

## 转炉炼钢中的复吹工艺

在顶吹转炉的氧气（O<sub>2</sub>）吹炼过程中，由于钢液浴缺乏混合，在钢液中会产生化学成分和温度的不均匀性。在转炉喷射腔的正下方有一个相对死区。改进顶吹转炉炼钢工艺的必要性导致了联合吹炼工艺的发展。

联合吹炼工艺也被称为顶底吹炼或混合吹炼工艺，其特点是既有顶吹喷枪，又有从底部实现搅拌的方法。混合吹制的配置差异主要在于底部的壶嘴或净化元件。这包括从完全冷却的壶嘴，到非冷却的壶嘴，再到可渗透的元件。底部搅拌系统的需求对于生产一系列高质量的高要求钢种是必要的，对于工艺的经济性也是至关重要的。因此，搅拌的正常功能必须在基本氧气转炉（BOF）的整个运行过程中得到保证。图 1 显示了顶吹和联合吹炼的炼钢工艺。

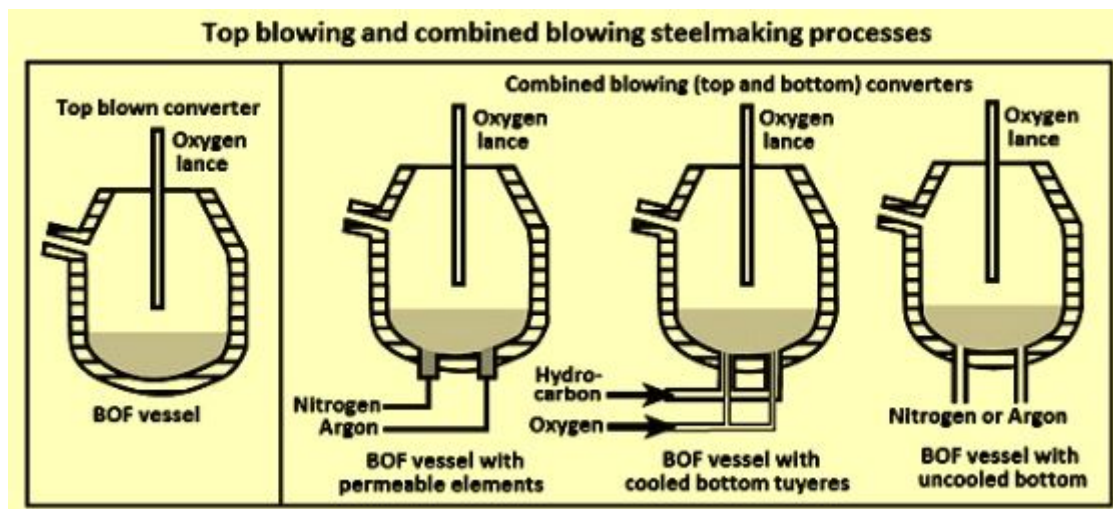


图 1 顶吹和联合吹炼钢工艺

目前，在初级炼钢厂普遍采用上下联合吹炼转炉的方式。在联合吹炼转炉中，熔池的搅拌和混合是由顶部吹出的氧气喷射器和底部的惰性气体流强制进行的，这可以实现熔池的高混合效率。在极少数情况下，O<sub>2</sub>也会从底部与同心双管壶嘴一起注入，以控制壶嘴出口处的温度和底部的磨损。然而，由于惰性气体吹扫通常能对磨损、吹

扫元件和底部的使用寿命进行更高的控制，大多数转炉都配备了底部搅动的气体吹扫塞子。

第一个被商业化接受的联合吹扫实践是由 ARBED-IRSID 开发的 LBE (Lance Bubbling Equilibrium) 工艺。该工艺与 BOF 工艺的关系更为密切，因为所有的氧气都是由顶部的喷枪提供的。组合吹气方面是通过安装在转炉底部的一组多孔元件实现的，氩气 (Ar) 或氮气 (N<sub>2</sub>) 通过这些元件被吹出。在 LBE 工艺中，N<sub>2</sub> 气体通常几乎完全用于吹气的大部分时间，范围在每分钟 3 正常立方米 (N cum/min) 到 11N cum/min 之间。然而，在吹气的后期，当 N<sub>2</sub> 的吸收可能会产生问题时，氩气被用于搅拌。此外，Ar 几乎完全作为惰性气体用于吹炼后的搅拌，这时的速率增加到 10N cum/min 到 17N cum/min。图 2 显示了一个带有底吹元件的 LBE 转炉。

在联合吹炼过程中，底部搅拌使用惰性气体，如 N<sub>2</sub> 和 Ar，被广泛用于改善 BOF 的混合条件。惰性气体是通过渗透元件 (LBE 工艺) 或壶嘴引入炉底的。在一个典型的实践中，在 O<sub>2</sub> 吹气的前 60% 至 80% 的过程中，将 N<sub>2</sub> 气体通过通风口或渗透性元件引入，而在吹气的最后 40% 至 20% 的过程中开启 Ar 气体。在 O<sub>2</sub> 吹气的前半部分，CO 的快速演化可以防止钢中的 N<sub>2</sub> 被吸收。多孔元件的剖面图见图 2。

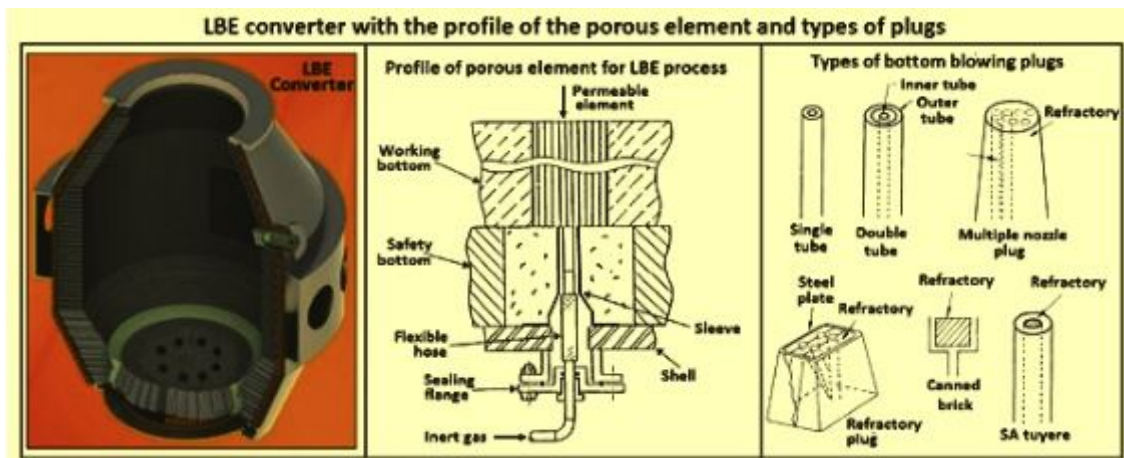


图 2 LBE 转换器与多孔元件的轮廓和塞子的类型

底部堆积和随后的多孔元件损失是与该工艺相关的主要问题。维持 LBE 元件运行的困难导致了对非冷却水口的应用。在这里，O<sub>2</sub> 是通过顶部的喷枪输送的，而惰性气

体是通过管状设计的元件从转炉底部引入熔池的，这些元件通常是由设置在耐火材料基体中的六个小管子组成。由于横截面积较大，需要保持较大的流速，以保持水口的运行。

### 底塞/喷嘴的配置

组合吹气的最初发展基本上是基于用于底吹的三种底塞。首先，有一种耐火材料元件，其行为很像多孔塞子。这种装置是由带有小缝隙的压实砖块制成。如同大多数鼓风机一样，它需要足够的气体压力来防止钢筋穿透。这种装置比多孔塞的穿透力更强。第二，使用未冷却的 tuyere 来引入每个喷嘴的大量惰性气体。这导致了局部的剧烈搅拌，可以更容易地穿透堆积物。不能使用空气或 O<sub>2</sub>，因为没有冷却剂，产生的热量使推流器的寿命太短，不实用。第三种类型是完全冷却的推流器。这里可以吹惰性气体或氧气，引起非常强烈的搅拌，几乎没有穿透底部堆积物的问题。在所有情况下，气体管道都通过炉子耳轴，使用旋转接头或密封件，以允许炉子完全旋转。图 2 显示了为联合吹炼开发的各种类型的底吹塞子。

目前用于惰性气体底吹的塞子的设计状态是基于单孔塞子（SHP）设计和多孔塞子（MHP）设计。这些塞子设计已被确立为广泛接受的最先进的底吹塞子设计。SHP 和 MHP 吹扫塞的设计都采用了流速优化的管径和管道数量。然而，用于惰性气体底部吹扫的 MHP 更受欢迎。SHP 和 MHP 设计的两种类型的净化塞都是基于镁碳（MgO-C）耐火材料，它们通常由 100% 的高等级熔融镁、高等级石墨、优化的粒度分布制成，有时还加入添加剂。

在 BOF 炉衬活动结束之前，高效的净化是 BOF 车间所有气体净化塞的目标，它受到应用的气体流速范围、堵塞潜力和特定工艺条件下的磨损率的影响。最高的安全标准是对底部吹扫的基本要求。

堵塞的可能性--由于底部堆积，净化塞的可用性降低，往往是净化效率低的原因。这增加了脱氧剂的成本，降低了产量，并导致吹扫效率降低。堵塞的主要原因是由于非常粘稠的矿渣或高溅渣频率造成的底部堆积，惰性气体供应的问题或不适当的净化塞设计。虽然通过 SHP 的高气体流速可以帮助减少低溅渣率时的堵渣可能性，但高溅

# 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>>.