

УДК 621.746

*В. Г. Ефимова, Г. В. Ефимов, В. М. Симановский**Национальный технический университет Украины «КПИ» МОНМС, Киев
Физико-технологический институт металлов и сплавов Украины НАНУ,
Киев***МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ОГНЕУПОРОВ**

Одним из наиболее важных качеств огнеупоров, применяемых для выплавки высококачественных сталей и жаропрочных сплавов является их динамическая металлоустойчивость. Высокие показатели устойчивости огнеупоров плавильных емкостей обеспечивают, прежде всего, чистоту металла в отношении загрязнения неметаллическими включениями, а также существенно улучшают экономические показатели за счет увеличения количества плавов [1].

Процесс металлошлакоразъедания огнеупорных материалов чрезвычайно сложен. На материал огнеупора (черепок), состоящий в большинстве случаев из различных веществ, действуют расплавы, содержащие до десятка и более различных окислов. Некоторые из веществ черепка представлены в виде различных модификаций и имеют различную величину зерна. Кроме того, в черепке имеются поры, причем общее занимаемое ими пространство меняется так же, как и величина отдельных пор. Существенную роль на металлошлакоустойчивость оказывает макроструктура черепка. В нашем случае предусматривается равенство структур исследуемых материалов (стремление получения наиболее плотного черепка) при изменении его вещественного состава. Для изучения металлоустойчивости была разработана специальная методика.

Существующие методики изучения металлошлакоустойчивости весьма трудоемки и не всегда обеспечивают достоверное соответствие данных испытаний реальному состоянию. Представленная авторами методика позволяет определять эрозионно-коррозионную устойчивость огнеупорных материалов в расплаве жидких металлов. При индукционной плавке металл под воздействием индукционных токов интенсивно перемешивается. В этих условиях испытываемая таблетка огнеупорного материала подвержена не только физико-химическому воздействию расплава, но также и размывающему (эрозионному) воздействию потоков. Это хорошо соответствует условиям воздействия металла на огнеупор при выплавке высококачественных сталей и жаропрочных сплавов.

Свойства некоторых образцов огнеупорных материалов и их металлоустойчивость представлены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства огнеупорных материалов обожженных при 1650 °С

Материал состава, №	Состав, все. %			Металлоустойчивость	Открытая пористость, %
	Электроплавленный корунд	Молотый глинозем	Молотая глина		
Корундовый					
1	90	10	-	35	12...16
2	80	20	-	35	12...16
3	90	-	10	35	12...16
4	80	-	20	26	11...13
5	80	20	-	19	20...22
Периклазовый					
6	Периклаз	Сырой магнезит	Молотая глина		
6	90	10	-	155	12...16
7	80	20	-	153	12...16
8	90	-	10	153	12...16
9	80	-	20	152	12...16
10	80	20	-	47	20...22
Хромомагнезит					
11	Магнезит	Хромит			
11	35	65	-	154	12...16
12	50	50	-	154	12...16
13	65	35	-	154	12...16
14	65	35	-	41	20...22
Шпинели					
15	Магнезит	Хромит	Молотый глинозем		
15	35	35	30	132	12...16

Металлоустойчивость определяли временем разъедания таблетки (образец огнеупорного материала) толщиной 5 мм, диаметром 30 мм в турбулентном расплаве стали. Образец приклеивался к дну тигля при помощи специального огнеупорного мертеля. В дне тигля имелось сквозное отверстие

диаметром 10 мм. В тигле осуществлялась индукционная плавка металла при температуре 1600 °С.

Список литературы

Emi T. Process integration for making extra clean steels for stringent applications// Metal Separation Technologies beyond 2000. – TMS, Warrendale. – 1999. – P. 207 – 218.

УДК 621.74

А. В. Жаданос, О. Н. Кукушкин

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНОЙ СТАЛИ

Одной из важнейших целей внепечной обработки стали на электродуговой установке ковш-печь (УКП) и вакуумной установке (VD) является обеспечение перед разливкой стабильной, регламентированной технологическими требованиями температуры металла, что необходимо для обеспечения благоприятных условий формирования качественной структуры слитка. При этом необходимо минимизировать расход электрической энергии. Сложность решения этой задачи связана с особенностями контроля температуры металла в процессе внепечной обработки стали только путем периодических замеров. Создание математической модели, которая позволит с достаточной точностью прогнозировать температуру металла, корректного математического алгоритма для расчета энергетического режима на каждом этапе нагрева металла на УКП даст возможность усовершенствовать технологию внепечной обработки стали.

Разработка математической модели. В качестве объекта для разработки модели выбран участок внепечной обработки, на котором обрабатываются сталь колесного сортамента. Внепечной обработке длительностью 120-150 минут (в том числе, 20-50 минут обработка на УКП мощностью 14,4 МВ·А) подвергаются ковши с массой расплава $M_{расп} = 95-115$ т [1]. Задача оптимизации энергетического режима формулируется следующим образом: за заданное время (t), при минимально возможном расходе активной электрической энергии $E_{акт}$ передать расплаву необходимый запас теплоты для выполнения последующих технологических операций. Целевая функция определяется выражением [2]:

$$E_{акт} = \sqrt{3} \cdot \sum_{j=1}^n U_{2,j} \cdot I_{2,j} \cdot \cos \varphi_j \cdot t_{нагр,j} \rightarrow \min \quad (1)$$

где $t_{нагр,j}$ – время нагрева на ступени напряжения j , $U_{2,j}$, $I_{2,j}$ – соответственно номинальные напряжения и токи на вторичной обмотке трехфазного трансформатора, $\cos \varphi_j$ – коэффициент мощности трансформатора.

Решение задачи состоит в определении времени начала нагрева металла на УКП и временной последовательности переключений ступеней напряжения трансформатора. При разработке алгоритма необходимо учитывать влияние на работу УКП смежных технологических агрегатов участка внепечной обработки стали – машины скачивания шлака и вакуумной установки, а также сталеплавильных печей. Это приводит к необходимости учета ограничений по времени на длительность обработки стали на УКП.

$$t_{мин} \leq t_{обр} \leq t_{макс}; t_{дес.мин} \leq t_{обр.н-к}; t_{доб} + t_{усв} \leq t_{нагр}, \quad (2)$$

где $t_{обр} = t_{обр.н-к} + t_{см}$ – время внепечной обработки, включающее обработку расплава на УКП и выдержку под слоем утепляющей смеси до нагрева; $t_{мин}$ – минимально возможное время внепечной обработки, по достижении которого возможно вакуумирование данного ковша; $t_{макс}$ – максимально возможное время внепечной обработки, определяемое периодичностью выпуска последующих плавов из сталеплавильных агрегатов;

$t_{обр.н-к} = \sum_{j=1}^n t_{нагр,j} + t_{ост}$ – время обработки на УКП, включающее нагрев на ступенях напряжения и технологические остановки; $t_{дес.мин}$ – минимальное время обработки на УКП, которое обеспечивает проведение десульфурации стали; $t_{доб}$ – время ввода последней порции легирующих, раскислителей и шлакообразующих материалов; $t_{усв}$ – время усвоения добавок.

Так как температура металла перед разливкой должна находиться в заданном технологическими требованиями диапазоне, который зависит от марки стали, уравнение теплового баланса является основным ограничением решаемой задачи.

$$E_{расп} = \sum_{t_{обр}=1}^n \Delta E_{расп.t} \quad (4)$$

где $E_{расп}$ – энергия, которую необходимо передать во время обработки; $\Delta E_{расп.t}$ – приращение энергии расплава за шаг обработки, которое происходит вследствие подвода энергии во время работы УКП и тепловых потерь, связанных с нагревом футеровки ковша и теплопередачей через нее, излучением с поверхности металла и шлака. Величину $E_{расп}$ определяли из выражения

$$E_{расп} = M_{расп} \cdot C_{расп} \cdot (T_{н-к.кон} - T_{обр.нач}) + E_{доб}, \quad (5)$$