

渣成分对高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 电渣重熔 Ti 烧损率和钢锭表面质量的影响

赵鸿燕

(太原钢铁(集团)公司技术中心,太原 030003)

摘要 试验分析了 2.5 t 电渣炉使用 4 种成分熔渣重熔 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 合金时的 Ti 烧损率。试验结果表明,4 种渣系中 75% CaF₂-15% Al₂O₃-10% CaO 三元提纯渣的 Ti 烧损率最低,为 7.0%,并且避免了 70% CaF₂-30% Al₂O₃ 的二元渣系重熔钢锭表面渣沟等缺陷。

关键词 电渣重熔 高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB Ti 烧损率

Effect of Slag Ingredient on Ti Burning Loss Rate and Ingot Surface Quality of High Temperature Alloy 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB

Zhao Hongyan

(Technology Center, Taiyuan Iron and Steel (Group) Co, Taiyuan 030003)

Abstract Ti burning loss rate during electroslag remelting (ESR) of alloy 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB in a 2.5 t ESR furnace by 4 kinds of slag systems was tested and analyzed. The test results showed that as remelting using 75CaF₂-15Al₂O₃-10CaO pure ternary slag the Ti burning loss rate was 7.0%, lowest in 4 slag systems and free slag groove of ingot surface which occurred as remelting using 70CaF₂-30Al₂O₃ binary slag.

Material Index ESR, High Temperature Alloy 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB, Ti Burning Loss Rate

1 原料成分和试验参数

电渣重熔高温合金常出现 Al、Ti 烧损大、成分不稳定^[1]及钢锭表面渣沟、腰带缺陷^[2]问题。

试验的高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 标准

成分及电极成分见表 1。2.5 t 电渣炉进行试验的重熔锭重 400 kg;自耗电极 Φ160 mm×2 000 mm;结晶器直径 Φ270 mm。采用 A、B、C、D 4 种渣系(表 2)冶炼了 12 炉合金,每炉合金的渣量 15 kg。

表 1 高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 标准成分及电极成分/%

Table 1 Chemical compositions of standard specification and electrode for high temperature alloy 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB /%

项目	Ni	Cr	Mo	V	Mn	C	Si	S	Al	Ti	B
标准	24.00~27.00	13.50~16.00	1.00~1.50	0.10~0.50	≤2.00	≤0.08	≤1.00	≤0.030	<0.35	1.90~2.35	0.001~0.010
原料	25.52	15.10	1.32	0.42	1.00	0.04	0.35	0.012	0.28	2.40	0.006

表 2 高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 电渣重熔试验渣系

Table 2 Test slag systems for ESR of high temperature alloy 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB

渣系	成分/%				重熔炉号
	CaF ₂	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂ + MnO + FeO	
A	67	30	≤1.0	2.0	01,02,03
B	73	15	10	2.0	07,08,09
C	70	30	-	-	04,05,06
D	75	15	10	-	10,11,12

55 V, 电流 5 000 A。

2 试验结果

采用不同渣系电渣重熔后产品平均成分列于表 3。12 炉钢锭中炉号 01~06 距钢锭底部 100~200 mm 的表面有较深渣沟和腰带;炉号 07~12 钢锭表面光滑,没有渣沟。

3 讨论与分析

3.1 渣系对 Ti 烧损率的影响

3.1.1 渣中不稳定氧化物含量

电渣炉变压器容量 1 620 kVA;二次电压 55~90 V,级差 5 V;最大工作电流 18 000 A;工作电压

表 3 不同渣系电渣重熔后高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 产品的平均化学成分和重熔时 Ti 烧损率/%

Table 3 Average chemical compositions of remelted high temperature alloy 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB with different slag systems and Ti burning loss rate during remelting /%

渣系	Ni	Cr	Mo	V	Mn	C	Si	S	Al	Ti	B	Ti 烧损率
A	25.58	14.90	1.33	0.41	0.98	0.037	0.33	0.002	0.29	1.92	0.005	20.0
B	25.50	15.00	1.31	0.41	0.99	0.035	0.34	0.001	0.29	1.98	0.005	17.5
C	25.52	15.10	1.32	0.42	0.99	0.037	0.35	0.001	0.28	2.19	0.006	8.7
D	25.52	15.10	1.32	0.42	0.99	0.037	0.35	0.001	0.28	2.23	0.006	7.0

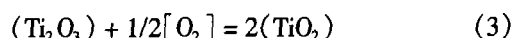
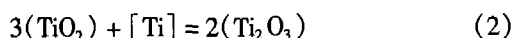
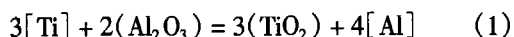
试验合金 Ti 高、Al 低,重熔过程 Al 变化不大,主要发生 Ti 的烧损(表 3)。由表 3 可见,使用未提纯的渣系 A 和 B 重熔,Ti 烧损率较大,分别达 20%、17.5%;而使用经过提纯的渣系 C 和 D 重熔,Ti 烧损率较小,分别为 8.7%、7.0%。故 Ti 烧损率主要受渣中不稳定氧化物含量的影响,渣中 SiO₂、FeO、MnO 等不稳定氧化物含量越高,Ti 的烧损率越高,使用渣系 D(CaF₂:Al₂O₃:CaO = 75:15:10 三元提纯渣)Ti 烧损率最低,为 7.0%。

3.1.2 渣碱度

渣系 A、C 中 Al₂O₃ 含量较高,接近 30%;渣系 B 和 D 中 Al₂O₃ 含量只有 15%,增加了 10% 的 CaO。渣系 B、D 的碱度分别比渣系 A、C 高;而渣系 B、D 的 Ti 烧损率分别比渣系 A、C 低,说明渣中不稳定氧化物含量接近时,渣碱度对重熔钢 Ti 烧损率也有影响。电渣重熔随着渣碱度的增加钢中氧含量明显降低,钢锭中氧含量降低则元素烧损减少^[3],因此使用高碱度渣系 B、D 重熔,Ti 烧损率要低。

3.1.3 渣中氧化物相对稳定性

渣系 D 和 C 都是经过提纯的渣,渣中不含 SiO₂、FeO、MnO 等不稳定氧化物,但渣系 D 比渣系 C 的 Ti 烧损率低,这是由于两者 Al₂O₃、CaO 含量不同。重熔高 Ti、低 Al 型合金时,渣系 C 由于渣中 Al₂O₃ 含量高,则在重熔过程中发生导致 Ti 烧损增大的以下反应:



渣系 D 减少了 Al₂O₃ 的含量,增加了 CaO 含量,抑制反应(1)向右进行。CaO 比 Al₂O₃、TiO₂ 稳定系数大得多^[3],不会与 Ti 反应。所以渣系 D 重熔比使用渣系 C 重熔的 Ti 烧损率低。

3.1.4 渣温

渣的温度主要与渣中 Al₂O₃ 含量有关,Al₂O₃ 含量高,则渣温高。在相同供电制度下,渣系 A、C 的渣温比渣系 B、D 的渣温高,所以重熔过程中渣面附近的红热电极氧化严重,Ti 烧损率较高。

3.2 渣成分对钢锭表面质量的影响

渣系 A、C 重熔钢锭距底部 100~200 mm 的表面(01~06 炉),有较深渣沟和腰带,而渣系 B、D 重熔钢锭表面光滑,没有渣沟(07~12 炉)。

根据钢熔点的计算^[4]可得,含 2% Ti 的高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 熔点约 1380 °C,而渣系 C 的熔点约 1340 °C,致使重熔该种合金初期渣温较低,流动性差,由于强制水冷作用,钢锭表面就会形成不均匀的厚渣壳,在随后熔炼的过程中,金属熔池温度逐渐升高,使凝固的渣壳部分重新熔化,形成局部薄渣壳,最终在距钢锭底部 100~200 mm 处出现渣沟。

渣系 D 的熔点为 1250 °C,比高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 的熔点(1380 °C)低 130 °C,重熔初期不出现厚渣壳,熔炼过程渣的流动性好,渣皮薄,钢锭表面光滑。

4 结论

4 种渣系对高温合金 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB 的 Ti 烧损率及电渣钢锭表面质量的影响的工艺试验得出,使用三元提纯渣 CaF₂:Al₂O₃:CaO = 75:15:10,可使 Ti 烧损率降低到 7.0%。是 4 种渣系中的最优渣系。

参考文献

- 1 黄乾尧,李汉康.高温合金.北京:冶金工业出版社,2000:166
- 2 陆锡才.高温合金电渣重熔锭表面缺陷的分析.特殊钢,2002,23(4):54
- 3 姜周华.电渣冶金物理化学及传输现象.沈阳:东北大学出版社,2000:152
- 4 赵沛,成国光,沈 旌.炉外精炼及铁水预处理实用技术手册.北京:冶金工业出版社,2004:38

赵鸿燕(1970-),女,工程师,从事特种冶金研究。

收稿日期:2005-11-15