

## Термодинамическое моделирование совместной переработки окисленной никелевой и сульфидной медной руд

© Ключников<sup>+</sup> Александр Михайлович и Селиванов\* Евгений Николаевич

Лаборатория пирометаллургии цветных металлов. Институт металлургии УрО РАН.

ул. Амундсена, 101. г. Екатеринбург, 620016. Россия. Тел.: (343) 382-21-18. E-mail: amk8@mail.ru

\*Ведущий направление; <sup>+</sup>Поддерживающий переписку**Ключевые слова:** руда, никель, медь, сера, термодинамическое моделирование, нагрев, окисление, восстановление, сульфидирование, равновесный состав, оксиды, сульфиды, штейн, шлак.

### Аннотация

В целях повышения комплексности использования минерального сырья предложен вариант совместной переработки окисленной никелевой и сульфидной медной руд в шахтных или руднотермических печах. Применение частично окисленной сульфидной медной руды в качестве сульфидизатора позволяет регулировать составы штейна и шлака, обеспечивает экологические преимущества, заключающиеся в снижении выбросов сернистого ангидрида. Термодинамическое моделирование равновесных составов фаз при совместном высокотемпературном нагреве окисленной никелевой и сульфидной медной руд позволяет прогнозировать показатели процесса. Расчёт равновесных количеств и составов фаз, образующихся при нагреве до 1300 °С рабочего тела, сформированного из окисленной никелевой руды, обожжённой сульфидной медной руды и оксида кальция, выполнен при их массовом соотношении 1 : 0.6 : 0.1. Показано, что цветные металлы (медь, никель и кобальт) концентрируются в сульфидных и металлических фазах. Введение в рабочее тело восстановителя (углерод) позволяет регулировать степень металлизации штейна и извлечение в него целевых компонентов. Лучшие показатели достигнуты при добавлении в рабочее тело 1-3% углерода от массы окисленной никелевой руды. При этом формируются легкоплавкий железисто-магнезиально-силикатный шлак и штейн, содержащий 15-20% цветных металлов и около 20% серы. Кроме того, добавка углерода позволит на порядок понизить переход серы в газовую фазу в ходе нагрева шихты.

По результатам моделирования установлено, что технологически обоснованным является вариант совместной переработки (1300 °С) окисленной никелевой руды, продукта частичного окисления сульфидной медной руды (десульфуризация 70-85%), оксида кальция и углерода, взятых в соотношении 1 : 0.6 : 0.1 : (0.01-0.03). Получаемый как сумма сульфидных и металлических фаз продукт (штейн), в полной мере соответствующий составам штейнов действующих никелевых заводов, содержит, % масс.: 51.6-69.2 Fe, 20.9-30.4 S, 5.1-8.0 Ni, 3.4-5.5 Cu, 0.7-0.9 Co, 0.7-2.4 Zn, 0.07-0.08 Pb и 0.004-0.016 As. Масса такого продукта – 8-13% от исходной шихты, в него переходит, %: 94.7-99.3 Ni, более 99.9 Cu, 60.5-94.9 Co, 23.3-41.7 Zn, 15.7-24.7 Pb и 3.3-8.9 As. Кратность обогащения штейна относительно исходного рабочего тела – 7.7-11.8 по никелю, 7.8-12.5 по меди, 7.5-9.8 по кобальту, его металлизация – 14.7-53.5%. Десульфуризация при нагреве и плавлении шихты – 2.7-11.9%. Шлак (сумма оксидных фаз) удовлетворяет требованиям никелевого производства, его состав изменяется в следующих пределах, % масс.: 53.0-57.4 SiO<sub>2</sub>, 13.1-14.3 MgO, 7.3-7.9 CaO, 3.4-3.9 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 14.2-18.9 Fe, менее 0.01 Ni и Cu, 0.005-0.060 Co, 0.02-0.09 Zn, менее 0.001 As, Pb и Sb. Масса шлака – 79.7-87.1% от шихты, в него переходит, %: 0.8-5.3 Ni, менее 0.01 Cu, 4.5-30.0 Co, 5.1-20.0 Zn, 2.4-8.9 As и менее 0.001 Sb. Основность такого шлака равна 0.63-0.76. Значения условных констант равновесия обменных реакций между штейном и шлаком составляют 0.006-0.014 для никеля, 0.037-0.096 для кобальта.

Полученные данные целесообразно использовать для обоснования технологии совместной комплексной переработки окисленных никелевых и сульфидных медных руд.