

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)

669.18

C568

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ СТАЛИ

**Материалы
XVII Международной конференции**

Часть первая

Под редакцией В.Е. Рощина

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2017

УДК 669.187(063)

C568

Одобрено

советом факультета материаловедения и металлургических технологий

C568 **Современные проблемы электрометаллургии стали:** материалы XVII Международной конференции: в 2 ч. / под ред. В.Е. Рощина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – Ч. 1. – 252 с.

ISBN

ISBN

В сборник материалов конференции вошли тексты докладов, представленных авторами для обсуждения на заседаниях секций. Они дают представление о научных, технологических и проектно-конструкторских разработках в области теории и технологии производства стали, ферросплавов, а также конструкции агрегатов и цехов.

Отпечатано с авторских оригиналов.

УДК 669.187(063)

ISBN

ISBN

© Издательский центр ЮУрГУ, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

<i>Роцин В.Е., Чернобровин В.П.</i> 65 лет кафедре пирометаллургических процессов ЮУрГУ.....	3
<i>Роцин В.Е., Роцин А.В.</i> Общая электронная теория восстановления и окисления металлов.....	13
<i>Соловьев С.П., Перескокова Т.А., Бурмасов С.П.</i> Кадровый потенциал отечественной металлургии.....	24

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ И СПЛАВОВ, ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ РУД

<i>Бурцев В.Т., Анучкин С.Н.</i> Исследование активности кислорода методом ЭДС в расплавах никеля при 1560°C.....	32
<i>Александров А.А., Дашевский В.Я.</i> Влияние алюминия на растворимость кислорода в расплавах Ni-Co.....	37
<i>Дашевский В.Я., Александров А.А., Леонтьев Л.И.</i> Комплексное раскисление сплавов на основе никеля алюминием и титаном.....	43
<i>Кузнецов Ю.С., Михайлов Г.Г., Качурина О.И.</i> Сравнение восстановительных способностей водорода и оксида углерода по отношению к оксидам железа.....	48
<i>Некрасов И.В., Шешуков О.Ю., Цымбалист М.М., Бонарь С.Н., Егизарьян Д.К., Сивцов А.В.</i> Активность оксида титана и структура шлаковых расплавов.....	55
<i>Гамов П.А., Дрозин А.Д.</i> Математическая модель восстановления металлов в комплексных оксидах полиметаллических руд применительно к электронному механизму.....	60
<i>Захаров Н.И., Троянский А.А., Бирюков А.Б., Тупилко И.В.</i> Компьютерное моделирование процессов тепломассопереноса при внепечной дегазации жидкого металла от растворенного азота в электростатическом поле докритических напряженностей.....	67
<i>Комолова О.А., Григорович К.В.</i> Математическое моделирование процессов внепечной обработки.....	73
<i>Прокудина Л.А.</i> Высокотемпературные режимы течения тонкого жидкого слоя.....	77
<i>Уполовникова А.Г., Бабенко А.А., Сметанников А.Н.</i> Межфазное распределение бора в системе борсодержащий шлак – низкоуглеродистый металл.....	83

<i>Салина В.А., Сычев А.В., Жучков В.И., Бабенко А.А.</i> Изучение особенностей процесса десульфурации металла высокоосновными сталеплавильными шлаками, содержащими B_2O_3 , методом термодинамического моделирования	90
<i>Рябов А.В., Прокаева Т.В.</i> Легкообрабатываемая VN-содержащая сталь.....	96
<i>Щукина Л.Е., Шаланова А.С., Сёмин А.Е.</i> Кинетические особенности взаимодействия азота при плазменно-дуговом переплаве в стали марки 10X18HMBФБ (C-8Cr-Ni-Mo-W-Nb).....	103
<i>Турсунов Н.К., Сёмин А.Е., Кадиров Ш.Т.</i> Кинетические особенности процесса десульфурации металла при выплавке стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи.....	110
<i>Турсунов Н.К., Сёмин А.Е., Кадиров Ш.Т.</i> Рафинирование и модифицирование стали 20ГЛ с использованием редкоземельных металлов.....	117
<i>Бабенко А.А., Жучков В.И., Смирнов Л.А., Уполовникова А.Г., Сельменских Н.И., Сычев А.В.</i> Освоение технологии десульфурации металла и прямого микролегирования низкоуглеродистой стали бором на УКП под борсодержащими шлаками	123
<i>Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А.</i> Восстановление элементов конвертерного ванадиевого шлака при внепечной обработке.....	133
<i>Степанов А.И., Гудов А.Г., Бурмасов С.П., Мурзин А.В., Дресвянкина Л.Е., Мелинг В.В.</i> Влияние комплексного совершенствования технологии производства стали 20КТ с использованием вакуумной обработки на состав неметаллических включений.....	139
<i>Ушаков М.В., Бабенко А.А., Мурзин А.В., Кузякин В.Г.</i> Технологические решения снижения энерго- и материалоёмкости процесса выплавки стального полупродукта в современных ДСП.....	147
<i>Kapelyushin Yu.</i> Current state of iron and steel production in the early 21st century.....	154
<i>Акбердин А.А., Ким А.С., Заякин О.В., Жучков В.И.</i> Исследование взаимодействия шлаков высокоуглеродистого феррохрома с магнизальными огнеупорами	161
<i>Ахметов К.Т., Роцин В.Е.</i> Процессы восстановления металлов и образования карбидов при металлизации богатых хромовых руд.....	165
<i>Сулеймен Б.Т., Косдаулетов Н.Ы., Роцин В.Е.</i> Твёрдофазное восстановление металлов и образование карбидов из хромовых концентратов аганозерского месторождения.....	177
<i>Акуов А.М., Жумагалиев Е.У., Келаманов Б.С., Самуратов Е.К.</i> Предпосылки по реализации выплавки альтернативного углеродистого феррохрома....	184

<i>Досекенов М.С., Роцин А.В., Алмагамбетов М.С.</i> Коррекция фазового состава шлаков рафинированного феррохрома внепечной обработкой кремнеземсодержащими материалами.....	189
<i>Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Пивикова М.С.</i> Влияние бентонита на производство окатышей.....	196
<i>Шотанов А.Е., Роцин А.В.</i> Оценка возможных способов предварительного восстановления хромового сырья	201
<i>Мухамбетгалиев Е.К., Роцин В.Е., Байсанов С.О.</i> Теоретические и технологические основы получения алюмосиликомарганца из высококремнистой марганцевой руды и высокосольных углей	210
<i>Целых Г.В., Дудчук И.А., Бигеев В.А., Потапова М.В., Колесников Ю.А.</i> Использование комплексного магнезиального флюса-окислителя при выплавке стали в современных ДСП.....	218
<i>Салихов С.П., Роцин А.В.</i> Основы бездоменной пирометаллургической переработки сидероплезитовой руды.....	222
<i>Кузнецов С.Н., Протопопов Е.В., Фейлер С.В., Темлянцев М.В., Чумов Е.П.</i> Свойства железорудных концентратов комплекса шлакопереработки АО «ЕВРАЗ ЗСМК».....	230
<i>Веселовский А.А., Лайхан С.А., Роцин В.Е.</i> Извлечение никеля и железа из отвальных никелевых шлаков хлорсодержащими реагентами.....	235
<i>Бильгенов А.С., Гамов П.А.</i> Статистический анализ выделения металлических частиц при твёрдофазном восстановлении в оксидах с малым содержанием железа.....	244

14. Hongming W., Tingwang Z., Hua Z. *Effect of B_2O_3 on Melting Temperature, Viscosity and Desulfurization Capacity of CaO – based Refining Flux*// *ISIJ International*. vol. 51. 2011. № 5. pp. 702–708.
15. Akberdin A.A., Kireeva G.M., Medvedovskaya I.A. *Influence of B_2O_3 on the viscosity of slags of the system CaO-SiO₂-Al₂O₃*. *Izvestiya AN SSSR. Metally*. 1986. № 3. pp. 55-56. (In Russ.).
16. H.-M. Wang; G.-R. Li; Q.-X. Dai; B. Li; X.-J. Zhang; G.-M. Shi, *CAS-OB refining: slag modification with B_2O_3 -CaO and CaF_2 -CaO* // *News of ferrous metallurgy abroad*. 2008, № 3. – p. 30-32.
17. Babenko A.A., Zhuchkov V.I., Smirnov L.A., Sychev A.V., Upolovnikova A.G. *The use of the simplex lattice method for constructing the composition-viscosity diagrams of the slags of the CaO-SiO₂-Al₂O₃-MgO-B₂O₃ system*. *Butlerovskie soobsheniya*. 2016, Vol. 48, no. 11. pp. 40-44. (In Russ.).
18. Upolovnikova A.G., Babenko A.A. *Thermodynamic modeling of boron reduction from boron-containing slags*. *Butlerovskie soobsheniya*. 2016, Vol. 48, no. 10. pp. 114-118. (In Russ.).
19. Patent № 2562849 "Slag mixture for processing steel in a ladle" Babenko A.A., Zhuchkov V.I., Selivanov E.N., Sychev A.V., Zolin A.N., Dobromilov A.A., Kutdusova X.Sh., Savrasov A.I., Kim A.S., Akberdin A.A. Published by Bul. №25 of 10.09.2015.
20. Patent № 2563400 "Method of microalloying steel boron" Babenko A.A., Zhuchkov V.I., Selivanov E.N., Sychev A.V., Belev A.A., Dresvyakina L.E., Zhitluhin E.G., Zuev M.V., Murzin A.V., Ushakov M.V. It is published on 09/20/2015. Bul. No. 26.
21. Babenko A.A., Zhuchkov V.I., Selivanov E.N., Sychev A.V. *The slag mixture for processing is cast in a ladle*. Pat. No. 30964 (Republic of Kazakhstan) 2016.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНВЕРТЕРНОГО ВАНАДИЕВОГО ШЛАКА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ

М.А. Голодова, И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, И.А. Рыбенко

(Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия)
golodova_ma@mail.ru

Методом термодинамического моделирования с применением программного комплекса «Терра» выполнены расчеты параметров равновесного состояния процессов восстановления железа, ванадия, марганца и титана из конвертерного ванадиевого шлака углеродом коксика и кремнием ферросилиция. Расчеты реализованы как отдельно для каждого типа восстановителя так и совместно. Построены зависимости параметров процесса от расходов восстановителей. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: процесс восстановления, ванадий, железо, марганец, титан, конвертерный ванадиевый шлак, термодинамическое моделирование.

Введение

В настоящее время в связи с необходимостью снижения энерго- и материалоёмкости производства, решения экологических проблем становится перспективной технология легирования стали, основанная на введении оксидных материалов и обеспечении условий восстановления оксидов легирующих элементов. Одним из наиболее эффективных, следовательно, и востребованных легирующих элементов для получения сталей с высокими эксплуатационными свойствами является ванадий. Источниками оксидов ванадия могут служить ванадийсодержащие металлизированные окатыши, технический пентоксид ванадия и конвертерный ванадиевый шлак. Экономически выгоднее использовать для легирования именно конвертерный ванадиевый шлак, являющийся промежуточным продуктом ванадиевого передела, так как его стоимость значительно ниже стоимости технического пентаоксида ванадия. Ванадийсодержащие металлизированные окатыши рационально применять только в качестве шихтовых материалов в связи с невысоким содержанием в них оксидов ванадия.

Однако конвертерные ванадиевые шлаки наряду с оксидами ванадия содержат от 5 до 12% оксидов титана и марганца. В связи с тем, что для некоторых марок сталей содержание этих элементов ограничено, важна оценка полноты их восстановления из расплава. Вместе с тем, если карбосиликотермическое восстановление марганца из расплавов в условиях сталеплавильного процесса изучено достаточно полно, то проблема восстановления оксидов титана рассматривается в первую очередь в приложении к процессам получения сплавов ванадия в рудовосстановительных печах.

Цель исследования

Целью настоящего исследования является рассмотрение процесса восстановления элементов из ванадийсодержащего конвертерного шлака с использованием в качестве восстановителей углерода кокса и кремния ферросилиция при температурах сталеплавильного процесса.

Методика исследования

Исследование процесса восстановления элементов в такой сложной многокомпонентной оксидной системе возможно только при использовании современных методов и программных продуктов термодинамического моделирования [1, 2].

При решении задачи исследования процессов восстановления элементов из конвертерного ванадиевого шлака использовали один из методов термодинамического моделирования на основе расчета параметров равновесного состояния в модельных термодинамических системах [2]. Достоинство этих методов заключается в возможности реализации многовариантных расчетов равновесного состояния многокомпонентных систем при варьировании в широком диапазоне управляющих воздействий. Расчет термодинамического равновесия позволяет выяснить принципиальную возможность получения тех или иных ве-

ществ, выделение которых является основным при решении задачи оценки предельного конечного состояния, и определить область допустимых значений параметров. При реализации термодинамического моделирования использовали готовый программный продукт – программный комплекс «Терра», разработанный в Московском государственном техническом университете, позволяющий на основе принципа максимума энтропии находить равновесный состав многокомпонентной, гетерогенной термодинамической системы для высокотемпературных условий [1].

Расчеты равновесных составов гетерогенной смеси шлака и восстановителей проводились при температуре 1873 К для конвертерного ванадиевого шлака следующего состава: 16,0 % V_2O_5 , 5,0 % TiO_2 , 10% MnO , 25,0 % $Fe_{общ}$.

Граничные условия были определены по расчетам коэффициента извлечения ванадия η_V для расходов коксика в пределах от 0 до 0,5 кг/кг шлака и ферросилиция ФС75 в пределах от 0 до 0,5 кг/кг шлака [3]. Коэффициент извлечения ванадия η_V близок к 1 при удельном расходе коксика более 0,2 кг/кг шлака и ферросилиция более 0,25 кг/кг шлака, эти расходы и были выбраны в качестве граничных значений.

Результаты исследования

Проведенные расчеты позволили построить зависимости изменения содержания оксидов конвертерного шлака как при восстановлении только углеродом коксика или кремнием ферросилиция, так и при совместном использовании восстановителей.

Полученные зависимости представлены на рис. 1-6.

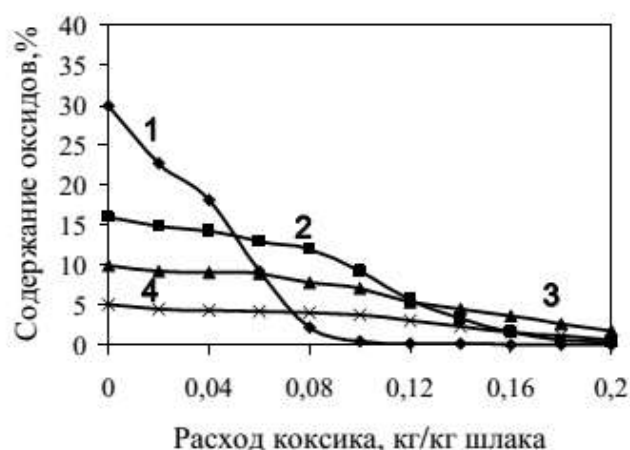


Рис. 1. Зависимости содержания оксидов железа, ванадия, титана и марганца от расхода коксика при 1873К: 1 – оксиды железа, 2 – оксиды ванадия, 3 – оксид марганца, 4 – оксиды титана

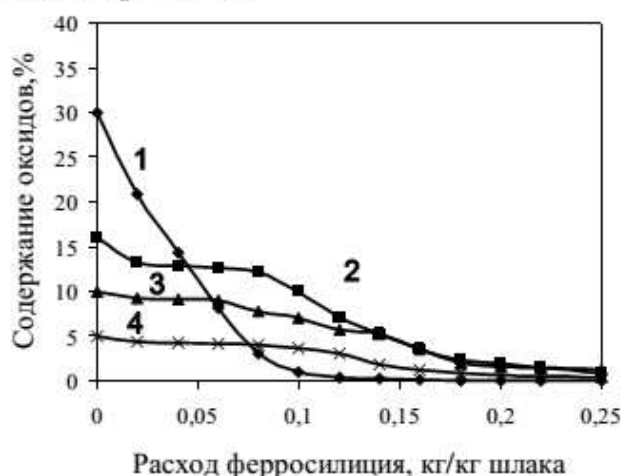


Рис. 2. Зависимости содержания оксидов железа, ванадия, титана и марганца от расхода ферросилиция при 1873К: 1 – оксиды железа, 2 – оксиды ванадия, 3 – оксид марганца, 4 – оксиды титана

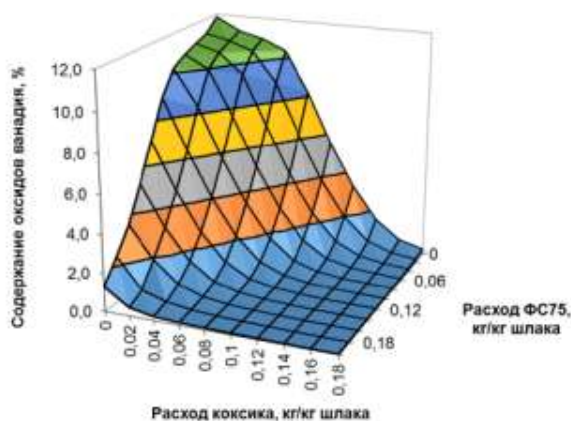


Рис. 3. Изменение содержания оксидов ванадия в шлаке при совместном восстановлении углеродом коксика и кремнием ферросилиция

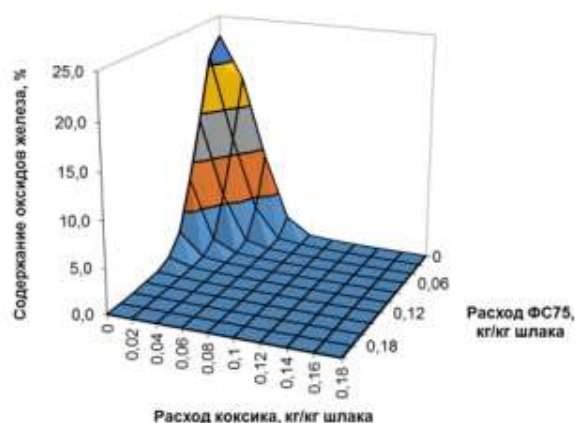


Рис. 4. Изменение содержания оксидов железа в шлаке при совместном восстановлении углеродом коксика и кремнием ферросилиция

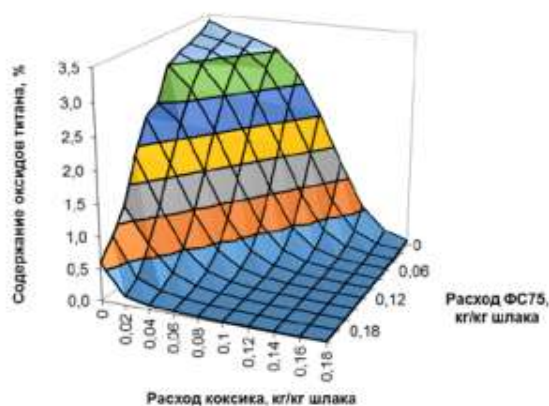


Рис. 5. Изменение содержания оксидов титана в шлаке при совместном восстановлении углеродом коксика и кремнием ферросилиция

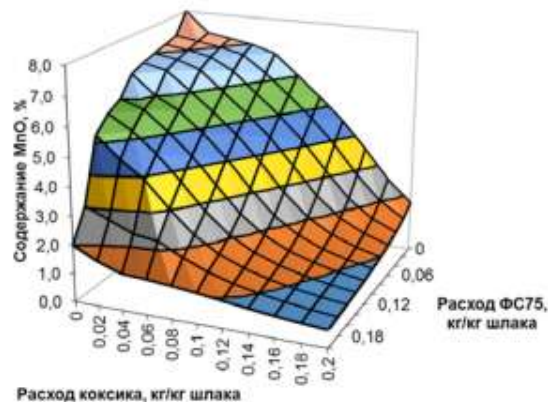


Рис. 6. Изменение содержания оксида марганца в шлаке при совместном восстановлении углеродом коксика и кремнием ферросилиция

Обсуждение результатов

Анализ результатов расчетов, представленных на рис. 1 и 2 показал, что восстановление железа из оксидов железа заканчивается при удельном расходе коксика 0,1кг/кг шлака, а при восстановлении кремнием ферросилиция - при 0,14 кг/кг шлака. Восстановление ванадия начинается после полного восстановления железа. Содержание оксидов марганца и титана с увеличением расхода восстановителей изменяется незначительно, что указывает на ограничение их восстановления при заданной температуре. При восстановлении ванадия и титана коксиком достигаются меньшие значения остаточного содержания их оксидов в продуктах восстановления, чем при восстановлении ферросилицием, (0, 25% и 1,3% для ванадия, 0,08% и 0,60% для титана соответственно).

Согласно полученным расчетным данным при углеродосиликотермическом восстановлении (углеродом коксика и кремнием ферросилиция) содержание оксидов железа в продуктах восстановления конвертерного ванадиевого шлака при удельном расходе коксика более 0,1 кг не зависит от расхода ферро-

силиция ФС75. Содержание оксидов ванадия снижается с ростом расходов восстановителей при любом их соотношении и достигает значения 0,04% при удельном расходе коксика более 0,14 кг/кг шлака и ферросилиция 0,2 кг/кг шлака. Содержание оксидов титана в шлаке менее двух процентов достигается при удельном расходе ферросилиция ФС75 более 0,1 кг/кг шлака при любых значениях расхода коксика. Минимальное количество оксидов титана составляет около 0,01% при максимальных расходах обоих восстановителей. Содержание оксида марганца в продуктах восстановления конвертерного ванадиевого шлака снижается при восстановлении одним коксиком или одним ферросилицием до 1%.

Согласно полученным расчетным данным, представленным в виде зависимостей на рис. 3-6, при углеродосиликотермическом восстановлении (углеродом коксика и кремнием ферросилиция) содержание оксидов железа в продуктах восстановления конвертерного ванадиевого шлака при удельном расходе коксика более 0,1 кг не зависит от расхода ферросилиция ФС75. Содержание оксидов ванадия снижается с ростом расходов восстановителей при любом их соотношении и достигает значения 0,04% при удельном расходе коксика более 0,14 кг/кг шлака и ферросилиция 0,2 кг/кг шлака. Содержание оксидов титана в шлаке менее двух процентов достигается при удельном расходе ферросилиция ФС75 более 0,1 кг/кг шлака при любых значениях расхода коксика. Минимальное количество оксидов титана составляет около 0,01% при максимальных расходах обоих восстановителей. Содержание оксида марганца в продуктах восстановления конвертерного ванадиевого шлака снижается при восстановлении одним коксиком или одним ферросилицием до 1%. При совместном восстановлении марганца из его оксида углеродом коксика и кремнием ферросилиция при заданном диапазоне расходов восстановителей удастся достичь содержания оксида в шлаке 0,5% (рис. 6). Необходимо отметить, что содержание оксидов ванадия при таких расходах восстановителей составляет менее 0,05%. Восстановление марганца ограничено.

Полученные при термодинамическом моделировании значения содержания в продуктах восстановления карбида ванадия и ванадия металлического при совместном восстановлении конвертерного ванадиевого шлака углеродом коксика и кремнием ферросилиция показал, что восстановление ванадия проходит с преимущественным образованием карбида ванадия. При заданных расходах восстановителей (до 0,2 кг коксика и 0,25 кг ферросилиция) железо и ванадий восстанавливаются из конвертерного ванадиевого шлака практически полностью.

Титан в продуктах восстановления конвертерного ванадиевого шлака согласно полученным расчетным данным находится в виде карбида титана. При удельных расходах восстановителей менее 0,20 кг на 1 кг конвертерного вана-

диевого шлака не происходит полного восстановления титана и марганца из их оксидов даже при максимальных расходах обоих восстановителей.

Выводы. Из результатов термодинамических расчетов следует, что при заданных удельных расходах восстановителей происходит достаточно успешное углеродосиликотермическое восстановление ванадия и железа из конвертерного ванадиевого шлака при ограничении восстановления титана и марганца.

Библиографический список

1. Ватолин Н.А. Термодинамическое моделирование в высокотемпературных неорганических системах. Н.А. Ватолин, Б.Г. Трусов, Г.К. Моисеев – М.: Металлургия, 1994. – 175 с.
2. Моделирование и оптимизация стационарных режимов металлургических процессов: монография / И. А. Рыбенко, С. П. Мочалов; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 170 с.
3. Голодова, М.А. Исследование процесса восстановления ванадия и железа из многокомпонентной оксидной системы // Голодова М.А., Дмитриенко В.И., Рожихина И.Д., Рыбенко И.А., «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибресурс – 17 – 2011)»: Доклады 17-ой международной научно-практической конференции. – Томск, 2011. – С. 57 – 60.
4. Голодова, М.А. Исследование условий восстановления титана из конвертерного ванадиевого шлака // М.А. Голодова, И.Д. Рожихина, В.И. Дмитриенко, «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибресурс – 16 – 2010)»: Доклады 16-ой международной научно-практической конференции. – Томск, 2010. – С. 41 – 43.
5. Голодова М.А. Исследование процесса восстановления марганца из конвертерного ванадиевого шлака // М.А. Голодова, И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, В.И. Дмитриенко, «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибресурс – 20 – 2014)»: Доклады 20-ой международной научно-практической конференции. – Томск, 2014, – С. 29 – 32.
6. Голодова, М.А. Исследование восстановления марганца и титана из конвертерного ванадиевого шлака // М.А. Голодова, И.Д. Рожихина, В.И. Дмитриенко, И.А. Рыбенко, «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество : труды Всероссийской научно-практической конференции», 9-11 ноября 2011 г.. – Новокузнецк: СибГИУ, 2011. – С. 95-98

REDUCTION ELEMENTS FROM CONVERTER VANADIUM SLAG

M. Golodova, I. Rogihina, O. Nohrina, I. Rybenko
(Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia)
golodova_ma@mail.ru

Method of thermodynamic modeling using program complex "Terra" calculations of parameters of equilibrium processes reduction of iron, manganese, vanadium and ti-

tanium converter of vanadium slag by carbon sieves and silica ferrosilicon. Calculations are implemented separately for each type of reductant and together. Process parameter dependences of cost reducing agents. The analysis of the results obtained.

Keywords: metals, vanadium, iron, manganese, titanium, vanadium converter slag, thermodynamic modelling.

References

1. *Thermodynamic modeling of high temperature inorganic systems* / N. Vatin, B.G. Trusov, G. K. Moiseev. – M.: Metallurgy, 1994. – 175 p.
2. *Simulation and optimization of stationary regimes of metallurgical processes: monograph* / I. A. Rybenko, S. P. Mochalov; Nib. SibGIU - Novokuznetsk: Izd. Center SibGIU, 2015. -170 p.
3. Golodova M.A. Study of recovery process of vanadium and iron from multi-component oxide systems / Golodova M.A., Dmitrienko V.I., Rogihina I.D., Rybenko I.A. // *Natural and intellectual resources of Siberia (Maknit (Pvt.)-17-2011): reports of 17-th international scientifically-practical Conference.* -Tomsk, 2011. -P. 57-60.
4. Golodova M.A. Study of recovery process of titanium from converter vanadium slag / Golodova M.A., Rogihina I.D., Dmitrienko V.I. // *Natural and intellectual resources of Siberia (Maknit (Pvt.)-17-2010): reports of 16-th international scientifically-practical Conference.* -Tomsk, 2010. -P. 41-43.
5. Golodova M.A. Study of recovery process of manganese from converter vanadium slag / Golodova M.A., Rogihina I.D., Nohrina O.I., Dmitrienko V.I. // *Natural and intellectual resources of Siberia (Maknit (Pvt.)-17-2014): reports of 20-th international scientifically-practical Conference.* -Tomsk, 2014. -P. 29-32.
6. Golodova M.A. Study on recovery manganese and titanium from vanadium slag in converter vanadium slag / Golodova M.A., Dmitrienko V.A., Rogihina I.D., Rybenko I.A // *Metallurgy: technology, management, quality: sat. researcher. tr. All-Russian scientific-practical. conf. 9-11 November 2011; Ed. Protopopov E.v.-Novokuznetsk: Izd. Center SibGIU, 2011. -C. 95-98.*

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ 20КТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАКУУМНОЙ ОБРАБОТКИ НА СОСТАВ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ

**А.И. Степанов¹, А.Г. Гудов², С.П. Бурмасов², А.В. Мурзин¹,
Л.Е. Дресвянкина¹, В.В. Мелинг¹**

(¹Северский трубный завод, г. Полевской;

²УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия)

a.g.gudov@urfu.ru

Комплексное совершенствование технологии производства стали 20КТ, в качестве основных результатов которого могут рассматриваться повышение стабильности технологических параметров и результатов, снижение окисленности