

3. Доменное производство. Справочное издание. В 2-х т. Т.1. Подготовка руд и доменный процесс / Под ред. Е.Ф. Вегмана. – М.: Metallurgiya, 1989. – 496 с.
4. Грунтоведение / Под ред. Е.А. Сергеева. – М.: изд. МГУ, 1971. – 595 с.

5. Чуханов З.Ф. Некоторые проблемы топлива и энергетики. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 478 с.

© 2014 г. А.В. Феоктистов, О.Г. Модзелевская
Поступила 3 февраля 2014 г.

THE ANALYSIS OF THE FORCES ACTING ON A COKE PACKING OR COAL FUEL NOZZLE INTO SMALL DIAMETER SHAFT FURNACES (CUPOLA)

A.V. Feoktistov, Cand. Eng., Assist. Professor
O.G. Modzelevskaya, Senior Lecturer

Siberian State Industrial University (Novokuznetsk, Kemerovo region, Russia)

E-MAIL: umu@sibsiu.ru

Abstract. The article presents the analysis of the forces acting on a coke packing or coal fuel nozzle into the cupola by replacing coke with anthracite and lean coal. The obtained data allow estimating preliminarily in size and shape of burden pieces a probable forecast of cupola melting behavior. The conclusion is that by the transition to the marks of coals to increase the frictional force on the wall of charge, the charge itself must be carefully carve into minimum pieces, which reduces drastically the angle of the engagement and consequently the angle of internal friction coefficient increases as well as the pressure on the side wall of the shaft.

Keywords: cupola, coke, anthracite, lean coal, post charge, angle of internal friction.

REFERENCES

1. Kessler K. Stahl u. Eisen 125 (2005). № 2. Pp. 21 – 24.
2. Selyanin I.F., Feoktistov A.V., Bedarev S.A. *Teoriya i praktika intensivifikatsii tehnologicheskogo protsessa v shaktnikh pechakh malogo diametra* (Theory and practice of process intensification in the blast furnaces of small diameter). Moscow: Teplotekhnika, 2010. 379 p.
3. *Domennoe proizvodstvo. Spravochnoye izdanie. V 2-h t. T. 1. Podgotovka rud i domennyi protsess* Pod red. E.F. Vegmana. (Blast Furnaces. Reference book. In 2 volumes. Vol.1. Preparation of ores and metallurgical process). Moscow: Metallurgiya, 1989. 496 p.
4. *Gruntovedeniye*. Pod red. E.A. Sergeeva. (Soil management) Moscow: izd. MGU, 1971. 595 p.
5. Чуханов З.Ф. *Nekotoriye problemi topliva i energetiki*. (Some problems of Fuel and Energy). Moscow: Isd-vo AN SSSR, 1961. 478 p.

Received February 3, 2013

УДК 621.791.92:621.771.07

ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ В ШИХТУ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ СИСТЕМЫ С–Si–Mn–Cr–V–Mo УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКИ И НИКЕЛЯ

Н.А. Козырев, д.т.н., профессор
Д.А. Титов, магистрант
С.Н. Старовацкая, к.т.н., доцент
О.Е. Козырева, соискатель
В.М. Шурупов, ст. преподаватель

Сибирский государственный индустриальный университет (Новокузнецк, Россия)

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования влияния введения в шихту для производства порошковой проволоки типа ПП-Нп-25Х5ФМС углеродфторсодержащей добавки (отходов металлургического производства) и порошкообразного никеля. Введение в состав шихты для производства проволоки системы С–Si–Mn–Cr–V–Mo углеродфторсодержащей добавки и никеля позволяет значительно снизить уровень загрязненности окисными неметаллическими включениями наплавляемого металла, измельчению зерна, а также способствует снижению объемной доли остаточного аустенита в наплавленном слое и образованию мелкодисперсных карбидов. Полученные результаты позволяют прогнозировать повышение термической стойкости прокатных валков при использовании изготовленной проволоки.

Ключевые слова: наплавка, порошковая проволока, карбиды, карбиды хрома, прокатные валки, наплавленный металл.

E-MAIL: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru

На металлургических предприятиях России широко используется наплавка прокатных валков для их восстановления и повышения стойкости. Несмотря на широкий спектр используемых систем для наплав-

ки, широкое распространение получили две системы: С–Si–Mn–Cr–W–V и С–Si–Mn–Cr–V–Mo.

Первая система представлена порошковой проволокой типа ПП-Нп-35В9Х3СФ, содержащей до 10 %

дорогого и дефицитного вольфрама, и используется для износостойкой наплавки стальных валков горячей прокатки. Наплавленный металл обладает высокой стойкостью против истирания при повышенных температурах, но его термическая выносливость относительно невысока, поэтому валки, наплавленные этой проволокой, часто выходят из строя из-за образования сетки трещин разгара и выкрашивания. Нередко имеет место полосчатый износ, причиной которого может быть наличие участков наплавленного металла с неоднородной структурой и твердостью. Такие участки наблюдаются при многослойной наплавке легированных сталей с перекрытием ранее наплавленного валика.

Хорошие результаты при восстановлении стальных валков горячей прокатки дает наплавленный металл типа экономнолегированных хромомолибденовых и хромовольфрамомолибденовых сталей. По теплостойкости эти стали практически не уступают хромовольфрамовым, а по сопротивлению термической усталости существенно превосходят их. Для повышения теплостойкости и стойкости наплавленного металла против истирания применяют также легирование ванадием.

При наплавке валков со сложными калибрами возникают большие трудности с механической обработкой наплавленного слоя из-за его относительно высокой твердости. Для таких валков перспективно использование наплавочных материалов типа мартенситно-старееющих или дисперсионно-твердеющих сталей. После наплавки такие стали имеют твердость HRC_3 28 – 35, их достаточно легко обрабатывать механически. После отпуска твердость HRC_3 возрастает до 48 – 55, наплавленный металл приобретает высокие служебные свойства. Однако для проведения термической обработки необходимо соответствующее оборудование.

Работа со второй системой позволяет получать наибольшее сопротивление термической усталости металла. Данная система, представленная порошковой проволокой типа ПП-Нп-25Х5ФМС, позволяет получать высокую ударную вязкость наплавленного металла при повышенных температурах.

Авторы работы [1] в результате лабораторных и опытно-промышленных исследований для наплавки валков горячей прокатки рекомендуют использовать на непрерывно-заготовочных, проволочных, трубопрокатных станах порошковые проволоки типа ПП-Нп-35В9ХЗСФ, а на обжимных (блюминг, слябинг), крупносортовых и рельсобалочных, средне- и мелкосортных, листопрокатных станах порошковую проволоку типа ПП-Нп-25Х5ФМС.

Для настоящей работы в лабораторных условиях были изготовлены образцы стандартной порошковой проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС. Многослойную наплавку образцов производили с предварительным подогревом пластин до 350 °С и последующим (после наплавки) замедленным охлаждением. Наплавку про-

водили сварочным трактором ASAW-1250 с использованием изготовленной порошковой проволоки на пластины из стали 09Г2С в пять слоев; режим наплавки: сварочный ток 400 А, напряжение на дуге 32 В, скорость сварки 0,8 см/с.

При изготовлении проволоки содержание кремния, марганца, хрома, ванадия варьировалось гораздо шире значений для данных элементов, предусмотренных для проволоки ПП-Нп-25Х5ФМС по ГОСТ 26101 – 84. В состав ряда образцов проволоки вводили никель, а аморфный углерод заменяли на углеродфторсодержащую пыль (отходы металлургического производства) следующего химического состава: 21 – 46 % Al_2O_3 ; 18 – 27 % F⁺; 8 – 15 % Na_2O ; 0,4 – 6 % K_2O ; 0,7 – 2,3 % CaO ; 0,5 – 2,5 % SiO_2 ; 2,1 – 3,3 % Fe_2O_3 ; 12,5 – 30,2 % $C_{общ}$; 0,07 – 0,9 % MnO ; 0,06 – 0,90 % MgO ; 0,09 – 0,19 % S; 0,10 – 0,18 % P (по массе). Дисперсность такого материала позволяет проводить хорошее смешение с металлической составляющей шихты порошковой проволоки. Проведенные ранее эксперименты по использованию этого материала в качестве добавки для сварочных флюсов показали, что углерод в составе углеродфторсодержащей пыли обладает повышенной активностью, раскисляет металл и восстанавливает оксиды, находящиеся в металле и шлаке с образованием оксидов углерода [2 – 5]. Для имитации окислительно-восстановительных процессов при наплавке использовали слабоокислительный флюс марки АН-67 (по ГОСТ Р 52222 – 2004). Марганец в состав шихты не добавляли в связи с его восстановлением из образующегося шлака. Происходило частичное восстановление кремния из шлака. Как показали эксперименты, образующийся шлак практически не окисляет легирующие элементы в наплавленном металле.

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71. Металлографические исследования микрошлифов проводили с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле при различных увеличениях после травления в спиртовом растворе азотной кислоты, а также в растворе плавиковой кислоты. Замеры твердости проводили ультразвуковым твердомером УЗИТ-3. Составы исследуемых порошковых проволок, твердость наплавленного металла и объемная доля остаточного аустенита в наплавленном слое приведены в таблице.

При использовании в качестве добавки аморфного графита в структуре наплавленного металла (образцы 1 и 2) присутствует мартенсит и остаточный аустенит в межосевом пространстве (рис. 1). Наблюдается значительное количество строчечных кислородных включений. Точечные карбиды ванадия и хрома распределены по телу зерен. Следует отметить, что введение более 3 % ванадия приводит к значительному снижению твердости наплавленного металла.

Составы исследуемых порошковых проволок и твердость наплавленного металла

Образец	Массовая доля, %, элементов											HRC (HB)	ОДА
	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo	Ni	Al	W	V	Ti		
1	0,16	1,77	2,25	0,26	3,51	1,51	0,16	0,044	0,107	3,25	0,018	(186,2)	–
2	0,15	1,59	1,67	0,18	0,35	1,11	0,16	0,032	0,060	0,35	0,006	43,2	4,3
3	0,20	1,33	2,16	0,17	3,52	1,51	0,13	0,040	0,090	0,36	0,020	48,1	5,6
4	0,24	0,93	2,11	0,15	3,18	1,31	0,21	0,054	0,071	0,46	0,021	51,8	15,6
5	0,31	1,19	2,13	0,20	3,50	1,34	0,32	0,064	0,074	0,47	0,022	53,4	14,7
6	0,24	0,92	1,93	0,22	3,00	1,85	0,38	0,034	0,081	0,43	0,014	54,14	8,4

Примечание. ОДА – объемная доля остаточного аустенита; образцы 1 и 2 изготовлены с использованием аморфного графита, образцы 3 – 6 с применением углеродфторсодержащей пыли и порошка никеля при различных его концентрациях.

Металлографический анализ показал, что структура металла, наплавленного опытной порошковой проволокой, представляет собой игольчатый троостит с мартенситом и сформированными по границам зерен отдельными тонкими аустенитными оторочками с незначительным количеством включений карбидов. На рис. 2 – 5 приведены структуры образцов 3 – 6, полученных с использованием углеродфторсодержащего материала и добавкой никеля. Углеродфторсодержащая добавка в шихту для производства проволоки способствует удалению оксидных неметаллических включений, более равномерному распределению углерода в металле шва и образованию мелкодисперсных карбидов, что

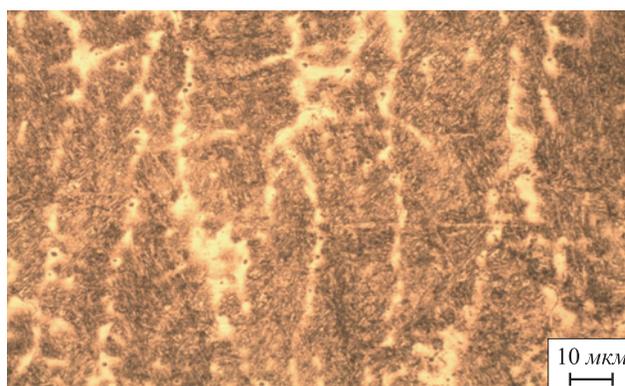


Рис. 3. Мартенсит (темножелтый), остаточный аустенит (светложелтый), карбиды (мелкие, точечные по телу зерен)

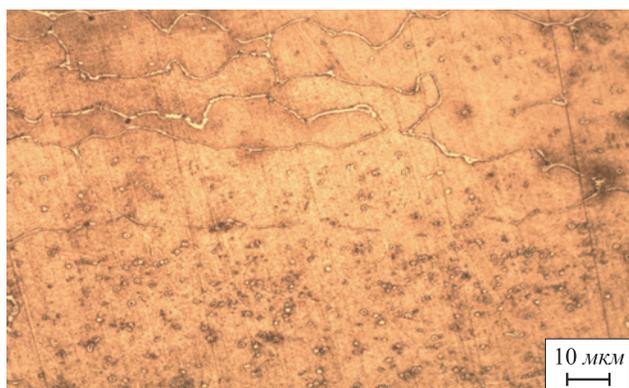


Рис. 1. Округлые точечные карбиды ванадия, карбиды в виде сетки

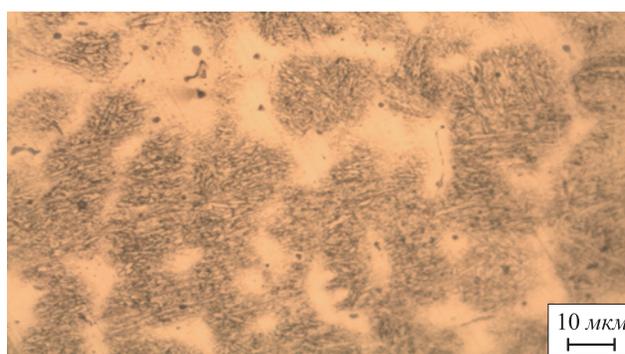


Рис. 4. Дендриты, мартенсит в межзерновом пространстве, точечные карбиды

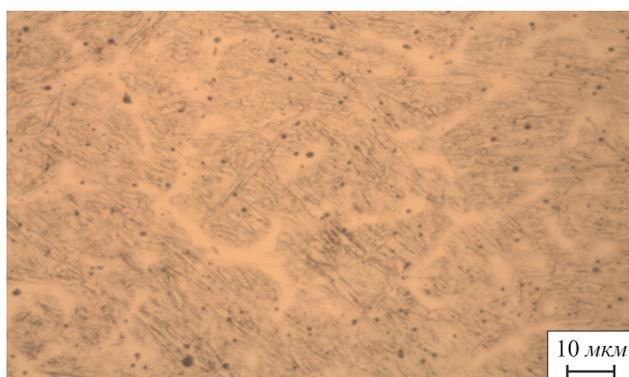


Рис. 2. Мартенсит (темный), остаточный аустенит (светложелтый), мелкодисперсные карбиды

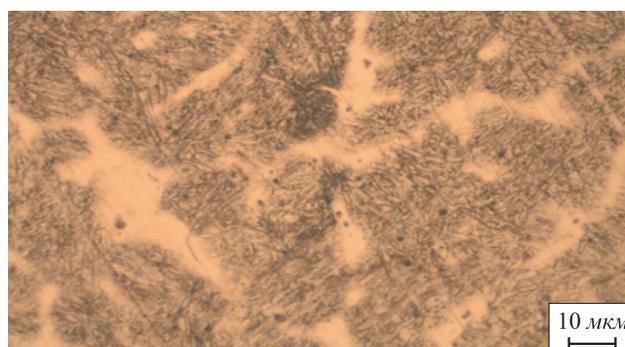


Рис. 5. Остаточный аустенит (светлый), мартенсит (коричневый), карбиды

на практике должно привести к повышению термической стойкости. Введенный в состав шихты для производства порошковой проволоки аустенитообразующий элемент (никель) способствует дополнительному измельчению зерен.

Выводы. Введение в состав шихты для производства проволоки системы C–Si–Mn–Cr–V–Mo углеродфторсодержащей добавки и никеля позволяет значительно снизить уровень загрязненности оксидными неметаллическими включениями наплавленного металла, способствует измельчению зерен, а также образованию мелкодисперсных карбидов, что на практике должно привести к повышению термической стойкости прокатных валков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кондратьев И.А., Рябцев И.А., Кусков Ю.М. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2005. № 4. С. 14 – 17.
2. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Старовацкая С.Н. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2012. № 6. С. 26 – 29.
3. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Голдун З.В. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2012. № 10. С. 35 – 38.
4. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 4. С. 30 – 33.
5. Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е., Роор А.В. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 8. С. 33 – 36.

© 2014 г. Н.А. Козырев, Д.А. Титов,
С.Н. Старовацкая, О.Е. Козырева, В.М. Шурупов
Поступила 6 декабря 2013 г.

THE INFLUENCE OF THE INTRODUCTION OF THE CHARGE FOR THE PRODUCTION FLUX-CORED WIRE SYSTEM WITH C–Si–Mn–Cr–V–Mo CARBON-FLUORINE-CONTAINING ADDITIVES AND NICKEL

N.A. Kozыrev, Dr. Eng., Professor

D.A. Titov, Postgraduate Student

S.N. Starovatskaya, Cand. Eng., Assist. Professor

O.E. Kozырева, Applicant

V.M. Schurupov, Senior Lecturer

Siberian State Industrial University (Novokuznetsk, Kemerovo region, Russia)

E-MAIL: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru

Abstract. The paper presents experimental studies of the introduction influence of a flux-cored wire of PP-H-25H5FMS carbon-fluorine-containing fluoride supplements (metallurgical wastes) and powdered nickel. The introduction of the C-wire system C–Si–Mn–Cr–V–Mo carbon-fluorine-containing additives and nickel can reduce significantly the level of contamination of non-metallic oxide inclusions of weld metal, grinding grain; and it also reduces the volume fraction of re-

tained austenite in the weld layer and the formation of small dispersed carbides. The results predict the increase of thermal stability of mill rolls when using the produced wire.

Keywords: weld facing, flux cored wire, carbides, chromium carbides, mill rolls, weld metal.

REFERENCES

1. Kondrat'ev I.A., Ryabtsev I.A., Kuskov Yu.M. *Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya*. 2005. № 4. Pp. 14 – 17.
2. Kozыrev N.A., Igushev V.F., Starovatskaya S.N. etc. *Izv. vuz. Chernaya metallurgiya*. 2012. № 6. Pp. 26 – 29.
3. Kozыrev N.A., Igushev V.F., Goldun Z.V. etc. *Izv. vuz. Chernaya metallurgiya*. 2012. № 10. Pp. 35 – 38.
4. Kozыrev N.A., Igushev V.F., Kryukov R.E. etc. *Izv. vuz. Chernaya metallurgiya*. 2013. № 4. Pp. 30 – 33.
5. Kozыrev N.A., Igushev V.F., Kryukov R.E., Roor A.V. *Izv. vuz. Chernaya metallurgiya*. 2013. № 8. Pp. 33 – 36.

Received December 6, 2013