

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский государственный индустриальный университет

Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

15 – 16 ноября 2017 г.

Труды
XX Международной научно-практической конференции
Часть 2

Новокузнецк
2017

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянец, д.т.н., профессор А.В. Феоктистов,
д.т.н., профессор Г.В. Галевский, д.ф.-м.н., профессор В.Е. Громов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., профессор Н.А. Козырев,
к.т.н., профессор С.Г. Коротков, к.т.н., доцент С.В. Фейлер

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XX Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. Е.В. Протопопова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 474 с., ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения, рециклинга и экологии в металлургии.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-20433.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
ОАО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

НЕРАВНОВЕСНЫЕ ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ И УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА В СТРУЙНО-ЭМУЛЬСИОННОМ АГРЕГАТЕ

Цымбал В.П., Сеченов П.А., Рыбенко И.А., Оленников А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, tsymbal33@mail.ru*

Аннотация: Рассмотрены принципы создания самоорганизующегося струйно-эмульсионного реактора (СЭР), основой которых является организация вынужденного движения двухфазной рабочей (реакционной) смеси в замкнутой системе под давлением, что позволило создавать значительное отклонение от термодинамического равновесия и получать неравновесные диссипативные структуры. Показана роль диссипативных структур в решении задач управления химическим составом металла, а также в создании процесса и агрегата, имеющего малый удельный объем и энергоемкость.

Ключевые слова: диссипативные структуры, принципы, струйно-эмульсионный реактор, удельный объем, энергоемкость.

NON-EQUILIBRIUM DISSIPATIVE STRUCTURES AND MANAGEMENT OF CARBON CONTENT IN A JET-EMULSION AGGREGATE

Tsymbal V.P, Sechenov P.A, Rybenko I.A, Olennikov A.A

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, tsymbal33@mail.ru*

Abstract: The principles of creating a self-organizing jet-emulsion reactor (SIR) are considered, the basis of which is the organization of forced motion of a two-phase working (reaction) mixture in a closed system under pressure, which allowed creating a significant deviation from thermodynamic equilibrium and obtaining non equilibrium dissipative structures. The role of dissipative structures in solving problems of controlling the chemical composition of the metal, as well as in creating a process and an aggregate having a small specific volume and energy capacity is shown.

Keywords: dissipative structures, principles, jet-emulsion reactor, specific volume, energy intensity.

Введение

Исследования, направленные на создание непрерывных металлургических процессов, особенно интенсивно велись в 70 – 80-ых годах прошлого столетия. В сборнике докладов [1], целиком посвященном разработке непрерывных процессов, представлены агрегаты с последовательно соединенными ваннами, процессы конвертерного типа и др. Особый интерес представляют исследования по струйно-эмульсионным процессам, весьма ценные результаты которых не потеряли значение и в настоящее время. А.М. Бигеев, вложивший большой вклад в разработку непрерывного сталеплавильного процесса [2, 3], важным и необходимым преимуществом такого процесса, наряду с отсутствием промежуточных потерь энергии и сырья, считал наличие отдельных камер (зон) для реализации необходимых технологических операций (обезуглероживание, обессеривания, обесфосфоривания и др.). Однако, в то время, в связи протеканием процесса близко к состоянию равновесия и, как следствие, низкими скоростями химических реакций, эти камеры получались достаточно громоздкими, а агрегат в целом капиталоемким.

В представляемой статье показано, что одновременное решение задачи управления химическим составом металла и уменьшения удельного объема агрегата достигается путём конструктивной и режимной организации динамических диссипативных структур [4], играющих роль своеобразных «камер», которые планировалось создавать в первоначальных конструкциях агрегатов.

Основные принципы и решения

В основу конструктивной реализации рассматриваемого ниже процесса и агрегата [4, 5] были заложены следующие принципы и решения:

– организация вынужденного движения рабочей (реакционной) смеси в замкнутой системе под давлением, что позволило создавать значительное отклонение от термодинамического равновесия и одновременно решить задачу внутреннего транспорта продуктов реакции через все последова-

тельно соединенные аппараты;

- создание большой реакционной поверхности и двухфазной рабочей смеси (газовзвеси или эмульсии), то есть перевод процесса в область газодинамики, что позволило получить большие скорости физико-химических процессов;

- использование нелинейной зависимости скорости течения двухфазной среды от газосодержания для создания потенциала давления за счет эффекта газодинамического запирания соединительного канала;

- создание диссипативных структур, существенно отклоненных от термодинамического равновесия, что позволило получить большие возможности по управлению химическим составом металла и шлака.

Ниже кратко рассмотрим эти диссипативные структуры [4], со ссылкой на представленную на рисунке 1: зонную модель: 1 – ядро уплотнения; 2 – реактор-осциллятор; 3 – соединительный канал; 4 – динамическая подушка; 5 – относительно плотная газшлаковая эмульсия; 8 – слой жидкого металла; 6,7 – диссипативный гравитационный сепаратор.

1. *Ядро уплотнения* на встречных струях газа (зона 1) позволяет организовать интенсивную диспергацию падающей сверху шихты.

2. *Реактор-осциллятор* (рисунок 2), включающий упомянутую структуру 1, а также зону 2 (газовзвесь, созданную в результате диспергации встречными струями) и соединительный канал 3, играющий роль газодинамического затвора. В результате использования эффекта нелинейной зависимости скорости звука от газосодержания [6] создан реактор-осциллятор, в котором реализована внутренняя обратная связь за счет критического истечения двухфазной среды [4] и влияния давления (по принципу Ле-Шателье-Брауна) на протекании химических реакций с газовыделениями, что приводит к изменению объемного газосодержания в реакторе, а затем к изменению скорости истечения двухфазной среды в соединительном канале 3 по формуле:

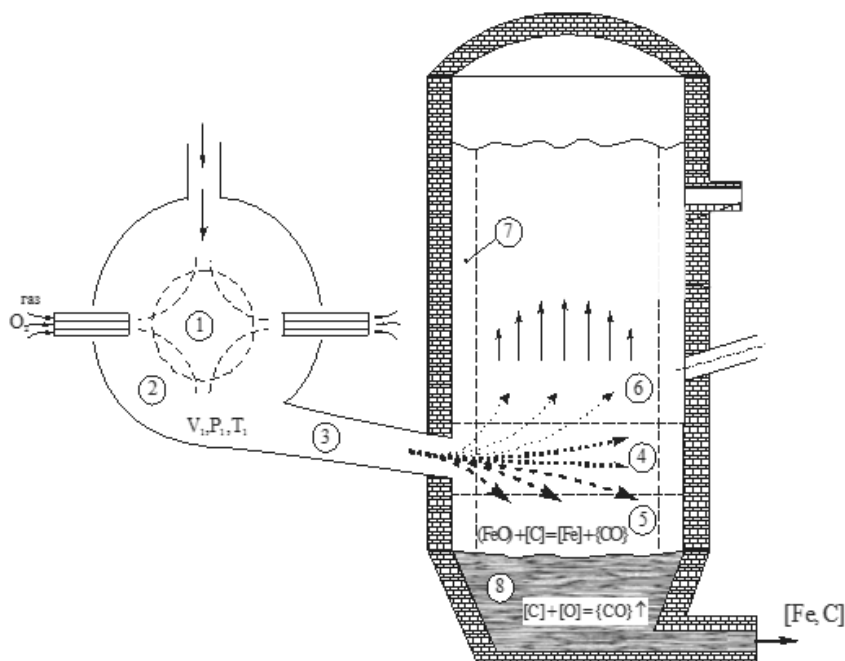


Рисунок 1 – Зонная модель струйно-эмульсионного процесса

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma}}{V_{\Gamma} + V_{\text{КФ}}}, \quad (1)$$

где: V_{Γ} – объем газа, м^3 ;

$V_{\text{КФ}}$ – объем конденсированной фазы, м^3 .

Процесс как бы «бегает» по правой ветви нелинейной зависимости скорости звука c от газосодержания α_{Γ} , представленной на рисунке 3. В результате получена возможность создания стационарного колебательного режима на любом заданном уровне давления. Это важнейшее звено в задаче создания самоорганизующегося процесса.

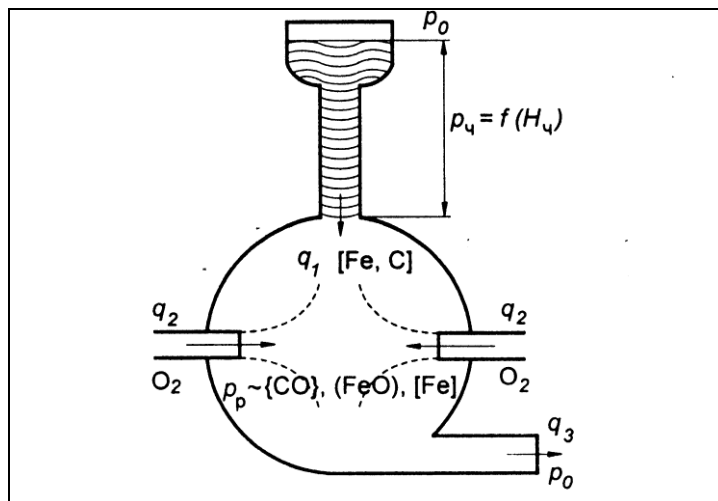


Рисунок 2 – Реактор-осциллятор: p_0 , p_p , p_q – соответственно давление атмосферное, в реакторе и столба шихты; q_1 , q_2 , q_3 – потоки шихты, кислорода и истекающей из реактора двухфазной среды

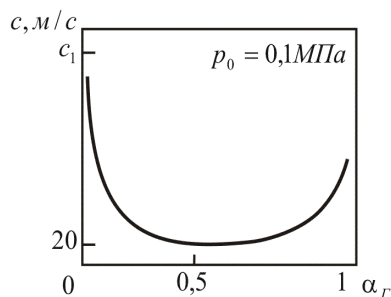


Рисунок 3 – Зависимость скорости звука в водовоздушной смеси от газосодержания

Таким образом, на основе реактора-осциллятора был создан побудитель расхода (своеобразный карбюратор-компрессор), с помощью которого (в сочетании с переводом процесса в область газозвеси и эмульсии) оказалось возможным создать внутренний транспорт рабочей смеси через все элементы агрегата, в том числе через теплоутилизирующие устройства (котел-утилизатор, газовая турбина, кипящий слой, реформатор дыма в синтез-газ). Это позволяет создать условия для глубокого использования энергии исходного топлива.

3. *Динамическая «подушка»*, играющая роль провальной решётки (зона 4), образующаяся в результате превращения кинетической энергии струи, вылетающей из реактора-осциллятора, в потенциальную энергию давления. Эта подушка отделяет и поддерживает зоны 6 и 7, где протекают в основном восстановительные реакции, от зон 5 и 8, где могут протекать, в том числе и окислительные реакции.

4. *Относительно плотная газошлаковая эмульсия* типа сильно вспененного конвертерного или мартеновского шлака в слое, прилегающем к металлу (зона 5). Эта зона может играть решающую роль в процессах самоорганизации в рафинирующем отстойнике, так как здесь находится самая неравновесная составляющая процесса, связанная с большим содержанием оксидов железа в шлаке.

5. *Слой жидкого металла*, зона 8 – предназначена для накопления металла, восстанавливаемого в зоне 6 и опускающегося через зону 5. Следует также подчеркнуть, что на границе зон 5 и 8 могут протекать окислительные реакции, особенно в случае попадания на эту границу относительно крупных кусков, например, руды.

6. *Диссипативный гравитационный сепаратор* (зона 6). Это взвешенный над зоной 4 достаточно высокий слой пенистой газо-шлако-металлической эмульсии, в которой также могут находиться частицы твердых оксидов и углерода. Эта зона занимает подавляющую часть колонного реактора (рафинирующего отстойника). Из-за влияния гравитационной составляющей и близкого к параболическому распределения вектора скорости движения эмульсии в поперечном сечении колонного реактора в нем имеет место сепарация частиц в зависимости от их плотности. Вследствие этого явления, частицы восстановленного железа, имеющие плотность в два-три раза большую, чем частицы оксидов железа, «скатываются» на периферию потока и образуют пристенный слой с отрицательной (об-

ратной) скоростью (зона 7). Это явление наблюдалось нами визуально на физической модели.

Рассмотреть системную модель представленного выше комплекса диссипативных структур [4, 7] в рамках данной статьи не представляется возможным. Но важно отметить, что декомпозиция процесса и его модели в виде совокупности диссипативных структур позволила существенно упростить математическое описание этого сложного процесса. В связи с тем, что внутри каждой диссипативной структуры имеет место самоорганизация, или, по крайней мере, самостабилизация, происходит, по существу, сворачивание информации [8], а структуры обмениваются между собой и с внешней средой только потоками вещества и энергии. Это позволяет строить модели каждой диссипативной ячейки в отдельности и значительно уменьшить количество необходимых связей между элементами (подсистемами).

Ниже кратко коснемся модели лишь одной очень важной структуры, диссипативного гравитационного сепаратора металла, шлака и газа.

Учитывая важную роль отмеченной диссипативной структуры, связывающей все остальные зоны и обуславливающей круговорот веществ в агрегате, для ее воспроизведения и изучения создана имитационная модель [9], в которой в качестве «первых принципов» – элементов нижнего уровня иерархии, выступают дисперсные частицы шихты с реально заданным гранулометрическим распределением. Вид графического интерфейса программы представлен на рисунке 4.

Ядром этой модели является задача обтекания единичной частицы вертикальным потоком несущего реакционного газа. С помощью специально созданного алгоритма и программы на ЭВМ с использованием метода Монте-Карло проигрывается большое число упругих и неупругих столкновений частиц шихтовых материалов и продуктов реакций, с учетом протекающих в них процессов. Разработанная модель, тестируемая на основе результатов большого числа компьютерных статистических испытаний по совпадению с законами сохранения, оказалась достаточно адекватной «виртуальной реальностью» изучаемого процесса). Она позволяет вскрывать внутренний механизм сложных взаимодействий, протекающих в колонном реакторе: оценивать время пребывания в агрегате исходных веществ и продуктов реакций, в том числе металла и шлака; распределение плотности взвешенных дисперсных материалов по высоте агрегата; влияние на ход процесса различных управляющих воздействий, в том числе гранулометрического состава металла, соотношения рудных материалов и топлива-восстановителя и др. Являясь заместителем объекта, эта модель позволяет численным методом решать задачи системной динамики, проигрывать и разрабатывать проектируемые технологии. Более подробно эта модель заслуживает отдельного рассмотрения [9].

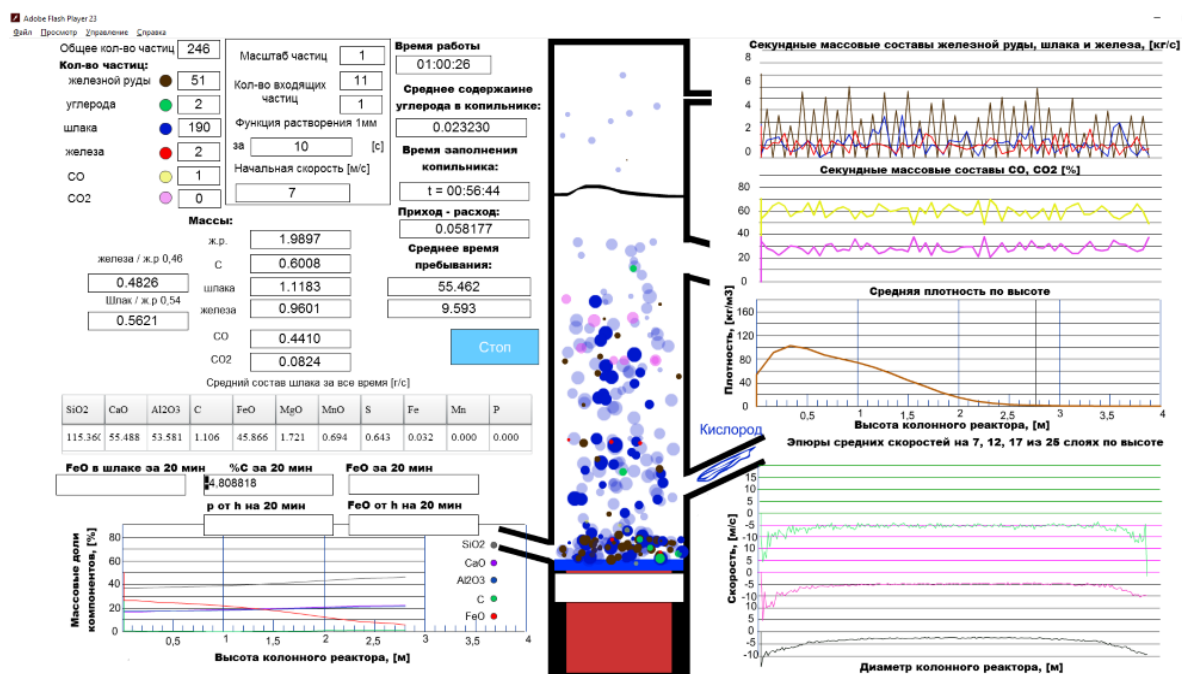


Рисунок 4 – Фрагмент реализации имитационной модели гравитационного сепаратора

Управление химическим составом металла

После знакомства с основными принципами функционирования процесса и ролью диссипативных структур, остановимся на вопросе управления химическим составом металла, прежде всего содержанием углерода [10]. Для этого снова обратимся к зонной модели (рисунок 1). Подчеркнув, что

химические реакции протекают в неравновесных условиях с отводом продуктов реакций, отметим, что реакции восстановления оксидов железа твердым углеродом:



имеют преимущественное развитие в зоне 6 (верх колонного реактора), а реакции с растворенным в металле углеродом:



имеют место на границе зон 5 и 8 (турбулентный слой на границе металл-шлак) и скорость на порядок большую, чем реакции (2-4).

При этом зоны 5 и 8 отделены динамической «подушкой» (зоной 4) от зоны 6.

Долю оксидов железа, перерабатываемых на границе шлак-металл (зоны 5 и 8) можно увеличивать за счет повышения доли более крупных рудных материалов и дополнительного индукционно-го подогрева копильника, а в зоне 6 повышать восстановительный потенциал за счет подачи угля в колонный реактор на верхний уровень газошлаковой эмульсии.

Таким образом, возможность создания описанных выше динамических диссипативных структур при определенных газодинамических режимах позволяет разделять соотношением скоростей восстановительных и окислительных процессов, а, следовательно, и содержанием углерода в получаемом металле.

Конструктивные и технологические особенности агрегата СЭР

Использование описанных выше подходов и принципов позволило создать агрегат с очень малым удельным объемом и энергоемкостью [4, 5, 10]. Технологическая схема и краткое описание агрегата СЭР (самоорганизующийся струйно-эмульсионный реактор) представлено ниже (рисунок 5).

Основу технологической схемы мини-модуля составляют: система подачи шихты 1-5, реактор-осциллятор 6, соединительный канал с газодинамическим самозапираем 7, рафинирующий отстойник 8, одновременно играющий роль первой ступени мокрой газоочистки, копильник 9, а также система гарнисажного охлаждения 10, канал 11 для выдачи газошлаковой эмульсии и канал 12 для перетока части газа, шлакоприемник 13 с гранулятором 14, система утилизации тепла в кипящем слое или реформации дымовых газов в синтез-газ 17 и система газоочистки 18.

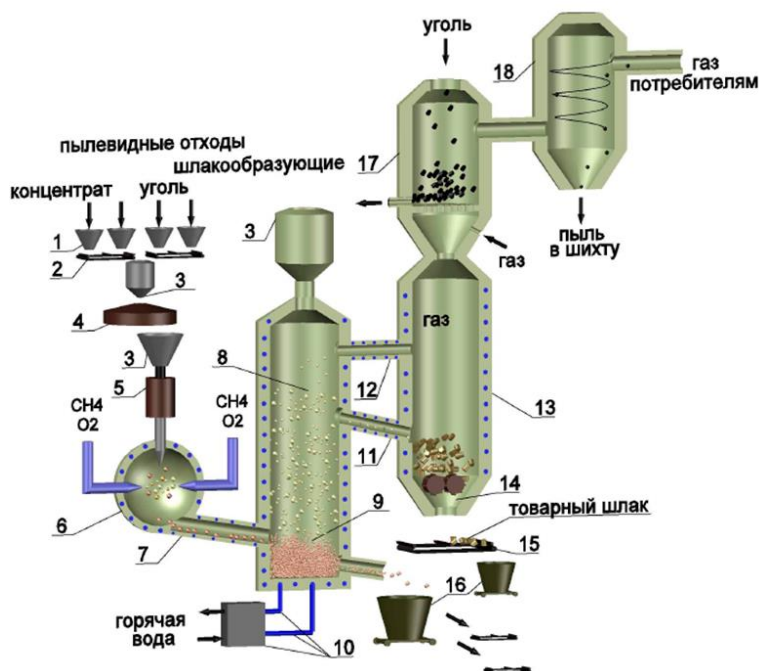


Рисунок 5 – Технологическая схема мини-модуля на основе процесса СЭР

Созданный в реакторе-осцилляторе 6 высокий потенциал давления, а также полная изоляция процесса от атмосферы, позволяет проталкивать продукты реакций через все находящиеся за основ-

ным технологическим агрегатом устройства утилизации энергии без использования высокотемпературных побудителей расхода.

Пылевидная шихта, состоящая из смеси оксидов металлов и твердых восстановителей, эффективно диспергируется в реакционной камере 6. Здесь создается газовзвесь с объемной долей газа порядка 0,99. Вследствие зависимости скорости истечения двухфазной среды от газосодержания (рисунков 3), в соединительном канале 7 образуется аэродинамически запираемый затвор (торможение струи), а в сочетании с обратной связью по газосодержанию (за счет изменения условий протекания химических реакций, а также условий подачи в реактор шихты и кислорода) имеется возможность создавать стационарный колебательный режим (самоорганизующийся реактор-осциллятор).

Использование в качестве рафинирующего отстойника вертикального колонного реактора 8 с нижней подачей через канал 7 реакционной газовзвеси в сочетании с существенным отклонением процессов от термодинамического равновесия является важнейшим фактором, который обуславливает возможность гравитационного разделения потока железоуглеродистого металла, стекающего по периферии колонного реактора и оседающего в копильнике 9, и потока обедненного железом шлака, отводимого по наклонному каналу 11 в шлакоприемник 13.

Резюме

При создании этого агрегата впервые в мировой металлургии [10] была предпринята попытка использования некоторых идей теории самоорганизации (синергетики), таких как принципы подчинения и наименьшего принуждения, большого отклонения от термодинамического равновесия [11] и др. Для реализации этих принципов удалось применить ряд физических эффектов, таких как диспергация шихты встречными струями газа, создание самоорганизующегося реактора-осциллятора за счет использования эффекта критического истечения двухфазного потока и обратной связи по изменению газосодержания продуктов реакций, нижняя подача рабочей смеси из реактора-осциллятора в колонный реактор, организация вынужденного движения и внутреннего пневмотранспорта двухфазной рабочей смеси.

Сочетание этих факторов и мероприятий позволило создать в агрегате динамические диссипативные структуры, что привело к резкому уменьшению удельного объема агрегата (в 10-15 раз) и обеспечило значительную гибкость управления, в том числе соотношением скоростей восстановительных и окислительных реакций, что дает возможность прямого получения металла с достаточно широким диапазоном содержаний углерода. В настоящее время в мире известно несколько десятков создаваемых новых агрегатов для прямого восстановления, но ни в одном из них, включая КОРЕКС, принципиально невозможно получить железо-углеродистый сплав с содержанием углерода ниже 2%, в связи с тем, что процессы в них находятся близко к состоянию равновесия и управлять отдельно составом металла и шлака невозможно.

Ниже (таблица 1) приведено сравнение технико-экономических показателей процесса СЭР с наиболее близким и продвинутым в мире аналогом – агрегатом КОРЕКС.

Таблица 1 – Сравнение технико-экономических показателей процессов СЭР и КОРЕКС

Позиция	Показатели	Процесс КОРЕКС	Процесс СЭР	Преимущество
1	Энергоемкость, ГДж/т	29	15-17	в 1,7 раза
2	Удельный объем, т/м ³ сут.	1,1	11	в 10 раз
3	Капитальные затраты, \$/т.год	350	120-150	в 2,5 раза

Библиографический список

1. Труды совещания «Непрерывные процессы выплавки черных и цветных металлов», 26-28 ноября 1973 г., Академия наук СССР, Научный совет «Физико-химические основы металлургических процессов». – Москва: Наука, 1975 –195 с.
2. Бигеев, А.М. Непрерывные сталеплавильные процессы / А.М. Бигеев. – М.: Металлургия, 1986. – 136с.
3. Бигеев, А.М. Теория и технология плавки стали. Учебник для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. / А.М. Бигеев. – Магнитогорск: МГТУ. 2000. – 344с.
4. Цымбал, В.П. Процесс СЭР – металлургический струйно-эмульсионный реактор / В.П. Цымбал, С.П. Мочалов, И.А. Рыбенко, Р.С. Айзатулов, В.В. Соколов, А.Г. Падалко, В.И. Кожемяченко, С.Ю. Красноперов, К.М. Шакиров, С.Н. Калашников, Л.А. Ермакова, А.А. Оленников, А.М. Огнев, С.В. Щепанов, А.А. Рыбушкин, Е.В. Суздальцев // Под ред. В.П. Цымбала. – М: Металлургиздат, 2014. – 488 с., ил.
5. Цымбал, В.П. Использование принципов самоорганизации и диссипативных структур при

создании нового струйно-эмульсионного металлургического процесса // В.П. Цымбал, В.И. Кожемяченко, И.А. Рыбенко, А.Г. Падалко, А.А. Оленников Сб. тр. XIII Международного конгресса сталеплавателей. – М.: Полевской, 2014. – С. 472-477.

6. Накоряков, В.Е. Волоновая динамика газо- и парожидкостных сред / В.Е. Накоряков, Б.Г. Покусаев, И.Р. Шрейбер. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 248 с.

7. Цымбал, В.П. Имитационное моделирование диссипативных структур в струйно-эмульсионном металлургическом реакторе / В.П. Цымбал, П.А. Сеченов, А.А. Оленников // Моделирование и наукоемкие информационные технологии. – Новокузнецк: СибГИУ, 2016. – С. 52-59.

8. Хакен, Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Г. Хакен. – М.: Мир, 1985. – 419с.

9. Цымбал, В.П. Имитационное моделирование гетерогенного сепаратора в агрегате СЭР и проблема применения уравнения Навье-Стокса / В.П. Цымбал, П.А. Сеченов, А.А. Оленников, А.Г. Падалко // Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XIX Международной научно-практической конференции, 15-16 декабря 2015 г. – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – Ч. 1. – С. 73-80.

10. Tsymbal V.P., Mochalov S. P., Shakirov K. M. Controlling the Composition of the Metal in the Direct Reduction of Dust-Sized Materials and Waste Products in a Jet-Emulsion Reactor. Springer Journals, 2015, Vol. 59, pp 119-125: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11015-015-0070-0>

11. Николис, Г. Самоорганизация в неравновесных системах / Г. Николис, И. Пригожин. – М.: Мир, 1979. – 512 с.

УДК 669.15'782-198:621.365.31

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОТЫ ВАННЫ РУДОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

Кравцов К.И.

*Акционерное общество "Кузнецкие ферросплавы",
Новокузнецк, Российская Федерация, kki-2006@mail.ru*

Аннотация: Исследование механизма повышенного износа футеровки подины рудотермической печи, выплавляющей ферросилиций. Показана необходимость соответствия глубины ванны вводимой мощности. Выявлена взаимосвязь повышенного износа футеровки подины и недостаточной глубины ванны.

Ключевые слова: рудотермическая, печь, футеровка, эксплуатация, геометрические параметры, ферросилиций, износ, подина

OPTIMIZATION OF SAF BATH DEPTH

Kravtsov K.I.

*JSC "Kuznetsk Ferroalloy Works"
Novokuznetsk, Russia, kki-2006@mail.ru*

Abstract: Discussed SAF dimensions basing on data obtained from bath excavation. Shown influence of non-optimal bath depth on lining wear.

Key words: SAF, submerged arc furnace, lining, bath dimensions, lining wear, furnace excavation, ferrosilicon.

Введение

В 2014г. произведен поэтапный разбор ванны печи РКО-20 [1]. На основании данных о состоянии ее футеровки в работе [1] были сделаны выводы о соответствии размера ванны вводимой мощности.

1. Состояние футеровки печи

Активная мощность печи составляла 16,5 МВт. Ток электрода 65 кА, диаметр электрода 1200 мм. Печь выплавляла ферросилиций марок ФС65 и ФС75, перед остановкой – только ФС75.

При обследовании футеровки печи обнаружено, что наибольший износ подины отмечен под электродами, стен - напротив электродов. Футеровка вне активной зоны плавления шихты сохранилась практически полностью.

Строение ванны печи приведено на рисунках 1-2.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	4
КОНВЕРТЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ: СОСТОЯНИЕ, ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ПРОГНОЗЫ	4
Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Фейлер С.В., Ганзер Л.А., Калиногорский А.Н. ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ.....	9
Протопопов Е.В., Числавлев В.В., Фейлер С.В. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАВКИ МАРГАНЦА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО	14
Рожихина И.Д., Нохрина О.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ЧУГУНА И МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА В ШИХТЕ ЭЛЕКТРОПЛАВКИ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ	18
Уманский А.А., Думова Л.В. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ СЫРЬЯ (АПС).....	23
Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Кузаков А.А. Пьянкин А.П., Тимкина Е.В., Пинаев А.А. О ГРАФИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ	29
Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАНАДИЯ В СИСТЕМЕ $V_2O_5 - C - Si$	35
Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	39
Уманский А.А., Думова Л.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НА АГРЕГАТЕ «КОВШ-ПЕЧЬ» С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	44
Уманский А.А., Козырев Н.А., Бойков Д.В., Думова Л.В. ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МАРГАНЦА В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	48
Дмитриенко В.И., Протопопов Е.В., Дмитриенко А.В., Носов Ю.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБРЫЗГИВАНИЯ ШЛАКА В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ.....	51
Синельников В.О., Калиш Д., Шуцки М. ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НА УКП ОСНОВНЫХ БОРСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ КОВШЕВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	56
Бабенко А.А., Жучков В.И., Смирнов Л.А., Сычев А.В., Сельменских Н.И., Уполовникова А.Г. НЕРАВНОВЕСНЫЕ ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ И УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА В СТРУЙНО-ЭМУЛЬСИОННОМ АГРЕГАТЕ	61
Цымбал В.П., Сеченов П.А., Рыбенко И.А., Оленников А.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОТЫ ВАННЫ РУДОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ	67
Кравцов К.И. ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АЛЮМИНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «АЛЮМИНЦИК».....	71
Мартусевич Е.А., Буинцев В.Н. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ИНЖИНИРИНГ МЕТАЛЛУРГИЯ» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ШИРОКОГО КРУГА ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ	75
Рыбенко И.А. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДАЧИ ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ В КРИСТАЛЛИЗАТОР МНЛЗ.....	82
Гусев А.А., Царуш К. А., Лицин К.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР И СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ	85
Сеченов П.А., Цымбал В.П.	

ГАЗОФАЗНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ХРОМУРУДНОГО СЫРЬЯ.....	90
Заякин О.В., Жучков В.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДОМЕННОГО ПРОЦЕССА В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА	92
Гилева Л.Ю., Мясоедов С.В., Загайнов С.А., Титов В.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НОВОГО НЕПРЕРЫВНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЭР	97
Рыбенко И.А., Цымбал В.П. ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАФИНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА АРГОНОМ	101
Лубяной Д.А., Толстикова Ю.А., Черепанов А.Г. МЕТОД И ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ И СОЗДАНИИ НОВЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	107
Рыбенко И.А. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ В ХОДЕ КАМЕРНОГО ВАКУУМИРОВАНИЯ СТАЛИ	113
Сафонов В.М., Еланский Д.Г., Кислица В.В., Мурысев В.А., Мороз Д.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФЕРРОСИЛИЦИДОВЫХ ПЕЧЕЙ И ХАРАКТЕРИСТИК ПЕЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	116
Кашлев И.М.	

СЕКЦИЯ 2: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА 124

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ УСКОРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ.....	124
Громов В.Е., Белов Е.Г., Коновалов С.В., Комиссарова И.А., Иванов Ю.Ф. КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ БОРА И АЗОТА НА ОБРАТИМУЮ ОТПУСКНУЮ ХРУПКОСТЬ.....	128
Мазничевский А.Н., Сприкут Р.В., Заславский А.Я., Гойхенберг Ю.Н. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛИБРОВАННЫХ ПРУТКОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 6082	134
Сидельников С.Б., Берсенов А.С., Загиров Н.Н., Беспалов В.Н. РЕЖИМ СТАРЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ ПОРШНЯ ИЗ СПЛАВА ТИПА АК21	140
Прудников А.Н., Прудников В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ В ЗОНЕ КОНТАКТА НИКЕЛЯ И АЛЮМИНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ	144
Анфилофьев В. В., Шелепова С. Ю., Туякбаев Б. Т., Джес А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХОЛОДНОКАТАНЫХ, ОТОЖЖЕННЫХ И СВАРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ОПЫТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL-MG, ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫХ СКАНДИЕМ	149
Баранов В.Н., Сидельников С.Б., Фролов В.Ф., Зенкин Е.Ю., Орелкина Т.А., Константинов И.Л., Ворошилов Д.С., Якивчук О.В., Белоконова И.Н. КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛИ 110Г13Л ПОСЛЕ ТЕРМООБРАБОТКИ	154
Балановский А.Е., Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И. РАЗРАБОТКА НОВОЙ СИСТЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНТЕЙНЕРА В УСТАНОВКЕ КОНФОРМ.....	159
Горохов Ю.В., Губанов И.Ю., Иванов А.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ В ШТАМPE С ПОДВИЖНОЙ МАТРИЦЕЙ	165
Евстифеев В.В., Александров А.А., Евстифеев А.В., Ковальчук А.И. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВ КАТАНКИ ИЗ СПЛАВА АВЕ С ПОМОЩЬЮ СОВМЕЩЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ	169
Сидельников С.Б., Лопатина Е.С., Клейменова Ю.Ю., Самчук А.П., Терентьев А.А.	

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА И ТЕРМООБРАБОТКИ	174
Попова М.В., Малюх М.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СТАЛИ СТЗ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ	181
Балановский А.Е., Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И. АКТИВНОСТЬ МАГНИЯ В РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ FE-MG-SI	187
Власов В.Н., Агеев Ю.А. ОСОБЕННОСТИ ЗАТУХАНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В СТАЛИ 20ГЛ	191
Каравайцева А.А., Квеглис Л.И., Павлов А.В. РАСЧЕТ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ, ВЫДЕЛЯЮЩЕЙСЯ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ РАСПЛАВА	196
Рафальский И.В., Луцки П.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ГВС МЕТОДОМ ВОЛОЧЕНИЯ ИЗ СПЛАВА БРБ2	200
Сидельников С.Б., Бер В.И., Вагнер А.В., Дударев В.М., Семиряков М.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ БОРОАЛИТИРОВАНИЯ НА ТОЛЩИНУ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ НА СТАЛИ 20	206
Мишигдоржийн У.Л., Улаханов Н.С., Сизов И.Г., Шурыгин Ю.Л., Хараев Ю.П. РАЗРАБОТКА СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ПРОКАТКИ ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ В НЕПРЕРЫВНОЙ РЕВЕРСИВНОЙ ГРУППЕ КЛЕТЕЙ	211
Сметанин С.В., Перетягтько В.Н. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОРЯЧЕКАТАНОЙ ДРЕССИРОВАННОЙ ЛЕНТЫ	216
Медведева Е.М., Голубчик Э.М., Гулин А.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОКИЛЬНОГО ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	221
Васюхно А.Ю., Черномас В.В. ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ	230
Балановский А.Е., Гречнева М.В., Ву Ван Хун, Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И.	

СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

ОКИСЛЕНИЕ НАНОДИБОРИДА ТИТАНА НА ВОЗДУХЕ	235
Галевский Г.В., Руднева В.В., Ефимова К.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЛЮС-ДОБАВОК ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ СТАЛИ	241
Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Кислов А.И., Свистунов А.Д. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ WO_3 УГЛЕРОДОМ И КРЕМНИЕМ	245
Крюков Р.Е., Козырев Н.А., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Шурупов В.М. АНТИФРИКЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА БАЗЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С КЕРАМИЧЕСКИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ	249
Калашников И.Е., Болотова Л.К., Кобелева Л.И., Колмаков А.Г., Катин И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА КАРБИДА КРЕМНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ	254
Квашина Т.С., Крутский Ю.Л., Чушенков В.И. ВЛИЯНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ ДОБАВОК ТУГОПЛАВКИХ КАРБИДОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ	257
Крутский Ю.Л., Веселов С.В., Тюрин А.Г., Черкасова Н.Ю., Кузьмин Р.И., Чушенков В.И., Воробьев Р.С., Квашина Т.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФАЗЫ Ni_3Al ПРИ СПЕКАНИИ ПОРОШКОВ Ni И Al	262
Джес А.В., Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Казначеева А.М.	

КЛАСТЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА.....	267
Джес А.В., Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Казначеева А.М. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ.....	273
Вотинова Е.Б., Шалимов М.П., Табатчиков А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ СТРУКТУРЫ СИЛУМИНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНЕСЕНИЕМ НА ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ $Al-Y_2O_3$ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ.....	277
Осинцев К.А., Бахриева Л.Р., Бутакова К.А., Мусорина Е.В., Коновалов С.В., Загуляев Д.В., Громов В.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ СТРУКТУРЫ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА BT1-0, СФОРМИРОВАННЫХ ПОСЛОЙНЫМ СПЕКАНИЕМ ПОРОШКОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ НАПЛАВЛЕНИЕМ.....	283
Батрагин А.В., Федоров В.В., Клименов В.А., Клопотов А.А., Абзаев Ю.А., Волокитин Г.Г., Курган К.А. ЦИРКУЛЯЦИЯ ЙОДИДОВ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА ПРИ ДИФФУЗИОННОМ ХРОМИРОВАНИИ.....	288
Христюк Н.А. Богданов С.П. ПОЛУЧЕНИЕ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭПФ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	293
Насакина Е.О., Байкин А.С., Конушкин С.В., Сергиенко К.В., Каплан М.А., Федюк И.М., Севостьянов М.А., Колмаков А.Г., Клименко С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ КАРБИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА КАЧЕСТВО ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ WC-CO.....	295
Чушенков В.И., Крутский Ю.Л., Квашина Т.С. РАШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРУЮЩИХ ФЛЮСОВ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КРЕМНИЯ.....	300
Иванчик Н.Н., Балановский А.Е., Кондратьев В.В., Сысоев И.А., Карлина А.И. ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА $Al + 2,18\% Fe$ В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ.....	305
Ганиев И.Н., Джайлоев Дж.Х., Амонов И.Т., Эсанов Н.Р. ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ФАЗОВОГО ИЗМЕНЕНИЯ СПЛАВА И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ НА НАПРЯЖЕНИЕ И СВОЙСТВА СЛОЯ ПОКРЫТИЯ.....	311
Шувень Сюй, Сичжан Чен ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СИЛУМИНА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОКСИДОМ ИТТРИЯ.....	318
Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Загуляев Д.В., Толкачев О.С., Петрикова Е.А., Коновалов С.В. ФОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПОРИСТОСТИ ВО ВРЕМЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ДВУХФАЗНЫХ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЕЙ DP780.....	321
Хуанг Л., Чэнь С., Коновалов С., Ма Х. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА СПЛАВА И ЕГО РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НА НАПРЯЖЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ.....	327
Зиу С., Чэнь С. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КАРБИДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМАХ $Ti - C - N - H$, $Ti - O - C - N - H$	334
Гарбузова А.К., Галевский Г.В., Руднева В.В. О КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БИНАРНОГО СПЛАВА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ТУГОПЛАВКИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ.....	338
Черепанов А.Н., Черепанова В.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СВАРКИ ДЛИННОМЕРНЫХ РЕБРИСТЫХ ТИТАНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ НА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ УСП-5000.....	344
Григорьев В.В., Бахматов П.В. ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ АЛЮМИНИЕВОГО ТРУБОПРОВОДА НА ПОРООБРАЗОВАНИЕ.....	350
Ващук И.А., Бахматов П.В. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ПРИ СВАРКЕ ПЛАВЛЕНИЕМ.....	358
Чинахов Д.А., Солодский С.А., Майорова Е.И., Григорьева Е.Г.	

СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ.....	363
ОБРАЗОВАНИЕ И ВЫБРОСЫ ДИОКСИДА СЕРЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ.....	363
Галевский Г.В., Минцис М.Я. СОКРАЩЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ НА ТЭЦ С ПЕРЕВОДОМ ОТОПЛЕНИЯ КОТЛОВ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО	366
Коротков С.Г., Сазонова Я.Е. К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	369
Прошунин Ю.Е., Школлер М.Б. ЭМИССИЯ ПАУ ИЗ САМООБЖИГАЮЩИХСЯ АНОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ.....	375
Минцис М.Я., Галевский Г.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ГАЗООЧИСТНЫХ УСТАНОВОК ОК РУСАЛ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ ЭЛЕКТРОЛИЗЁРОВ С САМООБЖИГАЮЩИМСЯ АНОДОМ.....	377
Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Шемет А.Д., Высотский Д.В., Кузаков А.А., Тенигин А.Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРЕЛКЕ СО ВСТРОЕННЫМ РАДИАЦИОННЫМ РЕКУПЕРАТОРОМ.....	383
Стерлигов В.В., Стариков Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИЛИКОМАРГАНЦЕВОГО ШЛАКА	388
Павлович Л.Б., Исмагилов З.Р., Дятлова К.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ КОКСОХИМИИ	394
Полях О.А., Пономарев Н.С., Журавлев А.Д. ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЛОГЕНОСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	398
Гимпелевич И., Мегидов Е., Мишне И., Рам Ш., Шимон Ю. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКРЕМНЕЗЕМА.....	401
Кондратьев В.В., Колосов А.Д., Горовой В.О., Небогин С.А., Ёлкин К. С., Немаров А.А., Иванов А.А. ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ ОКАЛИНЫ ПРОКАТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ	406
Горшкова О. С., Матюхин В. И. СИСТЕМА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА СИЛИКАТНОЙ СТРУИ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ.....	409
Волокитин Г.Г., Скрипникова Н.К., Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. УСКОРЕННАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТХОДОВ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ	412
Водолеев А.С., Бердова О.В., Юмашева Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ.....	417
Коляда Л.Г., Тарасюк Е.В. ТЕПЛОВАЯ РАБОТА ВОДООХЛАЖДАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭДП.....	421
Корнеев С.В., Трусова И.А. О ТЕХНОЛОГИЯХ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	427
Ёлкин К.С., Ёлкин Д.К., Карлина А.И. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУХОЙ СЕПАРАЦИИ МИКРОКРЕМНЕЗЁМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ	432
Кондратьев В.В., Небогин С.А., Колосов А. Д., Горовой В.О., Немаров А.А., Иванов А.А., Запольских А.С.	432
НАПРАВЛЕНИЯ СОКРАЩЕНИЯ РАСХОДА ФТОРИСТЫХ СОЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ	436
Ржечицкий Э.П., Петровский А.А., Немчинова Н.В., Карлина А.И. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЧЛЕНЕНИЯХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР	439
Никитин А.Г., Абрамов А.В.	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	443
Зими́на Т.И., Ива́нов Н.Н., Захаров С.В., Трошина А.О., Паньков А.М.	
РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА	446
Ершов В.А., Зими́на Т.И., Говорков А.С., Ива́нов Н.А., Захаров С.В., Трошина А.О.	
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ РЕЗАНИЯ НА НОЖНИЦАХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОГНУТОЙ ПОЛОСЫ	449
Никитин А.Г., Демина Е.И.	
СОСТАВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ЧАСТИ ОТРАБОТАНОЙ ФУТЕРОВКИ – ОТХОДА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ	452
Ржечицкий Э.П., Петровский А.А., Немчинова Н.В.	
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПЛАЗМЕННЫХ ПЕЧАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ	457
Девятых Е.А., Девятых Т.О., Швыдкий В.С.	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАВОДОВ	461
Ершов В.А., Зими́на Т.И., Колмогорцев И.В., Горовой В.О., Трошина А.О.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЙ РАБОТЫ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ БАРАБАННОГО ТИПА.....	464
Черемискина Н.А., Щукина Н.В., Лошкарев Н.Б., Лавров В.В.	

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

Труды XX Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией профессора Е.В. Протопопова

Технический редактор	В.Е. Хомичева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 23.10.2017 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 27,6 Уч.-изд. л. 30,0 Тираж 300 экз. Заказ № 521

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ