

转炉炼钢操作经验

第一輯

冶金工业出版社

轉爐煉鋼操作經驗

第一輯

冶金工業出版社

出版者的話

自从党中央提出为1070万吨鋼而奋斗的口号以来，轉爐煉鋼生产在全国各地得到了空前的发展，并且取得了很大的成績，成千上万的鋼鐵战士已基本掌握了轉爐煉鋼生产操作。但是，由于時間尚短，不少人在轉爐生产方面还不断碰到一些难于解决的問題，为了帮助大家更快地精通轉爐操作技术，我們在这本小冊子里介紹了一些有关轉爐实际操作的經驗，如怎样根据火焰鑑別鋼水成分和爐温情况等，供大家參考。



目 录

轉爐的火焰鑑別.....	3
轉爐煉鋼經驗介紹.....	28
簡易小轉爐煉鋼經驗.....	41
轉爐扒渣操作經驗.....	59

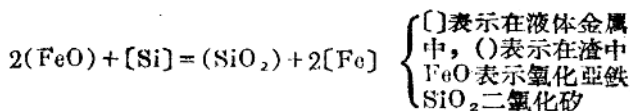
轉爐的火焰鑑別 理特

一) 一般叙述:

鼓入轉爐的风, 以一定的压力与速度吹动轉爐中的液体金属, 同时鼓入的空气就成了小气泡散于其中, 这些小气泡与液体金属混成了乳濁液, 小气泡与液体金属相混, 紧密接触, 并开始起化学作用, 即开始了鉄 (Fe) 矽 (Si) 錳 (Mn) 碳 (C) 等的氧化。

因为, 在不同溫度下各种元素和氧的亲合力大小不一, 以及該元素在金属中濃度的不等, 首先是矽易氧化, 矽的氧化主要在金属液体内部进行, 若此时金属里的其它杂质有机被氧化, 它 also 容易被矽还原出来, 在供氧充足与矽較少时, 液体金属表面之杂质也能氧化, 不过氧化数量很少就是。

液体金属溫度在小于 1400°C 时, 矽的氧化进行的很快, 在任何操作中, 矽的氧化反应都进行的很激烈, 其反应式如下:



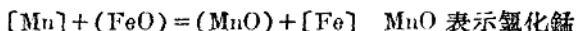
在溫度低, 渣中二氧化矽含量低和氧化鈣、氧化亞鉄含量最高的情况下矽的氧化进行得較好, 由此可見、碱性爐中矽之氧化进行得要比較酸性爐中好。

矽氧化时不生火焰, 若金属中含矽量越高, 則爐口上四散开花之火星就越多, 而且顆粒也越大。

其次被氧化的是錳, 錳的氧化同样主要是在液体金属內

部进行。若矽錳在金属中含量相等,供氧条件一定,那末錳氧化时需要之温度较高。如到1400°C时,錳的氧化速度增加得较快,甚至赶上矽的氧化速度,若温度一定,矽錳含量相等时,那么錳氧化所需的氧要多些。

虽然錳的氧化反应也很激烈,但在一定条件下,它是个可逆反应(如温度高时)其反应式如下:



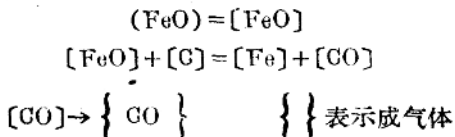
在碱度不高,液体金属温度较低和渣中氧化亚铁含量很高的情况下,对錳之氧化是有利的,所以由上可见,酸性炉中錳的氧化比碱性炉中来得容易,因为酸性渣中二氧化矽高,氧化錳与二氧化矽能生成稳定化合物。

錳氧化时,炉口上有淡黄色的火焰冒出,但不生火星。

再次,即是碳的氧化,碳的氧化主要也在液体金属内部进行,欲使碳的氧化能高速进行,必须满足以下条件,而在炼钢操作中,就能尽量满足这些条件。

- 1) 氧化亚铁的数量高;
- 2) 温度高;
- 3) 钢渣粘度低、氧化铁扩散速度快;
- 4) 一氧化碳气泡生成的条件好,排出快。

碳的氧化反应式如下:



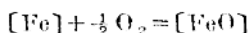
炭氧化时,不仅有火苗,而且还有分叉的火星。

在碱性转炉中,还有P(磷)的氧化,去磷的氧化主要

是在液体金属表面进行。因为磷和氧的亲合力很弱，所以其他元素如碳等，脱得太快，就会延迟磷的氧化，也就是说磷的去除是在过氧化的条件进行的。这样，钢中含氧量就要增加，钢的质量就会降低。所以完全保持较高的脱碳速度，并不见得有利。但提前造渣可改变这种情况。

磷的氧化过程在低温下和渣中二氧化硅含量少、氧化钙、氧化亚铁含量高时进行得好。

必须指出，虽然铁和氧的亲合力很弱，但铁的含量在液体金属中占绝对数量，它与空气接触机会最多，所以首先生成氧化亚铁，而杂质氧化机构研究者的意见不一致，一些人认为，生成的氧化亚铁溶解于铁液中，之后再和溶于铁中各种元素，如硅、锰、碳等作用，另一些人认为，上述元素的氧化，是在金属和氧化亚铁及金属与气体的界面上进行，在空气气泡表面生成铁的氧化生成物，铁氧化反应如下：



铁的氧化在低温下，也可进行得好，所以鼓风以后在炉口上会出现大量的棕色浓烟，初期，这种棕色浓烟的出现是表示炉内氧化能力较强，此炉钢的吹炼可能没有什么问题，当然，一炉钢的吹成和很多因素有关。而末期若出现这种棕色浓烟，在正常时表示液体金属中杂质少了。因为末期中的温度大大提高，也加强了铁的蒸发。由于炉口喷出之铁蒸气被空气中的氧所氧化而变成了一团很浓的烟雾冒出。

这些杂质在氧化时能放出数量不等的热量（见表1），从而可提高转炉的温度（见表2）使操作得以顺利进行。

由表1可见，硅、一氧化碳及磷的氧化放出之热量最多。这些杂质的氧化生成物上浮于液体金属表面与造渣料及被侵

表 1

氯化液体金屬中 1% 的砂	可使鉄水溫度升高 190°C—184°C
氯化液体金屬中 1% 的 鋅	可使鉄水溫度升高 55°C—46°C
——//—— 鐵	——//—— 34°C—28°C
——//—— 鎳	——//—— 3°C
——//—— 氧化鐵	——//—— 159°C
——//—— 鎂	——//—— 128°C—120°C
——//—— 錳	——//—— 6°C

表 2

氧 化 反 应	碱性炉反应温度 (°C)						碱性炉反应温度 (°C)					
	1200	1300	1400	1500	1600		1100	1200	1300	1400	1500	1600
$\text{Si} + \text{O}_2 + 2.762\text{N}_2$	178	17	166	161	155		—	—	—	—	—	—
$\text{Si} + \text{O}_2 + 2.762\text{N}_2 + 4\text{CaO}$	—	—	—	—	—		—	—	128	119	110	101
$\text{Mn} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 1.886\text{N}_2 + \text{SiO}_2$	45	44	42	41	40		—	—	—	—	—	—
$\text{Mn} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 1.886\text{N}_2$	—	—	—	—	—		26	34	33	32	30	29
$\text{Fe} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 1.886\text{N}_2 + \text{SiO}_2$	32	31	29	28	27		—	—	—	—	—	—
$\text{Fe} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 1.886\text{N}_2$	26	25	24	23	21		23	22	21	20	19	18
$\text{C} + \text{O}_2 + 3.762\text{N}_2$	151	140	124	118	108		157	127	117	108	98	89
$\text{C} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 1.886\text{N}_2$	25	21	17	12.5	7.5		26	22	18	14	10	6
$2\text{P} + 2.502 + 3.4\text{N}_2 + 4\text{CaO}$	—	—	—	—	—		164	155	146	138	126	117

注：上表为氧化 1 公斤元素时使 100 公斤炉料升温的温度数。

蝕之爐衬組成爐渣。

鐵水兌入轉爐后，將爐子豎起，吹煉剛开始时，因为鼓风的作用和鐵水的流动性較弱（空气运动和鐵水运动見图1,2），所以就有大量的液体金属和溶渣的飞沫从爐口飞出，



图 1 气体循环

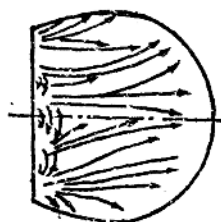


图 2 金属循环

这些飞出的飞沫被氧化后，形成了火花，有些火花再次破裂成了火星，这是因为氧化生成了气体膜裂之故。如碳火花。又由于錳与碳被氧化使爐口出現了火苗。同时有暗紅色渣球噴出，在初期或者末期还有濃霧出現，所以轉爐爐口外貌就可以归納为：①火花：如碳火花，鉄火花等等。

②火星：火花炸开形成的。

③暗紅色的渣球。

④火苗：錳火苗，碳火苗等。

⑤烟霧：氧化亞鐵和氧化錳的烟霧等(以上見圖3)。

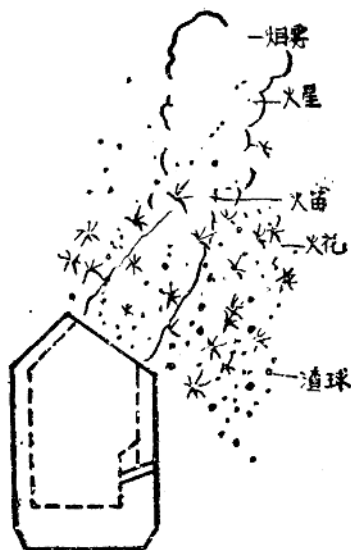


圖 3 火焰外貌

二) 火焰掌握与含碳判断:

主要是依据碳火花之分叉、数量及形狀来掌握轉爐的火焰，并且还依据火焰的顏色与形狀来确定爐內的变化情况。能很好的掌握这两点，煉鋼就不是一件难事了。

1. 判断含碳量的主要依据:

①依据爐口噴出的火花大小形狀來估計，一般噴出的火花越大，分叉越多并有繼續炸成數朵小花的現象，表示液体金属中含碳愈高，开始吹煉初期，可发现碳火花根部很粗，当液体金属中的碳几乎全部被氧化时，火花便变得稀少，并且分叉也很少（碳火花見图4）。

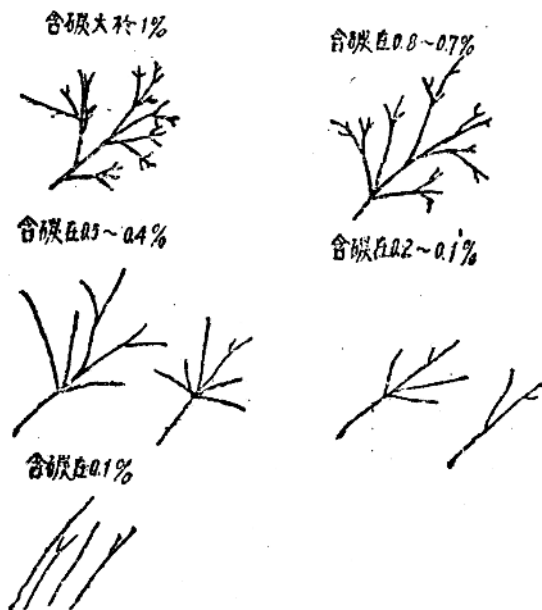


图4 含碳量与火花形状的关系

下面列出含碳量与爐子外貌的大致关系：

含碳大于1%时，火花大，有炸烈声，跳跃猛烈。含碳为0.7%左右时，火花小，无炸声，跳跃弱。含碳大于0.5%时，爐口上的火花分叉較多，只有一次火花爆炸，但个别的

也有二次爆炸，不帶有羽毛狀，并且分叉火花也多，此时出現部分火星，火焰大亮。

含碳大于0.3%时，爐口四周大部分为火星，其中夾有少量火花，火花分叉長而有力，火焰白亮。

含碳大于0.25%时：火花全部消失，爐口噴出为火星与芒綫火焰，火焰发白而且还摆动（以上見图3）。

②依据停风后傾爐时，爐口上噴出的火花数量与分叉的情况来看，若噴出之火花分叉多，就表示含碳多，反之，則含碳少。

③依据鑄样倒入样模时鋼水爆出之火花花束高低及分叉多少来定：一般花束升的越高，排列又紧密，冒出的分叉火星越多，則表示含炭量越高，若火花只分一个叉或少数是分两个叉时則表示含碳量低（見图4）。

④依据試样断面、結晶顆粒、形狀、粗細，以及試样表面形狀来判断含碳量：

一般含碳高时断面晶粒看不見，且断面呈亮色。

含碳量与断面形狀关系：

含碳量	断面形狀
大于1.0%	看不見晶粒，断面有大的气泡
0.8%左右	有晶粒，但不清楚，气泡消失
0.6%左右	断面兩边有晶粒，漸漸大，有的晶粒扩散到中心
0.4%左右	完全能看見晶粒
0.2%左右	纖維狀組織出現
小于0.1%	有虫孔，数量多

由上可发现一个規律：随金属含炭量的降低，断面形狀

变化为：无晶粒→有晶粒→纖維形狀→虫孔。

在脫氧之前，若鋼样表面鼓起来，表示鋼中含碳量低，若鋼样表面凹下去，表示含碳量高。

⑤依据渣样来判断鋼中含碳量（酸性爐）。

取样：休风傾爐，用一根金属棒插入渣中，使棒的表面粘上一层渣，之后取出放入水中，脫下渣壳来观察。

看样：若金属中含碳 $=0.8-1.0\%$ 时：渣样外面呈褐色，斷口淡綠色，有些象法瑯質。

若金属中含碳大于 1% 时渣样表面是黄色或淡褐色，斷口中某些部份帶有灰色。

⑥其它：有时也用試驗斷口的相对硬度和脆性来判断含碳量的高低，一般含碳高，試样硬脆，反之試样的塑性就好。

2. 火焰与溫度的关系：溫度不同时，轉爐火焰形狀与顏色都有一定变化，一般爐溫低时：火焰呈透明狀，中心部份发暗，顏色发黄而且青綠，用藍鏡看，呈光亮的綠色，鉄水溫度低时，火焰上升大概外貌比較难以述說，它不規則。

一般爐溫較高时：火焰变得亮，但本身还是呈紅色，在第二期进行一半时而周圍常出現一些綠色条狀火焰。若溫度升高，則火焰就加亮，火星也比以前显得明亮，而且綠色条狀火焰增高增大。

若爐溫再升高时：火焰四周圍开始破裂，而分散成羽毛狀，以前的綠色条狀火焰現在增大，包圍了整个火焰，而爐口烟霧出現火焰二側，并且顏色发青。

但要指出，依据光学高溫計（未校正）之測定：在火焰最大时，火焰溫度却是最少的。

还要指出的是：虽然火焰与温度有以上的一般规律，但是随着吹炼深度的不同，也影响火焰颜色形状与烟雾数量。

一般說，吹炼角度越深，火焰清淨，烟雾变少，通过藍鏡看，火焰越呈青色，火焰边缘常带白色亮边。

颜色与温度关系：

暗紅色	550°C±	黃色	1000°C±
櫻桃色	700°C~800°C±	淺橙色	1200°C±
淡紅色	850°C~900°C±	白色	>1300°C以上

三) 各期火焰的特征：

随着液体金属成份的变化与温度的不同，火焰外貌有很大的差异，下面把它们的关系用图表示如下（见图5）：

轉爐鼓风以后，就开始了矽錳的氧化，此时为第一期，爐口噴出大量火球、火星，有些火球掉在地上或者碰到其它东西，便炸成了較細的火花，有时还可听到火球飞过时发出唧唧的声音。火球颜色稍带綠色，这是从轉爐中吹出的液体金属，还有颜色暗紅的，直往上冲的火星，冲不多高就消失了，这是金属沫和渣子。

同时，在爐口附近有短的并呈三角形的紅黄相滲的火焰，这是錳氧化以后出現的火苗，因为液体金属含錳不多故这种火苗出現的时间不长，此期碳虽然不能充分的被氧化，但它仍可以氧化一些，生成的一氧化碳气体逸出爐口，并在爐口上部燃燒，又因其量很少，排出气体温度又低，所以整个火苗不长，颜色也不受其影响。

但应注意，此时微弱的破火和淡黄的錳火不容易分清，若是通过藍鏡看，一般錳火就隱隱約約的不明显。

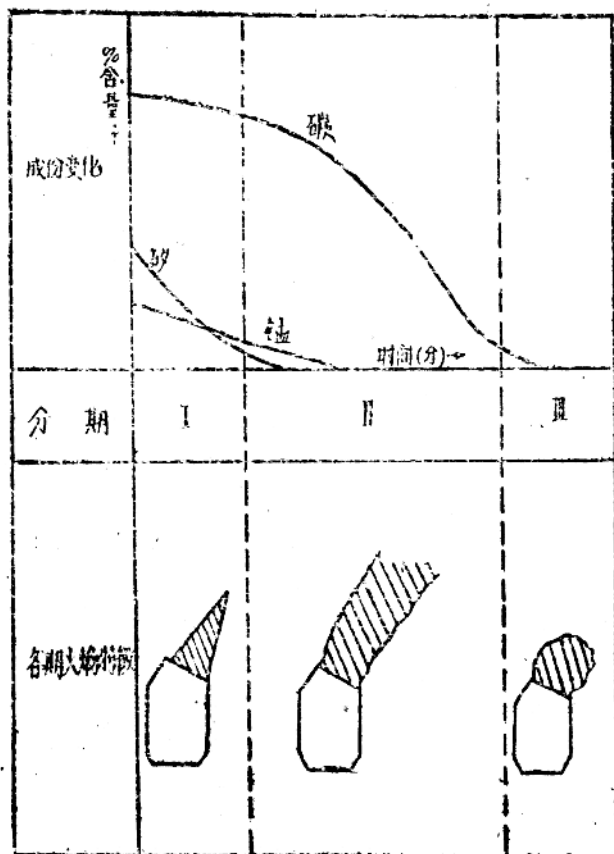


图 5 各期火焰外貌

此期火焰喷出爐口时很有力量，所以火苗較直較硬，很少搖动，有时偶然也分叉。

与此同时，爐口冒出大量濃棕色烟霧，这些就構成了第一期火焰的特征。

随着吹煉的进行，液体金属含矽量降低，火焰中火星也渐渐变細，火花也渐渐减少，火苗的颜色比以前浅了（透过鑷鏡看火苗有些透明）但噴出之火花火星不如开始时四处乱散，而較集中，較緊密。棕色烟霧也逐漸减少。

在液体金属温度正常的情况下，一般随金属中含矽量的减少，温度就会很快地上升，此时金属中的碳氧化得并不快。

若液体金属温度不太低即开始吹煉时，爐口排出帶紅色的黄烟，这是因为高度氧化后生成了氧化亞鉄与氧化錳气体之故。

若鉄水温度太低即开始吹煉时，爐口处很平靜，而独有鉄水濺出，无大量烟霧，也沒有活潑的量的火星火花，火苗淡薄，排出的气体多为自由氢和氮气，若遇这种情况，吹煉超过一定時間，仍未改变狀況时，应想法提温补救。

若液体生鉄温度在 1350°C 以上时，碳就能在初期較快的氧化和供热使操作能順利进行。

此时气体依温度的不同，所含数量也不同，第一期中，气体主要含氮及少量的一氧化碳、二氧化碳、氢和氢，若操作温度开始就很高，即气体中可能沒有氢，所以相对氮量就更高。气体中氢的来源是鼓风中的水解。

此期不論酸性爐操作或者是碱性爐操作，爐渣中主要含矽酸鉄和矽酸錳。

第一期吹煉時間的長短，主要决定于液体生鉄的温度，若其温度高，第一期吹煉時間就短，反之就長，而影响液体生

鉄溫度的因素很多,如化鉄爐溫度,爐衬烘烤溫度,操作……。

在第一期中,由于矽和錳的氧化,溫度逐漸升高,火焰漸漸變黃,并且漸漸明亮寬大,當溫度上升到 1450°C 以上時,造成了碳劇烈氧化的有利條件,而生成大量的一氧化碳逸出,由于逸出的一氧化碳 CO 和氫與鼓入空氣中的氧作用燃燒生成長白耀眼的火焰,此期因爐內產生大量一氧化碳氣泡,爐內劇烈的被攪動,便開始了沸騰,爐口也噴出大量的暗紅色的渣團和鉄水。這時已經是吹煉的第二期了,即碳的氧化期。

隨著碳的劇烈氧化,爐口上的火苗由淺黃而漸漸變得冒出一閃閃白束發亮的火苗。之後,溫度若再上升,則短小白亮的火焰就漸生成,與此同時,噴濺由巨大間隙漸漸變成連續的。再吹一會兒以後,已形成的白亮火焰就變長而粗了,而且自爐口噴出的火焰很有力(脫碳速度越快,火焰越強)。火苗滾滾地直往上跑,火焰攪動,左右搖擺,火焰邊緣成羽毛狀,與第一期的火苗不一樣。甚至火苗一出爐口就拐弯,當爐內噴濺漸漸減弱,甚至極少時,溫度大約大於 1550°C 以上。

若是鹼性爐,并且進行雙渣操作時,在碳火焰上升以後不久,如果爐溫良好(火焰變巨)和渣子化好了(火焰較軟,噴出的渣流動性較好)就可以進行扒渣,扒渣時間不能太晚,因為這樣矽錳氧化多,會使後期的渣子難以熔化,但扒渣太早,又會因為渣子未化好而失去除磷硫的作用。

若是採用留渣法操作,那麼前期渣扒得越乾淨越好,因為前期渣中含有較高的磷硫。

一般爐渣鹼度等於1.2時就夠了,再高並不見得有利,因為: