

**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

ВЫПУСК 26

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
17 – 18 мая 2022 г.*

ЧАСТЬ I

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2022**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть I. Естественные и технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 419 с. : ил.

ISSN 2500-3364

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.

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

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

I ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ	2
ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРНЫХ КЛАССОВ	
<i>Аксёнова К.В., Ващук Е.С.</i>	3
МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОЦК-КРИСТАЛЛОВ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	
<i>Гостевская А.Н.</i>	6
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ ВОЗЛЕ ИМПЛАНТАТА С ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫМ БИОИНЕРТНЫМ ПОКРЫТИЕМ СИСТЕМЫ Ti-Zr ИЛИ Ti-Nb	
<i>Филяков А.Д., Романов Д.А., Невский С.А.</i>	10
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ	
<i>Дробышев В.К., Гостевская А.Н.</i>	14
УСТАЛОСТНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО АЛЮМИНИЯ МАРКИ А5М В МАГНИТНОМ ПОЛЕ 0,2 Тл	
<i>Шляров В.В., Серебрякова А.А., Аксенова К.В.</i>	18
ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДО 0,5Тл НА ПАРАМЕТР ПЛАСТИЧНОСТИ СВИНЦА МАРКИ С2	
<i>Серебрякова А.А., Шляров В.В.</i>	22
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ	
<i>Кузнецова В.А., Панова В.С.</i>	24
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТИ ПОКРЫТИЯ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Al-Co-Cr-Fe-Ni, НАНЕСЕННОГО НА СПЛАВ АМг5 С ПОМОЩЬЮ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Авчинник А.В., Осинцев К.А., Панченко И.А.</i>	29
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ Al-Co-Cr-Fe-Ni, ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Осинцев К.А., Данилушкин В.С., Епифанцев М.А., Воронин С.В.,</i>	31
ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРУ АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Лей Х., Чэнь С.</i>	33

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОДИСПЕРСНОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ – УПРОЧНЯЮЩЕЙ ФАЗЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ И ХРОМА <i>Безрукова Е.С.</i>	307
РАСШИРЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ 3 А СЧЕТ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Федулова А.В.</i>	311
АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВА ПРОКАТА НА НЕПРЕРЫВНОМ СРЕДНЕСОРТНОМ СТАНЕ 450 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Пак В.Е., Маркалин Ю.А., Зохидов Х.Н.</i>	314
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ ПРОКАТНОЙ КЛЕТИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОТОВОГО ПРОКАТА НА МЕЛКОСОРТНОМ СТАНЕ 250-1 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Маркалин Ю.А., Зохидов Х.Н., Пак В.Е.</i>	319
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВОГО ПРОКАТА <i>Вахроломеев В.А., Глухов М.И., Захидов Х.М., Маркалин Ю.А.</i>	325
АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА СРЕДНЕСОРТНОМ СТАНЕ 450 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Зохидов Х.Н., Маркалин Ю.А., Пак В.Е.</i>	327
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СЛИТКОВ ИЗ ПОРШНЕВЫХ СИЛУМИНОВ НА ОСНОВЕ Al-15 % Si <i>Прудников В.А., Рексиус В.С.</i>	332
ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ШИХТЫ И РАСПЛАВА НА МИКРОСТРУКТУРУ СИЛУМИНОВ С 3-15% Si <i>Ломиворотов Н.П., Полунин А.М., Юркина М.С.</i>	335
РЕЛЬСОВАЯ СТАЛЬ: МАРКА И ХАРАКТЕРИСТИКИ <i>Михеева Д.В.</i>	341
ВОЗДЕЙСТВИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ <i>Полунин А.М., Ломиворотов Н.П., Юркина М.С.</i>	346
ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ СПЛАВА Al-11%Si <i>Юркина М.С., Полунин А.М., Ломиворотов Н.П.</i>	350
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СВАРКИ ПОД НОВЫМ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИМ ФЛЮСОМ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ИЗ СТАЛИ 09Г2С <i>Гусева Д.А.</i>	355
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛИЧЕСКОЙ КОВКИ НА СВОЙСТВА СТАЛИ 10 <i>Закирова Ш.К.</i>	359
ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ ПОРШНЯ ИЗ СПЛАВА АК21 <i>Зокирова Г.К.</i>	362

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СВАРКИ ПОД НОВЫМ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИМ ФЛЮСОМ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ИЗ СТАЛИ 09Г2С

Гусева Д.А.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Попова М.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: dasha1998_98@bk.ru*

В данной работе представлены основные результаты исследования влияния энерго-технологических режимов сварки под флюсом, изготовленным из шлака производства силикомарганца, на механические свойства (временное сопротивление разрыву, предел текучести, относительное удлинение, ударная вязкость) сварного шва, полученного при автоматической сварке проволокой Св-08ГА низколегированной стали 09Г2С.

Ключевые слова: сварка, сварочный флюс, техногенные отходы, шлак силикомарганца, временное сопротивление разрыву, предел текучести, относительное удлинение, ударная вязкость, механические свойства, сварное соединение.

Одной из важнейших проблем государственного значения является локальное производство сварочных материалов из ресурсов РФ, поскольку существуют трудности в производстве номенклатуры сварочных материалов в России. Причиной этих трудностей является то, что сварочные компоненты, находятся в странах ближнего и дальнего зарубежья, что приводит к истощению исходного сырья в России, ухудшению его качества и удорожанию сварочных материалов. Локальное производство сварочных материалов из сырья РФ обусловлено также устойчивым развитием важнейших отраслей промышленности, на которое не повлияют внешние воздействия, от необоснованных высоких цен на импортные сварочные материалы до санкций конкретных секторов промышленности.

Целью данной работы является исследование влияния энерго-технологических режимов сварки под флюсом, изготовленным из шлака производства силикомарганца, на физико-механические свойства сварного шва, полученного при автоматической сварке проволокой Св-08ГА низколегированной стали 09Г2С под данным флюсом.

Для проведения сварочных работ на сегодняшний день высокий спрос имеют сварочные флюсы, изготовленные на основе оксидов марганца типа АН-67, АН-348А, АН-39С [1-3]. В условиях СибГИУ проведен ряд работ по использованию в качестве аналогов таких сварочных флюсов шлака производства силикомарганца [4-9]. При этом существенное влияние на качественные показатели сварного шва оказывают режимы сварки.

Для изучения влияния сварочно-технологических режимов на механи-

ческие свойства сварного шва был изготовлен сварочный флюс на основе шлака производства силикомарганца с химическим составом, масс. %: 0,42 FeO, 16,22 MnO, 29,00 CaO, 41,34 SiO₂, 6,53 Al₂O₃, 1,33 MgO, 0,24 S, 0,022 P, 0,008 ZnO, 0,031 C, 0,31 F, 0,15 TiO₂, 0,025 Cr₂O₃. Проведенные ранее исследования [10-11] показали, что для данных флюсов наиболее приемлемым является использование фракции 0,45-2,5мм. Для сварки были использованы пластины из стали 09Г2С толщиной 20мм.

Исследованы различные режимы сварки, обеспечивающие необходимую глубину провара и отсутствие внешних дефектов (пор, трещин, раковин). За основу был взят режим со следующими параметрами: сила тока I= 700А, напряжение U= 28В, скорость сварки v= 30 см/мин. Параметры режимов сварки представлены в таблице 1.

Таблица 1- Режимы сварки образцов

Номер эксперимента	Погонная энергия Дж/см	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, см/мин
0	36000	600	28	28
1	33750	600	30	32
2	38400	600	32	30
3	34125	650	28	32
4	39000	650	30	30

Химический состав металла сварных швов, выполненный рентгенофлюоресцентном методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав используемого флюса

Образец	Mn	Ni	Al	Mo	Si	P	Cu	S	Ti	Cr	C
0	1,16	0,31	0,009	0,10	0,041	0,014	0,15	0,014	0,002	0,05	0,11
1	1,24	0,43	0,012	0,14	0,48	0,016	0,16	0,013	0,01	0,05	0,07
2	1,38	0,28	0,018	0,08	0,54	0,014	0,17	0,014	0,003	0,06	0,08
3	1,31	0,32	0,014	0,10	0,51	0,013	0,15	0,014	0,001	0,06	0,08
4	1,20	0,45	0,013	0,16	0,49	0,015	0,17	0,011	0,002	0,05	0,08

При отработке технологии получения сварных соединений с пониженной газонасыщенностью определяли концентрацию кислорода и азота в металле сварного шва по ГОСТ 17745 – 90 «Стали и сплавы. Методы определения газов».

Для проведения анализа изготавливали не менее трех образцов. Перед проведением анализа проводили очистку образцов с последующим травлением в соляной кислоте, разбавленной в соотношении 1:3. Результаты исследования газонасыщенности исследованных образцов представлены в табл. 3

Полученные результаты указывают на рост концентрации азота N и кислорода (свободного O и связанного в соединениях O_{св}) с ростом силы тока и на снижение этих показателей при увеличении напряжения, при этом скорость сварки слабо влияет на газонасыщенность металла сварного шва.

Таблица 3 – Содержание кислорода и азота в металле сварного шва

Образец	Содержание, %					
	N	O	O _{св}	Силикаты	Алюминаты	Алюмосиликаты кальция, силикаты кальция, магниевые шпинели
0	0,092	0,0132	0,1167	0,05234	0,06185	0,00251
1	0,096	0,0130	0,1175	0,05801	0,05614	0,00335
2	0,087	0,0119	0,0973	0,04656	0,04783	0,00291
3	0,087	0,0121	0,0965	0,04635	0,0482	0,00213
4	0,087	0,0132	0,0964	0,04054	0,05425	0,00161

Механические свойства исследуемых образцов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Механические свойства сварных швов

Образец	Временное сопротивление разрыву σ_B , МПа	Предел текучести, σ_T МПа	Относительное удлинение δ , %	KCV +20°С	KCV -20°С
0	576	482	21	$\frac{68*}{63-75**}$	$\frac{22,3*}{20-26**}$
1	563	470	21	$\frac{59,6}{49-81}$	$\frac{20,3}{15-31}$
2	582	481	22	$\frac{64,3}{60-69}$	$\frac{20,6}{17-25}$
3	560	430	21	$\frac{66,3}{52-77}$	$\frac{32}{27-35}$
4	570	459	21	$\frac{59,33}{56-62}$	$\frac{30}{27-32}$

Выводы:

1. Проведенные исследования показали, что энерго-технологические режимы сварки влияют на содержание кислорода и азота в металле сварного шва. Концентрация азота и кислорода (свободного и связанного в соединениях) увеличивается с ростом силы тока и снижается при увеличении напряжения, при этом скорость сварки слабо влияет на газонасыщенность металла сварного шва.

2. Опыты показали, что в процессе сварки наибольшее количество сформированных оксидных включений находится в виде алюминатов, затем следуют силикаты и алюминаты кальция, силикаты кальция, магниевые шпинели, при этом общие тенденции влияния силы тока, напряжения и скорости сварки сохраняются

3. По результатам проведенных исследований установлено положительное влияние использования в качестве флюса шлак производства силикомарганца на механические свойства сварного шва. Все образцы имеют высокие показатели механических свойств, что в свою очередь указывает на хорошие сварочные свойства изучаемого флюса.

Библиографический список

1. Айматов, В. Г. Исследование влияния добавки барий-стронциевого модификатора на свойства сварочного флюса на основе шлака силикомарганца / В. Г. Айматов, А. Р. Михно ; науч. рук. Н. А. Козырев // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. 2 : Естественные и технические науки. – С. 202–205.
2. Усольцев А. А. Теоретические и технологические представления о возможности использования сварочных флюсов на основе шлака производства силикомарганца / А. А. Усольцев, С. В. Князев, А. Р. Михно // Общество – наука – инновации : сборник статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 22 декабря 2019 г. – Стерлитамак : АМИ, 2019. – Ч. 1. Технические науки. – С. 84–86
3. Козырев Н.А. Влияние газонасыщенности на физико-механические свойства сварного шва, выполненного под флюсом, изготовленным из шлака, получаемого при производстве силикомарганца / Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, Р. Е. Крюков, А. Р. Михно, Р. А. Шевченко. – DOI 10.32339/0135-5910-2020-10-1043-1050 // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2020. – Т. 76, № 10. – С. 1043–1050.
4. Козырев Н.А. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца / Н.А. Козырев., Р.Е. Крюков., А.А. Усольцев., А.Р. Михно, Л.П. Бащенко.// Сварка и контроль –2018: материалы международной научно-технической конференции, посвященной 130-летию изобретения Н.Г. Славяновым электродуговой сварки плавящимся электродом, 18-21 сентября 2018 г. – Пермь, 2018. – С. 168–182. – Библиогр.: с. 179.
5. Козырев Н.А., Выбор энерго-технологических режимов сварки под флюсом, изготовленным из шлака производства силикомарганца для деталей горношахтного оборудования / Н.А. Козырев., А.А. Усольцев, Р.Е. Крюков, А.Р. Михно // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : научный журнал. – 2020. – № 6. – С. 175–180.
6. 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.
7. Влияние введения добавок углерода и фтора во флюсы, изготовленные из шлака силикомарганца / Р.Е. Крюков Н.А., Козырев., А.Р. Михно., Л.П. Бащенко., А.Н. Калиногорский // Изв. вуз. Черная металлургия. 2020. Т. 63. № 1. С. 34 – 39.
8. Крюков Н.Е. Производство новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца. / Крюков Н.Е., О.Е. Козырева., Р.Е. Крюков., Н.А. Козырев., А.А. Усольцев // Сварочное производство. 2017. №5. с.42-48.
9. Козырев Н.А. Разработка новых сварочных флюсов на основе

шлака силикомарганца / Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.А. Усольцев и др. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 6 (1422). С. 55–66.

10. Козырев Н.А.. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца / Н.А. Козырев., Р.Е. Крюков., А.С. Непомнящих., А.А., Усольцев., М.В. Попова (научная статья) печатн. //Черная металлургия. – 2018. – № 9 (1425). – С. 101-107.

11. Козырев Н.А. Сварочный флюс на основе барий-стронциевого модификатора и шлака силикомарганца/ Н.А. Козырев., А.Р. Михно., А.А. Усольцев., Р.Е. Крюков., М.В. Попова (материалы научной конференции) печатн. // Металлургия: технологии, инновации, качество: сборник трудов XXI Международной научно-практической конференции. В 2-х частях / под ред. Е.В. Протопопова. – 2019. – С. 322-328.

УДК 621.768.011

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛИЧЕСКОЙ КОВКИ НА СВОЙСТВА СТАЛИ 10

Закирова Ш.К.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Прудников А.Н.

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

Изучено влияние циклической ковки на физико-механические свойства стали 10. Показано, что использование термоциклической ковки для низкоуглеродистой стали позволяет повысить ее прочностные характеристики на 30 % при сохранении достаточного уровня пластичности. Изменение физических свойств стали (H_C , ТКЛР) не превышает 8 %.

Ключевые слова: сталь, циклическая ковка, структура, механические и физические свойства, коэрцитивная сила

Известно, что деформационная термоциклическая обработка ДТЦО часто используется для средне- и высокоуглеродистых сталей, чугунов, цветных сплавов [1-7]. Значительно реже используются режимы ДТЦО для улучшения структуры и свойств низкоуглеродистых сталей, в том числе и физических свойств [6, 7-11]. Поэтому целью работы явилось исследование воздействия режима циклической ковки на структуру и свойства листовой стали 10.

Для исследования была выбрана сталь 10, содержащая в % (вес.): углерода 0,13, кремния 0,22, марганца 0,42, серы 0,018, фосфора – 0,014. Циклическую ковку сляба (900×700×500 мм) проводили методом однократной протяжки на гидравлическом ковочном прессе усилием 20 МН в ОАО ЗСМК (г. Новокузнецк). Перед каждым циклом ковки заготовки нагревали и выдержи-