

15. Шульга, В. О. Физико-химический анализ процесса раскисления стали [Текст] / В. О. Шульга, И. Ф. Червоный, С. Г. Егоров, В. П. Грицай // *Металлургия*. — 2012. — Вып. 3(28). — С. 38–42.
16. Шульга, В. О. Об эффективности комплексного раскисления стали [Текст] / В. О. Шульга, И. Ф. Червоный, С. Г. Егоров, В. П. Грицай, О. И. Казачков // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. — 2012. — № 6/1(60). — С. 33–37.

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ НА ВИДАЛЕННЯ $TiCl_2$ З СОЛЬОВОГО РОЗПЛАВУ ПРИ ЕЛЕКТРОЛІЗІ $MgCl_2$

Встановлено, що значний вплив на очищення електроліту для отримання магнію від домішки титану робить волога у складі куховарської солі. Для ефективного видалення з'єднань титану з сольового розплаву пропонується завантажувати

зволочену сіль в головний апарат потокової лінії або в окремо працюючий електролізер під час заливки чергової порції хлориду магнію.

Ключові слова: електроліз магнію, потокова лінія, нижчі хлориди титану, факторний експеримент, вологість.

Бачурский Денис Васильевич, аспирант, кафедра металлургии цветных металлов, Запорожская государственная инженерная академия, Украина, e-mail: rot44@yandex.ru.

Бачурський Денис Васильович, аспірант, кафедра металургії кольорових металів, Запорізька державна інженерна академія, Україна.

Bachursky Denis, Zaporizhia State Engineering Academy, Ukraine, e-mail: rot44@yandex.ru

УДК 669. 18 (073)

Шульга В. О.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО РАСКИСЛЕНИЯ СТАЛИ

Приведены результаты термодинамического анализа процесса обезуглероживания и раскисления стали. Достаточно эффективными являются комплексные раскислители на основе алюминия с кремнием и барием. При этом установлена возможность повышения эффективности комплекса на основе металла с более слабым средством к кислороду с металлов с более сильным средством к кислороду из ряда средств.

Ключевые слова: сталь, углерод, раскисление, физико-химический анализ, кислород, средство к кислороду, равновесие химических реакций.

1. Введение

Управление металлургическими процессами в черной и цветной металлургии очень сложная задача, для решения которой необходимо как исследование физико-химических и энергетических процессов, протекающих в системе, так и формализация их с целью получения математического описания и последующей оптимизации. Некоторые результаты таких исследований приведены в цикле работ [1–5]. Не исключением в контексте этого является и технологический процесс получения стали. Значительная часть коррозионноустойчивых сталей производится в дуговых печах методом переплава отходов с применением кислорода. Данная технология включает плавление шихты, содержащей отходы коррозионноустойчивых сталей, обезуглероживание высокохромистого расплава продувкой кислородом через сводовую фурму, раскисление металла и шлака кремнийсодержащими раскислителями, проплавление феррохрома и заключительное рафинирование металлической ванны.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Несмотря на многочисленные исследования, которые в значительной мере исчерпали возможности совершенствования общепринятой технологии производства низкоуглеродистых коррозионноустойчивых сталей в дуговых печах, расход дорогостоящего низкоуглеродистого и безуглеродистого феррохрома остается высоким [6–7].

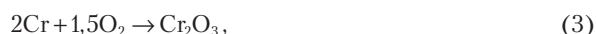
В таких технологических схемах повышенный расход материалов, раскислителей, флюсов, электроэнергии и электродов.

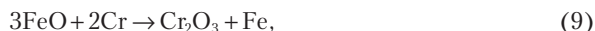
Целью проведенных исследований была установка энергетических характеристик начального этапа переработки металлического скрапа. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

- 1) выполнить физико-химический анализ условий обезуглероживания стали при проведении плавки в конвертере;
- 2) определить эффективность механизма окисления углерода и раскисления стали.

3. Результаты исследований

Газокислородное рафинирование проводилось в реакторе, оборудованном тремя донными фурмами. В первый период продувки производится обезуглероживание расплава. При этом в процессе донной продувки высокохромистого расплава кислородом происходит совместное окисление углерода и легирующих компонентов, а также окисление углерода за счет вторичных реакций.

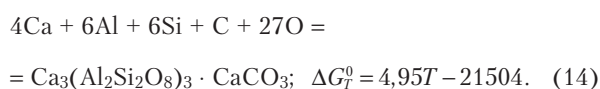
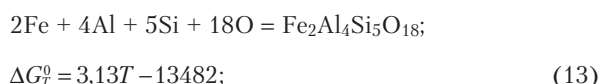
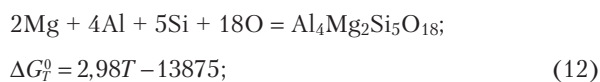




Выполненный, с использованием методик, изложенных в работах [8–10], физико-химический анализ приведенных реакций показал, что вторичные реакции окисления углерода являются более предпочтительными. Как показали расчеты, энергетически более выгодно на первом этапе осуществляется процесс окисления легирующих компонентов. Следующим этапом происходит интенсивное карботермическое восстановление образовавшихся окислов с обезуглероживанием расплава стали.

Эффективностью последующего этапа обработки — раскисления стали рассматривалась с применением технологии комплексного раскисления расплава. Технология комплексного раскисления предусматривает последовательное проведение раскисления расплава двумя и более раскислителями [11–13].

Для выполнения физико-химического анализа использовали сочетание металлических добавок, исходя из установленного в работе [14] ряда раскислительной способности: Ti, V, Al, B, Cr, Zr, Mn, Si, Ca, Be, Mg, а также и других сочетаний. При этом прослеживается отличительная особенность повышения эффективности комплекса на основе металла с более слабым средством к кислороду с металлов с более сильным средством к кислороду из ряда средств, предложенного в работе [15].



На основании анализа результатов расчета изменения потенциала Гиббса было установлено, что достаточно высокой эффективностью обладает комплекс на основе алюминия и кремния с такими металлами, как магний, железо и кальций. Исходя из данных расчетов также видно, что наибольшая эффективность выявлена при создании комплекса на основе алюминия и кремния с кальцием и углеродом, реакция (14). Однако такой комплекс может создавать условия для легирования стали углеродом, что приведет к ухудшению ее качества.

Объяснение полученных результатов можно изложить следующей моделью. При подаче в расплав, в качестве первого, более слабого металлического раскислителя из ряда средств к кислороду происходит взаимодействие с растворенным в расплаве кислородом и образование соответствующего окисла. Реакция проходит до установления равновесия, после чего металл раскислителя становится легирующим элементов в расплаве. Поэтому порция первого металла-раскислителя должна рассчитываться из условия наступления равновесного состоя-

ния. Следующая порция второго металла-раскислителя также доходит до равновесного состояния, после чего избыточное количество второго металла-раскислителя также становится легирующим элементом. Но при этом происходит более интенсивное раскисление расплава с выводом окислов на поверхность расплава в виде шлака. Использование третьего и четвертого металлов в комплексном раскислителе, на основе предложенной модели, повышает эффективность процесса раскисления, улучшается кинетика раскисления и снижается количество неметаллических включений.

4. Выводы

Физико-химический анализ обезуглероживания стали показал, что вторичные реакции окисления углерода являются более предпочтительными. Энергетически более выгодно на первом этапе проводить процесс окисления легирующих компонентов, а на следующем — карботермическое восстановление образовавшихся окислов с обезуглероживанием расплава стали. Для оптимизации технологии раскисления стали целесообразно использовать комплексные раскислители на основе комбинаций металлов из ряда средств их к кислороду. При этом следует учитывать концентрационные зависимости наступления равновесия реакций взаимодействия между металлом-раскислителем и растворенным в расплаве кислородом.

Литература

1. Гунько, И. М. Анализ техногенных источников и технологических схем производства пентаоксида ванадия [Текст] / И. М. Гунько, И. Ф. Червоный, С. Г. Егоров // *Металлургия*. — Запорожжя: РВВ ЗДІА, 2011. — Вып. 25. — С. 59–67.
2. Реков, Ю. В. Оптимизация процесса выращивания кремниевых основ для производства поликристаллического кремния [Текст] / Ю. В. Реков, И. Ф. Червоный, С. Г. Егоров, О. А. Кисарин, Р. Н. Воляр // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. — 2011. — № 3/5(51). — С. 15–20.
3. Кисарин, О. А. Трещинообразование в кремниевом стержне большого диаметра [Текст] / О. А. Кисарин, В. Н. Яркин, Ю. В. Реков, И. Ф. Червоный // *Металлургия*. — Запорожье: ЗГИА, 2010. — Вып. 21. — С. 125–131.
4. Криворучко, Н. П. Температурный режим поточной линии электролиза магния титанового производства [Текст] / Н. П. Криворучко, Д. В. Бачурский, И. Ф. Червоный, Д. М. Хабров, Е. А. Матвеев, Е. П. Щербань // *Металлургия*. — 2012. — Вып. № 1(26). — С. 58–61.
5. Червоный, И. Ф. Порционно-периодическая подача магния в процессе магнетермического восстановления тетрахлорида титана [Текст] / И. Ф. Червоный, Д. А. Листопад, В. И. Иващенко и др. // *Металлургия*. — Запорожжя: РВВ ЗДІА, 2009. — Вып. 20. — С. 63–70.
6. Scrap Metal Prices For Steel [Electronic resource]. — Available at: \www/ URL: <http://scrapinasnapshop.com/scrap-metal-prices-for-steel/>. — 05.10.2013.
7. Process technology followed for sponge iron [Electronic resource]. — Available at: \www/ URL: http://www.ecacwb.org/editor_upload/files/Process%20Technology.pdf. — 05.10.2013.
8. Цыганкова, О. В. К вопросу о прецизионном огневом рафинировании меди из вторичного сырья [Текст] / О. В. Цыганкова, И. Ф. Червоный, С. Г. Егоров // *Металлургия*. — 2012. — Вып. 3(28). — С. 79–83. — ISSN 2071-3789.
9. Шульга, В. О. Физико-химический анализ процесса раскисления стали [Текст] / В. О. Шульга, И. Ф. Червоный, С. Г. Егоров, В. П. Грицай // *Металлургия*. — 2012. — Вып. 3(28). — С. 38–42.
10. Шульга, В. О. Об эффективности комплексного раскисления стали [Текст] / В. О. Шульга, И. Ф. Червоный, С. Г. Егоров, В. П. Грицай, О. И. Казачков // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. — 2012. — № 6/1(60). — С. 33–37.

11. Аменова, А. А. Качественные показатели стали RR St 37-2 раскисленной комплексным ферросплавом ферросиликоалюмобарием [Электронный ресурс] / А. А. Аменова, А. Х. Нурмугалиев, Д. У. Смагулов. — Режим доступа: \www/ URL: <http://vestnik.kazntu.kz/files/newspapers/46/1324/1324.pdf>. — 20.09.2012.
12. Pat. US6511553 United States. Int. Cl⁷ C22C 3S/06; C22C 38/14. Steel for steel excellent in workability and method of deoxidizing same [Electronic resource] / Junji Nakashima, Takashi Sawal, Mitsuo Uchimura, Wataru Yamada, Shigenori Tanaka, Yasuharu Sakuma, Akinobu Murasato. — Date of Patent: Jan. 28, 2003. — Available at: \www/ URL: <http://www.google.ru/patents/US6511553>. — 20.09.2013.
13. Pat. US5868875. Int. Cl⁶ C21D 8/02; C22C 38/28. Non-ridging ferritic chromium alloyed steel and method of making [Electronic resource] / Eizo Yoshitake, Alan R. McKague. — Date of Patent: Feb. 9, 1999. — Available at: \www/ URL: <http://www.google.com.ua/patents/US5868875>. — 20.09.2013.
14. Явойский, А. В. Научные основы современных сталеплавильных процессов [Текст] / А. В. Явойский, П. С. Харлашин, Т. М. Чаудри. — Мариуполь, 2003. — 276 с.
15. Химическое сродство элементов к кислороду [Электронный ресурс] / Украинская Ассоциация Сталеплавильщиков. Информационный портал о черной и цветной металлургии. — Режим доступа: \www/ URL: <http://uas.su/glossary/eng/C/chemicalaffinity.php>. — 10.10.2012.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНОГО РОЗКИСЛЮВАННЯ СТАЛІ

Наведено результати термодинамічного аналізу процесу знеуглецювання і розкислювання сталі. Досить ефективними є комплексні розкислювачі на основі алюмінію з кремнієм і барієм. При цьому встановлена можливість підвищення ефективності комплексу на основі металу із слабкішою спорідненістю до кисню з металів з сильнішою спорідненістю до кисню з ряду спорідненості.

Ключові слова: сталь, розкислювання, фізико-хімічний аналіз, кисень, спорідненість до кисню, рівновага хімічних реакцій.

Шульга Віктор Олегович, аспірант, кафедра металургії кольорових металів, Запорізька державна інженерна академія, Україна, e-mail: rot44@yandex.ru.

Шульга Віктор Олегович, аспірант, кафедра металургії кольорових металів, Запорізька державна інженерна академія, Україна.

Shulga Victor, Zaporizhia State Engineering Academy, Ukraine, e-mail: rot44@yandex.ru

УДК 536.2.022

Чейлытко А. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОР ВО ВСПУЧИВАЮЩЕМСЯ МАТЕРИАЛЕ

В работе представлены экспериментальные исследования формирования пор в гидросиликатах. Приведены общие закономерности развития пористой структуры у пеномассы с различными химическими составляющими. Сделаны общие выводы о влиянии примесей и изменения локального влагосодержания в исходной массе на процесс вспучивания материала.

Ключевые слова: пористость, структура материала, теплоизоляционный материал, вспучивание.

1. Введение

Вспученные гидросиликаты и гидроалюмосиликаты широко применяются в различных областях энергетической и строительной промышленности. Вспучиванием исходной пеномассы получают пеностекло, газобетоны, керамзит, пенобетоны, теплоизоляцию на основе кремнезема и т. д. Они обладают превосходными высокотемпературными теплоизоляционными и теплозащитными свойствами. Данные материалы служат отличным тепловым барьером и наилучшим из имеющихся средством защиты от пожаров и воздействий тепловой энергии при высокотемпературных технологических процессах.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Во время выполнения и рассмотрения технологии получения любого из данных материалов, а также на основании проведенных ранее экспериментов [1, 2], можно сделать вывод, что существует зависимость между теплофизическими свойствами пористого материала и режимами его вспучивания. Также было установлено, что большое влияние на теплопроводность материала

имеют количественные и качественные показатели пористости [1, 2] материала, и в меньшей мере химический состав материала.

Во многих исследованиях пористых материалов [1–5] не достаточно уделяется внимание самому образованию поры при вспучивании исходной пеномассы. Отсутствуют данные о конечных пористых структурах вспучивающихся гидросиликатов [4–7].

Экспериментальные данные, как исследовательские, так и производственные, по оптимальным условиям вспучивания также различны, так как нет теории, обобщающей физические процессы, происходящие при формировании пористости. К примеру, подогрев вспучивающейся исходной смеси пеностекла до температуры спекания (690 °С) рекомендуют проводить как 70 минут, так и 15 минут [4].

Среди имеющихся теоретических данных по формированию пор можно отметить исследования Демидовича [3], в которых говорится что, созданием равномерной пористости необходимо свести температурный градиент к минимуму, а также необходимо соблюдать однородную вязкость в материале. Температурный градиент сводится к минимуму или за счет более медленного разогрева печи с материалом, или за счет уменьшения теплового сопротивления. Тепловое