

УДК 621.791:624

Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.В. Роор, С.Н. Старовацкая, В.Ф. Игушев

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВВЕДЕНИЯ УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЮЩЕЙ ДОБАВКИ ВО ФЛЮС ОК FLUX 10.71 НА СВОЙСТВА МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ СТАЛИ 10ХСНД*

Аннотация. Экспериментально исследовано влияние углеродфторсодержащей добавки во флюс ОК Flux 10.71 при сварке стали 10ХСНД. Добавка в составе алюминатно-основного флюса положительно влияет на качество металла сварного шва. При использовании 4 и 6 % исследуемой углеродфторсодержащей добавки во флюс ОК Flux 10.71 при сварке стали 10ХСНД снижается общее содержание кислорода в металле шва, увеличиваются значения требуемых механических свойств и ударная вязкость при отрицательных температурах за счет уменьшения загрязненности металла сварного шва оксидными неметаллическими включениями, при этом концентрация углерода в металле сварных швов остается на уровне концентрации углерода основного металла.

Ключевые слова: дуговая сварка, флюс, углеродфторсодержащая добавка, сварной шов.

N.A. Kozyrev, R.E. Kryukov, A.V. Roor, S.N. Starovatskaya, V.F. Igushev

Siberian State Industrial University

THE INFLUENCE INVESTIGATION OF THE INTRODUCTION OF CARBON-FLUORINE CONTAINING ADDITIVES IN FLUX OK 10.71 ON THE PROPERTIES OF 10HSND STEEL WELDS

Abstract. The experimental study of the effect of carbon-fluorine containing additives in flux OK 10.71 for 10HSND steel welding has been carried out. The studies have shown, that the additive in the composition of an aluminate-base flux has a positive effect on the weld quality. It has been found out that using carbon-fluorine containing additives in an amount of 4 and 6 % in OK 10.71 flux by 10HSND steel welding the total oxygen content in the weld decreases, but the value of required mechanical properties and the impact viscosity at low temperatures increase, at the expense of reducing the impurity of the weld by oxide nonmetallic inclusions, besides the carbon concentration in the welds remains at the carbon concentration level of base metal.

Keywords: arc welding, flux, carbon-fluorine containing additive, weld.

E-MAIL: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru

В предыдущих работах [1 – 3] были проведены исследования влияния углеродфторсодержащей добавки, входящей в состав плавящего флюса на свойства металла сварных швов. Показано, что образующиеся с участием углерода соединения оксида и диоксида углерода СО и СО₂ находятся в газообразном состоянии, легко удаляются и не загрязняют металл шва неметаллическими включениями. Однако использование углерода в качестве раскислителя может привести к науглероживанию металла, что, в свою очередь, ухудшает механические свойства и структуру металла сварных швов.

В настоящей работе проведено исследование влияния введения углеродфторсодержащей добавки в алюминатно-основной агломерированный флюс ОК Flux 10.71. Использовали углеродфторсодержащую добавку следующего химического состава: 32,1 % Al₂O₃, 18,78 % F,

9,9 % Na₂O, 0,44 % K₂O, 1,47 % CaO, 15,6 % SiO₂, 2,27 % Fe₂O₃, 19,27 % C_{общ}, 0,049 % MnO, 0,062 % S, 0,069 % P. Химический состав флюса ОК Flux 10.71 следующий: 2,80 % FeO, 6,78 % MnO, 11,58 % CaO, 19,93 % SiO₂, 16,73 % Al₂O₃, 27,67 % MgO, 2,15 % Na₂O, 0,02 % K₂O, 17,27 % F, 0,76 % S, 0,03 % P, 0,76 % C.

Углеродфторсодержащую добавку вводили во флюс в количестве 4 и 6 %. За базовый вариант был принят образец, сваренный под флюсом ОК Flux 10.71 без добавки.

Сварку двусторонних стыковых швов без разделки кромок на образцах размером 200×500 мм из стали 10ХСНД (ГОСТ 6713 – 91), толщиной 16 мм проводили сварочным трактором ASAW-1250 с использованием сварочной проволоки марки Св-08ГА (ГОСТ 2246 – 70) при следующих режимах: с одной стороны: сварочный ток $I_{св} = 650$ А, напряжение на дуге $U_{д} = 34$ В, скорость сварки $V_{св} = 25$ м/ч, диаметр проволоки $d = 4$ мм; с другой стороны $I_{св} = 680$ А, $U_{д} = 34$ В, $V_{св} = 25$ м/ч. Определение химического состава металла сварных

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации госзаказа 7.5021.2011.

швов на содержание углерода, серы и фосфора проводили химическими методами по ГОСТ 12344 – 2003, ГОСТ 12345 – 2001, ГОСТ 12347 – 77 соответственно, на содержание марганца, кремния, хрома, никеля, меди в металле и оксидов кальция, кремния, магния, алюминия, марганца, железа, калия, натрия, фтора во флюсах с добавками и полученных шлаках проводили на рентгенофлуоресцентном спектрометре XRF-1800 (производства фирмы SHIMADZU). Химический состав металла сварных швов, флюсов и шлаков приведен в табл. 1 – 3 соответственно.

Металлографические исследования проводили на полированных микрошлифах с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле при увеличении 50 и 200. Исследования показали, что введение во флюс ОК Flux 10.71 углеродфторсодержащей добавки в количестве до 6 % не привело к структурным изменениям. На рис. 1, 2 приведены фотографии различных участков сварных швов. Структура металла удовлетворительная, зерно оценивается баллом 9 – 10 по ГОСТ 5639 – 82. В области сварных швов встречаются редкие включения экзогенного происхождения. В микроструктуре всех проб наблюдалось схожее зонное строение: область сварного шва, переходная зона,

основной металл. В структуре основного металла присутствуют равновесные зерна феррита и перлит в стыках ферритных зерен. В переходной зоне от основного металла к наплавленному наблюдается мелкозернистая структура. В зоне сварного шва наблюдается выраженная микроструктура в виде вытянутых в направлении отвода тепла зерен.

Результаты испытаний по разрушающему контролю образцов, проведенных по ГОСТ 6996 – 66, показали увеличение ударной вязкости при отрицательных температурах (табл. 4), что, по-видимому, связано со сниже-

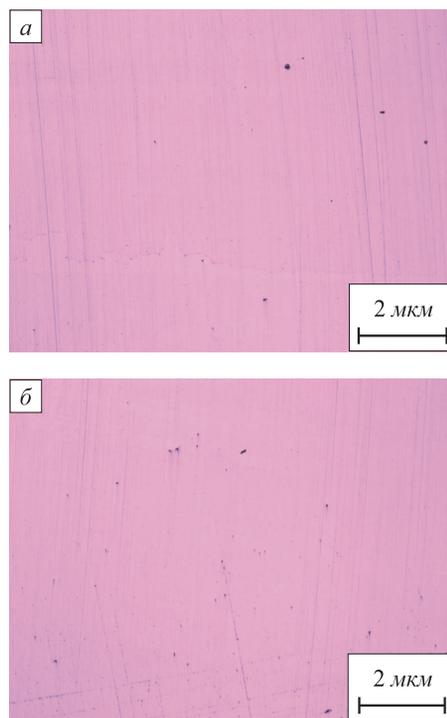


Рис. 1. Неметаллические включения в поверхностной зоне металла сварного шва при сварке с 4 % (а) и 6 % (б) добавки во флюс

Т а б л и ц а 1

Химический состав металла сварных швов при различном содержании добавки ОК Flux 10.71

Количество добавки, %	Содержание, %, элемента					
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu
–	0,084	0,63	0,87	0,34	0,42	0,30
4	0,103	0,64	0,91	0,35	0,41	0,31
6	0,109	0,66	0,83	0,37	0,45	0,31

Т а б л и ц а 2

Химический состав флюсов с углеродфторсодержащей добавкой

Количество добавки, %	Содержание, %, элемента											
	FeO	MnO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	F	S	P	C
4	3,00	7,48	10,98	21,54	18,44	30,16	2,53	0,05	18,01	0,07	0,04	1,41
6	3,24	7,06	10,90	21,35	19,42	27,85	3,25	0,05	17,72	0,19	0,03	2,97

Т а б л и ц а 3

Химический состав полученных после сварки шлаков при различном содержании добавки ОК Flux 10.71

Количество добавки, %	Содержание, %, элемента											
	FeO	MnO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	F	S	P	C
–	2,75	6,24	9,96	24,56	19,25	32,18	2,00	0,02	13,06	0,02	0,02	0,69
4	2,97	6,52	9,73	25,59	19,01	31,29	2,46	0,05	13,26	0,05	0,02	1,25
6	2,89	6,36	9,73	25,79	18,77	31,44	2,60	0,04	12,99	0,07	0,02	1,09

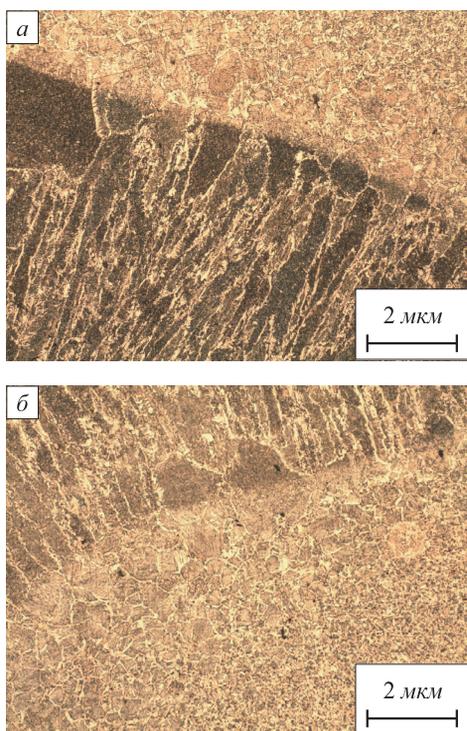


Рис. 2. Микроструктура металла в зоне шва при сварке с 4 % (а) и 6 % (б) добавки во флюс

Таблица 4

Механические свойства металла сварных соединений при сварке под флюсом ОК Flux 10.71 при различном его содержании

Количество добавки, %	$\sigma_{в}$, МПа	ψ , %	КСУ, Дж/см ² , при $t = -70$ °С
–	559	34	30
4	581	30	53
6	591	28	76
Требования ГОСТ 6713 – 91 и СТО-ГК «Трансстрой»-012 – 2007			
	≥ 530	≥ 19	≥ 29

нием концентрации кислорода в металле сварного шва (табл. 5). Твердость измеряли согласно шаблона (рис. 3) в основном металле, на границе сплавления и в металле шва. Введение углеродфторсодержащей добавки во флюс не привело к повышению твердости (табл. 6).

Выводы. При использовании исследуемой углеродфторсодержащей добавки во флюс ОК Flux 10.71 в количестве 4 и 6 % при сварке стали 10ХСНД снижается общее содержание кислорода в металле шва, улучшаются требуемые механические свойства и увеличивается ударная вязкость при отрицательных температурах (за счет уменьшения загрязненности металла сварного шва оксидными неметаллическими включениями), при этом концентрация углерода в металле сварных швов остается на уровне концентрации углерода в основном металле.

Таблица 5

Содержание кислорода в металле сварного шва при использовании флюса Flux ОК 10.71 при различном содержании добавки

Количество добавки, %	Массовая доля кислорода, ppm (средние значения)		
	общая	в силикатах	в алюминатах
–	314,6	52,3	162,1
4	261,0	46,7	127,9
6	226,7	30,0	48,0

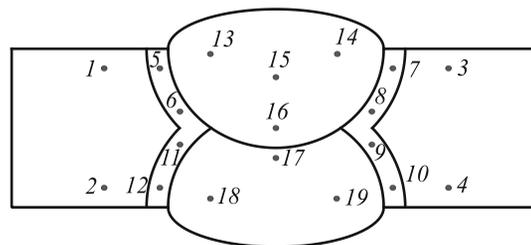


Рис. 3. Схема расположения точек замера твердости

Таблица 6

Твердость металла в исследуемых точках

Количество добавки, %	Твердость НВ в точках																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	основной металл				зона термического влияния								сварной шов						
–	208	203	211	219	180	174	176	180	175	181	175	175	196	198	195	175	175	206	208
	210*				177*								193*						
4	197	198	210	213	183	169	180	167	161	173	168	182	196	198	195	168	173	206	208
	205*				173*								192*						
6	196	199	204	204	174	171	176	165	160	160	156	160	198	196	187	168	160	172	163
	201*				165*								178*						

Примечание. Звездочкой обозначено среднее значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Голдун З.В. и др. // Изв. вуз. Чер. металлургия. 2012. № 10. С. 35 – 38.
2. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Старовацкая С.Н. и др. // Изв. вуз. Чер. металлургия. 2012. № 6. С. 26 – 29.

3. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е. и др. // Изв. вуз. Чер. металлургия. 2013. № 4. С. 30 – 34.

© 2014 г. Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков,
А.В. Поор, С.Н. Старовацкая, В.Ф. Игушев
Поступила 31 октября 2013 г.

УДК 669.046:662.778

**Э.К. Якубайлик¹, В.И. Килин², И.М. Ганженко²,
М.В. Чижик³, С.В. Килин⁴**

¹ Институт физики СО РАН (г. Красноярск)

² ОАО «Евразруда» (г. Новокузнецк)

³ ОАО «Красцветмет» (г. Красноярск)

⁴ ЗАО «Полус» (г. Красноярск)

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОКРОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ ПЕРВИЧНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ СИБИРСКИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация. Подведены результаты исследований лабораторной мокрой сепарации первичных концентратов железорудных месторождений Сибири – сырья Абагурской обогатительной фабрики ОАО «Евразруда». Мокрый магнитный анализ выполнен на девяти пробах класса –0,07 мм промпродуктов двух типов руд – магнетитовых и слабоокисленных в магнитном поле 80 кА/м. Измерены основные магнитные характеристики исходных первичных концентратов и продуктов их сепарации. Наибольший выход магнитного продукта получен на магнетитовых рудах – более 68 % (Абакан), на слабоокисленных – существенно меньше (43 – 45 %), т.е. выход падает с уменьшением содержания магнетита в исходном материале. Практические рекомендации: слабоокисленные руды целесообразно обогащать в общей шихте с магнетитовыми для уменьшения потерь железа с хвостами; необходимо завершить реконструкцию магнитных систем сепараторов ПБМ 90/250 с переходом на высокоинтенсивные магниты.

Ключевые слова: мокрая магнитная сепарация, концентрат, руда.

E.K. Yakubaylik¹, V.I. Kilin², I.M. Ganzhenko², M.V. Chizhik³, S.V. Kilin⁴

¹ Institute of Physics SB RAS (Krasnoyarsk)

² OAO "Evrazruda" (Novokuznetsk)

³ OAO "Krasvetmet" (Krasnoyarsk)

⁴ ZAO "Polyus" (Krasnoyarsk)

THE LABORATORY INVESTIGATIONS OF WET MAGNETIC SEPARATION OF THE PRIMARY CONCENTRATES FROM THE SIBERIAN IRON-ORE DEPOSITS

Abstract. In this paper the results of the investigations of the wet laboratory separation of the primary concentrates from the Siberian iron-ore deposits (raw materials of Abagurskaya concentrating mill –“Evrazruda” JSC) are shown. Wet magnetic analysis has been carried out on nine samples (0.07 mm class) of two ores types – magnetite and sub-acidulate at the magnetic field ($H = 80$ kA/m) ores. The quantity of the obtained largest magnetic product output is above 68 % (Abakan) for magnetite ores and 43 – 45 % for sub-acidulate ores, i.e. the yield diminishes with a decrease of the magnetite content at the initial material. Practical guidelines: it is appropriate to concentrate sub-acidulate ores at the common charge with the magnetite ores to decrease the losses of the iron with tailings; it is necessary to complete the reconstruction of the magnetic systems of PBM 90/250 separators with using the high-insensitive magnets.

Keywords: wet magnetic separation, concentrate, ore.

E-MAIL: yakubailik@gmail.com

Железорудный концентрат Абагурской обогатительной фабрики, производимый для металлургического передела на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», является конечным продуктом сложной обогатительной технологии с первичными концентратами руд сибирских месторождений. Из них формируется многокомпо-

нентная шихта, из которой в итоге извлекается концентрат; часть же железа, связанная с железосиликатами, серой и окисленными минералами, теряется с хвостами обогащения.

Исходные первичные концентраты в силу различных условий образования руд отличаются составом,