

# 碱性氧气炉炼钢的化学特性

基础氧气炼钢（BOS）是最广泛使用的初级炼钢工艺，用于从热金属（HM）生产粗钢。该工艺容器被称为转炉。它在综合钢厂的粗钢生产中起着主导作用。该工艺包括在顶枪的帮助下将氧气（O<sub>2</sub>）吹过 HM，通过氧化降低其碳（C）含量。目前，BOS 工艺中采用了混合吹气，该工艺是在 20 世纪 70 年代末开发的。在混合吹气中，中性气体、氩气（Ar）或氮气（N<sub>2</sub>）的有限吹气是通过顶吹转炉的底部进行的。它提供了一个有效的搅拌。

BOS 工艺有两个特点。首先，该工艺是自生的，意味着不需要外部热源。吹氧过程中的氧化反应提供了熔化焊剂和废钢所需的能量，并达到了所需的钢液温度。第二，该工艺以高生产速度精炼 HM，用于生产液态钢。反应速度快是由于可用于反应的表面积大。当 O<sub>2</sub> 被注入金属浴时，会产生大量的气体。这种气体与液态炉渣和金属液滴形成乳状液，这些液态炉渣和金属液滴在 O<sub>2</sub> 喷射的冲击下从熔池表面剪切下来。由气体-金属-熔渣乳化产生的大表面积增加了精炼反应的速度。

由于杂质溶解在熔融金属中，杂质和 O<sub>2</sub> 之间的反应随着溶解的 O<sub>2</sub> 发生。此外，由于 C 的氧化发生在较高的温度下，C 氧化为一氧化碳（CO）的可能性很大，因此大部分的 C 以 CO 的形式被去除。

在 BOS 过程中，HM 中的杂质，如 C、硅（Si）、锰（Mn）、磷（P）等，被氧化除去，以生产液体钢。氧化是用转炉中吹出的高纯度 O<sub>2</sub> 气体进行的。氧化反应的结果是形成 CO、CO<sub>2</sub>（二氧化碳）、二氧化硅（SiO<sub>2</sub>）、氧化锰（MnO）和氧化铁（FeO）。虽然 CO 和 CO<sub>2</sub> 是气态的，并作为转炉气体从转炉顶部排出，但其他氧化物与加入转炉的熔剂一起溶解，形成液态炉渣。液态炉渣能够去除液态金属中的 P 和 S（硫）。

在 BOS 工艺中发生的反应可以分为五类。第一类 "金属吸收氧气" 的反应是 (i)  $O_2(g) = 2O$ , (ii)  $(FeO) = Fe + O$ , (iii)  $(Fe_2O_3) = 2(FeO) + O$ , 以及 (iv)  $CO_2$

(g) = CO (g) + O。第二类 "金属中元素的氧化 "的反应是: (i)  $C + O = CO (g)$ , (ii)  $Fe + O = (FeO)$ , (iii)  $Si + 2O = (SiO_2)$ , (iv)  $Mn + O = (MnO)$ , 以及 (v)  $2P + 5O = (P_2O_5)$ 。第三类 "炉渣中化合物的氧化 "的反应是 (i)  $2 (FeO) + 1/2 O_2 (g) = (Fe_2O_3)$  和 (ii)  $2 (FeO) + CO_2 (g) = (Fe_2O_3) + CO$ 。第四类 "通量反应 "中的反应是 (i)  $MgO(s) = (MgO)$ , 和 (ii)  $CaO(s) = (CaO)$ 。第五类 "气体反应中的反应是  $CO (g) + ? O_2 (g) = CO_2$ 。

BOS 是一个动力学非常高的过程, 反应发生在多个地方。喷射液体的相互作用和产生气态产品的 C-O 反应对整个过程的动力学有巨大的影响。该工艺的特点是反应速率高, 精炼过程通常在 12 分钟至 15 分钟内完成。为了在这么短的时间内控制工艺的质量和产量, 对工艺的动态有一个很好的了解是很重要的。

典型的 BOS 转炉由一个圆底的圆柱形筒体和一个圆锥形顶部 (25 度至 30 度的半锥角) 组成, 用于将气体导入废气罩。炉体由称为耳轴的枢轴支撑, 这样炉子就可以旋转, 用于装料、取样、攻丝和除渣。炉子内部通常衬有不同质量和厚度的镁碳耐火材料, 以配合磨损模式。转炉内部的典型容积是每生产一吨钢液约 1 立方米 (Cum)。如果炉渣重量为 100 公斤/吨 (kg/t) 至 120 公斤/吨, 则非活性槽上方的自由空间超过 80% 这可以满足在典型的吹炼过程中发生的激烈反应。转炉底部装有几个 (通常是 6 到 8 个) 多孔元件, 氩气通过这些元件进行熔池混合并帮助熔渣-金属反应。锥体下部的一侧有一个抽水孔, 用于抽出钢水。炉渣从另一侧的口中倒出。

BOS 工艺是一个极其快速的精炼过程, 需要一个良好的动态控制和动态模型来更好地理解这个过程。该过程的特点是在多个尺度上发生反应, 如在金属浴和熔渣的尺度上以及在液滴和气泡的尺度上。反应也发生在多个反应点。超音速射流与金属浴和炉渣层相互作用, 在乳化液中产生不同大小的液滴, 这些液滴在反应时在其界面上产生大量的气泡, 石灰溶解问题等, 使得对该过程的动态描述变得复杂。

由于产生的热量超过了所需, 废钢和铁矿石被用作冷却剂。在一些钢铁熔炼车间, 石灰石 ( $CaCO_3$ ) 被添加为调整最终温度的冷却剂。煅烧石灰 ( $CaO$ ) 被用作助熔剂, 以达到去除 P 所需的高碱度。废钢首先被添加到一个空的转炉中 (在前一次加

热后的熔渣)，在此基础上再添加必要数量的 HM。当使用铁矿石时，通常在吹炼的前半段以分散的方式加入。

部分或全部所需的石灰在加入废钢之前加入，以作为冲击垫，保护衬里不受废钢掉落的影响。其余的石灰通常在吹扫过程中以分布式方式加入。一些氧化镁（ $\text{MgO}$ ）的添加是以煅烧白云石（ $\text{CaO.MgO}$ ）的形式进行的，以尽量减少耐火材料对炉渣的溶解。不同炉料的数量由基于材料和热量平衡的炉料控制模型进行理论计算，同时考虑到输入成分、HM 温度以及输出钢的成分和温度。

精炼反应都是氧化反应。这是通过一个装有 3 至 6 个超音速流喷嘴（2.0 马赫至 2.1 马赫，与喷枪轴线成一定角度）的顶部喷枪吹送吨位的氧气来完成的。喷枪的顶端被固定在距离大型转炉中安静的金属槽水平面 1.8 米到 2.5 米之间。喷枪高度是控制工艺的操作参数之一。

一个典型的水龙头到水龙头的循环包括这里描述的步骤。充电顺序是石灰、废品和 HM。一旦转炉直立起来， $\text{O}_2$  喷枪就会降到所需的高度（最初是最高值，2.2 米到 2.5 米）并开始吹气。在吹炼的最初一半时间里，如果有额外的石灰，则加入铁矿石、煅烧白云石和任何其他添加剂。在吹炼的后半部分，避免添加含水分的材料，以保持生产的钢中氢气（ $\text{H}_2$ ）较低。高喷枪操作持续进行（通常是 3 分钟到 4 分钟），直到炉渣有足够的氧化铁以促进石灰的溶解。此后，喷枪被逐渐降低，以达到所需的精炼率。根据各个设备的做法，喷枪的高度以 3 到 5 级的速度降低。

在吹气的 80%到 90%左右（基于  $\text{O}_2$  流量），取样分析并测量温度，以便在完成吹气后，同时达到所需的成分和温度。取样和测温可以通过手动方式进行，即停止吹气，将转炉转到接近水平的位置，通过勺子取样并测温，或者通过一个子喷枪降到吹气转炉中（吹气中取样）。根据样品分析和温度，吹炼的剩余部分将以必要的添加物完成。吹炼完成后，转炉转到出钢侧，将钢液倒出，然后转到另一侧进行出渣。在现代实践中，一些炉渣被保留下来，转炉被竖起来，加入一些菱镁矿（ $\text{MgO}$ ），然后通过吹出高速  $\text{N}_2$  将炉渣溅到内表面。定期对空转炉进行检查，看是否有耐火材料损坏，可

# Spire Doc.

Free version converting word documents to PDF files, you can only get the first 3 page of PDF file.

Upgrade to Commercial Edition of Spire.Doc <<http://www.e-iceblue.com/Introduce/word-for-net-introduce.html>>.