



Рецензия

УДК 669.053.2

DOI 10.17073/0368-0797-2021-6-458-460



ОТЗЫВ НА КНИГУ РОЩИНА В.Е., РОЩИНА А.В. «ФИЗИКА ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

Н. Ф. Якушевич, Р. А. Гизатулин

■ **Сибирский государственный индустриальный университет** (654007, Россия, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)*Для цитирования:* Якушевич Н.Ф., Гизатулин Р.А. Отзыв на книгу Рощина В.Е., Рощина А.В. «Физика пирометаллургических процессов» // Известия вузов. Черная металлургия. 2021. Т. 64. № 6. С. 458–460. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-6-458-460>

Review

REVIEW ON THE BOOK OF ROSHCHIN V.E. AND ROSHCHIN A.V. “PHYSICS OF PYROMETALLURGICAL PROCESSES”

N. F. Yakushevich, R. A. Gizatulin

■ **Siberian State Industrial University** (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)*For citation:* Yakushevich N.F., Gizatulin R.A. Review on the book of Roshchin V.E. and Roshchin A.V. “Physics of Pyrometallurgical Processes”. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2021, vol. 64, no. 6, pp. 458–460. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-6-458-460>

Вниманию металлургов, электротермистов, металлургов предлагается новая книга Рощина В.Е., Рощина А.В. «Физика пирометаллургических процессов».

Книга состоит из трех разделов. В первом разделе «Развитие представлений о металлах и физике процессов их образования» изложены основы физических процессов образования вещества и появление «металлическости» во вселенной, причины проявления у вещества металлических свойств и происхождения металлов на Земле.

Описана история пирометаллургии и ее роль в развитии науки о веществе. Подробно рассмотрено развитие науки о происхождении и структуре вещества, составляющих элементарных частицах (электроны, протоны, нейтроны, кварки, фотоны, мюоны, лентоны, нейтрино, К-мезоны, гипероны, мезоны и др.). Рассмотрены причины агрегации вещества во Вселенной и образования химических элементов, электромагнитные взаимодействия в атомах, понятие металлического состояния, кристаллические структуры и физические свойства металлов.

Изложенные в этом разделе материалы весьма полезны и необходимы для бакалавров, магистрантов, аспирантов. Эта информация повысит эрудицию, интеллектуальный и профессиональный уровень широкого

круга инженерно-технических и научных работников, специализирующихся в области металлургии.

Второй раздел посвящен физике тепловых процессов в металлах. Рассмотрены процессы, протекающие в кристаллических решетках твердых веществ, и изменение свойств металлов при плавлении. Сделан обзор модельных представлений о структуре металлических расплавов (11 моделей). Рассмотрены теория процессов кристаллизации и аморфизации расплавов и практика получения аморфных и нанокристаллических металлов.

В третьем разделе рассмотрена «физика» процессов восстановления металлов из руд. Сделан критический анализ атомно-молекулярных представлений о механизмах твердофазных восстановлений. Авторами предлагается новый электронно-вакансионный механизм.

Суть и новизна предлагаемой и многократно проверенной авторами экспериментально вакансионно-электронной теории состоит в том, что непосредственный контакт твердых реагентов для протекания химических реакций между оксидами и углеродом не требуется. Роль восстановителя заключается в извлечении на поверхности оксида атома кислорода с образованием в решетке оксида заряженной («восстановительной») анионной вакансии и двух связанных с ней «лишних» электронов. Восстановительные вакансии

и электроны рассеиваются в общей анионной подрешетке всех кристаллов оксидной фазы, обеспечивая ее электрон-анионную проводимость.

Образование металлической связи происходит в анионных вакансиях, минуя этап образования атомов. «Лишние» электроны анионных вакансий обобществляются всеми ближайшими к вакансии катионами, не образуя устойчивой связи ни с одним из них. Поскольку обобществление электронов катионами является критерием металлической связи, то даже в одиночной анионной вакансии между катионами сразу возникает металлическая связь. По мере слияния вакансий и накопления «лишних» электронов в местах стока вакансий происходит трансформация оксидной кристаллической решетки в металлическую решетку с выделением самостоятельной металлической фазы.

В восстановительных условиях, когда поступление кислорода в оксид извне исключено, «лишние» электроны вакансии не могут быть связаны анионами. Поэтому заряженная двумя электронами анионная вакансия не может исчезнуть, растворившись в оксиде, и даже одиночная заряженная вакансия является термодинамически устойчивым металлическим зародышем.

Слияние (сток) вакансий и выделение металлической фазы может происходить внутри оксидной фазы на значительном расстоянии от поверхности без подвода восстановителя и отвода продуктов реакции. Местами стока вакансий являются микрообъемы оксидной фазы с повышенной концентрацией катионов, для атомов которых уровень энергии Ферми ниже химического потенциала электронов в анионных вакансиях. Химический потенциал свободных электронов в анионных вакансиях комплексных оксидов зависит от состава оксидной фазы, температуры и парциального давления кислорода. Поэтому температура начала восстановления одного и того же металла, в частности железа, зависит не только от типа восстановителя, но и от состава комплексного оксида.

Вследствие общности анионной подрешетки всех оксидных кристаллов общего оксидного тела, в частности куска руды, удаление кислорода на его поверхности из решетки одного оксида может приводить к восстановлению другого металла из решетки другого кристалла в другом месте куска руды.

Перестройкой катионов из тетра- и октапоров оксидной кристаллической решетки (ионной) в катионные узлы металлической кристаллической решетки завершается восстановление любых металлов в любых оксидах и рудах любым восстановителем. Поэтому изложенные закономерности процесса являются основой, общей для всех металлов теории восстановления.

Электронно-вакансионная теория восстановления с единых позиций объясняет все наблюдаемые на практике особенности восстановления металлов: многократное превышение скорости восстановления над скоростью окисления металлов при одних и тех же температурных условиях, влияние примесей различных катионов в оксидах на температуру начала и скорость восстановления основного металла, образование и роль карбидов в процессах получения чугуна и углеродистых ферросплавов, сублимацию низших оксидов многовалентных металлов и перенос оксидов на поверхность восстановителя.

Таким образом, обмен электронами между восстановителем и металлом вопреки широко распространенному мнению возможен без непосредственного контакта твердых реагентов, без плавления руды и без тотального удаления из нее кислорода, как это предполагается существующими теориями восстановления. При этом восстановление металла и выделение металлической фазы происходят с достаточно большой скоростью внутри кусков комплексной руды в окружении ионов кислорода без поступления к месту выделения металла восстановителя и отвода отсюда продуктов реакции.

Электронно-вакансионный механизм восстановительных процессов с единых позиций объясняет все известные факты восстановления любых металлов любыми восстановителями в любых условиях, в том числе получение металлов, например, алюминия, электролизом, а также особенности кинетики восстановления железа из руд (гематитовых, магнетитовых, сидеритовых, хромитовых, титаномагнетитовых и других). При этом для объяснения восстановительных процессов не требуется привлекать ни принцип последовательного восстановления Байкова, ни адсорбционно-автокаталитическую теорию Чуфарова, ни диффузионно-кинетическую теорию Ростовцева, ни любые другие уточняющие и дополняющие схемы атомно-молекулярных теорий. Это дает основание считать его универсальным описанием механизма восстановления.

По мнению авторов электронно-вакансионная теория восстановления позволяет не только достаточно просто и непротиворечиво объяснить известные экспериментальные результаты, но и открывает новые технологические возможности переработки руд, в первую очередь комплексных, использование которых существующими технологиями невозможно или затруднено.

Одним из принципиальных следствий теории является возможность обмена электронами между восстановителем и металлом без тотального удаления из руды кислорода и даже без непосредственного контакта восстановителя с рудой и восстановленным металлом.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Николай Филиппович Якушев, д.т.н., профессор, профессор-консультант кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

Ринат Акрамович Гизатулин, д.т.н., профессор, доцент кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: gizatulin_ra@sibsiu.ru

Nikolai F. Yakushevich, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Prof. – Consultant of the Chair of Metallurgy of Non-Ferrous Metals and Chemical Technology, Siberian State Industrial University

E-mail: kafcmet@sibsiu.ru

Rinat A. Gizatulin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Assist. Prof. of the Chair of Metallurgy of Non-Ferrous Metals and Chemical Technology, Siberian State Industrial University

E-mail: gizatulin_ra@sibsiu.ru

Поступила в редакцию 01.04.2021
Принята к публикации 15.04.2021

Received 01.04.2021
Accepted 15.04.2021