

钢包精炼技术的发展及其应用选择

西安电炉研究所 郭兴利

【摘要】 本文主要叙述了钢包精炼技术的起源和发展过程，着重介绍了当前在世界范围内所采用的几种主要的钢水炉外精炼的方法和各种方法所能适用的钢种，及所能达到的工艺效果，它在现代冶金工业当中所起的作用和发展方向。

近年来，随着经济建设的不断发展，对于钢材性能提出了越来越高的要求，大吨位超大功率电弧炉的出现和使用，促使了电弧炉和钢包精炼炉的配合运行。电弧炉作为高速熔化设备，除了脱磷、碳以外，其余的精炼任务都将转移到炉外精炼中进行，这样，才能使超功率电弧炉的高速熔化特长得以充分发挥。而炉外精炼作为二次熔炼更有利于扩大品种，提高性能和钢材质量。钢包精炼还可为连铸提供高质量的适宜温度的钢水，利于实现多炉连铸或全连铸。

目前，炉外精炼技术在国外已是蓬勃发展，而国内正处在不断发展时期，炉外精炼技术会在钢铁工业的发展中发挥越来越大的作用。

一、炉外精炼的种类及其发展

就世界范围来讲，炉外精炼自1952年问世以来，已经历了30多年，从目前看，主要有10余种。1952年研制成功的Bochnmer-Verein法即真空脱气法。当时只是为了除去钢中的氢，它就是目前以还原精炼为主要目的的炉外精炼。

1956年研制出真空提升脱气法即DH法。

1958年研制出循环式真空脱气法即RH法，这两种方法使真空脱气和氧化物夹杂分离的功能得以实现，这种炉外精炼法不仅适用于转炉，也为电炉所采用。

1964年研制的ASEA-SKF法，对钢包内的钢液同时进行电磁搅拌和电弧加热，能够调

节钢水温度和合金成份。

1967年研制成真空吹氩搅拌钢液的VAD法。

1971年将电弧加热移到钢包中进行还原精炼的LF法，可脱氧、硫，因此还原精炼可在钢包内进行。

以上各种方法主要是以低合金钢的炉外精炼为目的的，而冶炼不锈钢的合理方式有氩氧精炼法（即AOD法）和真空吹氧脱碳法（即VOD法）两种。

近年来，随着工业产品及现代科学技术的迅猛发展，对钢材质量不断提出新要求，即：

①为了使合金机械性能满足特定的需要，必须进行合金成分的精密调整；②为了提高冲击特性，必须进行回火处理以改善脆性和连铸材料的表面缺陷，应降低钢中的磷、硫的含量；③为了提高管材的利用率和稳定性，必须降低钢中的氧、氢、氮的含量。④为了适应各种特殊要求的材料。如：为防止由氢引起的裂纹，必须除氢；为调节硫化物形态熔炼镇静钢改善超深拉制加工性能和防磁性材料，必须脱碳到极低的超低碳钢等。钢包精炼技术是完全能够满足上述要求的。

1. RH法和DH法

钢液真空循环脱气法是1957年西德鲁尔钢铁公司（Ruhrstahl A·G）和黑罗伊斯公司（C·Heraeus）共同设计出来的，所以又称为RH脱气法，结构示意图如图1。

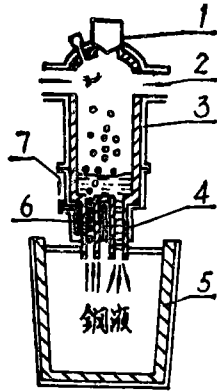


图1 RH脱气法原理图

1.添加合金孔 2.抽气孔 3.真空室 4.下降管
5.盛钢桶 6.上升管 7.吹入气体

RH真空脱气设备由真空室与抽气装置组成。真空室下端有两根用以吸钢液和排放钢液的管。当钢液脱气处理时，首先将这两根管插入盛钢桶内的钢液中，通过抽气，使钢液在真空室中上升，直至相当于约0.1MPa的高度（约1.5m）。此时，通过上升管吹入氩气，则上升管内含有气泡的钢液比重变小，因而钢液上升；另一方面，因下降管内钢液比重大，故下降返回盛钢桶。这样，连续反复地循环，使钢液顺次进入真空室内，在真空下进行脱气。

RH法的钢液环流速度决定反应速度，因此它是操作上重要的参数之一，环流速度与从上升管吹入的惰性气体量，RH槽内钢液面到气体吹入位置的距离以及插入管的内径等因素有关。它们通过模拟试验和实测得到下面结果。

1) 处理槽插入钢液深度越深，则环流速度就越快。反之，由于钢液和处理槽之间摩擦阻力增大，环流量就下降。

2) 插入管道直径D的平方和环流量Q成正比关系，即 $Q \propto D^2$ 。

3) 在真空度为2666Pa时进行处理环流量Q与在高真空时大体相同。

真空循环脱气装置结构型式主要有三种：①旋转升降式；②脱气室固定式；③脱气室垂直运动式。

真空循环脱气法处理的钢种主要有：锅炉用钢、结构钢、轴承钢、低碳钢、不锈钢等。

真空循环脱气法对于提高合金性能和控制化学成分有明显效果。如：我国某钢厂的100吨真空循环脱气设备，处理20~30min，钢中氢含量由原来6~9降到2~4ml/100g，脱氢率为45~65%；氧含量由0.013%降到0.006%左右，脱氧率为40~70%；氧化物夹杂由0.023%降到0.0104%左右，氧化物减少50~70%，其机械强度也明显提高。RH法脱气效果如表1所示。

表1 RH法最终脱气指标

	氢 (ppm)	氧 (ppm)	脱氮率(%)
RH法	1~2	20~60	20

真空提升脱气法亦即DH法，是借助减压到13.3~66.5Pa的真空室与盛钢桶的相对运动，将钢液经过吸咀分批吸到真空室内进行脱气处理。

真空提升装置有：真空室、提升机构、加热装置、合金加料装置以及抽气系统等组成，如图2。

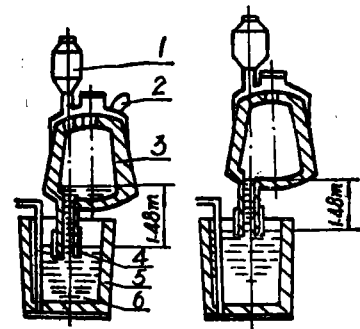


图2 DH真空脱气法原理图

1.合金料斗 2.真空泵 3.真空室 4.吸管
5.盛钢桶 6.钢液

DH脱气法的循环量是由钢液一次吸入量和包的升降次数决定的，1981年在新日铁八幡制铁所运行的330tDH设备上，把升降速度定到15m/min，则循环量提高到155t/min，此时的循环能（在单位时间内1炉钢液循环次数）为0.5次/min。按照这个速度一炉330t的钢水2min就可循环一次。

这两种方法的脱碳速度与环流速度成比例地增加，在图3中示出了超低碳钢的脱碳速度

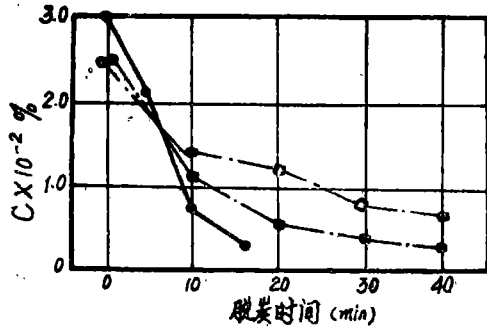


图3 真空处理碳浓度变化

·—RH法 □—不吹A.DH法 ■—吹A.DH法

曲线。在RH法中采用了三条管腿法及氩气二级吹入法等措施；在DH法中采用氩气吹入法，都使环流量增大，使脱碳速度提高了1.3倍左右，缩短处理时间。采用这些措施之后，经过20~40min的处理，使炼制 $C \leq 30$ ppm的超低碳钢有了可能。

增加环流速度，使脱氢速度加快了，如图4所示。

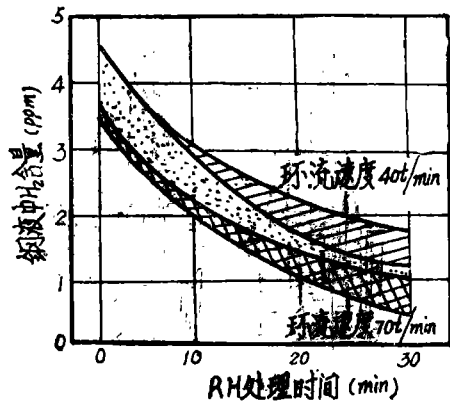


图4 RH脱气法H₂的变化情况

对于大型炼钢设备，需要较大的脱气能力，一般在百吨以下时，循环流量大约在15~30t/min。为了保证足够的脱气时间以达到预想的脱气效果，在处理容量40t钢水时其处理时间 ≤ 10 min，处理容量70t时处理时间 ≤ 18 min，处理容量100t时，处理时间 ≤ 25 min，总之，处理容量越大，处理时间相应要长。

从表2可以看出，RH法和DH法对于脱氢、脱氧、脱氮、脱碳的效果是相近的，是钢

水脱气处理比较适用且较为经济的方法。

表2 RH法与DH法脱气效果比较

精炼方法	脱氢(ppm)	脱氧(ppm)	脱氮(ppm)	脱碳(含量%)
RH	1~2 (可去除60~70%)	20~40	10~20% (脱氮率)	0.005~ 0.002
DH	1~2.5 (可去除60~70%)	20~40	20~30	0.002

2. ASEA—SKF法

ASEA—SKF法简称钢包精炼法，是1965年瑞典的ASEA公司和SKF公司共同创造的，其主要结构如图5。

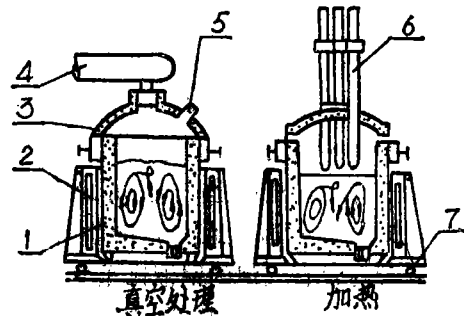


图5 ASEA-SKF法设备概况

1. 真空密封炉体 2. 低频感应搅拌装置 3. 真空密封炉盖 4. 真空系统 5. 加料系统 6. 电弧加热系统 7. 台车

其工艺流程：将盛装着钢液的钢包，吊到带有搅拌装置的钢包车上进行倾炉扒渣，然后在加热工位进行电弧加热，同时造渣脱硫，成分调整，当钢液加热到规定温度之后，移至真空工位进行真空脱气，同时进行电磁搅拌，脱气后，微调合金成份，到合适温度进行浇注。精炼时间一般在1.5~3h，加热升温速度一般在1.5~2℃/min左右，最快不超过3℃/min。

ASEA—SKF法主要有三个特点：

(1) 提高钢材质量，在精炼过程中由于采用电弧加热和电磁搅拌装置，使钢液充分翻腾脱气，为夹杂物上浮创造了有利条件，必要时还能进行脱硫和真空下吹氧脱碳，因此，一次钢液经过钢包炉精炼后质量大为改善。

(2) 增加钢材产量：它与双渣法操作电弧炉双联作业时，由于精炼过程移入钢包炉内进

行,大大缩短了电弧炉的冶炼时间,使钢产量得到提高。

(3)扩大钢材品种:在精炼过程中可以加入大量合金调整成份,可生产碳素钢和各种合金钢。

由于采用了电弧加热,钢材质量的提高是明显的,如:日本某钢厂在熔炼大型发电机用转子大轴钢时,在转炉上采用低温吹炼,沸腾出钢,助熔剂脱磷等方法,充分利用电弧加热的机能,用一次吹炼法可以炼出超低磷钢($P \leq 0.002\%$)。此外,为了防止大气对钢液的再污染,把电弧加热后的钢包与铸型间密封起来进行真空铸造,使钢锭的含氧量降低到15~24ppm;氢达到0.4~0.9ppm,磷和硫可下降到合金钢的极限值。由于增加了电磁搅拌装置需再配一套低频搅拌电源,这就增加了设备的投资费用。

采用该设备,使钢中氢、氧及非金属夹杂物显著降低,化学成分均匀,机械性能得到改善。表3为脱气前后的效果比较。

表3 ASEA—SKF 脱气前后的效果比较

	氢 (ppm)	氧 (ppm)	碳(%) (吹氧)	硫(%)
脱气前	3.69	81	0.16	0.01
脱气后	1.4~2.0	24	0.04	0.005

国内某钢厂在ASEA—SKF钢包炉上进行钢包喷粉脱硫工艺试验效果很好,试验共进行18炉10个钢种,处理钢水1000多t,其中有碳素结构钢、合金结构钢,中碳热作模具钢等,喷吹成功率和钢水合格率均为100%。工艺效果显著:①采用快速深度脱硫,试验中平均脱硫率90%,钢中硫由0.023~0.035%降到0.001~0.004%。②钢水中总氧量平均24.5ppm;氢2.7ppm;氮35ppm。③夹杂物形状得到了充分控制,锻件夹杂物球化率97%。

但是,由于ASEA—SKF法设备结构较为复杂,投资费用较高,精炼时间长等缺点,因此,在我国除了七十年代从瑞典引进2台外,大量发展受到一定限制。

3. AOD法

AOD法即不锈钢氢氧脱碳精炼法。目前它是采用吹入氢氧混合气体进行脱碳精炼不锈钢的主要方法之一,AOD法的广泛采用,使不锈钢的原料适应性增加,成本降低,质量改进,产量提高。近二十年来AOD设备在全世界已经发展到300多台,容量最小的为4吨,最大的是美国Armco公司175t,在1978年以前世界上70%的不锈钢是由AOD炉生产的。

AOD炉的主体设备有炉体、托圈、倾动机构、气体喷枪和气体混合调节设备等五部分,附属装置有排烟除尘系统、加料系统、测温取样系统等。图6为70tAOD炉的炉体结构图。

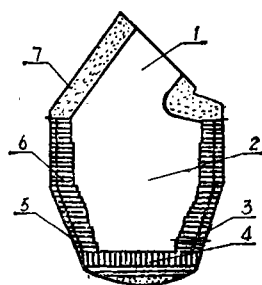


图6 AOD炉(70吨)

1. 炉帽 2. 炉壁 3. 风口 4. 炉底 5. 炉壳
6. 炉衬 7. 捣结耐火材料

AOD法的冶炼工艺即是电弧炉—AOD炉双联法。生产过程是先在电弧炉内将原料熔化成钢水。使钢水成分和温度满足进入AOD炉精炼的要求。然后兑入AOD炉,通过吹入氢氧混合气体进行脱碳精炼。

AOD法的主要优点有:

1) 可直接用100%废不锈钢或廉价的高碳铬铁及废普碳钢配料,使原料中含铬量达到成品规格要求,降低原料成本。

2) 采用电炉和AOD炉双联法生产不锈钢时,钢产量可比电炉单炼时提高40~50%。

3) 与其它的不锈钢二次精炼法相比,AOD法设备简单,投资小。造价相当于VOD的1/3左右。

4) 过程控制比较简单,可在大气下稀释脱碳,可以造渣、测温、取样。比VOD法和

电炉单炼法易于操作。

通过AOD法熔炼不锈钢的化学成份含量如表4所示。

表4 AOD法不锈钢化学成份

成份	C(%)	O(ppm)	H(ppm)	S(%)
含量	0.1	50~70	3~5	0.001

AOD法的不足有①氩气消耗量大,操作费用较高,大约占不锈钢成本的40%左右。用AOD法治炼普通不锈钢时耗氩量约为12~15 Nm³/t;冶炼超低碳不锈钢时,耗氩量高达18~23 Nm³/t。目前国际上已研究出前期粗氩或氮气来代替纯氩精炼,可使耗氩量降低8~10 Nm³/t。②耐火材料单耗高,最高达30~50 kg/t,平均炉龄仅为40~60炉,耐火材料费用要占到AOD炉钢锭成本的40%左右。为此,已引起世界各国的重视,广泛开展了耐火材料和操作工艺对炉龄影响的研究,通过控制吹炼温度,吹炼时间及炉渣成份,使炉龄提高到200~300炉,最高达500炉以上,初步解决了这个问题。

目前世界各国使用的耐火材料主要有三种:

1) 熔融镁白云石砖,它是以70~73% MgO及25~28% CaO为主要原料,经人工合成为最佳,目前主要在日本使用,炉衬寿命可达150炉次以上。

2) 焦油白云石砖,它是以38~43% MgO及55~59% CaO为主要原料,经人工合成为最佳。这种砖欧洲各国如西德、意大利、美国较多,炉衬寿命可达60炉次以上。

3) 直接结合或再结合的铬镁砖,这是以60~66% MgO、12~18% Cr₂O₃及7~12% Fe₂O₃为主要原料合成的,炉衬寿命美国达100炉次以上,日本大同制钢180炉次以上。

气体喷枪是AOD法主要部件,它一般安装在炉底附近侧墙上的风口砖内。目前大多数采用气体冷却消耗式喷枪,枪体由不锈钢及紫

铜双层套管构成,层间通过冷却气体,内管通氩氧混合气体。每个风口配一支喷枪,一般20吨以下的炉子采用2个风口;30~50t采用3个风口;90t以上则采用5个风口。吹氧强度一般为(117.6~137) × 10⁴ Pa。

4. VOD法

VOD法亦即不锈钢真空吹氧精炼法,此法是将初熔炉(电炉或转炉)中调整好除碳、硅以外的所有成份,然后出钢倒入包内,并将钢包移入真空罐内进行真空除气,到一定真空度后,吹氧脱碳,底吹氩气进行搅拌,经化验分析成份合格后出钢。

VOD法的设备示意如图7。

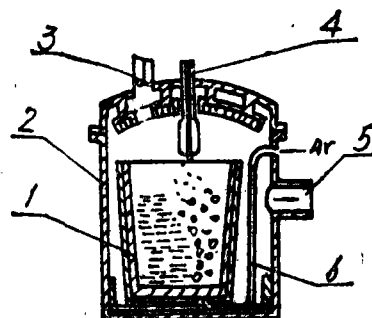


图7 VOD法设备概况

1. 钢包 2. 真空罐 3. 加料装置 4. 氧枪
5. 真空系统 6. 供氩装置

VOD法用钢包与一般浇注用钢包不同,特点是能进行钢液真空吹氧脱碳,真空脱氧精炼和浇注等功能。因此,钢包的自由空间大,一般在渣面以上800~1200mm为宜。由于VOD法要长时间处在高温渣及钢水冲刷浸蚀下工作,故包衬采用铬镁质耐火砖或高铝砖,高铝质材料。

经过VOD法治炼的不锈钢材料化学成份见表5。

表5 VOD法精炼不锈钢化学成份

成份	C(%)	O(ppm)	H(ppm)	N(ppm)
含量	0.005	30~50	2以下	300以下

熔炼超低碳、氮不锈钢亦称超纯铁素体不锈钢,要求[C]+[N] ≤ 200ppm,即钢中的碳

表 6

VOD—VHD系列钢包精炼炉主要技术参数

项目名称	单 位	系 列 型 号				
		VOD VHD—20	VOD VHD—40	VOD VHD—60	VOD VHD—100	VOD VHD—150
钢包容量	t	15/25	30/40	50/60	95/105	125/160
钢包直径 D_1	mm	2200	2900	3100	3400	3900
熔池面直径 \varnothing	mm	1740	2280	2480	2800	3300
熔池面深度 h	mm	1360	1850	2200	2500	3000
钢包高度 H_1	mm	2300	3150	3150	3900	4500
D_1/H_1		0.957	0.92	0.899	0.872	0.867
真空罐直径 D	mm	3800	4800	5200	5600	6300
真空罐高度 H	mm	4100	5000	5400	5800	6500
抽气能力	kg/h	150	250	350	450/500	550/600
极限真空度	Pa	67	67	67	67	67
蒸汽耗量	t/h	7~8	10~12	13~15	15~20	20~25
VHD变压器 容量	kVA	3150	5000/6300	6300/10000	10000/12500	12500/16000
变压器二次电压	V	170/125	210/170	240/170	280/150	320/210
升温速率	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	2.5	2.5~3.1	2.1~3.3	2.0~2.5	1.7~2.1
金属结构重量	t	130	210			

及氮含量分别低于0.01%。

如果采用VOD法熔炼超低碳不锈钢,只要在钢液温度、吹氩沸腾、吹氧及气相控制等方面恰当地配合,就可能以工业生产规模和低廉的成本生产出质量不亚于电子轰击炉生产的超纯铁素体不锈钢。

VOD/VHD系列钢包精炼炉主要技术参数见表6。

5. CLU法

CLU法是问世较晚的底吹转炉精炼不锈钢的方法,它是由初炼炉供给液体金属,利用过热蒸汽、氮气作为稀释气体进行脱碳精炼,并进行合金化和回收前期氧化进入炉渣中的铬、锰等合金元素,并可精确地控制温度。这种方法成本低,经济效果好。

CLU炉是一种直筒型的底吹转炉,在炉底的半圆上,有三个(或五个)由双层套管构

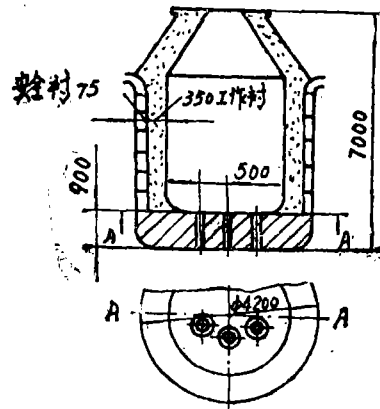


图 8 70吨CLU炉示意图

成的风口,风口垂直向上,图8是70吨CLU炉的炉体结构示意图。在熔炼过程中是将电炉初炼的高碳、高硅钢液与炉渣一起倒入CLU炉内精炼,使已氧化进入渣中的合金元素得到还原,以达到最大的合金收得率,并通过控制

氧、水蒸汽和氮气的比例，将钢水的温度控制在1660~1680℃内。在精炼过程中，炉衬受到化学浸蚀及强烈的机械冲刷，使炉衬损伤严重，试验证明：在炉壁和炉底砌筑白云石砖，在风口周围采用铬镁砖，使炉衬寿命显著增加，可稳定地保持在85炉次以上。

CLU法的特点是在原料选择上灵活性较大。目前广泛流行的AOD法和VOD法中，对于原料中碳和硅的含量也有一定比例，如果没有大量的廉价不锈钢就不得不在原料中配入一部分低微碳铬铁，否则将难以满足配料中对碳的要求。相反，CLU法可以根据全国各地具体情况，尽可能的就近取得最廉价的原料精炼不锈钢，如选用35%的高碳铬铁；40%的高碳镍铁；2%的高碳锰铁；23%的普通废钢，经过电炉熔清后，钢液初始成分为0.8~1.2%C、0.2~0.5%Si时即可炼成不锈钢。经CLU法精炼的不锈钢的质量完全可以达到成分要求，如表7所示。

表7 CLU法精炼不锈钢化学成份

成份	C (%)	H (ppm)	Al (%)	O (ppm)	S (%)
含量	≤0.015 ~0.09	4~6	0.007~ 0.012	<70	<0.01

据检验，CLU法生产的奥氏体不锈钢可以被视为清洁钢。

6. VAD法

VAD法（或叫VHD法）就是电弧加热真空脱气法，它用氩气搅拌钢液，电弧加热在真空状态下进行，其特点如下：

1) 在真空下进行电弧加热，加热过程中获得良好的脱气效果。

2) 能够准确地调整钢液温度，能使钢包的耐火炉衬充分蓄热，浇注时温降小，保证适宜的浇注温度。

3) 能够加入大量的合金调整成份，可以生产范围很广的碳素和低合金钢。

4) 可加入造渣剂和其它材料进行脱碳和

脱硫。

5) 减少噪音和烟尘污染。

图9为电弧加热真空脱气精炼炉示意图。

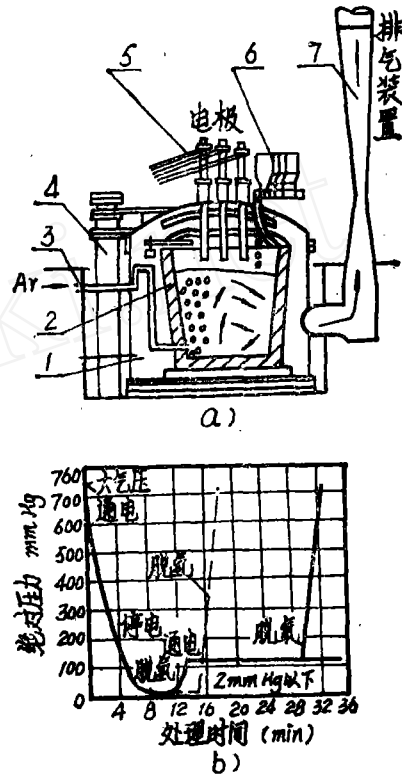


图9 VAD法设备及操作概况

1. 真空室 2. 钢水包 3. 吹氩装置 4. 回转支柱 5. 加热电极 6. 合金料斗 7. 水蒸气喷射泵

VAD法操作过程如下：经过除渣后的转炉、电炉钢液倒入钢包，将钢包吊入真空室内，立即通氩气搅拌钢液，然后将炉盖落下，密封真空室，启动真空泵抽气。在单独脱氧时采用 $133 \times 10^2 \sim 266 \times 10^2 \text{ Pa}$ ，如需脱氢则采用 $66.7 \times 10^2 \text{ Pa}$ 以下，此时电弧很不稳定。在 $66.7 \times 10^2 \text{ Pa}$ 处理15~20min后，再升压至 $199.5 \times 10^2 \text{ Pa}$ 左右重新起弧加热。

加热前加造渣剂，必要时加脱氧剂，钢液升温速度一般为 $1.5 \sim 3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ ，在添加合金元素时，为促进合金熔化和夹杂物上浮要加大氩气流量，然后再进行脱气处理。在真空下可自动测温、取样。经处理的钢水达到要求后，解除真空，停止吹氩进行浇注。脱气效果见表8。

VAD法适用于精炼碳素钢、工具钢、轴

表 8 VAD法脱气效果

	H	O	P	S
含量(ppm)	1.3	24	0.015%	0.008%
脱气率(%)	65	54	变化不大	40以上

承钢、高强度钢等钢种。

7. LF法

LF法即钢包炉法是1971年日本创始的。该法将初炼钢水注入钢包后，使钢包进入电弧加热工位，起弧后，电弧埋在熔渣中，用合成渣料造渣，操作的同时吹氩搅拌，使钢包内钢水维持强还原性气氛。在加热过程中可以根据成分进行合金成份微调，在真空工位可以进行脱气处理，由于此法设备简单，提高生产率，特别适宜老设备改造。近年来，国内应用较多。

LF钢包炉示意图如图10。

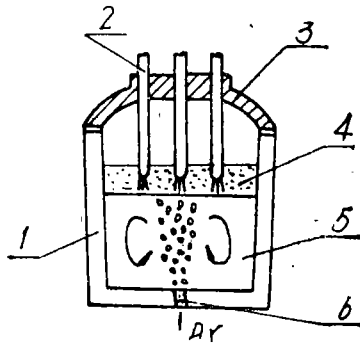


图10 LF法设备概况

1. 钢包 2. 电弧加热 3. 炉盖 4. 熔渣 5. 钢水 6. 氩气

这种设备容量为30~50t居多，最大150t，最小有15t，国内运行最好的是上钢五厂的HB-40型钢包炉。该炉是1980年由西安电炉研究所与西安变压器电炉厂联合设计，由西变炉厂制造的，1981年交付使用后，一直常年运行，年产轴承钢12万吨以上，钢材质量优。

该厂在此基础上，又配置了水蒸汽喷射真空泵即真空工位和合金加料机构，使LF法的炉外精炼效果更加明显，设备更加完善。自投入运行八年来，钢材质量不断提高，经济效益显著。如表 9 所示。

LF法精炼轴承钢质量水平与电弧炉比较

项目	O (ppm)	H (ppm)	N (ppm)	电解非金属夹杂总量(%)	点状夹杂出现率(%)
电弧熔炼	25~35	5~8	70~80	63~71	3.33
钢包精炼	13~17	2.5~2.7	50~52	31	0.19
比较	下降50%	下降60%	下降32%	下降56.34%	是电炉的1/17

HB型钢包精炼炉是吸收了LF法，VOD法等特点，结合我国具体情况研制而成的新炉型。近年来已有十余台在运行和制造过程中。据1987年机械部、冶金部有关专家对该产品的咨询评价分析认为：各项主要技术指标均与国外同类产品相当，并上报有关部门作为替代进口的产品，钢包精炼炉指标实测值见表10。

表10 钢包精炼炉指标实测值

指标名称	单位	实际值	
		国外产品大同—LF30/37钢包炉	国内产品HB—40型钢包炉
钢包容量	t	30~37	36~40
钢包直径	mm	2500	2900/2500
变压器容量	kVA	6250	5500
电极直径	mm	254	350
电极升降速度	m/min	—	升>4.2 降>3.3
三相阻抗不平衡系数	%	—	8.6
吨钢电耗	度/t	32	14.5
吨钢电极消耗	kg/t	0.2	0.6
钢包衬寿命	炉	70	38
钢包盖寿命	炉	真空炉盖— 加热炉盖—	300 1500
处理一炉时间	min/炉	CO—	<75
工作真空度	Pa(E)	66.7(0.5)	66.7(0.5)
抽气能力	kg/h	200	200(干空气)

8. 其它方法

除上述几种方法外，还有TN法，亦称助

新式电炉倾炉限位器

原倾炉限位器在弧型齿下，易受杂物掩埋和碰砸，一旦炉子漏钢还易烧毁。触点是动断式，电源380V交流，故障多，不安全。新研制的倾炉限位器是悬锤式，安装位置灵活、隐蔽（可安在升降立柱平台背后），不易损坏，不受环境影响，执行机构是悬锤和微动开关（也可是磁接近开关），通过中间继电器（此继电器线圈工作电压是安全电压）控制倾炉油泵电机接触器。微动开关触点是动合式，安全可靠，可不再耽心倾炉过角度的危险。

原理及示意图如下：

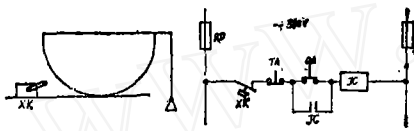


图 1

图 1 是原倾炉限位开关安装位置及原理图。图 2 是改造后的。扇形摆面上标有倾炉角熔剂喷射法，它是用喷枪向盛钢桶内钢液中喷吹碱土金属或其化合物，对钢液进行处理，其原理图如图 11。

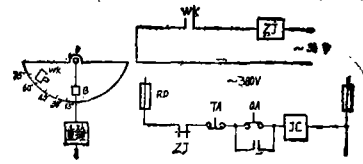


图 2

刻度。根据倾炉角固定微动开关WK在盘面上的位置。转轴O与盘面一同固定在炉体的合适位置上，随炉体同角度倾动，而重锤通过轴承套在轴O上不随炉体转而恒垂直指向地面，当炉子出钢倾到角度后微动开关与重锤杆上的B块触压动作，ZJ得电其常闭触点断开，倾炉油泵电机接触器线圈断电，电机停转停止倾炉。炉体回位靠炉体自重，自动为下次倾炉做好准备。如果需要还可将倾炉角度用数字电路显示以利与计算机联机控制流渣角度等。

吉林市钢厂电炉车间 隋葆权供稿

二、炉外精炼的评价及展望

炉外精炼的出现和发展，利用钢包精炼的优势与转炉、电炉、超高功率电弧炉→各种钢包精炼炉→连续浇铸这个工艺过程的实现，将会给冶金工业带来异常的发展速度。

但是，从目前情况来看，如何将钢水温度下降控制到最小值；如何减少或降低耐火材料消耗量；如何加快升温速度和合金化效果；缩短处理时间等问题，是需要进一步研究和解决的关键问题。

参考文献

- 1 王殿录、洪保仪。钢液真空处理。冶金工业出版社，1979。
- 2 徐匡迪。不锈钢精炼。上海科学技术出版社，1985。
- 3 日本金属学会。钢铁冶金，1985。P369~374
- 4 韩至成主编。炼钢学。冶金工业出版社，1986。P263~265
- 5 范立国、孙肖明。钢包精炼炉喷粉脱硫装置试验研究。电炉，1987，(5)
- 6 饭田义治。取钢精炼技术の进步。铁と钢，1981，2。P6~20

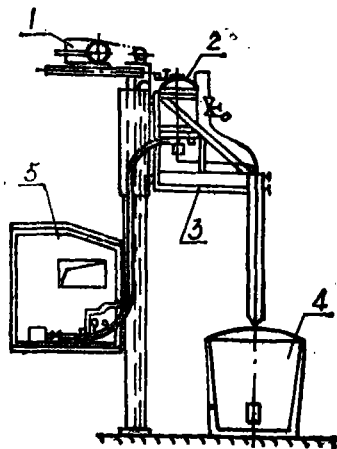


图11 TN法原理图

1. 升降装置 2. 输送装置 3. 插管 4. 盛钢桶
5. 控制盘、Ar气压缩装置

TN法的目的是，通过脱硫脱氧及控制夹杂物（氧化物、硫化物）的形态，改善钢材的机械性能，在钢液处理方法上还有一些，如：射流搅拌法等等，这里不再赘述。