

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Исследование посвящено разработке и совершенствованию новой технологии пирометаллургического восстановления шлаков сталеплавильного производства. В ходе работы планируется разработка термодинамической модели процессов восстановления шлаков сталеплавильного производства, создание экспериментального образца установки для пирометаллургического восстановления шлаков сталеплавильного производства, разработка рекомендаций и предложений по использованию результатов работы в реальном секторе экономики.

Руководитель проекта - д.т.н. И.В. Чуманов

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка комплекса научно-технологических решений в области создания новой технологии переработки шлаков сталеплавильного производства для уменьшения техногенной нагрузки на окружающую среду

## ПУБЛИКАЦИИ

2 научные статьи

1 научный доклад

## НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

На первом этапе выполнения НИР в 2014 г. выполнены следующие прикладные научные исследования:

1. Проведён анализ научно-технической литературы, нормативно-технической документации и других материалов, относящихся к разрабатываемой теме. Проанализированы различные подходы, используемые для переработки шлаков (рис. 1) металлургического производства. Особое внимание уделено разработкам последних лет.

Проведённый анализ позволил выявить достоинства и недостатки предлагаемых и использованных подходов, трудности, связанные с переработкой шлаковых отвалов сталеплавильного производства, наметить пути разработки оптимальной схемы извлечения ценных металлов из шлаков сталеплавильного производства.

2. Проведенные патентные исследования позволяют сделать вывод о новизне научных, конструкторских и технологических решений, которые предполагается реализовать в рамках дальнейших работ над выполнением проекта, а также о том, что результаты работы пригодны к правовой охране на территории Российской Федерации.

3. Проведены работы по обоснованию выбора направления исследований (в

части схемы переработки шлаков сталеплавильного производства), методов и средств изучения структуры, состава и свойств экспериментальных образцов (описаны методики, указаны их преимущества и недостатки).

В технологическую схему разработки шлаковых отвалов сталеплавильного производства рекомендовано включить следующие виды работ:

- ➔ рыхление, усреднение и перемещение отвальной массы на участки временного складирования;
- ➔ извлечение из разрабатываемой отвальной массы металлических включений, лома огнеупоров, разрушение шлаковых массивов, содержащих металл и огнеупоры;
- ➔ доставку перерабатываемых материалов из забоев, то есть мест непосредственной разработки отвала и временных складов на дробильно-сортировочные установки (ДСУ) для переработки;
- ➔ вторичную переработку отвальной массы на ДСУ с целью полного извлечения металлов и огнеупоров, придания им товарного вида и получения продуктов из минеральной составляющей;
- ➔ обработку магнитного продукта, включающую очистку от шлака, сортировку по крупности и содержанию металла с получением присадок для обогащения шихты доменных печей.

Проведены и описаны предварительные эксперименты, направленные на уточнение ряда параметров методик, рекомендованных к дальнейшему исполь-



зованию. Продемонстрировано, что предложенные научные и технологические решения обладают признаками новизны.

4. С помощью программного пакета "FactSage" (версия 6.4) производства "Thermfact" (Канада) и "GTT Technologies" (Германия) осуществлено термодинамическое моделирование процессов пирометаллургического восстановления шлаков сталеплавильного производства различного химического и фазового состава.

## ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

По результатам моделирования можно сделать следующие основные практически значимые выводы:

1. Масса металлической фазы, полученной в результате восстановления, может составлять 18–20 % от массы исходного шлака [рис. 2].

2. Использование восстановителя (углерода) массой порядка 10 % от массы восстанавливаемого шлака должно быть достаточно для проведения процедуры.

3. Жидкофазное восстановление шлака целесообразно проводить при температурах порядка 1500 °С и выше с целью более полного восстановления металлов и образования консолидированной металлической фазы.

4. При проектировании агрегатов для реализации разрабатываемой технологии следует предусмотреть меры по утилизации больших объёмов угарного газа и паров металлов, присутствующих в составе газовой фазы.

5. Осуществлены работы по обеспечению теоретических исследований поставленных задач необходимым программным обеспечением.

6. Проведены работы по комплексному изучению шлаковых отвалов Златоустовского металлургического завода – химического и фракционного состава шлаков, объёмов, местоположения и условий возможной транспортировки. Проведён комплексный анализ химического и фазового состава отвальных шлаков ОАО "ЗМЗ" (рис. 3). Методом локальной рамановской (КР) спектроскопии установлено, что оксидные компоненты шлаков не образуют самостоятельных фаз, а входят в состав сложных соединений. Анализ данных, полученных при определении физико-механических свойств, показал, что отвальные шлаки ОАО "ЗМЗ" могут быть использованы в качестве щебня, песка и щебеночно-песчаных смесей для дорожного строительства, заполнителя и слабоактивного материала для получения шлакоблоков, абразивных шлаковых материалов, флюсов для вагранок, материала для закладки шахтных выработок, вяжущего для укрепления грунтов при строительстве автодорог, а также материала для обратной засыпки.



Рис. 1. Образец отвального шлака

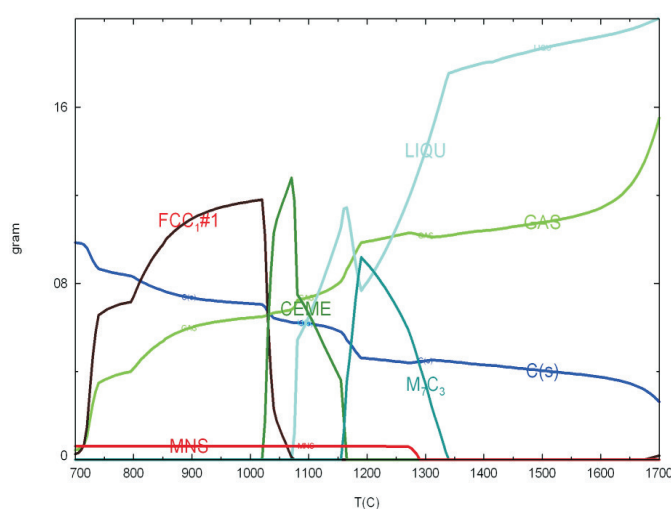


Рис. 2. Результат моделирования массы фаз в зависимости от температуры (исключая конденсированные оксидные фазы).  
 FCC#1 – аустенитная ГЦК фаза;  
 CEME – твёрдый цементитный раствор;  
 LIQU – жидкий металл; M7C3 – карбидный раствор;  
 GAS – газовая фаза; C – углерод;  
 MNS – сульфидный твёрдый раствор на основе сульфида марганца. Исходная масса шлака – 100 г., масса углерода – 10 г.

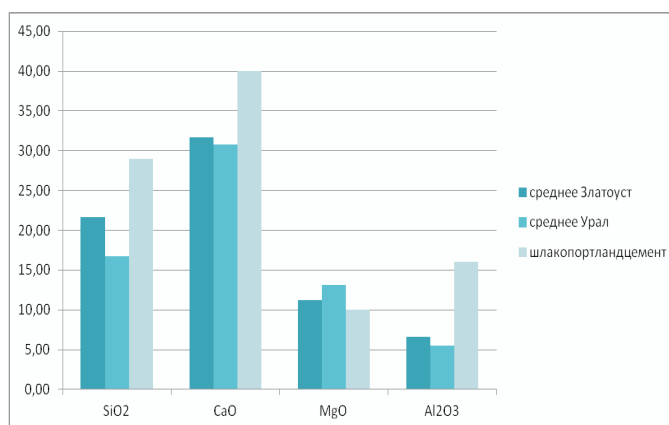


Рис. 3. Сравнение химического состава по главным оксидам Златоустовских шлаков, шлаков Уральского региона и стандартного шлакопортландцемента

