



# Сборник трудов

## ХVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС

СТАЛЕПЛАВИЛЬЩИКОВ  
И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
МЕТАЛЛОВ



ЕКАТЕРИНБУРГ 2021



Межрегиональная общественная организация  
«Ассоциация сталеплавателей»

ПАО «ТМК» в лице АО «Первоуральский новотрубный завод»

Научный совет по металлургии и металлосведению  
отделения химии и наук о материалах РАН

Государственный научный центр ГК «Росатом» АО «НПО «ЦНИИТМАШ»

# **СБОРНИК ТРУДОВ**

**XVI МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА  
сталеплавателей  
и производителей металла**

**Екатеринбург–Первоуральск,  
25–27 мая 2021 г.**

# ДУГОВАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

*А.Б. Юрьев, Н.А. Козырев, А.Р. Михно, А.А. Усольцев, А.А. Уманский  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный  
университет», г. Новокузнецк, Россия, e-mail: mikno-mm131@mail.ru*

## АННОТАЦИЯ

Проведенными экспериментальными исследованиями показана целесообразность ввода в состав порошковых проволок марок 35В9Х3СФ и 25Х5ФМС, изготовленных с применением техногенных отходов, порошка титана. Подтверждено улучшение параметров микроструктуры, повышение твердости и износостойкости наплавленного слоя металла при увеличении концентрации титана в наплавочных порошковых проволоках в интервале 0,05–0,5%.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Наплавка, порошковая проволока, сварочный флюс, техногенные отходы, микроструктура, неметаллические включения, твердость, износ.

Износостойкость рабочей поверхности прокатных валков является показателем в значительной степени определяющим производительность прокатных станов и качество готового проката. Рабочая поверхность валка в ходе эксплуатации подвергается циклическому механическому и тепловому воздействию. По мере эксплуатации на рабочую поверхность валков налипают металлы, происходит неравномерный износ и образование трещин разгара. Для ремонта стальных валков применяют восстановительно-упрочняющую наплавку сплошной и порошковой проволокой, при этом один комплект валков восстанавливается в среднем от 5 до 10 раз. Для наплавки валков горячей прокатки в АО «ЕВРАЗ ЗСМК» и на других комбинатах традиционно используют наплавочные проволоки марок Нп-30ХГСА, ПП-Нп-35В9Х3СФ, ПП-Нп-25Х5ФМС, ПП-Нп-30Х4В2М2ФС (ПП-АН132).

В Сибирском государственном индустриальном университете с использованием оборудования НПЦ «Сварочные процессы и технологии», ЦКП «Материаловедение» выполнен комплекс работ по совершенствованию наплавочных материалов, технологии наплавки прокатных валков с целью увеличения межремонтных периодов работы прокатных станов, повышения качества проката, сокращения трудоемкости наплавки [1–4]. В данной работе представлены результаты исследований влияния введения в состав порошковых проволок марок 35В9Х3СФ и 25Х5ФМС, изготовленных с применением техногенных отходов, порошка титана на микроструктуру, твердость и износостойкость наплавленного слоя.

Для изготовления порошковых проволок использованы порошкообразные материалы: углеродфторсодержащий материал (пыль газоочистки алюминиевого производства), железный порошок ПЖВ-1 по ГОСТ 9849-86, порошок хрома ПХ-1С по ТУ 14-1-1474-75, порошок марганца МР-0 по ГОСТ 6008-82, порошок кремния КР-1 по ГОСТ 2169-69, молибденовый порошок МПЧ по ТУ 48-19-69-80 порошок никеля ПНК-1Л5 по ГОСТ 9722-97, порошок титана ПТС по ТУ 14-22-57-92.

Варианты составов порошковых проволок, использованных в ходе проведения исследований, представлены в табл. 1. Наплавка образцов осуществлялась с помощью сварочного трактора ASAW-1250 на подложку из стали марки 09Г2С под сварочным флюсом ранее разработанного состава [5, 6] (масс, %: 0,52 FeO; 16,15 MnO; 29,13 CaO; 42,40 SiO<sub>2</sub>; 6,80 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1,39 MgO; 0,18 Na<sub>2</sub>O; 0,59 K<sub>2</sub>O; 0,23 S; 0,022 P; 0,004 ZnO; 0,024 C; 0,32 F; 0,17 TiO<sub>2</sub>; 0,033 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и изготовленным из шлака производства силикомарганца по ТУ 20.59.56.120-001-14796818-2020.

Таблица 1. Компонентный состав порошковых проволок

Маркировка проволоки	Массовая доля элементов, %								
	C	Cr	Mn	Si	V	W	Ni	Mo	Ti
Б1	0,4	3,5	1,10	1	0,40	10,5	0,8	-	0,05
Б2									0,1
Б3									0,3
Б4									0,5
Т1	0,31	5,9	0,9	1,3	0,6	-	0,8	1,4	0,05
Т2									0,1
Т3									0,3
Т4									0,5

Химический состав наплавленного слоя, полученный при использовании порошковых проволок различного состава представлен в табл. 2.

Таблица 2. Химический состав наплавленного слоя

№ образца	Массовая доля элементов, %													
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	W	V	Mo	Al	Nb	S	P
Б1	0,52	1,29	1,96	2,61	0,06	0,04	0,037	8,27	0,32	0,036	0,042	0,003	0,042	0,012
Б2	0,62	1,27	1,97	2,88	0,05	0,04	0,053	8,81	0,34	0,036	0,036	0,005	0,040	0,014
Б3	0,67	1,20	1,98	2,69	0,06	0,04	0,062	8,80	0,34	0,037	0,046	0,003	0,012	0,012
Б4	0,73	1,45	2,05	2,69	0,06	0,04	0,13	8,83	0,40	0,038	0,040	0,002	0,040	0,015
Т1	0,36	0,96	1,21	5,57	0,7	0,08	0,001	-	0,31	1,29	0,024	0,002	0,057	0,023
Т2	0,42	0,9	1,18	5,63	0,72	0,08	0,021	-	0,38	1,37	0,027	0,004	0,055	0,024
Т3	0,41	1,34	1,65	5,89	0,7	0,07	0,064	-	0,34	1,32	0,038	0,003	0,044	0,028
Т4	0,39	0,98	1,24	5,45	0,71	0,05	0,067	-	0,32	1,25	0,038	0,002	0,051	0,029

Металлографический анализ наплавленного слоя проводили с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 после травления поверхности образцов в 4%-ном растворе азотной кислоты. Величину бывшего зерна аустенита определяли по ГОСТ 5639-82 при увеличении  $\times 100$ , методом сравнения с эталонными шкалами. Характеристики структурных составляющих определяли согласно ГОСТ 8233-56 методом сравнения с эталонными шкалами. Исследование наплавленного слоя на наличие неметаллических включений осуществляли в соответствии с ГОСТ 1778-70 при увеличении  $\times 100$  (табл. 3).

Таблица 3. Неметаллические включения наплавленных образцов

№ образца	Загрязненность неметаллическими включениями, балл	
	Оксиды точечные	Силикаты недеформирующиеся
Б1	1а, 2а	1а
Б2	1а, 2а	1а, 2а
Б3	1а, 2а	1а, 2а
Б4	1а, 2а	1а
Т1	2а	4а, 2б
Т2	2а	4а, 1б
Т3	2а	4а, 5б
Т4	2а	4а, 5б

По результатам исследований (рис. 1) в структуре наплавленного слоя металла выявлен мартенсит, сформировавшийся внутри границ бывшего зерна аустенита, небольшое количество аустенита остаточного в виде отдельных участков и тонкие прослойки  $\delta$ -феррита. Также в микроструктуре образцов присутствует карбидная сетка.

Установлено, что увеличение содержания титана в наплавленном слое способствует уменьшению размера игл мартенсита, а также уменьшению размера бывшего зерна аустенита. В микроструктуре образцов присутствует среднеигльчатый и мелкоигльчатый мартенсит.

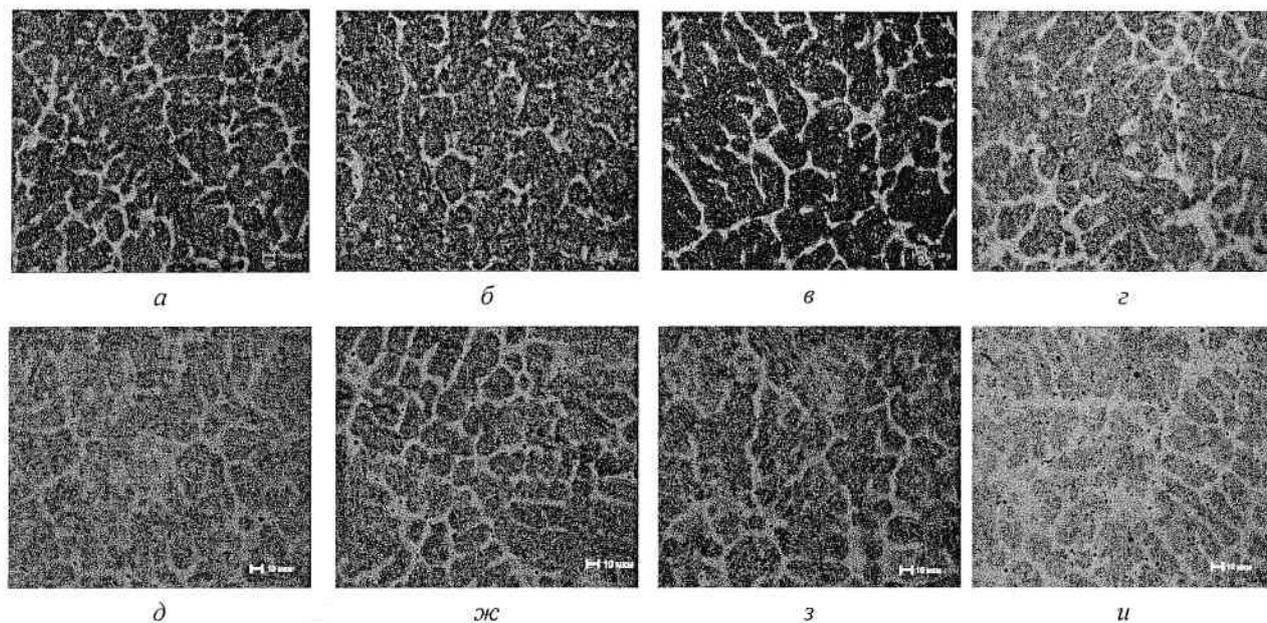


Рис. 1. Микроструктура наплавленного слоя металла,  $\times 500$ : а – образец Б1; б – образец Б2; в – образец Б3; г – образец Б4; д – образец Т1; ж – образец Т2; з – образец Т3; и – образец Т4

Установлено (табл. 3), что загрязненность наплавленного слоя неметаллическими включениями не зависит от содержания титана в наплавленном слое; при этом загрязненность наплавленного слоя силикатами недеформирующимися для порошковых проволок с химическим составом на базе проволоки марки 35В9Х3СФ заметно ниже по сравнению с проволоками, разработанными на базе порошковой проволоки марки 25Х5ФМС.

По полученным данным (табл. 4) повышение содержания титана в порошковых проволоках, используемых для наплавки, обуславливает увеличение твердости наплавленного слоя, что связано с образованием карбидов. Также по результатам исследований износостойкости, проведенных на машине для испытаний на трение и износ 2070 СМТ-1 по схеме диск – колодка, повышение содержания титана в наплавленном слое способствует снижению износа (табл. 4).

Таблица 4. Степень износа и твердость исследуемых образцов

№ образца	Пределы твердости по НВ	Пределы твердости по HRC	Средняя твердость НВ	Средняя твердость HRC	Степень износа (г/оборот $\cdot 10^{-5}$ )
Б1	614-689	52-55	589	55	1,85
Б2	642-730	53-55	695	54	1,29
Б3	651-746	56-59	763	58	1,20
Б4	713-830	56-58	778	58	1,12
Т1	402-573	40-46	473	43	2,94
Т2	456-510	45-48	484	45	2,76
Т3	475-561	45-50	507	48	2,37
Т4	445-526	45-48	487	46	2,61

## ВЫВОД

На основании экспериментальных исследований установлено положительное влияние ввода порошка титана в состав изготовленных с применением техногенных отходов наплавочных

порошковых проволок марок 35В9Х3СФ и 25Х5ФМС на качество структуры и эксплуатационные характеристики наплавленного слоя. Показано, что увеличение содержания титана в наплавленном слое способствует уменьшению размера игл мартенсита, а также обуславливает увеличение твердости и износостойкости наплавленного слоя за счет образования карбидов.

#### Библиографический список

1. Козырев Н.А., Прудников А.Н., Михно А.Р., Осетковский И.В., Комаров А.А. Влияние увеличения содержания хрома и углерода в порошковой проволоке системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V на физико-механические свойства наплавленного металла // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2020. Т. 76. № 5. С. 488–495. Doi: 10.32339/0135-5910-2020-5-488-495.

2. Козырев Н.А., Усольцев А.А., Прудников А.Н., Крюков Р.Е., Михно А.Р. Изучение свойств порошковой проволоки на основе пыли газоочистки феррохрома // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2019. Т. 75. № 3. С. 365–372. Doi: 10.32339/0135-5910-2019-3-365-372.

3. Development of a flux-cored wire for surfacing mining equipment operating in the conditions of shock-abrasive wear / A I Gusev, N A Kozyrev, A A Usoltsev, R E Kryukov and A R Mikhno // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 206 (2018) 012034 doi :10.1088/1755-1315/206/1/012034.

4. Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Козырев Н.А., Бащенко Л.П., Осетковский И.В. / Исследование полученного с использованием новых порошковых проволок наплавленного слоя, работающего в условиях высоко-абразивного износа // *Известия вузов. Черная металлургия*. 2019. Т. 62. № 6. С. 423–430.

5. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца / Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.А. Усольцев, А.Р. Михно, Л.П. Бащенко // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2018. № 6 (1422). С. 55–66. Библиогр.: с. 63 (32 назв.).

6. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца и ковшевого электросталеплавильного шлака / Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.Р. Михно, А.А. Усольцев, А.А. Уманский // *Сварочное производство*. 2020. № 2 (1023). С. 16–21. Библиогр.: с. 20–21 (26 назв.).

## ИННОВАЦИОННЫЕ ШИБЕРНЫЕ ЗАТВОРЫ ДЛЯ РАЗЛИВКИ «ЧИСТОЙ СТАЛИ»

***И.В. Кушнерев<sup>2</sup>, П. Зайтц<sup>1</sup>, Т. Шмиц<sup>1</sup>, А. Мурау<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>Knoellinger FLO-TEC GmbH, Хильшайд, Германия*

*<sup>2</sup>ООО «Группа «Магнезит», Москва, e-mail: ikushnerov@magnezit.com*

#### ВВЕДЕНИЕ

Понятие «чистая сталь» уже несколько десятилетий является синонимом качества продукции. Одним из основных критериев чистоты является содержание неметаллических включений. Основными включениями в стали являются оксидные, образующиеся в результате протекания процессов окисления. Снижение их количества возможно, как путем рационального режима раскисления стали и удаления образовавшихся включений, так и путем защиты металла от неконтролируемого поступления кислорода из атмосферы. Процесс разлива является ключевым этапом, на котором принципиально важно обеспечить отсутствие вторичного окисления. Применение шиберных затворов специальной конструкции вместе со стандартными мерами по экранированию струи разливаемой стали позволяет эффективно решать поставленную задачу производства «чистой стали».

## СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ XVI МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА СТАЛЕПЛАВИЛЬЩИКОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МЕТАЛЛА .....	4
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ .....	5
ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ РУКОВОДИТЕЛИ СЕКЦИЙ .....	6
ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА .....	7
ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....	8
<b>ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ.....</b>	<b>9</b>
ПОСТАВЩИКИ И ПОТРЕБИТЕЛИ ОГНЕУПОРОВ, ГИБКОСТЬ В ДОСТИЖЕНИИ ЕДИНОЙ ЦЕЛИ <i>Л.М. Аксельрод, В. Гартен</i> .....	10
КОМБИНИРОВАННЫЙ РЕНТГЕНДИФРАКЦИОННЫЙ-РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО В МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ПРОДУКТАХ <i>А.С. Козлов, В.А. Филичкина, М.Н. Филиппов, А.Р. Макавецкас</i> .....	16
КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ РОССИИ <i>Л.Н. Шевелев</i> .....	23
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТАЛЛУРГИИ ЖЕЛЕЗА <i>Г.В. Торохов, А.Я. Травянов, О.В. Голубев, П.И. Черноусов</i> .....	27
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЧЁРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ С УЧЁТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ <i>С.В. Неделин</i> .....	39
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АЛГОРИТМА КОРРЕКТИРОВКИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА «ЧИСТОЙ СТАЛИ» НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОГО УЧЁТА ПОВЫШЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦЕХА <i>С.А. Ботников</i> .....	45
БЕЗУГЛЕРОДНАЯ ЧЁРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ – ПУТИ И ИХ СТОИМОСТЬ <i>Д.Г. Еланский</i> .....	52
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА, РАЗЛИВКА, КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ, ФИНИШНЫЕ СВОЙСТВА СТАЛИ.....</b>	<b>59</b>
АЗОТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЮЩЕЙ ПЛАЗМЫ <i>В.Д. Католиков, И.А. Логачев, О.А. Комолова, А.Е. Семин</i> .....	60
АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ЖИДКОМ МЕТАЛЛЕ. ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА СВОЙСТВА И КАЧЕСТВО ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ <i>А.С. Лукин, С.А. Сомов, В.А. Мурысёв, М.Р. Ярмухаметов, К.В. Григорович, О.А. Комолова, В.А. Тумаков</i> .....	63
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ ПРИ ВЫПЛАВКЕ СТАЛИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ <i>А.С. Лоскутов, А.А. Глинин, А.А. Сафронов, Л.В. Ронков, В.А. Моргунов, И.Ю. Матушкин</i> .....	68
ВВЕДЕНИЕ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ РАСПЛАВ ПРИ РАЗЛИВКЕ КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ <i>И.В. Чуманов, В.В. Седухин</i> .....	76
ВЛИЯНИЕ ВРАЩЕНИЯ РАСХОДУЕМОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ ПЕРИПЛАВЕ НА ФОРМУ ЖИДКОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ВАННЫ <i>М.А. Матвеева, И.В. Чуманов</i> .....	82
ВНЕПЕЧНАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ КОМПЛЕКСНЫМИ СПЛАВАМИ С ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕ- ТАЛЛАМИ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СТАЛИ <i>И.В. Бакин, А.А. Токарев, И.Н. Коньшев, В.В. Новокреценков</i> .....	84
ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОКИСЛЕННОСТИ СТАЛИ ПРИ ЦИРКУЛЯЦИОННОМ ВАКУУМИРОВАНИИ <i>В.А. Бигеев, А.А. Кошикаров, А.Н. Федянин, М.В. Зарецкий, Т.А. Бужинская</i> .....	90

## СОДЕРЖАНИЕ

ДУГОВАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ <i>А.Б. Юрьев, Н.А. Козырев, А.Р. Михно, А.А. Усольцев, А.А. Уманский</i> .....	93
ИННОВАЦИОННЫЕ ШИБЕРНЫЕ ЗАТВОРЫ ДЛЯ РАЗЛИВКИ «ЧИСТОЙ СТАЛИ» <i>И.В. Кушнерев, П. Зайтц, Т. Шмиц, А. Мирау</i> .....	96
МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ НЕПРЕРЫВНОЛИТОГО «ТОНКОГО» СЛЯБА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РАЗЛИВКИ <i>Е.Л. Ворожева, Е.Н. Максеев, К.С. Сметанин, А.С. Бойко</i> .....	102
ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫДЕРЖКИ МЕТАЛЛА ОТ ВЫПУСКА ДО РАЗЛИВКИ <i>Д.А. Иванов-Павлов</i> .....	108
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОЛСТОСТЕННОЙ КАЛЬЦИЕВОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ <i>М.К. Исаев, В.А. Бигеев, А.Б. Сычков, А.М. Столяров</i> .....	111
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ ЭСПЦ АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ» <i>И.Ф. Искаков, Г.А. Кунцын, А.Х. Валиахметов, М.С. Кузнецов, С.П. Zubov, Д.А. Проскуровский</i> .....	113
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ И СТАБИЛЬНОСТИ СВОЙСТВ СТАЛИ <i>А.И. Зайцев, А.В. Колдаев, И.Г. Родионова, А.Б. Степанов</i> .....	117
ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НЛЗ В ЭСПЦ «ЖЕЛЕЗНЫЙ ОЗОН 32», В ТОМ ЧИСЛЕ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>А.С. Лоскутов, А.А. Глинин, А.А. Сафронов, В.А. Моргунов, И.Ю. Матушкин</i> .....	123
ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРА- И НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ И МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИИ <i>И.В. Бакин, А.А. Токарев, Бархатов А.В., В.В. Новокрепцов</i> .....	128
РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА И ВЫХОДА ГОДНОЙ НЛЗ В ЭСПЦ АО «ПНТЗ» <i>А.И. Дронов, А.С. Лоскутов, А.А. Глинин, И.Р. Насыбулин, А.А. Сафронов</i> .....	134
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ И СНИЖЕНИЮ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ <i>О.А. Потемкина, Ю.Н. Коротков, А.А. Метелкин</i> .....	142
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ШЛАКОВОГО РЕЖИМА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ДОВОДКЕ СТАЛИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ <i>А.П. Бозун, В.В. Чурилов</i> .....	144
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВН-СОДЕРЖАЩЕЙ СТАЛИ ПОВЫШЕННОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ РЕЗАНИЕМ <i>А.В. Рябов, И.В. Чуманов</i> .....	148
УПРАВЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИМ СВАРОЧНЫМ ЦИКЛОМ НА РЕЛЬСОСВАРОЧНОЙ МАШИНЕ МСР-6301 <i>А.Б. Юрьев, Н.А. Козырев, Р.А. Шевченко, А.А. Уманский, А.Р. Михно</i> .....	153
РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕЛЮЩИХ ШАРОВ ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ И УДАРНОЙ СТОЙКОСТИ ИЗ ОТБРАКОВКИ ЗАГОТОВОК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ <i>А.А. Уманский, А.Б. Юрьев, Н.А. Козырев</i> .....	158
ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛОЙ ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ ЭШП ПО ОДНОЭЛЕКТРОДНОЙ СХЕМЕ <i>И.В. Чуманов, Д.В. Сергеев</i> .....	163
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАПЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА МЕТАЛЛА ПРИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ ПЕРЕПЛАВЕ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ОБЪЕМОВ <i>И.В. Чуманов, И.А. Алексеев</i> .....	166

## СОДЕРЖАНИЕ

РАСЧЕТЫ РАСТВОРИМОСТИ АЗОТА И КИСЛОРОДА В СТАЛЯХ 08Х20Г10АН4 И 08Х18Н5Г12АБ <i>С.В. Муруев, И.В. Кабанов, Е.В. Буцкий</i> .....	345
ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА АЗОТОСОДЕРЖАЩИХ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ <i>Э.Ю. Колтишон, Л.Я. Левков, В.В. Орлов, В.С. Дуб, К.Н. Уткина</i> .....	350
<b>ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ</b> .....	361
ВЫЯВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СООТНОШЕНИЙ РАСХОДОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И КИСЛОРОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОКСА ПО СRI И CSR <i>С.К. Сибгатуллин, А.С. Харченко, М.И. Сибгатуллина, В.И. Сысоев, А.А. Полинов, В.А. Безинюк</i> .....	362
ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ОКАЛИНЫ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ <i>О.Ю. Шешуков, М.А. Михеенков, Д.К. Егизарьян, Л.Б. Ведмидь</i> .....	367
ПЕРЕВОД ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В МЕТАЛЛИЗОВАННОЕ СЫРЬЕ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ЦИНКА В ОТДЕЛЬНЫЙ ПРОДУКТ <i>М.А. Михеенков, О.Ю. Шешуков, Д.К. Егизарьян</i> .....	373
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЛКОЙ ФРАКЦИИ АГЛОМЕРАТА ПО ХОДУ ВЫПУСКА ИЗ БУНКЕРА ЛОТКОВОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА <i>С.К. Сибгатуллин, А.С. Харченко, Е.О. Харченко, У.Ж. Игликова, А.В. Павлов, М.А. Семенюк</i> .....	377
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА ПАО «МАГНИТОГОРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ» КАК СПОСОБ ФАКТОРНОЙ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ <i>Б.А. Сарычев, С.В. Шевченко, Т.Г. Антонов</i> .....	383
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ ШЛАКОВ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ (САМОРАСПАДАЮЩИХСЯ ШЛАКОВ) <i>Л.И. Полянский, М.В. Кобелев, А.В. Ветошкин</i> .....	389
ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО НИТРИДА ФЕРРОСИЛИЦИЯ <i>И.Р. Манашев</i> .....	394
РОЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ <i>А.А. Калько, Т.В. Деткова</i> .....	401
<b>РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ</b> .....	407
АНАЛИЗ ЗАПАСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ РУД И ШЛАКОВ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА <i>В.А. Бигеев, М.В. Потапова</i> .....	408
ПЕРСПЕКТИВЫ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ORIEH <i>Г.А. Дорофеев, Г.А. Зинягин, Я.М. Степанов</i> .....	411
ПРОЦЕСС ORIEH – ЭНЕРГОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ НЕПОСРЕДСТВЕННО ИЗ РУДНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ <i>Г.А. Дорофеев, Г.А. Зинягин, Я.М. Степанов</i> .....	414
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СОВРЕМЕННОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ ДСП-120 НА ПРЕДПРИЯТИИ НЛМК-УРАЛ Г. РЕВДА <i>И.В. Глухов, Г.В. Воронов, К.М. Вдовин, А.А. Рыбак, В.В. Таранов</i> .....	420
ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ORIEH <i>Г.А. Дорофеев, Г.А. Зинягин, Я.М. Степанов</i> .....	426
ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С КИСЛОРОДОМ В СОВРЕМЕННОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ <i>И.В. Глухов, Г.В. Воронов</i> .....	429
<b>СОДЕРЖАНИЕ</b> .....	435