

国外氧气底吹转炉 文集

新金属材料编辑部

1975年7月 北京



前 言

氧气底吹转炉是继氧气顶吹转炉之后又引起人们重视的一种新的炼钢工艺。它具有金属收得率高、烟尘少、生产率高、基建投资少等特点，尤其对处理高磷铁水、吹炼钒渣等具有特殊意义。根据我国资源情况，为了多快好省地发展我国钢铁工业，有关单位也进行了试验研究，并取得了一定的进展。

在国外，自1967年起，氧气底吹转炉已开始得到重视。先后有西德、法国、比利时、美国、加拿大、英国采用该法进行生产。据英国“钢时代”杂志1974年12月报导：“世界上已有12个氧气底吹转炉钢厂，生产能力约为1400万吨，预计到1977年将达到2250万吨。”就我们了解，截至1974年止，实际生产能力已接近二千万吨。

遵照毛主席关于“自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业、干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。”的教导，为增进对国外应用氧气底吹转炉炼钢情况的了解，选择了几篇认为有代表性的文章，供有关单位领导、广大炼钢工人和技术人员参考。

由于我们思想水平和业务水平所限，错误之处在所难免，衷心希望同志们批评指正。

冶金部钢铁研究院

炼钢室、一室

目 录

一、 新的炼钢方法和设备	
——氧气底吹转炉	1—11
二、 氧气底吹转炉	
——炼钢的一个新途径	12—18
三、 纯氧底吹——LWS法	19—24
四、 Q-BOP (美国氧气底吹转炉法)	
在美国钢铁公司的发展和操作	25—32
五、 底吹转炉氧气炼钢	33—39
六、 精炼生铁的方法和转炉	40—44
七、 将石灰粉和氧气同时吹入熔池内的脱磷	45—53
八、 日本将开始采用氧气底吹转炉	54

新的炼钢方法和设备

——氧气底吹转炉

西德马克希米利安钢铁公司的这一专利是一种氧气底吹转炉炼钢的方法和设备。

早在 100 年前，就有技术文献讨论过用纯氧代替空气从炉底吹进转炉。然而，这一建议并没有在实践中采用，因为吹纯氧时转炉炉底的浸蚀速度太快了。而且，在很长时期内，人们都认为吹入空气的钢质量是令人满意的，不必用纯氧代替空气。后来在实践中采用了富氧鼓风，以克服钢中氮对钢的焊接性能和冷延性的不利影响。即便如此，如果风中含氧量过高就会引起转炉炉底的迅速浸蚀。同时还发现风中含氧量过高会大大增加棕色烟尘。因此，吹入转炉的空气中含氧量不允许超过 40%。这样一来，这种转炉钢中的含氮量永远不能低于某一下限。

也已经知道，吹入氧气和蒸汽或二氧化碳的混合气体可以降低转炉炉底上风嘴的温度。这一方法进行过大规模工业试验，但由于吹进大量的水蒸汽或二氧化碳大大降低了熔池温度，结果只能装入少量的废钢。降低熔池温度的另一个不利因素是有更多的金属从转炉内喷溅出来。最后，熔炼结束时的钢水温度往往很低而不能顺利浇铸。

也已经知道，由于朱尔斯-汤普森效应，通过钢管将高压氧气吹入转炉炉底，将能在每个风嘴附近获得冷却效果。然而，在实际中，氧压必需大于 80 公斤/厘米²，这就要用特殊的压缩氧气的设备。这种方法还有一个缺点，很高的氧压会产生紊流精炼过程，所产生的棕色烟尘量远多于普通吹空气的底吹转炉。大量棕色烟尘不仅污染了周围空气，而且造成相当大的铁分损耗，棕色烟尘基本

上都是氧化铁，因此，这种方法的收得率很低。

这些想把纯氧吹入底吹转炉的企图最终导致现在的氧气顶吹法，用氧枪把纯氧吹入熔池表面。虽然已经证明用这种方法大规模生产普通钢是很经济的，但是顶吹法与底吹法相比有一系列缺点。顶吹法要求使用昂贵的氧枪，此氧枪由于受到钢和渣的冲刷而迅速磨损。由于氧气流冲击到熔池表面，这部分空间的温度是很高的。氧气从上往下吹入熔池的顶吹法的另一个缺点是金属的循环（即所谓混合效应）不如底吹法那么强烈，因此熔池内的各种成分也就不如后者那么均匀分布。顶吹法的再一个缺点是氧气大量喷射到渣中而使渣内有大量的氧化铁。渣中氧化铁含量可高达 30%。而烟气中的铁分损耗约为钢总重量的 1.5%。因此铁分损耗很大，而且还必须安装昂贵的除尘器，以便把氧化铁从废气中分离出来。

顶吹法的另一个缺点是氧枪氧只能部分利用。一部分氧与从熔池中逸出的气体发生反应。因为铁水中的碳只氧化成一氧化碳，因此废气就带走了将碳完全烧成二氧化碳的可用热的 75%。尽管想努力利用废气，但成本很高，也很困难；在一般的顶吹法中，很难捕集废气，因为第一，经常发生大量喷溅；第二，废气中有大量炉尘，因此必须让废气通过昂贵的除尘设备。最后，氧流冲击区内有大量铁分升华为棕色烟尘而造成大量铁损耗。顶吹法还缺少为获得均匀钢水所必须的搅拌作用，而在底吹法中能获得极有效的搅拌作用。

顶吹法的缺点部分地是由于下述因素造成的：含有大量磷的托马斯生铁的渣量大于低磷生铁，因此为了获得较稳定的精炼过程，必须使铁水的硅、锰含量低于某一极限。托马斯生铁一般都有1%的锰。氧气顶吹法的铁水中允许含锰量的上限为0.6%，允许含硅量的上限为0.3%。这反过来限制了高炉炉料的成分，从而相应地增加了成本。

与底吹托马斯转炉相比，顶吹法的熔炼过程相对较慢，因此不能很有效地脱磷。为了获得含磷量低的钢水，在顶吹法中，必须采用二次造渣法。这不仅增加了整个熔炼时间，而且也加速了炉衬的侵蚀。而且由于成分不同时，留在转炉内的一次渣量也不同，这就对冶炼的第二阶段造成无法预测的影响。改变炉渣也造成大量热损失。

本专利的目的提供一种转炉炼钢方法和设备。此方法中，氧气是从熔池的下面吹入的，但仍保留了用纯氧炼钢给钢质量带来的好处，同时消除了顶吹法的缺点，特别是避免了生成大量棕色烟尘，从而不必用昂贵的除尘设备。

另一个目的是给出一种熔池保持平稳的、收得率高的炼钢方法，就是说，与顶吹法相比，铁分损耗较低。本方法也力图提高氧气利用率，并使渣中 FeO 尽量减少。

再一个目的是给出一种能使底吹转炉精炼高磷生铁的方法和设备。原料不比低磷生铁贵，所炼的钢为优质低氮钢。炉渣可用来制造磷肥。

尽量增加风嘴区炉底寿命；尽可能地增加炉料中的废钢比，或是获得较高的出钢温度。

氧气由安装在炉底的风嘴吹入，每个风嘴都是两根同心管，内管走氧气，两管之间的环形空间走气体或蒸汽，形成保护气幕，这种保护气与熔池和风嘴材料的反应是缓慢的。

保护气是减慢氧气与熔池的激烈反应速度从而降低风嘴和炉底的浸蚀速度的，保护气幕不仅保护了炉底和风嘴，使其有较长的寿命，而且也尽可能地减少了棕色烟尘的生成。

本专利的转炉包括带耐火砖衬的钢壳本体和一带风嘴的炉底，炉底的一部分区域不安装风嘴。

保护气的功能是起冷却作用并降低氧气流与熔池的反应速度，因此转炉炉底的损坏较慢，风嘴烧损较少，同时产生较少的棕色烟尘。在实践中发现，合理地调整保护气与氧气的比例能获得最好的操作条件。

为使氧与熔池的反应速度降低到所需要的程度，获得所需的冷却效果，保护气应形成均匀的厚度包围住氧气流股。保护气可以是氢气或换用比较便宜的氮气。也可以换用惰性气体、 CO 、 CO_2 或氢气与其他气体的混合物或氢与其他元素的化合物，诸如氨气或含氟或含氯的烃类。也可以用可燃气体与含化合氧的气体的混合气作保护气，还可以用液体汽化的方法作保护气，这种液体的沸点要低于熔池温度。还可以用甲烷、乙烷、丙烷、丁烷或燃料油汽化的方法作保护气。最后，如果需要的话，还可以吹入石油气、焦炉煤气等作为保护气，这些气体中含有较高的碳氢化合物成分。

如果用可燃气体作保护气，重要的是在风嘴烧坏时防止氧气流进保护管道。为此目的，吹入熔池的保护气体压力至少为氧压的一半。

上述保护气可单独使用，也可以混合使用，也可以依次先后吹入。例如，先用氢气作保护气吹入，由此而造成的钢中较高含氢量可用吹入氮气或氢气的方法很容易降下来，在这种情形，氮气或氢气不仅降低了氧气与熔池的反应速度，而且也作为熔池脱氢的“清洗气”。清洗气吹30~60秒钟，熔池中的氢就可降低到原始值的50%。

还可以用吹入 CO 或氩气的办法脱除过量氮气。然而, 常常用不着这样做, 因为实践证明, 用氮作保护气时的钢中含氮量远低于用富氧空气所炼钢的含氮量。已经发现, 用本专利的方法, 用无氮气体作保护气时钢中含氮量在 0.001~0.002% 之间。这些值低于氧气顶吹法所炼钢的最低含氮量。

用碳氢化合物作保护气或冷却气时, 钢中含氢量相当高, 吹炼过程将近结束时增加保护气流量时尤其如此。鉴于这一点, 本专利特别适合于炼半镇静钢。因为这种钢的含氢量相对较高, 尽管这些钢也含有相当量的与氧有亲和力的元素。如果这类钢按普通方法镇静, 例如在浇铸前用 0.3% Si 镇静, 然后注入钢锭模中, 钢锭按半镇静的方式固化, 因为钢中含氢量很高。这不仅提供了良好的浇铸过程, 而且也使轧制过程的收得率提高到 93%。

由氧气流的保护气中来的氢气还有一个好处是, 例如钢含有 0.08% 氢, 约有一半的氢在钢水中烧成水蒸汽, 释放出大量热量。因此就可以调节氧气对碳氢化合物或保护气的比例来调节钢水温度, 使其在很大范围内变化。所获得的较高钢水温度允许往转炉里装更多的废钢, 使炼钢过程更为经济。按本专利的方法, 最多可装入 35% 的废钢, 而一般托马斯法 (用富氧空气) 最多只能装入 20% 的废钢。

按本专利的方法用几个风嘴吹氧时, 如果需要的话, 各个风嘴可以吹不同的保护气, 有的风嘴可以吹清洗气, 例如可用氩气代替氧气和保护气, 以获得均匀而纯净的钢水。用此方法可以降低由于用氮作保护气时带来的钢中过高的含氢量, 从而获得含氢量不超过标准规定的数量。

本专利特别适用于吹炼高磷生铁。与普通氧气顶吹转炉相反, 吹炼高磷生铁时只用一次渣就行了。渣中只有 10~15% 的氧化铁。渣中铁分损耗少加上无喷溅, 就提高了

收得率。例如托马斯生铁加废钢 (30%) 时, 按全铁分算, 收得率为 92%。

与氧气顶吹法相比, 渣中 FeO 含量很低, 这就使本专利的方法特别适用于精炼合金化生铁。例如在吹炼铬合金化生铁时, 与顶吹法相比, 所炼得的钢含碳量较低, 只有少量的铁中铬损失在渣中。

本方法的吹炼过程很平稳, 因此增加了转炉的利用系数, 因为可以装入更多的炉料。与富氧空气底吹法相比, 本方法可以多装入 50% 的炉料。即使铁水中含有较多的硅和锰, 或铁水温度较低时, 与氧气顶吹法或普通底吹法相比, 仍然还是很平稳的。吹炼过程平稳的另一个好处是在转炉炉口不能堆积上钢和渣。由于这些原因, 再加上不要变渣, 在一定时间内可炼钢的炉次数增加了, 这就使本方法更为经济。

本方法的一个重要特点是保护气的流量, 性质, 制造吹氧管的材料都可按下述方法调整到互相协调, 即, 风嘴的烧损速度基本上与安装风嘴的那部分炉底耐火材料浸蚀速度一样。第二个要求是防止在风嘴周围堆积固态渣。已经发现, 保护气的种类和流量、风嘴材料的最好调配 (用本方法所要得出的结果) 可以是占氧流量的 3% 体积的内烷或 10% 体积的焦炉煤气作为保护气, 吹氧管材料可用含 15% 铬的钢管。另一方面, 如果用铜管作吹氧管代替 15% 铬的钢管, 内烷用量必须减为上述值的一半, 这一变化将产生大量棕色烟尘。用约 10% 的焦炉煤气 (成分为 55% H_2 、25% CH_4 、10% CO , 其余部分为惰性气体) 作保护气, 配合用 15% 铬的钢管作吹氧内管可以得到另一种较好的组合。如果用 20% 铬和 2% 钼的钢作为吹氧内管, 焦炉煤气可减少 1/3, 这一变化还是要产生较多的棕色烟尘。

反之, 如果组合配比不适当, 就会有破坏作用。例如, 如果用 20% 甲烷或 10% 的内烷作保护气, 用铜管吹氧, 结果在很短的时

间内就在风嘴周围堆积起很厚的堆积物而大大地限制了氧流量,增加了吹炼时间。风嘴出口周围的这种堆积物存在一种危险:当废钢装入转炉时,或是当钢水中有废钢块时,风嘴出口周围的固态渣堆积物就会被压碎或变形,妨碍气流或是喷嘴被堵塞,使操作发生危险。

出乎意外地发现,必须把棕色烟尘量控制在一个很高的量级。为此可以这样做:把保护气和一定量的含氧气体(例如空气)混合起来吹进较多的保护气。例如,为使棕色烟尘降到很低值,可以吹进1:1的丙烷和空气的混合气,丙烷可用前述速度的两倍吹入炉内。

前面只讲到吹氧管所用的材质,对外管或吹保护气管不作特殊要求。用一根普通钢管就足够了。只要满足上述对吹氧管材质和保护气的种类、流量要求,本方法的炉底寿命即可达200炉,而一般底吹转炉只有50炉。在一般方法中,转炉炉体的炉衬寿命至少约400炉。按本发明的方法,在全部换衬前只换一次炉底。只是偶而发生风嘴周围堆积固体渣,例如,当保护气在各个风嘴间分布不合适时,就会出现这种情形。

按本专利,这些堆积物可用吹进氧-氮混合气的方法很简单地熔化掉,混合气含10~20%的氧气。在吹这种堆积物时,如果含氧量保持在这一范围内,堆积物一般在一分钟之内就熔化掉了。清洗气体可在吹炼结束时进行。如果各个风嘴配备有个别调节气体流量的调节阀,可以在那些长上堆积物的风嘴上进行清洗吹。清洗气体混合物可在氧气管和保护气体管里同时吹出。

方法的经济效果主要取决于吹炼过程中熔池的平稳程度。奇怪地发现,转炉熔池的平稳程度受风嘴个数和风嘴直径的影响很大,熔池深度也同时是一个影响因素。为了经济起见,也为了使操作过程尽量简单,显然希望风嘴数尽量少。已经发现,为获得有

效操作的最少风嘴数和最大风嘴直径可按下述方法计算。

首先,用厘米²表示风嘴的总横断面积,其数值应等于兑入转炉的铁水吨数。也发现最大的风嘴直径决定于熔池深度。风嘴直径不能超过熔池深度的1/35。这些值适用于通常用于吹炼过程的5~10个大气压的氧压。作为一个例子,我们假定转炉容量为30吨,熔池平均深度79厘米。按此数据,吹氧管最大直径为20毫米。为要得到30厘米²的风嘴总横断面积,要用10个风嘴。

上述的风嘴极限直径适用于垂直往上吹的吹氧管。如果风嘴与转炉轴交成一个角度安装,或者把风嘴安装在炉墙上与熔池面相平行,那么就可以用较大的风嘴直径。如果风嘴与垂直轴交成30°角,允许的最大风嘴直径可增加20%。如果风嘴水平地安装在炉墙上,允许的最大风嘴直径可以加倍。如果这样,对30吨转炉来说,只要用3个风嘴,每个风嘴的吹氧管内径为36毫米。

氧气和保护气体可以通过转炉炉底的一个点和相对配置的两个点吹入熔池。在本专利的方法中,这是很重要的,因为与普通的顶吹法相比,吹进的气体量少,因此可用于使金属循环的气体量少。如果从接近炉底边上引进吹氧管,接近风嘴处金属往上流动,在另一部分金属往下流动。如果从炉底两边吹进气体,接近炉墙处金属往上流动,到炉子中心处下降。把用保护气将氧气流股保护起来和在特定位置配置风嘴这两种措施结合起来,就可以产生很好的金属循环,加快了熔炼过程,以渣中氧化铁形式的铁分损耗减少。

本专利的方法可在梨形钢壳内衬耐火材料的、带一插入式炉底的转炉中采用。一组风嘴嵌入炉底,风嘴的按排是要使大部分炉底没有风嘴。金属从风嘴周围上升,部分经过渣层,然后沉落到没有风嘴的那部分炉底上。风嘴最好安装在一半炉底面积上,可以

编成组，以便在接近炉底处产生吸引效应。气体与金属剧烈混合，产生一气体提升效应，使金属在风嘴上方迅速升起。风嘴组之间的距离要合适，使在熔池中以渠道形上升的气流在液面下相互交叉，以便在熔池上部均布气体。这就消除了飞溅的可能性。

如果布置得特别好，所有风嘴沿转炉炉底上的完全平行于转炉倾动轴的直径布置。这样安排的风嘴都在通过炉底中心一条直线上的转炉可以造成对称形的，就象一个带中心纵轴的回转体一样。假定没有太多的风嘴，两头的风嘴可与炉墙等距离分布。这种转炉作为一个沿通过炉底中心的、平行于转炉倾动轴的直线布置单排风嘴的回转体，可以向两个方向倾动。例如，转炉向一个方向倾动出渣，然后向反方向倾动出钢。在转炉倾动过程中，气体连续通过风嘴吹向炉内，部分是保护这些风嘴不致堵塞，部分是防止风嘴口接触到钢和腐蚀性很强的渣子。

把风嘴安装成与转炉轴线成一角度有这样一个好处，当转炉处于水平位置时，就是在出钢前位置，与液面成一角度向下吹的气流可以用来把渣吹走，这样就缩短了除渣时间。而且，可以用热气流吹渣，例如用燃烧氧与碳化氢混合气，氧按正常途径从吹氧内管吹入，碳化氢通过保护气管吹入。

用此方法，转炉只需转到稍低于水平位置，液面与转炉轴线成一锐角。气流以一锐角冲击到液面上。倾动角决定于炉衬曲率，在对称结构炉子中角度较小。

可按下述方法特别有效地除渣：即安装一个或几个风嘴，与转炉纵轴成一角度，这样，即使当转炉（假定是对称式炉子）处于水平位置时，气流以一锐角冲击到熔池表面或渣面。如果需要的话，所有风嘴都按此方法安装，或者部分风嘴按此方法安装，例如，在所有喷吹管都沿炉底直径布置，一些风嘴可以平行于转炉轴，另一些有一斜角。在风嘴布满半个炉底的情形，有些风嘴可以

有一斜角，如果需要的话，另一些风嘴倾斜角度可以更大些。实验证明，风嘴相对于转炉纵轴要有合适的倾角，当转炉倾动过来时，气流冲击在熔池液面中点和炉口之间的某一液面或渣面上。如果只有少数风嘴与转炉纵轴斜成一个角度，那么这些风嘴可以与自己单独的气源相接，这样可以单独供气。如果需要的话，按此方法倾斜的可以吹渣的那些风嘴可以高压送气，压力可以高于吹炼过程所用的压力。例如，在吹炼过程中，气体压力可以用6个表压，而吹渣气压可以高达60个大气压。在不同角度配置各种风嘴就能得到展布组合气流，这种以极高压力推送的气流很容易地、很快地将渣层从熔池表面吹掉。

本方法所用的氧气一般是工业纯氧。用纯度为99.7%的氧和无氮保护气所炼的钢含氮量低于0.002%。但有些钢种需要较高的含氮量。与顶吹法相比，本方法的特殊好处是可以在氧气中混入适量的氮气来严格控制钢中的含氮量。例如，如果钢的含氮量在0.008~0.10%之间，按本专利的方法，可在吹炼将近结束时根据需要加氮，譬如在吹炼的最后三分钟内加。还可以以氨作保护气的方法来加氮。

下面举例并用图说明本专利的方法和设备。

图1是转炉水平截面图，

图2是沿图1的II-II线的垂直剖面图，

图3~6是风嘴各种布置方式的转炉炉底示意图，

图7是带逆止阀的吹氧和保护气的风嘴的放大图，

图8是回转体转炉的垂直纵剖面图，

图9是图8中沿X-X线的水平截面，

图10是风嘴与转炉纵轴成一角度的转炉垂直剖视图，

图11是几个风嘴与转炉纵轴线成不同角度的转炉垂直纵剖面图，转炉处在出钢前的

位置；

图12是一个风嘴的放大图，此风嘴有一螺旋线形筋作为两根同心管的隔离物；

图13是带隔离直筋的风嘴横断面图；

图14是用多孔耐火材料把两个同心管隔开的风嘴横断面图；

图15是一个有给氧总管和分别给保护气的导管的转炉垂直剖面图。

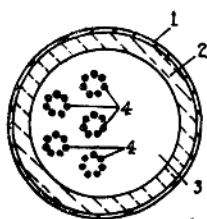


图 3

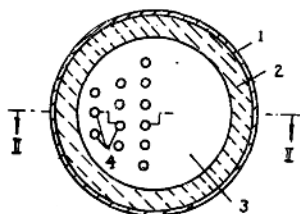


图 1

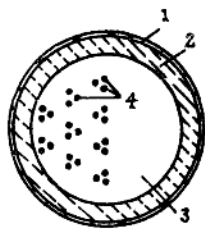


图 4

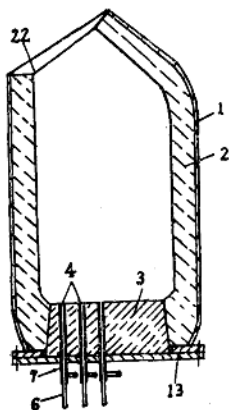


图 2

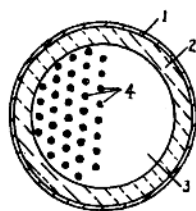


图 5

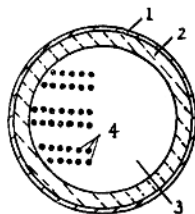


图 6

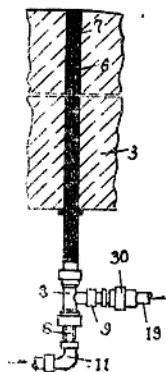


图 7

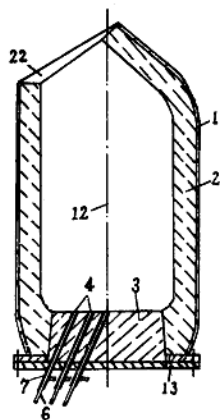


图 10

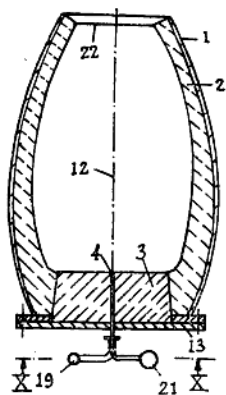


图 8

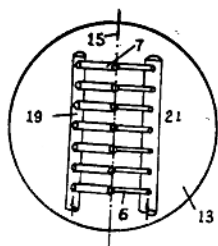


图 9

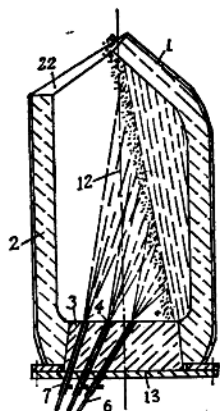


图 11

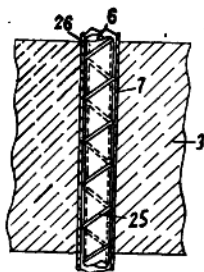


图 12

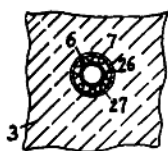


图 13

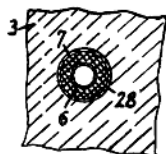


图 14

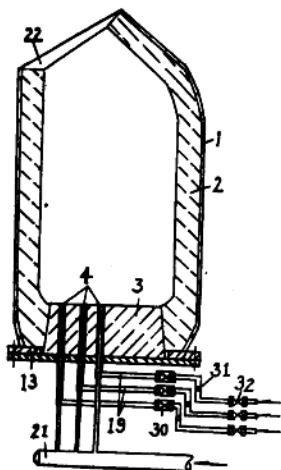


图 15

所有这些炉子都照例有一钢壳1，内衬耐火材料2，装在炉底板13上的耐火炉底3。在图2的例子中，分布在炉底3一侧的风嘴4的分布方式有一好处，就是当转炉向右边倾斜装料时，风嘴不会被装入的废钢撞坏。倾斜的转炉可以装满到第一排风嘴的高度，而且，当转炉在倾斜位置装料时，废钢装在转炉的下半部，该处没有风嘴，这时可通过风嘴4送入氧气和碳化氢来预热废钢，这和平炉有点相似之处。当转炉在倾斜位置时，可以通过吹惰性气体的办法来保护风嘴免得烧掉。

如果需要的话，可以这样制造转炉，有风嘴的那一半炉底做成可单独拆换的，而另一半炉底做成转炉固定衬的一部分。

风嘴4可布置成圆周组，如图3所示；也可以是3个一组，如图4所示；也可以布置成几排双列形的，如图6所示；也可以均匀地分布在转炉的一半炉底上，如图5所示。风嘴或风嘴组之间的距离应很好选定，以留下足够大的无风嘴炉底部分。这样，金属流可以无阻挡地流向风嘴或流向气流，在每个风嘴上方与气流混合。如图7所示，每一风嘴有一送氧内管6和一送保护气或冷却气的同心外管7。管组的下端从转炉炉底引出接向一T形接头8，一头9接保护气或冷却气，一头11接氧气。

图8所示的转炉是对称的，就是说，是一个回转体，有一条中心纵轴12。转炉还是有一钢壳1和炉衬2，炉底3插入转炉下部，也由耐火材料，例如用焙烧的焦油白云石制成，落在钢底板13上。炉底3上沿平行于转炉倾斜轴（未标出）的直径15有一排孔4。每个风嘴4有一外管7和同心内管6，分别接到送保护气的歧管19和送氧的歧管21。

在图8和图9所示的转炉中吹炼生铁可如下进行。转炉兑一半铁水后，通过内管6吹入纯氧，通过外管7吹入保护气（例如丙烷）。碳化氢气体形成围绕氧气流的气幕，使喷嘴

保持足够低的温度，以免被烧化，从而使转炉炉底不致于迅速被侵蚀损坏。如果需要除去由氧化物和附加物组成的炉渣时，转炉从图8所示的位置转过来，转到稍低于水平位置，使熔池表面与转炉纵轴12形成一锐角，这种类型的转炉如图11所示。在倾动过程中，通过风嘴继续吹氧和丙烷，以防止风嘴被钢水和熔渣烧掉。

氧和碳化氢燃烧释放出大量热量，形成高温火焰。如果喷吹管安排适当，能形成广阔展布的组合热气流，此气流在高压下喷射出来，把熔渣从转炉炉嘴22推出去。高温燃烧气体使渣的流动性很好，很容易从转炉内流出。

在图10所示的例子中。炉底3上有几个与转炉轴线12成一角度的风嘴4，其主要好处是当转炉处于倾动位置时，在除渣过程中气流按一陡角吹到液面上（有些象图11所示），从而可以有效地将渣吹出炉嘴。除了倾斜风嘴之外，如果需要的话，转炉炉底还可以有几个平行于纵轴12的风嘴。这时可采用倾斜风嘴单独给气的方法，使倾斜风嘴气流的压力和种类的控制与平行风嘴无关。

利用倾斜风嘴与转炉纵轴12成不同角度的方法可以进一步提高除渣效果。用这种方法可以除去倾斜位置上的转炉内熔池液面上的所有渣层，如图11所示，结果大大加速了从转炉内除渣过程。如果各个风嘴或各排风嘴可以单独控制，则可以达到很高的排渣速度而不需要其他辅助机械。这种安排还有一个好处是转炉不必倾动过大，因此没有随渣跑钢的危险。普通转炉的最大倾斜度是使钢水液面不达到炉嘴边缘，渣由于重力作用而大量流出。这种操作方法不可避免地会有相当数量的钢会跑掉。

由前述讨论和图7可知，每一风嘴有一吹氧内管和一外部吹保护气管子。管6和7之间设一螺旋线25，它保证了两根管子之间有均匀的环形空间26。螺旋线同时使保护气体

作螺旋运动。这就保证了保护气形成一均匀的气幕。可以在保护气管7的内壁上设置内筋代替螺旋线将两根管子隔开，如图13所示。

还有一种将两根管子隔开的方法，就是在两根管子之间装上一多孔材料套筒28，如图14所示，例如用多孔烧结金属或多孔耐火材料。

为了操作安全，防止当一个或几个吹氧管堵塞时氧气渗透到保护气系统中去，保护气管的连接管19有一逆止阀30，如图7和图15所示。当压力超过某一极限时，逆止阀立即关闭。氧气管一般接到一个总给氧歧管上。而保护气管可以有各自的气源，每一管道都有一流量计31和控制阀32。因此，每一个风嘴的保护气可以分别调节，并且，允许各个风嘴吹入不同压力的不同种保护气。一般说来，保护气的压力要比氧压低20~50%。

本专利的实验炉是这样进行的：转炉炉底是由焦油白云石捣结成的，有20个风嘴，排成4行，每行五个风嘴。每根氧气管的内径为12毫米，外管的内径为18毫米。吹氧管用18%铬和10%镍的钢管，壁厚1毫米。因此，内外管之间有2毫米的间隙。保护气管都是壁厚2毫米的钢管。保护气管可接向氮气、丙烷和空气气源。

转炉转到装料位置，先装入6吨废钢和21吨托马斯铁水，温度为1250℃，成分为3.5%碳、0.6%硅、1.7%磷、1.0%锰、0.50%硫，其余部分主要是铁。

装料过程中，所有风嘴都通入3个大气压（表压）的空气。

装完料后停止给空气，保护气管给丙烷，送氧管给氧。丙烷着火后，转炉直立起来，向炉内装进3吨石灰。丙烷流量为170米³/时，氧流量为4000米³/时。十分钟之后再从上面加入2吨废钢。然后氧流量增加到5000米³/时，丙烷流量保持不变。就是

说，在吹炼过程中，氧气对保护气的比例是变化的。在整个吹炼过程中，转炉的烟尘并没有增加，熔池保持平稳，没有喷溅。吹了17分钟之后倾动转炉，同时内管吹入空气。这时取样进行化学分析，然后再按上述方法把炉子直立起来，继续吹60秒钟左右，以使钢获得需要的化学成分。此后转炉再次转向水平位置并除渣。渣的化学成分为：14% Fe(FeO的形式)、45% CaO、16% P_2O_5 ，其余部分为MnO、 SiO_2 。

出钢温度为1620°C，钢水成分为：0.02%碳、0.15%锰、0.026%磷、0.023%硫、0.002%氮、0.001%氢。

与氧气顶吹法相比，本专利方法的主要好处是渣中FeO量少，因此相应地渣对炉衬的冲刷作用也少，从而延长了炉衬寿命。如上所述，渣中FeO量较少，但脱磷效果还是很好。最佳地利用吹入熔池的氧气使吹炼过程相当平稳，也缩短了吹炼时间，虽然炉内加入了大量废钢，整个熔炼时间还是缩短了。经济效果表现为产量提高了。与要求铁水成分范围较窄，因此必须用混铁炉以消除铁水成分波动的氧气顶吹法相比，本发明的方法有很大的适应性，几乎可以利用任何成分的铁水。

专 利 要 点

1. 给出了一种将生铁炼成钢的方法，此方法是通过装在转炉炉底上的一个或多个风嘴将一股或多股氧气流射入要精炼的铁水中，每个风嘴由两根同心管组成，风嘴都在熔池下表面，氧气由同心管的内管吹出，两根管之间的环形空间吹出保护气或保护汽形成包围氧气流的气幕，保护气或保护汽是惰性的或与熔池和制造风嘴的材料反应是缓慢的；

2. 所用的保护气可以是氢气、氮气、惰性气体、一氧化碳、二氧化碳、氨气、含氯或氟的碳氢化合物、高炉煤气、焦炉煤

气、石油气或其他含碳化氢的气体，这些气体可以单独使用，也可以混合使用；

3. 保护气形成与含化合氧的气体相混合而成可燃气体；

4. 在精炼过程中可以依次用不同的保护气；

5. 开始时可用含氢气体作保护气，到吹炼临近结束时可用不含氢的气体作保护气；

6. 所用的保护气压力要低于氧气压力；

7. 保护气压力比氧压低20~50%；

8. 氧压对保护气的压力之比在吹炼过程中是可变的；

9. 保护气的种类与流量可按送氧管的材质进行调整，使得风嘴的损耗速度与风嘴周围的耐火材料烧损速度一致；

10. 用氧流量体积3%的丙烷或10%的焦炉煤气作保护气，吹氧管的材质为15%铬的钢管；

11. 吹炼过程中，风嘴口周围产生的固态渣堆积物可以用吹入含氧量为10~20%的氧-氮混合气把它熔化掉；

12. 能用单渣法吹炼好高磷托马斯生铁；

13. 可以吹炼含合金元素（例如铬）的各种生铁；

14. 吹炼结束时，倾动转炉，用与液面成一角度的气流将渣吹掉；

15. 吹渣气流可为含碳化氢和氧的可燃气体；

16. 所用的转炉炉体是一钢壳内衬耐火材料，插入带风嘴的炉底，风嘴内管吹氧气，两管之间的环形空间吹保护气，转炉炉底的一部分面积上不安装风嘴；

17. 所有风嘴都装在一半炉底面积上；

18. 风嘴可分组安置；

19. 炉底是圆形的，所有风嘴也可以布置在一条直径上；

20. 此直径与转炉倾动轴线平行；

21. 至少有一个风嘴的喷吹轴与转炉纵轴斜成一角度；
22. 安装在一半炉底面积上的风嘴有几个可以倾斜安装；
23. 倾斜风嘴与转炉纵轴所成的角度可以各不相同；
24. 倾斜风嘴的喷吹轴应在转炉的上半部与转炉纵轴相交；
25. 吹氧管和保护气管之间应该用隔离物隔开；
26. 隔离物可以是螺旋筋，也可以是隔离筋组；
27. 吹氧管和保护气管之间的环形空间可充填多孔性材料；
28. 每根吹氧管的直径不能大于转炉熔池深度的 $1/35$ ；

29. 转炉的容量（以吨计）应基本上等于风嘴的总横截面积（以厘米²计）；
30. 每根保护气管都应按上逆止阀；
31. 吹氧管都接到一给氧总管上，而保护气管可以有各自的给气系统；
32. 上述方法可在附图中得到很好的说明；
33. 第16条所说的转炉用图1和图2基本上说明了，还可以用图3~6，或图8和9，或图10、或图11、或图15，或这些图中的任何一个，或这些图与图7、或图12~14的任何一种相结合中的任何一种作补充说明之。

孔金满 译自：英国专利№1253581

1971, 11, 17, 共17页

氧气底吹转炉——

炼钢的一个新途径

在西欧，底吹转炉法（即托马斯法用空气底吹）曾在过去数十年被视为最经济的炼钢方法。特别是可以冶炼欧洲的高磷矿石、而其炼钢炉渣又有应用价值的托马斯炼钢法，曾经占过统治地位。然而两个主要的缺点最近十年来使这种方法的经济性下降：一是废钢装入量少，二是钢水含氮量高。但从工艺的角度讲，这种方法则提供了理想的条件。通过钢水吹入的精炼气体使这两个相在很大程度上同时进入平衡。

第二次世界大战以后，由于出现了在炼钢工业上广泛使用氧气代替空气的可能性，并且对钢的质量要求越来越高，特别是降低钢水的氮含量从经济角度来讲越来越重要，因此，在欧洲开始了广泛地研究一种新炼钢法——氧气底吹法。然而氧气顶吹法的迅速发展一度使氧气底吹法的研究黯然失色。于是氧气顶吹法在短期内无论从经济，还是从质量的角度都已发展到十分完善的程度，以至使人们觉得改变氧气顶吹法的原则从发展前途和经济角度讲都是毫无意义的。

为什么氧气底吹法却在马克西米利安钢铁公司得到研究和发展？对此本文将用已取得的生产结果加以讨论。此外，我们还将报导采用该方法在大转炉吹炼低磷生铁的情况。

氧气底吹法在

马克西米利安公司的产生

在决定是否用一个新的氧气顶吹转炉钢厂代替托马斯钢厂时，首先要考虑供炼钢用的约含 3.5% C，0.5% Si，1.1% Mn 和

1.7% P 的铁水能否根据要求采用氧气顶吹法可靠地进行吹炼。为了取得有关资料，一九六一年对一座现有的托马斯转炉按照 LD-AC 炼钢法进行了改建。该转炉按工业生产的规模进行了四年之久的操作。然而所取得的结果表明，采用氧气顶吹转炉吹炼上述铁水是十分困难的。由于铁水的锰和硅含量高，往往造成剧烈的喷溅。这对于大规模工业生产是很成问题的。为了对马克西米利安钢铁公司进行绝对必要的改造而制定的所有规划都一再表明，将炼钢生产集中到一个单一的钢厂是一个重要的前提；而炼钢迄今为止是在两个地方进行：一是罗森贝格的托马斯炼钢厂，一是海德霍夫采用冷装法的平炉炼钢厂。

基于上述原因，开始了改造碱性转炉炼钢厂的试验。一种可能的解决办法是将现有转炉改为炉底吹氧，针对这样一个办法，曾普遍产生过这样的意见：因为纯氧反应活泼、反应温度很高，所以采用氧气底吹法几乎是不可能的。然而鉴于该方法在经济上意义很大，所以终于决定再次进行试验，以期获得一个现实可行的解决办法。

在最初一批试验中，将氧气以大约 40 大气压力通过 25 吨转炉底的三个到四个喷嘴吹入炉内。其考虑是：由于氧气的密度很高，大约相当于液氧密度的二十分之一，所以氧气无疑可以使喷嘴得到有效的冷却，而喷嘴材料不再被烧损。

从初步试验的情况来看，这个方法是颇有前途的，但却没有达到预期的结果。在进一步的研究中，本公司和加拿大液态空气公

司进行合作，采用在氧气流周围以碳氢化合物气体进行保护的方法继续试验。为了减少氧气炼钢法的褐色烟气。加拿大液态空气公司曾在几年前做过这方面的研究工作。沿着这个方向继续进行了试验，并在短期内研究出一个可以应用于大规模工业生产的方法。在成功地进行了半年的工业性试验后，决定制造设备，以便按照新方法对整个托马斯钢厂实行改造，并决定使平炉钢厂停产。同时建立两台新的连铸机和两套新的棒材轧机，使原有的陈旧的薄板轧机和棒材轧机停产。

为了说明马克西米利安钢铁公司使用的新方法和氧气顶吹法相比较的优点，让我们最好将使用该方法的生产结果与采取 LD-AC 法操作的结果进行一下比较。在改用 LD-AC 法操作期间，吹炼时间大约延长到 25 分钟，收得率为 85%，收得率低的原因主要是由于吹炼时喷溅造成的。因为受转炉容积的限制，只能采用 35cm 厚的耐火炉衬，致使炉衬寿命仅为 100 炉。在转炉改为氧气底吹法生产后，新砌炉衬后的转炉体积为 17 米³，容量由 22 吨提高到 30 吨。吹炼时间缩短到 12 分钟，完全克服了喷溅，炉衬寿命达到 450 炉。昔日的托马斯钢厂的月产量可以由 55000 吨提高到 80000 吨。

氧气底吹法简述

氧气底吹转炉的炉底是可以更换的，根据转炉的大小，在炉底设有 5 个到 25 个喷嘴（图 1），氧气通过这些喷嘴吹入炉内。氧气流周围有一层碳氢化合物保护介质。所选择的喷嘴位置应使吹炼状况达到最好，喷嘴位置的这种安排是很重要的。和托马斯炼钢法相反，氧气底吹法在吹炼末期通入熔池的气体量很少，特别是在吹炼高磷铁水时更是如此。因此，选择喷嘴的安装位置时必须能形成带一定方向的循环运动，从而使小量气流的搅拌能量尽可能全部得到利用。

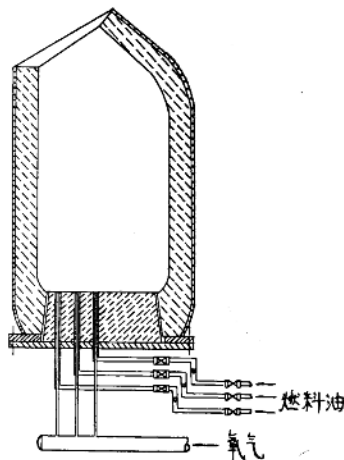


图1 氧气底吹转炉剖面图

氧气底吹法的冶金学

氧气底吹法和氧气顶吹法在冶金上的主要区别在于输氧方式的不同。

高磷铁水的吹炼

以下首先报导一下马克西米利安钢铁公司在吹炼高磷铁水方面所取得的结果。这里应该着重指出，本厂两年来所添全部石灰装料，都是以石灰粉的形态和氧气一起吹入炉内的。其他改用氧气底吹法吹炼高磷铁水的厂家，没有用过这样的操作方法。马克西米利安钢铁公司采用此法的优点是：即使吹炼时间只需要大约 10 分钟，并且在铁水成分极为不利的情况下，也可以完全有把握地控制吹炼过程。如图 2 所示，氧气底吹法的碳、磷、硅和锰的烧损在很大程度上近似于托马斯炼钢法。另外还有一种专门的进行预脱磷的方法，本文将在吹炼低磷铁水一节予以讨论，该方法在吹炼高磷铁水的条件下没有得到应用。

图 3 以钢水温度做为参数，表示出钢的

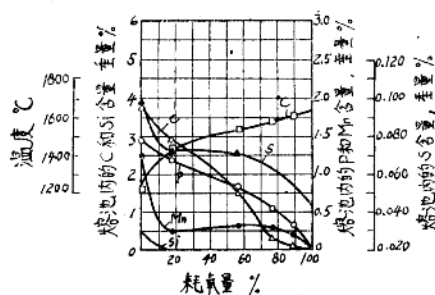


图2

在30吨氧气底吹转炉精炼高磷铁水的熔炼曲线

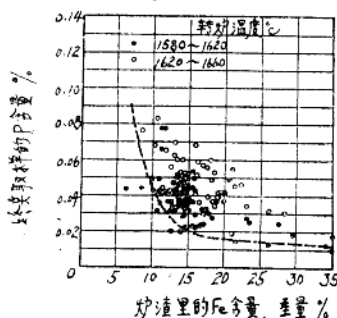


图3

磷含量与炉渣的氧化铁含量的关系。图中还标出炉渣平均化学成分、温度为 1600°C 时的平衡曲线。如图所示，吹炼末期渣和钢液是接近于平衡的。在吹炼对磷含量要求低的炉号时，采用一种经过改进的双渣法。采用该法操作时，转炉在钢水磷含量约为 0.080% 、碳含量约为 0.04% 时进行摇炉扒渣，然后用大量的石灰粉后吹1分钟。对于出钢温度为 1620°C 左右的炉号，二次渣一般为固态，可以毫无困难地保留在转炉里。采用该工艺所达到的最终碳含量示于图4。这里应着重指出，这些炉号大部分的出钢温度为 1680°C ，并进行连铸。

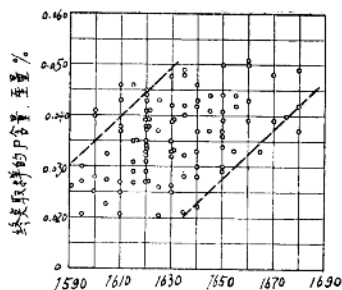


图4

图5示出所达到的脱磷情况。可看出，在铁水的起始硫含量较高，即约为 0.060% 的情况下，熔池的最终硫含量可以达到约 0.030% 。

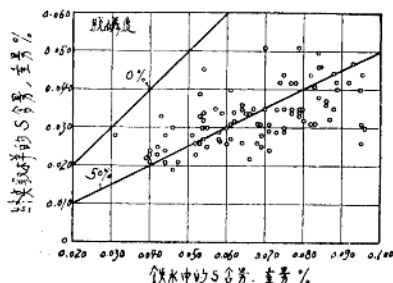


图5

吹炼高磷铁水时，在脱磷期只产生少量的气态反应生成物。所以大部分保护气体的碳氢化合物产生的氢被熔池吸收。如图6所示，吹炼末期转炉的氢含量约为 0.008% 。对于某些钢种来说，这样的氢含量太高，因此必须采用惰性气体短时间冲洗来减少氢含量。以 3 立方米氮/吨钢 的气体量进行冲洗，可以达到图6中列出的 0.002% 左右的氢含量。采用这种工艺可以在不进行控制冷却的情况下生产高强度钢轨。对于铝镇静钢，一般不需要降低氢含量。对于沸腾钢，氢含量较高甚至对沸腾行为是有利的。有趣的是，