〕

AFC法的钢中〔H〕含量略低于LD法, 为1.2~2.9ppm。这可能与底吹以 CO_2 为主的混合气体强搅拌导致熔池反应生成的 CO 气泡的脱氢作用有关。

2.6 AFC转炉炉龄

AFC工艺技术的开发和新型镁碳砖的应用使炉龄逐年稳步提高, 平均炉龄1365次, 最高炉龄达到2038次(详见图19), 进入了世界先进行列, 已通过国家鉴定, 并获国家科学技

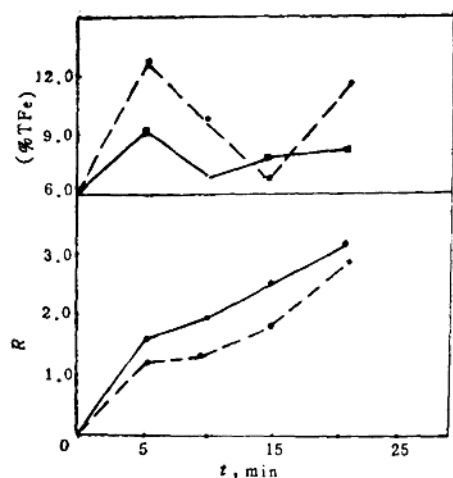


图15 吹炼过程中 (%TFe)、碱度的变化

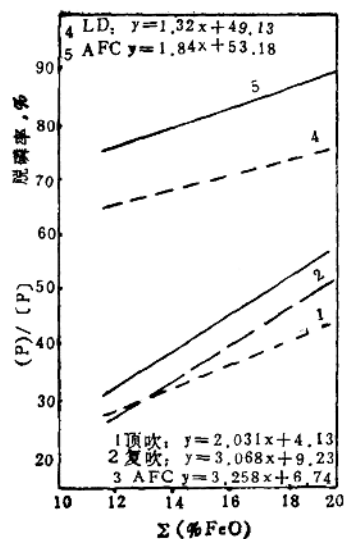


图16 终点渣Σ (%FeO)与脱磷效率

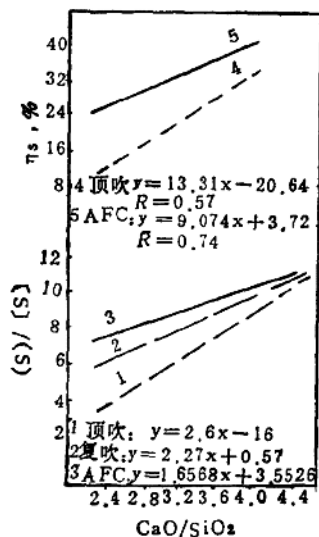


图17 终点渣碱度与脱磷率

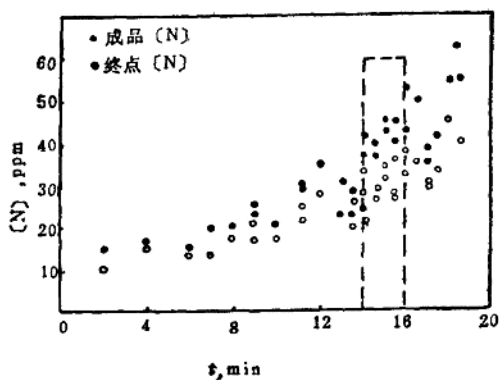


图18 冶炼过程(N)的变化

术进步三等奖。

3. AFC工艺技术经济指标

“七五”攻关目标要求钢铁料消耗1089kg/t, 石灰消耗50kg/t, 氧气消费55m³/t, 炉龄1000次, 扩大钢种, 开发新品种(焊强钢, 耐候钢, 工程机械用钢, 石油用钢和z向钢等)。经过攻关已全部完成, 见表5。

并经过攻关扩大了品种, 开发的新品种有, 焊强钢8个、工程机械用钢5个、耐候钢10个、石油用钢3个、z向钢1个及其他, 共91个。

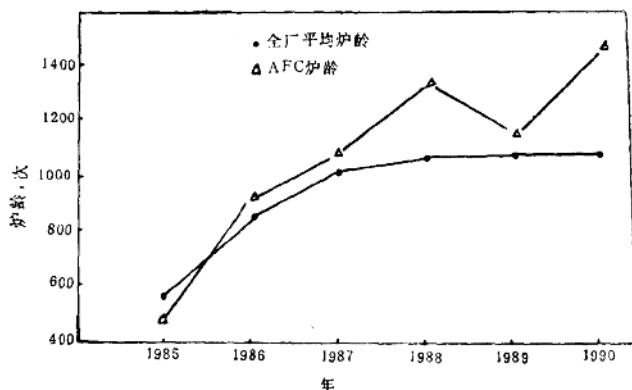


图19 炉龄增长情况

表5 经济技术指标

项 目	LD	STB	AFC	国家合同要求
钢铁料消耗, kg/t	1128.8	1116.1	1085.0	1089
金属收得率, %	90.28	90.80	93.620	
废钢比, %	11.25	9.85	13.90	
石灰消耗, kg/t	80.20	66.50	49.25	50
锰铁消耗, kg/t	6.55	6.38	6.20	
氧气消耗, m ³ /t	58.50	56.50	48.64	55
氮气消耗, m ³ /t	0	1.5	1.5	
CO ₂ 气消耗, m ³ /t	0	0.5	0.5	
吹氧时间, min-s	22-5	21-00	20-10	
炉龄, 次(平均)	454	1000	1365	1000

4. AFC转炉的钢质量及扩大品种情况

4.1 AFC工艺与铁水脱硫预处理、挡渣出钢、钢包多功能粉剂处理、喂丝技术、ANS—OB等相关技术配合, 使钢水质量明显提高。

4.1.1 降低了钢中夹杂物含量

由于复吹与相关技术的应用提高了钢的纯净度, 钢中夹杂物含量与LD钢相比有明显降低, 也低于或相当于国外(日本复吹和西德电炉)同类钢的夹杂物含量水平见表6。

由于钢中夹杂物含量减少而降低了因高倍夹杂而造成的改钢率。如按国际标准API生产石油钢管45U, AFC工艺比LD工艺炼成率提高5~10%。

4.1.2 降低了终点钢水的有害气体含量

AFC工艺创造了良好的冶金条件, 有利于钢中有害气体的去除, 见表7。

4.1.3 提高了钢锭质量合格率和降低了轧后废品率

采用AFC工艺及相关技术后, 提高了钢水质量, 与LD工艺及原N₂/Ar复吹工艺相比, 钢锭质量合格率明显提高, 轧后废品率显著降低, 见表8。

目前, 已有95%以上的钢种按国际标准化和国际标准组织生产, 并有2个钢种获国家级金牌, 2个获国家级银牌, 79个获省部级奖。

表6 鞍钢复吹转炉钢中夹杂物含量(成品材)

钢 种	冶炼工艺	夹杂总量 ppm	全氧含量 ppm	高倍夹杂评级	
				氧化物	硫化物
大桥钢 15MnVNq	复 吹	$\frac{62}{50\sim 92}$	$\frac{28}{18\sim 39}$	$\frac{1.67}{1.0\sim 2.5}$	$\frac{1.45}{0.5\sim 3.0}$
容器钢 15MnVMR	顶 吹	$\frac{95}{75\sim 115}$			
z 向 钢	复 吹	43	22~35		
	KD36(日本)	49	20~40		
气瓶钢 14TiHP	复 吹	$\frac{99}{92\sim 105}$		$\frac{0.57}{0.5\sim 1.5}$	$\frac{0.56}{0.5\sim 1.5}$
	SE30(日本)	121			
高压锅炉管 12Cr1MoV	复 吹	$\frac{70}{43\sim 85}$	$\frac{44}{33\sim 51}$	$\frac{0.725}{0.5\sim 2.5}$	$\frac{0.766}{0.5\sim 1.5}$
	国内电炉	$\frac{219}{155\sim 305}$	$\frac{71}{60\sim 80}$	$\frac{1.03}{0.5\sim 2.0}$	$\frac{0.71}{0.5\sim 1.5}$
	西德电炉	$\frac{186}{120\sim 320}$	$\frac{68}{54\sim 82}$	—	—
石油钢管 45U	复 吹	$\frac{80}{62\sim 91}$		$\frac{1.02}{0.5\sim 3.0}$	$\frac{1.55}{0.5\sim 3.0}$
	顶 吹	$\frac{137}{75\sim 316}$		$\frac{1.70}{0.5\sim 3.0}$	$\frac{2.2}{1.0\sim 3.0}$

表7 终点钢水气体量([C]=0.1~0.2%)

工 艺	[H], P Pm	[N], P Pm	[O], P Pm
APC	1.2~2.9	$\frac{35}{25\sim 50}$	$\frac{296}{345\sim 206}$
LD	2.0~2.4	$\frac{40}{30\sim 60}$	$\frac{338}{461\sim 278}$

表8 不同冶炼工艺转炉钢钢锭质量

工 艺	沸 腾 钢		镇 静 钢		综合钢锭	
	合格率, %	轧后废品率, %	合格率, %	轧后废品率, %	合格率, %	轧后废品率, %
LD(1983年)	99.04	0.73	98.46	1.11	98.92	0.81
原N ₂ /Ar复吹(1986)	99.60	0.27	98.99	0.85	99.47	0.39
AFC(1989)	99.64	0.22	99.13	0.62	99.50	0.34

4.2 扩大品种

AFC工艺及其相关技术的应用,为转炉生产优质钢,开发新品种创造了良好的条件。现在鞍钢绝大部分的新钢种试制任务已由平炉转移到复吹转炉,对有些质量要求严格的难炼钢种也调到AFC转炉上进行生产。1986~1990年采用AFC转炉开发、试生产钢种91个(其中有

表9 “七五”期间AFC复吹取经济效益的构成

项 目	1983年 上半年				1988 年				1989 年				1990 年				聚 计 (万元)
	指标①	指标	差量②	单价③	差 额④ 元/t	指标	差量	单价	差 额 元/t	指标	差量	单价	差 额 元/t				
原料 材料消耗	钢铁料	1128.8	1109.5	-19.3	0.336	-6.845	1105.1	-23.7	0.331	-7.845	-23.8	0.332	-7.902				
	综合石灰⑤	80.2	56.3	-23.9	0.101	-2.414	53.0	-27.2	0.142	-3.862	-16.9	0.148	-2.501				
	氧 气	58.5	56.7	-1.8	0.140	-0.232	5.72	-1.3	0.140	-0.182	-1.3	0.140	-0.182				
	CO ₂	0	0.35	+ 0.35	1.0	+0.35	0.45	+0.45	1.0	+0.450	+ 0.5	1.0	+0.500				
	N ₂	0	1.2	+ 1.2	0.05	+0.06	1.5	+1.5	0.05	+0.075	+ 1.5	0.05	+0.075				
耐火材料降耗		计			-8.791	计				-11.364			-10.01				
	1985年 6.92	2.68	-4.24	2.80	-11.872	2.52	-4.4	2.41		-10.604	2.31	-4.61	-11.11				
两项合计, 元/t			-20.663					-21.968				-21.12					
年度产销量, t	699,139		1,022,985					946,715				940.00					
A. 降耗年效益, 万元			2113.79					2079.74				1985.28		6178.81			
年度增加产量, ⑤ 吨钢平均利润, 元/t	0		323,846 15.9					247,576 4.6				240,861 13.5					
B. 年效益, 万元			514.92					113.89				325.16		953.97			
两项效益合计 (A+B), 万元			2628.71					2193.63				2310.44		7132.78			

* ①、②单位为kg/t或m³/t; ③单位为元/kg或元/m³; ④单位为元/t; ⑤增加产量为1988年后各年度与1985年产量之比较; ⑥综合石灰为活性石灰和普通石灰的耗量之和。

22个钢种从平炉转移到复吹转炉进行生产), 经冶金部鉴定后, 其中达到国际先进水平的有15个, 达到国际水平的16个, 有5个钢种处于国内领先地位, 有5个钢种填补国内空白, 其中20个钢种顶替了进口, 从而为转炉产品结构进一步优化, 使鞍钢成为低合金钢生产基地作出了重要贡献。

5. 经济效益

AFC工艺及相关技术的开发和应用, 经过5年的攻关取得显著的经济效益。1988年以后全部采用AFC工艺, 到1990年共产钢291万吨。鞍钢大生产的统计数据, 吨钢降低成本9.63元。三年获经济效益7132.78万元。具体效益构成及计算见表9。与相关技术匹配, 扩大钢种、开发新品种获经济效益15513.8万元。AFC工艺降低成本和扩大新品种两项共获经济效益22646.58万元。

6. 结论

6.1 AFC技术开发专题及6个子课题, 经5年的技术攻关, 已全部完成合同规定的内容。

6.2 单氧道异位双流氧枪, 结构合理, 构思独特新颖实用, 二次燃烧率平均提高11.53%, 废钢比提高3.62%, 并有特殊的化渣能力, 属国内首列, 达到80年代中后期世界先进水平。

6.3 底部以 CO_2 为主的多气种混合气体, 采用特殊构造的喷嘴, 获得良好的冶金效果。混合气体的应用是一创举, 喷嘴高寿命, 大气量可调, 达到了世界先进水平。

6.4 该工艺采用了活性石灰、轻烧白云石、锰矿、污泥复合剂的造渣方法, 成渣快, 有利于去除P、S。多气种合理的供气制度, 过程采用计算机动态控制, 工艺先进可行, 特别适应于冶炼多品种, 属国内领先。

6.5 AFC工艺实行计算机动态控制, 碳 $\pm 0.02\%$ 、温度 $\pm 12^\circ\text{C}$ 的范围内, 碳温同时命中率达75.28%。

6.6 AFC工艺提高钢的质量, 有95%以上按“双标”生产。获金牌2个, 银牌4个, 省部级优79个。扩大钢种91个。

6.7 AFC工艺及相关技术开发和应用, 5年创经济效益22646.58万元。

6.8 AFC法新颖、独特、实用, 属国内外首创, 被编入国际上复吹方法之列。冶金效果显著, 顶底枪寿命、炉龄进入世界先进行列。单氧道异位突扩型双流氧枪和底部混合供气是个创造, 过程采用计算机动态控制, 复吹水平在国内领先, 达到80年代世界先进水平。