

12.5MVA 硅铁炉极心圆参数的探讨

熊明森 谢泽强

(重钢集团铁合金有限责任公司,重庆 401220)

摘要:简要分析电炉极心圆直径与炉料电阻的关系,极心圆直径大小对炉内功率分布及热分布的影响,结合我公司 12.5MVA 硅铁炉极心圆直径长期探索,指出 12.5MVA 硅铁炉极心圆直径在 2.60~2.65m 较合适,且能取得良好经济技术指标。

关键词:极心圆;炉料电阻;功率分布

电炉参数合理确定,是电炉设备高效率生产的基本前提。大量生产实践表明:电炉参数选择主要是正确确定极心圆直径 $D_{极}$,电炉生产技术指标的好坏与极心圆选择合理与否关系极大。

硅铁是铁合金中产量和耗能最大的品种,如何选择合适的极心圆,从而达到增大炉料电阻、炉内功率和热分布均匀,提高硅铁电炉的效率,达到优质、高产和低耗的目的,已成为硅铁技术生产者探索的重要课题。

1 极心圆直径与炉料电阻的关系

据文献¹介绍硅铁炉炉内等效电路及简化电路如图 1,熔池电阻 $R_{熔}$,即电极下端反应区电阻,它主要取决于极下端至炉底距离及反应区直径与该区的温度。炉料电阻 $R_{料}$,指未熔化的炉料区电阻,它主要决定于炉料的组成,电极插入炉料的深度及电极间距,当然也与该区温度有关。通常情况下炉料电阻远比熔池电阻大,为了寻找炉料电阻与极心圆直径的关系,现假设 L 为电极间中心距, d 为电极直径, h 为电极插入炉料深度, S 为炉料圆柱形侧面积, ρ 为电阻率, X 为炉料圆柱侧面至电极轴心距。

$D_{极}$ 与 L 的关系 $L = \frac{\sqrt{3}}{2} D_{极}$,根据欧姆定律 $R_{料}$

$$= \frac{\rho L}{S} \text{ 则}$$

$$dR_{料} = \frac{\rho \cdot dx}{2 Xh} \dots\dots(1),$$

对(1)积分 $R_{料} = \frac{\rho \cdot dx}{2 Xh}$ (令 $X = \frac{b}{2} \sim \frac{d}{2}$ 则 $R_{料}$

$$= \frac{\rho}{2} \int_{\frac{b}{2}}^{\frac{d}{2}} \frac{dx}{X \cdot h} = \frac{\rho}{2} \ln \frac{C}{d}, \text{ 则 } R_{料} = \frac{\rho}{2} \ln \frac{\sqrt{3} D_{极}}{2d}, \text{ 即}$$

$R_{料} \propto \ln D_{极}$,故由于 $R_{料}$ 和极心圆直径的自然对数成正比,在其它条件一定情况下,极心圆直径的大小

直接影响炉料电阻的变化,从而也影响功率在熔池区和炉料区的分配。

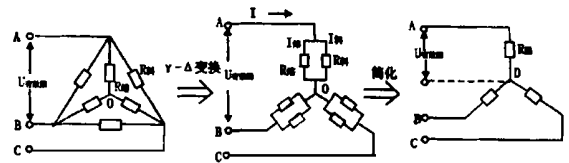


图 1 电炉炉内等效电路及简化电路

I 电极—电极电流 $I_{熔}$ —熔池电流 $I_{料}$ —炉料电流
 U 有效线—有效线电压 U 有效相—有效相电压
 $R_{熔}$ —熔池电阻 $R_{料}$ —炉料电阻 $R_{操}$ —操作电阻

2 极心圆对炉内功率及热分布影响

在通常情况下,由于 $R_{料} > R_{熔}$,故来自电极的电流大部分通过熔池区而转变为热能,热量主要由电极端部区辐射出来,该区内形成炉内热量最大集中区,随着离该区距离的增加,温度逐渐降低。炉料能否熔化还原也和它与该区段的距离有关。因此,炉内各相有效反应区,是对该相电极端部区为中心,沿电极周围呈椭球状分布。

反应区形状和直径的大小,与电极直径和炉料性质有关,但主要由输入炉内的功率决定,假定在功率、电极直径、炉料一定,各相反应区直径大小也基本一定。由于极心圆的不同,会产生以下三种情况(如图 2)

由图 2(a)极心圆直径过小时,每相电极的反应区产生重叠,功率集中,炉料温度增高及有效电阻降低,引起电极上抬,热损失增加及被学原元素 Si 挥发增加,硅回收率低,电耗高等不良效果。

重铁司 402 炉于 1989 年由 9MVA 增容为 12.5MVA,极心圆直径为 2.5m 时,虽然在操作、管理、原料等方面作了大量工作,电极下插困难,化料速度慢,炉口温度高,为了使电极下插采用“低炭比”操

作,导致硅还原不充分,炉内积渣增大,硅的回收率低,产量低,电耗高(13900kwh/t,最高 15000kwh/t)。

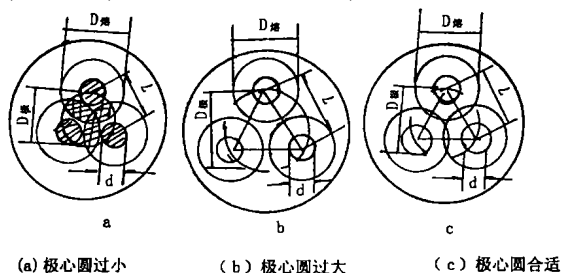


图2 极心圆直径与炉内反应区关系示意图

由图2(b)可以看出,极心圆过大将导致各相电极下部椭圆状反应区不能连通,三相坩埚不连接,炉心化料慢,炉内死料区扩大,且因电极靠近炉墙,降低炉衬寿命,使炉壳侧面热损失增大,降低了热效率。由于电极下插困难,降低炉内整个反应区容积功率,炉况变冷,致使出铁不畅。我公司于1996年401炉12.5MVA硅铁炉极心圆直径调为2.7m,炉心三角区化料慢,刺火频繁,出铁不畅,产量低,电耗也较高(日产21t,电耗9832kwh/t)。

由图2(c),极心圆较合理,炉心三角区既无死料区,又无熔化重叠区;在炉内下部,由于各相反应区有部分重叠,故坩埚连通理想;炉内功率分布及热分布也较理想。据文献²指出此时三相反应区在电炉中心相交,单相反应区的容积相当于极心圆的面积乘以电极插入炉内的深度。我公司工程技术人员针对12.5MVA硅铁炉生产技术指标差,查阅国内外资料,最后于1999年5月将极心圆直径调整为2.65m,经1999年全年度75%硅铁生产较极心圆2.5m,2.7m各项指标均有显著改善详见表1。

表1 12.5MVA硅铁炉技术指标正交数据比较

时 间	极心圆直径 /m	日产量 /t d ⁻¹	电 耗 /kwh t ⁻¹	硅回收率
1991年全年平均	2.50	16.27	13990	65%
1993年全年平均	2.58	19.36	10290	82%
1996年全年平均	2.70	21.00	9832	77%
1999年全年平均	2.65	27.35	8618	92%

表2 12.5MVA硅铁炉技术指标正交比较

时 间	极心圆直径 /m	日产量 /t d ⁻¹	电 耗 /kwh t ⁻¹	硅回收率
1986年全年平均	2.25	22.722	9777	76%
1987年上半年平均	2.60	25.948	8430	90%

表3 重铁司12.5MVA硅铁炉不同极心圆炉况正交比较

极心圆直径/m	炉心化料	刺火现象	炉眼来火	透气性	电极插入深度	炉内死料区	铁水流头	渣量	三相负荷
2.5	太快	多	少	差	浅	多	小	多	不平稳
2.70	慢	多	较少	较差	不稳	较多	较小	较多	不平稳

极心圆直径/m	炉心化料	刺火现象	炉眼来火	透气性	电极插入深度	炉内死料区	铁水流头	渣量	三相负荷
2.65	合适	较少	大	均匀	深且稳	极少	大	少	平衡

3 讨论

由 $R_{料} \propto L_n D_{极}$ 关系可知,极心圆直径愈小,炉料电阻愈小,炉料导电性愈强,电极深插愈难;炉内死料区扩大;炉料愈板结,随着炉料透气性差,炉口温度高;炉底温度降低,铁水流头小。操作中为了电极能插入炉料一定深度,则相应减少碳比,这热必导致硅铁还原中,致使 SiO_2 一部分成渣,且硅回收率低,产量低,电耗高等恶化的技术指标,这可从表1及表2的正交数据得到证明,炉况可从表3得到验证。

极心圆直径过大,炉内三相电极下部反应区自成独立坩埚,不能相互连通,这势必导致炉内整个反应容积功率降低;炉心化料慢,甚至在炉心炉料堆积;炉子发凉,炉内化学反应气氛呆滞;电极下插困难,刺火频率高,硅铁挥发损失大,电耗高,产量不理想,我们可从表1的正交数据比较及表3炉况正交数据比较证实。

极心圆直径过大、过小都不合适,据威斯特及斯特隆斯基研究指出最佳极心圆直径应等于每相电极下反应区直径,也就是三相反应区在电炉中心线相交。我们利用热停炉测试我公司12.5MVA硅铁炉极心圆直径2.65时三相反应区接近在电炉中心线相交;此时炉况表现为:三相负荷稳定且基本平衡,电极插入炉料中约1.5~1.8m,炉料透气性好,炉心冒大火,料层松软,料面高度适中(料面离铜瓦下沿在250~400mm);刺火甚少,炉料均匀地自行下沉,炉口温度低,出铁出渣顺利,炉眼来火大,产量高,电耗理想,这可从1999年全年度生产情况可证实。

4 结论

12.5MVA硅铁炉极心圆直径的选择应结合国内外等容量硅铁炉实际值和计算值。文献3指出 $D_{极} = K \sqrt[3]{S}$, K 应为11.2~11.4,作者趋于取上限。

4.2 极心圆直径的确定主要考虑每相电极下反应区的大小,极心圆直径对炉产电阻影响,以及它对炉内功率分布及热分布影响。

12.5MVA硅铁炉最佳极心圆直径为2.60~2.65m。在其它因素不变的情况下,硅铁炉极心圆直径选择合适是决定硅铁生产技术指标的关键因素。

参考文献

- 叶晓荣,操作电阻的特性与电炉参数J,铁合金,1985(5).
- B.M.斯特隆斯基著,矿热冶炼炉M,1980.
- 硅铁电炉极心圆参数的探讨J,铁合金,1988(5).