

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ I

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
19 – 21 мая 2020 г.*

выпуск 24

Под общей редакцией профессора М. В. Темлянцева

**Новокузнецк
2020**

ББК 74.580.268
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Темлянец М.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р геол.-минерал. наук, профессор Гутак Я.М.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
д-р техн. наук, профессор Галевский Г.В.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

Н 340 Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды
Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых / Министерство науки и выс-
шего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред.
М.В. Темлянцева. – Новокузнецк : Издательский центр
СибГИУ, 2020. – Вып. 24. – Ч. I. Естественные и технические
науки. – 480 с., ил. – 164 , таб. – 88.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных наук, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования ресурсов.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

90 %, шлак силикомарганца – 6 %, пыли электрофильтров алюминиевого производства – 4 %.

2. Результаты испытаний на твердость и износ наплавленных слоев, показали, что наибольшие значения получены при наплавке под флюсом следующего состава, мас. %: ковшевой шлак - 80 %, шлак силикомарганца – 15 %, углеродфторсодержащая добавка – 5 %.

Библиографический список

1. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлаков металлургического производства / А. Р. Михно, Р. Е. Крюков, Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, О. А. Козырева // Сварка в России – 2019: современное состояние и перспективы: тезисы докладов Международной конференции, г. Томск, 3–7 сентября 2019 г. – 2019. – С. 187–188.

2. Козырев Н.А. Влияние введения добавок во флюсы, изготовленные из ковшевого электросталеплавильного шлака / Н.А. Козырев, А.Р. Михно, Р.Е. Крюков, А.Н. Калиногорский, Л.П. Бащенко // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2019. – Т. 62. – № 8. – С. 606 – 612.

3. Козырев, Н. А. Новая углеродфторсодержащая добавка для сварочных флюсов / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, Д. Е. Колмогоров // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. с элементами науч. шк. для молодых ученых. Юргинский технолог. ун-т. – Юрга : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2014. – С. 38–42.

УДК 625.143.48

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВАРНЫХ ШВОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ, ПОЛУЧЕННЫХ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ С ПОСЛЕДУЮЩИМ КОНТАКТНЫМ ПОДГРЕВОМ

**Бутакова К.А., Гостевская А.Н., Алимарданов П.Э., Азаренков И.А.
Научный руководитель: Шевченко Р.А**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ksusha.butackova@yandex.ru*

В работе исследуется влияние параметров изотермической выдержки на микроструктуру сварных соединений рельсов из стали марки Э76ХФ. При исследовании микроструктуры были проанализированы различные участки зоны термического влияния, произведена оценка структуры этих участков на бальность и выбран оптимальный изотермической выдержки.

Ключевые слова: контактная стыковая сварка, сварной шов, рельсовая сталь, структура, зона термического влияния.

Введение

Благодаря удобству, высокой эффективности и низкой стоимости железнодорожный транспорт является одним из наиболее распространённых способов перевозок. Надежная работа железных дорог во многом определяется качеством и эксплуатационной стойкостью основного элемента железнодорожного пути – рельсов. Большое внимание уделяется качеству сварных соединений рельсов, так как выход их из строя ведет к большим экономическим затратам [1]. Эксплуатационная стойкость сварных соединений определяется как режимами сварки и состоянием рельсосварочного оборудования, так и параметрами их микроструктуры.

Исследование микроструктуры рельсов позволяет выявить различные отклонения в технологии их изготовления, определить причины и характер различных внешних и внутренних дефектов металла. Необходимо стремиться к полному устранению структур типа мартенсита. Данный тип структур имеет крупнопластинчатую форму и очень хрупок, а потому склонен к образованию микротрещин.

На сегодняшний день большую часть рельсов сваривают при помощи электроконтактного метода, при этом процессе сталь проходит нагрев и непрерывное охлаждение в зоне термического влияния (ЗТВ) [2].

Целью данной работы является изучение влияния контактного подогрева на структуру стали марки Э76ХФ.

Материалы и методы исследования

Для сварки из головки рельса Р65 марки Э76ХФ вырезался образец с сечением 10 мм × 30 мм и длиной 90 мм. Контактную стыковую сварку непрерывным оплавлением проводили на машине МС – 20.08 по режиму: $U_2 = 5,76$ В, $I_2 = 11,7$ кА, $V_{\text{опл}} = 1$ мм/с, $\Delta_{\text{опл}} = 10$ мм, где $K_{\text{тр}}$ – коэффициент трансформации; U_2 – вторичное напряжение; I_2 – вторичный ток; $\Delta_{\text{опл}}$ – припуск на оплавление; $\Delta_{\text{ос}}$ – припуск на осадку; $V_{\text{опл}}$ – скорость оплавления.

Образец №1 получен способом контактной стыковой сварки непрерывным оплавлением без термической обработки. При сварке образцов №2 - №3 происходил подвод дополнительного тепла в момент их охлаждения путем пропускания через сварной стык переменного электрического тока по заданным режимам (Таблица 1). Исследуемыми параметрами введения дополнительного тепла является: X_1 – время охлаждения после осадки; X_2 – время подогрева; X_3 – время охлаждения после подогрева; X_4 – количество импульсов подогрева.

Таблица 1 – Режимы контактного подогрева образцов стали Э76ХФ

Образец, №	X_1 , с	X_2 , с	X_3 , с	X_4 , с
1	30	0,6	15	4
2	30	0,6	15	2
3	30	0,6	10	4

Для проведения исследований использовались образцы стали марки Э76ХФ. Химический состав стали марки Э76ХФ по ГОСТ 51685-2000 приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав образцов рельсовой стали

№ образца	Массовая доля элементов, %							
	C	Mn	Cr	Si	V	Al	P	S
0	0,74	0,84	0,37	0,26	0,04	0,002	0,009	0,010
1	0,76	0,77	0,37	0,53	0,04	0,003	0,010	0,009
2	0,76	0,77	0,36	0,53	0,04	0,003	0,010	0,007

Металлографический анализ изменений структуры проводился при увеличении $\times 500$ с помощью оптического микроскопа Olympus GX–51. Для создания оптического контраста образцы химически травились раствором, представляющим собой 4%-й раствор азотной кислоты в этиловом спирте в течение 6 секунд. Анализ и оценка микроструктуры образцов на бальность структурных составляющих выполнены по ГОСТ 8233.

Исследование микротвердости было проведено с помощью микротвердомера HVS–1000. Нагрузка была постоянной для всех режимов обработки и составляла 1Н. Время приложения и удержания нагрузки составляло 10 с, снятия испытательной нагрузки – 5 с.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ микроструктуры позволил выделить наиболее характерные области, которые заметно отличаются друг от друга, как структурой, так и протяженностью и характерны для каждого исследуемого образца: шов – обезуглероженный слой, зона крупного зерна, зона мелкого зерна, основной металл.

На рисунке 1 представлены изображения структуры для исследуемых образцов.

Результаты оценки микроструктуры на бальность в зоне сварного шва представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка микроструктуры исследуемых образцов стали Э76ХФ в зоне сварного шва

Режим, №	Объемная доля мартенсита/троостита, % (Балл)	Степень дисперсности пластинчатого перлита, Балл
0	95/5 (4)	-
1	-	2
2	>75/<25 (7,5)	-

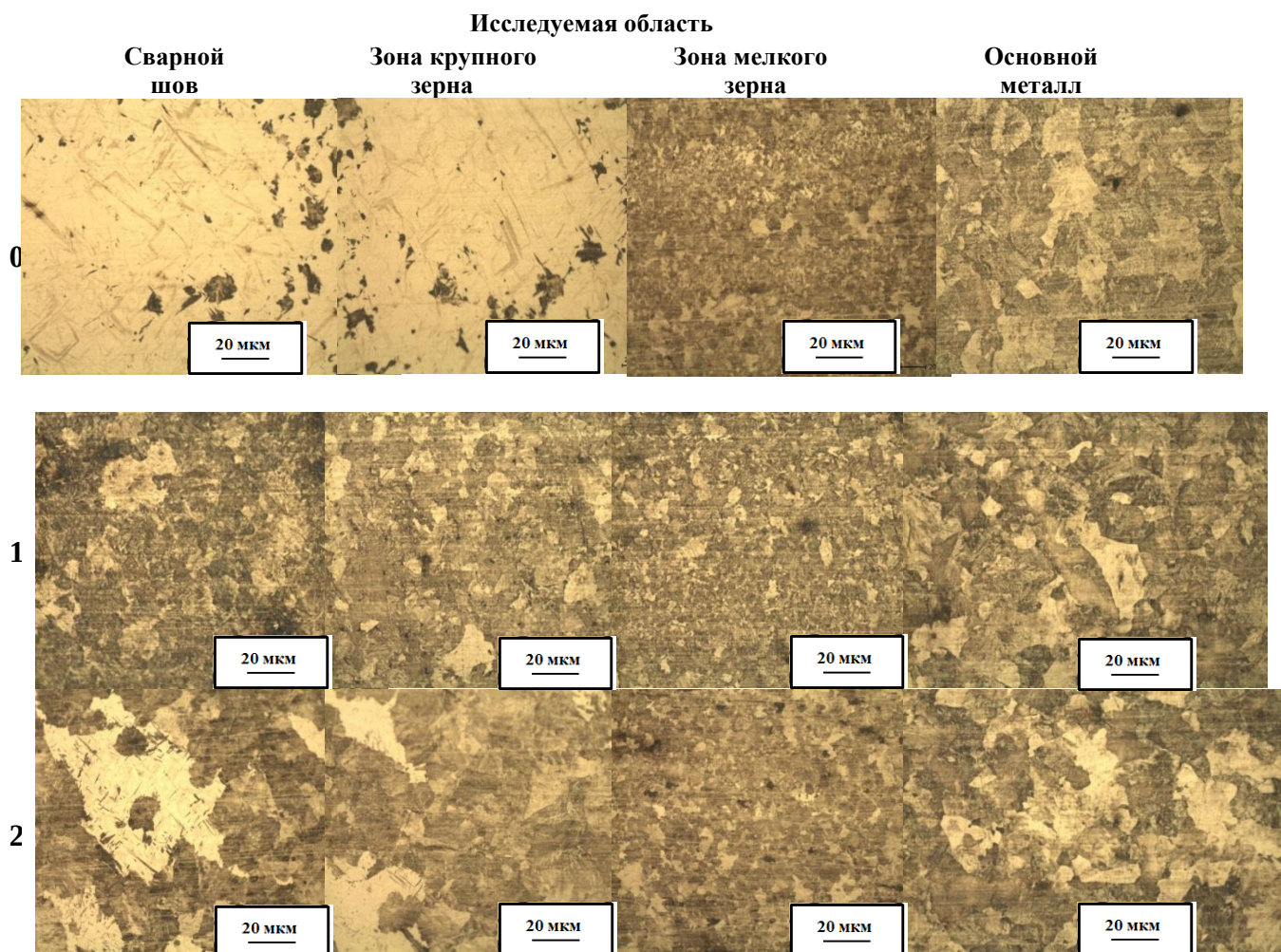


Рисунок 1 – Изменение структуры в различных областях в исследуемых образцах стали марки Э76ХФ

По данным таблицы 4 можно сделать вывод что в сварном шве образцов №0 и №2 преобладает мартенситная структура, наличие которой недопустимо в рельсовом металле. Установлено, что в зоне сварного шва образца №1 преобладает структура скрытопластинчатого перлита с межпластинчатым расстоянием 0,3 мкм..

Результаты оценки микроструктуры на бальность в зоне крупного зерна представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Оценка микроструктуры исследуемых образцов стали Э76ХФ в зоне крупного зерна

Режим, №	Протяженность зоны	Объемная доля мартенсита/троостита, % (Балл)	Степень дисперсности пластинчатого перлита, Балл
0	0,9 мм	95/5 (4)	-
1	0,9 мм	-	1
2	2,09 мм	25/75 (9)	-

Приведенные данные в таблице 5 свидетельствуют о преобладании в образце №0 структуры мартенситного типа. В образце №2 в зоне крупного зерна так же наблюдается мартенситная структура, что является недопустимым. В образце №1 в зоне крупного зерна преобладает структура пластинчатого сорбитообразного перлита с межпластинчатым расстоянием менее 0,2 мкм.

Микроструктура в зоне мелкого зерна представляет собой пластинчатый и зернистый перлит в различной стадии коагуляции. Дисперсность пластинчатого перлита оценивается баллом 1 шкалы 1 ГОСТ 8233, и соответствует сорбитообразный перлит с межпластинчатым расстоянием менее 0,2 мкм.

Структура основного металла исследуемых образцов представляет собой пластинчатый перлит 1 – 2 балла по шкале 1 ГОСТ 8233, что характерно для структуры нетермоупрочненных рельсов.

Протяженность зон термического влияния, а так же значения микротвердости по зонам, выявленным в зоне термического влияния, для исследуемых образцов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Протяженность зон термического влияния для исследуемых образцов

Образец, №	Протяженность зоны термического влияния	Средние значения микротвердости, ГПа			
		Зона сварного шва	Зона крупного зерна	Зона мелкого зерна	Основной металл
№0	5 мм	519	525,02	418,98	369,21
№1	5 мм	356,44	347,5	328,49	321,59
№2	6 мм	413,08	374,13	333,72	344,27

Из таблицы 5 следует, что полученные при одинаковой нагрузке значения микротвердости уменьшаются при удалении от сварного шва. Максимальные значения в зоне сварного шва и крупного зерна наблюдаются в образцах №0 и №2, что подтверждает наличие в этих зонах у данных образцов структур мартенсита. Минимальные значения микротвердости характерны для зоны мелкого зерна. Область, относящаяся к зоне основного металла, имеет микротвердость, значения которых близки к 330 ГПа. Оптимальные значения микротвердости получены на образцах №1.

Выводы:

1. На основании полученных данных о микроструктуре сварное соединение, полученное контактной стыковой сваркой, представляет собой четыре отдельных области, симметричных относительно центра – сварной шов, зона крупного зерна, зона мелкого зерна и основной металл.

2. Выявлено, что микроструктура в зоне сварного шва рельса после контактной стыковой сварки без проведения контактного перегрева представляет собой игольчатый мартенсит. Данная структура является недопу-

стимой и может повлиять на сроки эксплуатации рельсов. Присутствие мартенсита в сварном шве так же обнаружено в образце №2.

3. Установлено, что оптимальными параметрами контактного подогрева для образцов стали Э76ХФ после контактной стыковой сварки, являются параметры, использованные при обработке образцов №1.

Библиографический список

1. Генкин И.З. Сварные рельсы и стрелочные переводы.// М. Интекст.2003- 93 с.

2. Бутакова К.А., Гостевская А.Н., Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А. Исследование структуры сварного соединения рельсовой стали марки Э76Х при различных параметрах изотермической выдержки. Вестник горно-металлургической секции Российской академии наук. Отделение металлургии. 2018. №41. С. 221-224.

УДК 625.143.48

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ НА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МЕТАЛЛЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ Э76ХФ

**Гостевская А.Н., Бутакова К.А., Азаренков И.А., Алимарданов П.Э.
Научный руководитель: Шевченко Р.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: lokon1296@mail.ru*

В работе исследуется влияние параметров изотермической выдержки на неметаллические включения сварных соединений рельсов из стали марки Э76ХФ. При исследовании загрязненности неметаллическими включениями было проведено анализ основного металла и сварного шва, произведена оценка неметаллических включений и выбран оптимальный режим сварки.

Ключевые слова: контактная стыковая сварка, сварной шов, рельсовая сталь, неметаллические включения.

Одной из основных причин вывода рельсов из эксплуатации являются скопления неметаллических включений в зоне сварного стыка [1].

При этом неметаллические включения могут образовываться, как при производстве стали (выплавка, внепечная обработка, разливка стали), так и непосредственно при сварке рельсов в плети. Потому вопросом образования неметаллических включений и их трансформация при сталеплавильном производстве и сварке рельсов уделяется большое внимание [2].

Целью настоящей работы является исследование влияния контактного подогрева на образование неметаллических включений стали марки Э76ХФ.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УЛАВЛИВАНИЯ АММИАКА ИЗ КОКСОВОГО ГАЗА	
Литвинов А.П.	224
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТК НА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Новиков М.В.	228
НЕТРАДИЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ШТРИПСОВОЙ ЛЕНТЫ ПОД ПОРОШКОВУЮ ПРОВОЛОКУ	
Густова Д.О., Иванкина И.В.	231
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ И ВОЛОЧЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОВЫГОДНОГО ПАРТНЕРСТВА ОАО “НКАЗ” И АО “ЕВРАЗ ЗСМК”	
Иванкина И. В., Густова Д. О., Вахроломеев В.А.	235
СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ШАРОВ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Курбангалеев Д.К.	240
УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ШАРОВ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Курбангалеев Д.К.	243
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ	
Чудов А.Е., Хузин А.М.	246
УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА АК9Пч МОДИФИЦИРОВАНИЕМ	
Зеневич А.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В., Михно А.Р., Сычев А.А.	249
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО (СТОЙКОСТЬ) СЕКЦИИ ПРЯМОЙ ГАЗОСБОРНОГО КОЛОКОЛА ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА	
Соколов Б.М., Ознобихина Н.В., Михно А.Р., Белов Д.Е., Зеневич А.В.	254
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ	
Прохоренко Д.А., Масалова Д.А., Гулидов А.А., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В.	258
ИЗМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА, ОБЛУЧЕННОГО ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ	
Абатурова А.А., Шляров В.В., Петрикова Е.А., Тересов А.Д.	263
ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ СВАРКИ НА МАШИНЕ МС 20.08	
Азаренков И.А., Алимарданов П.Э.	268
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ПОД ФЛЮСОМ, ИЗГОТОВЛЕННЫМ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	
Апанина В.О., Михно А.Р., Постников А.В.	270

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВАРНЫХ ШВОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ, ПОЛУЧЕННЫХ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ С ПОСЛЕДУЮЩИМ КОНТАКТНЫМ ПОДГРЕВОМ Бутакова К.А., Гостевская А.Н., Алимарданов П.Э., Азаренков И.А.....	274
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ НА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МЕТАЛЛЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ Э76ХФ Гостевская А.Н., Бутакова К.А., Азаренков И.А., Алимарданов П.Э.	279
РАЗРАБОТКА САМОФЛЮСУЮЩЕЙСЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Гусева Д.А., Шамрай В.Р., Комаров А.А.	282
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ПП-НП-35В9Х3СФ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ Денисов П.А. Белов Д.Е.	285
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ МАРКИ ПП-НП-25Х5ФМС Кашин С.С., В. Белов Д.Е.	288
ВЛИЯНИЕ ХРОМА И УГЛЕРОДА В ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКЕ СИСТЕМЫ Fe-C-SI-MN-CR-NI-MO-V НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ И ТВЕРДОСТЬ НАПЛАВЛЯЕМОГО МЕТАЛЛА Комаров А.А. Осетковский И.В. Сычев А.А.	291
СВОЙСТВА НАПЛАВОЧНЫХ ФЛЮСОВ, НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА Михно А.Р., Кречетов Е.К., Евсюков И.А., Киселев П.В., Тюрин А.А.	295
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРНЫХ ШВОВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮСОВ Михно А.Р. Киселев П.В., Тюрин А.А.	298
МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СВАРНЫХ ШВОВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ НА ОСНОВЕ ШЛАКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Постников А.В., Михно А.Р., Апанова В.О.....	303
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ Шавлов И.С.	307
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКРАСКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Домнин К.И.	312
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА СЛОЕВОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ДЕФЕКТЫ Акенфиев А.А.....	317

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Часть I

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Выпуск 24

Под общей редакцией

М.В. Темлянцева

Технический редактор

Г.А. Морина

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

В.Е. Хомичева

Подписано в печать 11.06.2020 г.

Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 28,2 Уч.-изд. л. 30,6 Тираж 300 экз. Заказ № 99

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Издательский центр СибГИУ