

УДК 669.054.82

ЖИДКОФАЗНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОТХОДОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.Н. Дильдин, В.Е. Еремяшев, В.В. Пономаренко

По результатам проведенных исследований восстановления сталеплавильных шлаков показана возможность получения методом жидкофазного восстановления металлического расплава с гарантированным химическим составом.

Ключевые слова: восстановление твердофазное и жидкофазное, сталеплавильные шлаки, технология.

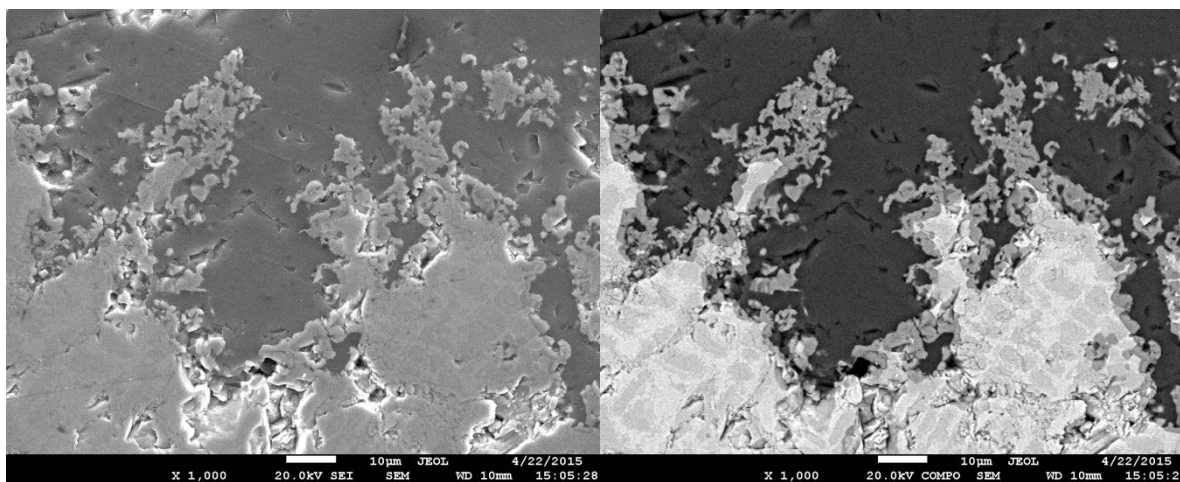
Проблема утилизации отходов сталеплавильного производства остается актуальной для металлургической отрасли [1–2]. Образующиеся при выплавке сталей шлаки, как правило, являются сложными по химическому и структурно-фазовому составу [3], что предопределяет направления выбора технологии по извлечению и восстановлению из них металлической части с последующим ее использованием: по типу «восстановление – плавление» либо «плавление – восстановление».

Ранее показано [4], что для шлаков такого состава жидкофазное восстановление может быть завершающей стадией извлечения легирующих компонентов после предварительно проведенных операций по обогащению исходного шлака – магнитной сепарации и твердофазного восстановления.

С целью оценки наиболее эффективной схемы использования стадии жидкофазного восстановления в процессе восстановления металлической составляющей шлаков в рамках проведенного исследования было изучено влияние параметров этого процесса на долю извлекаемого металла.

Согласно методике эксперимента, образцы шлака (со шлакового отвала и действующего сталеплавильного производства) дробились в шаровой мельнице и смешивались с коксом в отношении 10:2 (шлак в количестве 100 грамм, кокс – 20 грамм). Исходная смесь тщательно перемешивалась до однородной массы, частично спрессовывалась в таблетки. Часть подготовленного материала предварительно прошла стадию твердофазного восстановления при температуре 1100–1200 °С в воздушной (восстановительной) атмосфере. Таким образом, были получены материалы-образцы, содержащие магнитную и немагнитную части шлака с разной степенью предварительной восстановленности. При реализации стадии жидкофазного восстановления опытные образцы помещали в графитовые стаканчики и нагревались в печи УПИ-60-2 до температуры 1500 °С с выдержкой при заданной температуре в течение 20–30 минут. По окончании времени выдержки тигли с образцами извлекались из рабочего пространства печи и охлаждались на воздухе. На основе 15 опытных плавок получена характерная серия образцов.

Анализ полученного материала проводили на растровых электронных микроскопах JEOL JSM-7001 (НОЦ «Нанотехнологии» ЮУрГУ (НИУ)). Были получены изображения поверхности образцов во вторичных и отраженных электронах, выполнен полный анализ точек поверхности, построены карты распределения химических элементов. На рисунке представлены фотографии некоторых образцов шлака и металла, полученных после жидкофазного восстановления.



Участок образца из магнитной части шлака после жидкофазного восстановления при 1500 °С. Изображение во вторичных (левое) и отраженных (правое) электронах. Увеличение 1000.

Восстановление металла во всех объемах полученных образцов связано с активным участием в этом процессе газообразной фазы CO. Образуются достаточно крупные оплавленные частицы металла. Неправильная форма этих частиц обусловлена наличием нижней границы процесса жидкофазного восстановления. Имеет место присутствие мелких капель исходного металла, образование которых напрямую не связано с процессом восстановления, и их плавление связано с формированием более крупных капель.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57414X0090*

Библиографический список

1. Ковалев, В.Н. Металлургический комплекс для получения товарной продукции из материалов техногенного и природного происхождения / В.Н. Ковалев // *Сталь*. – 2013. – № 4. – С. 78–83.
2. Панишев, Н.В. Переработка мелкозернистых отходов металлургического производства с получением гранулированного чугуна и извлечением цинка / Н.В. Панишев, В.А. Бигеев, А.А. Черняев // *Вестник МГТУ*. – 2013. – № 4. – С. 26–29.

3. Дильдин, А.Н. Особенности технологии утилизации отходов сталеплавильного производства / А.Н. Дильдин, Р.Р. Гарифулин // Наука ЮУрГУ [электр. ресурс]: материалы 66-й научной конференции. Секция техн. наук. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2014. – С. 1440–1442.

4. Дильдин, А.Н. К вопросу об использовании отвальных шлаков сталеплавильного производства / А.Н. Дильдин, И.В. Чуманов, В.Е. Еремяшев, Д.А. Жеребцов // Электromеталлургия. – 2015. – № 4. – С. 42–44.