

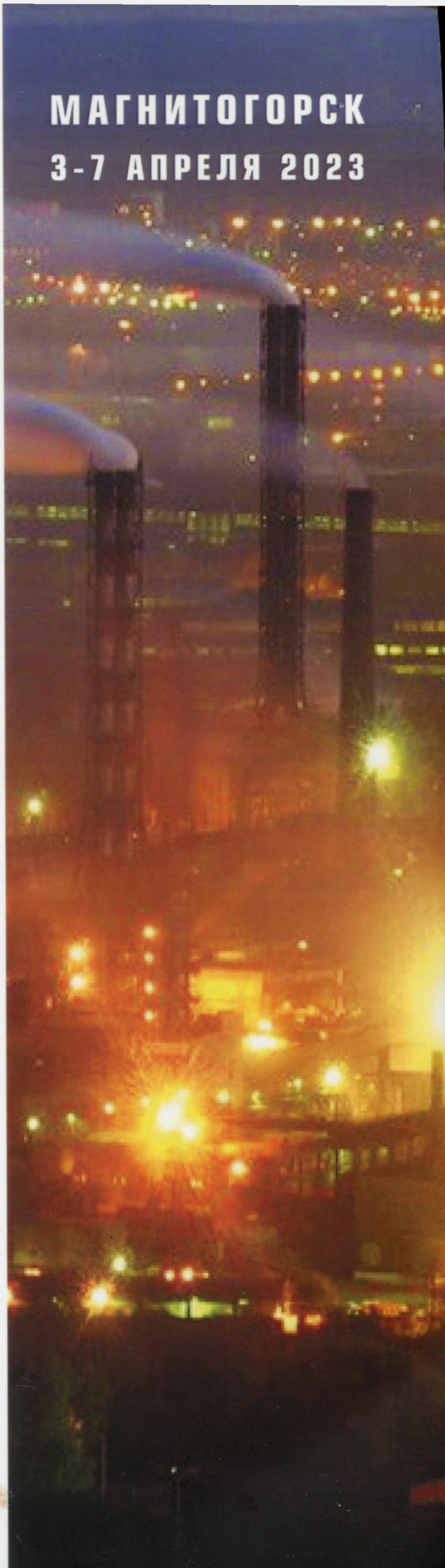


МАГНИТОГОРСК
3-7 АПРЕЛЯ 2023

СБОРНИК ТРУДОВ

XVII МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС

**СТАЛЕПЛАВИЛЬЩИКОВ
И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
МЕТАЛЛА ISCON-2023
«ОТ РУДЫ ДО СТАЛИ»**





Ассоциация сталеплавильщиков в лице ООО «Корпорация АльянсМеталлургия»

ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

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

Государственная корпорация «Росатом» в лице ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ»

НИТУ «МИСиС»

Магнитогорский Государственный Технический Университет им. Г.И. Носова

СБОРНИК ТРУДОВ XVII
международного конгресса
сталеплавильщиков
и производителей
металла
«От руды до стали – ISCON-2023»

Магнитогорск
3–7 апреля 2023 г.

Ассоциация сталеплавильщиков
и Организационный комитет благодарят
за активное участие в подготовке и проведении
XVII МЕЖДУНАРОДНОГО КОНГРЕССА
СТАЛЕПЛАВИЛЬЩИКОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МЕТАЛЛА
«ОТ РУДЫ ДО СТАЛИ – ISCON-2023»

ПАО «МАГНИТОГОРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

а также

- ✓ АНО ДПО «Корпоративный центр подготовки кадров
«Персонал»
- ✓ Государственный научный центр ГК «Росатом»
АО «НПО «ЦНИИТМАШ»
- ✓ Научный совет по металлургии и металловедению отде-
ления химии и наук о материалах РАН
- ✓ Магнитогорский государственный технологический уни-
верситет им. Г.И. Носова
- ✓ Национальный исследовательский технологический уни-
верситет «МИСиС»

Информационных партнеров, предприятия,
организации и высшие учебные заведения России,
стран СНГ и зарубежных стран, принявших участие
в работе XVII Конгресса сталеплавильщиков,
всех докладчиков, выступивших на пленарном
и секционных заседаниях

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	9
СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ В ИННОВАЦИОННОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕДНЫХ ПЛИТ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ МНЛЗ	
А.В. Макаров, Н.В. Лежнин, А.Б. Котельников, А.А. Вопнерук, Ю.С. Коробов, А.И. Валиуллин, Е.Г. Волкова.....	10
ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ MgO В СОСТАВЕ ШЛАКА, ФОРМИРУЕМОГО В АГРЕГАТЕ КОВШ–ПЕЧЬ, НА НАЛИЧИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛИ В УСЛОВИЯХ АО «ВЫКСУНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»	
О.Ю. Шешуков, В.М. Сафонов, В.А. Мурысев, С.А. Сомов, А.А. Метелкин, О.И. Шевченко, Д.К. Егиазарьян, И.В. Некрасов	17
ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА В РОССИИ	
Д.Н. Тихонов, Д.В. Ворсина, И.В. Логинов	20
МЕТАЛЛУРГИЯ ЖЕЛЕЗА И ЧУГУНА: СЫРЬЕВОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ЛОГИСТИКА, ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ	
О.В. Голубев, С.В. Неделин, Г.В. Торохов, А.Я. Травянов, П.И. Черноусов	26
РАЗВИТИЕ ИОННОЙ ТЕОРИИ ШЛАКОВ И ВНЕДРЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ РОССИИ	
А.А. Метелкин, О.Ю. Шешуков, Д.К. Егиазарьян, И.В. Некрасов, В.Н. Невидимов, М.В. Савельев.....	34
СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ	39
АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ УГЛЕРОДА В ЦИРКУЛЯЦИОННОМ ВАКУУМАТОРЕ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАНИЗКОГО СОДЕРЖАНИЯ В РАСПЛАВЕ	
К.Н. Плешивцев, А.Н. Роговский, О.Ю. Шешуков, А.А. Метелкин, Е.Н. Тюленьев.....	40
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛИНОЗЕМСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТАЛИ НА АКП	
В.В. Аксенова, А.В. Павлов	42
НОВЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ НА БАЗЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛИ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ	
С.А. Ботников	46
РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ И КАЧЕСТВА СТАЛИ	
А.И. Дагман, А.И. Зайцев, К.Б. Калмыков, Н.А. Арутюнян, С.Ф. Дунаев, В.А. Лавров.....	58
ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОКИСЛЕННОСТИ МЕТАЛЛА ПРИ КОВШЕВОЙ ОБРАБОТКЕ ОСОБОНИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ	
И.Ф. Искаков, В.А. Бигеев, А.М. Столяров, И.А. Ложкин, А.В. Федянин, А.А. Кошкаров, М.В. Зарецкий.....	64

ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ НОВОЙ СУПЕРДУПЛЕКСНОЙ СТАЛИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ФАЗ К.Н. Уткина, А.В. Янилкин, Л.Я. Левков, Е.Л. Корзун, А.Н. Тохтамышев, И.А. Иванов.....	66
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ООО «МОТОВИЛИХА-ГРАЖДАНСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ» Д.П. Шведов	76
СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ А.И. Зайцев, А.И. Дагман, А.В. Колдаев, А.Б. Степанов, Д.А. Ковалев.....	81
О ПОЛУЧЕНИИ СТАЛЕЙ ТИПА X13, ЛЕГИРОВАННЫХ АЗОТОМ И ИХ СВОЙСТВАХ М.В. Костина, Л.Г. Ригина, А.Э. Кудряшов, В.С. Костина, Р.С. Федорцов, А.В. Лобов, Бубненко Б.Б., И.В. Спицина	87
КРУПНОЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИМИ МОДИФИКАТОРАМИ И.В. Бакин, М.К. Исаев, В.А. Бигеев, А.О. Ромашко, А.В. Каляскин.....	93
ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ МАРОК СТАЛИ В ЭСПЦ ПАО «ММК» В.В. Аксенов, Д.В. Юречко, Е.Н. Гладков, А.Д. Картунов	99
ПРИМЕНЕНИЕ КАЛЬЦИЯ УГЛЕРОДИСТОГО КАУР ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТАЛИ А.В. Павлов, Неретин С.Н.....	101
ВАКУУМНОЕ УГЛЕРОДНОЕ РАСКИСЛЕНИЕ СТАЛИ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ В.А. Новиков, В.С. Дуб, В.А. Дурынин, С.В. Новиков, А.П. Куликов, И.А. Щепкин, В.А. Царев, К.И.Чернышов	103
ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЕННОСТИ МЕТАЛЛА И ШЛАКА НА ГЛУБОКОЕ ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЕ РАСПЛАВА ПРИ ЦИРКУЛЯЦИОННОМ ВАКУУМИРОВАНИИ А.А. Сайтгараев, С.С. Дегтев, В.А. Лавров, В.Н. Караваев, Е.Н. Тюленев, А.Е. Семин, А.А. Кожухов, К.Л. Косырев, О.А. Комолова	108
СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО КИСЛОРОДА В ЖИДКОЙ СТАЛИ, КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ТРУБНЫХ МАРКАХ СТАЛИ А.С. Лукин, А.С. Феоктистова, Е.Л. Ворожева, К.С. Сметанин, И.Н. Шифрин, В.А. Мурысев, С.А. Сомов.....	112
ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАСКИСЛЕНИЯ И ЛЕГИРОВАНИЯ СТАЛИ КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ Б.А. Сарычев, П.С. Семенов, В.В. Аксенов, С.С. Вербицкий	117
ПРЯМОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ МЕТАЛЛА МОЛИБДЕНОМ В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ ПАО «ММК» С.С. Масальский, Б.А. Сарычев, А.В. Изотов.....	121

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБОКОЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ТРУБНЫХ МАРОК СТАЛИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКЕ «ДСП–АКП–КАМЕРНЫЙ ВАКУУМАТОР» АО «ВМЗ» В.А. Мурысев, В.М. Сафонов, С.А. Сомов, М.Р. Ярмухаметов	123
РАЗВИТИЕ ИОННОЙ ТЕОРИИ ШЛАКОВ И ВНЕДРЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ РОССИИ А.А. Метелкин, О.Ю. Шешуков, Д.К. Егиазарьян, И.В. Некрасов, В.Н. Невидимов, М.В. Савельев	128
ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДЕКОРБОНИЗАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕТАЛЛУРГИИ: НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ В.Е. Рошин, П.А. Гамов, А.В. Рошин, С.П. Салихов	133
СНИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШЛАКА ПРЕДЫДУЩЕЙ ПЛАВКИ П.А. Плохих, А.Б. Ковура, В.А. Алексеева, А.А. Плохих	140
СОВРЕМЕННАЯ ЛИНЕЙКА ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ПАО «ММК» Е.П. Лозовский, Д.В. Юречко, А.Г. Алексеев	143
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОСТАЛИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИОСТИ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДИМОЙ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ И.В. Чуманов	148
ИЗУЧЕНИЕ ЗАСТОЙНЫХ ЗОН МЕТАЛЛА ВО ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ НА ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКЕ RH-ТИПА А.А. Кошкарров, В.А. Бигеев	154
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ ПРОИЗВОДСТВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СНИЖЕНИЕ ОТБРАКОВКИ РЕЛЬСОВ ПО НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ВКЛЮЧЕНИЯМ А.А. Уманский, А.С. Борисов, С.В. Фейлер	158
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАКРОСТРУКТУРЫ ЗАГОТОВОК ШАРОВЫХ КОНВЕРТЕРНЫХ СТАЛЕЙ НА УДАРНУЮ СТОЙКОСТЬ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ А.А. Уманский, И.С. Морозов, Е.В. Протопопов, А.С. Симачев	162
ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ СТАЛИ В ПАО «ММК». РАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ В.В. Аксенов, П.С. Семенов, Е.Н. Гладков, Д.В. Юречко	166
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА СУПЕРДУПЛЕКСНОЙ СТАЛИ В.В. Седухин, И.В. Чуманов	169
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЕ НИОБИЯ НА АУСТЕНИТНУЮ МОРФОЛОГИЮ ЦЕМЕНТУЕМОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРЕВА И ДЛИТЕЛЬНОЙ ВЫДЕРЖКИ Н.А. Ходосовская, И.А. Ковалева	174

ОБРАБОТКА СТАЛИ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИМИ ИНЖЕКЦИОННЫМИ ПРОВОЛОКАМИ В УСЛОВИЯХ ЦЕХА ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ КОНВЕРТЕРНОЙ СТАЛИ ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ». ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ А.Д. Хорошилов, К.В. Григорович, П.А. Салиханов, А.С. Дунин, В.Д. Католиков	179
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЛАКОВ СИСТЕМЫ $\text{CaO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-3\%Al}_2\text{O}_3\text{-8\%MgO-6\%V}_2\text{O}_5$ А.А. Бабенко, Р.Р. Шартдинов, А.Н. Сметанников, А.Г. Уполовникова, Д.А. Лобанов.....	187
ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛУРГИИ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В МЕТАЛЛУРГИИ.....	195
ПРИМЕНЕНИЕ ОКСИДА БОРА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ В МЕТАЛЛУРГИИ ЧУГУНА И СТАЛИ А.А. Бабенко, Л.А. Смирнов, А.А. Акбердин, В.И. Жучков, А.В. Сычев	196
ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО АГЛОМЕРАТА НА ЕГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ А.Н. Дмитриев, Г.Ю. Витькина, Е.А. Вязникова, Р.В. Алекторов, Ю.Е. Бурова	201
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА, СТАЛИ И ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ВКЛЮЧАЯ ВОДОРОД, С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ УГЛЕРОДНО-НЕЙТРАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO_2) И ВЫСОКОЙ ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ Л.Н. Шевелев.....	205
ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРРОНИКЕЛЯ ИЗ КОМПЛЕКСНОГО СЫРЬЯ ВОДОРОДНЫМ ТВЕРДОФАЗНЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛЕГИРОВАННЫХ МАРОК СТАЛИ В.А. Бигеев, М.В. Потапова, А.С. Харченко, М.Г. Потапов, Л.А. Закуцкая, У.Д. Лунев, А.М. Скирпичников.....	210
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСВОЕНИЯ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НАПОЛНИТЕЛЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ А.В. Каляскин, И.В. Бакин, Кулаков Б.А	211
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ЗАГРУЗКИ ШИХТЫ НА АГЛОМЕРАЦИОННЫЕ МАШИНЫ АГЛОФАБРИКИ №5 ПАО «ММК» В.Е. Котышев, Д.М. Чукин, Ю.А. Фролов.....	217
ПОЛНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТВАЛЬНЫХ ШЛАКОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С УЛАВЛИВАНИЕМ ОКСИДОВ ЦИНКА, ПОЛУЧЕНИЕМ ЧУГУННЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ Г.А. Адилов, В.Е. Роцин	222
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПЕРЕХОДА ФОСФОРА ИЗ НЕКОНДИЦИОННЫХ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ РУД В ЖЕЛЕЗО И ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОМАРГАНЦЕВЫХ ШЛАКОВ Н. Косдаулетов, В.Е. Роцин	227
ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА МЕЧЕНЫХ НЕЙТРОНОВ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ БЕЗ ПРОБООТБОРА М.Г. Сапожников	231

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА И.И. Масгутов, П.В. Ковалев, В.А. Бигеев, А.В. Волков	236
ИССЛЕДОВАНИЕ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ИЗВЕСТИ МЕЖДУ УСРЕДНИТЕЛЬНЫМ СКЛАДОМ И ШИХТОВЫМ ОТДЕЛЕНИЕМ АГЛОФАБРИКИ № 5 ПАО «ММК» Д.Н. Гушин, Д.М. Чукин, Ю.А. Фролов	241
СВ-СИНТЕЗ АЗОТИРОВАННОГО ФЕРРОХРОМА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТСЕВОВ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА И.Р. Манашев, Т.О. Гаврилова, Э.М. Манашева	246
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЗАГРУЗКИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В БУНКЕР ЛОТКОВОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА А.С. Харченко, М.И. Сибатуллина, С.В. Юдина, У.Ж. Игликова, А.В. Дзюба, Г.Н. Логачев, Л.А. Закуцкая	254
ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СООРУЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО МИНИ-ЗАВОДА С.В. Подкур, Г.И. Котельников	260
СПЕКАНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ АГЛОМЕРАТА ИЗ ТИТАНОМАГNETИТОВЫХ РУД СУРОЯМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В.И. Сысоев, А.С. Харченко, С.К. Сибатуллин, Г.З. Магасумов, А.В. Дзюба, И.В. Решетова, Н.С. Щелоков	265
ЖИДКОФАЗНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА УГЛЕРОДВОДОРОДНОЙ СМЕСЬЮ В АГРЕГАТЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ К.В. Строгонов, А.Л. Петелин, А.Ю. Терехова, Д.Д. Львов, В.А. Мурашов	271
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА И.И. Масгутов, П.В. Ковалев, В.А. Бигеев, А.В. Волков.....	276
ТЕРМИЧЕСКИ СОПРЯЖЕННЫЙ СИНТЕЗ ГОРЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ М.Х. Зиятдинов	281
СПЕКАНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ АГЛОМЕРАТА ИЗ ТИТАНОМАГNETИТОВЫХ РУД СУРОЯМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В.И. Сысоев, А.С. Харченко*, С.К. Сибатуллин, Г.З. Магасумов, А.В. Дзюба, И.В. Решетова, Н.С. Щелоков	287
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЗАГРУЗКИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В БУНКЕР ЛОТКОВОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА А.С. Харченко, М.И. Сибатуллина, С.В. Юдина, У.Ж. Игликова, А.В. Дзюба, Г.Н. Логачев, Л.А. Закуцкая.....	293
МИР ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ.....	299
ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ ВНЕДРЕНИЯ МИРОВЫХ ДОСТИЖЕНИЙ МЕТАЛЛУРГИИ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПРОИЗВОДСТВО ИННОВАЦИОННОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА в ПАО «ММК» С.В. Денисов, М.Н. Мычак, И.А. Пелевин, С.В. Заболотский, Е.В. Лопатина	300

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФУТЕРОВОК 160-Т КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРОВ Д.А. Кошкарров, Д.В. Сушников, Д.Э. Манзор, В.А. Еремеев, А.В. Старков, Н.С. Съемщиков, К. Г. Калика, Я.А. Минаев, О.А. Марясева	310
БРИКЕТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ А.Л. Полтавский, В.А. Шиловский, Р.И. Антропов, Е.С. Бухтиярова	311
ЦИФРОВИЗАЦИЯ УЧЕТА ОБОРОТА ЛОМА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И QR-КОДОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ «ИНДУСТРИЯ 4.0» С.В. Богданов, С.Ю. Нечаев, В.И. Яловецкий.....	313
ОПЫТ ООО «МОТОВИЛИХА-ГРАЖДАНСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ» В ОСВОЕНИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ПРОДУКТОВ Д.П. Шведов	318
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ В УСЛОВИЯХ ПАО «ММК» С.В. Масьянов, А.В. Айкашев, В.А. Бигеев	323
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПЕРИКЛАЗОУГЛЕРОДИСТЫХ ИЗДЕЛИЙ К ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЮ В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШАХ А.О. Мигашкин	328
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ В МЕТАЛЛУРГИИ И.А. Ложкин	333
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСХОДА КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ ИНЖЕКЦИОННЫХ ПРОВОЛОК НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О РАЗЛИВАЕМОСТИ СТАЛИ И КОЭФФИЦИЕНТЕ УСВОЕНИЯ КАЛЬЦИЯ В.Д. Католиков, А.Д. Хорошилов	336
ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВОГО ПОДСКАЗЧИКА НАЧАЛЬНИКУ СМЕНЫ (ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ЦЕХА) В УСЛОВИЯХ КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА АО ЕАВРАЗ НТМК С.Е. Кропотов, А.А. Чулков А.А. , К.П. Бушин, А.Н. Васильев, А.В. Чиглинцев, В.А. Егоров, А.А. Котляров, А.С. Ткачев, В.Ю. Елин, В.А. Смирнов	340
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АЗОТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА АЗОТСОДЕРЖАЩЕЙ ПЛАЗМОЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ В.Д. Католиков, А.Е. Семин, О.А. Комолова, И.А. Логачев	343
СЭМ (СПЕЦЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ), РАЗЛИВКА, ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ	349
НЕПРЕРЫВНЫЙ И ЦИКЛИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ – ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЛИТКА С.М. Нехамин, Л.Я. Левков, О.С. Цецора, С.В. Орлов, К.Н. Уткина, Е.Г. Орловский, А.А. Деднев, А.И. Сапсай.....	350
КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ РАЗЛИТОЙ НА СОРТОВЫХ МНЛЗ ПАО «ММК» В.В. Аксенов, А.Г. Алексеев, Ю.В. Чалышев, Д.В. Юречко.....	362

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСЕГРЕГАЦИИ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ И ОХЛАЖДЕНИИ СЛЯБОВ В ЛИНИИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ Е.Л. Ворожева, О.С. Хлыбов, Е.Н. Максаев, К.С. Сметанин, Д.В. Кудашов	365
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕСТА ДОСТАВКИ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА В МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ ВАННУ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОЛОЙ ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА Д.В. Сергеев.....	371
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭШП НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ С ВРАЩЕНИЕМ ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛИТКА С ВЫСОКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ИЗОТРОПИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ГОМОГЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И.А. Алексеев, И.В. Чуманов.....	375
СНИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ СТАЛИ П.А. Плохих, В.А. Алексеева, А.А. Плохих	379
СПОСОБЫ ЗАМЕДЛЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СЛЯБОВ ОТВЕТСТВЕННЫХ МАРОК СТАЛИ В ККЦ ПАО «ММК» (ТЕРМОСА, СТОПЫ, КРЫШКИ) Т.С. Масальский, А.В. Филиппов.....	383
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗАГОТОВОК И.В. Чуманов, М.А. Матвеева.....	387
АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ В СТАЛИ И СНИЖЕНИЯ ОТБРАКОВКИ ТРУБ ПО РАССЛОЕНИЮ А.А.Мещеряченко, И.К. Шарафаненко, И.С. Мурзин, С.С. Белоножко.....	390
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО И ФАЗОВОГО СОСТАВА НА СКЛОННОСТЬ СЛИТКОВ ВДП К ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ НИКЕЛЕВЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ С.В. Муруев, А.И. Ильинский, И.В. Кабанов, Е.В. Буцкий.....	395
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ МЕТАЛЛА НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ НА БАЗЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ А.Н. Мальгинов, Л.В. Ронков, А.Н. Тохтамышев, А.А. Сафронов, С.А. Ботников, А.С. Лоскутов, В.А. Моргунов, С.В. Соломин	401
СХЕМА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ СТАЛЬНЫХ СЛИТКОВ КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ИХ КОВКИ А.Н. Тохтамышев, Л.В. Ронков, А.Н. Мальгинов, И.А. Иванов, В.С. Дуб, К.Л. Косырев, В.А. Дуб.....	407
Ч А С Ы И Ц И Ф Р Ы Еланский Геннадий Николаевич с участием Еланского Дмитрия Геннадьевича	413
СОДЕРЖАНИЕ	422