

目 录

碳素结构钢快速冶炼工艺	上海第五钢铁厂一车间 上海机械学院炼钢教研组	(1)
废汤道砖造渣冶炼碳素结构钢工艺讨论	上海第五钢铁厂二车间 上海机械学院炼钢教研组	(7)
不锈钢快速熔炼	上海中华冶金厂	(14)
返回吹氧法冶炼超低碳不锈钢生产经验	上海第三钢铁厂	(19)
电炉内不锈钢混合气体脱碳试验	上海钢铁研究所一车间 上海机械学院炼钢教研组	(31)
两种耐腐蚀不锈钢新钢种冶炼小结	沪东造船厂 中国科学院冶金研究所	(44)
化肥设备用微碳纯铁的试制	上海第三钢铁厂	(49)
盛钢桶内吹氩精炼变压器硅钢	上海机修厂	(62)
真空处理提高大钢锭质量	上海重型机器厂	(74)
不锈钢固体渣保护浇注小结	上海第五钢铁厂一车间	(94)
电弧炉炼钢降低电耗小结	江南造船厂铸锻车间	(100)
小电炉变压器的大电流超载运行	上海中华冶金厂	(103)
提高不锈钢连续冶炼炉龄小结	上海第三钢铁厂电炉车间	(109)
电炉水冷炉壁的制造和效果分析	上海船厂	(116)
电弧炉水冷炉盖的应用	上海第三钢铁厂铸钢车间	(121)
电弧炉炉内排烟除尘装置	上海中华冶金厂 第一机械工业部第二设计院	(126)
电弧炉炼钢吹氧、补炉、加料联合操作机	上海第三钢铁厂铸钢车间	(143)
单管多点式风动送样	上海第五钢铁厂二车间	(153)
耐火混凝土帽口的应用	上海第二钢铁厂电炉车间	(159)
耐火混凝土帽口试验小结	上海第五钢铁厂一车间	(163)
滑动水口浇钢	上海耐火材料厂	(166)
炼钢电弧炉用耐火材料	上海耐火材料厂	(181)
电极消耗问题的探讨	上海碳素厂	(193)
盛钢桶中钢液温度连续测定	上海重型机器厂铸钢车间 上海第二耐火材料厂研究室	(197)
轴承钢中非金属夹杂物的研究(一) ——大颗粒点状夹杂物的属性和特征	轴承钢夹杂物攻关组	(206)
轴承钢中非金属夹杂物的研究(二) ——示踪法研究轴承钢中混渣夹杂物的出没规律	轴承钢夹杂物攻关组	(222)
等离子弧在炼钢中的应用	上海交通大学 510 教研组	(232)

碳素结构钢快速冶炼工艺

上海第五钢铁厂一车间 上海机械学院炼钢教研组

一、改革电炉炼钢不合理的工艺规程

经过无产阶级文化大革命的战斗洗礼，广大炼钢工人为了多炼钢、炼好钢，加快社会主义建设的步伐，纷纷提出，必须打破电炉炼钢长期沿袭的不合理规程，从实践中不断总结和发展电炉炼钢工艺。工人同志说得好，我们不是不要规程，而是不要那种陈旧落后、烦琐僵化的洋框框；要从具体钢种出发，按照不同的质量要求，用不同的工艺方法去解决。遵循伟大领袖毛主席关于“我们要求把辩证法逐步推广，要求大家逐步地学会使用辩证法这个科学方法”的教导，我们对原来的电炉炼钢工艺规程进行了仔细分析，着重探讨的内容有两个：一是冶炼碳素结构钢的氧化期，是否一定要脱碳 0.30% 以上；二是还原期是否只有采用扩散脱氧，才能确保钢的质量。从这两个前提出发，研究和讨论了旧规程中的一系列条文，如熔清碳、加矿温度、脱碳速度、加矿量、造白渣方法……等等。通过广泛讨论，大家认为：如果不分钢种要求，一味刻板地规定同样工艺参数，就会阻碍电炉冶炼过程的进一步强化。

毛主席教导我们：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。”我们要提倡唯物主义的辩证法，反对形而上学和烦琐哲学。自从电炉炼钢划分成三阶段的旧工艺规程出现以来，情况已有了很大的变化，特别是氧气在炼钢中被广泛应用以后，熔化后期与氧化前期很难截然分开，各种强制脱氧、渣洗脱硫的实践，也猛烈地冲击了少慢差费的炉内静止还原法。1958 年大跃进年代，我国电炉炼钢工人在超装量大，原料中硫、磷含量高的情况下，创造出提前造渣，熔、氧结合，同炉渣洗的快速炼钢法，为实现“吃坏料、炼好钢、多炼钢”作出了贡献。但是“任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的”，这种炼钢方法出现后不久，由于修正主义路线的干扰，几乎被扼杀于摇篮之中。

“历史的经验值得注意”，如果我们不批判资产阶级，不批判修正主义，不加强无产阶级专政，资产阶级法权的残余就会以各种形式禁锢工人的创造精神，阻碍新生事物的成长。我车间党总支、革委会一开始就把工人提出的工艺改革提高到路线斗争高度来抓，带领群众，高举“鞍钢宪法”的光辉旗帜，实行两参一改三结合，积极支持这一社会主义的新生事物。几年来，我们在总结实践经验的基础上，不断革新操作工艺，创造了以“熔、氧结合——快白渣”为主要内容的冶炼碳素结构钢新工艺，使冶炼时间大大缩短，电耗下降 100 度/吨以上。工艺改革结合超装，使我车间年产量比文化大革命前翻了三番，进一步鼓舞了工人同志开展工艺改革的积极性。

二、碳素结构钢快速冶炼工艺要点

通过实践证明,要“打破洋框框,走自己工业发展道路”,必须在党的一元化领导下,大搞群众运动,发扬敢想、敢说、敢干的革命精神,人人献计献策,充分酝酿讨论,反复试验,反复实践,才能在现有设备条件下,总结出多装快炼的新工艺来。新工艺不仅没有降低操作水平,而是进一步提高了工人对炼钢过程规律性的认识,增加了为革命把好质量关的高度自觉性,产量翻三番,质量步步高,为进一步改革电炉炼钢工艺打下了基础。

以下准备摘要地介绍一下碳素结构钢快速冶炼工艺要点:

1. 装料

由于我车间料源较差,渣钢、土铁、压块、统铁料较多,尤其是在变压器功率小(3000 千伏安),装入量大(18 吨)的情况下,装料装得好坏是能否加速熔化的一个重要因素,一般讲装料要求密实,易于导电,渣钢、统铁料应装在高温区,最上部适当搭配些切头料,这样易于“起弧”,“穿井”熔化得快。

2. 炉前操作情况

(一) 成分控制

(1) 对碳份控制: 熔清后的脱碳量 $\geq 0.10\%$, 终点碳控制在成分的低限。这样, 到还原期加入锰铁或生铁, 调整至规格的中下限即可出炉。

(2) 去磷: 熔、氧结合去磷效果良好。由于近年来我车间钢铁料的质地较差, 熔清后的含磷量一般都较高, 波动在 $0.08 \sim 0.10\%$ 范围内, 最高时曾达 0.20% 。按旧工艺至少要加一吨左右矿石, 但磷是否能尽快地脱去, 还是一个问题。现在通过熔、氧结合, 适当提高配碳量, 在吹氧助熔过程中, 不断加入小矿沸腾, 使钢渣得到充分的搅拌, 渣子呈泡沫状, 且流动性好, 可以达到低温去磷的目的, 其脱磷效果要比以前的操作方法好得多。

(3) 掌握合金回收率: 锰铁、硅铁回收率稳定, 一般锰铁回收率在 $93 \sim 98\%$, 硅铁的回收率在 $90 \sim 95\%$, 出炉后的含锰量一般都比配入的锰高 $0.02 \sim 0.05\%$, 而硅含量在出炉后则降低 $0.02 \sim 0.04\%$ 左右。

(4) 含硫量: 由于渣量较大, 出钢时起同炉渣洗作用, 故在 $[S] \leq 0.070\%$ 的情况下出炉, 成品硫就不成问题。

(二) 温度控制

炉前操作主要是靠电弧加热和氧气升温, 所以当熔清碳高时, 吹氧升温时间长, 氧气压力可大于 4 公斤/厘米^2 , 电功率则用小些。当熔清碳低时, 只能用 2 公斤/厘米^2 左右的氧气压力吹氧升温, 而电功率则可用大些。一般出渣温度控制在 1580°C 左右(秒表测 30 秒左右), 出炉温度: 20 号钢控制在 1600°C 左右, 45 号钢控制在 1580°C 左右。

(三) 炉渣情况

熔、氧期呈泡沫渣, 流动性好, 能去磷、去气、去夹杂, 还原期确保白渣出炉, 使成分稳定。

三、碳素结构钢快速冶炼的效果

我车间于 1971 年先在四号炉进行了碳素结构钢快速炼钢的试验, 对钢质量除进行了一

般常规检查外,还做了非金属夹杂物的检验,从检查的结果来看,情况良好。为此,经领导同意,推广到本车间碳素结构钢的大生产中去应用。进入大生产后,又对新、旧两种工艺的技术经济指标、钢中氢及非金属夹杂物的含量、快白渣同炉渣洗的脱硫效果、钢的机械性能以及合格率与废品率等进行了一系列的对比工作。从统计数据来看,新工艺效果良好,质量稳定。现将两种工艺对比情况介绍如下:

1. 技术经济指标的对比(见表 1)

技术经济指标对比

表 1

年 份	钢种	炉数	熔、氧时间 (分/吨)	还原时间 (分/吨)	总冶炼时间 (分/吨)	电耗 (度/吨)	熔、氧时间缩短		电 耗 降 低		备 注
							分/吨	%	度/吨	%	
1970 年 (4~6月)	20 号	50	15.2	3.7	18.9	626.8	—	—	—	—	原工艺
	45 号	50	15.66	4.56	20.2	669	—	—	—	—	
1971 年 (4~6月)	20 号	50	12.85	4.0	16.85	591	2.35	15.3	35.8	5.7	与 1970 年 相比
	45 号	50	12.7	3.91	16.61	580	2.96	18.8	89	13.3	
1972 年 (4~6月)	20 号	50	10.22	3.46	13.68	528	2.63	20.6	63	10.6	与 1971 年 相比
	45 号	50	10.04	2.76	12.8	518.4	2.66	20.9	61.6	10.6	

注: (1) 1970 年为原工艺, 1971 年、1972 年为快速冶炼工艺。

(2) 装入量: 1970 年、1971 年为 12 吨, 1972 年平均装入量为 14.8 吨。

从表 1 可以看出, 通过熔、氧结合后, 冶炼 20 号钢 1971 年比 1970 年熔、氧时间缩短 2.35 分/吨, 占 15.3%; 电耗降低 35.8 度/吨, 节约 5.7%。冶炼 45 号钢 1971 年比 1970 年熔、氧时间缩短 2.96 分/吨, 占 18.8%; 电耗降低 89 度/吨, 节约 13.3%。1972 年炉前工人在熟练熔、氧结合操作的基础上, 再加上注余钢渣倒回炉、扩大装入量以及快白渣同炉渣洗的试验成功, 为快速炼钢又创造了不少有利条件。因此, 从表中可以看出, 1972 年的技术经济指标较前又有了显著的提高。

2. 钢中氢含量

熔、氧结合减少了氧化期的脱碳量, 会不会影响去气效果呢? 为此, 曾在冶炼过程中取样进行分析, 其结果见表 2。

快速冶炼钢中氢含量的变化

表 2

炉 号	钢 种	熔渣样(毫升/100 克)	出渣样(毫升/100 克)	出钢前(毫升/100 克)
51-214	20 号	—	3.1	5.2
51-217	45 号	4.75	4.20	3.65
53-203	25 号	9.8	2.7	—
53-204	45 号	4.9	2.97	3.9
54-204	50 Mn	4.25	2.75	4.75
51-191	45 号	9.75	2.8	3.85
51-314	20 号	5.0	4.8	4.65
53-304	20 号	9.4	2.4	3.32

这次取样除 51-314 和 53-304 炉号是晴天外, 其余都是在原材料差和阴雨天的情况下进行的, 故熔清时的含氢量偏高。但在经熔、氧沸腾后, 钢中氢含量即显著下降, 最低的仅为 2.75 毫升/100 克, 出钢时的含氢量也在 3~5 毫升/100 克范围内, 与一般冶炼工艺大致相同。

3. 钢中非金属夹杂物的含量(见表 3~表 4)

快速炼钢成品钢中非金属夹杂物的含量

表 3

炉 号	钢 种	夹杂物总量(%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	FeO(%)
14-1899	45 号	0.013	无	0.0096	0.0013
14-1910	45 号	0.010	无	0.0056	0.00056
14-1915	45 号	0.014	无	0.0100	0.00061
14-1916	45 号	0.013	无	0.0083	0.00155
14-1920	45 号	0.011	无	0.00695	0.00064
14-1925	45 号	0.0126	0.00004	0.0088	0.00067
14-1926	45 号	0.0104	0.00003	0.0068	0.00126
14-1929	45 号	0.0098	无	0.00675	0.00124
14-1933	45 号	0.0064	无	0.00417	0.00125
14-1934	45 号	0.0115	无	0.0070	0.00152

原工艺成品钢中非金属夹杂物的含量

表 4

炉 号	钢 种	夹杂物总量(%)	Al ₂ O ₃ (%)	FeO(%)	MgO(%)	MnO(%)	SiO ₂ (%)
21-108	45 号	0.0073	0.0052	0.00046	0.00029	无	无
21-109	45 号	0.0102	0.0073	0.00049	0.00093	无	无
21-128	45 号	0.0094	0.0065	0.00032	0.00089	无	无
22-117	45 号	0.0065	0.0037	0.00025	0.00045	0.0020	无
22-132	45 号	0.0081	0.0063	0.00037	0.00056	无	无
22-133	45 号	0.0132	0.0086	0.00042	0.000232	无	无
23-70	45 号	0.0107	0.0069	0.00094	0.00093	无	无
23-119	45 号	0.0104	0.0069	0.00077	0.00034	无	无
23-132	45 号	0.0085	0.0051	0.00070	0.00059	无	无
23-133	45 号	0.0082	0.0051	0.00083	0.00028	无	无

从表 3、表 4 中可以看出, 进行快速炼钢后的夹杂物总量比原工艺的夹杂物总量略高。快速炼钢后, 成品钢的夹杂物总量一般波动在 0.0064~0.014% 范围, 而采用原工艺时成品钢的夹杂物总量则波动在 0.0065~0.013% 范围。

4. 快白渣同炉渣洗的脱硫效果(见表 5)

快白渣同炉渣洗的脱硫效果

表 5

年 份	钢 种	脱 硫 效 果 (%)	降 低 (%)
1971 年	20 号	73.9	—
1971 年	45 号	81.45	—
1974 年	20 号	72.77	1.13
1974 年	45 号	70.8	10.65

表5是20号钢和45号钢各20炉的统计数据。从表中可以看出,快速炼钢后的脱硫效率 $>70\%$,但却略低于原工艺的总脱硫率,这可能和出钢时渣中 (FeO) 稍高、渣温较低等因素有关。

5. 钢的机械性能

对不同工艺条件下冶炼的含碳量相近、尺寸规格相同的碳素结构钢机械性能进行统计对比,如图1~图4所示。

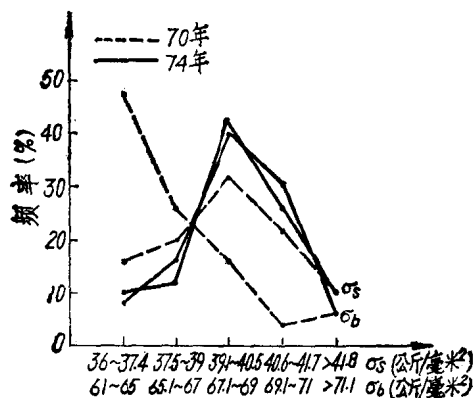


图1 45号钢强度指标频率分布

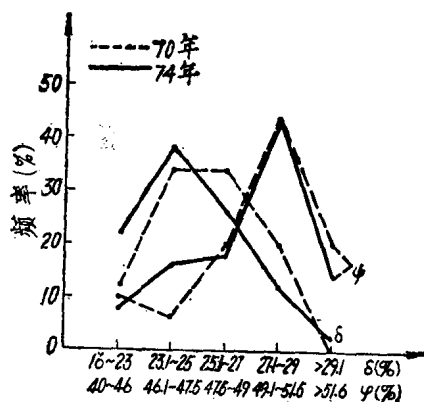


图2 45号钢塑性指标频率分布

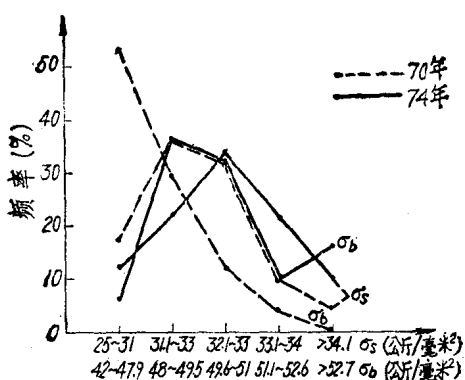


图3 20号钢强度指标频率分布

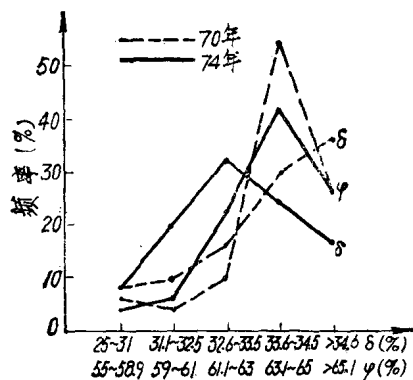


图4 20号钢塑性指标频率分布

从图1~图4中可以看出,采用快速炼钢工艺后,钢的机械性能良好,强度指标有所提高;而塑性指标却比原工艺略低,据初步分析,可能是原材料的含磷量高,导致成品钢中的含磷量也比以前略有升高,以及其他某些因素所引起。尚有待于今后作进一步探讨。

6. 钢锭合格率与废品率的分析

将1971~1973年采用快速冶炼后的钢锭合格率及废品率分析情况与文化大革命前1966年的有关数据进行对比,列于表6。

从钢锭合格率来看,尽管产量翻了三番,而合格率仍有较大幅度地提高,采用新工艺后的1971~1973年,平均合格率达99.57%,而废品中由于气体造成的缺陷,如纵裂、白点、

钢锭合格率与废品情况

表 6

工 艺	年 份	合格钢锭产量 (吨)	合 格 率 (%)	成分出格 (%)	纵 裂 (%)	白点、气孔 (%)	其他废品 (%)
旧	1966	32136.901	99.07	0.19	0.31	0.08	0.35
新	1971	60683.996	99.68	—	0.057	—	0.263
	1972	84863.655	99.67	0.02	0.017	—	0.293
	1973	109521.219	99.35	0.055	0.065	—	0.53
	平均	—	99.57	0.0375	0.046	—	0.362

气孔等,则大大减少,纵裂的出现率仅为旧工艺的六分之一,白点、气孔已基本排除。其他废品中主要是缩孔、短锭等浇注缺陷,它在碳素结构钢总产量中的比例也与旧工艺相近。

总之,电炉快速冶炼碳素结构钢新工艺的试验成功,是广大炼钢工人在毛主席的无产阶级革命路线指引下,坚持“独立自主”、“自力更生”伟大方针取得的又一成果。但是“客观现实世界的变化运动永远没有完结,人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。”我们决心不断地完善和发展这项新工艺,并对整个电炉炼钢工艺进行全面的分析研究,通过进一步地实践与认识,使趋向于更合理,更先进,从而发展电炉炼钢理论,为我国钢铁工业作出应有的贡献。

废汤道砖造渣冶炼碳素结构钢工艺讨论

上海第五钢铁厂二车间 上海机械学院炼钢教研组

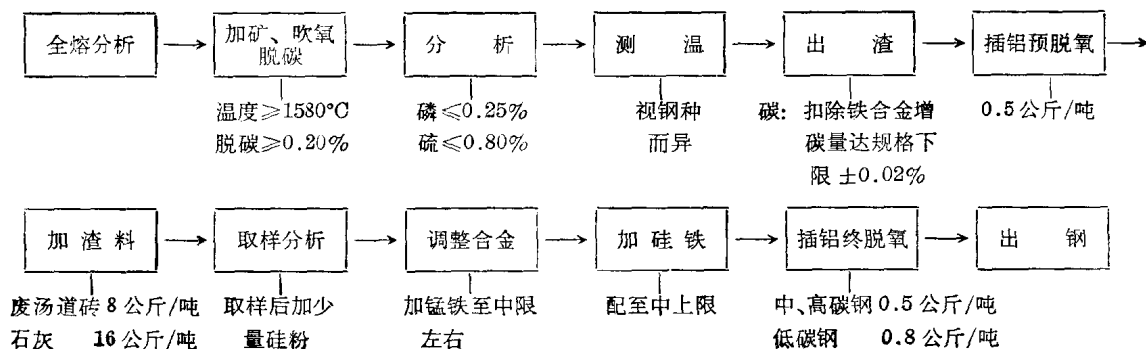
在电弧炉冶炼的钢种中, 优质碳素结构钢占有一定比例, 常达 30~50% 左右。其冶炼方法, 历来都采用传统的白渣还原法。经过无产阶级文化大革命的锻炼, 广大钢铁工人, 在毛主席的革命路线指引下, 破除迷信, 解放思想, 决心创造一项符合多快好省的新工艺, 取代传统的白渣还原工艺。

过去, 为了缩短冶炼时间, 曾采用过沉淀脱氧方法(出钢前扒除部分氧化渣, 铁合金直接加入盛钢桶中), 但是钢质量达不到要求, 尤其是脱硫效率和轧材裂纹问题较大。自合成渣渣洗工艺推广以来, 对提高钢质量显示出一定的优越性; 也为改进碳素结构钢的冶炼工艺开创了一条新路。我们曾采用氧化结束后扒除氧化渣加入合成渣料(Al_2O_3 -CaO 系)来取代还原期造白渣的工艺。获得了去硫效率高、质量好、冶炼时间短等一系列预期的效果。但由于 Al_2O_3 粉是多种工业需要的重要原料, 来源比较紧张。为了充分利用 Al_2O_3 粉, 曾一度返回使用(即将用过一次的 Al_2O_3 -CaO 渣再用一次), 以节约新料(Al_2O_3 粉)。1974 年初, 由于 Al_2O_3 粉在供求方面出现了不平衡, 曾经利用高铝炉盖砖渣代替。但是终因来源有限, 而钢产量又不断上升, 致使这一新工艺的推广工作面临着很大的困难。针对这种情况, 我车间工人同志在批林批孔运动的强力推动下, 坚持前进, 反对倒退, 勇于革命, 勇于实践, 终于用废汤道砖造渣代替了原来的返回渣(Al_2O_3 -CaO 系), 赋予这一新工艺以强大的生命力。经过一年多来的推广使用, 证明使用废汤道砖造渣确是冶炼碳素结构钢行之有效的好方法。

现将我车间利用废汤道砖造渣冶炼碳素结构钢的点滴经验介绍于后。

一、新工艺的流程和操作特点

1. 工艺流程



2. 废汤道砖造渣的薄渣成分(见表1)及其特性

薄渣成分

表 1

组 分	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ΣFeO	熔点(°C)
含 量 (%)	40~50	20~25	10~20	3~8	1400~1500

薄渣特性:

- (1) 熔点低: 1400~1500°C。
- (2) 成渣快、流动性好。
- (3) 渣中硫的溶解度大, 渣化匀后就出钢, 渣、钢在盛钢桶中激烈混冲, 可去硫 60~80%。

3. 新工艺的操作特点

- (1) 氧化期与一般工艺相同, 要求通过高温沸腾达到最大限度地脱磷、除气和升温的目的。
- (2) 当温度大于出钢温度 20~30°C, 碳、磷含量符合要求时, 即可扒净氧化渣。并插铝预脱氧加入新渣料。
- (3) 废汤道砖造渣, 属于废物利用, 可以就地取材; 若废汤道砖受潮, 应予烘烤。
- (4) 新渣化匀时, 即可分析碳、磷, 由于钢液经过预脱氧, 所以成分较稳定。根据碳份分析结果, 可以作为配加合金的依据。分析磷是为了在氧化渣未拉净而磷回高时, 可以再行处理。
- (5) 加入合金后, 应尽快出钢, 而且要求钢、渣齐出。

4. 化学成分的控制

因为新工艺在扒除氧化渣后 10~15 分钟内, 即出钢, 所以对成分的控制带来了一定的困难。但是根据生产实践和认真总结经验, 只要掌握以下几个关键, 这些困难还是可以克服的。

- (1) 碳的控制: 在新渣料化匀后, 因为没加入合金材料, 炉内钢液不存在通常加合金后造成的偏析。这时即可分析, 根据分析结果, 配加合金调整碳成分。出钢碳一般配至中下限。
- (2) 锰的控制: 在出渣前或新渣料化匀后, 分析钢中的残余锰, 以配加到规格中限。
- (3) 硅的控制: 硅配加到规格中上限。要求在出钢前 3~5 分钟内加入。
- (4) 磷的控制: 出渣前, 磷应达到规定以下, 在氧化渣扒除干净和新渣料化匀后分析的磷, 一般是不会回高的; 出钢过程中也无显著变化。
- (5) 硫的控制: 出渣前, 硫达到规定以下, 出钢过程中做到钢、渣齐出, 激烈混冲。成品硫能达到预期要求。

二、工艺效果

1. 冶炼时间

我们根据试炼初期四个月中两种工艺近 300 炉的数据进行了分析(见表 2), 得出新工

两种工艺的冶炼时间对比

表 2

钢 种	工 艺	炉 数	平均冶炼时间 (分)	冶 炼 时 间 缩 短	
				Δt	%
50 冷拉	白渣	60	$\frac{219}{168 \sim 259}$	—	—
45 号	新	228	$\frac{171}{90 \sim 222}$	48'	22

注：表中分数，分子为平均数；分母为最小值~最大值。从表 2 所列数据可以看出，新工艺的冶炼时间比白渣还原工艺缩短 22%。显然有利于提高变压器的有效利用率和整个车间的劳动生产率。

艺的冶炼时间比白渣还原工艺大大缩短。

2. 电耗

由于新工艺冶炼时间短，所以电耗也有显著降低。表 3 为两种工艺的电耗对比。

两种工艺的电耗对比

表 3

钢 种	工 艺	炉 数	总 耗 电 量 (瓩·小时)	合 格 锭 重 (吨)	单 位 电 耗 (瓩·小时/吨)	电 耗 下 降	
						ΔW	%
50 冷拉	白渣	60	901270	1471.800	613	—	—
45 号	新	270	3067644	6429.640	477	136	22

综上所述，由于采用了新工艺，使冶炼时间缩短，电耗降低。如按我车间生产 15 万吨碳素结构钢计算，即可节省冶炼时间 292000 分，节电 2040 万度。

3. 新工艺冶炼碳素结构钢的合格率

1974 年按新工艺冶炼的碳素结构钢，合格率为 99.37%，见表 4。主要是 20~45 号钢。

1974 年按新工艺冶炼碳素结构钢的合格率(单位：吨)

表 4

生 产 量	合 格 量	废 品 量	合 格 率 (%)	成 分 出 格	钢 锭 缩 孔	钢 坯 裂 纹	其 他
183423.783	182275.298	1148.485	99.37	502.840	204.953	408.578	32.114

从废品分类中可以看出，化学成分出格的废品，占总废品的 43.8%，这反映出新工艺在化学成分掌握上尚需经过一定的摸索。主要是硅的烧损变化较大。而从 1975 年以来，通过发动群众，总结经验，找出了规律，掌握了新工艺的几个关键性问题，上半年的合格率已经有所提高。见表 5（主要还是 20~45 号钢）。

1975 年上半年的合格率(单位：吨)

表 5

生 产 量	合 格 量	废 品 量	合 格 率 (%)	成 分 出 格	钢 锭 缩 孔	钢 坯 裂 纹	其 他
78107.401	77760.785	346.616	99.56	96.560	131.811	118.245	—

从表 5 中可以看出,1975 年上半年化学成分出格的废品仅占总废品的 26.8%,较 1974 年有了显著的改善。由于化学成分的脱格减少,因而车间碳素结构钢的总合格率有了提高。

4. 新工艺冶炼碳素结构钢的化学成分波动范围

新工艺冶炼碳素结构钢,虽然不进行白渣还原,炉内也不做调整成分的分析;而化学成分基本上还是稳定的。表 6 所示为冶炼 45 号钢时化学成分的波动范围。

新工艺冶炼 45 号钢的化学成分波动范围(%)

表 6

元 素	C	Mn	Si	P	S
波 动 范 围	0.44~0.47	0.61~0.70	0.24~0.32	≤0.25	≤0.19
所占百分比	86	84	90	90	79

5. 新工艺冶炼的碳素结构钢的机械性能

由于成品钢锭化学成分符合部颁标准,低倍组织又较好,不言而喻,成品钢材的机械性能基本上也能符合国家标准的要求。

现将新工艺试炼初期 200 炉 45 号钢的机械性能指标及其波动范围列于表 7。

新工艺冶炼的 45 号钢的机械性能指标及其波动范围

表 7

性 能 指 标	σ_s (公斤/毫米 ²)	σ_b (公斤/毫米 ²)	δ (%)	ψ (%)
GB699-65	≥36	≥61	≥16	≥40
波 动 范 围	40~46	68~76	23~30	47~56
所占百分比	92	93	91	93

6. 新工艺冶炼 45 号钢过程中[N]的变化(见表 8, 根据 10 炉数据整理的结果)

新工艺冶炼 45 号钢过程中 [N] 的变化

表 8

取 样 阶 段	熔 清	氧 化 末 期	出 钢 前	成 品
平均 [N]%	0.0057	0.0046	0.00537	0.00613
波动范围(%)	0.005~0.0065	0.0033~0.0056	0.0038~0.0064	0.0052~0.0065

因为新工艺自扒除氧化渣到出钢,时间比白渣还原法要短,所以吸收气体较少,钢的塑性有了提高。

7. 新工艺冶炼 20 号与 45 号钢过程中 [O] 的变化(见表 9)

新工艺冶炼 20 号与 45 号钢过程中 [O] 的变化

表 9

钢 号	炉 数	[O] %				Σ (FeO) %	
		氧化末期	加合金前	包 中	浇注中途	出 钢 前	出 钢 后
45 号	9	0.0166	0.0103	0.0045	0.0051	5.51	2.79
20 号	3	0.0206	0.0133	0.0044	0.00525	8.52	1.28

表 9 中所列数据全部是用库仑法测定的钢中总含氧量。

从表 9 中可以看出浇注中途总含氧量在 0.0050% 左右, 与一般白渣法冶炼相近。

8. 新工艺的脱硫情况

把初期冶炼的 9 炉数据整理结果列于表 10。

新工艺的脱硫情况

表 10

钢 种	[S] % 出 钢 前	[S] % 成 品	$\eta_s\%$	$R = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$	$\Sigma(\text{FeO})$	L_{S1}	L_{S2}
45 号	0.055	0.012	78.2	$\frac{2.05}{2.04}$	$\frac{2.94}{1.37}$	1.58	35.4
45 号	0.050	0.012	73.0	$\frac{4.28}{3.36}$	$\frac{6.18}{0.89}$	1.20	47.8
45 号	0.045	0.013	71.0	$\frac{4.40}{3.90}$	$\frac{6.25}{0.65}$	1.69	43.5
45 号	0.045	0.016	64.44	$\frac{2.73}{2.20}$	$\frac{8.94}{1.21}$	1.87	26.1
45 号	0.064	0.024	61.9	$\frac{2.77}{2.60}$	$\frac{3.23}{1.47}$	1.93	17.5
45 号	0.060	0.0195	67.5	$\frac{2.50}{2.06}$	$\frac{6.01}{1.37}$	1.57	25.8
20 号	0.040	0.017	57.5	$\frac{2.12}{2.06}$	$\frac{4.96}{1.58}$	2.0	18.4
20 号	0.045	0.011	75.5	$\frac{4.32}{2.38}$	$\frac{12.43}{1.65}$	1.16	24.4
20 号	0.045	0.018	60	$\frac{5.00}{3.24}$	$\frac{8.19}{0.61}$	1.13	14.9

注: 表中分数, 分子代表出钢前数据; 分母代表出钢后数据。

L_{S1} —出钢前 $\frac{(S)}{[S]}$; L_{S2} —出钢后 $\frac{(S)}{[S]}$ 。

显而易见, 新工艺的脱硫效果是较好的。

三、新工艺的操作体会

1. 控制化学成分

新工艺经过一年多的试生产, 发现化学成分中的硅最易脱格; 占脱格的比例最大。因此如何在操作中控制好硅份, 就成了掌握新工艺的重要环节。硅在极大多数炉号中都是低脱格, 这主要是因为硅与氧的亲合力较大, 很易氧化。而新工艺出钢前钢中的含氧量及渣中的含氧量都比白渣还原为高(见表 9), 如果操作不当就会造成硅份脱格(尤其是低碳钢更为明显)。

根据我们的生产实践与认识, 要防止出现质量事故, 应注意以下操作事项。

(1) 掌握好温度: 新工艺的扒渣温度必须高于出钢温度(一般高 20~30°C), 严禁后升温。因为后升温必须采用大电流、大电压, 而新渣化匀后却较稀, 这样由于弧光反射, 使炉盖上的氧化铁不断滴下, 产生挂淋现象, 使渣中的含氧量剧增。同时由于高温增强了炉渣对钢液的氧化能力, 使钢中的含氧量也会有所增加; 硅铁加入后, 将被大量氧化(回收率在 50%

以下),导致成品硅份脱格。

(2) 掌握好电力曲线:新工艺除了扒渣温度必须高于出钢温度外,氧化渣扒除后加入新渣料的几分钟内需用大电压、大电流迅速化渣。而当渣化匀后应立即改用小电压、小电流保温。这样才能保证新渣成分,避免硅份波动。

(3) 掌握好合金加入时间:新工艺的硅铁(硅锰铁)一般在出钢前3~5分钟加入,并用扒子推搅。如过早加入,易被氧化;过迟加入,又易产生硅铁未完全熔化,而造成硅低脱格的故事。

(4) 注意渣料的配比与渣况:新渣料化匀后,一般流动性都很好,蘸出的渣子亮而略黑,断面致密。若渣子较粘,说明石灰用量过多,即应补加汤道砖,否则硅铁加入不易熔化,将造成硅低脱格。若新渣化匀后时间过长,呈无光的咖啡色,且断面有气孔,一般说来表示渣中的含氧量升高了,可用些硅粉或铝粉等脱氧。

(5) 区分炉龄前后期:一般情况下,炉龄前期新渣变化较小,硅的回收率较高。炉龄后期新渣变化较大,硅的回收率较低。因此,后期炉子新渣加入时间过长,要多注意渣况。

(6) 尽量扒除氧化渣:若冶炼低碳钢时,渣中(FeO)较高,炉内剩留氧化渣较多,在新渣料加入后,将会使渣中氧化铁含量相应增加。这往往也会使硅烧损严重,而造成硅低出格。

其次我们认为:在控制碳份方面,应掌握拉渣前取样时的合理温度,保证取样代表性。碳要接近出渣条件,避免新渣化匀后碳份过低或过高。

伟大领袖毛主席教导我们:“世界上怕就怕‘认真’二字,共产党就最讲‘认真’。”根据我们一年多来的生产实践证明,只要思想重视,操作认真,是完全能够在新工艺的冶炼过程中控制好化学成分的。

2. 新工艺的脱氧

从表9、表10中的数据可以看出,出钢前 $\Sigma(\text{FeO})$ 含量是很高的,多数在3~8%之间。经过出钢混冲, $\Sigma(\text{FeO})$ 则大都降至2%以下。看来这主要是由于钢中的铝、硅等使渣中的氧化铁得到还原所造成。在实际操作中,发现大多数的成品硅均低于出钢前的配加数,而出钢后包子里的渣子也转变成黄绿色。因此可以认为新工艺主要是依靠沉淀脱氧的。

3. 新工艺的脱硫

从表10可见,出钢后渣中硫急剧升高,渣、钢之间的分配系数增加10~40倍;脱硫效率达60~80%。发现上述渣中 $\Sigma(\text{FeO})$ 显然是比较高的,但它对脱硫的影响并不明显。看来新工艺有其特殊性:首先新工艺出钢后的 $(\text{S})/[\text{S}]$ 都在50以下,与一般白渣(可达70~80)相比,显然较低。其原因可能就在于新工艺的 $\Sigma(\text{FeO})$ 较白渣为高。其次新工艺出钢前的 $(\text{S})/[\text{S}]$ 仅在2以下,而白渣还原法出钢前的 $(\text{S})/[\text{S}]$ 约在20或更高,对比之下,显然新工艺的脱硫条件要好得多。再有新工艺出钢前渣子的流动性良好,而且硫在含有 Al_2O_3 渣中的熔解度较大。所以新工艺比白渣混冲时更容易去硫;能够取得满意的脱硫效果。

四、今后打算

毛主席教导我们:“从事变革现实的人们,常常受着许多的限制,不但常常受着科学条件

和技术条件的限制,而且也受着客观过程的发展及其表现程度的限制(客观过程的方面及本质尚未充分暴露)。”尽管我们对新工艺的某些规律已经初步掌握,但是认识还是十分肤浅的。因此,我们决心继续努力,不断地进行试验和总结。力求弄清楚新工艺的脱氧、脱硫机理;含[H]量的变化规律;非金属夹杂物的出没规律;钢包吹氩对钢质量的影响等。然后在总结碳结钢快速冶炼的基础上,为合金钢冶炼工艺寻找新途径,作出应有的贡献。

不 锈 钢 快 速 熔 炼

上海中华冶金厂

我厂不锈钢返回吹氧熔炼,自无产阶级文化大革命中改进工艺以来,工艺逐步完善,冶炼时间逐渐缩短,电耗不断降低,质量良好。到现在为止,熔炼一炉(3吨)不锈钢只要100分钟左右。以致有的炼钢工人说:“现在炼一炉不锈钢比炼一炉碳钢还容易。”冶炼时间短,电耗低,工艺简单,劳动强度低,完全打破了从前不锈钢五不炼,即炉子前期不炼,炉子后期不炼,下雨不炼,晚上不炼,工程师、技术员不到场不炼的清规戒律。现将情况简介如下:

一、1974年我厂不锈钢熔炼统计

我们统计了1974年熔炼的不锈钢中的一种牌号,即ZG1Cr18Ni9Ti共174炉,总计钢产量537吨。平均每炉出钢量3.1吨(投料量为3.3吨左右)。冶炼时间平均每炉为105分钟,电耗为520度/吨,见表1。

ZG1Cr18Ni9Ti 不锈钢快速熔炼统计表

表 1

统计 所属 日期	炉 数	钢产量 (吨)	平均 每 炉 (吨)		冶 炼 时 间 (分)				平均每 吨耗电 (度)	平均每 吨耗氧 (瓶)	备 注
			钢产量	投料量	平均每炉	其中 74 炉	其中 37 炉	其中 5 炉			
1974 年	174	537	3.1	3.3	105	100 分以内	90 分以内	80 分以内	520	4.3	瓶氧每瓶以 6 米 ³ 计算

在174炉中,冶炼时间在100分钟以内的有74炉,占42.5%,在90分钟以内的有37炉,占21.2%,在80分钟以内的有5炉。最快的一炉(2.66吨钢)仅有67分钟。

平均冶炼时间105分钟一炉(3.1吨钢)的时间分配是:

补 炉 装 料	8 分
熔 化	52 分
氧化(吹氧)	5 分
还 原	40 分
合 计	105 分

二、不锈钢快速熔炼的关键

1. 精心管理炉料

我厂生产不锈钢的品种较多,为节约贵重的合金元素,大多数采用返回吹氧熔炼。如果

返回料混杂不清,就会使配料无法进行,这样不但对冶炼过程带来很大麻烦,延长冶炼时间,而且钢的质量也无法保证。为此,我们组织了专人管理炉料,对返回料分钢种按成分堆放。

对于普通废钢也分类堆放。大料小料分开堆,优质劣质分类放。

铁合金分类、分批堆放。每堆都有质量证明书或化验报告。领用时按配料单指定牌号、成分领用。

2. 配料标准化、系列化

我厂生产不锈钢数量较多、连续三班生产。如果每炉都要开一张配料单是很麻烦的,并且使炉前备料不能及时。另外,还会因配料经常变化,发料产生差错,影响生产,影响质量。为此,我们在加强炉料管理的基础上,实行了配料标准化、系列化。即对于同一钢种在一定时期内采用同一比例的返回料、合金等进行配料。先计算出每百公斤钢水所需各种材料数量——标准配料卡。按标准配料卡再算出各种不同钢水量需各种材料的系列。这样不但使炉前炼钢工人熟悉各种材料数量,而且装料工人也容易记忆。

由于大多数是采用国产合金(如铬铁、钛铁、钼铁等),成分波动不大,按标准配料卡配的料,炉前只须稍作调整即可。由于钢种成分所限制的范围很宽(如 ZG1Cr18Ni9Ti 的 Cr 为 17~20%),即使不调整问题也不大。

另外还要说明一下,配料标准化、系列化实行的前提是要求有统一的冶炼工艺。

配料标准化、系列化,使炉前操作顺利,并可减少取样分析,避免等候分析报告出钢的现象,因而缩短了冶炼时间。

3. 大电流超载运行

我厂公称容量为一吨(实际装 3 吨)的碱性电弧炉,变压器容量为 750 千伏安,初级电压为 6600 伏,次级电压为 140 伏、160 伏两级。为了缩短熔化期,我们采用了大电流超载供电,使变压器超负荷 120% 运行。实际熔炼使用电流,由变压器额定电流 2705 安提高到 6000 安。为了使变压器适应于超载运行,又不致烧坏,我们采取了强制油冷、不用电抗、减少短网阻抗等措施。

变压器超负荷 120% 运行的结果使熔化期缩短了 1/3 左右,目前熔化期约仅有一小时。

4. 高压吹氧

高压吹氧(在适当高的温度下)是不锈钢返回吹氧熔炼达到顺利降碳保铬的关键。

吹氧压力一般控制在 10~15 公斤/厘米²,吹氧愈接近终点碳(~0.05%),所需的压力越大。

我厂用的是瓶氧,采用汇流排,所以可以达到较高的压力。采用高压吹氧,一般熔清碳在 0.2~0.4%,使碳降低到 0.05% 左右只需 5~8 分钟。

吹氧管的直径是 1/2~3/4",一般采用单管吹氧,一管到底。氧气消耗一般在 30 米³(5 瓶)/吨左右。吹氧终点碳一般均在 0.06% 以下。

5. 薄渣操作

由于加强了炉料管理,就能较准确地控制总配磷量。采用返回吹氧(不除磷)方法,就可以薄渣操作,只要钢液面能覆盖薄薄一层炉渣即可。整个熔炼过程都在薄渣下进行,渣量控

制在 2% 左右(渣层厚度在 5 毫米左右)。薄渣操作利于吹氧降碳、沸腾除气; 利于还原, 缩短还原期, 提高铬的收得率; 利于出钢前不扒渣加钛铁, 提高钛的收得率。薄渣操作还降低了造渣材料的消耗, 降低了劳动强度。

6. 提前取样, 减少化验

按旧工艺, 全分析样于还原期白渣下取, 这样往往是等候化验报告出钢, 不但使熔炼时间增长, 耗电增加, 而且往往会使钢水过热, 钢液含气量显著上升, 降低质量。

现行工艺, 提前取样, 全分析样于加铬铁强制还原后(渣由黑色转为棕灰色)、换渣之前取。这样就避免了等候化验报告出钢的现象, 缩短了冶炼时间。提前取样, 只要铬铁熔清, 充分搅拌, 其成分是有代表性的。

整个熔炼过程中一般只取三只样分析, 见表 2。

取样分析表 表 2

取 样 时 机	分 析 元 素
1. 熔清	C、P、Cr、Ni
2. 吹氧结束	C、(P)、Cr、(Ni)
3. 还原期(加铬铁后、换渣前)	C、(P)、Cr、Ni、(Si)、Mn

注: 有()的可不分析。

三、质量和合金元素收得率

1. 质量

快速熔炼的不锈钢的质量良好。据统计, 1974 年 ZG1Cr18Ni9Ti 共炼 174 炉, 仅有 2 炉不合格(因钛含量偏低)。钢的金相组织检验结果, 夹杂物一般在 1.5~2.5 级, 晶间腐蚀倾向试验通过。

钢的机械性能良好, 而且冲击韧性有显著提高, 冲击值 a_k 平均在 29 公斤·米/厘米²左右, 见表 3。

钢的机械性能 表 3

统计炉数	热 处 理	室 温 机 械 性 能				
		σ_s (公斤/毫米 ²)	σ_b (公斤/毫米 ²)	δ_5 (%)	ψ (%)	a_k (公斤·米/厘米 ²)
17	1050°C 保温 2 小时 水淬	22.2	56.5	55.2	58.3	29.4

2. 合金元素收得率

(1) 铬的收得率: 在采用 40~60% 返回料吹氧熔炼时, 总铬的收得率一般在 90% 左右。据统计, 1970 年 ZG1Cr18Ni9Ti 钢铬的收得率平均为 90%, 1971 年平均为 92%。

(2) 钛的收得率: 钛的收得率在工艺改进初期, 由于尚未掌握不扒渣加钛铁的规律, 故钛的收得率较低, 一般为 55% 左右。经过一段时间的摸索, 逐步掌握了规律, 严格控制渣量(不超过 2%), 充分还原炉渣, 保证适当的出钢温度等, 使钛的收得率提高并稳定在 65% 左右。据统计, 1974 年 ZG1Cr18Ni9Ti 钢钛的平均收得率为 68%。

四、结语

熔炼不锈钢只要能管理好炉料, 实行配料标准化、系列化, 大电流超载供电, 高压吹氧, 薄渣操作, 提前取样等, 就可达到快速的目的。并完全可以做到“炼一炉不锈钢比炼一炉碳钢还容易”, 冶炼时间和电耗都比碳钢少。