

ISSN 0491-6441

РОССИЯ

Сварочное
производство

2017 № 5

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал



Сварочное производство

5 (990)
Май

2017

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Издательский центр "Технология машиностроения"

Журнал издается при содействии Министерства образования и науки РФ,
Министерства промышленности и торговли РФ,
Российской инженерной академии,
Союза машиностроителей России,
Российского научно-технического сварочного общества

Издаётся с января 1930 года

Редакционная коллегия:
Гл. редактор В. А. Казаков

В. К. Драгунов	А. И. Рымкевич
А. В. Казаков	Ю. Н. Сараев
О. Е. Капустин	О. Н. Севрюков
Е. А. Калашников	З. А. Сидлин
В. И. Кулик	В. А. Судник
В. И. Лукин	В. А. Фролов
А. В. Люшинский	В. А. Хаванов
В. П. Лялякин	Г. Л. Хачатрян
Г. А. Меньшиков	О. А. Цукров
В. Н. Панин	И. Н. Шиганов
И. Н. Пашков	М. М. Штрикман
В. В. Пешков	

Ответственный редактор Т. В. Аулова
Электронная верстка: ИП О. В. Прохоров
Дизайн обложки: Е. С. Благовидов
Редактор-обозреватель Ан. А. Суслов
Редактор-переводчик Г. С. Потапова

Адрес редакции:
Москва,
ул. Большая Новодмитровская, 23.
Для корреспонденции:
127015, Москва, а/я 65,
Издательский центр
"Технология машиностроения".
Телефоны:
гл. редактор — (495) 796 2491;
редакция — (495) 640 7903.
E-mail: svarka@ic-tm.ru
Http://www.ic-tm.ru

Журнал "Сварочное производство" переводится
на английский язык издательством
"Taylor & Francis" (Великобритания).

Перепечатка материалов из журнала "Сварочное
производство" категорически запрещена
без оформления договора в соответствии
с действующим законодательством РФ.

При перепечатке материалов ссылка на журнал
"Сварочное производство" обязательна.
Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по
делам печати, телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций. Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-7778.

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ
изданий для публикации трудов соискателей ученых
степеней.

Журнал входит в систему цитирования РФ РИНЦ,
международную систему "Scopus" и международную
базу данных "Chemical Abstracts".
Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

- Полетаев Ю. В., Полетаев В. Ю., Хубиев А. Э. — Однопроходная
электродуговая сварка под тонким слоем шлака толстолистовых
конструкций из стали 22К _____ 3
- Лабур Т. М., Таранова Т. Г., Костин В. А. — Влияние высокоскоростной
сварки сжатой дугой на изменение структуры металла шва алюмини-
евого сплава 1201 _____ 9
- Лукин В. И., Скупов А. А., Иода Е. Н. — Исследование свариваемости
алюминий-литиевого сплава _____ 18
- Штрикман М. М., Корневич А. П., Пинский А. В., Тодин Ю. Н., Василь-
ев П. А. — Сварка трением с перемешиванием при изготовлении
обребренных панелей планера самолета _____ 24

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

- Чигарев В. В., Голуб Д. М. — Анализ систем легирования наплавлен-
ного штамповочного инструмента холодного деформирования металла
(Обзор) _____ 29
- Бараев А. В., Ильинский А. М., Кулик В. И., Неровный В. М. — Обо-
рудование и технологии сварки термоэмиссионным полым катодом
в вакууме _____ 37
- Крюков Н. Е., Козырева О. Е., Крюков Р. Е., Козырев Н. А., Усоль-
цев А. А. — Производство новых сварочных флюсов на основе
шлака силикомарганца _____ 42
- Петров С. Ю. — Анализ терминов и определений, используемых в
ГОСТах по сварке. Термины — сварочная ванна, кратер, сварной
шов, валик, проход _____ 49

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Голов Р. С., Мыльник А. В. — Системный подход к управлению энерго-
сбережением на предприятиях машиностроения _____ 54



FOUNDER:

Publishing Centre "Tekhnologiya Mashinostroeniya"

Journal is published in collaboration with RF Ministry of Education and Science,
RF Ministry of Industry and Trade,
Russian Engineering Academy,
The Union of Machine Engineers of Russia,
Russian Scientific-Technical Welding Society

Published since January 1930

Editorial board:

V. A. Kazakov Editor-in-Chief

V. K. Dragunov
A. V. Kazakov
O. E. Kapustin
E. A. Kalashnikov
V. I. Kulik
V. I. Lukin
A. V. Lyushinsky
V. P. Lyalyakin
G. A. Menshikov
V. N. Panin
I. N. Pashkov
V. V. Peshkov

A. I. Rymkevich
Yu. N. Sarayev
O. N. Sevryukov
Z. A. Sidlin
V. A. Sudnik
V. A. Frolov
V. A. Khavanov
G. L. Khachatryan
O. A. Tsukurov
I. N. Shiganov
M. M. Shtrikman

Executive editor T. V. Aulova
Electron gallery; PE O. V. Prokhorov
Cover design: E. S. Blagovidov
Editor-reviewer An. A. Suslov
Editor-translator G. S. Potapova

Address of the editorial office:
B. Novodmitrovskaya, 23, Moscow.
For correspondence:
Publishing Centre
"Tekhnologiya Mashinostroeniya"
P.O.B.65, Moscow, 127015, Russia.
Phones:
(495) 796 2491 — Editor-in-Chief;
(495) 640 7903 — Editorial office.
E-mail: svarka@ic-tm.ru
Http://www.ic-tm.ru

The "Svarochnoe Proizvodstvo" journal is being translated into English by the publishing house "Taylor & Francis" (Great Britain).

No part of the material published therein in the "Svarochnoe Proizvodstvo" Journal may be reprinted without the prior conclusion of an agreement under the existing legislation RF. Reference to "Svarochnoe Proizvodstvo" at reprint is obligatory.

The journal is registered by RF Ministry of Press, Tele-and-Broadcasting and Mass Communications Media.

Registration certificate ПИ № 77-7778.

Journal is included into the list of editions certified by RF Supreme Attestation Committee for publication of competitors works for scientific degrees.

The journal is included into the system of quotation of the Russian Federation RINC, international system "Scopus" and international database "Chemical Abstracts".

CONTENTS

SCIENTIFIC-TECHNICAL SECTION

- Poletaev Yu. V., Poletaev V. Yu., Khubiev A. E. — One-pass arc welding of thick sheet structures from steel 22K under a thin layer of slag 3
- Labur T. M., Taranova T. G., Kostin V. A. — Influence of high-speed constricted arc welding to seam metal structure change of the aluminum alloy 1201 9
- Lukin V. I., Skupov A. A., Ioda E. N. — Research weldability of aluminum-lithium alloy 18
- Shtrikman M. M., Kornevich A. P., Pinskiy A. V., Todin Yu. N., Vasilev P. A. — Friction welding with mixing at the manufacture of airplane airframe ribbed panels 24

PRODUCTION SECTION

- Chigarev V. V., Golub D. M. — Analysis testing systems of the deposited punch tool for metal cold deformation Rev. rev. 29
- Baraev A. V., Ilinskiy A. M., Kulik V. I., Nerovny V. M. — Welding equipment and technology in a vacuum with an thermoemission hollow cathode 37
- Kryukov N. E., Kozyreva O. E., Kryukov R. E., Kozyrev N. A., Usoltsev A. A. — The production of new welding fluxes based on silicomanganese slag 42
- Petrov S. Yu. — An analysis of the terms and definitions used in the welding standards (GOST) Terms — welding data — welding pass. run 49

ECONOMIC AND PRODUCTIVITY ORGANIZATION

- Golov R. S., Myl'nikov A. V. — Systems approach to management of energy saving at the enterprises of mechanical engineering 54

BB
KC-
V3.
ДА
СНО
Нар
Ре
ОД-
С-
КО-
СВА
СЯ-
Ц, 1
Б
обса
БСЕ-
А. СО-2017.

Н. Е. КРЮКОВ, инж., О. Е. КОЗЫРЕВА, инж.
АО "НЗРМК им. Н. Е. Крюкова", г. Новокузнецк
Р. Е. КРЮКОВ, канд. техн. наук, Н. А. КОЗЫРЕВ, д-р техн. наук,
А. А. УСОЛЬЦЕВ, канд. техн. наук
ФГБОУ ВО "Сибирский государственный индустриальный университет",
г. Новокузнецк
E-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru

Производство новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца

Проведены экспериментальные исследования сварочного флюса на основе шлакасиликомарганца. Для изготовления флюса использовали шлак производства силикомарганца различного соотношения шлаковых фракций и различного содержания жидкого стекла во флюсовой добавки.

Введение в состав флюса до 20—30 % пылевидной фракции шлака силикомарганца обеспечивает благоприятный комплекс механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин.

Введение добавки ФД-УФС снижает уровень загрязненности неметаллическими включениями, уменьшая их размер и количество.

Оптимальное содержание жидкого стекла во флюсе (до 20—30 %), что позволяет получать благоприятный комплекс механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин.

Pilot studies of development of structure of welding gumboil on the basis of slag of silikomanganets are conducted. For production of gumboil used slag of production of silikomarganets of various ratio of slag fractions and various content of liquid glass in flux additive.

Introduction in structure of gumboil to 20—30 % of dust-like fraction of slag of silikomarganets provides a favorable complex of mechanical properties of the samples which are cut out from the welded plates.

Entering of FD-UFS additive reduces impurity level nonmetallic inclusions, reducing their size and quantity.

Optimum content of liquid glass in gumboil (to 20—30 %) that allows to receive a favorable complex of mechanical properties of the samples which are cut out from the welded plates.

Ключевые слова: сварка, флюсы, технология, сварной шов, образцы, неметаллические включения, микроструктура, величина зерна, механические свойства

Key words: welding, fluxes, technology, welding joint, samples, nonmetallic inclusions, microstructure, grain size, mechanical properties

Созданию, исследованию и разработке новых сварочных флюсов уделяется большое внимание как в РФ, так и за рубежом [1—18]. Предложено использование шлака производства силикомарганца для изготовления сварочных флюсов [19, 20], технология защищена патентами. В настоящей работе рас-

смотрена возможность эффективного использования шлака производства силикомарганца для производства сварочных флюсов.

Для изготовления флюса использовали шлак производства силикомарганца с химическим составом, приведенным в табл. 1, при этом в первой серии опытов исследовали воз-

Таблица 1

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

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

можность использования различного соотношения шлаковых фракций. Фракционный и компонентный составы исследуемых флюсов приведены в 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 марки 09Г2С. Процесс проводили проволокой Св-08ГА с использованием сварочного трактора ASAW-1250 при режимах: $I_{\text{св}} = 700$ А; $U_d = 30$ В; $V_{\text{св}} = 35$ м/ч.

Из сваренных пластин вырезали образцы и выполняли рентгеноспектральный анализ состава металла швов и металлографические исследования металла сварных швов. Химический состав сварочных флюсов приведен в табл. 3. Химический состав шлаковой корки приведен в табл. 4, химический состав металла сварных швов приведен в табл. 5.

Металлографические исследования 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.

Металлографические исследования 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.

Таблица 3

Образец	Содержание, %									
	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

Образец	Содержание, %										
	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

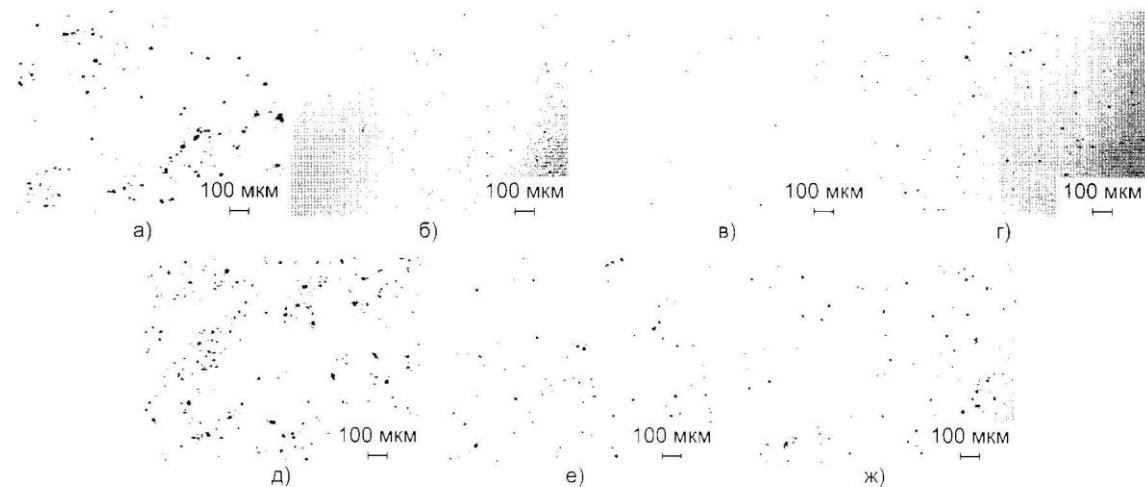


Рис. 1. Неметаллические включения в зоне сварных швов образцов: а — 1; б — 2; в — 3; г — 4; д — 5; е — 6; ж — 7

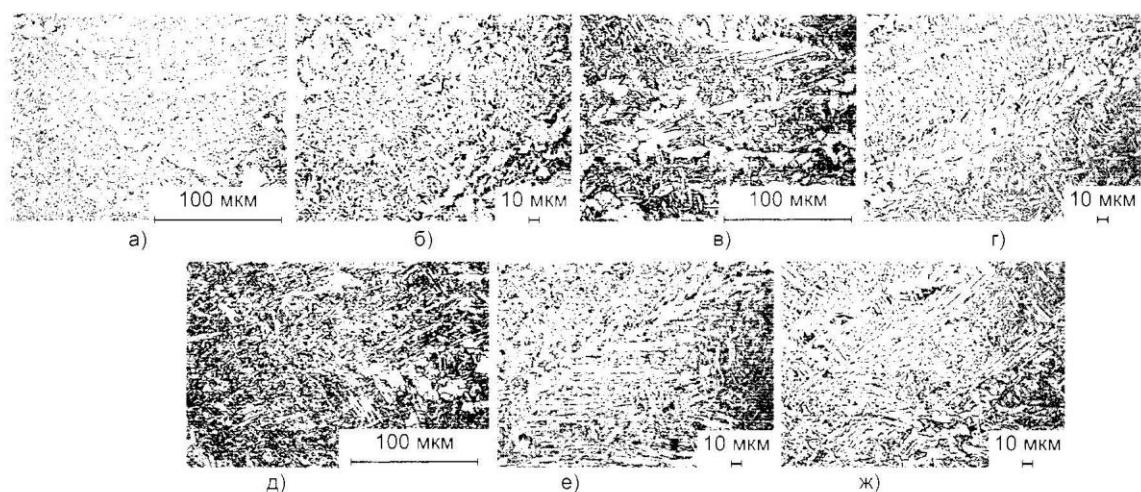


Рис. 2. Микроструктуры сварных швов образцов: а — образец 1; б — образец 2; в — образец 3; г — 4; д — 5; е — 6; ж — 7

Таблица 5

Образец	Содержание, %										
	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

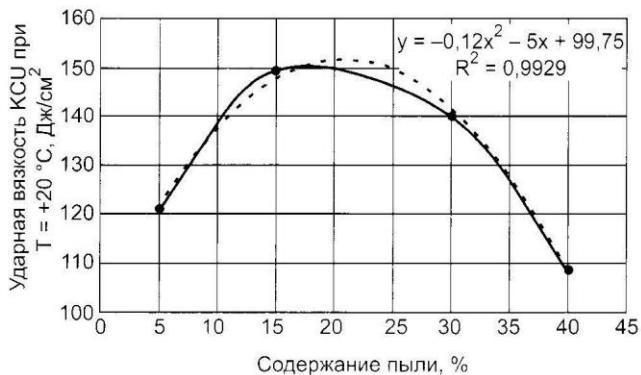


Рис. 3. Влияние содержания пылевидной фракции (менее 0,45 мм) во флюсе на ударную вязкость

Из сваренных пластин были вырезаны образцы и определены механические свойства. В результате исследования механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин, были получены результаты, указывающие на повышение значений ударной вязкости (рис. 3).

Анализ результатов механических свойств образцов, вырезанных из сваренных пластин, позволил установить, что оптимальным содержанием пылевидной фракции менее 0,45 мм во флюсе является 20—30 %. При таком 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 и 7).

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

кие включения в зоне сварных швов приведены в табл. 6. Величина зерна сварных швов по ГОСТ 5639—82 приведена в табл. 7.

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 (рис. 4 и 5).

Однако, 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

Таблица 6

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

Образец	Величина зерна по шкале зернистости
1	№ 4, № 5
2	№ 5, № 4
3	№ 4, № 5, № 6
4	№ 4
5	№ 5, № 4
6	№ 4
7	№ 4
8	№ 5, № 4
9	№ 4, № 5
10	№ 4
11	№ 4, № 5

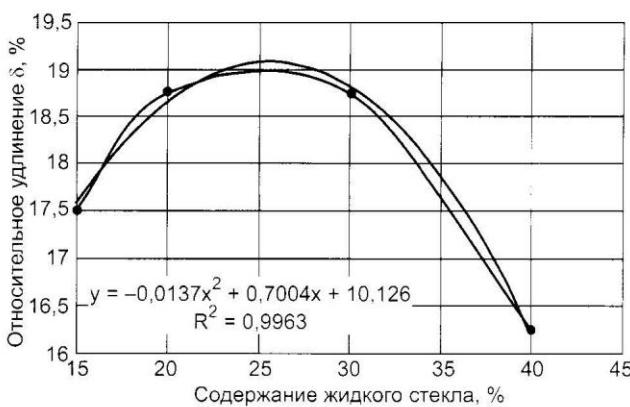


Рис. 4. Влияние содержания жидкого стекла во флюсе на относительное удлинение

следствие, снижается комплекс физико-механических свойств, в особенности при низких отрицательных температурах. Для снижения загрязнения металла шва и повышения механических свойств нами рассмотрена возмож-

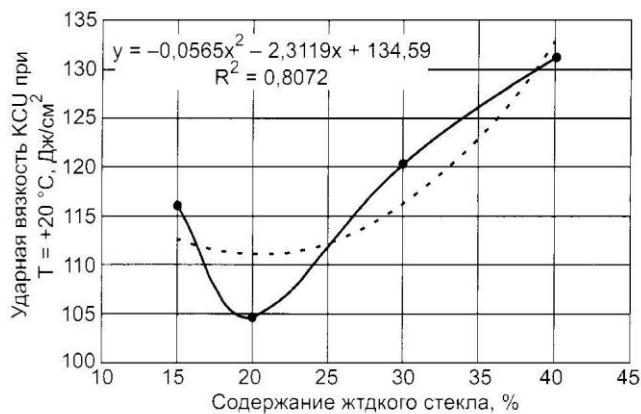


Рис. 5. Влияние содержания жидкого стекла во флюсе на ударную вязкость

ность введения ранее разработанной добавки марки ФД-УФС в новый флюс.

В опытах использовали флюс-добавку к новому флюсу, примешиваемую в соотношении 2, 4, 6, 8 % соответственно.

Таблица 8

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

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

Содержание ФД-УФС во флюсе, %	Массовая доля элементов, %									
	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

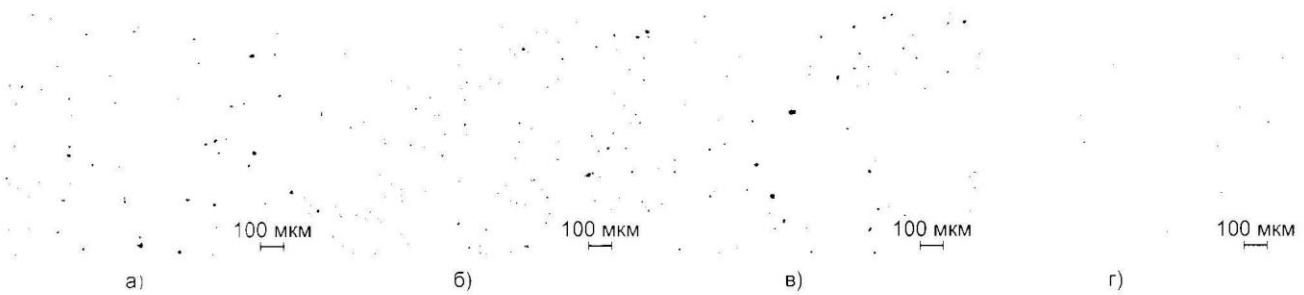


Рис. 6. Неметаллические включения в зоне сварного шва образцов с добавкой, %: а) 2; б) 4; в) 6; г) 8

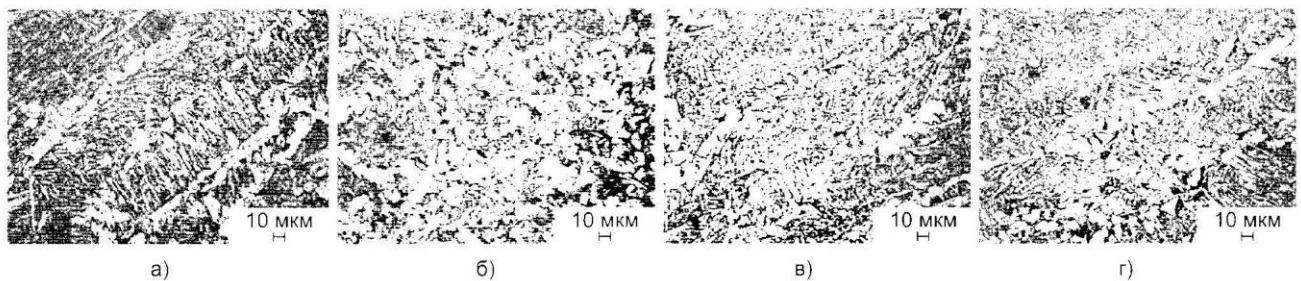


Рис. 7. Микроструктура сварных швов образцов с добавкой, %: а) 2; б) 4; в) 6; г) 8

Химический состав исследуемых корок приведен в табл. 8, шлаковой корки приведен в табл. 9, химический состав металла сварных швов приведен в табл. 10.

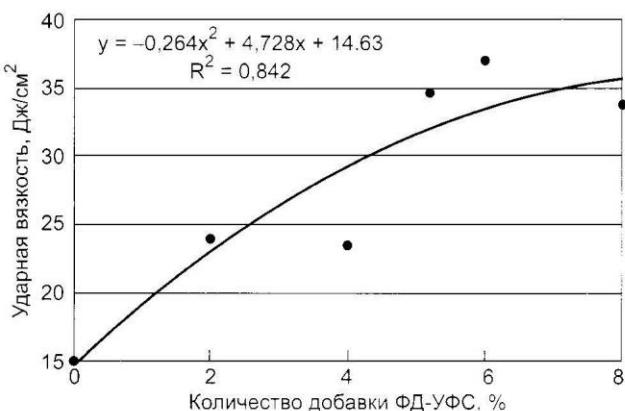


Рис. 8. Влияние содержания добавки ФД-УФС во флюсе на ударную вязкость (KCV при -20°C)

Результаты анализа на наличие неметаллических включений в зоне сварного шва, проведенного согласно ГОСТ 1778—70, приведены на рис. 6 и в табл. 11.

Таким образом, наибольший уровень загрязненности неметаллическими включениями наблюдается в металле сварного шва, выполненным 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. 7. Установлено, что введение добавки в количестве до 8 % не оказывает влияние на размер и морфологию структурных составляющих.

Изучение значений механических свойств показало, что уровень свойств повышается с повышением количества добавки ФД-УФС (рис. 8). Проведенные исследования легли в основу патентов РФ (Пат. РФ. № 2576717, 2016 г.; Пат. РФ. № 2579412, 2016 г.).

Содержание ФД-УФС во флюсе, %	Неметаллические включения, балл		
	силикаты недеформирующиеся	силикаты хрупкие	оксиды точечные
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

ВЫВОДЫ

1. Показана принципиальная возможность использования шлака производства силикомарганца для изготовления сварочных флюсов.

2. Возможно использование во флюсах до 30 % мелкой фракции (менее 0,45 мм). При таком содержании пылевидной фракции во флюсе достигается благоприятный комплекс механических свойств образцов, сваренных пластин.

3. Оптимальное содержание жидкого стекла во флюсе, позволяющее получать благоприятный комплекс механических свойств составляет (20—30 %).

4. Предложено, для снижения уровня загрязненности металла сварного шва оксидными неметаллическими включениями и повышения механических свойств сварного шва, вводить во флюсы на основе шлака производства углеродфторсодержащую добавку ФД-УФС в количестве 2—8 %. Введение добавки ФД-УФС снижает уровень загрязненности неметаллическими включениями, уменьшая их размер и количество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Puchol R., Blanco J., Gonzalez L., Hernández G. The influence of the air occluded in the deposition layer of flux during automatic welding: a technological aspect to consider in the quality of the bead // Welding International. 2009. № 2. P. 132—140.

2. Crespo A. C., Puchol R. Q., Goncalez L. P., Sanchez L. G., Gomez Perez C. R., Cedre E. D., Mendez T. O. & Pozol J. A. Obtaining a submerged arc welding flux of the MnO—SiO₂—CaO—Al₂O₃—CaF₂ system by fusion // Welding International. 2007. № 7. P. 502—511.

3. Crespo A., Puchol R., González L., Carlos R., Gómez P., Cedré E. Study of the relationship between the composition of a fused flux and its structure and properties // Welding International. 2009. № 2. P. 120—131.

4. Golovko V. V., Potapov N. N. Special features of agglomerated (ceramic) fluxes in welding // Welding International. 2011. № 11. P. 889—893.

5. Volobuev Yu. S., Volobuev O. S., Parkhomenko A. G., Dobrozhela E. I., Klimenchuk O. S. Using a new general-purpose ceramic flux SFM-101 in welding of beams // Welding International. 2012. № 8. P. 649—653.

6. Volobuev Yu. S., Surkov A. V., Volobuev O. S., Kipiani P. N., Shestov D. V., Pavlov N. V., Savchenko A. I. The de-

velopment and properties of a new ceramic flux used for reconditioning rolling stock components // Welding International. 2010. № 4. P. 298—300.

7. Potapov N. N., Kurlanov S. A. A criterion for evaluating the activity of fused welding fluxes // Welding International. 1987. № 10. P. 951—954.

8. Babushkin P. L., Persits V. Yu. Determination of hydrogen in the form of moisture in basic electrode coatings and fluxing materials in metallurgical production // Welding International. 1991. № 9. P. 741—742.

9. Pavlov I. V., Oleinichenko K. A. Regulating generation of CO by varying the composition of ceramic fluxes // Welding International. 1995. № 4. P. 329—332.

10. Chigarev V. V., Kosenko A. A. Regulating the silicon-reduction process in welding under ceramic fluxes with an active deoxidising agent // Welding International. 1994. № 10. P. 808—809.

11. Kurlanov S. A., Potapov N. N., Natapov O. B. Relationship of physical and welding-technological properties of fluxes for welding low-alloy steels // Welding International. 1993. № 1. P. 65—68.

12. Bublik O. V., Chamov S. V. Advantages and shortcomings of ceramic (agglomerated) fluxes in comparison with fused fluxes used for the same applications // Welding International. 2010. № 9. P. 730—733.

13. Gur'ev S. V., Pletnev Yu. M., Murav'ev I. I. Investigation of the properties of welded joints produced by welding in a gas mixture and under a flux // Welding International. 2012. № 8. P. 646—648.

14. Parshin S. G. Using ultrafine particles of activating fluxes for increasing the productivity of MIG/MAG welding of steels // Welding International. 2012. № 10. P. 800—804.

15. Cruz-Crespo A., Quintana-Puchol R., González L., Gómez-Pérez C., García-Sánchez L., Ejiménez-Viela G., Cores-Sánchez A. Carbothermic reduction of pirolusite to obtain carbon-bearing ferromanganese and slag suited to the development of welding materials // Welding International. 2005. № 7. P. 544—551.

16. Barmin L. N. Effect of the composition of flux and welding wire on the properties of deposited metal of 05N4MYu type // Welding International. 1989. № 2. P. 109—111.

17. Kazakov Yu. V., Koryagin K. B., Potekhin V. P. Effect of activating fluxes on penetration in welding steels thicker than 8 mm // Welding International. 1991. № 3. P. 202—205.

18. Potapov N. N., Feklistov S. I., Volobuev Yu. S., Potekhin V. P. A method of selecting fused fluxes in welding pearlitic—ferritic steels // Welding International. 2009. № 10. P. 800—803.

19. Kozyrev N. A., Kryukov R. E., Kozyreva O. E., Lipatova U. I., Filonov A. V. Production of Welding Fluxes Using Waste Slag Formed in Silicomanganese Smelting // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 125. P. 1—6.

20. Kozyrev N. A., Kryukov R. E., Lipatova U. I., Kozyreva O. E. On the use of slag from silicomanganese production for welding flux manufacturing // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 150. P. 1—9.