

## Термодинамическое моделирование карботермического восстановления хрома из бедного сырья

© Заякин\*<sup>+</sup> Олег Владимович, Уполовникова Алена Геннадьевна  
и Жучков Владимир Иванович

Институт металлургии Уральского отделения РАН. ул. Амундсена, 101. г. Екатеринбург, 620016.  
Свердловская обл. Россия. Тел.: (343) 23-29-139. E-mail: [zferro@mail.ru](mailto:zferro@mail.ru)

\*Ведущий направление; <sup>+</sup>Поддерживающий переписку

**Ключевые слова:** металлургия, хромовая руда, ферросплав, термодинамическое моделирование, степень восстановления, оксидный расплав, металл.

### Аннотация

Главная задача металлургов всегда состояла в увеличении степени перехода ведущих элементов в продукт плавки. В настоящее время при получении высокоуглеродистого феррохрома степень перехода хрома в сплав варьируется в широких пределах и составляет 75-92% для разных видов хроморудного сырья. В связи с этим значительный интерес представляет изучение процесса карботермического восстановления элементов хроморудных материалов из бедного отечественного рудного сырья. В работе проведено термодинамическое моделирование карботермических восстановительных процессов получения высокоуглеродистого феррохрома из руд Сарановского месторождения и Кемпирсайского массива с апробацией полученных результатов в лабораторных условиях. Расчеты выполняли методом минимизации термодинамических потенциалов с помощью программного комплекса Chemistry HSC-6.1 (Outokumpu). Равновесные составы продуктов взаимодействия в исследуемых системах определены с учетом наиболее вероятных химических реакций, определяемых величиной приращения энергии Гиббса. Результаты термодинамических расчетов показали, что при увеличении температуры > 1450 °С значения степени извлечения хрома из бедных и богатых рудных материалов почти равны и превышают 99%. При температуре ≥ 1050 °С интенсивное развитие получает реакция взаимодействия оксида хрома с углеродом с образованием карбида Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, а при достижении 1100 °С – Cr<sub>4</sub>C. Высокая скорость увеличения степени восстановления хрома с ростом температуры от 1050 до 1450 °С свидетельствует о хорошей восстановительной способности элементов исследуемых хроморудных материалов. Апробацию результатов термодинамических расчетов проводили высокотемпературным термогравиметрическим методом с последующим химическим анализом продуктов плавки. Экспериментальные исследования показали, что степень восстановления хрома из обоих образцов при достижении температуры 1600 °С превышает 95%. Качественно характер продуктов плавки для руд Сарановского и Кемпирсайского месторождений однообразен, отличие составляют только количественные значения. В области высоких температур бедные хромовые руды по степени восстановления основного элемента при прочих равных условиях не уступают богатым рудам.