

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
*«Металлургия – 2022»***

Труды

XXIII Международной научно-практической конференции

23– 25 ноября 2022 г.

Часть 1

**Новокузнецк
2022**

РЕЦИКЛИНГ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Годик Л.А., Фейлер С.В., Фейлер Д.Т., Романенко Ю.Е.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, feiler_sv@sibsiu.ru*

Аннотация. Рассмотрены результаты опытно-промышленных исследований выплавки рельсовой стали при использовании в шихте железо-углеродсодержащих брикетов, основным компонентом которых является окалина прокатного производства. Определены технические показатели выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи при замене твердого чугуна железно-углеродсодержащими брикетами.

Ключевые слова: сталь, прокатная окалина, дуговая сталеплавильная печь, чугун, железосодержащие отходы, брикетирование.

RECYCLING OF MILLING SCREW IN THE PRODUCTION OF FERROUS METALS AND ALLOYS

Godik L.A., Fejler S.V., Fejler D.T., Romanenko YU.E.

*Siberian state industrial university?
Novokuznetsk, Russia, feiler_sv@sibsiu.ru*

Abstract. The results of pilot industrial studies of rail steel smelting using iron-carbon briquettes in the charge, the main component of which is mill scale, are considered. The technical indicators of steel smelting in an arc steel furnace are determined when replacing solid cast iron with iron-carbon briquettes.

Keywords: steel, mill scale, arc steel-smelting furnace, cast iron, iron-containing waste, briquetting.

Возрастающее накопление техногенных отходов, повышение стоимости энергетических ресурсов и шихтовых материалов, ужесточение природоохранных нормативов приводят к необходимости разработки экономически выгодных и эффективных способов рециклинга различных железосодержащих отходов [1-3]. Одним из наиболее эффективных способов подготовки мелкодисперсных железосодержащих отходов металлургического производства к рециклингу является брикетирование [4-6].

Для оценки технологической эффективности возврата окалины прокатного производства в металлургический передел были проведены экспериментальные плавки рельсовой стали в дуговой сталеплавильной печи с использованием брикетов железо-углеродсодержащих (БЖУ). В качестве исходных материалов были использованы окалина прокатного производства с содержанием масла не более 1,0 %, антрацит с содержанием летучих не бо-

лее 5 % и золы – не более 8 %, связующий полимерный материал. Геометрические размеры брикетов - 70×70×40 мм.

При шихтовке опытных плавков количество брикетов в бадье изменяли от 3 до 11,2 т. На первом этапе опытно-промышленных исследований было проведено 6 плавков с использованием в завалке брикетов в количестве 3,0; 4,9; 5,2; 5,6; 8,0; 8,2 т. Сравнительный анализ результатов опытных плавков с плавками, проведенными по базовой технологии, показал, что средний расход электроэнергии на плавках с использованием железистых брикетов увеличился на 5,7 %, при этом среднее количество металла, выпущенного из печи, как на опытных, так и на сравнительных плавках составило 114,5 т, средняя температура металла перед выпуском составила 1668 °С (на сравнительных плавках – 1670,5 °С), длительность работы под током – 40,1 мин (на сравнительных плавках – 38,9 мин). При повышении количества брикетов, подаваемых в завалку, наблюдается тенденция увеличения расхода электроэнергии на плавку (рисунок 1).

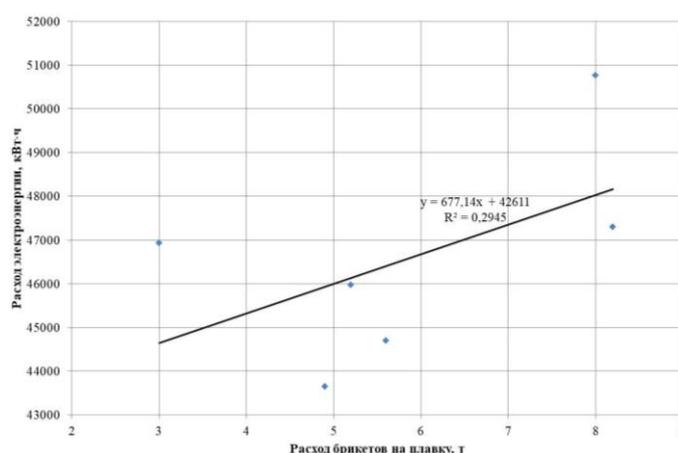
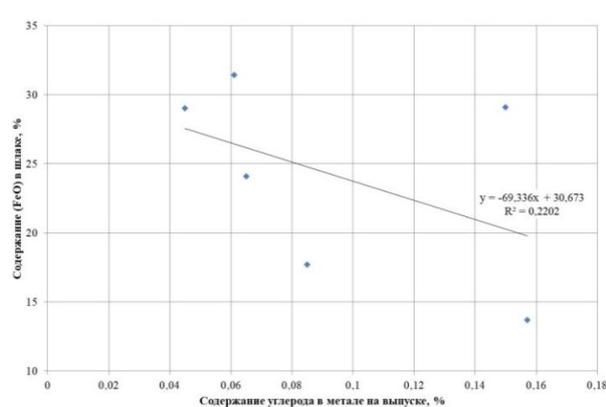
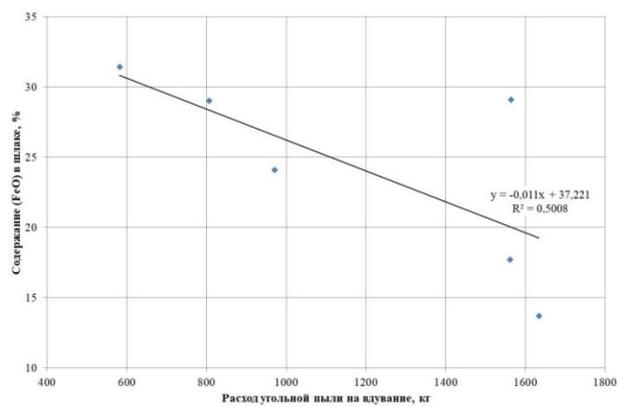


Рисунок 1 – Зависимость расхода электроэнергии от количества брикетов в завалке

Зависимости содержания (FeO) в шлаке от концентрации углерода в металле на выпуске и расхода угольной пыли представлено на рисунке 2.



а



б

Рисунок 2 – Зависимость содержания (FeO) в шлаке от содержания углерода в металле на выпуске (а) и расхода угольной пыли на вдувание (б)

Из графиков, представленных на рисунке 2, видно, что окисленность шлака снижается при увеличении расхода угольной пыли на вдувание и увеличении содержания углерода в металле на выпуске. При этом с увеличением расхода брикетов на плавку наблюдается снижение окисленности шлака (рисунк 3), что свидетельствует о протекании восстановительных реакций при взаимодействии оксидов железа с углеродсодержащими компонентами БЖУ.

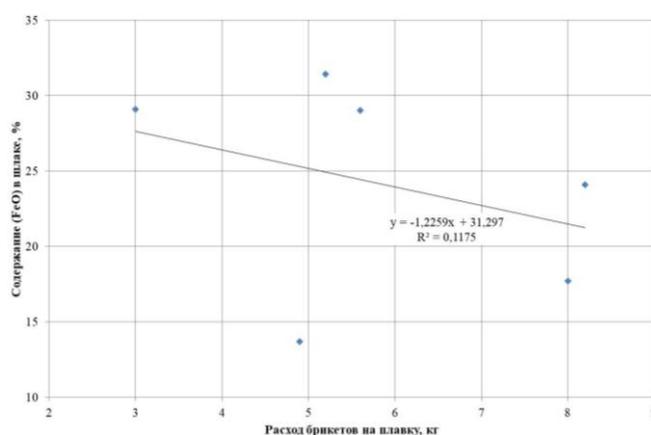


Рисунок 3 – Зависимость содержания (FeO) в шлаке от расхода брикетов на плавку

На втором этапе опытно-промышленных исследований производили снижение доли чугуна в шихтовке ДСП пропорционально увеличению расхода БЖУ в соотношении 1 к 2, т.е. производилась замена 1 т чугуна на 2 т БЖУ. Перед проведением опытных плавов, а также по их окончанию для расчета материального баланса был произведен выпуск металла из печи «насухо».

Технические показатели выплавки стали с использованием БЖУ и плавов сравнения из марок стали Э76ХФ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические показатели выплавки стали в ДСП

Показатель	Единицы измерения	База сравнения	Плавки с БЖУ	Разница
Количество плавов		201	10	
Длительность плавки	мин.	62,04	65,27	+3,23
Длительность плавки под током	мин.	39,04	43,07	+4,03
Длительность плавки без простоев	мин.	53,92	57,57	+3,65
Длительность простоев	мин.	8,12	7,70	-0,42
Вес металлошихты (физ. вес)*	т	123,70	118,50	-8,04
Металлошихта (со снятием засоренности)*	т	122,17	117,53	-7,48
БЖУ	т	0,00	9,89	+9,89
Чугун твердый	т	26,44	20,19	-6,25
Вес жидкой стали без добавок	т	112,42	113,7	+1,28

Продолжение таблицы 1

Показатель	Единицы измерения	База сравнения	Плавки с БЖУ	Разница
Известь в ДСП	кг/т	40,11	39,29	-0,82
Кокс добавочный в ДСП	кг/т	13,84	16,32	+2,48
Мука известковая	кг/т	5,35	5,49	+0,14
Коксовая пыль	кг/т	7,81	8,76	+0,95
Электроды	кг/т	1,53	1,75	+0,22
Электроэнергия	кВт·ч/т	402,27	441,90	+39,63
Кислород	м ³ /т	41,32	46,95	+5,63
Природный газ	м ³ /т	4,98	5,48	+0,50
Температура последнего замера стали	°С	1668,50	1678,30	+9,80
С в первой пробе	%	0,2051	0,1448	-0,060
Мп в первой пробе	%	0,1705	0,1520	-0,018
Р в первой пробе	%	0,0107	0,0063	-0,004
С в последней пробе	%	0,1587	0,0901	-0,069
Мп в последней пробе	%	0,1733	0,1500	-0,023
Р в последней пробе	%	0,0094	0,0060	-0,003
* - показатели рассчитаны с учетом жидкого остатка в печи				

При проведении опытных плавок проводили дополнительные отборы проб шлака. Результаты химического анализа печного шлака опытных плавок с БЖУ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты химического анализа печного шлака опытных плавок с БЖУ

Номер плавки по порядку	Содержание в шлаке, %								Основность
	FeO	CaO	SiO ₂	MnO	MgO	S	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	
1	17,3	40,8	17,9	5,9	7,6	0,23	5,0	0,71	2,3
2	28,9	38,2	15,0	4,9	5,3	0,20	3,8	0,67	2,6
3	28,9	39,1	15,2	4,8	5,1	0,29	4,5	0,65	2,6
4	25,7	38,1	18,2	5,2	5,9	0,40	4,3	0,56	2,1
5	37,0	36,7	13,0	4,7	4,5	0,29	3,0	0,59	2,8
6	24,7	42,6	15,2	4,8	5,0	0,43	3,8	0,54	2,8
7	26,9	42,0	14,7	4,9	4,8	0,35	3,8	0,61	2,9
8	22,3	43,7	15,3	5,5	4,6	0,34	3,9	0,64	2,9
9	26,5	42,3	12,9	5,4	4,0	0,25	3,2	0,63	3,3
10	22,1	44,7	14,4	4,9	5,2	0,36	3,9	0,60	3,1

Таким образом, по результатам выплавки опытных плавков с использованием БЖУ на плавках рельсовой стали получено изменение следующих технических показателей выплавки стали:

1. Увеличение длительности плавки - на 3,65 мин;
2. Увеличение длительности плавки под током – на 4,01 мин;
3. Увеличение расхода электроэнергии на 39,63 кВт·ч/т;
4. Увеличение расхода электродов 610 мм – на 0,22 кг/т;
5. Увеличение расхода кислорода – на 5,63 м³/т;
6. Увеличение расхода природного газа – на 0,5 м³/т;
7. Увеличение расхода коксовой пыли - на 0,95 кг/т;
8. Снижение расхода металлошихты - на 53 кг/т.

Библиографический список

1. Ровин Л.Е., Ровин С.Л. Рециклинг железосодержащих отходов // Литье и металлургия. – 2006. – № 2. – С. 159-164.
2. Ровин С.Л., Калинин А.С., Ровин Л.Е. Возвращение дисперсных металлоотходов в производство // Литье и металлургия. – 2019. – № 1. – С. 45-48.
3. Абрамов А.В. Оценка эффективности рециклинга // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2009. – С. 36-38.
4. Логинов Ю.Н., Бабайлов Н.А., Буркин С.П. Объемные деформации при валковом брикетировании отходов металлургического производства // Металлы. – 2000. – № 1. – С. 48.
5. Гоник И.Л., Лемякин В.П., Новицкий Н.А. Особенности применения брикетируемых железосодержащих отходов // Металлург. – 2011. – №5. – С. 25-27.
6. Носков В.А. Брикетирование как технология рециклирования мелкофракционных промышленных отходов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1998. – № 3. – С. 119-121.
7. Павлов В.В., Годик Л.А., Фейлер С.В., Израильский А.О. Применение железосодержащих отходов металлургического производства при выплавке рельсовой стали // В сборнике: Металлургия: технологии, инновации, качество. Труды XXI Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Под редакцией Е.В. Протопопова. – 2019. – С. 450-453.

СОДЕРЖАНИЕ

КУЗНЕЦКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЕ ЛИТЕЙЩИКОВ 90 ЛЕТ <i>Князев С.В., Усольцев А.А., Куценко А.И.</i>	4
СЕКЦИЯ 1: ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	13
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЙ РАБОТЫ ГОЛОВКИ КИСЛОРОДНОЙ ФУРМЫ ДЛЯ ПРОДУВКИ В БОЛЬШЕГРУЗНЫХ КОНВЕРТЕРАХ <i>Протопопов Е.В., Уманский А.А., Морозов И.С., Чернышева Н.А.</i>	13
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ИЗ РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА <i>Уманский А.А., Байдин В.В., Симачев А.С., Думова Л.В.</i>	21
АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ КАЧЕСТВА СТРУКТУРЫ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ШАРОВЫХ СТАЛЕЙ С ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ <i>Уманский А.А., Протопопов Е.В., Морозов И.С., Симачев А.С., Думова Л.В.</i>	29
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛАМА КОНВЕРТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ <i>Сафонов С.О., Лопатина А.О.</i>	34
ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИСТЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ ИЗ ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ <i>Шевко В.М., Утеева Р.А., Лавров Б.А., Полатова К.М., Каратаева Г.Е.</i>	38
ПЕРЕРАБОТКА БОГАТЫХ ПЫЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОМАРГАНЦА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ <i>Шевко В.М., Айткулов Д.К., Синельников И.П., Удалов Ю.П., Бадикова А.Д.</i>	45
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПЯТИКОМПОНЕНТНОГО ЭКВИАТОМНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Co-Cr-Fe-Mn-Ni <i>Панченко И.А., Дробышев В.К., Бессонов Д.А., Кольчурина М.А., Коновалов С.В.</i>	55
ВЫПЛАВКА ЧУГУНА ДЛЯ СМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИЗЛОЖНИЦ В ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ СРЕДНЕЙ И МАЛОЙ ЕМКОСТИ <i>Лубяной Д.Д., Кузнецов И.С., Кухаренко А.В., Князев С.В., Лубяной Д.А.</i>	62
ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ АГЛОМЕРАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Бурова Ю.Е., Вязникова Е.А., Дмитриев А.Н., Витькина Г.Ю., Алекторов Р.В.</i>	70
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК K_2O , Na_2O , MgO , Al_2O_3 НА СВОЙСТВА ШЛАКА ПРИ СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ <i>Гизатулин Р.А., Дунышин Н.С., Валув Д.В., Худоёргов С.С., Заиркулов Э.Ё.</i>	79
КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЛЕГИРОВАННЫХ ЧУГУНОВ В АТМОСФЕРЕ АНОДНЫХ ГАЗОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ЭКОСОДЕРБЕРГ <i>Пинаев Е.А., Темлянцев М.В., Большаков Д.Г., Темлянцева Е.Н., Куценко А.И.</i>	87
КИНЕТИКА ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ СМОЛОСВЯЗАННЫХ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ ФУТЕРОВОК СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ <i>Якушевич Н.Ф., Запольская Е.М., Темлянцев М.В., Протопопов Е.В., Темлянцева Е.Н., Приходько М.С.</i>	92
ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА <i>Павлов В.В., Романенко Ю.Е., Годик Л.А., Фейлер С.В., Фейлер Д.Т.</i>	98

РЕЦИКЛИНГ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ <i>Годик Л.А., Фейлер С.В., Фейлер Д.Т., Романенко Ю.Е.</i>	104
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО РАСПЛАВА В УСЛОВИЯХ LD-КОНВЕРТИРОВАНИЯ В ДВУХ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ КОНВЕРТЕРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА <i>Бондар В.И., Мельник С.Г.</i>	109
ФУТЕРОВКА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОГНЕУПОРНЫМ МАТЕРИАЛАМ И УСЛОВИЯМ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Плохих П.А., Алексеева В.А., Возжол Н.А., Плохих П.А.</i>	118
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОКИСЛЕННОСТЬ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАКА <i>Сущенко А.В.</i>	127
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЕЙНОГО ФЛЮСА НА ОСНОВЕ СМЕСИ КРЕМНЕФТОРИДА И ФТОРИДА НАТРИЯ <i>Аслонов А.А., Ахмадшоев И.Ш., Наимов Н.А., Рузиев Дж.Р., Сафиев Х.</i>	137
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТИТАНОТЕРМИИ <i>Усольцев А.А., Козырев Н.А., Шевченко Р.А., Михно А.Р., Князев С.В.</i>	142
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГАФНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ОТЛИВОК В СПЛАВЕ 1570 <i>Зорин И.А., Дриц А.М., Арышенский Е.В., Коновалов С.В.</i>	149
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГАФНИЯ И ЭРБИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ ЛИТЕЙНОЙ ЗАГОТОВКИ В ВЫСОКОМАГНИЕВОМ АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫМ СКАНДИЕМ <i>Арышенский В.Ю., Арышенский Е.В., Рагазин А.А., Бахтегареев И.Д., Коновалов С.В.^{1,2}</i>	156
О ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА МЕТАЛЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ <i>Якушевич Н.Ф., Строкина И.В., Полях О.А., Ноздрин И.В., Безрукова Е.С., Ноздрин Е.В.</i>	162
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ВАННЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ <i>Якушевич Н.Ф., Полях О.А., Ноздрин И.В., Аникин А.Е., Ядыкина М.А., Комрони М.</i>	168
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОБРАЗОВАНИЯ ФЕРРОШПИНЕЛЕЙ <i>Строкина И.В., Полях О.А., Ноздрин И.В., Сьюльдина С.А., Комрони М.</i>	175
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДА КРЕМНИЯ В ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ <i>Полях О.А., Ноздрин И.В., Строкина И.В., Якушевич, Н.Ф., Хорощенко А.А., Комрони М.</i>	180
ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛИНОЗЕМСОДЕРЖАЩЕГО ПРОДУКТА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ <i>Бурдонов А.Е., Новиков Ю.В., Шонходоев З.Ч., Хвостанцева Д.С., Максименко О.А.</i>	187
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОКСИДНОГО ВОЛЬФРАМОВОГО СЫРЬЯ В СТРУЙНОМ ПЛАЗМЕННОМ РЕАКТОРЕ <i>Ноздрин И.В., Полях О.А., Лепихов В.С., Аникин А.Е., Комрони М.</i>	196
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКЕ <i>Сафонов С.О., Лопатина А.О.</i>	205

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕПЦИИ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА НАСЛЕДСТВЕННУЮ СТРУКТУРУ В СТАЛИ 09Г2С <i>Солоницын А.Р.</i>	211
ПЕРЕРАБОТКА БЕМИТ-КАОЛИНИТОВЫХ БОКСИТОВ БИСУЛЬФАТОМ АММОНИЯ: ОСАЖДЕНИЕ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ ИЗ РАСТВОРА АЛЮМОАММОНИЙНЫХ КВАСЦОВ <i>Валеев Д.В.</i>	215
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $CoCrFeMnNi$ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ Fe И Mn <i>Панченко И.А., Гостевская А.Н., Коновалов С.В., Безродная Е.А., Бессонов Д.А.</i>	220
МЕТОДИКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Рыбенко И.А., Конголи Ф.</i>	225
СЕКЦИЯ 2: ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	231
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАХВАТА ПОЛОСЫ ПРИ АСИММЕТРИЧНОЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКЕ <i>Кожевников А.В., Смирнов А.С., Платонов Ю.В., Кожевникова И.А.</i>	231
ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК10КС ПОСЛЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ <i>Осколкова Т.Н., Фастыковский А.Р.</i>	236
ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЕМ <i>Акёнова К.В., Громов В.Е., Кибко Н.В., Ващук Е.С.</i>	242
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, СТРУКТУРУ И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ В СРЕДЕ СЕРОВОДОРОДА ПРОКАТА ИЗ СТАЛИ 20 <i>Валюгин М.А., Мурсенков Е.С.</i>	248
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКИ <i>Платонов Ю.В.</i>	255
СПОСОБ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ «МЯГКОГО» ОБЖАТИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ УСАДКИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ОСЕВОЙ РЫХЛОСТИ <i>Кабаков З.К., Габеляя Д.И., Чуев А.А.</i>	261
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРЕССИРОВКИ ШИРОКИХ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ТРАВЛЕННЫХ ПОЛОС <i>Антонов П.В., Парфенов Н.С., Болобанова Н.Л., Тимофеева М.А.</i>	267
ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТАКТОВОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО СТАНА <i>Головатенко А.В., Фастыковский А.Р., Мусатова А.И.</i>	272
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ПРОКАТКОЙ <i>Фастыковский А.Р., Осколкова Т.Н., Вахроломеев В.А., Глухов М.И., Прудников А.Н.</i>	278
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ И ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛИННОМЕРНЫХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ ПОСЛЕ ЭКСТРЕМАЛЬНО ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Кузнецов Р.В., Юрьев А.А., Шлярова Ю.А., Громов В.Е., Коновалов С.В., Иванов Ю.Ф.</i>	284
СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОЙ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАРТИИ ПРОКАТНОЙ ПРОДУКЦИИ <i>Мусатова А.И., Кулаков С.М., Фастыковский А.Р.</i>	289

ВЛИЯНИЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КОМПОЗИТА Ti/TiB, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ <i>Озеров М.С., Поволяева Е.А., Громашова Д.В., Волокитина Е.И.</i>	298
ТЕРМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ПРЕССОВОК ИЗ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА <i>Прудников А.Н., Прудников В.А., Рексиус В.С.</i>	303
ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА В КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩЕЙ СРЕДЕ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ <i>Афанасьев В.К., Попова М.В., Жибинова И.А.</i>	310
ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ <i>Афанасьев В.К., Попова М.В., Прудников А.Н., Жибинова И.А.</i>	315
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ МАРКИ К76Ф НА УДАРНУЮ СТОЙКОСТЬ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ <i>Уманский А.А., Симачев А.С., Думова Л.В., Сафонов С.О.</i>	323
ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА С ДОБАВКАМИ ДИОКСИДА ТИТАНА <i>Хамид. Махан М., Коновалов С.В., Куценко А.А., Куценко А.И., Цветков А.В., Панченко И.А.</i>	327
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ СТАЛЕЙ В ПРОЦЕССАХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ <i>Васильев А.А., Колбасников Н.Г.</i>	332
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОКАТКИ РЕЛЬСЫ В НЕПРЕРЫВНОЙ ГРУППЕ КЛЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ QFORM <i>Белопищкая Е.С., Соловьев В.Н.</i>	341
УПРАВЛЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРУКТУРОЙ ТРУБНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ <i>Колбасников Н.Г., Жуков Н.В.</i>	348
ПРИЧИНЫ И МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ТИПА «МОРЩИНА» ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ СОРТОВОЙ СТАЛИ <i>Колбасников Н.Г., Адигамов Р.Р., Шишов И.А., Зайцев А.М.</i>	356
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СПЛАВЫ СЕРИИ AL-MG-SI С ИЗБЫТКОМ КРЕМНИЯ И НЕБОЛЬШИМИ ДОБАВКАМИ СКАНДИЯ И ЦИРКОНИЯ <i>Арышенский Е.В., Лапишов М.А., Солопаев М.В., Коновалов С.В.</i>	367
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ РЕЛЬСОВ <i>Сарычев В.Д., Филяков А.Д., Чумаков И.И., Коновалов С.В.</i>	374
ВЛИЯНИЕ МЕДИ НА СТРУКТУРУ И ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ СПЛАВОВ AL – 40% Si <i>Афанасьев В. К., Попова М.В., Малюх М.А.</i>	379