

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Журнал включен в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук

Основан в марте 1944 года
Выходит ежемесячно

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.
Регистрационный номер ПИ № 77-18479

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор - **Бессонов А.В.**, канд.экон.наук
Зам.главного редактора - **Курганов В.А.**, докт.техн.наук профессор
Выпускающий редактор раздела зарубежной черной металлургии - И.Г.Очагова

Аксельрод Л.М., канд.техн.наук
Белов В.К., канд. физ.-мат.наук, доцент
Близнюков А.С., канд.техн.наук
Бродов А.А., канд.экон.наук
Быховский Л.З., докт.г.-м.наук
Веденеев А.В., канд.техн.наук
Гарбер Э.А., докт.техн.наук, профессор
Дунаев В.А., докт.г.-м.наук, профессор
Золотухин Ю.А., канд.техн.наук
Касимов А.М., докт.техн.наук, профессор
Космацкий Я.И., канд.техн.наук
Курунов И.Ф., докт.техн.наук, профессор
Лубе И.И., канд.техн.наук
Ляшенко В.И., канд.техн.наук, ст.научн.сотр.
Муравьева И.Г., докт.техн.наук, ст.научн.сотр.
Протасов А.В., канд.техн.наук
Сенаторов П.П., канд.техн.наук
Сивак Б.А., канд.техн.наук, профессор
Смирнов А.Н., докт.техн.наук, профессор
Страхов В.М., канд.техн.наук, ст.научн.сотр.
Товаровский И.Г., докт.техн.наук, профессор
Тютюник С.В., канд.техн.наук
Филиппов Г.А., докт.техн.наук, профессор
Харитонов В.А., канд.техн.наук
Шешуков О.Ю., докт.техн.наук, доцент
Юзов О.В., докт.техн.наук.

Редактор – Смильтина В.В.
Ведущие редакторы разделов – Бухова Л.М., Зиновьева Н.Г., Овчинников А.М.
Корректор – Власова Н.А.
Компьютерная верстка – Яшина Н.Н., Галахова А.Г.
Переводчики – Косников А.Н., Кривошеин А.Л.
Референты – Аксенов В.В., Антонов А.В., Близнюков А.С., Ивлев С.А.

Контакты по вопросам подписки, публикации статей и рекламы: *Бессонов Анатолий Васильевич* +7(495) 719-07-38; +7-903-513-56-39
bessonov@chermetinfo.com

Контакты по вопросам доставки: +7(499) 124-49-09 *Бурмистрова Галина Ивановна*

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief – **Bessonov A.V.**, PhD (Econ)
Deputy Editor-in-Chief – **Kurganov V.A.** Higher Doctorate (Tech), Professor
Executive editor, foreign steel industry section – **Ochagova I.G.**

Axel'rod L.M., PhD (Tech)
Belov V.K., PhD (Tech), Assistant Professor
Bliznyukov A.S., PhD (Tech)
Brodiv A.A., PhD (Econ)
Bykhovsky L.Z., Higher Doctorate (Geology)
Vedeneev A.V., PhD (Tech)
Garber E.A., Higher Doctorate (Tech), Professor
Dunaev V.A., Higher Doctorate (Geology), Professor
Zolotukhin Yu.A., PhD (Tech)
Kasimov A.M., Higher Doctorate (Tech), Professor
Kosmatsky Ya.I., PhD (Tech)
Kurunov I.F., Higher Doctorate (Tech), Professor
Lube I.I., PhD (Tech)
Lyashenko I.I., PhD (Tech), Senior Researcher
Murav'eva I.G., Higher Doctorate (Tech), Senior Researcher
Protasov A.V., PhD (Tech)
Senatorov P.P., PhD (Tech)
Sivak B.A., PhD (Tech), Professor
Smirnov A.N., Higher Doctorate (Tech), Professor
Strakhov V.M., PhD (Tech), Senior Researcher
Tovarovsky I.G., Higher Doctorate (Tech), Professor
Tyutyunik S.V., PhD (Tech)
Filippov G.A., Higher Doctorate (Tech), Professor
Kharitonov V.A., PhD (Tech)
Sheshukov O.Yu., Higher Doctorate (Tech), Assistant Professor
Yuzov O.V., Higher Doctorate (Tech)

Издатель - ОАО «Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований черной металлургии»

117218, Москва, ул. Кржижановского, д. 14, корп. 3, ОАО «Черметинформация»

Тел: (495) 718-07-10, 719-07-92, Факс: (499) 125-78-44 E-mail: main@chermetinfo.com Адрес сайта: www.chermetinfo.com

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

2017

ВЫПУСК 5 (1409)
МОСКВА

Основан в марте 1944 г.
Выходит 1 раз в месяц

БЮЛЛЕТЕНЬ
научно-технической
и экономической
информации

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением
законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия
Регистрационный номер ПИ № 77-18479

СОДЕРЖАНИЕ

Снимщиков С.В., Харитонов В.А., Суриков И.Н., Саврасов И.П. Новый стандарт на арматурный прокат. Современные вызовы и стратегия дальнейшего развития	3
Серегин А.Н., Верета Р.А. Проблемы импортозамещения марганцевой продукции	9

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ

Горнорудное производство

Ляшенко В.И. Научно-методическое и приборное обеспечение для повышения сейсмической безопасности при производстве взрывных работ под городской застройкой	14
---	----

Аглодомненное производство

Нестеров А.С., Семенов Ю.С., Горупаха В.В., Кузнецов А.М., Коваленко А.Г., Зубенко А.В. Исследование процесса формирования жидких фаз при вдувании пылеугольного топлива в переменных шихтовых условиях	24
Титов В.Н., Ивлева Л.С., Пишикин А.А. Использование мелких фракций агломерата и кокса в условиях интенсивной работы доменных печей	28
Матюхин В.И., Дудко В.А., Журавлёв С.Я. Особенности обжига сидеритов во вращающейся печи	33
Беликов И.П., Дунцев Д.Ю., Кобелев В.А., Нечкин Г.А. Применение марганцовистого известняка в качестве флюсующей добавки при производстве агломерата	37
Фролов Ю.А. Состояние и перспективы развития технологии производства агломерата. Часть 2. Смешивание и окомкование агломерационной шихты	40

Сталеплавильное производство

Белов Б.Ф., Троцан А.И., Карликова Я.П., Рябчиков И.В., Голубцов В.А. Структурно-химическое состояние оксидных и металлических фаз дуплекс-системы $\text{FeO-SiO}_2\text{-BaO:Fe-Si-Ba}$ при ковшевой обработке стали. Сообщение 1. Дуплекс-система силикаты-силициды железа	49
Назюта Л.Ю. Раскислительная способность циркония в жидком железе (обзор литературных источников)	56
Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Прошунин И.Е., Голодова М.А. Производство низкофосфористых	

марганцевых сплавов с использованием марганцевого концентрата химического обогащения	63
--	----

Прокатное производство

Василев Я.Д., Замогильный Р.А., Самокиш Д.Н. Определение антифрикционной эффективности технологических смазок при холодной прокатке по их физико-химическим свойствам	68
---	----

Трубное производство

Максимов Е.А. Антикоррозионная защита ленточными материалами трубопроводов в условиях химически агрессивных сред и сложных климатических условиях	74
Семенов П.П., Кумуржи Е.В., Великоцкий Р.Е., Кравченко А.Г., Румянцев Н.А. Оптимизация легирования трубной стали 10Г2ФБЮ/К60 с целью повышения хладостойкости	79

Метизное производство

Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Крюков Н.Е., Ковальский И.Н., Козырева О.Е. Разработка новых сварочных флюсов и флюс-добавок для сварки и наплавки стали с использованием отходов металлургического производства. Сообщение 2. Сварочные флюсы на основе шлака силикомарганца	85
--	----

Производство и применение огнеупоров

Кашеев И.Д., Земляной К.Г., Чевычелов А.В., Валуев А.Г., Поморцев С.А. Исследование свойств периклазоуглеродистых огнеупоров, сформованных новым способом	90
---	----

Металлургическое оборудование и литейное производство

Котенок В.И., Боровик А.А., Обухов М.Е., Исаев Д.М. Разработка и внедрение трехвалковых станков холодной прокатки резб с крупным шагом	93
--	----

Экология и ресурсосбережение

Аксенов В.И., Царев Н.С. Характеристика осадков водного хозяйства предприятий черной металлургии	99
--	----

Новости зарубежной периодики

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ	108
---------------------------	-----

Аннотации к статьям	116
---------------------------	-----

Статистика	126
------------------	-----

CONTENTS

Snimshchikov S.V., Kharitonov V.A., Surikov I.N., Savrasov I.P. The New Standard for the Reinforcing Bars. The Modern Challenges and Further Development Strategy	3
Seregin A.N., Vereta R.A. The Problems in the Import Substitution of the Manganese Products	9

AT ENTERPRISES AND INSTITUTES

The Ore-Mining Industry

Lyashenko V.I. The Scientific-Methodological and Instrument Supports for the Improvement in the Aseismic Safety during the Performance of the Blasting under the Urban Development.....	14
---	----

The Sintering and Blast Furnace Processes

Nesterov A.S., Semenov Yu.S., Gorupakha V.V., Kuznetsov A.M., Kovalenko A.G., Zubenko A.V. The Investigation into the Process of the Liquid Phase Formation during the Injection of the Pulverized Coal Fuel under the Variable Charge Material Conditions.....	24
Titov V.N., Ivleva L.S., Pishikin A.A. The Utilization of the Fine Fractions of the Sinter and Coke under the Conditions of the Intensive Blast Furnace Operation.....	28
Mityukhin V.I., Dudko V.A., Zhuravlev S.Ya. The Special Features in Firing the Siderites in the Rotary	33
Belikov I.P., Duntsev D.Yu., Kobelev V.A., Nechkin G.A. The Application of the Manganese-Containing Limestone as the Fluxing Addition during Manufacturing the Sinter.....	37
Frolov Yu.A. The Status and Prospects for the Development of the Technology for Manufacturing the Sinter. The Part 2. Blending and Pelletizing the Sintering Mix	40

Steelmaking

Belov B.F., Trotsan A.I., Karlikova Ya.P., Ryabchikov I.V., Golubtsov V.A. The Structural and Chemical State of the Oxide and Metallic Phases of the FeO-SiO ₂ -BaO:Fe-Si Duplex System during the Ladle Treatment of the Steel. The Report 1. The Iron Silicates-Silicides Duplex System	49
Nazyuta L.Yu. The Deoxidizing Capacity of the Zirconium in the Liquid Iron (the Review of the Literature Sources)	56
Nokhrina O.I., Rozhikhina I.D., Proshunin I.E., Golodova M.A. The Production of the Low Phosphorus Manganese Alloys with	

the use of the Manganese Concentrates Manufactured by the Chemical Concentration Method	63
---	----

Rolling Mill Practice

Vasilev Ya.D., Zamogil'nyi R.A., Samokish D.N. The Determination of the Antifriction Efficiency of the Process Lubricants during the Cold Rolling according to Their Physicochemical Properties	68
---	----

Production of Pipes and Tubes

Maksimov E.A. The Anticorrosion Protection of the Pipe-Lines with the Belt Materials under the Conditions of the Chemically Aggressive Media and Complicated Climate Conditions	74
Semenyuk P.P., Kumurzhi E.V., Velikotskiy R.E., Kravchenko A.G., Rumyantseva N.A. The Optimization of Alloying the Pipe Steel of the 10G2FBYu/K60 in order to Improve the Cold Resistance.....	79

Wire Products Manufacturing

Kozyrev N.A., Kryukov R.E., Kryukov N.E., Koval'skiy I.N., Kozyreva O.E. The Development of the New Welding Fluxes and Flux Additives for Welding and Surfacing the Steel with the Use of the Metallurgical Production Wastes. The Report 2. The Welding Fluxes on the Basis of the Silicomanganese Production Slag	85
---	----

Production and Application of Refractories

Kashcheev I.D., Zemlyanoi K.G., Chevychelov A.V., Valuev A.G., Pomortsev S.A. The Investigation into the Properties of the Periclase-Carbon Refractories Formed by the New Method.....	90
--	----

Metallurgical Equipment and Foundry Practice

Kotenok V.I., Borovik A.A., Obukhov M.E., Isaev D.M. The Development and Implementation of the Three-High Mills for the Cold Rolling of the Threads with the Large Pitch.....	93
---	----

Resource Saving and Ecology

Aksenov V.I., Tsarev N.S. The Characteristics of the Sediments of the Water Management in the Enterprises of the Iron and Steel Industry	99
--	----

The News of the Foreign Periodicals.....

EXPRESS INFORMATION	108
---------------------------	-----

The Abstracts for the Articles.....	117
-------------------------------------	-----

Statistics	126
------------------	-----

INHALT

Snimtschikow S.W., Charitonow W.A., Surikow I.N., Sawrasow I.P. Ein neuer Standard für Bewehrungsstahl. Aktuelle Herausforderungen und zukünftige Strategien	3
Seregin A.N., Wereta R.A. Probleme der Importsubstitution von Manganerzeugnisse.....	9

IN BETRIEBEN UND INSTITUTEN

Erzbergbau

Ljaschenko W.I. Wissenschaftlich-methodische und Gerätesicherung der Erdbebensicherheit in die Sprengarbeiten unter Stadtinfrastuktur	14
---	----

Sinter -und Roheisenerzeugung

Nesterow A.S., Semenov Ju.S., Gorupacha W.W., Kesnezow A.M., Kowalenko A.G., Subenko A.W. Untersuchung der Bildung von flüssigen Phasen beim Einblasen von Kohlenstaub in variable Ladungsbedingungen	24
Titow W.N., Iwlewa L.S., Pischikin A.A. Verwendung der Feinfraktionen von Sinterfeinerz und Koks unter intensiven Arbeit Hochöfen.....	28
Matjuchin W.I., Dudko W.A., Shurawlew S.Ja. Merkmalen der Röstung des Siderits im Drehofen	33
Belikow I.P., Dunzew D.Ju., Kobelew W.A., Netschkin G.A. Anwendung des manganhaltigen Kalksteins als Flussmittel bei der Sinterherstellung	37
Frolov Ju.A. Stand und Perspektiven der Entwicklung der Technologie der Sinterherstellung. Teil 2. Mischen und Granulieren der Sintermischung	40

Stahlerzeugung

Belov B.F., Trozan A.I., Karlikowa Ja.P., Rjabtschikow I.W., Golubzow W.A. Struktureller und chemischer Zustand des Oxids - und metallische Phasen Duplex-System FeO-SiO ₂ -BaO:Fe-Si-Ba während der Pfannenbehandlung. Nachricht 1. Duplex-System Silikate - Silicide Eisen	49
Nasjuta L.Ju. Desoxydationsvermögen von Zirkonium in flüssigem Eisen. Überprüfung der Literatur	56

Nochrina O.I., Roshichina I.D., Proschunin I.E., Golodowa M.A. Herstellung der Niedrig Phosphor - Mangan Legierungen mit Verwendung der Mangankonzentrat von chemische Aufbereitung....	63
---	----

Walzbetrieb

Wasilew Ja.D., Samogilny R.A., Samokisch D.N. Bestimmung der Antifrikationswirksamkeit von Schmiermitteln im Kaltwalzen auf ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften	68
---	----

Rohrherstellung

Maksimow E.A. Korrosionsschutz von Rohrleitungen durch Bandmaterialien in chemisch aggressiven Medium und extremen klimatischen Bedingungen.....	74
Semenjuk P.P., Kumurshi E.W., Welikozki R.E., Krawtschenko A.G., Rumjanzewa N.A. Optimierung des Legieren von Rohrstahl 10G2FBYU/K60 die Kältebeständigkeit zu verbessern.....	79

Metallwarenerzeugung

Kosyrew N.A., Krjukow R.E., Krjukow N.E., Kowalski I.N., Kosyrewa O.E. Entwicklung neuer Schweißflussmittel und Fluss-Additive für Schweißen und Auftragschweißen von Stahl mit Verwendung der Stahlproduktionsabfälle Nachricht 2. Schweißflussmittel auf Basis von silicomanganese Schlacke.....	85
--	----

Erzeugung und Anwendung von Feuerfeststoffen

Katscheew I.D., Semljanoi K.G., Tschewytschelov A.W., Waluew A.G., Pomorzew S.A. Untersuchung der Eigenschaften des Periklas - Kohlenstoffhaltiger Feuerfeststoffes durch das neue Verfahren hergestellt.....	90
---	----

Hüttenausrüstungen und Gießerei

Kotenok W.I., Borowik A.A., Obuchow M.E., Isaew D.M. Entwicklung und Einführung von Dreimalwalzenkaltwalzwerken mit großer Gewindesteigung	93
--	----

Ressourceneinsparung und Ökologie

Aksenow W.I., Zarew N.S. Eigenschaften der Niederschlag von Wasserwirtschaft in Hüttenwerk.....	99
---	----

Nachrichten der ausländischen Zeitschriften	105
---	-----

EXPRESS-INFORMATIONEN	108
-----------------------------	-----

Anmerkungen zu den Artikeln	117
-----------------------------------	-----

Statistik	126
-----------------	-----

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ И ФЛЮС-ДОБАВОК ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сообщение 2. Сварочные флюсы на основе шлака силикомарганца *

Н. А. КОЗЫРЕВ¹, д-р техн. наук, kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru;
Р. Е. КРЮКОВ¹, канд. техн. наук; Н. Е. КРЮКОВ², rmk@nrmk.ru;

И. Н. КОВАЛЬСКИЙ², О. Е. КОЗЫРЕВА²

(¹ ФГБОУ ВО “Сибирский государственный индустриальный университет”,

² АО “Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций им. Н.Е. Крюкова”)

Предложено использование шлака производства силикомарганца для изготовления сварочных флюсов [1–4]. Для изготовления флюса использовали шлак производства силикомарганца с химическим составом, приведенным в табл. 1, при этом в первой серии опытов исследовали возможность использования различного соотно-

шения шлаковых фракций (табл. 2). Сварку под флюсами производили встык без скоса кромок с двух сторон на образцах размером 500×75 мм, толщиной 16 мм из листовой стали 09Г2С. Процесс проводили проволокой Св-08ГА с использованием сварочного трактора АСАВ-1250 при режиме: $I_{св} = 700$ А; $U_d = 30$ В; $V_{св} = 35$ м/ч.

ТАБЛИЦА 1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКОМАРГАНЦА

Содержание, %										
Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	FeO	MgO	MnO	F	Na ₂ O	K ₂ O	S	P
6,91– 9,62	22,85– 31,70	46,46– 48,16	0,27– 0,81	6,48– 7,92	8,01– 8,43	0,28– 0,76	0,26– 0,36	До 0,62	0,15– 0,17	0,01

ТАБЛИЦА 2. ФРАКЦИОННЫЙ И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВЫ ИССЛЕДУЕМЫХ ФЛЮСОВ

Образец	Соотношение, %, фракций, мм
1	100 % фракции 0,45–2,5
2	95 % фракции 0,45–2,5 + 5 % фракции <0,45
3	90 % фракции 0,45–2,5 + 10 % фракции <0,45
4	85 % фракции 0,45–2,5 + 15 % фракции <0,45
5	80 % фракции 0,45–2,5 + 20 % фракции <0,45
6	70 % фракции 0,45–2,5 + 30 % фракции <0,45
7	60 % фракции 0,45–2,5 + 40 % фракции <0,45
8	60 % шлак силикомарганца + 40 % жидкое стекло
9	70 % шлак силикомарганца + 30 % жидкое стекло
10	80 % шлак силикомарганца + 20 % жидкое стекло
11	85 % шлак силикомарганца + 15 % жидкое стекло

Из сваренных пластин вырезали образцы и выполняли рентгеноспектральный анализ состава металла швов и металлографическое исследование металла сварных швов. Химический

состав сварочных флюсов приведен в табл. 3, шлаковой корки — в табл. 4, металла сварных швов — в табл. 5.

* См. Сообщение 1. Углеродсодержащие добавки для сварочных флюсов / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, Н. Е. Крюков [и др.] // Черная металлургия: Бюл. ин-та Черметинформация”. — 2017. — № 4. — С. 86–89.

ТАБЛИЦА 3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ, %

Образец	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	FeO	MgO	MnO	F	Na ₂ O	S	P
8	5,29	25,84	51,75	0,55	5,02	7,39	0,36	4,66	0,12	0,01
9	5,48	26,68	51,73	0,57	5,16	7,59	0,39	4,19	0,13	0,01
10	5,88	25,53	52,53	0,56	5,07	7,75	0,31	4,07	0,13	0,01
11	6,55	26,81	51,14	0,56	5,78	8,10	0,35	2,62	0,14	0,01

ТАБЛИЦА 4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ШЛАКОВЫХ КОРОК, %

Образец	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	F	S	P
1	7,90	46,04	23,38	6,77	10,08	2,07	0,37	0,65	0,73	0,13	0,01
2	7,87	45,58	31,82	6,62	6,77	1,35	0,26	Отс.	0,32	0,11	0,01
3	7,83	44,54	23,84	6,43	9,64	3,59	0,37	0,65	0,69	0,12	0,008
4	8,09	45,91	31,15	6,60	6,79	1,39	0,27	Отс.	0,29	0,11	0,01
5	7,93	45,67	23,84	6,54	9,87	2,86	0,37	0,65	0,72	0,12	0,008
6	8,16	45,74	29,39	6,22	6,93	1,99	0,26	Отс.	0,36	0,12	0,01
7	8,23	45,52	29,12	6,29	6,65	1,88	0,28	Отс.	0,26	0,12	0,01
8	8,19	48,79	24,42	4,82	5,14	2,45	3,64	Отс.	0,35	0,09	0,01
9	8,29	49,92	26,12	5,37	5,60	2,64	3,25	Отс.	0,37	0,10	0,01
10	8,16	48,25	26,32	5,22	6,02	2,17	2,12	Отс.	0,33	0,12	0,01
11	8,18	48,09	27,24	5,67	6,36	1,97	1,64	Отс.	0,34	0,12	0,01

ТАБЛИЦА 5. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ, %

Образец	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V	Nb	Al	S	P
1	0,09	0,71	0,51	0,03	0,10	0,11	0,001	0,014	0,023	0,018	0,012
2	0,08	0,54	1,33	0,04	0,05	0,08	0,003	0,014	0,015	0,008	0,008
3	0,09	0,61	1,49	0,04	0,11	0,11	0,01	0,013	0,018	0,016	0,010
4	0,07	0,45	1,24	0,02	0,05	0,07	0,002	0,014	0,014	0,006	0,007
5	0,08	0,66	1,42	0,03	0,10	0,11	0,002	0,015	0,023	0,018	0,012
6	0,08	0,61	1,42	0,02	0,06	0,08	0,003	0,014	0,029	0,010	0,011
7	0,08	0,59	1,39	0,02	0,02	0,05	0,004	0,018	0,091	0,014	0,009
8	0,05	0,52	1,25	0,02	0,04	0,05	0,003	0,017	0,020	0,005	0,007
9	0,03	0,51	1,23	0,02	0,04	0,06	0,002	0,017	0,017	0,007	0,008
10	0,06	0,53	1,31	0,02	0,04	0,06	0,004	0,016	0,018	0,012	0,009
11	0,09	0,52	1,31	0,02	0,04	0,06	0,003	0,015	0,013	0,010	0,008

Металлографическое исследование проводили на микрошлифах без травления с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 при увеличении 100. Результаты анализа на наличие

неметаллических включений в зоне сварного шва, проведенного согласно ГОСТ 1778–70, приведены на рис. 1 и в табл. 5.

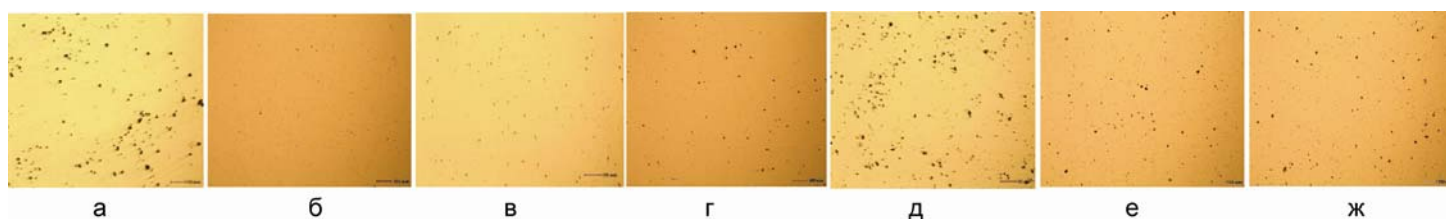


Рис. 1. Неметаллические включения в зоне сварных швов образцов:
а — 1; б — 2; в — 3; г — 4; д — 5; е — 6; ж — 7

Металлографическое исследование структуры металла в зоне сварных швов проводили с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле в диапазоне увеличений 500

после травления поверхности образцов в 4 %-ном растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639–82. Микроструктуры металла сварных швов приведены на рис. 2.

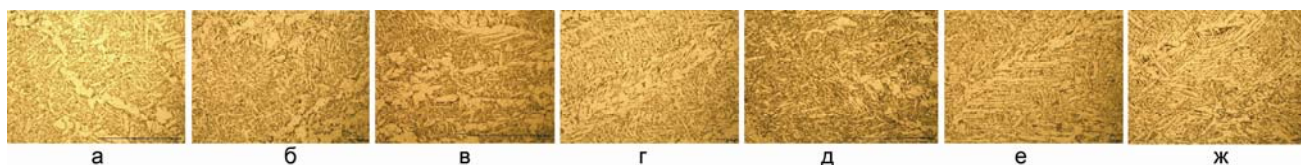


Рис. 2. Микроструктуры сварных швов образцов:
а — 1; б — 2; в — 3; г — 4; д — 5; е — 6; ж — 7

Анализ результатов механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин, позволил установить, что оптимальным содержанием пылевидной фракции менее 0,45 мм во флюсе является концентрация до 30 %. При содержании пылевидной фракции менее 0,45 мм во флюсе достигается благоприятный комплекс механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин.

В структуре металла сварного шва всех проб феррит присутствует в виде неравноосных зерен, вытянутых в направлении отвода тепла. Заметен переход от равномерной феррито-перлитной структуры к структуре перлита и феррита видманштеттовой направленности. При этом в образцах не наблюдалось значительного изменения величины зерна по шкале зернистости (табл. 6, 7).

ТАБЛИЦА 6. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЗОНЕ СВАРНЫХ ШВОВ

Образец	Неметаллические включения, балл		
	силикаты недеформирующиеся	силикаты хрупкие	оксиды точечные
1	4б; 3б; 4а	3б	1а
2	2б; 1б; 3а; 4а	Отс.	1а; 2а
3	4б; 2б	Отс.	1а; 2а
4	2б; 4б	Отс.	1а; 2а
5	4б; 5б; 3б	Отс.	1а; 2а
6	2б; 1б; 2а; 2,5а	Отс.	1а; 2а
7	2б; 2а; 2,5а	Отс.	1а; 2а
8	2б; 1б; 2а; 2,5а	Отс.	1а
9	2б; 1б; 2а; 2,5а	Отс.	1а
10	2б; 1б; 2а; 2,5а	Отс.	1а; 2а
11	2б; 2,5а	Отс.	1а; 2а

ТАБЛИЦА 7. ВЕЛИЧИНА ЗЕРНА СВАРНЫХ ШВОВ ПО ГОСТ 5639–82

Образец	Величина зерна по шкале зернистости
1	№ 4; № 5
2	№ 5; № 4
3	№ 4; № 5; № 6
4	№ 4
5	№ 5; № 4
6	№ 4

Образец	Величина зерна по шкале зернистости
7	№ 4
8	№ 5; № 4
9	№ 4; № 5
10	№ 4
11	№ 4; № 5

Во второй серии изучалась возможность использования керамического флюса, изготовленного из пыли шлака силикомарганца фракцией до 0,45 мм, связанного жидким стеклом. Технология изготовления заключалась в смешении шлака силикомарганца с жидким стеклом в различных соотношениях (см. табл. 2), сушке, дроблении, расфасовке и получении фракции 0,45–2,5 мм.

Анализ результатов механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин, позволил установить оптимальное содержание жидкого стекла во флюсе (до 20–30 %) для достижения благоприятного комплекса механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин.

Однако, как было сказано выше, исследуемые флюсы являются окислительными и построены на принципах кремне-марганцево-окислительно-восстановительных процессов, в связи с чем продуктами данных реакций являются оксидные соединения кремния и марганца, тем самым повышается уровень загрязненности металла сварного шва неметаллическими включениями и, как следствие, снижается комплекс физико-механических свойств, в особенности при низких отрицательных температурах. Для снижения загрязнения металла шва и повышения механических свойств рассмотрена возможность введения ранее разработанной добавки ФД-УФС в новый флюс. В опытах использовали флюс-добавку, примешиваемую к новому флюсу в соотношении 2, 4, 6, 8 % соответственно. Химический состав исследуемых смесей флюсов приведен в табл. 8, шлаковой корки — в табл. 9, металла сварных швов — в табл. 10.

ТАБЛИЦА 8. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИССЛЕДУЕМЫХ СМЕСЕЙ ФЛЮСОВ, %

Содержание ФД-УФС во флюсе, %	FeO	MnO	Ca	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	P	ZnO	F
2	0,40	8,01	15,80	50,08	11,55	7,39	0,77	0,63	0,22	0,008	0,002	1,30
4	0,91	7,90	17,72	46,63	10,32	6,63	1,10	0,68	0,24	0,01	Отс.	1,95
6	0,81	7,68	16,79	43,64	11,27	5,71	2,25	0,65	0,34	0,01	0,003	4,04
8	0,46	7,46	16,00	43,64	11,86	5,56	2,30	0,60	0,33	0,01	0,002	3,96

ТАБЛИЦА 9. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ШЛАКОВЫХ КОРОК, %

Содержание ФД-УФС во флюсе, %	FeO	MnO	Ca	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	P	ZnO	F
2	2,21	7,25	15,55	38,09	9,39	8,63	0,49	0,57	0,12	0,006	0,002	0,94
4	2,28	7,39	16,90	42,00	9,76	5,77	0,76	0,62	0,15	0,008	0,002	1,12
6	2,24	7,20	16,06	39,94	11,15	7,14	1,09	0,60	0,17	0,008	0,002	1,53
8	2,36	7,14	14,70	42,87	12,40	5,57	1,34	0,57	0,20	0,008	0,002	1,88

ТАБЛИЦА 10. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ, %

Содержание ФД-УФС во флюсе, %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Nb	Al	S	P
2	0,09	0,62	1,40	0,02	0,06	0,09	0,014	0,023	0,020	0,008
4	0,10	0,60	1,34	0,02	0,07	0,08	0,010	0,013	0,023	0,009
6	0,12	0,66	1,43	0,02	0,06	0,10	0,011	0,012	0,027	0,008
8	0,13	0,65	1,36	0,03	0,06	0,09	0,013	0,013	0,024	0,008

Результаты анализа на наличие неметаллических включений в зоне сварного шва, прове-

денного согласно ГОСТ 1778–70, приведены на рис. 3 и в табл. 11.

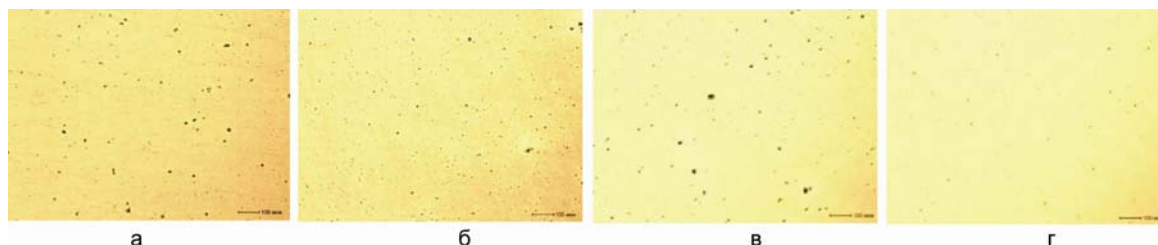


Рис. 3. Неметаллические включения в зоне сварного шва образцов с добавкой, %:
а — 2; б — 4; в — 6; г — 8

ТАБЛИЦА 11. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЗОНЕ СВАРНЫХ ШВОВ

Содержание ФД-УФС во флюсе, %	Неметаллические включения, балл		
	силикаты недеформи- рующиеся	силикаты хрупкие	оксиды то- чечные
2	2б; 4б; 5а	Отс.	1а; 2а
4	2б; 4б	Отс.	1а; 2а
6	2б; 4б; 1б	Отс.	1а; 2а
8	2б	Отс.	1а; 2а

Таким образом, наибольший уровень загрязненности неметаллическими включениями наблюдается в металле сварного шва, выполненного под флюсом без добавки. Введение добавки ФД-УФС снижает уровень загрязненности

неметаллическими включениями, уменьшая их размер и количество. В исследуемых интервалах на снижение уровня загрязненности неметаллическими включениями эффективнее влияет использование добавки в количестве 8 %.

Микроструктура сварного шва образцов приведена на рис. 4. Установлено, что введение добавки в количестве до 8 % не оказывает влияния на размер и морфологию структурных составляющих. Изучение значений механических свойств показало, что уровень свойств повышается с увеличением количества добавки ФД-УФС (рис. 5). Проведенные исследования легли в основу патентов РФ [5, 6].

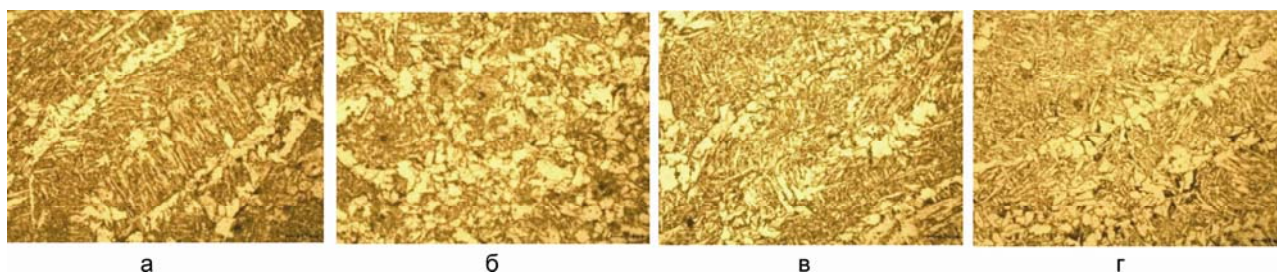


Рис. 4. Микроструктура сварных швов образцов с добавкой, %:
а — 2; б — 4; в — 6; г — 8

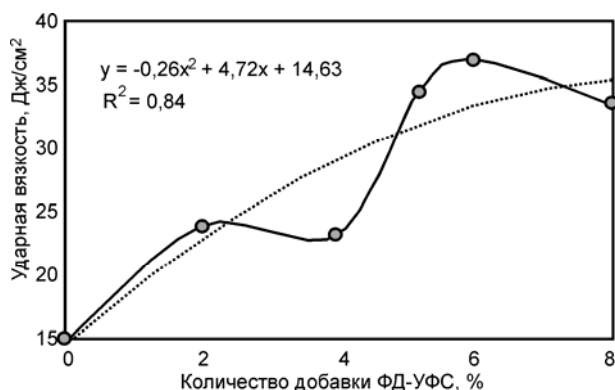


Рис. 5. Влияние содержания добавки ФД-УФС во флюсе на ударную вязкость (KCV при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Выводы

1. Показана принципиальная возможность использования шлака производства силикомарганца для изготовления сварочных флюсов. Возможно использование во флюсах до 30 % мелкой фракции (менее 0,45 мм). При таком со-

держании пылевидной фракции во флюсе достигается благоприятный комплекс механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин.

2. Предложено получать требуемую фракцию шлака за счет использования в качестве связующего жидкого стекла. Оптимальное содержание жидкого стекла во флюсе, позволяющее получать благоприятный комплекс механических свойств, составляет 20–30 %.

3. Для снижения уровня загрязненности металла сварного шва окисдными неметаллическими включениями и повышения механических свойств сварного шва предложено вводить во флюсы на основе шлака производства силикомарганца углеродфторсодержащую добавку ФД-УФС в количестве 2–8 %. Введение добавки ФД-УФС снижает уровень загрязненности неметаллическими включениями, уменьшая их размер и количество.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kozyrev, N. A. Production of Welding Fluxes Using Waste Slag Formed in Silicomanganese Smelting [Text] / N. A. Kozyrev, R. E. Kryukov, O. E. Kozyreva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2016. — V. 125. — P. 1–6.
2. Kozyrev, N. A. On the use of slag from silicomanganese production for welding flux manufacturing [Text] / N. A. Kozyrev, R. E. Kryukov, U. I. Lipatova, O. E. Kozyreva // Ibid. — 2016. — V. 150. — P. 1–9.
3. Козырев, Н. А. Разработка сварочных флюсов на основе шлака производства силикомарганца / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, Н. В. Кибко [и др.] // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сб. научн. тр. Вып. 36. — Новокузнецк: СибГИУ, 2016. — С. 94–100.
4. Kozyrev, N. A. Influence of the Introduction of Carbon-Fluorine Additive to the Slag of the Production of Silicomanganese on the Weld Joint Quality [Text] / N. A. Kozyrev, R. E. Kryukov, O. E. Kozyreva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2016. — V. 142. — P. 1–6.
5. Пат. 2576717 Российской Федерации, МПК⁸ В 23 К 35/362. Флюс для сварки [Текст] / Н. Е. Крюков, Е. Н. Крюков, Н. А. Козырев [и др.]; ОАО “Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций им. Н.Е. Крюкова”. — № 2014122996/02(037469). Заявл. 05.06.2014. Оpubл. 10.03.2016. Бюл. № 7.
6. Пат. 2579412 Российской Федерации, МПК⁸ В 23 К 35/362. Флюс для сварки [Текст] / Н. Е. Крюков, Е. Н. Крюков, Н. А. Козырев [и др.]; ОАО “Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций им. Н.Е. Крюкова”. — № 2014123002/02(037475). Заявл. 05.06.2014. Оpubл. 10.04.2016. Бюл. № 10.