

项目一

炼钢原料识别及选用



项目导入

巧妇难为无米之炊。原料是炼钢的基础,同样转炉炼钢原料的种类及其质量也直接影响到炼钢工艺过程是否顺利和产品质量及成本的高低。炼钢用原料可分为金属料和非金属料。金属料主要指铁水(或生铁块)、废钢和铁合金;非金属料主要指造渣材料、增碳剂、保温剂和气体等。因此本项目主要学习识别和区分各种原料,能够按照炼钢生产要求正确选用。

任务一 废钢、生铁的识别及选用



学习目标

- 知道废钢的来源,了解废钢质量对冶炼的影响,废钢铁中密封容器和有害元素的影响;理解炼钢对废钢的要求。
- 能够识别各种废钢铁,挑出混入废钢铁中的有害杂质,根据所炼钢种的不同选用钢铁原材料。



任务描述

了解废钢质量对冶炼的影响,废钢铁中密封容器和有害元素的影响,学习废钢铁的识别和选用。



相关知识

一、废钢来源

废钢来源主要有两方面。一是社会废钢:社会上的工业废钢(如旧机器及部件,废轧辊,废铸件,车刨屑等)和生产废钢(如废旧铁门窗,铁锅及家用工具等),经回收分类后可以作为炼钢生产的金属料,使这些废钢得到再生。二是钢厂自己的返回料(其中有的是合金返回料):一般是指开坯、成品车间的切头、切尾、冷条、报废的坯料及钢材等,炼钢车间的注余钢水,包底残钢、汤道以及报废的钢锭等。合金返回钢冶炼后可以回收其中的合金元素,节省自然资源。

二、废钢质量对冶炼的影响

1. 废钢成分对冶炼的影响

(1) 废钢中磷、硫含量的影响 一般情况下,如果废钢中磷、硫含量高,在正常的渣量、碱度、流动性和氧化性的情况下(即去磷、去硫效果相同的情况下)得到的钢水中的磷、硫含量亦为较高,势必会降低钢的质量。但当发现废钢中磷、硫含量较高时,可以采用增加渣料用量,增加换渣次数的办法来强化脱磷、硫的效果,使钢水中的磷、硫含量降到符合所炼钢种要求的范围。

(2) 废钢中硅、锰对冶炼的影响 废钢中硅、锰的氧化会增加冶炼中的热收入,特别是硅,其氧化热占热收入的 11.88%,这对提高熔池温度有利。锰的氧化物 MnO 是碱性氧化物,其生成既增加了渣量又减轻了炉渣的酸性,并有利于化渣。但硅的氧化物 SiO_2 是强酸性物质,它的存在会增加对炉衬的侵蚀程度,降低碱度。为减轻其影响,在工艺上要加石灰(也增加了热量消耗),增加了造渣操作难度。

2. 废钢外观质量对炼钢的影响

废钢外观质量要求洁净,即要求少泥砂、耐材和无油污,不得混入橡胶等杂物,否则会使熔池内 SiO_2 、 Al_2O_3 、 $[H]$ 、 $[P]$ 、 $[S]$ 等杂质增加,其结果将增加冶炼的难度,增加熔剂等消耗,降低钢的质量。

另外严禁混入密封容器,因为它受热膨胀容易造成爆炸恶性事故。

炉料还要求少锈蚀。锈的化学成分是 $Fe(OH)_2$ 或 $Fe_2O_3 \cdot H_2O$,在高温下会分解而使 $[H]$ 增加,在钢中产生白点,会降低钢的机械性能(特别是塑性严重恶化)。而且锈蚀严重时会使金属料失重过甚,不仅使钢的收得率降低,而且还会因钢水量波动太大而导致钢水中化学成分出格。

3. 废钢块度对冶炼的影响

入炉废钢的块度要适宜。对转炉来讲,一般以小于炉口直径的 $1/2$ 为好,单重也不能太大。如果废钢太重太大,可能会导致入炉困难,入炉后由于对炉衬的冲击力太大而影响炉衬的寿命,个别大块废钢入炉后甚至到冶炼终点时还不能全部熔化,出钢后会造出钢水温度或成分出格。如果废钢太轻太小也不好,其体积必然增大,入炉后会在炉内堆积,可能会造成送氧点火困难。所以炼钢厂根据炉子容量大小对废钢块度和单重都有具体规定。表 1-1-1 所示光明厂废钢的分类及规格。

表 1-1-1 光明厂废钢的分类及规格

类别	各类废钢典型举例	块度/mm	单重/kg
重型废钢	钢包和中包大块、铸坯及其切头和切尾、重型机械零件及铸钢件等	$<800 \times 500 \times 400$	<500
中型废钢	钢材及其切头和切边、机械零件及铸钢件、工业设备废钢等	$<800 \times 400 \times 300$	<300
小型废钢	钢材及其切头、机械零件、铸件工具等		
轻薄废钢	钢带及切头、薄板及切边、钢丝、盘条等	<8	
渣钢	钢包底、跑钢、轧钢等		

三、废钢铁中密封容器和有害元素的影响

1. 铜

钢中铜含量超过 0.3% 以后,在晶界上会有低熔点共晶体出现,在热加工时造成沿晶界开裂。严重损害使用质量,同时使钢的切削加工性(表面光洁度)变坏。所以碳素钢对[Cu]含量有一定限制。

铜有时亦作为合金元素加入钢中,这是考虑到铜固溶在铁素体中能增加碳钢对大气的抗腐蚀能力,用于冶炼耐大气腐蚀钢中。

2. 锡

锡存在于钢中,会使钢产生热脆现象,并降低成品钢材的机械性能,因此它作为钢中的有害元素要从废钢中挑出。

3. 铅

铅的密度大,熔点低,不溶于钢水,在冶炼时会沉到炉底钻入缝隙之中,造成炉底漏钢事故。同时,在冶炼的高温下,铅还会蒸发,对大气造成污染,有害于人体健康。

4. 爆炸物

混入废钢铁中的爆炸物主要有两类:一类是军用物资,例如废旧炮弹,如未经处理加入到炉内,那是极易引起爆炸的;另一类是密封容器,此类容器进入炉内,容器中的气体在炉内高温下受热膨胀到一定程度,达到能冲破外壳时即会发生爆炸。

四、转炉冶炼对废钢的要求

(1) 不同性质的废钢应分类存放,以避免贵重金属元素损失或造成熔炼废品。

(2) 废钢入炉前应仔细检查,严防混入封闭容器、爆炸物和毒品;严防混入易残留于钢水中的某些元素,如铅、锌等有色金属。

(3) 废钢应清洁、干燥,尽量避免带入泥沙、耐火材料和炉渣等杂质。

(4) 废钢应具有合适的外形尺寸和单重。轻薄料应打包或压块使用,以保证废钢密度;重废钢应能顺利装炉且 not 撞伤炉衬,必须保证废钢在吹炼期全部熔化。大型、重型废钢需经破碎加工,合乎要求后再入转炉。各厂家可根据自己的生产情况,对入炉废钢的外形尺寸和单重做出具体规定。轻型废钢和重型废钢合理搭配。废钢的长度应小于转炉口直径的 1/2,废钢的块度一般不应超过 300 kg,国标要求废钢长度不大于 1 000 mm,最大单件重量不大于 800 kg。



任务实施

一、废钢与生铁的认识

钢是碳含量低于 2.0% 的一种铁碳合金,炼钢生产中所炼钢种碳含量大多在 1.0% 以下。钢的特点是强度高、塑性好,可以锻、轧成各种所需要的形状,并且能随成分、压力加工和热处理方法的不同获得不同性能的材料。

所谓废钢是指已不能正常应用的钢材余料(图 1-1-1)。锈蚀或报废的机器部件,零件

加工时的碎屑,如车屑、刨屑或磨屑等。钢厂的废品及返回料等,一般以锭、坯、棒、管、板、带、丝、压块、铸件、轧辊等形态出现。合金废钢可以采用手提光谱仪、砂轮研磨来鉴别钢种,必要时也可以做化学分析来鉴别。

生铁也叫冷铁(图 1-1-2),是铁锭、废铸件、罐底铁和出铁沟铁的总称,其成分与铁水相近,但没有显热。因它的冷却效应比废钢低,同时还需要配加适量石灰。生铁以铁块、铁水、铸件、轧辊等形态出现,是碳含量 $\omega(\text{C}) > 2.0\%$ 的另一种铁碳合金,炼钢生产中所用的生铁,其碳含量 $\omega(\text{C})$ 为 $3.5\% \sim 4.4\%$ 之间。它的特点是无塑性,很脆,不能进行压力加工变形,熔点较低,液态时的流动性比钢好,易铸成各种铸件。



图 1-1-1 炼钢金属料—废钢



图 1-1-2 炼钢金属料—生铁块

固态生铁称为铁块,表面大多有凹槽及肉眼可见砂眼。铁块有两大品种:一是灰口铁,也叫灰铸铁,因其断面呈暗灰色而得名,其硅含量较高,液态时流动性好,常用于生产铸件;二是白口铁,因其断面呈亮白色而得名,其硅含量较低,一般作为炼钢用生铁。

二、废钢种类的识别

(1) 借助火花鉴别等方法检查废钢中是否混入有色金属(铜、锡、铅、锌等)。

(2) 在废钢堆场,在整理废钢时或废钢入炉前,凭借肉眼和手感仔细观察和检查并挑出有害杂质。

(3) 检查混入废钢铁中的铜。铜(Cu),金黄色金属,富有延展性,熔点 $1\ 080\text{ }^{\circ}\text{C}$,氧化后生成碱式碳酸铜,绿色(俗称铜绿),具有良好的导热、导电性,常用以制作电器开关、触头、电线、马达线圈等。铜主要以这些形态混入废钢铁中,所以在检查中要严加注意,全部挑出。

(4) 检查混入废钢铁中的锡。锡(Sn),熔点 $232\text{ }^{\circ}\text{C}$,密度 7.28 g/cm^3 。锡有白锡、脆锡、灰锡 3 种同素异形体。常见的是白锡,银白色金属,富有延展性。镀锡钢皮常称为马口铁,是废钢铁中最常见的,所以在检查中要挑出马口铁,防止将锡带入炉料中。

(5) 混入废钢铁中的铅。铅(Pb),密度为 11.34 g/cm^3 ,熔点 $327\text{ }^{\circ}\text{C}$,银白色(带点灰色),延性弱,展性强,它经常混入社会废钢中,必须仔细检查后挑出。

(6) 检查混入废钢铁中的密封容器爆炸物及放射性物质。密封容器和爆炸物进入炉内,由于受热后发生爆炸,是安全生产的隐患,必须仔细地废钢铁中挑出来。检查和挑出密封容器和爆炸物后要及时进行处理,防止未经处理的这些物品再次混入废钢铁中。

由于不能容忍的疏忽,致使强放射源(如 ^{135}Cs , ^{60}Co)混入废钢,对此要十分注意。发现密封铅容器或其他可疑金属物而又不能准确判断,应及时报告有关部门作放射性检查。不

可轻易触摸,更不可入炉熔炼导致放射污染扩散。

三、根据所炼钢种的要求选用不同的钢铁料(转炉炼钢)

(1) 所炼钢种对硫、磷有较高要求的,宜选用含硫、磷低等级的铁块或铁水。

(2) 所炼钢种对夹杂物有严格要求的,应选用纯净的(一级或二级)废钢。

(3) 对钢种硫、磷含量要求特别严格的应对所用铁水进行预处理,预先将铁水中的硫、磷含量脱到很低水平后再进行炼钢。

温馨提示

(1) 废钢(特别是合金废钢)应分类堆放,标明钢种及成分;

(2) 要根据炼钢要求,配料时应合理搭配使用各种废钢铁;

(3) 必须根据钢种要求正确选用合金返回料;

(4) 废钢中不得混有砖块、泥砂、油、回丝等杂物,也不得混有有色余属、封闭物等,否则会增加冶炼难度、降低钢质、成分出格报废,甚至发生爆炸等恶性事故;

(5) 要认真,仔细进行检查。上述提到的任何有害杂质混于废钢铁内进入炉内,都会对冶炼及钢质量造成不良后果:铅易沉积到炉底缝隙中,从而造成穿炉漏钢事故;铜、锡会造成钢的热脆;锌易挥发,且在炉气中被氧化成氧化锌;密封容器及爆炸物加入炉内都可能引发爆炸恶性事件,对人身及设备安全形成重大事故,后果不堪设想;

(6) 对于一时难以确认的有色金属可以先行挑出,待确认后再处理;

(7) 对挑出的密封容器及爆炸物要及时进行慎重处理(确保处理安全),不可挑出后再乱丢乱放,以免重新混入。

任务二 常用脱氧剂、铁合金、渣料的识别及选用



学习目标

- 了解铁合金、渣料在炼钢中的作用,熟悉常用脱氧剂、铁合金、渣料的特点。
- 能识别各种常用脱氧剂、铁合金,能识别石灰等造渣材料的类别、等级。能根据冶炼钢种的不同正确选用脱氧剂和铁合金,能根据炼钢工艺要求选用造渣材料。



任务描述

了解铁合金、渣料在炼钢中的作用,熟悉常用脱氧剂、铁合金、渣料的特点。学习各种常用脱氧剂、铁合金、渣料的识别和选用。



相关知识

一、常用脱氧剂

1. 常用脱氧剂(铁合金)的种类、成分、规格(表 1-2-1)

表 1-2-1 常用脱氧剂(铁合金)成分要求(%)

铁合金		成分 ω	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ca	Al
硅锰	FeMn ₆₅ Si ₁₇	≤ 1.8	65~70	17~20	≤ 0.4	≤ 0.03	I级 ≤ 0.10			
	FeMn ₆₀ Si ₁₇	≤ 1.8	60~70	17~20			II级 ≤ 0.15			
高碳锰铁	G FeMn ₇₆	≤ 7.5	≥ 76	1组 ≤ 1.0	≤ 0.03	≤ 0.02	I级 ≤ 0.33			
	G FeMn ₆₈	≤ 7.0	≥ 68				2组 ≤ 2.0	II级 ≤ 0.05		
	G FeMn ₆₄	≤ 7.0	≥ 64	≤ 2.0			I级 ≤ 0.40			
硅铁	FeSi ₇₅ Al _{1.0} A	≤ 0.1	≤ 0.4	74~80	≤ 0.2	≤ 0.02	≤ 0.035	≤ 0.3	≤ 0.10	≤ 1.0
	FeSi ₇₅ Al _{1.0} B	≤ 0.2	≤ 0.5	72~80			≤ 0.040	≤ 0.5	≤ 0.10	≤ 1.0
	FeSi ₄₅		≤ 0.7	40~47			≤ 0.040	≤ 0.5		
中碳锰铁	FeMn ₈₀ C _{1.0}	≤ 1.0	80~85	I ≤ 0.7 II ≤ 1.5	I ≤ 0.20 II ≤ 0.30	≤ 0.02				
	FeMn ₈₀ C _{1.5}	≤ 1.5	80~85	I ≤ 1.0 II ≤ 1.5	I ≤ 0.20 II ≤ 0.33					
铝	一级 Al			≤ 1.0						≥ 98
铝硅铁	FeAlSi	≤ 0.60		≥ 18	≤ 0.05	≤ 0.05				≥ 48 (Cu ≤ 0.60)
锰铁	特锰 3-A	≤ 7.0	≥ 76	≤ 1.0	≤ 0.03	≤ 0.25				
	特锰 3-A	≤ 7.3	≥ 76	≤ 1.3						
硅钙	Ca ₃₁ Si ₆₀	≤ 0.8		55~65	≤ 0.06 ≤ 0.04	≤ 0.04			≥ 31	≤ 2.4
	Ca ₂₈ Si ₆₀								≥ 28	≤ 2.4
	Ca ₂₄ Si ₆₀								≥ 24	≤ 2.5
铝铁	FeAl ₅₀			≥ 5	≥ 0.05	≥ 0.05			Cu ≥ 0.4	50~55
	FeAl ₄₅				≥ 0.05	≥ 0.05				45~50
	FeAl ₂₀			≥ 5	≥ 0.05	≥ 0.06			Cu ≥ 0.4	18~26

2. 转炉炼钢对脱氧剂的要求

- (1) 脱氧剂中的有害元素及杂质含量要少。因为脱氧剂太多,且在出钢前或出钢过程中加入,如带入有害元素和杂质已很难去除,将会影响成品钢的质量;
- (2) 脱氧剂成分要求相对稳定,以便准确地确定相应的加入量。

二、常用铁合金

1. 常用铁合金

(1) 锰铁 锰铁密度较大,为 7.0 g/cm^3 。外观表面颜色较深,近黑褐色并呈现出犹如水面油花一样的彩虹色。断面呈灰白色,其棱角有缺口。相互碰撞时会有火花产生。它既可用做脱氧剂,亦可作为合金剂。使用块度根据需要而定,中、小型转炉用一般在 $10\sim 50 \text{ mm}$ 。

(2) 硅铁 硅铁以前称矽铁(因为元素硅曾名为矽)。既做脱氧剂,又做合金剂。硅铁密度较轻,为 3.5 g/cm^3 。表面为青灰色。易破碎,其断面疏松,有气孔,有光泽。一般以散状块料供应,使用块度根据需要而定,中、小型转炉一般要求为 $10\sim 50 \text{ mm}$ 。

其中:高硅铁,青灰色,密度小(为 3.5 g/cm^3);低硅铁,银灰色,密度大(为 5.15 g/cm^3)。

含硅在 $50\%\sim 60\%$ 左右的硅铁极易粉化,并放出有害气体,一般不生产也不使用这种硅铁。

(3) 硅钙合金 硅钙合金的表面颜色与硅铁很接近,为青灰色,手感比硅铁与铝更轻,密度仅为 2.55 g/cm^3 ,其断面无气孔,有闪亮点。

(4) 硅锰合金 手感较重,密度为 6.3 g/cm^3 ,质地较硬,断面棱角较圆滑,相撞无火花产生。表面颜色在锰铁与硅铁之间(偏深色),是一种常用的复合合金剂,使用块度根据需要而定,中、小型转炉一般要求在 $10\sim 50 \text{ mm}$ 。

(5) 铝 铝是所有常用合金中密度最小的,仅为 2.8 g/cm^3 ,是一种银白色轻金属,有较好的延展性,是强脱氧元素,用于终脱氧,也可用作合金剂。一般制成条形(长约 200 mm ,宽约 $50\sim 80 \text{ mm}$ 不等)或环形供应。如:

某厂铝块: $\omega(\text{Al})\geq 98.0\%$,块重 $0.8\sim 1.2 \text{ kg/块}$;某厂铝粉: $\omega(\text{Al})\geq 90.0\%$, $\omega(\text{S})\leq 1\%$,粒度 $5\sim 10 \text{ mm}$,袋装, 30 kg/袋 。

(6) 硅铝钡合金 硅铝钡合金要求:干净,干燥、无杂质、不得混料;硅铝钡合金的包装为袋装, 5 kg/袋 ;粒度 $10\sim 50 \text{ mm}$ 。

(7) 铝锰铁 铝锰铁呈块状,形如条形年糕,貌如小型铸件,表面较光滑,颜色近于褐色,与锰铁相似,块度不大,一般不会碎裂,如破碎器断面呈颗粒状,且略有光泽。

2. 常用铁合金的使用要求

- (1) 合金使用前必须核对合金种类、成分单及实物,切忌搞错用错。
- (2) 在保证钢质量的前提下,应选用适当牌号的铁合金,以降低钢的成本。
- (3) 合金回收率的影响因素很多,一般有合金的氧化能力、冶炼温度、钢水及炉渣氧化性、炉渣数量及其黏度等。使用前必须根据以上元素的综合影响正确确定合金元素回收率,并在计算合金用量时应视具体情况对计算结果酌情进行调整。
- (4) 使用块状铁合金时,必须保证其块度合适。块度太小在加入过程中易被炉渣氧化,降低回收率;块度太大加入钢中后难以熔化,易造成成分偏析甚至出格。块度要求应根据铁

合金加入方法、加入时期、合金种类及炉子吨位大小而异。具体见相应的操作规程。

(5) 铁合金在加入前一般都要经过烘烤(特别是对氢含量要求严格的钢),以保证其干燥而减少带入钢中的气体和加入后熔池有较小的温降(特别是加入量较大的合金)。例如硅铁使用前必须烘烤到表面发红,否则会增加钢中的气体含量。易氧化的元素(如 Fe-Ti)应采用低温烘烤以去除水分。

(6) 铁合金成分应符合技术标准规定,以避免炼钢操作失误。如硅铁中的铝、钙含量,沸腾钢脱氧用锰铁的硅含量,都直接影响钢水的脱氧程度。

三、造渣料

1. 石灰

石灰的熔化速度是转炉炼钢快速成渣的关键,因此石灰质量与炼钢工艺是密切相关的。近年来,国内外炼钢厂已普遍采用活性石灰,对快速成渣及加快反应速度起到了良好效果。

(1) 对于转炉炼钢,世界各主要产钢国家都对石灰提出了要求。表 1-2-2 所示一些国家转炉用石灰标准,表 1-2-3 所示我国顶吹转炉用石灰标准。表 1-2-4 所示光明炼钢厂石灰技术条件。

表 1-2-2 一些国家转炉用石灰标准

国家	指标内容	成分 $\omega/\%$			灼减/ $\%$	块度/mm
		CaO	SiO ₂	S		
美国		>96	<1	0.035	<20	7~30
日本		>92	<2	<0.020	<30	4~30
英国		>95	<1	<0.050	<25	7~40
德国		>87~95		<0.05	<30	8~40
俄罗斯		>90~92	<2	0.03	<20	8~30

表 1-2-3 我国顶吹转炉用石灰标准

项目	化学成分 $\omega/\%$			活性度	块度/mm	灼减/ $\%$	生(过)烧率/ $\%$
	CaO	SiO ₂	S				
指标	≥ 90	≤ 3	≤ 0.1	>300	5~40	<4	14

表 1-2-4 光明炼钢厂石灰技术条件

项目		化学成分 $\omega/\%$						活性度 (4NHCl, 40±1 °C 10 min)
		CaO	MgO	SiO ₂	P	S	灼减	
		≥	<	≤	≤	≤	≤	
冶金 石灰	特级品	92	5	1.5	0.01	0.025	2	360(活性)
	一级品	90	5	2.5	0.10	0.10	5	300
	二级品	85	5	3.5	0.15	0.15	7	250
	三级品	80	5	5.0	0.20	0.20	9	180

(2) 活性石灰 活性石灰是在 900~1 200 °C 范围内,在回转窑中焙烧而成的冶金石灰。它的特点一是成分好, $\omega(\text{CaO}) > 94\%$ 、 $\omega(\text{SiO}_2) < 1\%$ 、 $\omega(\text{S}) < 0.05\%$;二是反应能力强;气孔率大,可达 40%,呈海绵状,体积密度小,可达 1.7~2.0 g/cm³,故其比表面积大,达 7 800 cm²/g;石灰晶粒细小;所以活性石灰的熔化速度极快。

2. 萤石

(1) 萤石的用量 萤石具有很好的助熔作用,本身也有一定的去硫作用,但值得注意的是萤石在发挥助熔作用时要充分考虑加入萤石带来的不良后果:CaF₂与硫作用后形成的气体 SF₆是一种对人体有害的气体;与炉衬中的 SiO₂生成 SiF₄,这种反应起到损坏炉衬的作用;过量萤石会使炉渣流动性太好,从而加剧了炉渣对炉衬的侵蚀,降低了炉衬寿命;CaF₂是表面活性物质,能降低炉渣的表面张力,有助于泡沫渣的形成和稳定,也容易造成喷溅。所以炼钢过程中萤石加入量要适宜,一般萤石加入量应小于石灰加入量的 10%(有的厂家要求为小于 6%),并尽量少加甚至不加。

(2) 冶金用萤石规格 冶金用萤石成分规格要求见表 1-2-5。

表 1-2-5 萤石成分(YB325—81)

品级	化学成分 $\omega/\%$				一般用途
	CaF ₂	SiO ₂	S	P	
	不小于	不大于			
1	95	4.7	0.10	0.06	冶炼特种钢、特种合金用
2	90	9.0	0.10	0.06	冶炼特种钢、特种合金用
3	85	14.0	0.10	0.06	冶炼优质钢用
4	80	19.0	0.15	0.06	冶炼普通钢用
5	75	23.0	0.15	0.06	冶炼普通钢、化铁、炼铁用
6	70	28.0	0.15	0.06	化铁、炼铁用
7	65	32.0	0.15	0.06	化铁、炼铁用

3. 生白云石

(1) 生白云石的块度要求 分为 5 种规格: 小于 5 mm, 5~20 mm, 10~40 mm, 40~80 mm, 30~100 mm。炼钢生产中块度要求在 5~40 mm;

(2) 冶炼用白云石成分要求 冶炼用白云石成分要求见表 1-2-6。

表 1-2-6 白云石等级及其化学成分

项目 级别	化学成分 $\omega/\%$		
	MgO	CaO	SiO ₂
一级品	≥ 19	≥ 6	≤ 2.0
二级品	≥ 19		≤ 3.5
三级品	≥ 19		≤ 4.0
四级品	≥ 16		≤ 5.0
镁化白云石	≥ 20		≤ 2.0

4. 氧化铁皮

(1) 氧化铁皮的成分要求为 $\omega(\sum \text{FeO}) \geq 90\%$ 或 $\omega(\sum \text{Fe}) \geq 70\%$, $\omega(\text{SiO}_2) \leq 3\%$, $\omega(\text{S}) \leq 0.10\%$, $\omega(\text{H}_2\text{O}) < 1.0\%$ 。

(2) 氧化铁皮的块度要求为大于 1 mm, 片状; 须过筛去除杂物。

(3) 使用前要烘烤以去除其中的水分及表面的油污, 保证干燥、清洁。

5. 矿石

(1) 成分要求 $\omega(\text{TFe}) \geq 55\%$, $\omega(\text{SiO}_2) \leq 8\%$, $\omega(\text{S}) \leq 0.1\%$, $\omega(\text{P}) \leq 0.1\%$, $\omega(\text{H}_2\text{O}) < 0.5\%$;

(2) 块度要求 一般要求 40~100 mm。



任务实施

一、常用脱氧剂的识别和选用

1. 识别脱氧剂

(1) 锰铁 锰铁的密度较大, 为 7.0 g/cm^3 。外观表面颜色很深, 近于黑褐色并呈现出犹如水面油花样的彩虹色。断面呈灰白色, 并有缺口。如果相互碰撞会有火花产生。

(2) 硅铁 以前称矽铁(因为元素硅曾名为矽), 密度较小, 为 3.5 g/cm^3 , 表面为青灰色, 易破碎, 其断面较疏松且有闪亮光泽。

(3) 铝铁 铝铁的密度也较轻, 约为 4.9 g/cm^3 , 外观表面灰白色(近灰色)。

(4) 铝 手感是上述几种合金中最轻的, 密度仅为 2.8 g/cm^3 , 是一种银白色的轻金属, 有较好的延展性, 一般以条形或环形状态供应。

(5) 硅钙合金 表面颜色与硅铁很接近, 为青灰色, 手感比硅铁与铝更轻, 密度仅为 2.55 g/cm^3 , 其断面无气孔, 有闪亮点。

(6) 硅锰合金 手感较重, 密度为 6.3 g/cm^3 , 质地较硬, 断面棱角较圆滑, 相互碰撞后

无火花产生。表面颜色在锰铁与硅铁之间(偏深色),使用块度一般在 10~50 mm。

(7) 铝锰铁 块状,形如条形年糕,貌如小型铸件,表面较光滑,颜色近于褐色,与锰铁相似。块度不大,一般不会碎裂,如破碎具断面呈颗粒状,且略有光泽。

2. 正确选用脱氧剂

(1) 若冶炼优质钢需要在炉内沉淀脱氧时,可以选用锰铁、硅锰铁或铝铁。

(2) 冶炼沸腾钢或者低硅钢种,几乎不用硅铁来进行脱氧。

(3) 硅铁是常用的较强脱氧剂,按照铁合金加入顺序一般在加入锰铁后使用。

(4) 铝是常用脱氧剂中脱氧能力最强的,一般用于终脱氧。

(5) 铝锰铁是一种复合脱氧剂,在炼钢中作为铝的一种代用品来使用。使用后对钢的质量有好处。

炼钢中使用的复合脱氧剂除了铝锰铁外,还有硅钙合金、硅锰合金、硅铝钡、硅铝钡钙等,使用复合脱氧剂后主要有以下好处:

① 提高脱氧能力。锰是脱氧能力较弱的元素,但它与其他元素共同使用时,能增加其他元素的脱氧能力。

② 生成低熔点产物,易于排出。硅是脱氧能力较强的元素之一,当硅的加入量由 0.06% 增加到 0.37% 时,脱氧产物由 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ (熔点为 $1\ 205\ ^\circ\text{C}$) 转化为 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{SiO}_2$,最后转化为纯 SiO_2 固体,所以单独用硅脱氧,其脱氧产物不太容易排出而残留在钢水中成为钢水中非金属夹杂物,降低钢的质量。当硅与锰共存为复合脱氧剂时,便能生成低熔点的脱氧产物,便于排出。

3. 注意事项

(1) 铝铁与硅铁在外观特征上有许多相似之处,要特别注意区别,防止混用后产生不良后果。

(2) 合金加入顺序按脱氧能力强弱来安排,一般先加脱氧能力弱的合金,再依次加入脱氧能力较强的合金。常用脱氧剂加入顺序为:先加锰铁,然后加硅铁,最后加铝。

(3) 粉状脱氧剂可包成小包(用硬纸或钢皮)后再使用。每包重量应视具体情况而定。使用前须经 $150\sim 200\ ^\circ\text{C}$ 烘烤 4 h 以上,随用随取以防受潮。

二、常用铁合金的识别和选用

1. 识别铁合金

(1) 及时核对铁合金来料成分单及实物。

(2) 各种铁合金应分类堆放,并标明名称、规格和成分。

(3) 根据铁合金特征,在现场用肉眼识别各种常用铁合金(各类铁合金的特征详见相关知识)。

2. 选用铁合金

(1) 知道所炼钢种的标准成分及内控要求。

(2) 根据钢中该元素的残余含量,确定该元素的加入量。

(3) 选择所用铁合金种类(含碳量及合金元素的含量)。

(4) 确定合金回收率,并计算出该合金加入量。

(5) 核对所选用的合金种类及加入量。

温馨提示

(1) 铁合金实物和成分单要正确对应,不能搞混搞错,否则一旦加错合金品种或者合金成分有误,均会造成钢的成分出格而报废;

(2) 要加强铁合金管理。铁合金必须按品种、规格、成分分类堆放,保证正确选用,否则拿错(用错)合金亦会导致钢种成分出格而报废;

(3) 冶炼沸腾钢一般选用锰铁;

(4) 冶炼镇静碳钢一般选用锰铁和硅铁;

(5) 冶炼合金钢,选用相应合金元素的铁合金。如冶炼 40Cr 选用铬铁;冶炼 50CrV 则选用铬铁和钒铁;

(6) 铝一般用于终脱氧。只有冶炼含铝钢时铝才作为合金剂选用;

(7) 选用某一合金,采用低碳、中碳还是高碳合金,要视钢中含碳量与所炼钢种规格之间的差值。在可能的情况下,还应考虑炼钢成本,尽量选用价格便宜的高碳铁合金;

(8) 提高钢的内在质量,常采用复合脱氧剂,如 Mn-Si、Ca-Si 等;

(9) 凡要加多种铁合金时一般先加脱氧能力较弱的合金,再加脱氧能力较强的合金,依此类推。例如生产中常见是先加 Fe-Mn,然后加 Fe-Si、Mn-Si,最后加铝。

三、造渣材料的识别和选用

1. 渣料料场识别各种造渣材料

(1) 石灰的外观特征 石灰呈白色,手感较轻(注意,有些手感较重的石灰往往是未烧透的石灰石)。石灰极易吸水粉化,粉化后的石灰粉末不能再做渣料用。因此储存和运输时必须防雨、防潮。

(2) 萤石的外观特征 萤石基本以块状供应,质量好的萤石表面呈黄、绿、紫等色(无色的少见)、透明并具有玻璃光泽;质量较差的则呈白色(类似于石灰颜色);质量最差的萤石表面带有褐色条斑或黑色斑点,且其硫化物(FeS、ZnS、PbS 等)含量较多。因此,萤石要保持干燥、清洁。

(3) 生白云石的外观特征 与石灰相比则石灰更趋白色,内部结构更疏松,且表面会粘有不少粉末,而生白云石稍趋深色,呈灰白色(从颜色看与劣质萤石相似),质硬,手感较重。

(4) 氧化铁皮的外观特征 氧化铁皮是轧钢车间铸坯表面的一层氧化物,剥落后成为片状物,青黑色,来自于轧钢车间。主要成分是氧化铁。使用时应加热烘烤,保持干燥。

(5) 铁矿石的外观特征 铁矿石常见的有 3 种:

① 赤铁矿:俗称红矿。外表有的呈钢灰色或铁黑色,有的晶形为片状;有的有金属光泽且明亮如镜(故又叫镜铁矿),手感很重。主要成分是 Fe_2O_3 。

② 磁铁矿:外表呈钢灰色和黑灰色,有黑色条痕,且具有强磁性(因此而得名)。磁铁矿组织比较致密,质坚硬,一般呈块状。主要成分是 Fe_3O_4 。

③ 褐铁矿:外表黄褐色、暗褐色或黑色,并有黄褐色条痕。其结构较松散,密度较小,相对而言手感较轻,含水量大。主要成分是 $m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。

2. 炉前识别各种造渣材料

观察炉前加渣料操作如何进行,加些什么渣料以及各种渣料的特征,以达到识别这些渣

料的作用。

温馨提示

- (1) 识别各种渣料应在现场面对实物进行观察、对比,才能取得效果,避免空洞、抽象;
- (2) 造渣材料不能误用。如将萤石误当石灰加入炉内可能会造成大喷溅,反之可能造成化渣极端不良或返干;
- (3) 吹炼高磷生铁如要回收炉渣制造磷肥的,不允许加入萤石。



知识拓展

一、铁合金的用途

1. 用做脱氧剂

炼钢过程主要是一个氧化过程,冶炼时必须供给熔池足够的氧,而到冶炼终点时又必须将溶解于钢水中的氧去除以保证钢的质量,为此需要向钢水中加入脱氧剂,使之与钢中溶解氧生成不溶于钢水的氧化物以达到清除钢水中过剩溶解氧的目的。

2. 用做合金剂

如前所述,炼钢过程基本是一个氧化过程,到冶炼终点时,钢水中原有的锰元素被氧化得所剩无几,而硅元素更是差不多氧化殆尽,钢中所规定的各种化学成分必须在出钢前或出钢过程中加以调整,这个过程叫合金化。合金化是通过向钢水中加入铁合金来完成的。

部分铁合金可以兼做脱氧剂和合金剂,如锰铁、硅铁、铝等。

二、铁合金的烘烤操作

烘烤前后必须仔细检查核对铁合金的成分、批号,并标识清楚,防止混料。如发现批号、成分不明或混料时,需经处理后方准使用,否则严禁使用。炉内的各种铁合金不准混在一起烘烤。

铁合金需经烘烤后使用,烘烤温度和时间,应根据合金的熔点、化学性质、用量以及气体含量等具体因素而定,大致可分为退火处理、高温烘烤和低温烘烤三种情况:

- (1) 含氢量较高的合金如电解镍、电解锰等,应进行退火处理。
- (2) 对于熔点较高又不易氧化的合金如钨铁、钼铁、锰铁、硅铁、铬铁、镍等,必须在 800 °C 以上的高温下烘烤 2 h 以上。
- (3) 熔点较低或易氧化的合金如铝铁、钒铁、钛铁、硼铁、稀土等,则应在 200 °C 左右的低温下烘烤,但时间应延长到 4 h 以上。

三、加入各种渣料的主要作用

1. 石灰的主要作用

石灰的主要成分是 CaO,加入后使炉渣的碱度 R 提高,生产中一般以 $\omega(\text{CaO})/\omega(\text{SiO}_2)$ 的大小来表示 R 的大小。

(1) 有利于脱磷反应的进行 脱磷反应是在渣钢界面上进行的,加入石灰提高了碱度,即提高了渣中氧化钙的含量,有利于脱磷反应的进行;

(2) 有利于脱硫反应的进行 加入石灰提高了碱度,即提高了渣中氧化钙的含量,有利于脱硫反应的进行;

(3) 有利于保护炉衬 目前氧气转炉的炉衬基本都是由碱性耐火材料制成的。加入石灰后提高了炉渣的碱度,使炉中酸性很强的 SiO_2 从自由态的玻璃相转变为化合态的橄榄石相。 SiO_2 被稳定在 $(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ 中,从而减轻了渣中酸性氧化物对碱性炉衬的侵蚀,起到保护炉衬的作用。

2. 萤石的主要作用

萤石的主要成分是 CaF_2 ,在冶炼中加入炉渣之中能在不降低碱度的情况下降低炉渣的熔点,改善炉渣的流动性,是一种很好的助熔剂。而且 CaF_2 本身也有一定的去硫作用。

3. 生白云石的主要作用

转炉初期渣的矿物组成中有许多是镁的硅酸盐。由于目前转炉炉衬基本是钙—镁系耐火材料砌筑而成,如按通常用的石灰来造渣,在初期渣形成时必然要大量夺取炉衬中的 MgO 以组成含镁硅酸盐的初期渣,这样炉衬会不断受到蚀损,从而降低了炉衬的使用寿命。

采用生白云石造渣,它是一种复盐,分子式为 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$,受热分解为 $\text{CaO} + \text{MgO}$,不仅提供了 CaO ,也提供了足够的 MgO ,这样就可以使炉渣对炉衬的侵蚀降到最小程度,起到保护炉衬、提高炉龄的作用。

4. 氧化铁皮的主要作用

(1) 氧化铁皮的主要成分是氧化铁,加入熔池后它从室温提温需吸收一定的物理热。另外,氧化铁可与熔池中碳发生还原反应吸收大量热量,据资料数据,从液体 FeO 中还原出 1 kg 铁需吸热 4 247 kJ,而从液体 Fe_2O_3 中还原出 1 kg 铁需吸热 6 456 kJ。所以氧化铁皮是一种冷却剂。

(2) 氧化铁皮可做助熔剂使用,氧化铁皮加入熔池后增加 (FeO) 量, (FeO) 可以使炉渣中含有 FeO 的低熔点矿物保持一定数量; (FeO) 能比 (MnO) 更有效地使石灰外围的高熔点矿物 C_2S 松散软化; (FeO) 还能渗透 C_2S 进入石灰,与石灰反应后生成低熔点的铁盐钙。所以氧化铁皮具有很好的化渣助熔作用。

(3) 氧化铁皮可供给熔池一定的氧量,也是一种氧化剂。

5. 铁矿石的作用

铁矿石的主要成分是 Fe_2O_3 或 Fe_3O_4 ,加入熔池受热分解后得到 FeO ,它的作用与氧化铁皮基本相同。

四、活性石灰质量的检验方法

衡量活性石灰质量好坏的指标是活性度。我国现用的活性度检验方法基本上采用德国首创的 HCl 试验法,即在 1 000 mL 蒸馏水中加入 0.5 mL (5~6 滴) 酚酞指示剂,当蒸馏水在 $40\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 时,加入 25 g 石灰颗粒试样(颗粒度一般为 10 mm),然后不断滴加 $c(\text{HCl}) = 4\text{ mol/dm}^3$ 的溶液(4 当量浓度的 HCl),使溶液保持中性,当滴加到 10 min (或 5 min) 时规定要消耗多少毫升以上的 HCl (耗量越大,表示其活性度越高,活性石灰的质量越好)。

例: $\text{NH}_4\text{Cl}/360 \text{ mL } 40 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C } 10 \text{ min}$ 表示当滴加到 10 min 时, 规定要求用去 $V_{(\text{HCl})} \geq 360 \text{ mL}$ 。

任务三 其他物料的识别及选用



学习目标

- 了解炼钢对增碳剂的质量要求, 常用脱硫剂的特点, 炼钢中焦炭的主要用途, 各种气体的主要用途和质量要求。
- 能识别各种增碳剂和各种常用气体, 正确判断焦炭的类别和等级。选用增碳剂并决定其加入量, 选用铁水预脱硫常用的脱硫剂。



任务描述

了解增碳剂、脱硫剂、各种气体的用途和特点, 能识别和正确选用。



相关知识

一、炼钢对增碳剂的质量要求

1. 增碳剂中的固定碳含量要高且稳定

沥青焦固定碳应在 90% 左右; 电极粉固定碳一般在 85%~90%; 焦炭粉固定碳要求不小于 80%; 生铁如炼钢用生铁, 其碳含量一般在 3.6%~4.4%。目前使用的增碳剂, 其固定碳一般在 80%~95% 之间, 加入后碳的回收率一般在 80%~90% (要视钢水氧化性而定)。

2. 杂质含量要低

电极粉灰分不大于 2%, $\omega(\text{S}) \leq 0.1\%$, $\omega(\text{H}_2\text{O}) \leq 0.5\%$; 焦炭粉: 灰分不大于 15%, $\omega(\text{S}) \leq 0.1\%$, $\omega(\text{H}_2\text{O}) \leq 0.5\%$ 。

3. 块度

粉状料的颗粒度大多在 0.5~1 mm, 使用前一般都装入纸袋后投入钢包中以减少烧损和稳定回收率。

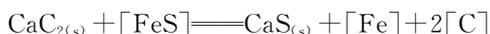
二、脱硫剂的选择

(一) 常用脱硫剂的特点

1. CaC_2 基脱硫剂

实际脱硫用的电石是含 CaC_2 50%~80% 的工业电石, 还含有 16%~40% 的 CaO , 其余是碳。

(1) 电石 (CaC_2) 系脱硫剂的脱硫反应 电石粉是铁水脱硫预处理的主要脱硫剂, 它在铁水中的脱硫反应为:



(2) 电石(CaC_2)系脱硫剂的脱硫特点

① 在电石中混入一定量的石灰石粉(CaCO_3),其商业名称叫 CaD。加入 CaCO_3 的目的是让其分解产生 CO_2 ,防止 CaC_2 烧结。

② 在高碳铁水中, CaC_2 分解出的钙离子与硫有极强的亲和力,因此有很强的脱硫能力,而且这个反应是放热反应,有利于减少铁水的降温。

③ 脱硫生成物 CaS 的熔点为 2450°C ,在铁水面形成疏松的固体渣,活度较低,有利于防止回硫,而且扒渣操作较容易,对混铁车内衬侵蚀也较轻。由于电石粉的脱硫能力强,所以耗量少,渣量也较少,还不到石灰粉脱硫渣量的一半。

④ 脱硫时生成的碳除饱和溶解于铁液外,其余以石墨态析出。同时脱硫中还有少量的 CO 、 C_2H_2 气体,以及随喷吹气体带出的少量电石粉、石灰粉等会污染环境,必须设置除尘设备。

⑤ 电石粉极易吸潮,在大气中与水分接触时,迅速产生 C_2H_2 (乙炔) 气体,形成易爆气体,应采取安全措施,同时又降低了电石粉的纯度和反应活度,因此运输和贮存时需用特殊的方法,应密封防潮,要在惰性气体保护下运输,要用储藏容器大且需防爆的高压容器。在开始喷吹前再与其他脱硫剂混合。

⑥ 生产电石粉耗能高,价格昂贵,约为石灰的 10 多倍。

2. CaO 基脱硫剂

(1) CaO 基脱硫剂的脱硫反应 石灰粉在铁水中的脱硫作用:



(2) 石灰粉的脱硫特点

① 当铁水中的硅氧化成 SiO_2 后,会与 CaO 生成 CaSiO_3 ,相应地耗费了有效 CaO 量,降低了脱硫效果。

② 脱硫渣为固体渣,对耐火材料侵蚀较轻微,扒渣方便,但是渣量较大。

③ 石灰粉流动性差,在料罐中下料易“架桥”堵塞,喷吹中也易结块凝聚,故必须加强搅拌。石灰粉也极易潮解,大大恶化流动性,生成的氢氧化钙 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不但影响脱硫效果,而且污染环境。

④ 喷入的石灰粉粒表面可能会生成致密的硅酸钙($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$),在脱硫反应中阻碍了硫向石灰粉粒中的扩散,所以脱硫效率较低,只有电石粉的 $1/3 \sim 1/4$ 。

⑤ 石灰粉价格低廉,在大型钢铁联合企业中还可利用石灰焙烧车间除尘系统收集的石灰粉尘。

3. 石灰石粉(CaCO_3)

(1) 石灰石粉受热分解出 CO_2 气体加强了对铁水的搅拌作用,喷吹中 CO_2 气泡破碎了铁水中悬浮着粉粒脱硫剂的气泡,增加了脱硫剂和铁水接触的机会,提高了脱硫能力。因而也把石灰石粉称为“脱硫促进剂”。有资料报道,用电石粉+石灰石粉作脱硫剂,比用电石粉+石灰粉作脱硫剂的脱硫效果可提高 5%。

(2) 石灰石粉吹入铁水,其分解是吸热反应,分解出来的 CO_2 气体如过于集中将使铁水产生喷溅。所以石灰石粉的使用比例受到限制,不宜过多,一般配比在 5%~20% 范围内。

(3) 资源丰富,价格低廉。

4. Na_2CO_3 基脱硫剂

(1) Na_2CO_3 的脱硫反应



(2) Na_2CO_3 的脱硫特点 Na_2CO_3 是较早采用的一种炉外脱硫剂,其有很强的脱硫能力,熔点低,熔化成渣后流动性好,反应能力强。但是, Na_2CO_3 易蒸发生成大量烟雾,这些烟雾污染空气,堵塞管道,加剧侵蚀。同时渣中 Na_2CO_3 含量高,渣变得很稀,对包衬等耐火材料侵蚀严重,加之 Na_2CO_3 来源短缺,成本高,因而在使用中受到较大限制。目前,各国均已很少使用 Na_2CO_3 为基料的脱硫剂进行炉外脱硫。

5. 镁系脱硫剂

(1) 镁系脱硫剂的种类 镁系脱硫剂可分为两大类:一类是散状镁,即镁粉和镁粒;另一类是块状镁,即镁锭、镁焦、钝化镁和镁丝等。散状镁是用喷吹法,即借助载气和喷枪加入铁水;块状镁是用专门的设备加入铁水,种类不同加入设备也不同。由于在脱硫时的铁水温度条件下,镁的气化相与铁水的反应十分剧烈,因而所有种类的镁脱硫剂及其加入铁水的方式的关键在于应使镁的气化相与铁水的反应能够有控制地进行。

钝化镁粒(粉)可用铣刀切削而成,其粒度小于 1 mm,也可由喷雾法加工而成。为防止镁粉的猛烈气化和喷嘴的堵塞,镁粉必须与石灰等粉剂混合后才能喷入铁水。钝化镁粒(粉)表面为熔盐保护膜。与其他镁脱硫剂相比,其生产效率高,自燃温度高,易于储存和运输,可单独喷入铁水,喷吹工艺简单。

镁锭是由金属镁制成的长条状锭块,除端面外,表面涂有一层耐热材料保护层。镁锭需采用专门的设备加入铁水。此种脱硫剂为前苏联早期所采用,后来逐渐被镁粒所取代。

镁丝是将镁粉和石灰等物按一定比例混合,用铁皮包裹制成直径为 4~8 mm 的镁丝,脱硫时按一定速度喂入铁水。该种脱硫剂是近年来由日本开发的,目前还处于试验阶段。

(2) 镁系脱硫剂的脱硫反应 金属镁为基的脱硫剂的脱硫反应为:



(3) 镁系脱硫剂的特点

① 镁和硫的亲合力极高,对铁水来说,镁是最强的脱硫剂之一;用量少,对铁水带有高炉渣不敏感,而且脱硫渣没有环境问题;镁用量少,脱硫处理用的设备投资低,脱硫过程对铁水化学成分基本无影响。

② 金属镁在 1350℃ 时,用镁粉进行铁水炉外脱硫,可大大高于 CaO 的脱硫能力。但由于镁金属熔点低(650℃),沸点也低为 1107℃,在高温下变成气态,故镁难于加入到铁水中去,需采取特殊手段加入。工艺上常采用镁-焦、镁-铝,包盐镁粉等方式把镁加入铁水中,镁加入铁水后变成镁蒸气,形成气泡,使镁的脱硫反应在气液相界面上进行,反应区混合均

匀,大大增加了镁的脱硫效果。

③ 由于铁水中会有残留镁,造成部分镁损失;在高温下由于镁的蒸气压太高,难以控制,有时使镁的脱硫效率降低;用镁进行脱硫处理时,需用深的铁水包,利于保证插枪深度;另外要避免镁遇湿产生危险。

(二) 脱硫剂的组成和配比

为了降低成本,减少电石粉的消耗,脱硫剂的组成常用电石粉+石灰粉、电石粉+石灰粉、钝化镁+石灰粉。脱硫剂的配比主要是根据脱硫要求和铁水条件而定。其原则是既要满足脱硫要求,又要尽量降低成本。

通常脱硫要求不高时(轻脱硫),脱硫剂中组成以石灰粉为主,脱硫成本较低;要获得低硫铁水时,以电石粉为主,使用过多的石灰粉很难达到脱硫要求,而且吹入过多的石灰粉使渣量增加、铁损增加、耐火材料侵蚀加重、混铁车排渣困难、喷枪寿命下降,以及延长处理时间等,从经济上讲并不合算。

(三) 脱硫剂粒度的确定

细化脱硫剂的粒度,增加反应界面,可以提高脱硫的反应速率。这在生产实践中得到证实。但是使用过细的脱硫剂不但使加工费大大增加,而且过细的脱硫剂喷入铁水中易凝聚结块,粉剂越细则与载流气体的分离越困难,部分脱硫剂随气泡上浮到渣中,或随烟气排入到除尘装置中,使脱硫剂的耗量增加,脱硫效率下降,而且不稳定,不易控制。然而粗大颗粒的脱硫剂不但反应界面小,反应速率慢,而且由于固相颗粒表面上反应产物的扩散速度较缓慢,颗粒的中间还未参加脱硫反应,它就上浮入渣中,也使脱硫剂反应效率下降。因此,脱硫剂的粒度要合适。作为主要脱硫剂的电石粉,其粒度要求为 0.1~1 mm。

三、炼钢中焦炭的主要用途

1. 用于新开炉烘烤炉衬

采用焦炭-铁水烘炉法新开炉时,向炉内加入焦炭,除了利用其燃烧热来增加炉内热量,有利于提高炉温,达到烘烤炉衬目的外,更主要的是焦炭加入后的增碳,有效地延长了吹炼时间,提高了炉衬的烧结质量。用于新开炉的焦炭的粒度一般在 40~150 mm 不等,视各厂生产的具体情况选择。

2. 用于钢水增碳

用于增碳的焦炭,其粒度一般在 1~5 mm,为了减少增碳对钢水的污染,应对所用焦炭进行精选,一般选用固定碳高(不小于 95%)且灰分、水分、硫分低的焦炭来做增碳用。

四、各种气体的主要用途和质量要求

1. 氧气

氧气是炼钢的主要氧化剂,对其质量要求如下:

(1) 氧气纯度 要求在 99.5% 以上,纯度高,则其氮含量及水分等就低,有利于钢质量的提高。

(2) 氧气压力 压力要稳定,压力在 0.6~1.5 MPa 之间。

2. 氮气

氮气的主要作用有:

(1) 用来封闭其他气体,以防外逸。压力要求不小于 0.1 MPa,纯度不小于 98%。

(2) 用氮气来进行溅渣护炉。它借助于氧枪经快速切换后吹入氮气,使炉渣均匀地飞溅并冷敷在整个炉衬表面,从而形成一定厚度的保护层,达到保护炉衬、提高炉龄的目的。要求氮气压力在 0.7~1.0 MPa。

3. 煤气

煤气是炼钢的一种副产品,也是一种极有利用价值的二次能源。煤气的主要成分是 CO,每冶炼 1 t 钢可以回收含 CO 约 60% 的煤气 60~110 m³,而每 1 m³ 煤气燃烧后可释放出约 7 740 kJ 的热量,在钢厂可以用于均热炉加热铸坯,烘烤钢包、中间包、水口和铁合金等。必须十分注意煤气是一种无色无味、有毒易爆的气体,使用中要特别注意安全。

4. 蒸汽

炼钢厂所用的蒸汽一般是由汽化冷却烟道、活动烟罩里产生的,它是一种二次能源,可以用于生活如烧开水、取暖和生产(烘烤耐火材料和铁合金等)。蒸汽要有一定压力才能保证正常输送,一般在 0.6 MPa 以上。

5. 氩气

氩气是惰性气体之一,既不溶于钢水,又不与其他元素反应。其用途主要有:

- (1) 钢包吹氩。转炉进行钢包吹氩,可净化钢水、均匀成分和温度。
- (2) 在进行保护浇注时可以防止钢水的二次氧化。
- (3) 氧气可以作为复吹转炉底吹气体。

6. 乙炔

乙炔也称电石气,分子式为 C₂H₂,无色、易燃,有一种特有气味。一般用电石加水反应制得。可用来照明、焊接及切割金属等。

因为乙炔易燃,在使用时有极亮的弧光,所以在使用时要注意以下几点:

- (1) 检查管道和阀门,保证不漏气。
- (2) 烧割时要防止回火。一旦回火应立即停止操作,找出原因后并处理后再使用。
- (3) 在工作点 5 m 内禁止有明火(包括操作人员衣服上残留的火星等)和站立人(以防弧光灼伤人)。
- (4) 禁止雨中作业。
- (5) 作业时必须戴面罩或有色眼镜。

7. 压缩空气

压缩空气常用来开启气动阀门,也可用来清除浇注平台和炼钢平台上的垃圾。使用压力在 0.4 MPa 左右。



任务实施

一、增碳剂的识别和选用

1. 增碳剂的识别

(1) 沥青焦粉 黑色,略有光泽,颗粒状(颗粒较均匀,一般在 1~3 mm)。光明厂沥青焦技术条件见表 1-3-1。其沥青焦技术要求为干净、干燥、无杂质,用纺织袋包装,每袋重

量 20 kg, 内用塑料包装小袋, 每小袋重量 5 kg。

表 1-3-1 光明厂沥青焦技术条件

项目	$\omega(\text{C})/\%$	$\omega(\text{水分})/\%$	$\omega(\text{灰分})/\%$	粒度/mm
指标	≥ 95	≤ 1.0	≤ 3.0	5~10

(2) 电极粉 黑色, 略暗淡, 比焦炭粉重, 粉状, 颗粒度在 0.5~1 mm。

(3) 焦炭粉 是用冶金焦破碎、研磨加工而成, 灰黑色粉料, 颗粒度在 0.5~1 mm。主要用于炼钢增碳。

(4) 生铁 作为增碳剂, 常在出钢前或加于钢包中用。

2. 增碳剂的选用

(1) 了解所炼钢种碳成分要求及与实际终点碳含量之间的差值。

(2) 遵照工艺规定的要求选用增碳剂, 一般是增碳量小的可选用含碳铁合金来调整, 如尚不足可用生铁来补充; 若增碳量大的可选用沥青焦、电极粉、焦炭粉等来增碳。

(3) 增碳前应确定钢水重量及判断钢水氧化性。

(4) 增碳剂加入量的计算:

$$M_C = \frac{\omega[\text{C}]_{\text{中限}} - \omega[\text{C}]_{\text{终}} - \omega[\text{C}]_{\text{合金}}}{\omega[\text{C}]_{\text{增}} \times \eta_C} \times 1000 \quad (1-3-1)$$

式中: M_C ——增碳剂加入量, kg/t 钢。

$\omega[\text{C}]_{\text{中限}}$ ——钢种要求的[C]的规格中限, %。

$\omega[\text{C}]_{\text{终}}$ ——终点时钢中[C]含量, %。

$\omega[\text{C}]_{\text{合金}}$ ——加入合金的含碳量, %。

$\omega[\text{C}]_{\text{增}}$ ——所加增碳剂的碳含量, %。

η_C ——增碳剂中碳的回收率(根据钢水氧化性及以往经验来估计), %。

当增碳量不大时, 要尽量选用含碳铁合金; 当增碳量大时, 应选用沥青焦粉、电极粉增碳。

3. 注意事项

(1) 增碳剂要纯。增碳剂一般是在出钢前或出钢过程中投入钢包的, 如果增碳剂中杂质含量多或潮湿, 将污染钢水、增加钢水中气体含量。

(2) 加入方法要正确。增碳剂加入炉内时切忌加在炉渣上, 应推开炉渣, 将增碳剂直接加到钢水中, 在出钢过程中加增碳剂应随钢流加入, 这样加法可以稳定和提高回收率。

(3) 增碳剂应尽量少用, 特别是冶炼优质钢与合金钢, 因为增碳剂会给钢水带入杂质及气体, 从而降低钢的质量, 所以对增碳剂一要尽量少用, 二要用质量好的增碳剂。

二、脱硫剂的选用

(1) 知道铁水中硫含量的标准成分及内控要求。

(2) 选择所用脱硫剂的种类。

(3) 根据铁水中硫元素的含量、脱硫剂的收得率, 计算并确定脱硫剂的加入量。

(4) 核对所选用脱硫剂种类及加入量。

温馨提示

- (1) 所选用的脱硫剂一定不能受潮。
- (2) 所选用的脱硫剂杂质要少。

三、焦炭的质量判断

1. 焦炭的外现特征

灰黑色,孔隙较多,手感较轻。粒度在 40~150 mm 间(用于转炉新开炉),小颗粒粒度为 1~5 mm(用作增碳剂)。

2. 根据焦炭来料料单判断焦炭的类别和等级

测定焦炭中固定碳、灰分、硫含量:

- (1) 焦炭中固定碳应不小于 80%,而高质量焦炭固定碳应不小于 90%。
- (2) 焦炭的级别及杂质含量见表 1-3-2。

表 1-3-2 焦炭级别及杂质含量

指标名称		焦炭级别		
		ZJ-1	ZJ-2	ZJ-3
$\omega(\text{水分})/\%$	不大于	4.0	4.0	4.0
$\omega(\text{灰分})/\%$	平均含量	8	10	14
	极限含量	10	12	16
$\omega(\text{硫分})/\%$	平均含量	0.45	0.8	1.0
	极限含量	0.6	1.0	1.2
$\omega(\text{挥发物})/\%$	不大于	1.5	1.5	1.5

- (3) 焦炭技术要求:干净、干燥、无杂质。

四、各种气体的识别和使用

(1) 了解各种气体的标识。炼钢专业所用气体大多是无色的,仅从外观颜色难以鉴别,一般在输气管外涂以不同的颜色以示区别。涂色标识如表 1-3-3 所示。

表 1-3-3 输气管涂色标识

气体	蒸汽	氧气	氮气	煤气	氩气	乙炔	压缩空气
标识	红	天蓝	黄	黑	专用管道	白	深蓝

- (2) 了解各种气体阀门的位置和开启方法(一般都是顺时针关,逆时针开)。
- (3) 氮封操作。氮气封闭汇集漏斗:汇集漏斗上部有一输送氮气管,配有阀门,当逆时

针开启阀门时,氮气通过输氮管进入斗内,充塞于斗中。汇集漏斗下方靠近溜槽的部位,有两只环形输氮管,喷出的氮气封闭通道。汇集漏斗经上、下氮气封闭后,可以阻止炉气溢出,而炉外的空气也因此而不能进入炉内。氮气封闭氧枪孔:烟罩的氧枪孔用氮气封闭后,防止炉气外溢、空气内渗。

温馨提示

(1) 各种气体在炼钢中的用途是各不相同的,而气体本身又大多是无色的,为示区别必须在输气管上涂以不同的颜色。

用错气体将对生产造成不良后果甚至恶性事故。例如需用压缩空气来吹尘而误用了氧气,将会造成火灾;如需用氧气来烧开出钢口但误用了煤气,将会造成中毒甚至死亡事故,后果不堪设想。

(2) 各种气体的阀门位置和开启方法要熟悉,否则会延误操作时机。例如上述欲用氧气烧开出钢口,若操作人员对阀门位置不熟悉或开启方法不熟练,将会延误准时出钢甚至造成钢水成分出格等事故。

(3) 钢厂中的煤气是一种无色无味、有毒易爆的气体,在生产、贮存、输送、识别和使用中要特别注意遵守操作规程,注意生产安全。因不遵守操作规程或设备上的突发事件而造成的中毒死亡事故的教训是很沉痛的,切忌麻痹大意。

五、炼钢用保温剂的选择

1. 酸性类

典型的有炭化稻(糠)壳,其具有优良的保温绝热性能,且成本低廉,但不利于吸附钢水中上浮的夹杂物,并会导致钢水增碳。

2. 中性类

典型的有 Al_2O_3 - SiO_2 基含碳或低碳保温剂,其最大的特点是成本低廉和钢水增碳较少。

3. 碱性类

该类保温剂是以 MgO 或白云石为基的材料,也有高碳与低碳之分,该类保温覆盖剂一般熔点较低,单独使用时容易结壳,但能较好地吸附钢水中上浮的夹杂物。

4. 微碳碱性

(1) 保温覆盖剂的使用不会对钢水增碳 能适应高、中、低碳或超低碳钢水生产的保温要求。

(2) 保温覆盖剂应属碱性材料,其碱度应和钢渣的碱度相当 在保温覆盖剂的使用过程中不会降低钢渣的碱度,从而避免了钢水的回磷和回硫。

(3) 保温覆盖剂应具有良好的保温性能 从材料内部的传热过程来看,要使保温覆盖剂具有良好的保温性能,就必需使材料中含有大量的气孔率以阻隔传导通路,为此,保温覆盖剂应具有较低的容重。

(4) 保温覆盖剂应具有较高的熔点 较高的熔点能使保温剂在使用过程中不易熔化,能较长时间保持良好的保温性能。

(5) 保温覆盖剂应价廉质优 为了适应市场和钢铁生产降低成本的需要,保温覆盖剂

的原材料应价格低廉、来源广泛,且生产工艺简单。

温馨提示

- (1) 存放要分门别类,做好标示,以防识别出现差错。
- (2) 使用时必须干燥无水,根据钢种选用合适的保温剂。



知识拓展

一、增碳剂质量对钢水质量的影响

增碳剂质量主要是指其固定碳、硫、水分含量以及粒度等。

(1) 固定碳要高且稳定 若增碳剂中固定碳高,在相同增碳量下其增碳剂的用量就少,相应随之而带入的杂质和气体量也就少,可以减少对钢水的污染;若增碳剂中固定碳含量稳定,增碳量就容易控制,操作稳定,钢质能得到保证。

(2) 增碳剂的硫含量要低 硫是钢中有害元素之一。增碳剂中硫含量低,在相同条件下带入钢水中的硫量就少,减少了钢水中硫含量,有利于提高钢的质量。

(3) 增碳剂中的水分要低 水在高温下会分解出氢与氧。如果增碳剂中水分高将会增加钢中气体含量,特别是氢,会导致钢产生白点,降低钢的机械性能(特别是塑性能严重恶化)。

(4) 增碳剂的块度要适宜 对于块状料一般要求在 3~50 mm,太小了容易烧损,降低回收率;太大了会浮在钢水面上,不易被钢水吸收。对于粉状料颗粒度一般在 0.5~1 mm,使用前一般应装入纸袋后再投入钢包中。

二、铁水炉外脱硫的评价指标

1. 脱硫率或称脱硫效率(η_s)

$$\eta_s = \frac{\omega[S]_{\text{前}} - \omega[S]_{\text{后}}}{\omega[S]_{\text{前}}} \times 100\% \quad (1-3-2)$$

式中: η_s ——脱硫效率,%。

$\omega[S]_{\text{前}}$ ——处理前铁水原始含硫量,%。

$\omega[S]_{\text{后}}$ ——处理后铁水含硫量,%。

η_s 明显地反映出脱硫工艺对铁水脱硫的直接影响,是工艺操作中很重要的参数。但此值并未表示脱硫剂的使用效果。

2. 脱硫剂的反应效率($\eta_{\text{脱硫剂}}$)

为了比较脱硫工艺中脱硫剂参与脱硫反应的程度,用脱硫剂的理论消耗量($Q_{\text{理}}$)和实际消耗量($Q_{\text{实}}$)的比值表示。即

$$\eta_{\text{脱硫剂}} = \frac{Q_{\text{理}}}{Q_{\text{实}}} \times 100\% \quad (1-3-3)$$

现以电石粉的反应效率 $\eta_{\text{电石粉}}$ 为例:



$$\eta_{\text{电石粉}} = \frac{1000 \times (\omega[\text{S}]_{\text{前}} - \omega[\text{S}]_{\text{后}}) \times 64/32}{Q_{\text{电石粉}} \times K_{\text{CaC}_2}} \times 100\% \quad (1-3-4)$$

式中:64—— CaC_2 相对分子质量。

32——S相对分子质量。

$Q_{\text{电石粉}}$ ——电石粉单耗,kg/t(铁水)。

K ——电石粉纯度,%。

一般来说,脱硫剂的反应效率不太高,电石粉的反应效率为20%~40%,而石灰粉的反应效率仅5%~10%。

3. 脱硫剂效率(K_s)

假设在脱硫过程中,脱硫剂效率 K_s 保持不变。则

$$K_s = \frac{\Delta\omega[\text{S}]}{W} = \frac{\omega[\text{S}]_{\text{前}} - \omega[\text{S}]_{\text{后}}}{W} \quad (1-3-5)$$

式中: K_s ——脱硫剂效率,%/kg。

W ——脱硫剂用量,kg。

脱硫剂效率 K_s 就是单位脱硫剂的脱硫量,此值虽然比较粗略,但在实际操作中却很有用。在掌握了一定操作条件下的经验数据后,就可以根据所要求的脱硫量,控制脱硫剂的用量。

项目小结

本项目主要叙述了废钢、脱氧剂、铁合金、渣料、增碳剂、各种气体及保温剂在炼钢中的作用和特点,要求对废钢、脱氧剂、铁合金和渣料作重点学习,掌握这些原料的识别技能并能正确选用。

项目测评

1. 废钢质量对冶炼有何影响?
2. 如何检查和识别混入废钢铁中的有害杂质?
3. 如何识别锰铁、硅铁、硅锰、硅钙、铝铁与铝?
4. 如何选用脱氧剂? 如何根据冶炼钢种的不同选用铁合金?
5. 铁合金的用途有哪些? 使用常用铁合金时有些什么要求?
6. 炼钢用渣料有哪些? 各种渣料的作用是什么?
7. 如何选用造渣材料?
8. 如何识别沥青焦粉、电极粉和焦炭粉?
9. 炼钢对增碳剂质量有什么要求?
10. 增碳剂质量对钢质有何影响? 如何选用增碳剂?
11. 炼钢用脱硫剂有哪些种类? 各种脱硫剂的作用及特点是什么?
12. 如何选用脱硫剂?

13. 焦炭质量判断的指标有哪些？
14. 焦炭在炼钢中的主要用途是什么？
15. 炼钢车间有哪些常用气体？如何识别？使用时应注意些什么？
16. 如何选用合适的保温剂？