盖罐合成渣的研制*

周　镜　礼重超

（攀枝花钢铁研究院）

挡渣出钢是近几年发展起来的一项新工艺。挡渣出钢后，必须向盛钢桶内加入合成渣。本文讨论了有关盖罐合成渣的研制和使用效果等问题。其效果是挡渣出钢和盖罐材料综合作用的结果，它与攀钢耐火厂研制的挡渣球和炼钢厂采用的挡渣出钢工艺有密切的关系。

一、盛钢桶内转炉终渣对钢质量的影响

1.攀钢转炉终渣的化学成分

出钢前后从炉内和盛钢桶内取了大量渣样，分析结果列入表1。从表1可以看出，转炉终渣流入盛钢桶后，其化学成分有所变化，FeO含量降低了，SiO_2，Al_2O_3和MnO有所增加，这主要是脱氧引起的。上述成分的渣子对钢质量的影响，将在下面讨论。

攀钢炉渣的化学成份　　表1

取样部位＼成份，%	FeO	SiO_2	V_2O_5	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	S	P
炉　内	11.03	10.3	1.71	2.04	2.17	59.2	4.83	0.307	0.38
盛钢桶	7.6	12.6	1.04	2.86	3.9	58.1	4.63	0.26	0.31

2.渣中FeO向钢中转移

在盛钢桶内，当转炉终渣覆盖着钢液面时，钢液中总含氧量Σ〔O〕的变化取决于两个方面，一是钢中沉淀脱氧所生成的氧化物夹杂聚集并上浮到渣中，即：

$$X[M]+Y[O]+ZFe=[Fe_zM_xO_y]$$

（脱氧反应）

$$n[Fe_zM_xO_y]=[Fe_zM_xO_y]_n$$

（聚集长大）

$$[Fe_zM_xO_y]_n=(Fe_zM_xO_y)_n$$

（进入渣中）

二是渣中FeO向钢中扩散，资料〔1〕介绍，渣-气相界面上的Fe_2O_3比渣-金属界面上多，而渣-金属界面上的FeO含量较高。在渣-气相界面要生成铁酸钙：

$$2(FeO)+0.5O_2+(CaO)=(CaFe_2O_4)$$

在渣-金属界面的三价铁要被还原：

$$(CaFe_2O_4)+[Fe]=3(FeO)+(CaO)$$

生成的FeO要向钢中转移，即

$$FeO\rightarrow[Fe]+[O]$$

所以，钢中总含氧量变化的速度等于理论脱氧速度（$-d[O]/dt=K_1[O]$）减去

* 研制工作由攀钢炼钢厂和攀研院共同完成。参加试验工作的同志还有吴兆斌、王孝明、李思钟、杜德信和马平安等

再氧化的速度（$-d(O)/dt=K[O]$），即

$$-d[\Sigma O]/dt=-d[O]/dt+d[O]/dt$$
$$=K_1[O]-K[O]$$

上式说明，当渣中FeO含量大于一定数值时，钢液的再氧化速度将大于理论脱氧速度，从而使钢液的总氧量增加，最终使钢中氧化物夹杂增多，所以渣中FeO含量应低。

3.渣中FeO对钢中硫的影响

硫在渣和钢之间的分配系数可近似地用下式计算[2]：

$$L_S=\frac{(S)}{[S]}=2.3\frac{(CaO)_{自由}}{(FeO)} \quad (1)$$

式中，$(CaO)_{自由}=(CaO+1.4MgO)-1.87(SiO_2)-0.53(Al_2O_3)$

从公式（1）看出，当$(CaO)_{自由}$一定时，要想提高硫的分配系数，必须降低FeO的含量。当$(CaO)_{自由}$分别为20%和30%时，用公式（1）计算出来的L_S值如表2所示。从表2看出，当FeO由0.5%增加到1.0%时，硫的分配系数减少了一半。

硫的分配系数（计算值） 表2

$(CaO)_{自由}$，%	20			30		
FeO，%	0.5	0.7	1.0	0.5	0.7	1.0
Ls	92	66	46	139	98	69

4.渣中FeO对吹氩效果的影响

苏联巴卡诺夫等人研究了吹氩时，渣中FeO对钢中夹杂物含量的影响。他们的试验结果表明，吹氩排除的夹杂物量与覆盖在钢液面上的渣中FeO量有关，二者之间的关系可用下式表示[3]。

$$[\Delta H\cdot B]=100-71.3(FeO) \quad (2)$$

式中，$[\Delta H\cdot B]$—吹氩排除的夹杂物含量，%。

(FeO)—覆盖在钢液面上的渣中FeO量，%。

从公式（2）可以看出，随着FeO含量的增加，排除的夹杂物就减少，例如，FeO为0.3%时，吹氩能排除78.5%的夹杂物，当FeO为1.4%时，排除的夹杂物量为零，当FeO含量大于1.4%时，不但不排除，反而会增加钢中的夹杂物。

5.转炉终渣的S含量较高

攀钢转炉终渣的S含量平均为0.307%，从公式（1）可以看出，当硫的分配系数一定时，渣中的S高，则钢中的硫也高，用低S的合成渣代替转炉渣是有利的。

通过上面的分析，渣中的FeO含量要低，而攀钢转炉渣中的FeO含量平均为11.03%，脱氧后，盛钢桶内的渣还含7.6%的FeO。它远远超过了希望的数值，另一方面，它的S也高，所以要挡渣。挡渣后，盛钢桶内的渣子很少了，部分钢水会裸露在空气中，钢水的二次氧化就严重，热损失也增加了，所以挡渣后还必须向盛钢桶内加入一定量的合成渣。

二、对盖罐合成渣的基本要求

合成渣应满足下列要求：（1）合成渣中的FeO，S和P要低；（2）合成渣的成分不和钢中的元素发生化学反应；（3）能吸收钢中排除的夹杂；（4）具有一定的保温性能；（5）原料来源丰富，成本低；（6）不产生有害气体。用萤石作为熔剂时，会发生下面的反应：

$$2CaF_2+SiO_2=2CaO+SiF_4$$

有水分存在时，CaF_2会和水作用：

$$CaF_2+H_2O=CaO+2HF$$

四氟化硅和氟化氢都是有害气体，所以供给工业上用的合成渣中没有萤石。

三、盖罐合成渣的配制

选用锅炉灰、石墨、高炉渣、锰矿、粘土粉、铝粉和萤石为原料，在50kg中频感应炉上对不同配方的合成渣进行了试验，并将他们的熔化情况、保温效果等指标进行了比较，最后选用锅炉灰、石墨等作为合成渣的原料。锅炉灰的成分列入表3。

锅炉灰的化学成份　　表3

名称 \ 成份,%	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	S	P	C
鞍钢动力厂	0.4—1.53	44—54	12—19	3.4—4.8	1.5—1.8	0.09—0.11	1.4—2.2	0.12—0.19	0.12—0.13	10.9—12.6
苏联[4]	3.1	54	24	4	2.5	0.1	0.7	0.15	P_2O_5 0.12	0.3

从表3可以看出，锅炉灰中的FeO、S和P都比转炉渣中的低，而它的碳比较高，所以是理想的合成渣原料。

在合成渣中加入一定量的石墨，其目的是增加它的含碳量。在挡渣尚不完善的情况下，有少量转炉渣要进入盛钢桶，碳和这部分渣中的FeO发生反应[5]：

$$C + (FeO) = CO + [Fe]$$

而使进入盛钢桶内渣的FeO降低。另一方面，碳燃烧时，放出的热量对钢水的保温有好处。此外，在渣面附近的空间，CO含量较多，氧的分压较低，它能减少氧向钢中转移的速度。表4列出了供生产上使用的合成渣的化学成分。

合成渣的化学成份　　表4

%	FeO	SiO_2	TiO_2	V_2O_5	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	S	P
波动范围	0.58—1.84	40.8—49.8	1.3—2.2	0.04—0.14	0.12—0.5	14.9—17.2	3.4—14.8	1.7—4.7	0.18—0.24	0.06—0.22
平均值	1.3	46.2	1.64	0.86	0.26	16.42	7.09	2.72	0.19	0.138

四、合成渣的使用效果

在工业上使用时，每炉用量为120—150kg。合成渣能均匀地覆盖钢液面。吹氩后，表层没有熔化，仍为固态，但下层已经熔化，吹氩结束时，盛钢桶内渣样的化学成分列入表5。

吹氩结束时渣的化学成分　　表5

%	FeO	SiO_2	TiO_2	V_2O_5	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	S	P
波动范围	1.4—6.7	12.4—35.6	0.87—2.1	0.9—1.6	0.48—4.32	2.8—32.8	16.7—62.3	3.02—8.5	0.03—0.44	0.024—0.28
平均值	4.46	20.6	1.66	0.68	2.23	13.8	37.6	4.69	0.21	0.119

衡量合成渣的好坏，主要看钢中夹杂物降低了多少。我们分别在采用和不采用合成渣浇铸的过程中，取钢样对夹杂物进行分析，两种情况下，钢中氧化物夹杂的总量列入表6。

钢中氧化物夹杂量 (%) 表6

样号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
不加合成渣	0.036	0.028	0.018	0.028	0.026	0.028	0.022	0.022	0.034	0.018
加合成渣	0.02	0.021	0.009	0.0279	0.0129	0.0113	0.0188	0.0116	0.6240	0.0223

接上表

11	12	13	14	15	16	17	18	19	平均
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.026
0.0233	0.0285	0.0123	0.0123	0.0133	0.0101	0.0086	0.0098	0.0088	0.016

炉内挡渣和盛钢桶内加合成渣时，钢中氧化物夹杂总量平均为0.016%，而不用该工艺时，钢中氧化物夹杂总量为0.026%，即前者比后者降低了38.5%。随着挡渣工艺的完善，进入盛钢桶内的渣量将进一步减少，钢中氧化物夹杂含量必然会降得更低。钢中残铝平均由0.021%提高到0.024%。

实践证明，用合成渣的炉号浇铸都很正常，每炉钢都顺利浇完。吹氩前后的温度基本一致，吹氩前为1525—1540℃，吹氩后也是1525—1540℃，达到了转炉渣的保温水平。

五、结 语

盖罐合成渣的理论依据充分，配方简单，原料来源丰富，成本又低，使用效果良好，它使钢中夹杂物含量降低了38.5%，钢中酸溶铝由0.021%提高到0.024%，保温效果良好，使用时不会产生有害气体，它是理想的合成渣之一。

参 考 文 献

〔1〕邱依斗.Н.М.等著，Внепечные Способы Улучшения Качества Стали, 25

〔2〕同 上，59

〔3〕同 上，53

〔4〕同 上，113

〔5〕同 上，37