

钢包吹氩工艺在我厂电炉钢生产中的应用

电炉钢包吹氩试验组*

(陈梧炽 执笔)

一、引言

钢包吹氩是炉外精炼方法之一,其工艺和设备简单,投资少,见效快,所以近年来国内外广为采用,它已成为电炉钢生产实现优质、高产的一种重要手段。

目前,我厂电炉车间电炉钢的生产主要采用炉内精炼工艺。但是,由于电炉熔池沸腾较差,钢渣界面小,反应速度慢,还原时间长,因此炉衬浸蚀较严重,钢液吸气量也较大。特别是在出钢和浇注过程中,钢液要进一步吸气并二次氧化,这就恶化了金属的纯度,从而造成电炉钢一些钢种的质量问题。1979年我厂电炉车间在钢液浇注前采用钢包吹氩进行精炼,两年中共有18个钢种、269炉钢经钢包吹氩后,有效地提高了钢的纯度,中碳易裂钢的钢锭开裂问题得到了较好解决,碳钢的冶炼时间缩短,电耗降低,有些钢种经过吹氩后达到了高标准的质量要求。实践证明,钢包吹氩对于提高电炉钢质量是卓有成效的。

二、吹氩方式的确定

我厂电炉车间有5 T电炉一座,配套钢包为10 T。因为钢包吨位小,我们选择了钢包底部吹氩方式,即氩气通过管道和安装在钢包底部的透气砖及其密封装置吹入钢液。这种吹氩方式,钢液沸腾均匀,氩气泡自下而上运动,氩气流能遍布全钢包,氩气利用率高,有利于排除气体和夹杂,还可以避免顶吹氩时耐火材料对钢液的沾污。钢包吹氩装置如图1所示。

介绍,在耗氩量一定的情况下,采用大流量、短时间吹氩方式且保证合适的吹氩强

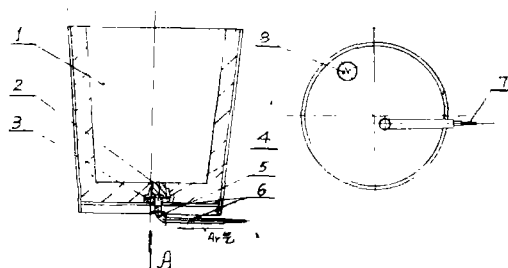


图1 钢包吹氩装置

- 1、钢包 2、透气砖 3、透气砖套
4、密封垫圈 5、弯头 6、吹氩管
7、快速接头 8、水口

三、吹氩工艺参数的选择

钢包吹氩的精炼效果如何,与吹氩工艺参数的选择有密切关系。根据有关资料

* 直接参加此工作的人员有:

高秀根、莫定伦、赵殿玺、顾维、胡家学、邢贵、屈兴贵、陈章、王代洲、谢国华、章声银等。

度,可以获得最佳精炼效果。下面简介我们选择吹氩工艺参数的情况。

1、耗氩量的确定

耗氩量与精炼效果有一定的对应关系。在吹氩系统不漏气的前提下,耗氩量大,精炼效果好。如果耗氩量偏低,氩气的精炼作用受到限制,吹氩就只能起到搅拌钢液、均匀温度和化学成份的作用。

耗氩量的大小由透气砖个数及其理化性能、吹氩时间、氩气压力等因素决定。我厂电炉车间所用10 T钢包底面积较小,为保证钢包有足够强度,我们只选用一块透气砖。最初我们选用的透气砖规格为 $\phi 75-90 \times 140 \text{ mm}$,因气孔率较低,加之吹氩系统漏气,影响了吹入钢液的氩气流量,精炼效果不理想。后来,我们采用 $\phi 120-160 \times 160 \text{ mm}$ 大截面、高气孔率的透气砖,同时解决吹氩系统有关装置的密封问题,耗氩量波动范围保持在 $0.043 \sim 0.38 \text{ M}^3/\text{T}$ 之间,平均耗氩量 $0.159 \text{ M}^3/\text{T}$,取得的精炼效果一直很好。

2、吹氩时间的确定

在吹氩系统不漏气、氩气压力一定的前提下,吹氩时间长,耗氩量大,精炼效果好。但是吹氩时间过长,钢液温降大,流动性变差,影响吹氩的精炼作用。加之,我们使用的塞杆钢包是在高温钢液和炉渣的冲刷和浸蚀下作业,如果吹氩时间过长,塞杆蚀断或耐火材料浸蚀剥落,钢液就被重新沾污。我们根据反复实践的经验,将吹氩时间确定为5分钟。

3、氩气压力的确定

氩气压力直接影响氩气泡的形态和吹氩强度及精炼效果。在吹氩系统不漏气,透气砖性能良好的前提下,氩气压力大,对钢液的搅动力就强,有利于强化精炼效

果。但氩气压力过大,氩气流波及的范围就变小,与钢水的接触面积也随之减小,这就不利于精炼。我们在对38CrMoAlA钢进行吹氩精炼时,最初选定的氩气压力是 $3 \sim 6 \text{ kg/cm}^2$,由于吹氩系统密封不严,操作经验不足,吹氩时氩气压力高达 8.5 kg/cm^2 ,造成大沸腾和喷溅,使钢液裸露。吹氩结果,38CrMoAlA钢中氢含量由吹氩前的3.9ppm上升到4.3ppm,增气率达到了10.26%。由此可见,过大的氩气压力是不适宜的。

钢包吹氩的压力是指氩气瓶的出口压力。瓶装氩气在使用前处于常温状态。当氩气从管道吹入透气砖时,温度骤升几百度。氩气受到透气砖的限制,在体积增加不多的情况下,根据气态方程 $PV = nRT$ 可以算出,氩气压力将增加数十倍。待氩气进入 1600°C 左右的钢液中时,体积和压力又增加数倍,所以较小的开吹压力,即可保证钢包内氩气流能获得较高的氩气压力。另外,开吹压力小,氩气通过透气砖时形成的氩气泡直径就比较小,有利于加大氩气泡与钢水的接触面积。根据不同钢种多炉试验的结果,我们将氩气压力工艺参数定为 $1-3 \text{ kg/cm}^2$ 。

4、镇静时间的确定

为巩固精炼效果,保证吹氩后钢中气体和夹杂有充分的上浮时间,吹氩后要有一定的镇静时间。一般工艺的镇静时间为 $5' \sim 8'$ 。但,钢包吹氩时,因吹氩要降温,所以出钢温度比一般工艺提高 $10-20^\circ\text{C}$ 。钢液温度高,钢包的耐火材料被冲刷和浸蚀也比较严重,这种情况下,如果镇静时间过长,既不安全,产品质量也要受到影响。因此,我们将吹氩后的镇静时间定为 $\geq 3'$ 。

四、钢包吹氩的效果

钢包吹氩可以净化钢液，这是因为吹氩时，氩气通过钢包底部透气砖不断吹入钢中，形成大量小氩气泡。氩气泡对钢液中的氢、氮等有害气体相当于一个真空室，钢中氢、氮等有害气体向氩气泡中扩散并随之排出钢液；氩气泡上浮时，钢液被搅动，钢中夹杂物相互碰撞并聚集长大，然后被氩气泡吸附并随其上浮一并排出钢外；由于氩气流的搅拌作用，促进了钢中碳氧反应，因而生成CO逸出钢外，从而起到脱氧作用。钢包吹氩具有去气、脱氧和排除夹杂等作用，所以钢的纯度高，质量好。我厂电炉车间实施钢包吹氩所取得的具体效果如下：

1、20钢采用钢包吹氩工艺，缩短了电炉冶炼时间，提高了生产率，降低了电耗。

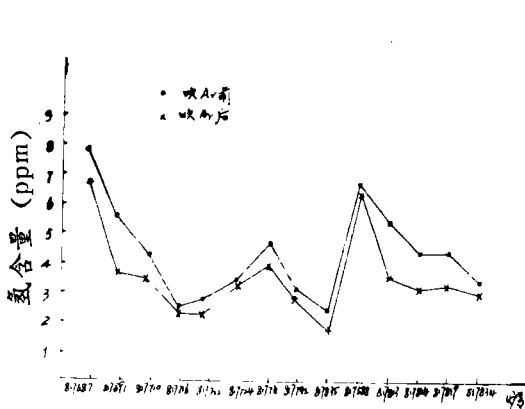


图2 吹Ar前后钢中氢含量对应图

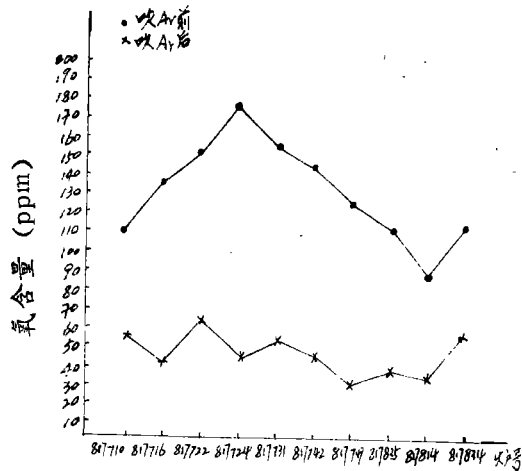


图3 吹Ar前后钢中氧含量对应图

我厂电炉车间每年所冶炼的钢中碳钢占很大比重，其中常炼钢种20钢的性能要求一般来说不是很高。由于钢包吹氩具有去除气体和夹杂的作用，所以我厂电炉车间在实施钢包吹氩炉外精炼时便取消了20钢的还原期，将原来的三期冶炼改为二期冶炼，即将钢液的去气和排除夹杂、脱氧、合金化等精炼任务部分或全部由炉内移到炉外通过钢包吹氩来完成。20钢取消还原期实施钢包吹氩后，去除气体和夹杂的效果好（详见表1、图2和图3），钢的高倍和发纹得到改善，并且改善了钢锭的结晶状态（详见表2），提高了钢的强度和塑性（见表3），每炉钢的冶炼时间平均缩短74分钟，每吨钢电耗降低95.6度。我厂电炉车间按年产碳钢10,500吨计算，吹氩后全年可多产钢约2,700吨，节约电约120万度（见表4）。

表1

检验项目 工艺	[H] PPm				[N] PPm				[O] PPm				夹 杂 %			
	试样数(个)	最高	最低	平均	试样数(个)	最高	最低	平均	试样数(个)	最高	最低	平均	试样数(个)	最高	最低	平均
吹Ar前	14	7.8	2.2	4.35	4	56	41	49.8	10	177	88	131	8	0.038	0.012	0.027
吹Ar后	14	6.8	1.7	3.57	4	56	38	49.3	10	57	31	47.1	8	0.026	0.007	0.0136

表2

检验项目 工艺	高 倍			低 倍			塔 形		
	试样数	氧化物	硫化物	试样数	一疏 般松	试样数	结 果	无发纹率 %	
吹 Ar	8	1.0—1.5	1.5—2.5	8	0.5—1.0	9	7炉无发纹 1炉合发纹一组 1炉发纹不合	77.79%	

* 按YB—71标准增检高低倍及塔形。

表3

检验项目 工 艺	σ kg/mm ²				σ_s kg/mm ²				σ_s %			
	试样数(个)	最高	最低	平均	试样数(个)	最高	最低	平均	试样数(个)	最高	最低	平均
吹 Ar (无还原期)	20	55.7	47.1	51.88	20	43.9	35.3	38.31	20	31.8	23.7	28.21
不吹 Ar (有还原期)	22	52.8	48.4	50.6	22	38.6	33.5	35.7	22	32	21.7	27.6
标 准 YB231—70	≥ 40				≥ 25				≥ 20			

表4

工 艺	平均冶炼时间 (时:分)			电 耗 (度/t)		
	最 长	最 短	平 均	最 高	最 低	平 均
吹 氩 (无还原期)	4:19'	2:40'	3:21'	683	593	636.4
不吹氩 (有还原期)	4:35'			732		

2、钢包吹氩满足了某些钢种对性能方面的特殊要求。

我厂电炉车间经常冶炼各种特殊用途的钢种。这些钢种按一般工艺冶炼往往满足不了在性能方面的特殊要求。1978——1979年我厂电炉车间冶炼了供汽缸套使用的38CrMoAlA钢。这种钢含易氧化元素铝较高，铝在出钢和浇注过程中容易二次氧化，生成大量Al₂O₃夹杂，而且由于钢液粘度大，流动性差，Al₂O₃夹杂和其它夹杂物在镇静时间里不能充分上浮排出钢外，轧管时便沿变形方向延伸而形成细长的发纹。根据一般工艺所冶炼32炉钢轧制后的检验结果，塔形初验合格13炉，合格率只达到40.63%。为了满足汽缸套的使用要求，我厂电炉车间对16炉38CrMo1A钢实施钢包吹氩和在水口处进行了氩气保护浇注。经检验，这16炉钢塔形合格率达到93.75%，无发纹率达

到54.35%（按厂标Q/CG 7—76）。38CrMoAlA钢吹氩精炼后比不吹氩精炼的塔形合格率提高53.12%，无发纹率提高30.82%。又如，用于制造飞机起落架的Mp30CrMnSiA、Mp30CrMnSi-Ni₂A两个钢种对高低倍、塔形、机械性能以及其纯度都有很高要求，经电渣重熔去除了夹杂，但气体的去除却不理想。所以，在浇注自耗电极前，对钢液进行了钢包吹氩精炼。在对8炉Mp30CrMnSiNi₂A、Mp30CrMnSiA钢进行吹氩后，钢中〔H〕平均降低12.44%。此外，如用于65kg级石油钻杆的A651钢，用于高压储能罐的30CrMo钢由于在高倍、机械性能等方面要求严格，都采取了钢包吹氩精炼，去除夹杂和气体好，钢的纯度较高，满足了这些钢种在使用时的质量要求。这些钢种吹氩与不吹氩的情况对比示于表5。

表5

钢号 检验项目 工 艺	A651			30CrMo								
	高 倍			机 械 性 能						高 倍		
	试样数(个)	氧化 物	硫化 物	试样数(个)	σ_b	σ_s	δ_5		AK	试样数(个)	氧化 物	硫化 物
					(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	(%)	(%)	(kg-M-Cm ²)			
吹 氩	41	38	1.25	30	114.52	107.5	15.1	60.3	13.3	46	1.47	1.73
不吹氩	171	1.62	1.68	12	110.7	103.6	14.9	62.8	13.8	11	1.64	1.73

3、钢包吹氩取得了防裂和简化缓冷工艺的效果

冶炼易裂钢种最常见的质量问题是钢锭开裂。钢锭开裂的基本条件主要是作用在钢锭上的力超过了钢本身的强度和塑性所允许的限度。因此，防裂的最重要之

点就是降低钢的内应力或提高钢的强度和塑性。钢包吹氩可以有效地降低导致应力集中的钢中气体和夹杂，提高钢的纯度，增加钢的强度和塑性，因此可以提高钢抵抗应力而不被破坏的能力，减轻了钢的裂纹倾向。1980年至1982年5月，我厂电炉

方坯连铸钢液的炉外精炼

〔日本〕 若杉勇等

前 言

连续铸锭技术发展很快,目前应用连铸技术生产优质棒材 钢 业 已开始普及。为获得优质连铸坯,必须向连铸机提供化学成份和温度均匀而有害气体含量低的钢液。

本文主要介绍神户制钢公司为获得优质钢液而采用的炉外精炼技术。

一、设备概况

神户制钢公司1981年初投产的3号连铸机主要生产优质棒材钢,供给它的钢液全部实施了炉外精炼。炉外精炼设备示于表1,其特征如下:

1、采用钢液换包的方法完全除掉转炉氧化渣。

2、采用电磁搅拌及包底吹氩的方法搅拌钢液。

3、为使转炉出钢与连铸相匹配,便于调整钢液的温度,采用了电弧快速加热装置。

4、为防止大气中氢、氮、氧气体渗入钢液,钢液表面采用氩气密封。

5、为降低钢中气体含量,采用真空脱气处理方式。

6、配备了喷粉装置(以下简称KAT装置)。

7、测温、取样自动化。

8、利用计算机使钢液处理作业自动化并建立操作管理系统。

车间先后对8个易裂钢种95炉共950.16吨钢实施了钢包吹氩。钢中气体和夹杂的去除效果显著,〔H〕平均降低13.45%,〔O〕平均降低24.31%,裂纹废品率,不吹氩为3.51%,吹氩后下降到0.197%。80年和81年,我们对27SiMn、35—42CrMo、35—40Cr、30CrMnSiA 6个钢种、26炉共256.48吨易裂钢进行钢包吹氩精炼后,按常规工艺缓冷或退火,裂纹废品仅有1.87吨。

易裂钢实施钢包吹氩,而后按常规工

艺缓冷或退火,其防裂效果显著。但是,我厂电炉车间缓冷坑少,退火炉任务重,满足不了正常生产周转的需要。为了在确保防裂效果的前提下,解决设备不足的矛盾,1982年1—5月,我们对裂纹敏感性不很强的27SiMn、35—42CrMo三个钢种在吹氩后,将原坑冷工艺简化为模冷工艺,22炉共226.86吨的钢锭均无裂纹废品,而且每炉钢生产周期平均缩短了11个小时以上。对裂纹敏感性很强的40Cr、30CrMnSiA两个钢种吹氩后,

炉外精炼设备概况 表1

A B E A — S K F 型	倒 包 架	起重浇注方式 滑动水口型钢包
	处理用钢包	每次最大处理钢水量 为90吨 滑阀型、底吹氩、带 钢包隔热盖
	搅 拌 器	ASEA—SKF型,感 应搅拌,车载单侧 式。 底部吹氩。
	电 弧 加 热	ASEA—SKF 电 弧 加热方式 最大加热速度: 4.5°C/分
	真 空 脱 气	ASEA—SKF型,5 个喷射器,3个冷 凝器 真空度:0.5毛以下
喷粉装置 (KAT)		载气:氩气 喷枪:两孔水平喷 吹型 粉末:溶剂、铁合金、 铝、炭化钙
加 合 金 装 置		24个料斗

二、炉外精炼作业

1、操作概要

图1所示系冶炼优质钢时炉外精 炼的
操作流程。操作的主要内容示于表2。

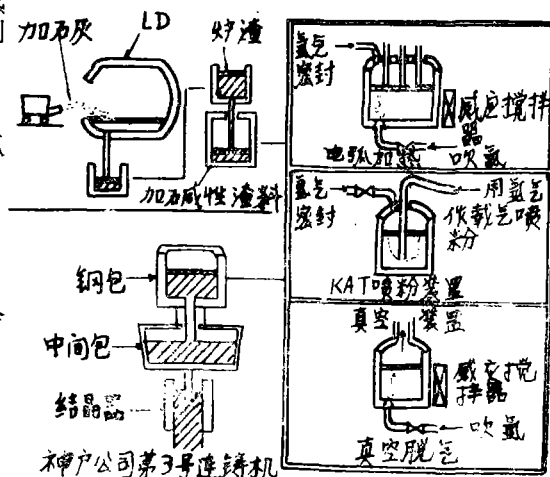


图1 炉外精炼操作流程。

将原坑冷后退火工艺也简化为坑冷工艺,47炉共466.82吨钢锭同样无裂纹废品,而且每炉钢生产周期平均缩短30小时。由此可见,实施钢包吹氩不仅取得了防裂的效果,而且还为简化缓冷工艺提供了条件。简化缓冷工艺后,每炉钢的生产周期缩短,而且还节约了大量用于钢锭退火的天然气。

五、结 论

1、钢包吹氩对提高钢的纯度和产品

质量,解决中碳易裂钢的钢 锭 开 裂,改善38CrMoAlA的发纹,保证20钢取消还原期的冶金质量等均有显著效果。

2、应用钢包吹氩工艺,可以缩短电炉钢生产周期,提高生产率,降低能耗。

3、选择合适的吹氩工艺参数,是获得最佳精炼效果的保证。

4、钢包吹氩工艺操作简单,便于推广。