

钢铁译文

5

太原钢铁公司科技处

目 录

1. 铁水预脱硫	(1)
2. 钢中大型非金属夹杂物的生成和去除	(28)
3. 炼钢炉用耐火材料	(41)
4. 压力铸造不锈钢铸件的质量	(50)
× × ×	
5. 转炉副枪及副枪探头	(60)
6. 副枪	(73)
7. 自动消耗性热电偶副枪	(79)
8. 碱性氧气转炉炼钢的控制方法	(85)
× × ×	
9. 轧制软钢用的高速森吉米尔轧机的特点	(89)
10. 森吉米尔冷连轧机	(106)
11. 廿辊轧机的新结构	(114)

铁 水 预 脱 硫

一、序 言

通常，高炉铁水里含C、Si、Mn、P、S、V、Ti等元素，总共约5~8%。这些元素中的杂质元素，在以后炼钢过程中要尽量地降至最低。当铁水里含多量杂质元素时，必然降低炼钢的生产能力。例如转炉中要强化脱硫反应，需要大量CaO，必定增加辅助原料的加入量。这样一来，破坏了喷氧溶池内氧的吸收和逸散的平衡，妨害了连续的高速吹炼操作，并且为熔化大量的造渣材料，使吹氧量增加，拖长了精炼时间，另外，增大了耐火材料的损耗，并减少了炼钢量，从而降低了生产能力。在碱性电炉炼钢的情况下，其特点是可用电石渣进行强有力的脱硫，而一般平炉和转炉炼钢是以氧化精炼为主，精炼过程的脱硫不像电炉还原期那样充分。铁水中S的溶解度因C、Si、P等的存在而显著减小，S的活度也增加。因此最好是在含有较多C、Si、P等的铁水状态下进行脱硫，而在钢水状态下得用五倍的强脱硫能力才能得到同样的脱硫效果。所以在铁水硫高的情况下，虽然借助于Mn发生自然脱硫，仍必须进一步用 CaC_2 和CaO或苏打粉等进行强制脱硫处理（即炉外脱硫）。

斯楚勒芝等人从LD转炉生产低硫钢的角度出发曾列举了高炉→LD转炉过程中的四种脱硫工艺，并探讨了哪种工艺在技术上和经济上是最合理的问题。这四种工艺是：

（1）在高炉中把矿渣的碱度搞到1.53，大力强化高炉的脱硫，使铁水的S量降到0.020%，不再搞炉外脱硫，在LD转炉上进行炼钢精炼；（2）略微增加矿渣的酸性，碱度搞到1.4，出炉铁水的S量为0.040%，不再搞炉外脱硫，在LD转炉进行炼钢精炼；

（3）更进一步增加矿渣的酸性，碱度搞到1.11，出炉铁水的S量为0.110%，进行炉外脱硫把S量降到0.010%以下，然后在LD转炉上进行炼钢精炼；（4）把矿渣调成酸性，在0.86的碱度下操作，出炉铁水的S量为0.210%，进行炉外脱硫把S量降到0.020%以下，然后在LD转炉进行炼钢精炼。斯楚勒芝等人的探讨结果得出的结论是：（a）用LD转炉在炼钢精炼过程进行脱硫，按照装入铁水的S量不同需要大量的造渣原料，使低硫钢的炼钢成本提高，所以是不理想的；（b）在高炉和LD转炉之间进行炉外脱硫以降低铁水中的S量生产低硫钢，无论在技术上和经济上都是有利的；（c）当铁水进行炉外脱硫时，对炼铁原料的脱硫可不多考虑，可进行酸性渣操作，从而可降低焦炭消耗，提高生产率，大幅度降低高炉操作费用。

近年来，随着低硫钢需要量的增大，作为铁水预处理的炉外脱硫法非常引人注目，

近十几年来就各种方法进行了研究试验，并已经有许多方法投入工业生产。本文对这些铁水炉外脱硫方法加以概括的叙述，供有关方面参考。

二、铁水的炉外脱硫方法

铁水炉外脱硫所采取的设备通常是各厂炼钢时的含S量要求，所用脱硫剂的种类、低硫钢的冶炼比例、设备费用、操作条件和可靠性、设备占地面积等方面考虑，采用该厂最适用的方法。

1. 摇包法

摇包法是1959年阿克托尔勃和卡琳设计的方法，这种方法是在铁水包或其他容器上给以偏心转动，利用转动情况下产生的铁水特殊运动混合搅拌反应物质，以促进反应速度的方法。摇包法主要用在铸造铁水的脱硫，而最近在合金铁和炼钢用铁的脱硫方面也被积极的采用，并取得良好效果。

八幡钢铁公司洞冈转炉工厂在混铁炉和LD转炉（50t）之间安装了30t的摇动铁水包，进行铁水的脱硫处理。设备的参数如表1所示。铁水的脱硫效率根据包的形状、大小、偏心度、转数、处理时间、脱硫剂的种类及其用量、处理的铁水量等有很大不同。作为其中的一例，转速和处理时间对脱硫效率的影响如图1和图2所示。使用各种各样的化合物作脱硫剂，当使用电石（ CaC_2 ）时虽然用量越多脱硫效果越大，而在用量达到约4 kg/t·Hm时获得稳定的脱硫效果， CaC_2 用量再多其脱硫效率几乎不再变化。在以每分钟46转的偏心转动速度处理15分钟的情况下，一般认为 CaC_2 的用量以4~5 kg/t·Hm为宜。在此情况下铁水（1280~1320°C）的温降为20~40°C。当用生石灰粉作为脱硫剂时，温降更大为30~50°C，这是因为前者的反应是放热反应，而后的反应是吸热反应。一般处理前后的铁水损失，用铁水及含铁量收得率表示分别为96.1%和96.5%。总之炼钢用铁水（约0.04%S）情况下的脱硫效率为80~85%，可以说摇包法是非常有效的脱硫方法。

表1 摇包的设计（八幡钢铁公司洞冈工厂）

马 达	45KW
偏 心 率	130mm
容 量	30t
高 度（包）	3700mm
外 径（包）	2700mm
内 径（包）	2000mm

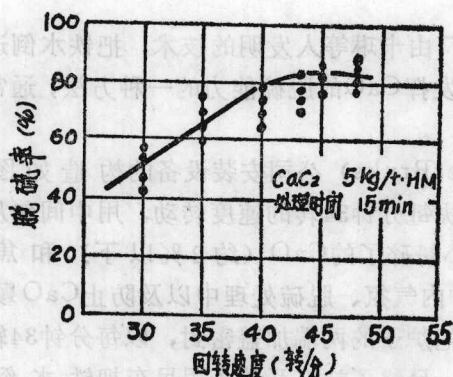


图1 摇包法脱硫率与转动速度之间的关系

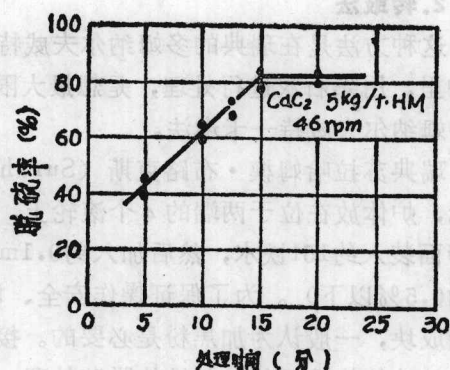


图2 摇包法脱硫率与处理时间之间的关系

另外，神户钢铁公司尼崎钢铁厂已经把偏心单向转动式摇包改进成能够正反两个方向转动的可逆转动式摇包（DM式摇包）。设备的概要如图3所示。采用这种方法由于能够在适当的间隔期间内给铁水以强大的正反两个方向的旋涡搅动，因此铁水和脱硫渣之间的界面接触效能非常大，显著地促进了反应。在使用 CaC_2 做脱硫剂时，铁水的脱硫速度参照图4所示。

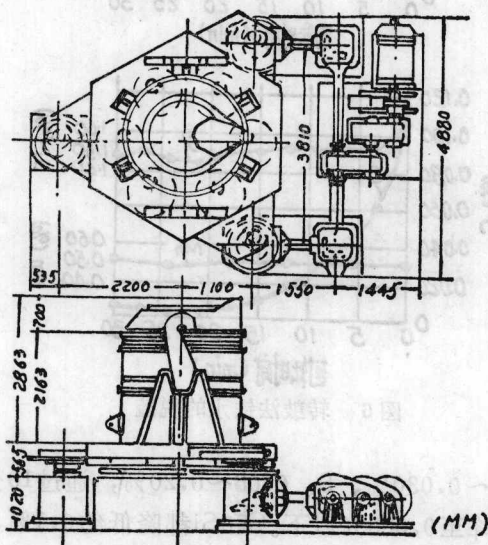


图3 可逆转动摇包（DM转炉12t设备）

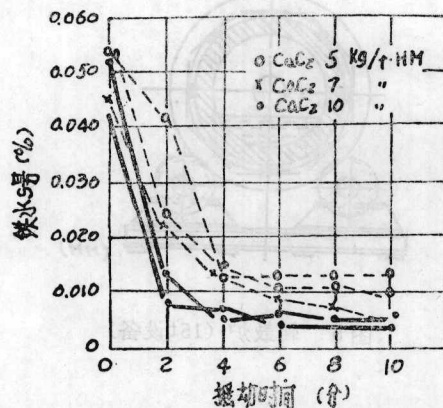


图4 可逆转动式摇包（40r DM摇包）

摇包的容量，虽然说其机械装置在100t以上设计是难的，但在瑞典已经制造出能够处理100t铁水的偏心单向摇包，今后显然设备要向大型化以及工业化方向发展。另外，摇包也在其他工业上得到实际应用，南非的海威尔得钢钒公司用二座60t摇包进行铁水中V的分离。

2. 转鼓法

这种方法是在瑞典的多姆纳尔夫威特钢铁厂由卡琳等人发明的技术，把铁水倒进回转炉里，用熟石灰进行处理，是想最大限度地发挥CaO的脱硫能力的一种方法，通常叫做多姆纳尔夫威特—卡琳法。

瑞典苏拉哈姆模·布路克斯 (SurahammerBruks) 公司安装设备的构造如图5所示，炉体放在位于两端的4个滚轮上，以最快每分钟34转的速度转动。用中间包从炉子旁面装入约15t铁水，然后加入约0.1mm大小粉碎了的CaO (约2%以下) 和焦粉 (约0.5%以下)。为了保证操作安全、调整炉内气氛、脱硫处理中以及防止CaO颗粒烧结成块，一般认为加焦粉是必要的。接着，把炉子的两端加盖密封，以每分钟34转的速度转动炉体进行约30分钟的脱硫处理，反应一旦終了就打开盖子用吊车把铁水倒出来。图6是转鼓操作过程的一个例子，装入铁水的成份为：C：3.7~4.1%、Si：

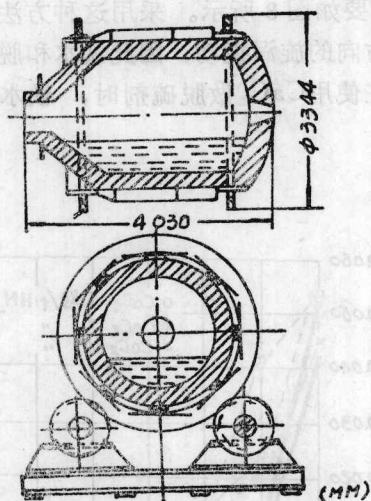


图5 转鼓炉 (15t设备)

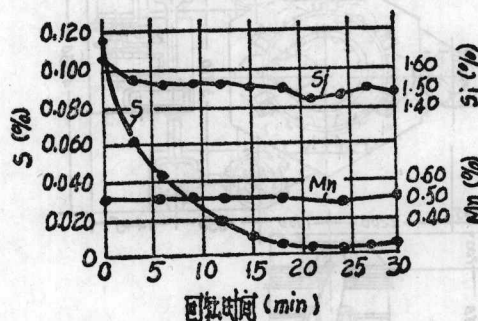
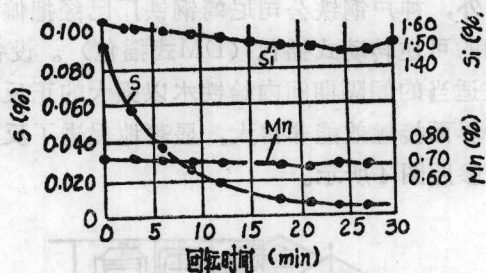


图6 转鼓法铁水的脱硫

0.8~1.8%、Mn：0.4~0.8%、P：0.025~0.030%、S：0.06~0.20%，通过10分钟的处理S量急剧下降到约0.02%，30分钟后降至0.005%以下。C和Si都降低约0.1%，可是Mn和P却几乎没有变化。处理后的铁水成份为：C：3.6~4.0%、Si：0.7~1.7%、Mn：0.4~0.8%、P：0.025~0.030%、S：0.002~0.020%。

该公司总结了300次实际操作的结果如表2，采用转鼓法铁水的平均脱硫率为90.5%。脱硫效果受熟石灰的质量和炉内气氛明显的影响，熟石灰尽量以杂质含量少为宜，存在水份、CO₂、SiO₂等使脱硫效果降低。当炉内是氧化气氛时，炉子转动中CaO颗粒会形成团块，极端情况下其大小可达到20cm。另外当混进去高炉渣时也容易生

成团块，因此完全排除高炉渣是必要的。这种方法的优点是：由于是在密闭炉内进行脱硫处理，铁水的温降少；没有向炉外跑的粉末，所以操作条件非常好；而且可以用便宜的CaO进行强有力脱硫。

表 2

转 鼓 法 铁 水 脱 硫

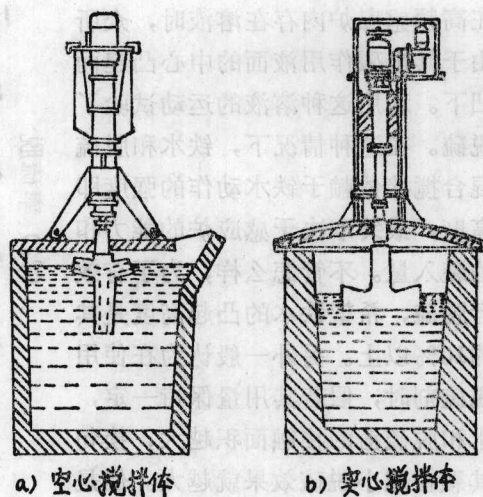
处 理 前		处 理 后	
铁水中的 S (%)	处 理 数	铁水中的 S (%)	处 理 数
0.020~0.050	51	0.002~0.010	216
0.051~0.100	127	0.011~0.020	60
0.101~0.150	87	0.021~0.030	21
0.151~0.200	25	0.031~0.040	3
≥0.201	10		
平 均 0.095	300	0.009	300

3. 机械搅拌法

这个方法是把搅拌体浸在铁水里，通过搅拌体的转动充分搅拌铁水和脱硫渣，以促进脱硫反应的方法。

搅拌方式有二种方法：

其一是，奥斯特贝尔格设计的使用 T 字形管状搅拌体（空心搅拌体）的方法。按图 7 (a) 那样把搅拌体安置在包中，当以每分钟 80~90 转的速度转动时，两翼转动管内的铁水由于离心力向外排出，与此同时垂直转动管内的铁水被提升上来。也就是说，包内的铁水由于搅拌体的转动连续的通过搅拌体从包底引向上部液面或包壁，可有效的混合搅拌铁水和脱硫渣。



7 用搅拌体机械搅拌装置

另一个方法是国外某某公司已投入工业生产的方法。如图 7 (b) 所示，是一种用简单的耐火材料制作的搅拌体（实心搅拌体）搅拌铁水和脱硫渣的方法。

斯楚勒芝等人对奥斯特贝尔格法离心泵的作用和包内转动体相对大小的影响作了研究,在模拟试验时看到,因离心力作用而从转动管喷出的液流沿包壁变换方向,加强了液体的对流,从而产生了充分的搅拌现象。但是在铁水试验中表明,无论是图8那种T字形管状搅拌体两翼管堵塞的情况还是离心泵发挥作用的情况,脱硫效率没有多大差别。另外,采用奥斯特贝尔格法用45t包作了脱硫处理,结果如表3所示,处理了6~9分钟就有效的进行了脱硫。根据这些试验结果,可以说就铁水搅拌脱硫法而言,转动体相对大小的作用要比离心泵的作用大,所以通过设计适当形状及大小的搅拌体,奥斯特贝尔格法可以得到上述摇包法同样的效果。

莱因钢公司是采用 CaC_2 或石灰—苏打粉(CaO 9成、 Na_2CO_3 1成)对30—100t的铁水进行脱硫处理的,而从经济观点考虑,采用后一种脱硫剂是适宜的。

4. 高频感应炉脱硫法

在高频感应炉内存在溶液时,众所周知由于其电磁作用液面的中心凸起而四周凹下。利用这种溶液的运动试验了铁水脱硫。在这种情况下,铁水和脱硫渣的混合搅拌依赖于铁水动作的强度即凸起高度,最终取决于感应炉的能力和铁水的装入量。不管怎么样,为了有效地进行脱硫,希望铁水的凸起高度是其深度的10%以上。另外一般认为在使用固体脱硫剂时,假若其用量保持一定,则铁水和脱硫渣的接触面积越大,换句话说其颗粒越小脱硫效果就越大。但是如图9所示在高频感应炉中脱硫时使用大颗粒 CaC_2 比小颗粒 CaC_2 的脱硫效果大,这是因为 CaC_2 颗粒越大对炉壁的酸性炉衬浸蚀越小。再者若使用的 CaC_2 颗粒过小, CaC_2 就要附着于炉壁

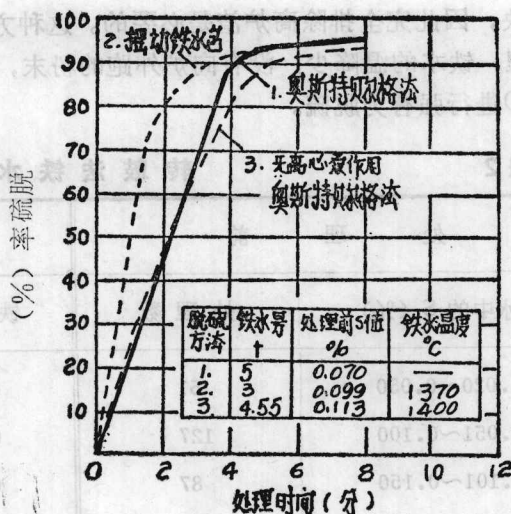
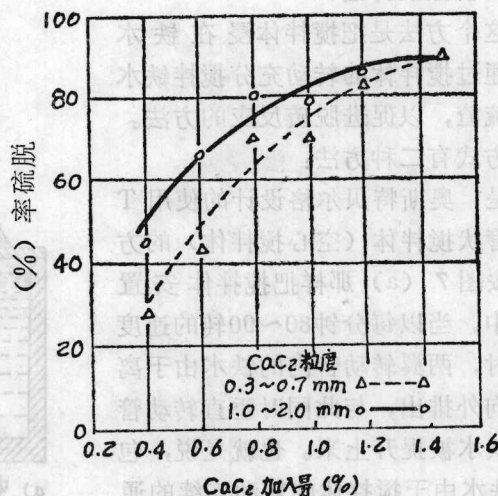


图8 CaC_2 (1%使用)用于铸件铁的脱硫



(铁水深度的增加: 18%、铁水处理温度: 1450°C、处理前铁水中S量: 0.15%、处理时间: 7分)

图9 在酸性感应炉铁水的脱硫率与 CaC_2 颗粒大小之间的关系

表3

机械搅拌法脱硫效果

NO	铁水量 (t)	CaC ₂ Kg/t·HM	处理前后温度 (°C)		处理前后S量 (%)		铁水种类
1	39.4	12.7	1415	1390	0.023	0.005	低磷生铁
2	44.4	4.5	1410	n.b	0.046	0.007	
3	44.6	4.5	1430	n.b	0.033	0.010	
4	45.8	7.9	1390	n.b	0.050	0.007	
5	42.8	10.7	1345	n.b	0.063	0.010	铸件用铁
6	49.2	9.3	1380	1370	0.052	0.007	
7	44.4	5.3	1390	1360	0.053	0.013	
8	47.2	2.9	1370	1350	0.034	0.019	
9	46.8	3.8	1340	1315	0.057	0.028	炼钢用铁
10	45.7	3.9	1360	1340	0.055	0.041	
11	46.1	3.9	1360	1350	0.056	0.039	
12	37.8	9.0	1300	1280	0.061	0.027	
13	43.9	10.5	1365	1350	0.077	0.014	炼钢用铁
14	46.0	10.0	1390	1380	0.099	0.009	
15	49.7	9.3	1415	1400	0.098	0.009	
16	50.7	9.9	1420	1410	0.079	0.011	
17	48.5	3.7	1425	1410	0.043	0.012	
18	53.0	3.8	1390	1360	0.030	0.018	
19	50.2	5.0	1360	1350	0.058	0.016	
20	48.2	5.2	1370	1355	0.048	0.013	
21	49.3	6.1	1370	1355	0.052	0.011	

上产生所谓渣瘤现象形成脱硫渣峰显著降低脱硫效果，而颗粒大时这种现象比较难以发生，可取得良好的脱硫效果。

脱硫效果根据脱硫剂的用量和处理时间成比例增大，可是铁水温度也随处理过程中时间变化而升高，特殊情况下有时可达到近于1600°C的温度。不必要的升温是不好的，高频感应炉脱硫法和其他脱硫法相比，优点是对温降不需要考虑。关于在脱硫处理中炉壁衬砖的侵蚀，一般认为处理温度在大约1450°C以下几乎不是一个问题。

5. 喷吹脱硫剂法

近来将 CaO 或 CaC_2 粉末随同气体喷吹到铁水里进行脱硫的方法被广为采用，通常叫做喷吹法或喷射法。

西德的波鸿马—弗雷 (Bochumer Verein) 公司1963年以来，采用了这种喷吹法进行铁水的脱硫处理。考虑到铁水运输等因素，在高炉附近并排安装了2座设备，同时处理两个40t包内的铁水。整个设备的概要如图10所示，脱硫剂使用 CaO 和苏打粉，这些

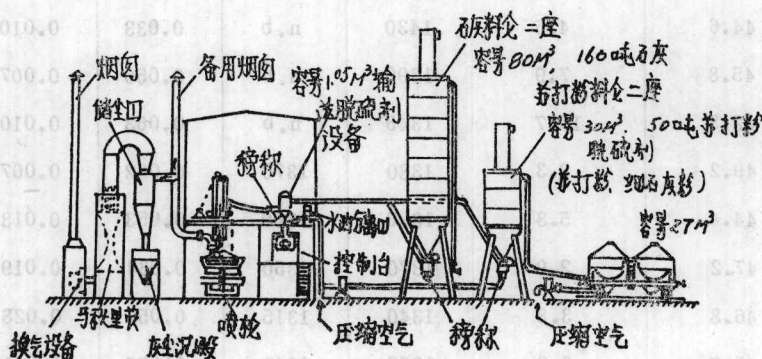


图10 波鸿马—弗雷 (Bochumer Verein) 公司喷吹脱硫剂设备

脱硫剂用车皮运进来以后，装到容量80t的石灰料仓和35t的苏打料仓中去，用空气作为控制气体，从料仓通过称量装置吹进喷枪，设备的开动全是在控制室遥控操作。喷枪是用直径50.8mm的钢管表面涂以高铝水泥和黏土熟料的混合物(1:4)做成的，喷枪的端头在同心圆上等距离排列着四个扇形喷孔。喷枪的寿命在做了各种改进以后，由原来的300t·HM/每枪最近延长到1000t·HM/每枪。脱硫剂以 CaO 粉为主，又加了一定数量的苏打粉，用1.1~1.2大气压(4立方空气/每公斤脱硫剂)的空气喷枪吹到铁水里。处理时间通常是2~3分钟，处理时包上盖好盖子收集排出去的气体，用分尘器回收。排气里面跑出去的脱硫剂有40—50克/每立方米，相当于喷进去的脱硫剂的4~5%。

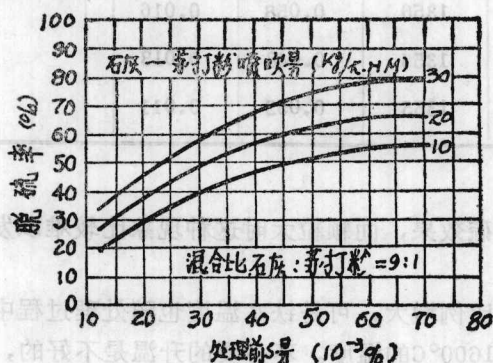


图11 处理前S量与脱硫剂喷吹量对脱硫率的影响

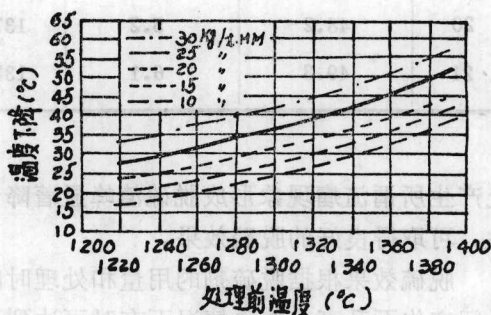


图12 脱硫剂喷吹量与处理前温度对铁水温降的影响

在把90%CaO和10%苏打粉配成的脱硫剂按10~30kg/t·HM喷吹到铁水中时,如图1所示,脱硫剂的喷吹量越多,铁水的脱硫率越大,处理前的S量越多脱硫率越高。另外在处理过程中铁水里的C和Si被氧化, Si量通常降低0.1~0.2%。脱硫处理时铁水的温降如图12所示,也是随脱硫剂的用量、铁水的原始温度的不同而不同,但在50°C以下。波鸿马—弗雷公司采用这种喷吹法进行铁水脱硫,主要用冶炼深冲用钢和锻造用钢使用,1964年低硫钢使用铁水的实际产量为78562吨。

苏联的亚速钢厂,使用原来为脱硅处理准备的80吨包,喷吹苏打粉或CaO和喷吹天然气的脱硫效果。根据试验的结果,当喷吹苏打粉时,虽然使用了3~4kg/t·HM的苏打粉,而脱硫效果并不太明显。这是因为:(1)大部分苏打粉没和铁水反应而向外跑掉,(2)当浸泡在铁水表面下1.5~1.6米深的喷枪喷吹苏打粉,由于苏打粉的熔点(850°C)低,熔化在喷枪的管内,阻碍了苏打粉的供给。

其次,在铁水里喷吹低品位的CaO(88%)4~7kg/t·HM,根据处理6~7分钟的结果,脱硫率平均为35%;当把高品位CaO(燃烧损失量<7%)6~8kg/t·HM用40~50M³/小时的空气喷吹3~5分钟时脱硫率为40~45%。

至于在铁水中喷吹天然气,都说可望有很大的脱硫效果,可是亚速钢厂在铁水里喷吹了150~700M³/小时的天然气,结果在400m³/小时以上喷枪就剧烈震动而损坏,实际上不能操作;另外如表4所示的那样即使在350m³/小时以下也几乎看不到脱硫效果。

表4

喷吹天然气结果

天然气使用量 (M ³ /小时)	350	350	270	100	150
天然体使用量 (M ³ /t·HM)	0.70	0.7	0.8	0.4	2.0
喷吹时间 (分)	6	4	9	11	4
处理前S量 (%)	0.036	0.068	0.046	0.032	0.027
处理后S量 (%)	0.030	0.070	0.044	0.031	0.025
铁水温度(前) (°C)	1270	1350	1330	—	1330
铁水温度(后) (°C)	1220	1180	1320	—	1330

喷吹脱硫剂时,由于希望把喷枪尽可能深的浸泡在铁水里,所以铁水包要有相对于铁水深度的足够高度。这是为了保证喷枪喷吹的脱硫剂上浮到达液面的过程中有充分的反应时间。为防止处理时铁水的飞溅危险和铁的损失,包里的铁水避免过满,希望把包盖上。控制气体的喷吹速度过大时,招致铁水的飞溅,铁水和脱硫渣的反应反而降低;而喷吹速度过小时,白白拖长处理时间温降也增大。因此选择适当的喷吹速度是个非常重要的问题。当使用CaC₂作脱硫剂时,一般认为铁水温度越高铁水在包内的活动性就越好,CaC₂的分布状况也越好,从而使脱硫效果增大。图13是它的一个例子。通常希

望铁水温度在大约1370℃以上,据认为,处理运到炼钢厂的低温铁水(1320℃)要比处理从高炉刚出铁的铁水(1430℃)需要约2倍数量的 CaC_2 。

另外特伦特尼、沃尔、阿拉德等人在实验室范围内做了试验,把约2%的Al粉或Mg粉加到CaO粉中喷吹,得到了较好的脱硫效果。特别是加Mg的效果比加Al的还大,一般认为Mg有益于脱氧和脱硫,铁水里的S量降低到了约0.004%。

6. 喷吹气体搅拌法

喷吹气体搅拌法和上述的喷吹脱硫剂法不同,是一种予先把脱硫剂加在铁水表面上,用喷吹气体搅拌铁水,以促进脱硫反应的方法。这种方法中有:(1)把喷枪插进

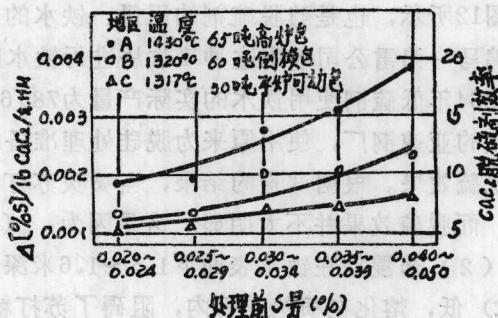
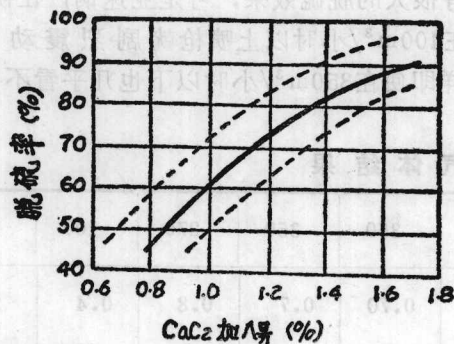


图13 处理前S量和铁水温度对脱硫效果的影响



(处理前的S量: 0.14%, 处理前的铁水温度: 1400℃, 处理时间: 5分, 用 N_2 量200L/kg. CaC_2)

图14 喷枪喷吹气体搅拌法的脱硫率与 CaC_2 用量的关系

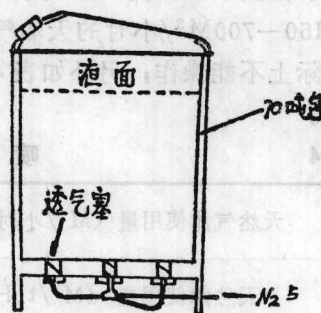


图15 安装了透气塞的脱硫包

铁水里喷吹气体搅拌铁水的顶吹法和(2)在包底安装透气耐火材料喷咀,从喷咀喷吹气体搅拌铁水的底吹法。

采用顶吹法,为了有效的搅拌铁水,必须把喷枪尽可能地往深里插。图14是用 CaC_2 作脱硫剂,把喷枪浸泡在离包底约20cm的地方,在约1400℃的温度下喷吹 N_2 气处理铁水的一个操作例子供作参考。在这种情况下,为了进行有效的脱硫,需要用1.5~2%的 CaC_2 。

底吹法一般也叫做透气塞法,工业上也得到广泛应用。包底安装的透气塞要能容易的取下来进行更换,并对铁水必须有良好的耐蚀性,一般使用高品位的高铝砖、镁砖、

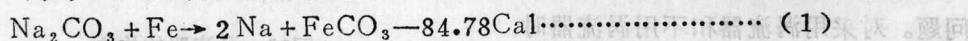
镁铬砖之类的耐火材料。底吹法比顶吹法能够持续地得到良好的搅拌作用，而为此有必要抓住喷吹气体的最适当条件。通常，气体的喷吹速度以 $0.2\text{m}^3/\text{分钟}$ 为宜，这时处理时间用 $3\sim 4$ 分钟就足够了。

在八幡钢铁公司，如图15所示，在70t包的底部同心圆等距离上安装了3个透气塞，边通予热了的 N_2 边装60—64t铁水，把 N_2 的流量增到 $0.067\sim 0.212\text{m}^3/\text{吨}\cdot\text{分}$ 进行5—10分钟脱硫处理。脱硫剂使用粉状或细颗粒的 CaC_2 ，处理时上升的气泡使铁水表面全面翻腾，发生非常剧烈的搅拌，脱硫剂有效的卷了进去，从而显著的促进了脱硫反应。这种情况下，铁水里的S量由 $0.028\sim 0.032\%$ 降到 0.005% ，脱硫率达 $77\sim 90\%$ 。 CaC_2 适当加入量为 $4\sim 5\text{ng}/\text{t}\cdot\text{HM}$ ，加的太多成为块状，反而减少起有效作用的 CaC_2 量。另外，假如采取处理5—10分钟以后去除一点脱硫渣重新加 CaC_2 的方法，就能够得到S量为 $0.001\sim 0.002\%$ 的极低硫生铁。

神户钢铁公司·尼崎钢铁厂用35t包进行了底吹法研究，研究结果表明，仍然是在铁水表面翻腾，漂浮在表面的 CaC_2 卷进铁水产生搅拌的情况下获得了最好的脱硫效果。

7. 用苏打粉的铁水包脱硫法

在所谓的铁水包脱硫法中，有冲注法（渣洗法）、倒包法和利用虹吸包的方法等，脱硫剂普遍使用苏打粉。特海森根据500次以上冲注法的实际结果，总结了用苏打粉处理时铁水成份的变化及脱硫渣的化学成份，表5是一个例子。另外铁水温度对脱硫效果的影响如表6所示，温度越低脱硫效果越大。据特海森说明，这是因为由式（1）的反应所生成的Na与 FeO 、 CO_2 发生反应而生成 Na_2O ，这种情况下Na的一部分沸点比它（ 890°C ）高约 400°C 的铁水加热容易气化。这种气化现象造成的Na损失随铁水温度增



高而增大，使对脱硫起有效作用的Na比率减少，从而导致脱硫效果的降低。

由于苏打粉比较贵，同时易于浸蚀耐火材料，所以铁水包脱硫中在其用量自然而然受到限制。近来多用苏打粉中加入 CaF_2 和 CaO 的混合物。

8. 其他方法

作为其他的炉外脱硫法有：高炉出铁过程中在铁水槽上进行连续脱硫方法，其典型

表5 用 Na_2CO_3 的铁水包脱硫效果

	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
脱硫前	3.27	0.63	0.70	1.79	0.136
脱硫后	3.23	0.49	0.65	1.75	0.087
减少率	1.22	22.22	7.14	2.23	36.03

（苏打渣）：30.9% Na_2O （全），36.25% SiO_2 ，4.16% S ，3.45% Fe ，15.91% CaO ，6.39% Mn ，1.50% MgO ，3.18% Na_2O （游离），0.16% P ，4.77% Al 。

表6

苏打粉脱硫对温度的影响

出铁温度	铁水中S量 (%)		脱 硫 (%S)	脱 硫 率 (%)
	处 理 前	处 理 后		
<1241°C	0.214	0.135	0.079	36.92
1241~1280	0.129	0.082	0.047	36.43
1281~1300	0.111	0.075	0.036	32.43
1301~1320	0.099	0.070	0.029	29.29
>1320°C	0.087	0.063	0.024	27.59

方法叫涡流器法和拉布林丘夫法。

(1) 涡流器法

在铁水槽的端部安装一个使铁水发生涡流的装置,即如图16那样的涡流器,一旦从它上面投入脱硫剂(CaC_2)就被卷入涡流状态的铁水流中去,在短时间内可进行较为有效的脱硫。由于刚出铁后的铁水温度高,脱硫处理过程中的温降几乎不成问题。对采用涡流器和不用涡流器时的脱硫效果加以比较如表7所示,在

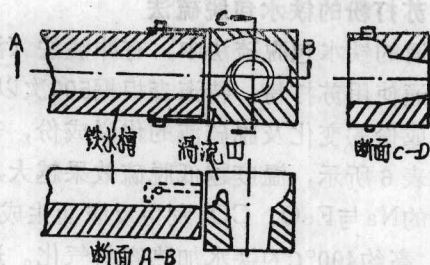


图16 涡流器的构造

表7

用 CaC_2 在炉前铁水槽脱硫

(采用涡流器和不用涡流器的情况对比)

	用 涡 流 器	不用涡流器
处理前 S量 (%)	0.085	0.081
处理后 S量 (%)	0.039	0.056
相 差 ΔS (%)	0.046	0.025
CaC_2 加入量 (%)	1.5	1.5
CaC_2 粒度 (mm)	0.3~0.7	0.3~0.7
脱 硫 率 (%)	53.2	30.9
脱硫剂效率 (%)	0.072	0.040
铁 水 温 度 (°C)	1450	1450

使用1.5%CaC₂情况下,此法的脱硫率约为54%,说明设备比较简单的涡流器其效果是相当显著的。

(2) 拉布林切夫法

图17是苏联设计的各种脱硫装置中评价最高的一种装置,叫做拉布林切夫平面流动式脱硫装置。该装置是为了把高炉出来的铁水直接脱硫,而后送入混铁炉内而制造的,在C部,有各一半铁水按相对方向对流形成薄的平面流然后到d槽里合流。这时,从料斗f把脱硫剂加在越过槽堰流下来的平面铁水流之间。当堰上铁水的流速大约为45cm/秒以上, CaC₂的加入量约在3kg/t·HM以上时,可得到良好的脱硫效果,铁水里的S量一般可从0.045~0.107%降到0.024~0.057%。

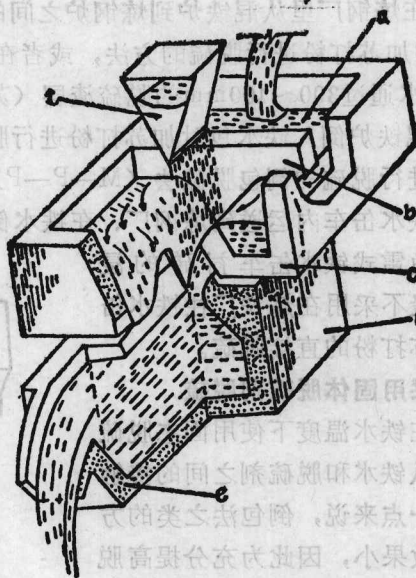


图17 平面流动式脱硫装置
(拉布林切夫法)

三、脱 硫 效 果

铁水的脱硫效果基本上决定于所使用的脱硫方式和脱硫剂的种类及性质。不管是采用怎么好的脱硫方法,若使用的脱硫剂不当,不可能得到满意的效果。相反,即使使用好的脱硫剂,若脱硫法和操作条件选择不合适,同样不能充分发挥其脱硫效能。因此,从营业目标、产品的质量要求、周围环境及作业条件、经济意义等方面慎重地加以研究,采用适当的脱硫方法和选择与其相适应的脱硫剂是很有必要的。

作为铁水预处理用的脱硫剂有各种各样的化合物,大致可区分为:在铁水温度下溶解状态使用的脱硫剂,例如苏打粉和NaOH;以及固体状态使用的脱硫剂,例如CaC₂、CaCN₂、CaO等。实际上,石灰—苏打粉那样的固体/液体状态的脱硫剂也广泛的加以使用。本章中从工业生产的角度出发,以满足下述条件的脱硫法为对象,对所使用脱硫剂的铁水脱硫效果加以叙述。条件是:

(1) 要选择每次至少可处理100吨以上铁水的方法;

(2) 要能把铁水里的S量降到0.015%以下的方法;

(3) 要能容易投入工业生产的方法。

1. 采用苏打粉脱硫

图18是在使用苏打粉进行铁水脱硫处理情况下为便于了解炼铁→炼钢工序过程中其处理位置的示意图。所谓炉外脱硫处理时期的位置,可分为:(1)在炼铁厂内处理和

(2) 在炼钢厂里从混铁炉到炼钢炉之间的处理。在炼铁厂, 有往高炉出铁槽R或输送包HP中加苏打粉进行脱硫的方法, 或者在出铁槽R和输送包HP之间设置一个虹吸包SP使铁水通过300~400mm的脱硫渣层(苏打粉)进行铁水脱硫的方法。在炼钢厂, 有铁水从混铁炉倒入铁水包时加苏打粉进行脱硫的方法(M—P), 有把铁水再倒入另一铁水包进行脱硫的倒包脱硫法(M—P—P)。另外还有一种不用混铁炉而把铁水装在鱼雷式铁水缶车内运送到炼钢厂、在铁水倒入接铁包时进行脱硫的方法(T—P)。为了避免鱼雷式铁水缶车衬砖的侵蚀, 一般不采用在炼铁厂往铁水缶车里加苏打粉的直接脱硫。

2. 采用固体脱硫剂脱硫

当在铁水温度下使用固态脱硫剂时, 从铁水和脱硫剂之间的接触混合这一点来说, 倒包法之类的方法脱硫效果小, 因此为充分提高脱硫效果, 用固体脱硫剂需要采用摇包法, 带搅拌体的机械搅拌法、喷吹脱硫剂法等方法。特别广为采用的是喷吹CaO和苏打粉混合物的脱硫法。作为固体脱硫剂, 反应性最好的化合物是 CaC_2 和 CaCN_2 。

图19是在容量为100—200吨的鱼雷式铁水缶车上用喷吹脱硫剂方

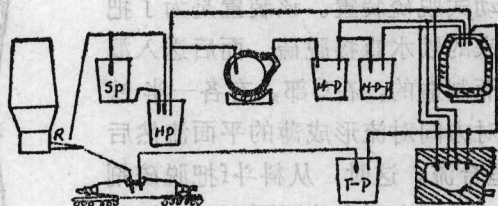


图18 用苏打粉的脱硫方式

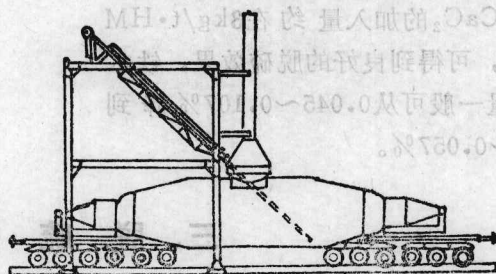


图19 用鱼雷式铁水缶车喷吹脱硫剂脱硫法

C) 炼铁厂		d) 炼钢厂		
e) 高炉	f) 运输用包	g) 混铁炉	h) 铁水包	i) 炼钢炉

式进行铁水脱硫时的设备参考图。在用这种装置喷吹 CaC_2 时, 控制气体(空气、氮气)预先干燥, 若干燥不充分有发生 C_2H_2 的危险。机械搅拌法如前面所述有采用空心搅拌体的、有采用实心搅拌体的, 都是比较好的脱硫方法。使用喷吹脱硫剂法和机械搅拌法的脱硫剂种类和粒度参考表8的例子。

1) TL: 喷吹脱硫剂法(浸枪),

HR: 机械搅拌法(空心搅拌体),

VR: 机械搅拌法(实心搅拌体)

其中2) S: 炼钢用铁,

G: 铸造用铁,

表 8 用不溶性脱硫剂的喷吹脱硫剂法和机械搅拌法的脱硫效果

实验	脱 硫 剂	混合比	粒 度	1) 方法	2) 铁水种类	铁水量吨	3) 铁水温度 °C
1	工业用 CaC_2	—	95% 0.3~0.7 μm	TL	S	30~40	1320~1350
2	CaC_2 + 气体发生剂	17:3	CaC_2 100% 0.03~0.09 μm	TL	S	27~42	1300~1360
3			CaCO_3 99% < 0.020 μm	TL	S	40~60	1300~1380
4	工业用 CaC_2	—	95% 0.3~0.7 μm	HR	S	62~95	1250~1350
5				HR	S	77~95	1275~1370
6				VR	S	85~95	1280~1360
7				VR	S	42~50	1345~1415
8				VR	S	45~47	1260~1310
9	工业用 CaCN_2	7:3	CaCN_2 99% < 1 μm	TL	G	50~200	n.b.
10	和气体发生剂		57% < 0.09 μm	TL	S	25~32	1250~1320
11			CaCO_3 同于 No. 2	TL	S	75~206	n.b.
12				TL	G	75~172	n.b.
13	石灰粉 + 苏打	10:1	CaO 100% < 1 μm	HR	K	8.5~16	1230~1330
14		9:1	60% < 0.1 μm	HR	Th	67~78	1245~1280
15		7:3	33% < 0.06 μm	HR	Th	66~69	1230~1240
16		8:2	Na_2CO_3 90% 1.0~0.2 μm	VR	S	86~94	1345~1375
17	石灰粉 + 苏打	9:1	CaO 100% < 0.2 μm	VR	S	86~94	1310~1385
18		9:1	98% < 0.09 μm	VR	S	49~56	1290~1410
19		9:1	Na_2CO_3	VR	S	47~48	1285~1290
20	石灰粉	—	CaO 同于 No. 17	VR	S	47~48	1260~1270
21			CaO 100% < 0.2 μm	TL	S	20~45	n.b.

Th: 碱性转炉用铁,

K: 化铁炉用铁,

3) n.b. 无测定值

3. 脱硫效果