



УДК 669.187.56.002.2

ОБ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ФЛЮСОВ СИСТЕМЫ $\text{CaF}_2\text{-Ca}$

А. Д. Рябцев, А. А. Троянский, В. Ю. Мастепан, М. В. Самборский

Предложена новая методика измерения электропроводности металлосодержащих шлаков, используемых для ЭШП в печах камерного типа. Определены значения электропроводности шлака системы $\text{CaF}_2\text{-Ca}$.

New procedure of measuring electric conductivity of metal-containing slags, used for ESR in chamber-type furnaces, is suggested. Values of electric conductivity of slag of $\text{CaF}_2\text{-Ca}$ system are determined.

Ключевые слова: электропроводность; методика измерения; флюс $\text{CaF}_2\text{-Ca}$; камерная печь ЭШП

Характер плавления различных металлов и сплавов при электрошлаковом переплаве под металлосодержащими флюсами (например $\text{CaF}_2\text{-Ca}$) значительно отличается от такового при ЭШП под стандартными промышленными флюсами [1]. Наличие металлического компонента в шлаке приводит к изменению электрического режима плавки, что в свою очередь влияет на скорость плавления расходуемого электрода, энергетику процесса и формирование выплавляемого слитка. Вероятно, это связано, прежде всего, с изменением электропроводности флюса. Эта характеристика является одной из главных, определяющих его основные технологические свойства. Она влияет на тепловой режим шлаковой ванны и устойчивость электрошлакового процесса. Имеющиеся сведения об электропроводности промышленных флюсов ЭШП весьма ограничены [2–8], а значения электропроводности металлосодержащих флюсов, в частности системы $\text{CaF}_2\text{-Ca}$, в литературе отсутствуют. Освоение и отработка технологии ЭШП в камерной печи на флюсах системы $\text{CaF}_2\text{-Ca}$ требуют определения этого важнейшего физического свойства шлака.

Анализ существующих методов измерения электропроводности шлаковых расплавов свидетельствует о невозможности их использования для определения этого параметра кальцийсодержащих флюсов. Связано это с тем, что металлический кальций характеризуется высокой химической активностью, в том числе и по отношению к большинству материалов, из которых изготавливаются тигли, и большим парциальным давлением паров при реальных температурах электрошлакового процесса.

В открытых металлургических установках происходит практически мгновенное его испарение и окисление. Поэтому возникла необходимость разработать специальную методику определения электропроводности металлосодержащих флюсов на фторидной основе во время реального процесса ЭШП в камерной печи.

В Донецком национальном техническом университете разработана и опробована методика измерения электропроводности, в основе которой лежит вольт-амперная схема с двухэлектродной ячейкой. Использование при этом промышленной печи ЭШП усложняет калибровку измерительной ячейки, но обеспечивает условия измерения, максимально приближенные к реальным. Основное отличие предложенной методики от стандартных в том, что в процессе замеров фиксируется только разность потенциалов на датчике электропроводности. Значение же электропроводности рассчитывается не-

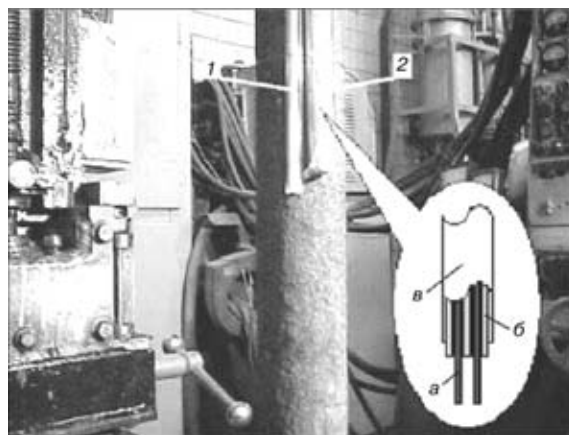


Рис. 1. Общий вид расположения датчиков на электроде в печи ЭШП: 1 — датчик температуры; 2 — датчик электропроводности

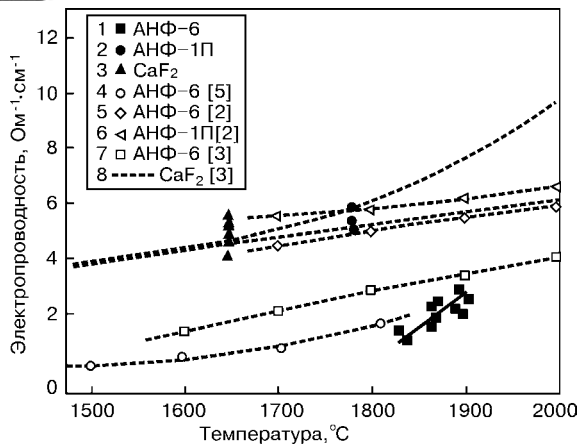


Рис. 2. Значения электропроводности промышленных флюсов ЭШП: 1-3 — полученные авторами; 4-8 — литературные данные

посредственно по вольт-амперной характеристике генератора, полученной экспериментальным путем.

Электропроводность шлаков измеряли в процессе электрошлакового переплава в камерной печи [9] электродов из стали Ст. 50 диаметром 50 мм, длиной 700 мм в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе диаметром 110 мм в атмосфере аргона и на воздухе. Напряжение и силу тока переплава поддерживали постоянными соответственно 40 В и 2 кА, масса шлака составляла 1400 г. Флюс системы CaF₂-Ca получали смешиванием фтористого и металлического кальция в различных пропорциях. Шлаковую ванну наводили «твердым стартом».

Для замеров электропроводности изготовили щуп (рис. 1) длиной 200 мм и диаметром 15 мм, состоящий из металлических электродов (а), помещенных в керамическую соломку (б), запрессованную в трубку из кварцевого стекла (в). Расстояние между электродами одинаковое по всей длине щупа и составляет 4 мм. Температуру шлака замеряли термпарой ВР-5/20. В качестве источника питания датчика электропроводности использовали генератор высокочастотных синусоидальных сигналов ГЗ-33. При частоте сигналов 20 кГц обеспечиваются минимальные искажения, вносимые электрическим током переплава. Показания фиксировали селективным милливольтметром В6-4.

Щуп и термпару закрепляли на расходуемом электроде на расстоянии 200 мм от нижнего его торца. Дополнительные щуп и термпару располагали на расстоянии 400 мм от нижнего торца электрода. При ЭШП на воздухе для дублирования замеров использовали погружные щупы.

После наведения шлаковой ванны и формирования донной части слитка постоянно контролировали температуру и электропроводность. Моментом контакта щупа со шлаком считали появление тока в измерительной цепи при замыкании электродов через шлак.

Градуировку измерительной ячейки проводили при ЭШП на стандартных флюсах АНФ-1П и АНФ-6, электропроводность которых известна. Постоянная измерительной ячейки определена значением 6.

Результаты измерений электропроводности эталонных флюсов АНФ-1П и АНФ-6 по предложенной методике сопоставимы с данными, ранее опубликованными в работах [2-5, 8]. Это дает основание

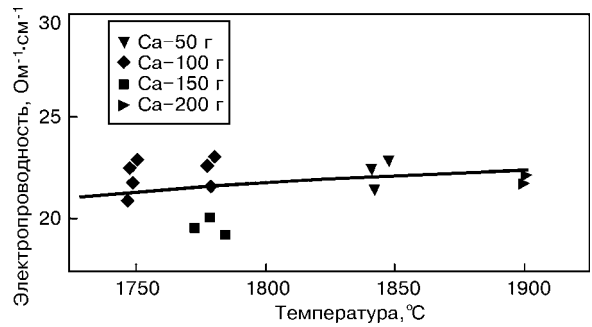


Рис. 3. Значения электропроводности кальцийсодержащих флюсов

использовать предлагаемую методику для определения электропроводности шлака системы CaF₂-Ca.

Значения электропроводности известных и опытных флюсов приведены на рис. 2 и 3. Как видно, добавки металлического кальция во фторид кальция приводят к увеличению электропроводности флюсов, при этом существенной зависимости электропроводности от массы добавок металлического кальция в шлак не установлено. Это, по-видимому, связано с предельным значением растворимости металлического кальция в своем фториде, которое не зависит от его исходного содержания во флюсе, а определяется температурой шлака и внешним давлением [10, 11].

Таким образом, предложенная методика может использоваться для измерения электропроводности различных шлаковых систем в процессе электрошлакового переплава в камерной печи.

1. *Использование* информационно-измерительной системы для исследования процесса ЭШП // А. А. Троянский, А. Д. Рябцев, М. В. Самборский, В. Ю. Мастепан // *Металл и литье Украины*. — 2002. — № 7. — С. 25-26.
2. *Латаш Ю. В., Медовар Б. И.* Электрошлаковый переплав. — М.: Металлургия, 1970. — 240 с.
3. *Атлас шлаков.* Справ. изд. / Пер. с нем. — М.: Металлургия, 1985. — 208 с.
4. *Лопав Б. Е., Плышевский А. А., Степанов В. В.* Об электропроводности расплавленных флюсов для электрошлакового переплава и подогрева // *Автомат. сварка*. — 1966. — № 1. — С. 27-29.
5. *Колисник В. Н.* Измерение электропроводности флюсов в интервале температур 1300-2300 °С // *Там же*. — 1964. — № 4. — С. 10-13.
6. *Никитин Б. М., Чуйко Н. М.* О роли электрического сопротивления шлака в дуговых электросталеплавильных печах // *Изв. вузов. Черная металлургия*. — 1963. — № 8. — С. 60-67.
7. *Евсеев П. П.* Физические свойства промышленных шлаков системы CaO-Al₂O₃-CaF₂ // *Автомат. сварка*. — 1967. — № 11. — С. 42-45.
8. *Жмюйдин Г. И.* Электропроводность фторсодержащих расплавов // *Изв. АН СССР. Металлы*. — 1970. — № 3. — С. 69-74.
9. *Рябцев А. Д.* Установка для электрошлакового переплава высокорекреционных металлов и сплавов под активными кальцийсодержащими флюсами в контролируемой атмосфере или вакууме // *Сб. науч. тр. ДонГТУ. Металлургия*. Вып. 14. — Донецк: ДонГТУ, 1999. — С. 58-60.
10. *Рябцев А. Д.* Разработка технологии глубокого рафинирования хрома и сплавов на его основе методом ЭШП под активными флюсами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 051602 / Донецкий политехнический ин-т. — Донецк, 1987. — 24 с.
11. *Термодинамические свойства* металлического компонента в металлосодержащих фторидных флюсах // С. В. Терехов, Е. Л. Корзун, В. Н. Радченко и др. // *Металлы*. — 1990. — № 3. — С. 40-43.

Донецкий национальный технический университет

Поступила 19.12.2002