

转 炉 顶 底 复 合 吹 炼 试 验 资 料 汇 编

(内部资料 注意保存)

抚 顺 新 抚 钢 厂



目 录

一、对“转炉顶底复合吹炼”新工艺的工业实践及几点看法·····	1
二、六吨转炉顶底复合吹炼试验总结·····	4
三、六吨转炉采用顶底复合法生产超低碳钢操作工艺分析·····	18
四、套管式结构喷嘴的设计制造说明（六吨转炉复合吹炼单枪喷嘴）·····	24
五、六吨转炉复合吹炼镁碳质炉衬砖底枪保护砖生产工艺·····	29
六、LD 转炉从底部吹入 N_2 ， Ar 搅拌的火力模型试验——顶底复合吹炼技术研究 之一·····	31
七、顶底复合吹炼法水力模型试验——顶底复合吹炼技术研究之二·····	37
八、LD 转炉从底部吹入不同气体（ Ar 、 N_2 、 CO_2 ）钢中 $[N]$ 含量的变化—— 顶底复合吹炼技术研究之三·····	45
九、LD 转炉从底部吹入适量搅拌气体溶池中金属成份变化及炉渣形成——顶底 复合吹炼技术研究之四·····	51

对“转炉顶底复合吹炼”新工艺的工业实践及几点看法

梁 任

新抚钢厂总工程师室高级工程师

转炉顶底复合吹炼新技术在我国从八一年开始,经过鞍钢钢研所的初步研究,模拟实验,省科委和冶金局的主题讨论之后,于八二年十二月,在抚顺新抚钢厂二炼车间六吨转炉进行了工业生产试验。试验结果表明,复合吹炼这一新技术具有投资少,见效快、消耗低、质量好、经济效益高,宜于推广等特点。这一新工艺集中了“顶吹”和“底吹”转炉的特长,从而解决了它们各自不可克服的技术难点,为我国冶金工业技术进步开创了新的道路。

一、问题的提出

随着世界钢铁工业的发展,于五十年代初期,出现了氧气顶吹转炉(LD法)。此法具有高效率、高产量的特点,因而得到了逐步发展。但因其存在喷溅问题,金属收得率低,废钢用量少、温度和成份不均匀等而受到限制。六十年代末,又出现了底吹转炉(如OBM法, LWS法等)。主要由于底枪冷却介质使用碳氢化合物,常使钢中含氢量增高,从而限制了它的应用和发展。

七十年代末,八十年代初在国际上兴起了一种炼钢新工艺——转炉顶底复合吹炼。在原氧气顶吹转炉上,另装底枪(或透气砖),在顶部吹氧的同时进行底部吹气(惰性气体氩、氮、二氧化碳或氧气)。通过上下吹入的气体的搅拌作用,加速了炉内钢——渣——气三相间的反应,达到了减少喷溅,提高金属收得率,改善温度和成份均匀性目的。这种工艺具有顶吹,底吹的各自优点,而克服了两者的缺点,使转炉炼钢工艺前进了一大步。特别因为惰性气体的存在减少了炉内CO分压,对于转炉冶炼超低碳钢种,取得了令人满意的技术突破。由于这项新工艺的上述优点而在世界上得到迅速发展,引起我国钢铁界的普遍重视。

二、工业试验经过及效果

鞍钢钢研所从八一年起,进行了实验室水力模型和火力模型(50Kg炉)试验研究。

八二年四月由省科委,省冶金局在鞍钢钢研所组织了课题讨论。五月,经省三委(科委、经委、计委)一厅(财政厅)研究决定,正式列为我省“六五计划”科技攻关项目。随之由省冶金局代科委为(甲方)、新抚钢厂和鞍钢钢研所共为(乙方),鞍钢科技部为(丙方)签定了联合攻关合同。在省、局和公司、厂各级领导的积极支持下,经过厂、所、车间各级专业科技人员,干部和工人的共同努力,进行了新建专用氮气管道和吹氧,吹氩设施及仪表,设计专用底枪、新建转炉顶上料设备,委托制造专用镁碳砖等大量创造性工作。在专职人员分工、操作规程制定和贯彻,对科技人员,干部和工人进行宣传和举办专题技术讲座等方面,也做了大量试炼前期的技术准备工作。

在八二年十二月中旬,完成了各方面的试前准备工作。十二月十六日至二十七日进行了生产试验,共吹炼了217炉次。前后生产了DT₂(工业纯铁)05F、25MnSi、和普碳钢等四类钢种共1868.994吨。具体实验生产情况和结果,产品各方面性能指标及经济效益估算详见试验技术总结。(另件)

试验结果显示,复合吹炼工艺无论从技术角度看还是从经济角度看,都初步取得了显著效果。第一,从技术上看是先进的,与新抚钢厂同型转炉顶吹冶炼比较,复合吹炼时,钢液底部搅拌能力加强,顶吹氧量减少,使炉口喷溅显著减少,去C、脱P等反应加快,缩短了冶炼时间1.5—4分钟,提高金属收得率2%以上,而且钢液温度和成份均匀性也见加强,完全达到了理论上予想的工艺效果。二是从经济上对提高效益具有重大意义。复合吹炼工艺使氧气,铁合金,造渣剂等各项消耗都有所降低,和较大幅度提高了炉子吃废钢的能力(炼工业纯铁吃废钢到200Kg/T钢以上),使车间成本吨钢降低达9元以上。如果大批生产超低碳钢无论是产值还是利润都将大大提高。三是从满足社会需要,适应“四化”建设开辟了广阔前景。试验生产的05F大锭(鞍10T钢锭)计划用于“镀锌锅”及深冲薄板的生产,这是当前工业上和日常生活中大量需求的;而工业纯铁是一种广泛应用于电器、电讯、电工仪表和特殊钢的原料,如此次试制中生产的“DT₂”就由抚顺钢厂再炼为特殊钢种,使用于我国通讯卫星上,给大家以很大鼓舞。总之这项品种的扩大生产,对于提高人民生活水平和发展国防尖端工业无疑具有重大的战略意义。四是从推广应用上具有重大现实意义。复合吹炼设备简单便于操作,能够较快地大面积推广应用。投资少、见效快,在我国绝大部分现行的转炉生产车间,增设制氧副产品氮气和氩气的一些简单设备,在不影响生产的情况下就可以推行采用。

综上所述,转炉复合吹炼在技术上是先进的,工艺上是可行的,经济效益上是显著的,很适合在冶金生产中为扩大品种,提高质量降低消耗而实际应用。这项攻关项目的上述结论,已经在八三年四月中旬由省科委、经委、计委、省冶金局领导组织的,有40多位炼钢专家、教授、工程技术干部和各钢厂领导干部参加的成果签定会议上得到通过认定。

三、点滴建议

在六吨转炉上进行“顶底复合吹炼”是我省八二年科技攻关项目中实现较快的项目,明显地体现了我国炼钢工业发展,靠科学进步的重要性和必然性,当前迫切需要的

是肯定成果和继续努力，推广采用，以期取得更大的实际效益。为此，我们提出如下建议：

1. 把15吨以下小转炉全部改造成顶底吹转炉，以发挥小转炉的优势。

82年冶金部涟源会上提出要求各地方厂把10吨以下的氧气顶吹转炉改成15吨氧气顶吹转炉。今年五月份冶金部召开的冶金规划会上提出的“钢铁工业工艺和装备政策”上明确指出，15吨以下转炉要改成20吨以上转炉。冶金部所以要求改造15吨以下转炉，就是因为这种转炉的消耗成本高、经济效益低。我厂6吨氧气顶吹转炉，是列为改造的对象。我们认为，如果改成15—20吨转炉，而它应是属于小转炉系列、只能说效果比6吨转炉好一些。但它与150吨转炉比，消耗、成本和效益都不及大转炉。如果再与大转炉生产同样产品，那就势必使小转炉失去生存能力。因此小转炉生产应避免开与大转炉的产品竞争，应充分发挥小转炉的优势，采用复合吹炼工艺，向合金钢和高合金钢品种发展，与电炉争夺民用合金钢市场。这就是小转炉生存的必由之路。小转炉的优势就是一次出钢量少，因此生产的品种灵活性较大（多品种小批量），在炉内，钢包内的钢水温度成份以及钢锭的偏析程度都优于大转炉，有类同于电炉生产工艺（工艺流程）的优点。如果在小转炉上采用复合吹炼工艺，稍加炉外处理设备，就可以突破合金钢和高合金钢的生产工艺。采用这种工艺生产在产量，生产周期，能源消耗和所取的原料上都优于电炉工艺，所以说小转炉采用复合吹炼工艺稍加炉外设备，生产合金钢。这种工艺是一条优于电炉工艺的路线，是小转炉生存之路。

2. 按着复合吹炼的工艺特点和设备生产特点，开创新产品试制研究，小转炉采用复合吹炼工艺适于生产超低碳钢，这种钢目前在大转炉、电炉都不能生产、国内只是在小转炉、AOD和VOD精炼炉中生产。因此，生产这种钢很有竞争能力。超低碳钢生产以工业纯铁为基础、在这个基础上可以发展深冲钢，马口铁，超低炭砂钢，不锈钢等，这些钢种在国内一般电、转炉设备都不能生产，还应结合喷射冶金、炉外精炼为转炉钢扩大品种开拓新途径。

3. 应把六吨转炉中间试验成果，尽快推广到所有的大转炉上，这样就会大大推动冶金生产的发展。

六吨转炉“复合吹炼”新工艺的中间试验成果虽然是初步的，但必将变成新的巨大生产力，在创造炼钢生产新局面中起重要作用，我们要在应用、发展这一新工艺的道路上不断探索，总结经验，为我国钢铁工业的飞速发展做出更大的贡献。

六吨转炉顶底复合吹炼试验总结

张家裕 王风芹

新抚钢厂 科研室

转炉顶底复合吹炼炼钢法，是在顶吹转炉的基础上，从底部吹入适量的搅拌气体，使其兼有顶吹和底吹转炉优点的一种新的转炉炼钢工艺，它具有投资少、见效快，适用于顶吹转炉车间扩大品种，提高质量，降低成本的需要。这一新工艺的出现，引起各国炼钢工作者的关注，同时也引起了辽宁省科委和省冶金局及鞍钢和新抚钢厂的重视。

鞍钢钢铁研究所八一年以来，对转炉顶底复合吹炼进行了研究，先后做了火力模型及水力模型试验。在此基础上，省科委及省冶金局于82年4月23日在鞍钢组织了主题论证，从而确定开展转炉顶底复合吹炼的试验研究，并于5月19日省冶金局与新抚钢厂和鞍钢钢铁研究所签订了合同，在新抚钢厂六吨转炉上进行顶底复合吹炼工业性生产试验。

本试验，在省冶金局的正确领导下，仅用四十余天完成了一千二百多米氮气管线施工工程，为试验奠定了良好基础。

试验是从12月16日开始至12月27日进行了一个炉役，炉令一举突破200次，炉底寿命基本达到同期新抚钢厂顶吹转炉水平，而且冶炼了05沸和工业纯铁DT₂等钢种，共生产钢1868.994吨，钢锭合格率为95.92%。详见表1：

表 1 顶 底 复 合 吹 炼 生 产 情 况

钢 种	出钢量 (T)	合格量 (T)	废 品 量 (T)								合 格 率 (%)
			成份	温度	上涨	缩孔	跑钢	漏钢	其它	计	
05沸	110.443	109.286		1.157						1.157	98.95
DT ₂	46.132	31.291	9.712	2.831		1.160			1.134	4.841	67.83
25MnSi	629.236	624.615		0.607		1.80		1.00	1.214	4.621	99.30
普 碳	1083.133	1027.442		5.985	37.636	2.360	1.214	8.489		55.691	94.86
合 计	1868.944	1792.634	9.712	10.584	37.636	5.320	1.214	9.489	2.348	76.310	95.92

一、设备情况

新抚钢厂二炼车间，现有二座六吨顶吹氧转炉进行生产。82年产量达128, 873吨，

各项生产指标日趋提高，平均炉令达 231 次，钢锭合格率为 97.91%。但由于炉役前期超装过多，喷溅严重，设备改造仍未完善，因此作业率低，成本高，品种单一。通过这次采用转炉顶底复合吹炼新工艺试验，为小型转炉车间降低成本，扩大品种、提高经济效益创出一条新路子，而且为大型顶吹转炉改造成复合吹炼转炉提供中间试验依据。

1. 试验炉

复合吹炼转炉，除在顶吹转炉炉底开孔增设底吹喷枪外，在原操作室里增设底吹操作台及仪表，氩气汇流排等。这次试验设备改造，施工量小，操作可靠，简便易行，基本满足试验要求。该试验自吊装新炉开始，安装喷枪，接通管道，冷态测试，空载运转等工作，仅用16个小时。试验完毕后，拨枪堵眼仅用一小时，即立刻恢复顶吹转炉操作继续生产，做到生产、试验两不误。

2. 底吹系统：

为满足转炉复合吹炼及新抚钢厂高炉煤粉喷吹工艺，增设了自氧气厂到二炼车间的氮气管线，总管采用 $\phi 108 \times 4.5\text{mm}$ 的无缝钢管，总长度为一千二百多米，试验时是用一台 W—180/8 的空压机输送工业纯氮，高峰流量为 $200\text{Nm}^3/\text{小时}$ ，输送压力为 $6\text{—}6.5\text{kg/cm}^2$ ，试验期间表明设备运转正常。

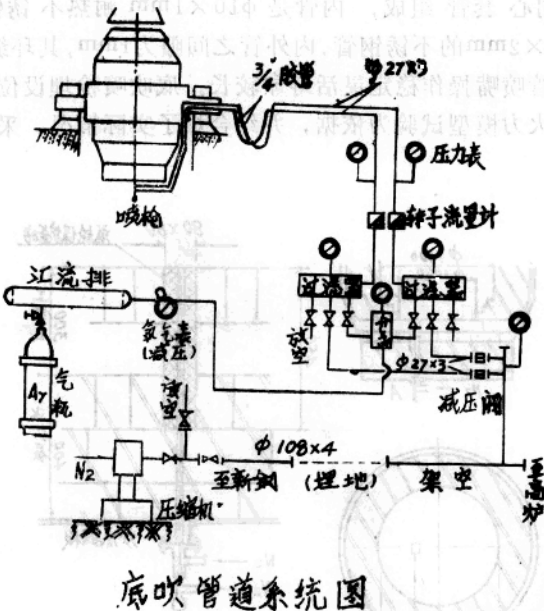


图2—1 底吹管道系统图

喷枪流量

本试验采用转子流量计计量并有二次仪表记录显示和累计。为了监视底枪在保护套砖喷枪孔内壁上距炉底工作面300mm处，装有一支连续测温装置。底吹供气系统如图1所示。

3. 底吹喷枪及其安装

底吹喷枪是顶底复合吹炼的关键设备。其底吹喷枪结构如图2所示。

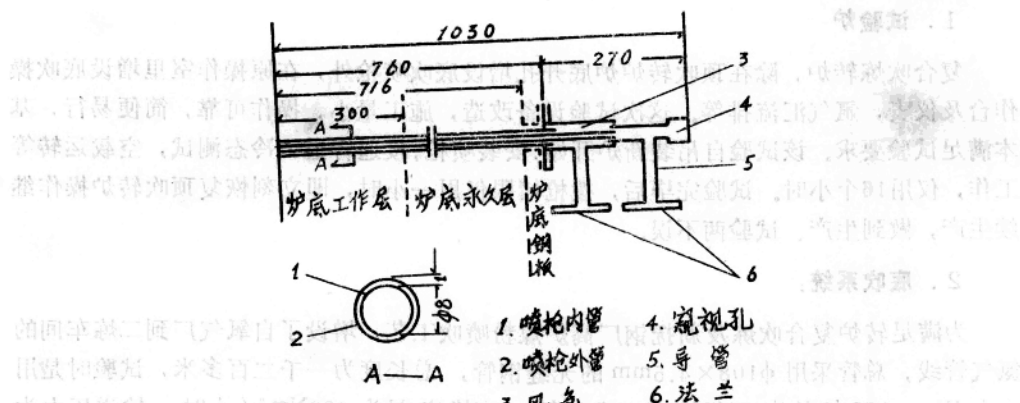


图2—2 底吹喷枪结构图

喷枪是由两根同心套管组成，内管是 $\phi 10 \times 1$ mm 耐热不锈钢管，其截面积为 50.3mm^2 ，外管为 $\phi 16 \times 2$ mm 的不锈钢管，内外管之间隙为1mm，其环缝面积为 25.6mm^2 ，试验表明，这种双套管喷嘴操作稳定灵活寿命较长。底吹喷枪埋设位置及其喷枪安装方法，是以水力模型和火力模型试验为依据，并结合炉子实际情况，采用如图3所示的喷枪埋设方式。

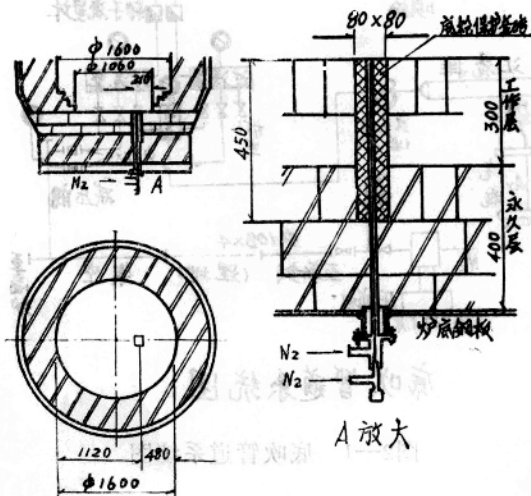


图2—3

喷枪保护套砖采用镁碳砖，含碳量为17%

4. 炉衬砖的砌筑

这次砌筑采用综合砌筑法，除耳轴和炉底采用镁碳砖外，其余部位均采用二钙砖。耳轴部位，是从熔池第十二层砖开始砌五层镁碳砖。每层六块，其内表面积为 $400 \times 600 \text{ mm}^2$ 。炉底工作层砌二层镁碳砖，其厚度为300mm，用二钙砖砌永久层，厚度为400mm，砌筑情况见图4。

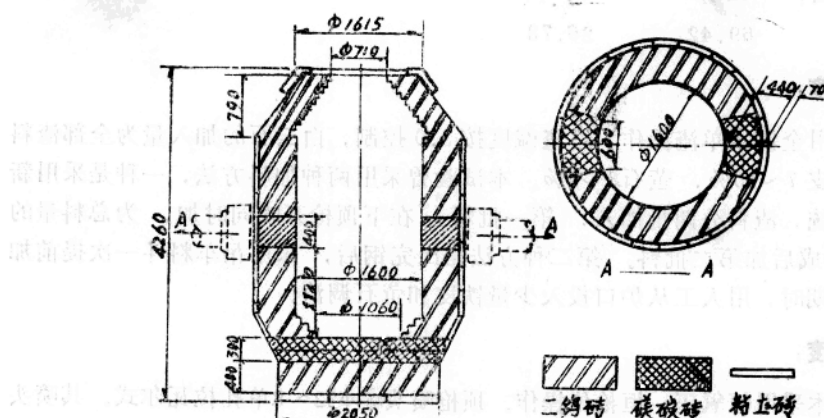


图2—4 复合吹炼炉衬砌筑图

二、冶炼工艺概况

1. 冶炼操作

开新炉操作是采用铁水烘炉法，除第一炉装入量为9吨外，其余装入量均控制在10.5吨左右。其炉容比为0.52。观察整个吹炼过程，吹炼比较平稳，喷溅较少。这主要是由于底部吹入气体，加强溶池搅拌，使冶炼过程中钢—渣—气间反应趋于平衡。因此避免激烈的碳氧反应所造成的爆发性喷溅，这不仅达到碳温控制协调，而且提高金属收得率。

2. 原材料成份：

铁水成份(%)：

C	Si	Mn
4.12	1.02	0.18
3.7~4.4	0.6~2.1	0.15~0.21
P	S	
0.073	0.032	
0.043~0.083	0.015~0.041	

造渣剂成分(%)：

石灰：	CaO	SiO ₂	MgO
	79.23	1.68	5.55
白云石：	30.59	1.28	21.04
铁皮：	TFe	SiO ₂	
	70±2	4±1	
萤石：	CaF ₂	SiO ₂	
	69.42	26.78	

3. 造渣制度：

造渣制度采用全铁水单渣操作，终渣碱度按 3.0 控制，白云石的加入量为全部渣料量 10—15%，铁皮 7~10%，萤石 3~5%。本试验曾采用两种加料方法，一种是采用新增设的顶上线料系统，渣料分两批加入，第一批料，在下顶枪开吹同时加，为总料量的 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{3}{8}$ 。初渣形成后加第二批料。第二种方法是出完钢后，采用吊车料斗一次提前加入，在吹炼反干期时，用人工从炉口投入少量铁皮和萤石调渣。

4. 供氧制度：

这次试验基本采用恒氧压，恒枪位操作。顶枪喷头是 $\phi 22 \sim 8$ 单孔拉瓦尔式。其喷头冷态测试结果，压力与流量有如下关系式：

$$Q = 3.915P$$

Q——喷头流量 标米³/分

P——工作压力 公斤/厘米² (表压)

其供氧强度为 2.85~3.48 标米³/分·吨。

吹炼枪位，一般控制在 600~750 毫米。

5. 底吹操作

试验中底吹气体主要是工业纯氮，其次是氩气。其供气强度采用 0.15~0.23 标米³/分·吨，吹炼过程中，根据冶炼钢种及炉内情况，可适当调节底吹流量和进行氮氩置换操作。实际操作中里管、环缝的流量及压力见表 2。

表 2

参数名称	工 作 压 力	流 量
	(公斤/厘米 ²)	(标米 ³ /小时)
里 管	3.5~5.0	60~108
环 缝	4.0~5.5	30~40
总 计		90~148

三、试验结果

1. 吹损

在试验中,对转炉顶底复合吹炼情况进行了标定,其标定结果列于表3。由表3看出,平均吹损为10.58%,比顶吹转炉减少2.27%。

$$\text{吹损}(\%) = \frac{\text{装入量} - \text{出钢量}}{\text{装入量}} \times 100\%$$

其中装入量包括合金加入量。

表3 复合吹炼及顶吹吹损情况

吹炼方法	炉次	冶炼钢种	装入量(吨)	出钢量(吨)	吹损%
转炉 顶底 复合 吹炼 法	162	25MnSi	10.94	9.84	10.05
	163	25MnSi	11.64	10.547	9.39
	164	25MnSi	12.14	11.047	9.01
	88	普碳钢	11.20	10.090	9.91
	89	普碳钢	10.90	9.840	9.72
	93	普碳钢	11.10	9.947	10.39
	66	普碳钢	11.80	10.647	9.71
	103	05沸	11.35	10.200	10.13
	104	05沸	11.35	10.150	10.57
	127	05沸	11.55	10.140	12.21
	128	05沸	11.75	10.360	11.83
	144	05沸	11.05	9.700	12.22
	145	05沸	12.15	10.647	12.37
	平均				10.58
顶吹法	炉役中期	25MnSi			12.85

(注) 顶吹吹损是82年标定16炉平均数字。

2. 缩短冶炼时间,降低氧耗

顶吹氧转炉溶池搅拌,就是靠高速氧流的冲击及脱碳反应而形成的。特别是吹炼后期,在低碳范围时,由于C—O反应速度的降低,溶池搅拌强度也相应下降,但在顶底复合吹炼操作中,由于从炉底向溶池吹入一定量气体,引起底部钢液的搅拌,从而加强了整个溶池搅拌强度。促进钢—渣—气间的反应产物的扩散速度,即改善了脱碳反应的动力学条件。同时由于底部惰性气体的吹入,使炉气中的Pco降低,也促使脱碳速度加快。因此冶炼时间比顶吹缩短1分54秒~4分33秒。随冶炼时间缩短,氧气耗量也相应降

低9.3~16%。把缩短冶炼时间按钢种列于表4。

表4

复合吹炼法与顶吹法吹炼时间比较

吹 炼 方 法	普 碳 钢 及 25MnSi		DT ₂ 及05沸	
	炉 数	时间 (分·秒)	炉 数	时间 (分·秒)
顶 吹 法	50	20.22	3	28.20
复 合 法	201	18.28	16	23.47
缩短时间 (分)		1.54		4.33

3. 渣中 (FeO)

钢中 [C] %和渣中 (FeO) %的分布点如图5所示。复合吹炼终点渣46炉, 其平均 (FeO) %为9.27。而43炉顶吹法平均为14.25, 特别是冶炼超低碳钢, 当 $C < 0.03\%$ 时, 复合吹炼渣中 (FeO) 为20%左右。而顶吹法渣中 (FeO) 为34.5—40.0%, 说明在低碳范围由于 P_{CO} 降低, 使碳氧化反应容易进行, 故渣中 (FeO) 比顶吹法明显下降。

4. 钢中 [Mn] 氧化

由于复合吹炼法炉渣中氧位相对较低, 终点钢中的碳和残锰关系如图6所示。

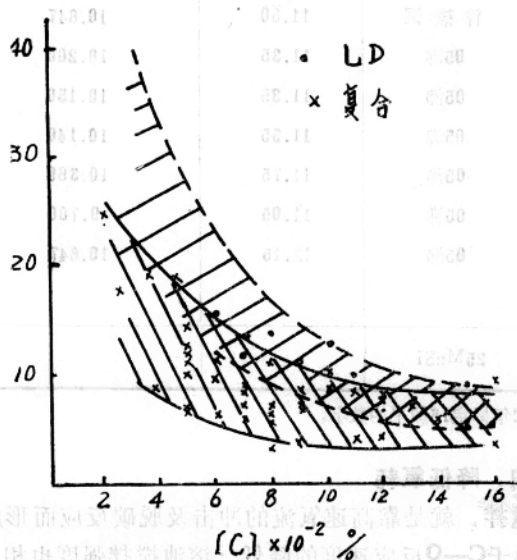
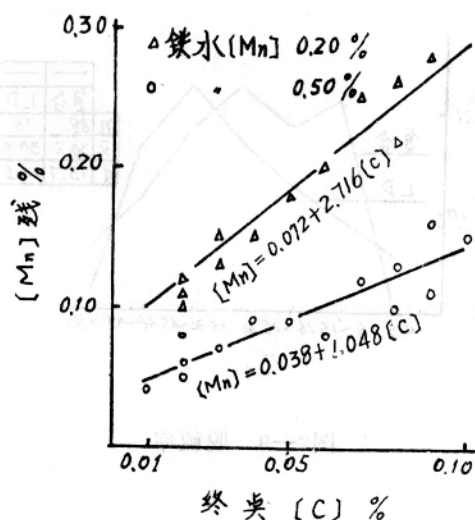


图2—5 钢中 [C] %和渣中 (FeO) %的分布图



复合吹炼终点钢碳与残锰关系

图2—6 复合吹炼终点钢碳与残锰关系

同时锰铁脱氧效果也相应提高，因而降低锰铁合金消耗，通过对复合吹炼40炉，顶吹冶炼30炉25MnSi的成品钢中含锰统计比较，前者比后者平均高0.09%，即为了得到同一含锰量，用复合吹炼法比顶吹法可少消耗1.6公斤/吨钢锰铁。

炉渣碱度及脱硫脱磷

在白灰加入量相同的情况下，其终渣碱度如图7所示。从图中可看出，复合吹炼法较顶吹法终渣碱度提高0.2，说明复合吹炼法化渣能力较强，石灰溶化率比顶吹高。因此，尽管复合吹炼渣中（FeO）含量较低，可脱磷能力仍不亚于顶吹转炉。其脱磷率平均值为78.9%。比顶吹转炉高3.9%。两者脱硫率基本相同。（参见图8、图9）

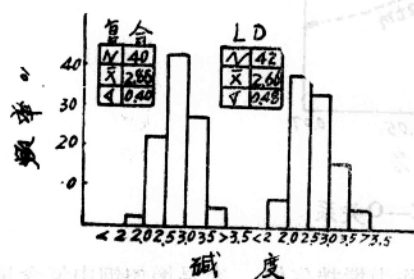


图2—7 终渣碱度

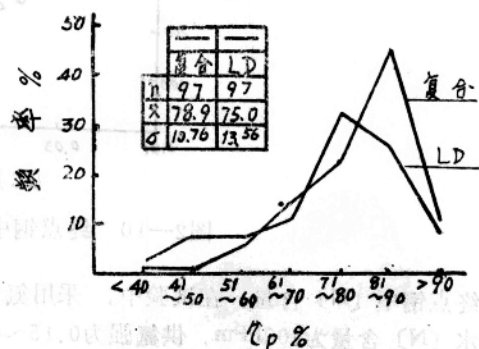


图2—8 脱磷率

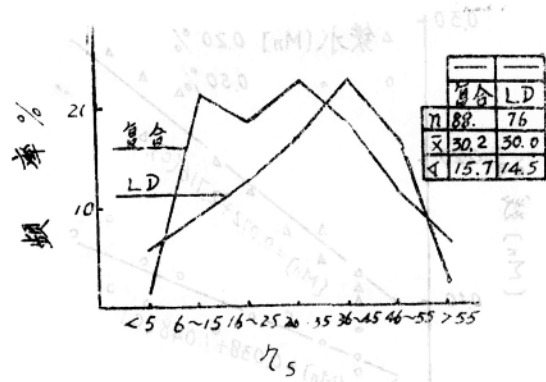


图2—9 脱硫率

终点钢中气体含量

终点钢中C—O关系，终点钢中〔O〕与〔C〕的关系如图10所示。钢中氧含量散点均在 P_{CO} 为1大气压和0.5大气压的1600°C平衡曲线之间波动。这是由于从底部吹入气体可使 P_{CO} 降低的缘故。因此，在碳含量较低的情况下，脱碳反应易进行，当钢中〔C〕在0.02%—0.04%时，其钢中〔O〕含量为363—850PPm。

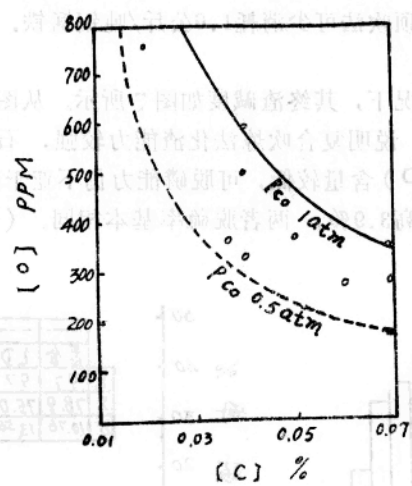


图2—10 终点钢中C—O关系

终点钢中〔N〕含量：在试验中，采用氮气作为搅拌气体，容易增加钢中氮含量。当铁水〔N〕含量为400PPm，供氮强为0.15~0.23标米³/分·吨时，终点钢中〔N〕含量为50—100PPm。当采用置换氩气操作时，可使钢中〔N〕含量降到40PPm以下，含〔N〕量的变化见表5。

表 5

6 T转炉复合吹炼终点钢中〔N〕含量

搅 拌 条 件	铁 水 〔N〕 PPm	终 点 钢	
		炉 数	〔N〕 PPm
全程吹氮气搅拌	36—42	24	50~100
用氩气置换氮气搅拌		5	30~40

— 终点钢中氢含量:

对6吨转炉顶底复合吹炼终点钢中氢含量进行6炉分析为1.5~2.7PPm, 其含〔H〕量与顶吹法没有差异。

四、炉衬寿命与底枪烧损

此次试验, 底枪寿命达 217 次, 然后拨枪进行堵眼处理, 又继续用顶吹法冶炼, 一直生产到计划停炉检修, 连续累积其炉令为 247 次。整个炉役结束后, 对炉衬浸蚀情况进行实测, 并与下个炉役的顶吹法炉衬浸蚀情况相比较, 其实测情况见图11和表 6。由图和表中看出, 采用转炉顶底复合吹炼后, 由于喷溅减轻而且底部吹入惰性气体, 炉膛的还原性气氛较好, 故炉帽浸蚀速度比顶吹大有降低。

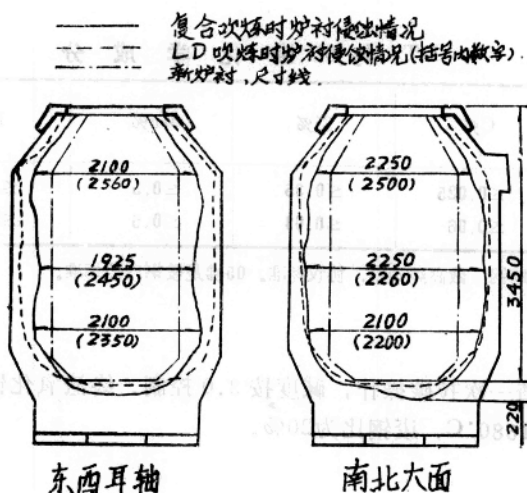


图 2—11 炉衬浸蚀情况

炉底喷枪寿命主要依赖于喷枪周围的耐火材料。试验吹至80炉左右时, 连续吹炼两炉超低碳钢, 发现底枪周围炉底砖整块脱掉, 其原因是砖缝之间咬合不严所致。

另外, 在炉役前期, 两次高炉休风, 铁水成份, 温度不稳定, 加之设备故障较多, 使冶炼操作难以正常, 也影响喷枪及炉底使用寿命。尽管如此, 底吹喷枪仍工作 150.4 小时, 其平均烧损速为 1.46 毫米/小时。

表 6

炉 衬 浸 蚀 情 况

测 量 部 位	复 合 法	顶 吹 法
炉 帽 (毫米/炉)	1.3	2.4
耳 轴 (毫米/炉)	0.7	1.5
炉 底 (毫米/炉)	0.9	0.4
炉 令 (次)	247	287

综合上述, 提高底吹喷枪使用寿命, 不仅取决于喷枪基本参数选择和操作的稳定性, 而且底吹喷枪周围的耐火材料性能及其维护也是相当重要的。

五、冶炼的钢种

本试验冶炼了工业纯铁DT₂, 镀锌钢用05沸钢, 螺纹钢 25MnSi及普通碳素钢。

工业纯铁是一种软磁材料, 广泛应用于电器、电讯、电工仪表和国防尖端部门。05沸主要用于镀锌钢和深冲搪瓷板等。然而这种用处广泛的超低碳钢, 是顶吹转炉难以冶炼的钢种。为充分发挥转炉顶底复合吹炼的优越性, 试验了DT₂钢号五炉, 05沸十一炉, 现将冶炼情况简述如下。试验钢种的化学成分要求列于表 7。

表 7

DT₂ 与 05 沸 化 学 成 分

钢 号	C%	Si%	Mn%	P%	S%
DT ₂	≤0.025	≤0.35	≤0.5	≤0.025	≤0.015
05沸	≤0.06	≤0.03	≤0.5	≤0.035	≤0.040

(注) DT₂供抚顺钢厂做高纯炉料, 协议标准。05沸是鞍钢内控标准。

1. 冶 炼

冶炼时采用单渣一次拉碳操作, 碱度按 3.0 控制, 终渣氧化铁控制在 20% 以下, 出钢温度为 1650°C—1680°C, 废钢比为 20%。

2. 浇 铸

在浇铸时DT₂采用10.5时方型镇静钢锭模进行下铸。水口直径φ50毫米。每盘浇铸15—16支锭。为防止浇铸过程增碳, 采用石蜡草圈保护浇铸。而05沸采用两种模型, 一种是采用F×10.7吨瓶口沸腾钢锭模进行上铸, 水口直径φ50毫米铸速控制在2.0~3.5分钟, 铸后用铝封顶; 另一种采用10.5时方型沸腾钢锭模进行下铸, 铸完后用压盖封顶。浇铸过程中观察, 模内沸腾良好, 经脱模后, 其表面质量较好。成品钢化学成分列于表 8。其钢锭合格率情况参见表 1。由表 1 看出, DT₂合格率较低, 原因是其中一炉误操作, 造成规格外钢。

试验结果初步表明,采用转炉顶底复合吹炼法,能冶炼出05沸,DT₂等超低碳钢;整个冶炼过程操作顺利,简便易行,用一般普通原料即可冶炼超低碳钢种。

表 8 复合法冶炼05沸和DT₂成品钢化学成份

炉 号	钢 种	成 品 钢 化 学 成 份 (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
87040	05F	0.038	0.02	0.43	0.010	0.014	0.07	0.08	0.06
87041	05F	0.018	0.032	0.27	0.005	0.013	0.07	0.08	0.06
87056	05F	0.037	0.02	0.25	0.018	0.021	0.12	0.08	0.10
87062	05F	0.025	0.02	0.29	0.012	0.015	0.08	0.08	0.08
87076	05F	0.034	0.02	0.20	0.002	0.039	0.08	0.05	0.08
87077	05F	0.015	0.03	0.14	0.012	0.02	—	—	—
87094	05F	0.03	0.02	0.28	0.009	0.18	0.08	0.08	0.08
87095	05F	0.06	0.02	0.37	0.018	0.023	0.08	0.08	0.08
87110	05F	0.025	0.02	0.20	0.014	0.028	0.02	0.04	0.02
87111	05F	0.05	0.02	0.26	0.013	0.033	0.02	0.04	0.02
87112	05F	0.025	0.02	0.10	0.026	0.034	0.02	0.04	0.02
87021	DT ₂	0.023	0.02	0.09	0.010	0.017	0.07	0.07	0.05
87022	DT ₂	0.0235	0.20	0.14	0.015	0.014	0.07	0.07	0.05
87024	DT ₂	0.0245	0.23	0.16	0.015	0.018	0.07	0.07	0.07
87180	DT ₂	0.02	0.02	0.06	0.014	—	—	—	—
87037	DT ₂	0.068	0.43	0.19	0.008	—	—	—	—

六、技术经济指标与经济效益估算

转炉顶底复合吹炼技术经济指标与顶吹转炉法比较情况列于表 9。

表 9 复合法和顶吹法主要指标比较表

项 目	复 合 法	顶 吹 法
平均装入量(吨)	10.5	10.5
冶炼超低碳钢时废钢比%	20	—
纯吹氧时间(分.秒)	18.28	20.22
吹损(%)	10.58	12.85
氧耗(米 ³ /吨)	55.1	60.8
底吹气体单耗(米 ³ /吨)	N ₂ : 8.6; Ar: 2.8(5炉)	—
合金料消耗(公斤/吨钢)	节约Mn—Fe 1.6	0
石灰单耗(公斤/吨钢)	85	85
终渣碱度	2.86	2.66
终渣氧化铁(Feo)(%)	9.27	14.25
脱磷效率ηp(%)	78.9	75.0
脱流效率ηs(%)	30.2	30.0
拉碳能力(%)	0.025以下	0.04