

**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

бент) насыщенный фтористыми солями (фторированный глинозём) обратно в производство алюминия. При проектировании технологического газоочистного оборудования используются новые разработки с современной системой автоматизации и мониторинга качества очистки электролизных газов. Применение аварийных линий и возможностей резервирования оборудования позволяют полностью контролировать процесс из операторской, уменьшая время простоя газоочистного оборудования при аварийных ситуациях. Симметричная схема распределения отходящих от электролизёров газов и транспортировки адсорбента внутри блока СГОУ сокращает затраты на покупку дополнительных единиц оборудования. Создавая временный резерв на период замены фильтровальных рукавов или выполнения ремонтных работ, обеспечивает наименьшие площади размещения основного газоочистного оборудования в блоках СГОУ и габаритов застройки. Исполнение газоочистной установки в энергосберегающих конструкциях и использования рекуперации тепла электролизных газов от газоочистного оборудования позволяет максимально снизить риски выхода оборудования из строя при отрицательных температурах в зимний период.

Данная газоочистная установка перспективна в применении при реконструкции действующих и строительстве новых газоочистных установок на заводах отечественного производства алюминия.

С целью улучшения экологических и технико-экономических показателей работы при эксплуатации газоочистной установки ОК РУСАЛ необходимо обеспечение комплексного подхода к вопросу экологии на алюминиевых заводах. Реализация мероприятий по оптимизации технологического процесса электролиза с самообжигающимся анодом со снижением выбросов в корпусах электролиза. Таких как установка систем централизованной раздачи глинозёма, автоматической подачи глинозёма, повышение КПД укрытия электролизёров для улучшения газоудаления.

На стадии разработки проектной документации СГОУ для 3 серии электролиза Иркутского алюминиевого завода специалистами АО «СибВАМИ» была выполнена санитарно-гигиеническая оценка воздействия на окружающую среду. Ожидаемый экологический эффект от внедрения «сухой» газоочистки:

- сокращение суммарных выбросов вредных загрязняющих веществ за счёт увеличения степени очистки в СГОУ более 99 % (существующее ГОУ 95%) составит 96,6%
- уменьшение платы за суммарные выбросы загрязняющих веществ от газоочистного оборудования 3 серии -99,3 %.

Проектная документация строительство «сухой» газоочистной установки для 3 серии электролиза Иркутского алюминиевого завода получила положительные заключения государственной экспертизы и государственной экологической экспертизы.

#### Библиографический список

1. Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я. «Экология и утилизация отходов в производстве алюминия». – Новосибирск, «Наука», 1997г.
2. Буркат В.С., Друкарев В.А. «Сокращение выбросов в атмосферу при производстве алюминия». – Санкт-Петербург, 2005г.
3. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. «Очистка промышленных газов от пыли». – Москва, «Химия», 1981.

УДК 662.9 (083)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРЕЛКЕ СО ВСТРОЕННЫМ РАДИАЦИОННЫМ РЕКУПЕРАТОРОМ

Стерлигов В.В., Старикова Д.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, Россия, schadrintseva.darya@yandex.ru*

**Аннотация:** Излагается идея, конструкция и исследования горелки нового типа для разогрева сталеразливочных ковшей. На физической модели, созданной на основе положений теории подобия, были определены рабочие характеристики плоскостной горелки со встроенным радиационным рекуператором. Были получены данные по аэродинамике и теплопередаче при подогреве воздуха.

**Ключевые слова:** плоскостная горелка, режим теплообмена, рекуперация, физическая модель, теория подобия, радиационный рекуператор.

# MODELING OF THERMAL PROCESSES ON THE BURNER WITH INTEGRATED RECUPERATOR RADIATION

Sterligov V.V., Starikov D.A.

*"Siberian state industrial University",  
Novokuznetsk, Russia, schadrintseva.darya@yandex.ru*

**Abstract:** *The idea, design and research of a new type of burner for heating up steel pouring ladles is outlined. On the physical model, created on the basis of the theory of similarity, the performance of a flat-flame burner with an integrated radiation recuperator was determined. Data were obtained on aerodynamics and heat transfer during heating of air.*

**Keywords:** *Flat flame burner, heat exchange mode, recovery, physical model, similarity theory, radiation recuperator.*

Металлургия, являясь базовой сферой материального производства, содержит многие неизменные фундаментальные технологии, также как новые прогрессивные способы и методы производства металла. Одним из примеров этого тезиса – традиционное производство жидкой стали со все увеличивающимися видами внепечной обработки стали в ковше.

Это приводит к возрастающей роли ковшей, которые из вспомогательных устройств при разливке в изложницы становятся важнейшими конструктивными элементами сталелитейного передела. Отсюда повышенное внимание к различным сторонам работы ковшей – их стойкости, затратами тепла на сушку и разогрев, свойствах огнеупорной кладки и других. Библиография по данному вопросу достаточно большая и начинается достаточно давно.

Анализ тепловой работы ковшей, имеющих отопление объемным факелом, показал возможность интенсификации теплообмена в рабочем пространстве ковша за счет структурных изменений процесса. Нами было предложено [1] вместо факельного отопления, что классифицируется с позиции теплообмена как «равномерно-распределенный радиационный режим» (РРРР) [2], использовать «косвенно-направленный радиационный режим» (КНРР), который дает по сравнению с РРРР увеличение теплового потока на 6-8 %. [3]. Реализация этого способа требует установки плоскопламенных горелок с нагревом крышек, выполненных в виде подвесного свода.

Поскольку в большинстве случаев отвод дыма из ковша не организован, продукты горения выбрасываются в цех, определяя большие потери с уходящими газами. Отбор дыма из ковша при радиальном растекании факела плоскопламенной горелки возможен только из центра, где и установлена горелка. Таким образом, возникает необходимость совмещения сжигания топлива и отвода дыма в одном месте, что составляет основу работы рекуперативной горелки.

Из обзора конструкций рекуперативных горелок известно, что теплоотдача от продуктов горения к нагреваемому воздуху имеет конвективный механизм. При этом для просасывания (отвода) дыма затрачивается дополнительная энергия. Во избежание большого аэродинамического сопротивления на дымовом тракте было предложено отводить дым через центральную трубу горелки со скоростями 8-12 м/с, что потребовало большого диаметра дымоотводящей центральной трубы, служащей для рекуперации.

Это привело к изменению конвективного режима теплообмена в рекуператоре на радиационный режим. Необходимость большого размера дымоотводящего канала с позиции аэродинамики хорошо сочеталась с условиями теплообмена. Известно, что газы излучают объемом [4] и увеличение диаметра дымового канала в рекуператоре на одном из заводов [5] с 50 мм до 150 мм привело к увеличению интенсивности радиационного теплообмена на дымовой стороне в 5 раз.

В результате анализа всех выше приведенных условий было разработано устройство для отопления сталеразливочных ковшей, которое можно характеризовать как новый тип горелки – плоскопламенной рекуперативной со встроенным радиационным рекуператором. Разработанная конструкция горелки была заявлена на получение патента на изобретение. К настоящему времени получен такой патент с приоритетом от декабря 2015 года.

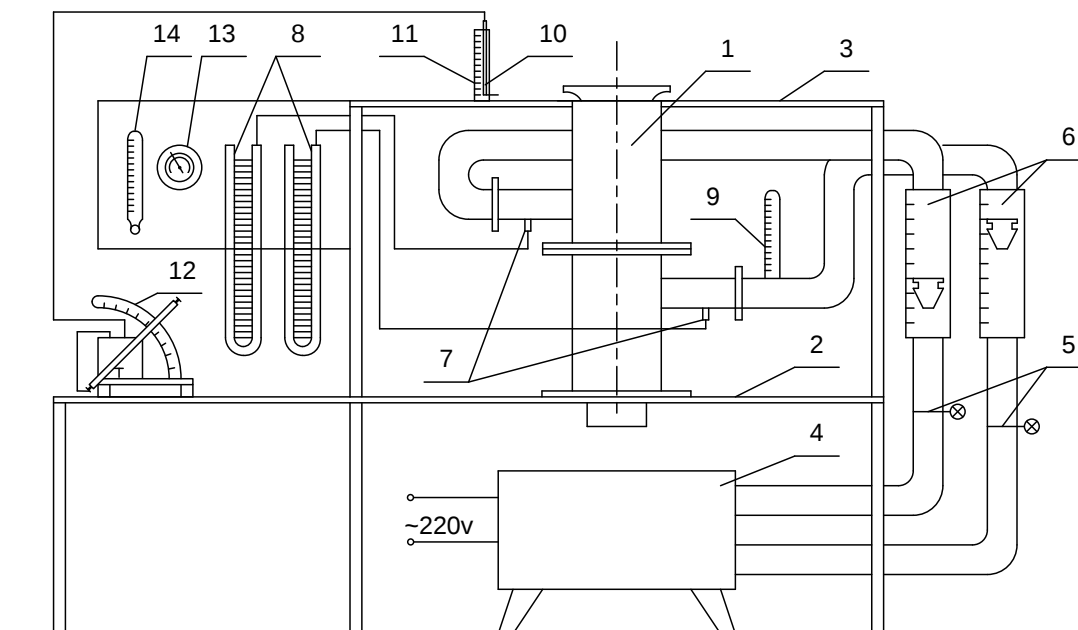
Новая горелка была подвергнута аэродинамическим и теплотехническим испытаниям.

Объем и содержание испытаний определялись как нормативными требованиями [6], так и поставленными задачами при создании горелки.

Для опытных испытаний, представляющих собой физическое моделирование на основе теории подобия [7] была изготовлена в металле модель горелки мощностью  $N = 1050$  кВт, аналог широко распространенной плоскопламенной горелки ГР-750 [6]. Линейный масштаб модели М 1:5 позво-

для рассматривать ее как рабочую горелку мощностью 70 кВт.

В соответствии с положениями теории подобия была создана установка с измерением тех параметров процесса, которые позволяли сформировать числа подобия и рассчитывать их количественные оценки. Схема установки представлена на рисунке 1.



1 – горелка, 2 – стол, 3 – поверхность растекания, 4 – центробежный вентилятор, 5 – заслонки, 6 – ротаметры, 7 – отбор давления, 8 – U-образные манометры, 9 – термометр, 10 – трубка Пито, 11 – штатив, 12 – спиртовой микроманометр, 13 – барометр, 14 – термометр

Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки

Аэродинамические испытания подтвердили возможность создания разомкнутого факела с радиальным растеканием факела от горелки вдоль поверхности, имитирующей кладку. Таким образом, была показана принадлежность новой горелки к классу плоскопламенных, которые используются довольно широко в металлургии.

Большой интерес в разработанной конструкции представляет возможность нагрева воздуха и газа, подаваемых для горения.

Из расчета теплообмена для радиационного рекуператора был определен уровень интенсивности теплопередачи от греющей среды на стенку рекуператора  $q = 45000 \text{ Вт/м}^2$ . При такой интенсивности теплообмена можно достичь нагрева воздуха, подаваемого на горение, до  $300^\circ\text{C}$ , что являлось целью при разработке этой горелки.

Процесс радиационного теплообмена изучался на модели, где излучение передавалось с твердой поверхности нагревателя на поверхность трубы в отличие от реального процесса, где излучение осуществляется от газа (продуктов горения) на поверхность трубы.

Роль нагревателя выполняла поверхность, образуемая проволоочной спиралью, навитой на трубу и расположенной коаксиально поверхности тепловоспринимающей трубы. В соответствии, с методикой, изложенной в [8], тепловой поток в этом идеальном случае выражается уравнением

$$W_{\text{ид}} = \frac{5,76}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт/м}^2 \quad (1)$$

где:  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – степень черноты нагревателя и трубы,  
 $T_1$  и  $T_2$  – их температуры,  $^\circ\text{K}$ .

Из литературы известно, что  $\varepsilon_1 \approx \varepsilon_2 = 0,8$  для окисленного металла [4].

Поскольку невозможно определить точные значения температур, то задача решалась методом последовательных приближений, когда были заданы интервалы изменения  $t_1 = 1000\text{-}1300^\circ\text{C}$ , а для  $t_2 = 400\text{-}600^\circ\text{C}$ .

При температурах  $t_1 = 1150^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 500^\circ\text{C}$  была получена величина  $W_{\text{ид}} = 143742,6 \text{ Вт/м}^2$ .

В таблице 1 приведены варианты расчетов при последовательных приближениях в решении задачи.

Таблица1 - Тепловой расчет нагревателя

|              |          |          |          |                 |          |          |          |
|--------------|----------|----------|----------|-----------------|----------|----------|----------|
| $t_1$        | 1000     | 1050     | 1100     | 1150            | 1200     | 1250     | 1300     |
| $t_2$        | 400      | 400      | 400      | 500             | 500      | 500      | 600      |
| $q (W_{ид})$ | 92965,23 | 109766,7 | 128585   | 143742,6        | 167066,2 | 192889,9 | 212792,2 |
| $W_{эф}$     | 29748,87 | 35125,33 | 41147,19 | <b>45997,63</b> | 53461,19 | 61724,76 | 68093,5  |

С учетом конструкции нагревателя и способа его установки в модели действительная эффективная величина излучения  $W_{эф} = W_{ид} \cdot \alpha_{эф}$ .

Для условий модели  $\alpha_{эф} = 0,32$  и тогда

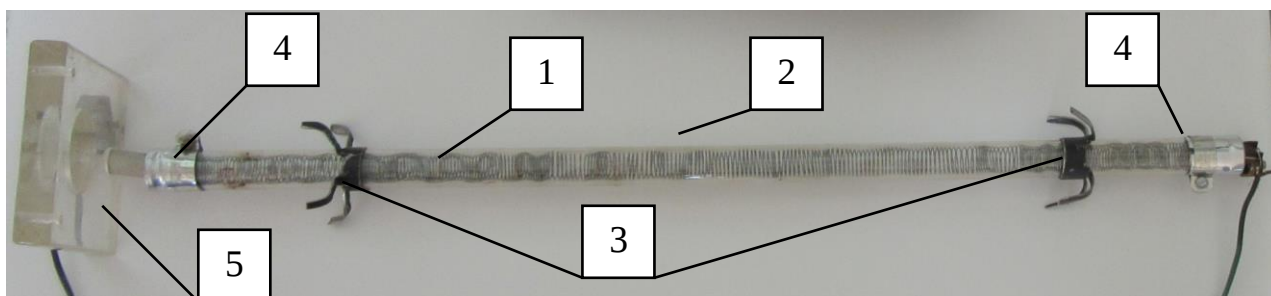
$$W_{эф} = 0,32 \cdot 143742,6 = 45997,6 \text{ Вт/м}^2.$$

Полученное значение тепловой поток  $W_{эф}$  очень близко к рассчитанному ранее уровню интенсивности теплопередачи  $q = 45000 \text{ Вт/м}^2$ .

Для стационарно работающей установки использовали нагреватель (резистор) из сплава ОХ23Ю5А (ЭИ-595), который обеспечивает нагрев до  $1200^\circ\text{C}$  [8, табл. П 7-1] при  $\rho = 1,46 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$  ( $1200^\circ\text{C}$ ).

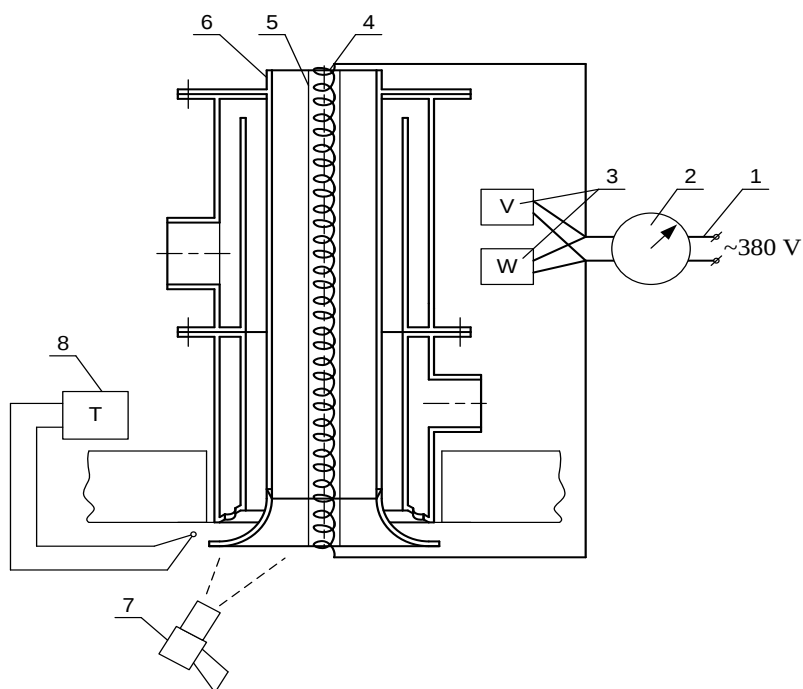
Были определены длина нагревателя  $L = 15 \text{ м}$ , его сопротивление  $R = 30 \text{ Ом}$  и выделяемая мощность  $P = 5 \text{ кВт}$ .

Рисунок 2 представляет собой фотографию нагревателя, а рисунок 3 – место и способ его подключения на модели.



1 – спираль; 2 – кварцевая трубка; 3 – центрующая распорка; 4 – контакты; 5 – упор для трубки

Рисунок 2 - Фотография нагревателя в сборке



1 – щит питания; 2 – трансформатор; 3 – вольтметр и прибор для измерения мощности;  
4 – спираль нагревателя; 5 – кварцевая трубка; 6 – горелка; 7 – радиационный пирометр;  
8 – прибор для измерения температуры

Рисунок 3 - Схема подключения нагревателя и измерительных приборов.

Со щита питания 1 через трансформатор 2 питание подается на спираль 4 нагревателя. Он помещен в кварцевую трубку 5, а она сама закреплена в «дымовой» трубе горелки 6, через которую в реальных условиях будут проходить продукты горения, обеспечивающие подогрев воздуха.

В соответствии с методикой проведения аэродинамических исследований устанавливали расход потока, имитирующий природный газ (в дальнейшем «газ»), а также устанавливали расход воздуха. Измеряли установленную мощность, расходы воздуха и «газа», температура нагревателя и температура потока. Для замера напряжения и мощности использовали приборы 3, а для измерения температуры нагревателя и «дымовой» трубы – радиационный лазерный пирометр «Opris» 7, для замера температуры нагреваемого воздуха установлен преобразователь напряжения (термопара), подсоединяемый к потенциометру с цифровой индикацией «Testo 926».

По результатам замеров рассчитали тепловой баланс и к.п.д. процесса рекуперации. Результаты испытаний представлены и расчетные показатели в таблице 2.

Данные приводятся по средним величинам для 3х дублей (повторений опытов) для 3х разных расходных режимов работы горелки. При выборе дублей использовалась рандомизация методом жеребьевки.

Таблица 2 – Результаты испытаний и расчетные показатели

| Опытные данные                           |        |       |                 |                |                |                        | Расчетные данные       |           |
|------------------------------------------|--------|-------|-----------------|----------------|----------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Расход, $\text{м}^3/\text{с} \cdot 10^3$ |        |       | Температура, °C |                |                | $P_{\text{уст}}$ , кВт | $P_{\text{пот}}$ , кВт | К.П.Д., % |
| №                                        | воздух | «газ» | общий           | $t_{\text{п}}$ | $t_{\text{н}}$ | $t_{\text{ст}}$        |                        |           |
| 1                                        | 6,250  | 1,138 | 7,388           | 287            | 920            | 466                    | 5                      | 2,564     |
| 2                                        | 15,278 | 1,750 | 17,028          | 162            | 970            | 382                    | 5                      | 3,143     |
| 3                                        | 20,555 | 5,778 | 26,133          | 130            | 940            | 294                    | 5                      | 3,765     |

Примечание:  $t_{\text{п}}$  – температура потока,  $t_{\text{н}}$  – температура нагревателя,  $t_{\text{ст}}$  – внутренней стенки дымовой трубы,  $P_{\text{уст}}$  – установленная мощность,  $P_{\text{пот}}$  – потребленная мощность.

Температура потока замерялась на выходе из горелки, поэтому для расчета брали суммарный расход «газа» и воздуха.

Прямые измерения показали возможность радиационного нагрева воздуха, что является новым свойством рекуперативных горелок. Как следует из таблицы 2 воздух можно нагревать до температур от 130 до 287 °C. Это показатель, полученный при условиях моделирования, пересчитанных с показателей реального процесса, показывает работоспособность горелки. Необходимо отметить, что к.п.д. рекуперации при этом получается довольно низкий ( $\eta = 51\%$ ). Этот высший по температуре подогрева воздуха показатель был получен при минимальном расходе воздуха и газа, что при постоянной мощности нагревателя создает высшую температуру стенки, а она уже обеспечивает высокую температуру подогрева.

Из таблицы видно, что с увеличением общего объема воздуха, идущего по газовому и воздушному трактам, температура подогрева снижается. Это можно объяснить тем, что выделяемая мощность остается постоянной, но если ее посчитать на  $1 \text{ м}^3$  проходящего потока, то становится очевидным, что эта величина уменьшается, что приводит к уменьшению подогрева, что можно признать как недостаток моделирования. Но этот недостаток не будет присущ реальному процессу, когда увеличение подаваемого воздуха обеспечивает сжигание большего количества топлива. При этом тепловая мощность горелки будет возрастать. А удельная мощность, приходящаяся на  $1 \text{ м}^3$  воздуха, будет практически постоянна. Этот процесс можно определить как автомоделный, в котором количество тепла дымовых газов, приходящихся на  $1 \text{ м}^3$  воздуха, подаваемого для горения топлива, будет оставаться неизменным.

Таким образом, результаты опытов и их обработки подтверждают выдвинутую гипотезу о возможности радиационного рекуперативного подогрева воздуха, а с другой стороны подтверждает правильность выбранной методики моделирования радиационного теплообмена дымовых газов посредством специального нагревателя в виде металлического резистора, помещенного в кварцевую трубку.

В результате анализа проведенных испытаний можно прийти к выводу о полной работоспособности предлагаемой конструкции горелки и достоверности разработанной методики расчета ее конструктивных и рабочих параметров.

Ведутся переговоры о дальнейших испытаниях промышленной плоскопламенной рекуперативной горелки на природном газе в условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». В результате будет разработан нормализованный ряд горелок для различных металлургических предприятий.

#### Библиографический список

1. Стерлигов В.В., Шадринцева Д.А. Преимущества плоскопламенных рекуперативных горе-

лок при разогреве ковшей // *Металлургия: технологии, управление, инновации, качество: труды XVIII Всероссийской научно-практической конференции / под ред. Е.В. Протопопова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. С. 170-175.*

2. Глинков М.А. Общая теория тепловой работы печей / М. А. Глинков, Г.М. Глинков, - М.: *Металлургия*, 1990, 232 с.

3. Еринов Е.А., Сорока Б.С. Рациональные методы сжигания газового топлива в нагревательных печах. Киев : *Техніка*, 1970. 252 с.

4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. - М.: *Энергия*, 1977. - 430 с.

5. Тебеньков Б.П. Рекуператоры для промышленных печей. М.: *Металлургия*, 1975, - 296 с.

6. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики): Справочное издание / А.А. Винтовкин [и др.]. М.: *Машиностроение-1*, 2001. 496 с.

7. Гухман А.А. Введение в теорию подобия / Гухман А.А. – М.: «Высшая школа», 1973. – 296 с.

8. Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи, в 2х частях / А.Д. Свенчанский. Ч. 1 Учебник для вузов в 2-х ч. - 3-е изд., перераб. - М.: *Энергия*, 1985. - 384 с.

УДК 544.47:669.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИЛИКОМАНГАНЦЕВОГО ШЛАКА

Павлович Л.Б.<sup>1</sup>, Исмагилов З.Р.<sup>2</sup>, Дятлова К.А.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> *Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, Россия, kaf@ercm.sibsiu.ru*

<sup>2</sup> *Институт углехимии и химического материаловедения,  
г. Кемерово, Россия, IsmagilovZR@iccms.sbras.ru*

**Аннотация:** *Исследован отвальный силикоманганцевый шлак Кузбасса в качестве катализатора глубокого окисления. Показана высокая механическая прочность и термостойкость шлака при низкой каталитической активности.*

**Ключевые слова:** силикоманганцевый шлак, рентгеноспектральный анализ, дериватография, петрография, механическая прочность, удельная поверхность, пористая структура, окисление, каталитическая активность.

## STUDY OF CATALYTIC PROPERTIES SILICOMANGANESE SLAG

Pavlovich L.B.<sup>1</sup>, Ismagilov Z.R.<sup>2</sup>, Dyatlova K.A.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> *Siberian state industrial University,*

*Novokuznetsk, Russia, kaf@ercm.sibsiu.ru*

<sup>2</sup> *Institute of coal chemistry and materials chemistry*

*Kemerovo, Russia IsmagilovZR@iccms.sbras.ru*

**Abstract:** *Investigated silicomanganese depleted the slag of Kuzbass as a catalyst of deep oxidation. Shows high mechanical strength and heat resistance of slag with a low catalytic activity.*

**Keywords:** *silicomanganese slag, x-ray analysis, derivatography, petrography, mechanical strength, specific surface area, porous structure, an oxidation catalytic activity.*

Перед человечеством стоят вопросы сбережения энергии, сырья и материалов. В полной мере назрела проблема использования техногенного сырья - отходов собственного производства, значительную часть которых составляют металлургические шлаки. В металлургической промышленности имеет место существенный расход материальных и энергетических ресурсов и высокая степень давления на окружающую среду. Больше половины потребляемых объемов сырья и энергии превращается в отходы. Содержание газообразных выбросов от общего удельного выброса вредных веществ в металлургических процессах составляет 85,4 %, и практически они не очищаются [1]; это связано с характерными особенностями газообразных выбросов черной металлургии: запыленностью; значительными объемами отходящих газов; низкой концентрацией загрязняющих веществ и многообрази-

## СОДЕРЖАНИЕ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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