·资料·

钢水炉外精炼

王孝明

（攀钢提钒炼钢厂）

钢水炉外精炼是六十年代以来在世界上发展起来的钢水精炼处理方法。它是为了满足近廿多年来工业技术高速发展的需要，在原有炼钢设备的基础上，经过发展和提高而使钢质量达到了新的水平。

钢水炉外精炼的主要目的是：提高钢的质量、脱气和去除钢中的非金属夹杂物；降碳、合金微调以及均匀钢水成份和温度等。此外它对提高原有设备的生产率、降低成本都有很大的作用。

对钢水炉外精炼的研究起步较早、工作较多的主要在欧洲国家。近年来日本在引进技术的基础上也作了不少改进。下面主要介绍国际上比较成熟的炉外精炼方法。

RH真空循环法

RH真空循环法是对钢水罐内的钢水进行真空处理。两支吸嘴浸入钢液，在真空之下钢水在吸嘴间循环流动，达到处理的目的。该法适用于高生产率的氧气转炉和超高功率的电弧炉。

RH循环法的特点是由于惰性气体的搅拌动力学条件造成了良好的脱气条件。此外，真空处理和合金化是一个统一的过程，可以精确地控制成份。处理过程的温降不大，约在15～40℃范围内。

RH真空循环法可以完成下列七种冶金任务：

1.脱氢。

2.真空脱氧。

3.把钢中的碳降到很低的水平。

4.加入合金元素，例如在生产硅钢时添加大量的硅。

5.使钢水的成份和温度均匀。

6.钢水的成份微调。

7.去除钢中的非金属夹杂物。

150tLD钢水经RH处理后钢中氢含量变化如图1所示。

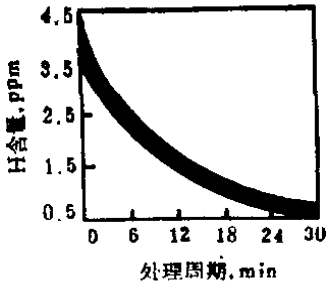

图1　RH处理后的氢含量

RH法轻处理和RH-OB法

RH轻处理法和RH-OB法是日本新日铁和西德蒂森公司对常规RH法的改进。改进后，使真空冶金进入了炼钢过程。

RH轻处理的特点是：脱碳过程直接受真空度的影响。

采用RH轻处理的优点在于处理时间短，并广泛利用碳的脱氧能力；由于该法能快速产生钢水的循环，创造了很好的脱碳动力学条件；处理过程温降较少；合金

化在真空下进行。

RH轻处理的冶金任务：

1.真空下脱氧。

2.降碳。

3.合金微调。

4.均匀钢水成份和温度。

5.去除钢中的非金属反应产物。

RH-OB法是在RH装置处理过程中把附加氧气吹入钢水中，因此允许钢水有较高的原始含碳量。

RH-OB法的特点是由于通入氧气创造有利的动力学条件，氧气脱碳是在真空条件下进行，并消除了钢中的残氧。此外，合金化是在真空条件下进行的，钢水有加热的可能性。

VOD法（真空、氧气、脱碳）

该法是在真空下对罐内钢水吹氧，同时在底部以氩气进行搅拌，用于高合金钢电炉外脱碳。由于在真空条件下，CO分压更低，钢中的碳含量甚至可达到超低碳级。铬的回收率高，且不存在渣的还原。

惰性气体的搅拌保证在真空下脱碳、脱硫的连续进行，脱碳终了时脱硫任务也已完成。VOD法保证钢的高纯度以及温度和化学成份均匀一致。为此，创造了最佳的连铸条件。VOD装置通常和电弧炉或氧气转炉配合，以提高合金钢的生产率。

VODC法（真空、氧气、脱碳、转炉）

VODC法是VOD法和氧气转炉的结合。生产过程分预备期和真空下的最后脱碳期。前期正常操作，后期在真空下最后脱碳。由于大转炉伴有惰性气体搅拌，因此在氧气喷入熔池时创造了理想的反应动力学条件，有较快的降碳速率。最后的脱碳仅仅在真空下，熔池中氧和炉渣反应。由于热交换的高峰期在预备期末，而不在最终脱碳期，因此耐火材料消耗低，使熔池搅拌的氩气量也不大。

VOD法和VODC法用的氩气量相似，由于惰性气体搅拌，使脱碳反应均匀而无喷溅，此法和VOD一样，采用低铬造渣，因此还原剂消耗量小。脱硫任务是在真空下通过调节炉渣成份来完成。

VAD法（真空、电弧、脱气）

VAD法是在真空条件下对罐内钢水以电弧加热。此法在冶金操作上的最大成功在于它的高热效率以保证加热性能。在惰性气体搅拌下，使熔池温度迅速均匀，对罐衬的浸蚀最小。

在加热状态下应用真空处理，降低了钢水中的氧、氮、氢的含量，通过对炉渣的调整和增加反应表面而调节高的表面素流以达到最低的硫含量。VAD法的升温脱氧情况见图2。

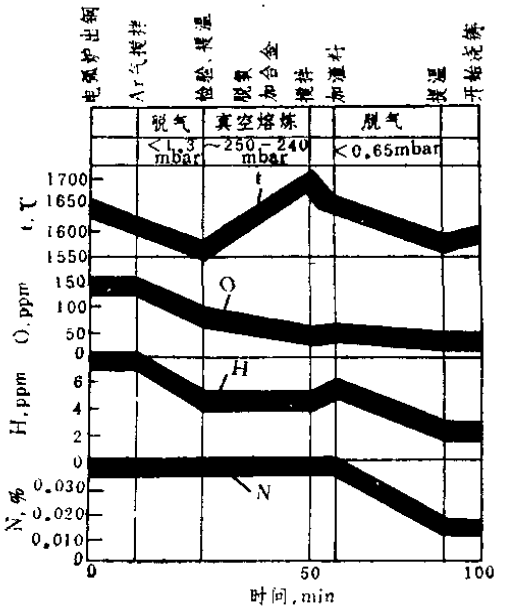

图2 VAD法的升温脱气实例

PM法（脉冲混合法）

该法为日本川崎钢公司研制的一种新的钢水罐内精炼法。

此法利用强烈的脉冲搅动，在钢包中对钢液进行精炼，其目的在于降低操作成本和投资，并保留脱氧和合金微调的能力。此法几乎所有的钢种都可采用来进行精炼。一套完整的PM装置包括钢水罐处理站、一支耐火材料吸嘴以及PM的副属设备和合金化装置。

操作时，把有耐火材料的吸嘴插入钢液中，在真空下周期地以惰性气体造成脉冲搅拌，使钢水在吸嘴内上升和下降。

PM法的处理特点是处理时间较短，温降少，脱氧效果好，合金回收率也较高，投资费用不大，并能达到脱氧、合金化和均匀成份、温度以及去除非金属反应产物的目的。其脱氧情况见图 3 。

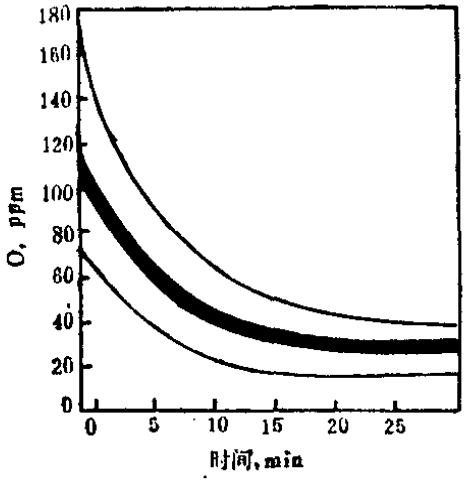

图 3　PM法处理Al镇静钢时的脱氧曲线

TN法

TN法是一种喷吹冶金技术，它以含钙的粉剂在惰性气体的搅拌下喷入钢水中以达到脱硫、改变夹杂物形态以及均匀成份和温度的目的。经TN法处理的钢其综合机械性能有较大的改善；在浇铸方面，特别是对方坯连铸机的浇铸有利，减少偏析和裂纹的形成。钢中的硫、氧情况见图 4 。

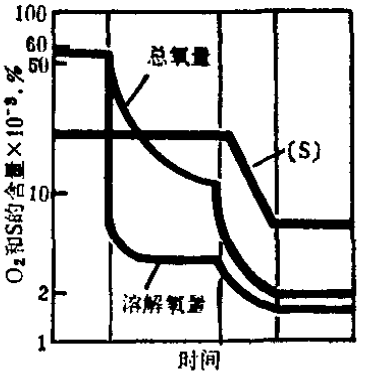

图 4　罐内Ca处理时的O_2和S含量变化

MPE法

此法是在出钢过程中向罐内加入碱性渣化合物，并在罐底以惰性气体搅拌。此法可以调整碱性渣的成份以达到脱硫、均匀成份和温度，但不能改变钢中的夹杂物形态。

（上接第46页）

计算结果偏低的原因可能是大型热模实验与小型热模实验的铁水成分、搅拌杆的相对插入深度、脱硫剂不同所造成的。若这些条件都相同，效果会更好些。

致　谢

本文借用了杨剑青等同志的实验数据，何有瑾同志提出了修改意见，在此表示谢意。

参 考 文 献

〔1〕东北工学院，冶金炉理论基础，1959年
〔2〕杨剑青等，搅拌杆法铁水炉外脱硫水力学模型研究（二）——多杆搅拌，1980年 9 月