

ISSN 0135-5910 (Print)
ISSN 2619-0753 (Online)

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Бюллетень научно-технической и экономической информации



Ferrous Metallurgy

Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information

№ 9

2018

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Байсанов С.О., Ахметов А.Б.</i> Химико-металлургическому институту им. Ж. Абишева — 60 лет	5	
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ		
Аглодомненное производство		
<i>Ковержин А.М., Щипицын В.Г., Ващенко А.В., Близнюков А.С., Садрадинов М.Р., Макавецкас А.Р., Фищенко Ю.А.</i> Исследование гарнисажа и футеровки в горне доменной печи № 2 АО ЕВРАЗ ЗСМК (Сообщение 2)	9	
<i>Семенов П.П., Великоцкий Р.Е., Румянцева Н.А.</i> Математическое моделирование влияния температуры горячего дутья доменной печи на колебания содержания кремния в чугуне	25	
<i>Юр'ев Б.П., Дудко В.А.</i> Разработка технологий с целью повышения металлургических свойств качканарских окатышей	32	
Сталеплавильное производство		
<i>Тлеугабулов С.М., Тажиев Е.Б., Тлеугабулов Б.С.</i> Системный подход к разработке технологии восстановительной выплавки стали	40	
<i>Ахметов А.Б., Кусаинова Г.Д., Шаркаев С.Н., Мускенова К.М., Басин В.Б., Сейсимбинов Т.С.</i> Концепция регулирования процессов образования карбонитридов ванадия, ниобия и титана последовательным легированием	48	
<i>Ильясов А.Э., Шаркаев С.Н., Ахметов А.Б., Кусаинова Г.Д., Яблонский В.И.</i> Раскисляющие и модифицирующие свойства щелочноземельных металлов в составе сплавов ферроалюмосиликокальция и ферросиликобария	58	
Прокатное производство		
<i>Троицкий О.А.</i> Электропластический эффект в металлах	65	
Трубное производство		
<i>Мишет'ян А.Р., Шабалов И.П., Чевская О.Н., Филиппов Г.А.</i> Исследование механизма изменения структурного состояния в процессе деформационного старения и его влияния на свойства трубной стали бейнитного типа	77	
<i>Рахманов С.Р., Поворотный В.В.</i> Комплексное исследование напряженно-деформированного состояния рабочей клетки стана холодной прокатки труб	93	
Метизное производство		
<i>Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Непомнящих А.С., Усольцев А.А., Попова М.В.</i> Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца	101	
Экология и ресурсосбережение		
<i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В.</i> Исследование физико-химических характеристик оксиджелезосодержащего техногенного сырья	107	
Модернизация оборудования и реконструкция заводов черной металлургии за рубежом		113
Новости зарубежной периодики		119
ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ		121
Статистика		128

CONTENTS

<i>Bajsanov S.O., Akhmetov A.B.</i> 60 years' anniversary to the Chemical and Metallurgical Institute after Zh. Abishev	5	
AT ENTERPRISES AND IN INSTITUTES		
Coking and By-products Process		
<i>Koverzin A.M., Schipizyn V.G., Vaschenko A.V., Bliznyukov A.S., Sadradinov M.R., Makavetskas A.R., Fischenko Yu.A.</i> Study of scull and lining in the hearth of blast furnace No. 2 of JSC EVRAZ ZSMK (Report 2)	9	
<i>Semenyuk P.P., Velikotsky R.E., Romyantseva N.A.</i> Mathematical simulation of BF hot blast temperature influence on variations of silicon content in hot metal	25	
<i>Yur'ev B.P., Dudko V.A.</i> Development of technologies with a purpose of increasing of metallurgical properties of Kachkanar pellets	32	
Steelmaking		
<i>Tleugabulov S.M., Tazhiev E.B., Tleugabulov B.S.</i> A systematic approach to development of a technology of reducing smelting of steel	40	
<i>Akhmetov A.B., Kusainova G.D., Sharkaev S.N., Muskenova K.M., Basin V.B., Sejsimbinov T.S.</i> A concept of control of processes of vanadium, niobium and titanium carbonitrides forming by consecutive alloying	48	
<i>Il'yasov A.E., Sharkaev S.N., Akhmetov A.B., Kusainova G.D., Yablonsky V.I.</i> Deoxidizing and modifying properties of alkaline earth metals within ferroalumosilicocalcium and ferrosilicobarium alloys	58	
Rolling Mill Practice		
<i>Troitsky O.A.</i> Electroplastic effect in metals	65	
Production of Pipes and Tubes		
<i>Mishet'yan A.R., Shabalov I.P., Chevskaya O.N., Filippov G.A.</i> Study of the mechanism of structural state alteration in the strain ageing process and its influence on properties of bainitis type pipe steel	77	
<i>Rakhmanov S.R., Povorotniy V.V.</i> Complex study of deformation mode of working stand of pipes cold rolling mill	93	
Wire Products Manufacturing		
<i>Kozyrev N.A., Kryukov R.E., Nepomnyaschikh A.S., Usol'tsev A.A., Popova M.V.</i> Development of new powder wires for building-up. A powder wire based on dust of gas cleaning systems of silicomanganese	101	
Ecology and Resource-saving		
<i>Anikin A.E., Galevsky G.V., Rudneva V.V.</i> Study of physical and chemical properties of iron oxides-containing man-caused raw materials sinter production	107	
Modernization of Equipment and Reconstruction of the Steel works abroad		113
News of the Foreign Periodicals		119
EXPRESS INFORMATION		121
Statistics		128

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ НАПЛАВКИ. ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА НА ОСНОВЕ ПЫЛИ ГАЗООЧИСТКИ СИЛИКОМАРГАНЦА

Н. А. КОЗЫРЕВ, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения, литейного и сварочного производства, kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru;

Р. Е. КРЮКОВ, канд. техн. наук, доцент кафедры материаловедения, литейного и сварочного производства;

А. С. НЕПОМНЯЩИХ, магистрант кафедры материаловедения, литейного и сварочного производства;

А. А. УСОЛЬЦЕВ, канд. техн. наук, доцент кафедры материаловедения, литейного и сварочного производства;

М. В. ПОПОВА, д-р техн. наук, доцент кафедры материаловедения, литейного и сварочного производства (Сибирский государственный индустриальный университет, Россия, г. Новокузнецк)

Аннотация. Разработана новая порошковая проволока с использованием пыли газоочистки производства силикомарганца и пыли газоочистки алюминиевого производства при различном соотношении компонентов. В качестве компонентов использовались: пыль газоочистки алюминиевого производства, % (мас.): 21–46,23 Al_2O_3 ; 18–27 F; 8–15 Na_2O ; 0,4–6 K_2O ; 0,7–2,3 CaO; 0,5–2,48 Si_2O ; 2,1–3,27 Fe_2O_3 ; 12,5–30,2 $C_{общ}$; 0,07–0,9 MnO; 0,06–0,9 MgO; 0,09–0,19 S; 0,1–0,18 P, и пыль газоочистки силикомарганца, % (мас.): 2,43 Al_2O_3 ; 1,32 Na_2O ; 5,56 K_2O ; 6,4 CaO; 29,19 SiO_2 ; 0,137 BaO; 7,54 MgO; 0,23 S; 0,04 P; 1,067 Fe; 27,69 Mn; 2,687 Zn; 3,833 Pb.

Наплавку проводили под флюсом, изготовленным из шлака силикомарганца производства Западно-Сибирского металлургического завода с химическим составом, % (мас.): 6,91–9,62 Al_2O_3 ; 22,85–31,70 CaO; 46,46–48,16 SiO_2 ; 0,27–0,81 FeO; 6,48–7,92 MgO; 8,01–8,43 MnO; 0,28–0,76 F; 0,26–0,36 Na_2O ; 0,62 K_2O ; 0,15–0,17 S; 0,01 P. Подобран режим наплавки. Испытания на износ образцов производили на машине 2070 СМТ-1. Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71. Твердость наплавленных слоев измеряли с помощью твердомера МЕТ-ДУ. Оценка неметаллических включений проведена по ГОСТ 1778–70 с помощью оптического микроскопа Olympus GX-51.

Изучены качественные показатели и рассчитаны коэффициенты усвоения марганца при различных соотношениях компонентов. Проведена статистическая обработка результатов исследований, построены статистические зависимости влияния компонентного состава на свойства наплавленного слоя.

Ключевые слова: порошковая проволока; пыль газоочисток производства силикомарганца и алюминия; коэффициент усвоения марганца; неметаллические включения; свойства наплавленного слоя.

Ссылка для цитирования. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Непомнящих А.С., Усольцев А.А., Попова М.В. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 9. С. 101–106.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-9-101-106

Рациональному использованию марганца уделяется большое внимание в России и за рубежом. В электрометаллургии стали используется технология прямого восстановления марганца из оксидного сырья, минуя процесс получения восстановленного марганца [1–3].

Такой процесс, протекающий при дуговом разряде, может быть реализован в процессе наплавки порошковой проволокой [4, 5], в которой в качестве наполнителя используют восстанавливаемое оксидное вещество и восстановитель. Возможность изготовления порошковых проволок на основе пыли газоочистки алюминиевого производства (в качестве восстановителя) и пыли газоочистки силикомарганца (в качестве восстанавливаемого компонента — оксида мар-

ганца) рассмотрена в данной работе. В основу исследования легли работы по изготовлению порошковых проволок на основе пыли газоочистки алюминиевого производства (в качестве восстановителя) [6–10] и возможность использования оксидов вольфрама для изготовления порошковых проволок с использованием технологии прямого восстановления [11–13].

Изготовление проволоки проводили на лабораторной установке по технологии с пропуском через фильтры. Диаметр изготовленной проволоки — 6 мм, оболочка выполнена из ленты СтЗ. В качестве наполнителя использовались: пыль газоочистки алюминиевого производства % (мас.): 21–46,23 Al_2O_3 ; 18–27 F; 8–15 Na_2O ; 0,4–6 K_2O ; 0,7–2,3 CaO; 0,5–2,48 Si_2O ;

2,1–3,27 Fe₂O₃; 12,5–30,2 C_{общ}; 0,07–0,9 MnO; 0,06–0,9 MgO; 0,09–0,19 S; 0,1–0,18 P и пыль газоочистки силикомарганца, % (мас.): 2,43 Al₂O₃; 1,32 Na₂O; 5,56 K₂O; 6,4 CaO; 29,19 SiO₂; 0,137 BaO; 7,54 MgO; 0,23 S; 0,04 P; 1,067 Fe; 27,69 Mn; 2,687 Zn; 3,833 Pb. Компонентные составы исследуемых проволок и полученные коэффициенты заполнения и усвоения марганца приведены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. ПАРАМЕТРЫ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК

TABLE 1. PARAMETERS OF POWDER WIRES

Номер образца	Пыль газоочистки силикомарганца, %	Пыль газоочистки алюминиевого производства, %	Коэффициент заполнения, %
81	89,89	10,11	7,217
82	81,63	18,37	7,258
83	74,77	25,23	6,535
84	68,96	31,04	5,172
85	59,70	40,30	5,794
86	50,00	50,00	6,928

Наплавку проводили под флюсом, изготовленным из шлака силикомарганца производства Западно-Сибирского электрометаллургического завода с химическим составом, % (мас.): 6,91–9,62 Al₂O₃; 22,85–31,70 CaO; 46,46–48,16 SiO₂; 0,27–0,81 FeO; 6,48–7,92 MgO; 8,01–8,4 MnO; 0,28–0,7 F; 0,26–0,36 Na; 0,62 K₂O; 0,15–0,17 S; 0,01 P. Для наплавки на стальные пластины толщиной 14–16 мм и размером 100×500 мм

использовали сварочный трактор ASAW-1250. Подбран режим наплавки: сила тока 520 А, напряжение 28 В, скорость сварки 18 м/ч. Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71 (см. табл. 1). Твердость наплавленных слоев измеряли с помощью твердомера МЕТ-ДУ.

При испытании на износостойкость использовали метод потери массы образца, который основывается на изменении массы образца при испытании диск – колодка до и после испытания. Износ образцов производили на машине 2070 СМТ-1. Испытания проводили при режиме: нагрузка 30 мА (78,4 Н), частота 20 об/мин, нагружение образцов осуществлялось с помощью пружинного механизма, частота вращения измерялась с помощью тахогенератора на валу двигателя, а число оборотов — с помощью бесконтактного датчика. В процессе испытания образец взаимодействовал с диском, изготовленным из стали Р18.

Оценка неметаллических включений проводилась согласно ГОСТ 1778–70 на микрошлифах без травления с помощью оптического микроскопа Olympus GX-51 при увеличении ×100. Микроструктура изучалась в диапазоне увеличений ×500 после травления поверхности образцов в 2 %-ном растворе азотной кислоты.

Химический состав наплавленного слоя металла, усвоение марганца и химический состав шлаковых корок приведены в табл. 2 и 3.

ТАБЛИЦА 2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ МЕТАЛЛА И УСВОЕНИЕ МАРГАНЦА

TABLE 2. CHEMICAL COMPOSITION OF BUILT-UP METAL LAYER AND MANGANESE RECOVERY

Номер образца	Массовая доля элементов, %										Усвоение марганца, %
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Al	Nb	S	P	
81	0,08	0,38	1,31	0,03	0,08	0,11	0,001	0,006	0,079	0,017	73
82	0,08	0,57	1,35	0,05	0,06	0,19	0,052	0,012	0,074	0,014	82
83	0,08	0,40	1,19	0,04	0,07	0,010	0,011	0,009	0,063	0,015	88
84	0,09	0,49	1,25	0,03	0,08	0,09	0,011	0,006	0,076	0,017	126
85	0,16	0,46	1,19	0,02	0,07	0,07	0,011	0,006	0,073	0,016	124
86	0,22	0,50	1,19	0,03	0,07	0,07	0,006	0,006	0,083	0,014	124

ТАБЛИЦА 3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ШЛАКОВЫХ КОРОК, %

TABLE 3. CHEMICAL COMPOSITION OF SLAG CRUSTS

Номер образца	FeO	MnO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	P	ZnO	Cr ₂ O ₂	F	TiO ₂
81	1,80	8,37	29,95	43,65	7,27	5,30	0,39	0,16	0,17	0,010	0,040	0,048	0,63	0,07
82	2,25	8,16	30,05	44,45	7,70	5,47	0,39	0,13	0,14	0,012	0,038	0,059	0,62	0,06
83	1,77	8,13	30,17	43,84	7,51	5,17	0,37	0,07	0,17	0,011	0,014	0,050	0,62	0,08
84	2,75	7,52	31,62	43,12	7,56	5,33	0,30	0,09	0,15	0,011	0,012	0,053	0,47	0,08
85	2,11	7,93	30,57	42,95	8,41	5,58	0,46	0,08	0,18	0,011	0,016	0,043	0,77	0,07
86	2,11	7,75	30,30	42,47	8,47	5,42	0,46	0,05	0,17	0,011	0,011	0,036	0,83	0,07

Усвоение марганца зависит от коэффициента заполнения порошковой проволоки (рис. 1), а также от концентрации в составе шихты углеродсодержащего материала (пыли газоочистки алюминиевого производства) (рис. 2) и, соответственно, концентрации углерода в наплавленном металле (рис. 3). Усвоение марганца (рис. 4) связано с повышением основности (отношением CaO/SiO_2).

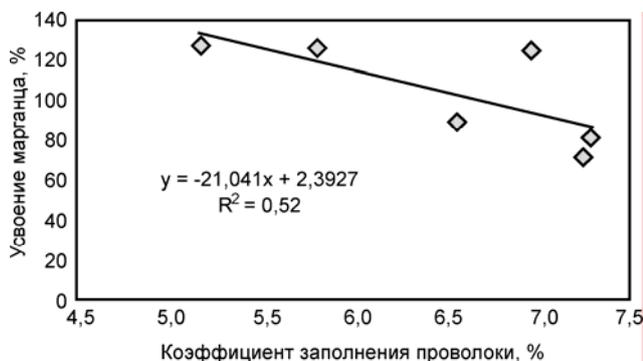


Рис. 1. Зависимость усвоения марганца от коэффициента заполнения порошковой проволоки

Fig. 1. Dependence of manganese recovery on filling factor of powder wire

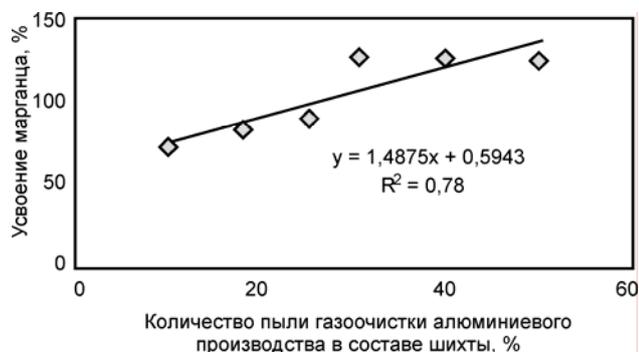


Рис. 2. Зависимость усвоения марганца от концентрации пыли газоочистки алюминиевого производства

Fig. 2. Dependence of manganese recovery on concentration of dust from gas cleaning system of aluminum plant

Твердость и результаты испытания на износ образцов приведены в табл. 4. При этом в результате расчетов по влиянию химического состава на твердость и износ получены уравнения описывающие

$$\text{твердость: } \text{НВ} = -288,88 + 336,15\text{C} + 294,98\text{Mn} + 112,86\text{Si} + 136,75\text{Al} - 377,73\text{Cu}$$

$$\text{и износ: } \text{И}_{\text{зн}} = -0,001176 + 0,000291\text{C} + 0,000981\text{Mn} + 0,000262\text{Si} - 0,000766\text{Cu}.$$

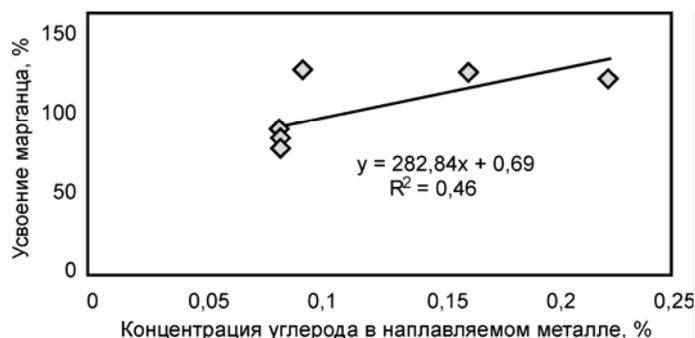


Рис. 3. Зависимость усвоения марганца от концентрации углерода в наплавленном металле

Fig. 3. Dependence of manganese recovery on carbon concentration in built-up metal

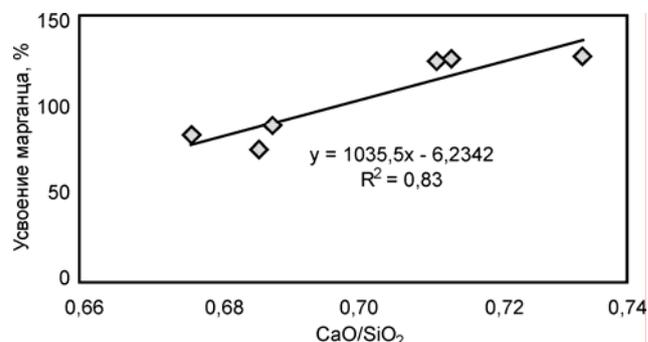


Рис. 4. Влияние основности на усвоение марганца

Fig. 4. Influence of basicity on manganese recovery

ТАБЛИЦА 4. ТВЕРДОСТЬ И ИЗНОС ОБРАЗЦОВ

TABLE 4. HARDNESS AND WEAR OF SPECIMENS

Номер образца	Износ, г/об.	Твердость НВ
81	0,000146	126
82	0,000132	136
83	0,000102	132
84	0,000126	133
85	0,000095	143
86	0,000127	167

На рис. 5 приведена полученная известная зависимость, указывающая на увеличение твердости с повышением концентрации углерода. Оценка неметаллических включений, проведенная согласно ГОСТ 1778–70, представлена в табл. 5, указывает на низкий уровень загрязненности металла оксидными неметаллическими включениями.

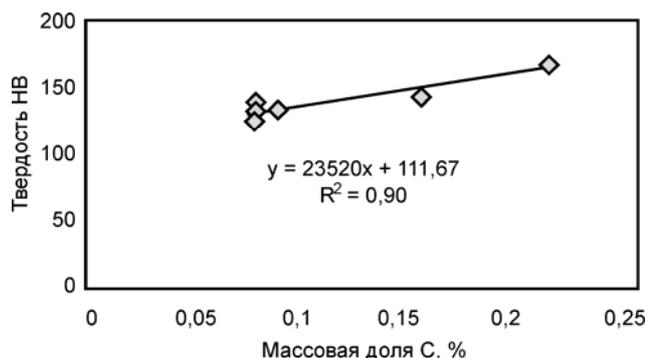


Рис. 5. Влияние концентрации углерода в наплавляемом металле на твердость

Fig. 5. Influence of carbon concentration in built-up metal on hardness

ТАБЛИЦА 5. ОЦЕНКА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЗОНЕ СВАРНЫХ ШВОВ

TABLE 5. ESTIMATION OF NONMETALLIC INCLUSIONS IN WELDING SEAM ZONE

Номер образца	Неметаллические включения, балл	
	силикаты недеформирующиеся	оксиды точечные
81	1б, 2б	1а, 2а, 3а
82	1б	1а, 2а, 3а
83	2б, редко 4б	1а, 2а
84	2б, 1б	1а
85	2б, 1б	1а
86	1б, редко 4б	1а

Полученная после травления микроструктура образцов феррито-перлитная (рис. 6). Причем образец № 81 содержит крупнозернистые зерна феррита с областями перлита, на образце № 82 участки перлита имеют зубчатые границы и грубоигольчатое строение, которые расположены цепочкой внутри феррита, на образце № 83 видны зерна феррита и мелкоигольчатый перлит, на образце № 84 зерна феррита имеют округлую форму и окружены сеткой перлита, на образце № 85 — неоднородная мелкозернистая структура феррита с небольшими областями перлита, на образце № 86 преобладают колонии перлита крупного строения, а феррит присутствует в виде параллельных игл между перлитными областями. Все образцы характеризуются равномерным распределением структурных составляющих, однако в структуре образцов № 82 и 86 более четко выявляются границы бывших зерен аустенита и перлит имеет игольчатое строение. Появление игольчатых структур говорит о снижении пластичности и вязкости, при этом твердость возрастает. Поэтому в двух группах образцов с близким содержанием углерода (0,008–0,009 % С и 0,16–0,22 %) образцы № 82 и 86 имеют наиболее высокую твердость.

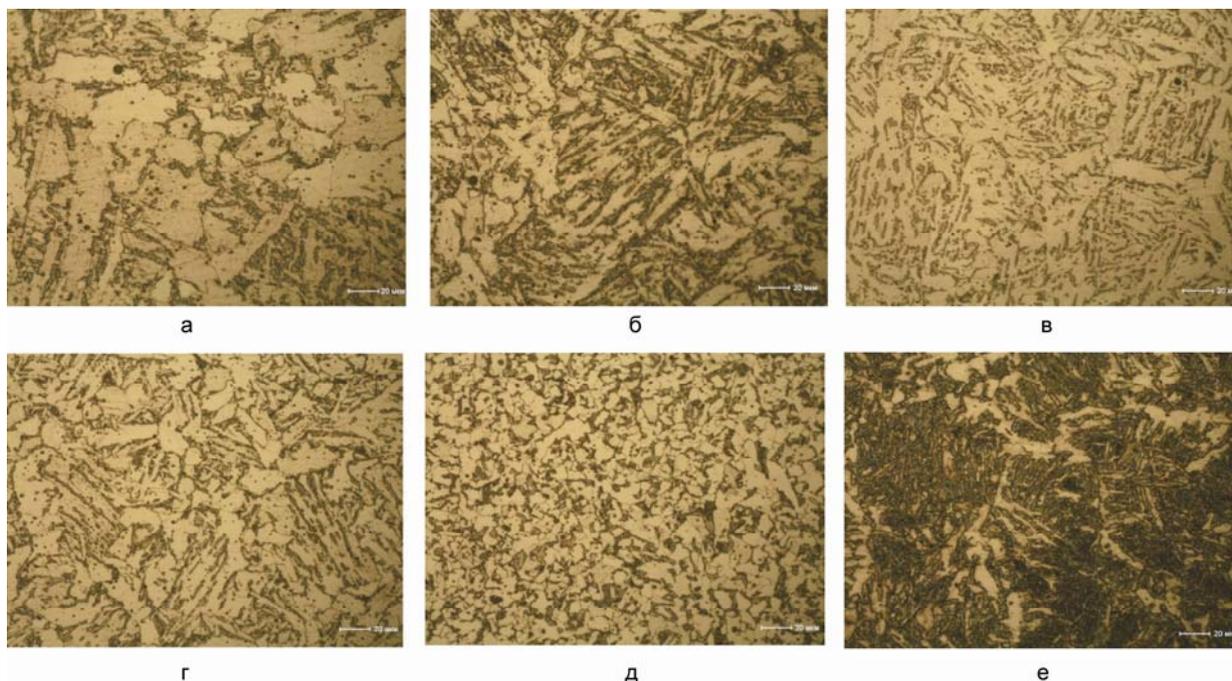


Рис. 6. Микроструктура образцов после травления, $\times 500$: номер образца: а — 81; б — 82; в — 83; г — 84; д — 85; е — 86

Fig. 6. Microstructure of specimens after pickling, $\times 500$: specimen number: a — 81; б — 82; в — 83; г — 84; д — 85; е — 86

Выводы

1. С использованием принципов прямого легирования на основе пыли газоочистки производства силикомарганца и пыли газоочистки алюминиевого производства разработана новая порошковая проволока для износостойкой наплавки.

2. Определены оптимальные технологические режимы наплавки, изучены качественные пока-

затели и рассчитано усвоение марганца при различных соотношениях компонентов.

3. Проведена статистическая обработка результатов исследований, построены зависимости влияния компонентного состава на свойства наплавленного слоя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наконечный А.Я., Пономаренко А.Г., Певцова В.М. и др. Выплавка марганецсодержащих сталей с использованием металлургического легирования марганцем // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 1982. № 21. С. 46, 47.
2. Исследование эффективности прямого легирования стали 110Г13Л марганцевыми рудами Центрального Казахстана / К.У. Умаров, В.Я. Назаренко, А.Б. Ахметов, М.Ж. Толымбеков // Совершенствование технологии и автоматизации сталеплавильных процессов: Межвуз. сб. науч. тр. — Магнитогорск, 1992. С. 43–51.
3. Толстогузов Н.В., Годик Л.А., Маматов Ю.М. и др. Прямое легирование стали марганцем в дуговых электросталеплавильных печах // Сталь. 1995. № 1. С. 24–27.
4. Пацекин В.П., Рахимов К.З. Производство порошковой проволоки. — М.: Металлургия, 1979. — 80 с.
5. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е. Патона. — М.: Металлургия, 1974. — 768 с.
6. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковые проволоки с использованием углеродфторсодержащих материалов для ремонта прокатных валков / Н. А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.А. Усольцев и др. // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 1. С. 77–86.
7. Уманский А.А., Козырев Н.А., Титов Д.А. Исследование и разработка новых составов порошковой проволоки для наплавки прокатных валков, обеспечивающих повышение эксплуатационных характеристик наплавленного металла // Производство проката. 2016. № 5. С. 43–47.
8. Уманский А.А., Козырев Н.А., Титов Д.А. Экспериментальные исследования влияния состава порошковых проволок систем легирования С–Si–Mn–Cr–V–Mo и С–Si–Mn–Cr–W–V // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2016. № 4. С. 74–78.
9. Козырев Н.А., Титов Д.А., Старовацкая С.Н. и др. Изучение влияния введения в шихту для производства порошковой проволоки системы С–Si–Mn–Cr–W–V углеродфторсодержащей добавки и никеля // Изв. вузов. Черная металлургия. 2014. № 6. С. 31–33.
10. Козырев Н.А., Титов Д.А., Старовацкая С.Н. и др. Влияние введения в шихту для производства порошковой проволоки системы С–Si–Mn–Cr–V–Mo углеродфторсодержащей добавки и никеля // Изв. вузов. Черная металлургия. 2014. № 4. С. 34–37.
11. О возможности восстановления WO_3 при дуговом разряде / С.Е. Бояринцев, Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков и др. // Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XX Междунар. научно-практич. конф.: в 2-х ч. Ч. 1. — Новокузнецк: СибГИУ, 2017. С. 324–327.
12. Козырев Н.А., Шурупов В.М., Кушнарченко Н.Н. и др. Исследование возможности использования вольфрамсодержащих руд и их производных при наплавке стали // Изв. вузов. Черная металлургия. 2015. Т. 58. № 8. С. 567–571.
13. Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Крюков Р.Е. и др. Термодинамическая оценка процессов восстановления WO_3 углеродом и кремнием // Изв. вузов. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 3. С. 211–216.

DEVELOPMENT OF NEW POWDER WIRES FOR BUILDING-UP.

A POWDER WIRE BASED ON DUST OF GAS CLEANING SYSTEM OF SILICOMANGANESE

N. A. KOZYREV, HD (Tech), Professor, Head of Dpt of metal science, foundry and welding, kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru;

R. E. KRYUKOV, PhD (Tech), Associate Professor of Dpt of metal science, foundry and welding;

A. S. NEPOMNYASCHIKH, undergraduate of Dpt of metal science, foundry and welding;

A. A. USOL'TSEV, PhD (Tech), Associate Professor of Dpt of metal science, foundry and welding;

*M. V. POPOVA, HD (Tech), Associate Professor of Dpt of metal science, foundry and welding
(Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk)*

Abstract. A new powder wire developed by using dust of gas cleaning systems of silicomanganese production plant and powder of gas cleaning systems of aluminum production at different proportion of components. As components the following was used: dust of gas cleaning systems of aluminum production plant, % (mas.): 21–46.23 Al_2O_3 ; 18–27 F; 8–15 Na_2O ; 0.4–6 K_2O ; 0.7–2.3 CaO; 0.5–2.48 Si_2O_5 ; 2.1–3.27 Fe_2O_3 ; 12.5–30.2 C_{total} ; 0.07–0.9 MnO; 0.06–0.9 MgO; 0.09–0.19 S; 0.1–0.18 P, and dust of gas cleaning systems of silicomanganese production plant, % (mas.): 2.43 Al_2O_3 ; 1.32 Na_2O ; 5.56 K_2O ; 6.4 CaO; 29.19 SiO_2 ; 0.137 BaO; 7.54 MgO; 0.23 S; 0.04 P; 1.067 Fe; 27.69 Mn; 2.687 Zn; 3.833 Pb.

The building-up was done under a flux, made of slag of silicomanganese plant of Zapadno-Sibirsky steel-works, havin the chemical composition (% mas.): 6.91–9.62 Al₂O₃; 22.85–31.70 CaO; 46.46–48.16 SiO₂; 0.27–0.81 FeO; 6.48–7.92 MgO; 8.01–8.43 MnO; 0.28–0.76 F; 0.26–0.36 Na₂O; 0.62 K₂O; 0.15–0.17 S; 0.01 P. The building-up mode selected. Samples wear tests were carried out at machine 2070 CMT-1. Chemical composition of the built-up metal was determined at spectrometer ДФС-71. The hardness of built-up layers was measured by hardness meter MET-ДV. The estimation of nonmetallic inclusions was made as per GOST 1778–70 by optical microscope Olympus GX-51.

Quality indices studied and coefficients of manganese recovery at different proportions of components calculated. Statistical processing of the study results was made, statistical curves of influence of component compositions on properties of built-up layer constructed.

Key words: powder wire; dust of gas cleaning systems of silicomanganese and aluminum production plant; coefficient of manganese recovery, nonmetallic inclusions, built-up layer properties.

For citation: Kozyrev N.A., Kryukov R.E., Nepomnyaschikh A.S., Usol'tsev A.A., Popova M.V. Development of new powder wires for building-up. A powder wire based on dust of gas cleaning systems of silicomanganese. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 9, pp. 101–106. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-9-101-106

REFERENCES

1. Nakonechny'j A.Ya., Ponomarenko A.G., Pevczova V.M. etc. Smelting of manganese-containing steels using metal-thermal alloying by manganese. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 1982, no. 21 (929), pp. 46, 47. (In Russ.).
2. Umarov K.U., Nazarenko V.Ya., Axmetov A.B., Toly'mbekov M.Zh. [Study of efficiency of 110G13L steel direct alloying by manganese ores of Central Kazakhstan]. *Sovershenstvovanie texnologii i avtomatizacii staleplavil'ny'x processov: Mezhhvuz. sb. nauch. tr.* [Perfection of technology and automation of steelmaking processes: Interuniversity collection of scientific works]. Magnitogorsk, 1992, pp. 43–51. (In Russ.).
3. Tolstoguzov N.V., Godik L.A., Mamatov Yu.M., Sherstnev G.A., Kozy'rev N.A. Direct steel alloying by manganese in electric arc steelmaking furnaces. *Stal'*, 1995, no. 1, pp. 24–27. (In Russ.).
4. Pacekin V.P., Raximov K.Z. *Proizvodstvo poroshkovoj provoloki* [Production of powder wire]. Moscow: Metallurgiya, 1979, 80 p. (In Russ.).
5. *Texnologiya e'lektricheskoy svarki metallov i splavov plavlaniem* [Technology of electric welding of metals and alloys by fusion]. Paton B.E. ed. Moscow: Metallurgiya, 1974, 768 p. (In Russ.).
6. Kozyrev N.A., Kryukov R.E., Usol'cev A.A., Umanskij A.A., Sokolov P.D. Development of new powder wires for building-up. Powder wires with carbon- and fluorine-containing materials for rolling rollers repair. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 1 (1417), pp. 77–86. (In Russ.).
7. Umanskij A.A., Kozyrev N.A., Titov D.A. Study and development of new compositions of powder wires for rolling rollers building-up, providing increase of operation characteristics of built-up materials. *Proizvodstvo prokata*, 2016, no. 5, pp. 43–47. (In Russ.).
8. Umanskij A.A., Kozyrev N.A., Titov D.A. Experiment study of influence of powder wire compositions of alloying systems C–Si–Mn–Cr–V–Mo and C–Si–Mn–Cr–W–V. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2016, no. 4, pp. 74–78. (In Russ.).
9. Kozyrev N.A., Titov D.A., Starovaczkaya S.N., Shurupov V.M., Goryushkin V.F. Study of influence of introducing carbon- and fluorite-containing additive and nickel into a burden for powder wire production of system C–Si–Mn–Cr–W–V. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2014, no. 6, pp. 31–33. (In Russ.).
10. Kozyrev N.A., Titov D.A., Starovaczkaya S.N., Kozyreva O.E., Shurupov V.M. Influence of introducing carbon- and fluorite-containing additive and nickel into a burden for powder wire production of system C–Si–Mn–Cr–V–Mo. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2014, no. 4, pp. 34–37. (In Russ.).
11. Boyarincev S.E., Kozyrev N.A., Kryukov R.E., Naumchik A.D., Usol'cev A.A. [An ability of WO₃ reduction at an arc discharge]. *Metallurgiya: texnologii, innovacii, kachestvo: trudy' XX Mezhdunar. nauchno-praktich. konf.: v 2-x ch.* [Metallurgy: technologies, innovations, quality: the works of XX International. scientific and practical. Conf.: in 2 parts.]. Novokuznezk: SibGIU, 2017, vol. 1, pp. 324–327. (In Russ.).
12. Kozyrev N.A., Shurupov V.M., Kushnarenko N.N., Kozyreva O.E., Titov D.A. Study of an ability to use tungsten-containing ores and their derivatives at steel building-up. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2015, vol. 58, no. 8, pp. 567–571. (In Russ.).
13. Bendre Yu.V., Goryushkin V.F., Kryukov R.E., Kozyrev N.A., Bashhenko L.P. Thermodynamic estimation of WO₃ reduction processes by carbon and silicon. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2018, vol. 61, no. 3, pp. 211–216. (In Russ.).

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКСИДЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

*А. Е. АНИКИН, канд. техн. наук, доцент кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии;
Г. В. ГАЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой металлургии
цветных металлов и химической технологии, kafcmet@sibsiu.ru;
В. В. РУДНЕВА, д-р техн. наук, профессор кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии
(Сибирский государственный индустриальный университет, Россия, г. Новокузнецк)*

Аннотация. Приведены результаты исследования физико-химических характеристик прокатной окалины и обезвоженного шлама газоочистки кислородно-конвертерного производства, выполненного для оценки технологической целесообразности применения их в процессах металлзации. Исследования проведены с использованием стандартных методик определения химического, фазового, гранулометрического составов и плотности мелкозернистых и порошкообразных материалов. Установлено, что содержание общего железа, оксидов FeO и Fe₂O₃, серы и фосфора составляет в окалине 73,3, 75,5, 20,9, 0,036 и 0,019 %, в шламе — 41,2, 4,7, 53,7, 0,21 и 0,15 % соответственно. Шлам содержит также до 20,9 % CaO и 4,3 % углерода общего. Гранулометрические составы окалины и шлама существенно отличаются: содержание классов крупности +1,0 мм и –0,016 мм в окалине составляет 63,3 и 0 %, в шламе — 14,8 и 44,5 %. Истинная плотность окалины составляет 4,6–4,9 г/см³. Полученные результаты подтверждают технологическую целесообразность использования мелкозернистой окалины и порошкообразного шлама в процессах металлзации, включающих их предварительное брикетирование в составе композиции с углеродистым восстановителем.

Ключевые слова: прокатная окалина; шлам газоочисток; химический, фазовый, гранулометрический составы окалины и шлама; брикетирование; металлзация.

Ссылка для цитирования. Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В. Исследование физико-химических характеристик оксиджелезосодержащего техногенного сырья // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 9. С. 107–112.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-9-107-112

В настоящее время известны следующие технологические варианты металлзации различного сырья [1–4]:

– получение частично металлзованных материалов для доменных печей;

– получение металлзованного продукта (губчатого железа) в твердом виде для переплавки в сталеплавильных агрегатах (температура 500–1000 °С);

– получение металлзованного продукта в пластическом состоянии (получение кричного железа) для различных целей, в том числе как вариант пирометаллургического обогащения труднообогатимых, бедных и комплексных руд (температура 1100–1400 °С);

– получение жидкого металла (чугуна или полупродукта) для переплава в сталеплавильных печах (температура выше 1200–1400 °С).

Основными твердофазными процессами металлзации являются процессы Midrex, HyL, Danagex, Finmet и др. [5–9], а основными жидкофазными процессами восстановления железа — Corex, Finex, Ромелт, Ausmelt, Hismelt, Technored и др. [2–4].

Металлзация мелкозернистых и порошкообразных оксиджелезосодержащих отходов явля-

ется важным направлением в металлургии. По данным World Steel Association (WSA) [10], производство железа прямого восстановления за последние 10 лет в мире выросло на 18 %, в России — на 66 %, что говорит о чрезвычайно динамичном развитии данного направления. Особенно актуальной металлзация является для мини-заводов в связи с отсутствием в их составе агломерационного производства, позволяющего металлургическим предприятиям полного цикла перерабатывать прокатную окалину, шламы доменного и сталеплавильного производств и другие оксиджелезосодержащие отходы. Актуальность проблемы обусловлена значительным числом мини-заводов в мире — около 1000 [11] и, соответственно, значительным объемом образования оксиджелезосодержащих отходов. По прогнозам, в 2020 г. более 50 % мирового производства стали будет обеспечено именно мини-заводами. На территории бывшего СССР уже построено семь мини-заводов: в России (Комсомольск-на-Амуре, Калуга, Саратовская, Ростовская и Тюменская области), Белоруссии (Жлобин) и Молдавии (Кишинев) [11, 12].

Для исследования процессов металлзации оксиджелезосодержащего техногенного сырья