

从而制备出符合标准的电解溶液。现阶段在制取电解液的过程中多采用硫酸浸锰的方式进行制备, 而通过氯化锰盐溶液电解金属锰的技术尚未得到大范围地推广应用, 在生产上的应用也较少, 现阶段仍处于探索实验阶段。

硫酸铵的浓度过低会影响电解液的导电性, 多数厂家都控制在95~105g/L之间; 新液的静置时间直接影响到新液的质量, 从而影响电解的电流效率, 一般要求达到48小时以上。由于种种原因, 目前大多数厂家都控制在20~36小时之间。

2.1.2 电解操作过程

在进行电解金属的过程中, 通常是将硫酸锰水溶液电解液注入到隔膜电解槽当中, 然后再接通直流电, 使得其发生电析反应, 金属锰多在阴极板上析出, 而氧气则是在阳极板上析出, 为了切实保证电解的效果, 就要定期定时更换阴极板, 电解周期一般为24小时。

同时还要钝化电析反应生成的产物, 而想要获得合格的金属锰还需要经过水洗、烘干、剥离工作。

2.2 电解金属锰电解槽节能技术分析

2.2.1 降低槽电压

在生产电解锰的过程中, 电流的传递是以电解液为导体进行有序传导, 而电阻的大小是受电解槽内阴阳离子移动的距离影响, 需要注意的是, 在电解金属锰的生产过程中, 电

解液的浓度基本保持不变。

因此就不能通过提高溶液浓度来降低槽电阻, 现阶段, 降低槽电压的有效手段是缩短阴阳离子的移动距离, 而有效降低极距也是实现节能降耗的重要途径, 众所周知, 电解锰的初始同名极距是100mm, 在此基础上的直流电耗8500~10000kW·h/t, 但这种极距对于能耗的要求较高, 而现阶段在节能技术的影响下, 已经将极距控制在65mm~72mm范围之内, 而直流电耗也已经被控制在5900kW·h/t之内, 从而有效实现了节能降耗的目的。

同时, 保证良好的导电性有利于降低槽电压, 降低直流电耗。保证良好的导电性的主要措施有: ①及时进行清槽工作, 并保证清槽质量, 清槽周期一般在11~14天之间, 如果出现病槽则要及时处理; 清槽能保持隔膜袋有良好的通透性, 有利于电解过程中阴阳离子迁移; 同时能清理阳极板上的阳极渣, 保持良好的导电性。②保持极板与导电铜排的良好接触, 防止出现发热现象; 一般出板结后使用20~40g/L稀硫酸淋铜排与极板的接触部位, 并及时冲水; 每天3~5次即可保持铜排与极板干净, 具有良好的导电性。③控制好槽温对降低槽电压有较大帮助, 槽温太低会导致槽电压偏高, 槽温太高会导致电解槽况老化; 一般出槽期间控制在38℃~42℃之间, 维护期间控制在42℃~45℃之间。

表1 电解液的成分与电解技术条件

新液 Mn	新液 (NH ₄) ₂ SO ₄	新液 PH	新液静置时间	阴极液 Mn	阴极液 PH	阴极液温度(出板期间)
35 ~ 40g/L	95 ~ 120g/L	6.8 ~ 7.2	>48h	13 ~ 16g/L	6.8 ~ 7.5	38 ~ 42℃
阴极液温度(维护期间)	SeO ₂ (以Se计)	阴极电流密度	阳极电流密度	槽电压	同名极距	电解周期
42 ~ 45℃	0.022 ~ 0.35g/L	350 ~ 400A/m ²	600 ~ 700A/m ²	4.2 ~ 4.6V	65 ~ 78mm±	24h

2.2.2 落实防漏电技术

在电解金属锰的过程中, 应当充分意识到漏电现象对生产的不良影响, 将绝缘型冷却水管应用在实际生产过程中, 北方天气较为寒冷, 因此多采用PVC波纹管 and RPP直管作为冷却水管, 提高RL指数从而在一定程度上降低漏电带来的不必要损失。

而南方地区的温度普遍高于北方, PVC波纹管的应用受到了一定限制, 也不能发挥最好效果, 为了有效保障冷却效果就要采用不锈钢管等导热性能较好的金属管材, 同时还要在冷却管和电解液接触面之间增设绝缘涂层, 从而有效提高RL指数, 实现较好的防漏电效果。

2.2.3 做好生产管理节能工作

在生产电解金属锰的过程中, 电解液作为生产过程中的半成品, 如果想要有效提高整体生产质量, 就要保证电解液的质量符合相关标准。

高质量的电解液不仅能够去除多种杂质, 同时还能保证溶液中的硫酸铵、硫酸锰及添加剂的含量满足实际需要。在实际生产过程中, 槽内锰离子随着电流的传导不断趋向阴极, 最终在阴极上析出为金属锰, 而槽内锰离子的浓度是随着金属锰数量的增加而降低, 为了最大限度保障生产质量,

就要保证槽内锰离子的含量。

如果槽内锰离子低于行业标准, 那么就会预留出大量电能用来分解水, 从而使得氢气在阴极析出, 而氧气在阳极被分离出来, 不仅没有充分满足实际需要, 还大大提高了能耗。但如果槽内锰离子远高于规定数值, 就会使得锰离子发生水解反应进而产生氢氧化锰沉淀, 恶化槽内环境, 不利于实现节能降耗。另外为了实现节能降耗的目的, 就要将槽内温度控制在合理范围之内。

一般来说, 电流的传递主要是通过阴阳离子的移动而实现的, 而温度对离子移动的速度具有直接影响, 离子移动的速度是随着温度的升高而逐渐加快, 而高速的离子移动就会降低电解槽内的电阻, 因此在电解维护期间将槽内温度控制在42℃~45℃之间, 适当提高离子的活动速度、降低电阻, 从而充分实现节能降耗的目的。

3 电解锰在生产中的应用

以某钢铁生产企业为例进行说明。

3.1 某钢铁生产企业的生产简况及含锰物料的使用情况

某钢铁生产企业始建于1958年, 现已成为年产钢能力大于1000万吨的特大型钢铁联合企业, 是某省最大精品板材和优质建材生产基地。该企业主要的炼钢设备有100t电炉1座、

100t转炉1座、150t转炉3座，主要产品有高强钢、商用汽车用钢、管线钢、冷轧基料等，产品定位中高端。锰是钢中主要元素之一，适量的锰含量可有效提高钢材的强度，消除硫、氧对钢材的热脆影响，改善钢材的热加工性能。目前，该企业钢生产过程中使用的含锰合金只有锰硅合金、高碳锰铁、低碳锰铁3种，2017—2019年锰系合金的使用量见图2。

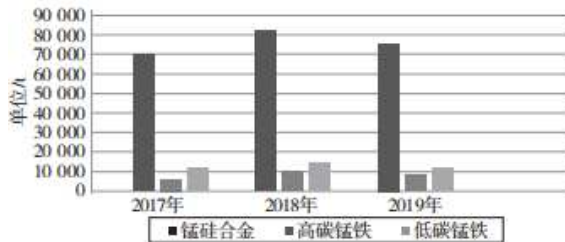


图2 2017—2019年某钢铁企业锰系合金使用量

3.2 电解锰应用于某钢铁企业生产的可行性分析

某钢铁生产企业钢冶炼低碳钢时主要使用低碳锰铁进行合金化，近年来随着该企业钢产品定位中高端战略的实施，低碳钢的生产比例不断扩大，低碳锰铁的使用量也逐年增加，目前月使用量稳居1000t以上，但低碳锰铁价格高昂导致低碳钢的生产成本居高不下，为进一步降低生产成本，寻找一种价格低廉的合金替代低碳锰铁应用于生产显得迫在眉睫。电解锰以其有效元素锰含量高、杂质元素含量低的优点成为替代低碳锰铁的首选合金，电解锰和低碳锰铁的成分详见表2。由表2可以看出，电解锰中的杂质元素只有硫元素可能高于低碳锰铁，会造成钢液增硫，但目前低碳钢的工艺流程中均有精炼工序，该工序可对钢液进行深脱硫，不会造成钢液硫元素超标。

表2 电解锰和低碳锰铁的化学成分单位/%

物料	牌号	锰	碳	硅	磷	硫	硒	铁
电解锰	DJMnP	≥99.7	≤0.03	≤0.01	≤0.002	≤0.05	≤0.08	≤0.03
低碳锰铁	FeMn84C04	80-87	≤0.4	≤2.0	≤0.3	≤0.02	-	-

价格方面，由于电解锰采用更便宜的国内锰矿作为主要原料，比采用进口锰矿作为主要原料的低碳锰铁便宜得多。2020年1—6月份电解锰和低碳锰铁的价格对比见图3（由于2种合金中锰含量不同，图中的价格为品位单价，单位为“元/t”）。由图3可以看出，2020年以来电解锰的价格低于低碳锰铁，炼钢过程使用电解锰成本会更低。

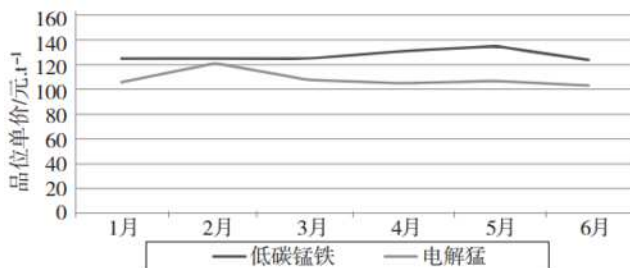


图3 2020年1—6月电解锰和低碳锰铁价格对比

由于电解锰生产过程中使用了液氨，含氮较高

(≤0.1%)，炼钢过程中使用电解锰是否会造成钢液增氮有待试验考证。

3.3 电解锰在某钢铁企业生产中的应用试验

考虑到电解锰呈片状，比重较小不容易进入钢液，在炼钢过程中的加入时间和加入地点受限。转炉出钢过程中钢包内没有渣子、没有除尘风机抽风，所以考虑在转炉出钢过程中加入电解锰，这种方式对安全、环保也没有影响。

(1) 为验证电解锰片是否增氮，选取试验钢种为汽车钢AG700L系列，合金加入方式为“1t硅锰合金+电解锰”；对比实验炉次为“1t硅锰合金+低碳锰铁”。由试验数据可以看出（见表3），炼钢过程中加入电解锰不会造成钢液增氮。

表3 生产中加入电解锰和加入低碳锰铁钢液增氮数据对比

加低碳锰铁			加电解锰		
炉号	内部钢种	N/%	炉号	内部钢种	N/%
0M03980	AG700L'D	0.0043	0M04998	AG700BL'A	0.003
0M03984	AG700L'C	0.0031	0M04999	AG700BL'A	0.0038
0M03986	AG700L'C	0.0031	0M05000	AG700BL'A	0.0039
0M03987	AG700L'C	0.0042	0M05001	AG700BL'A	0.0033
0M03988	AG700L'C	0.0041	0M05002	AG700BL'A	0.003
0M03989	AG700L'C	0.004	0M05003	AG700BL'A	0.0043
0M03990	AG700L'C	0.0035	0M05004	AG700BL'A	0.003
0M03993	AG700L'B	0.0048	0M05005	AG700BL'A	0.0033
0M03994	AG700L'B	0.0037	0M05006	AG700BL'A	0.0039
0M03995	AG700L'B	0.003	0M05007	AG700BL'A	0.0031
平均值		0.00378			0.00346

(2) 电解锰片吸收率：按实验炉次加料模式进行计算，平均出钢量160t，平均加入硅锰968kg，平均加入电解锰片1112kg，合金加入后平均锰含量1.19%，平均残锰0.12%。其中，硅锰的锰含量66%、吸收率97%，电解锰的锰含量99.8%。

$$(1.19\% - 0.12\% - 968 \times 66\% \times 97\% \div 160000) \times 160000 \div 1112 \div 0.998 = 98.47\%$$

试验结论：出钢过程中加入电解锰未造成钢液增氮，未出现增磷、增硫现象；电解锰的吸收率高达98.47%；本次试验用电解锰采购价格为不含税10177元/t，低碳锰铁采购价格为不含税9911元/t（按锰含量78%折合计价），与使用低碳锰铁相比，每使用1t电解锰可节约成本2504元；电解锰可以替代低碳锰铁应用于炼钢生产。

结语

综上所述，我国电解锰生产起步较晚，现阶段仍有成长发展空间，不过当前仍存在制造能力不足、基础设施落后，与生态生产不相适应等问题，这需要相关企业注重创新节能技术的运用，在生产过程中，相关技术人员要充分结合相关科学技术，以节能、减量、环保为主导的设计理念，并在此方向下开展生产活动。另外需要注意的是，现阶段我国电解

锰的回收率和电流效在不断上升, 电解锰的含量也在不断上升。因此, 在后续的发展中, 相关技术人员要注重科学管理和安全设计, 努力在节能减排设计上不断进取, 促进电解锰行业获得生态化地可持续发展。

参考文献

[1]林韬,卢立祥等.电解锰生产工艺及设计[J].天津化工,2020,27(3):26-28.

[2]蔡大为.我国电解金属锰技术现状及其研究方向[J].中国锰业,2020,27(3):12-16.

[3]孟小杰.国内电解金属锰生产用电解槽的发展探讨[J].中国锰业,2020,34(5):82-84.

[4]李维健.中国电解金属锰行业市场分析展望[J].中国锰业, 2020, 37 (3).

[5]温玉清.电解二氧化锰复合涂层修饰钛基阳极的制备与性能[J].中国表面工程, 2020,30(2): 85-91.

[6]黄健.电解金属锰用棒式阳极的半工业化试验[J].有色金属: 冶炼部分,2020(1); 53-55.

通讯作者: 刘宁, 1984年12月, 男, 汉族, 宁夏中卫人现就任于宁夏天元锰业集团有限公司, 高级工程师, 硕士研究生, 研究方向: 电解锰工艺研究、三废处理和新产品开发, 邮箱: liuning56700@163.com。