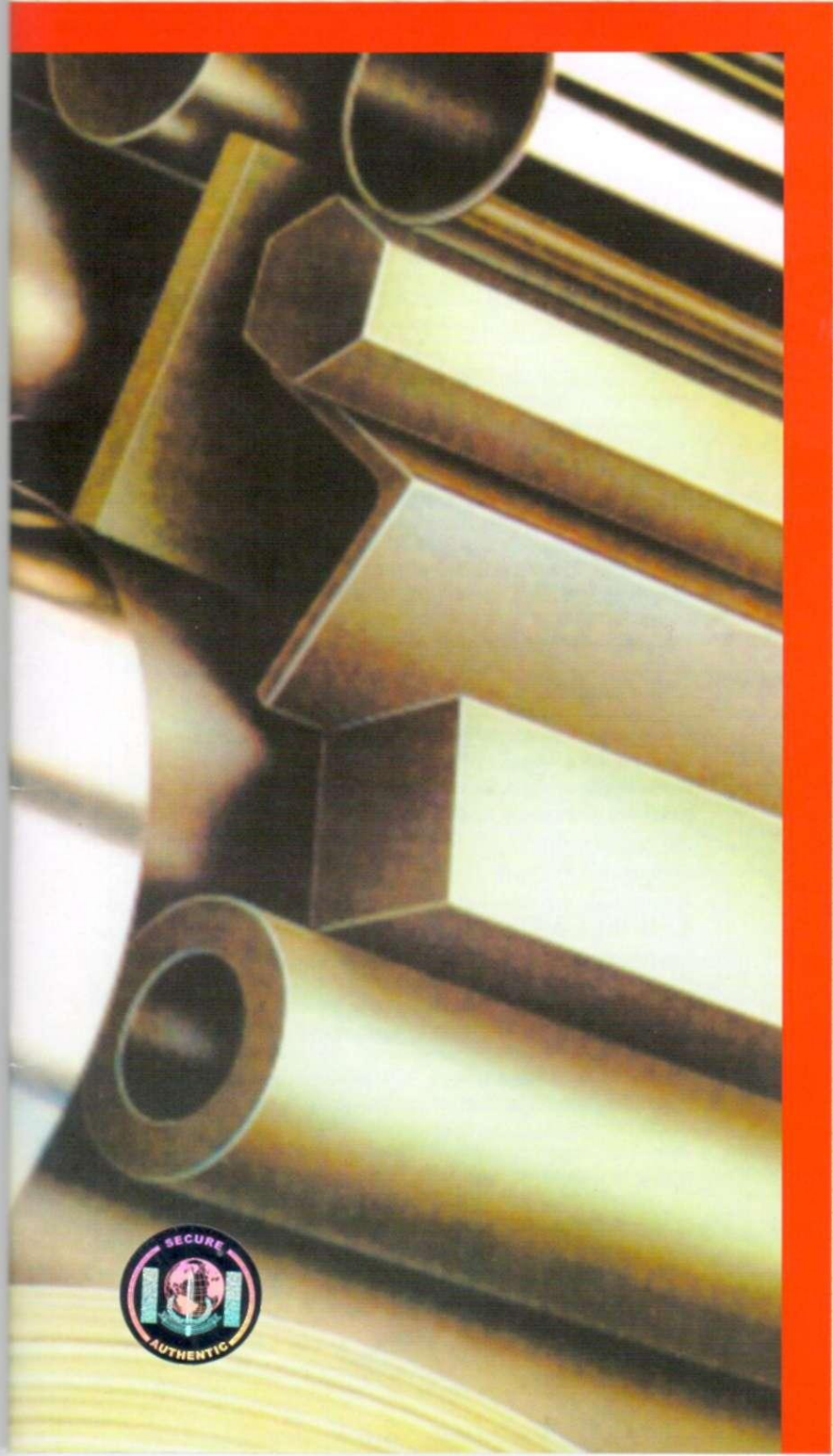


Производство проката

9

2017

- 
- пластическая деформация черных и цветных металлов
 - листопрокатное производство
 - сортопрокатное производство
 - трубное производство
 - метизное производство
 - производство специальных видов проката
 - покрытия, слоистые и порошковые изделия
 - прессование
 - отделка и контроль качества
 - термическая обработка
 - управление и автоматизация
 - эксплуатация и ремонт оборудования
 - стандартизация, сертификация, обеспечение качества
 - экономика и рынок продукции
 - стратегия развития, подготовка и обучение специалистов
 - новые технологические процессы и оборудование
 - экология
 - информация



Научно-техническая
библиотека СибГИУ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.771.07

Разработка флюсов на основе техногенных материалов для наплавки прокатных валков

Н.А. Козырев¹, д-р техн. наук (kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru), А.А. Уманский¹, канд. техн. наук (umanskii@bk.ru), Р.Е. Крюков¹, канд. техн. наук (Rek_nzrmk@mail.ru), П.Д. Соколов² (el-sib@mail.ru), Л.В. Думова¹ (dumova@bk.ru)

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

²ООО «ЭлСиб», г. Новокузнецк

Статья поступила 14.02.2017

Изучено влияние на качественные показатели наплавки прокатных валков технологии сварки под флюсами, изготовленными с использованием шлака производства силикомарганца и пыли газоочистки алюминиевого производства. Обоснован оптимальный фракционный и компонентный состав флюсов для наплавки на основании перечисленных составляющих. Определено оптимальное соотношение шлака производства силикомарганца и жидкого стекла при изготовлении флюсов — показано, что наилучший комплекс механических свойств достигается при доле жидкого стекла во флюсе на уровне 20—30%. Установлено, что ввод в состав флюса добавки ФД-УФС, изготовленной на основе пыли газоочистки алюминиевого производства, в количестве до 8% значительно повышает уровень ударной вязкости сварного шва.

Ключевые слова: прокатные валки, механические свойства, микроструктура, неметаллические включения, качество наплавленного слоя, флюс, наплавка.

An effect of flux welding on qualitative indices of forming rolls' surfacing has been studied. The fluxes were made with use of silicomanganese production slag and gas purification dust of aluminum manufacture. Optimal contents of components were determined. Additives that significantly improve impact elasticity of a weld joint were found. Study results are presented.

Keywords: flux, welding, forming roll, mechanical properties, quality, surfaced layer, microstructure, nonmetallic inclusions.

Снижение расхода прокатных валков является важным резервом уменьшения себестоимости готового проката независимо от типа прокатного стана и сортамента выпускаемой продукции. При этом одним из наиболее эффективных методов повышения срока службы прокатных валков является использование технологий по восстановлению их рабочей поверхности за счет дуговой наплавки под флюсом. Согласно данным многочисленных исследований [1—5] эффективность

и качество наплавочных работ в значительной степени зависят от сварочно-технологических свойств используемых наплавочных материалов, а именно порошковых проволок и сварочных флюсов. В последние годы проведен ряд исследований, в том числе с участием авторов работ [6—9], по совершенствованию составов порошковых проволок для наплавки прокатных валков. По результатам проведенных экспериментальных исследований разработаны имеющие патентную защиту [10, 11] новые составы

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

порошковых проволок систем легирования С—Si—Mn—Cr—V—Mo и С—Si—Mn—Cr—W—V, обеспечивающие повышение эксплуатационных характеристик наплавленного слоя.

В рамках развития указанного направления предложены новые сварочные флюсы, изготовленные с использованием шлака производства силикомарганца [12—15]. Химический состав шлака производства силикомарганца представлен в табл. 1.

Для обоснования оптимального компонентного и фракционного состава флюсов проведена серия экспериментальных исследований. Варианты составов флюсов приведены в табл. 2.

Наплавку под флюсами производили на образцах размером 500×75 мм толщиной 16 мм из стали марки 09Г2С. При этом использовали проволоку Св-08ГА, применяя сварочный трактор ASAW-1250 при следующих режимах: $I_{св} = 700$ А; $U_d = 30$ В; $V_{св} = 35$ м/ч.

Анализ результатов механических испытаний образцов позволил установить, что максимальная ударная вязкость при температуре испы-

2. Фракционный и компонентный составы исследуемых флюсов

Номер образца	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

таний 20 °С достигается, когда флюс содержит 15—30% фракции менее 0,45 мм (рис. 1).

Проведенный с использованием оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 металлографический анализ позволил установить, что в структуре металла всех проб феррит присутствует в виде

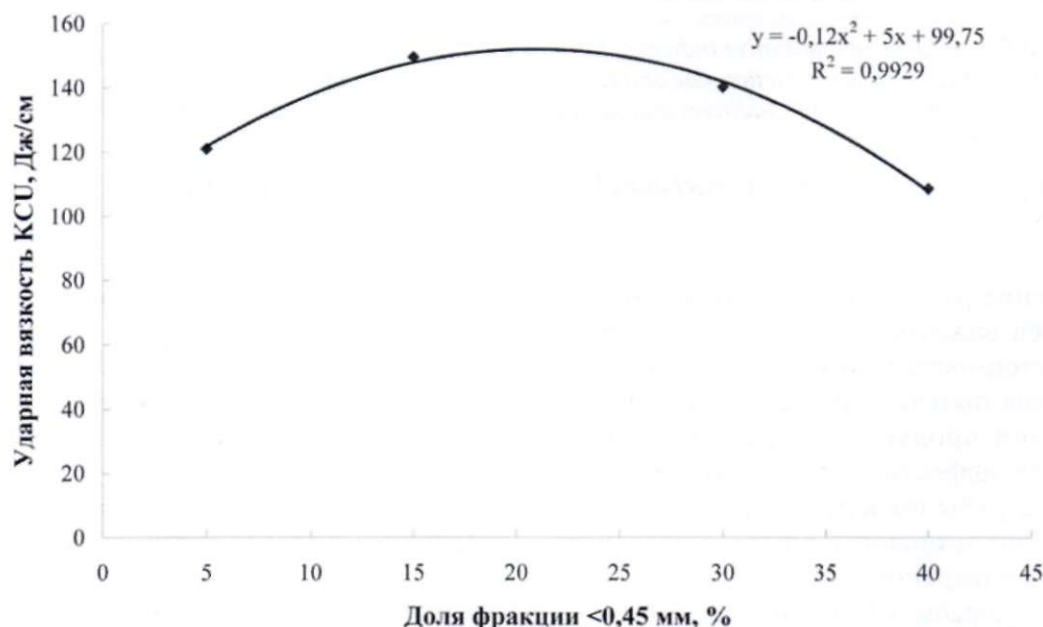


Рис. 1. Зависимость ударной вязкости наплавленного слоя металла от доли фракции <0,45 мм во флюсе

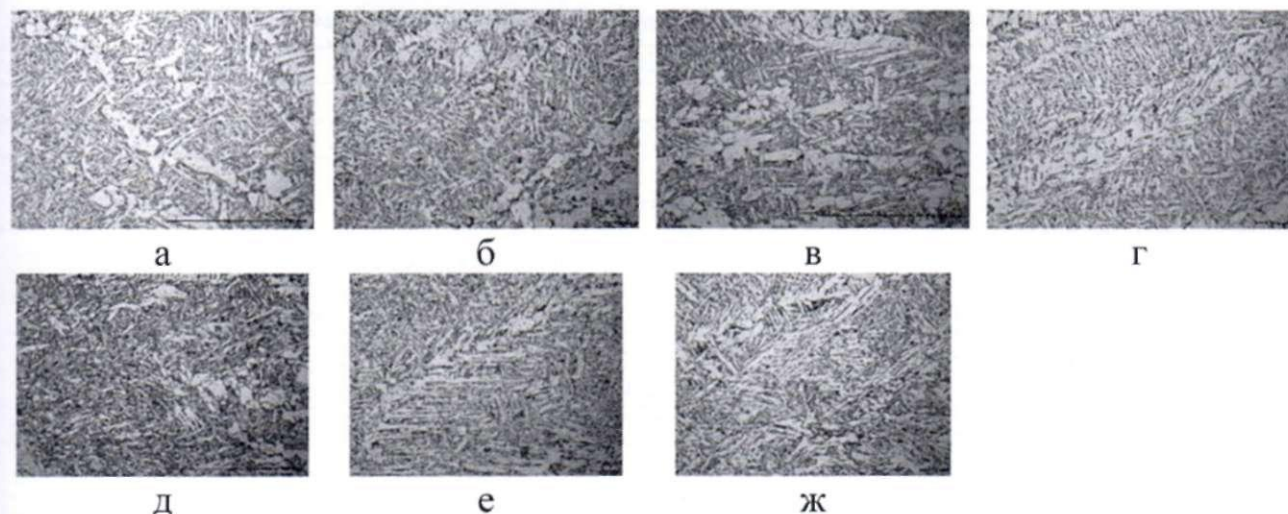


Рис. 2. Микроструктуры наплавленного слоя образцов: № 1 (а); № 2 (б); № 3 (в); № 4 (г); № 5 (д); № 6 (е); № 7 (ж)

неравноосных зерен, вытянутых в направлении отвода тепла (рис. 2).

При этом заметен переход от равномерной феррито-перлитной структуры к структуре перлита и феррита видманштеттовой направленности. Также следует отметить, что в образцах не наблюдалось значительного изменения величины зерна (табл. 3).

По полученным данным оптимальное содержание жидкого стекла во флюсе, с точки зрения обеспечения высоких механических свойств наплавленного слоя, составляет 20—30% (рис. 3—5).

Следует отметить, что значительным недостатком разработанных флюсов является повышение уровня загрязненности наплавлен-

ного слоя неметаллическими включениями, поскольку исследуемые флюсы являются окислительными и построены на принципах кремне-марганцево-окислительно-восстановительных процессов.

С целью устранения указанного недостатка проведены исследования эффективности введения добавки марки ФД-УФС, изготовленной на основе отходов газоочистки алюминиевого производства, в количестве 2, 4, 6 и 8% в новый флюс.

Химический состав добавки ФД-УФС представлен в табл. 4, химический состав флюсов с использованием указанной добавки приведен в табл. 5.

Результаты металлографических исследований наплавленного слоя образцов при использовании флюса с добавкой марки ФД-УФС (рис. 6, табл. 6) свидетельствуют о снижении загрязненности неметаллическими включениями при увеличении доли указанной флюс-добавки в количестве до 8%. При этом следует отметить отсутствие в структуре металла хрупких силикатов.

Анализ микроструктуры наплавленного слоя показал, что введение флюс-добавки марки ФД-УФС в количестве до 8% не оказывает влияния на размер и морфологию структурных составляющих (рис. 7).

Исследование механических свойств образцов показало, что при увеличении количества

3. Величина зерна металла наплавленного слоя по ГОСТ 5639—82

Номер образца	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

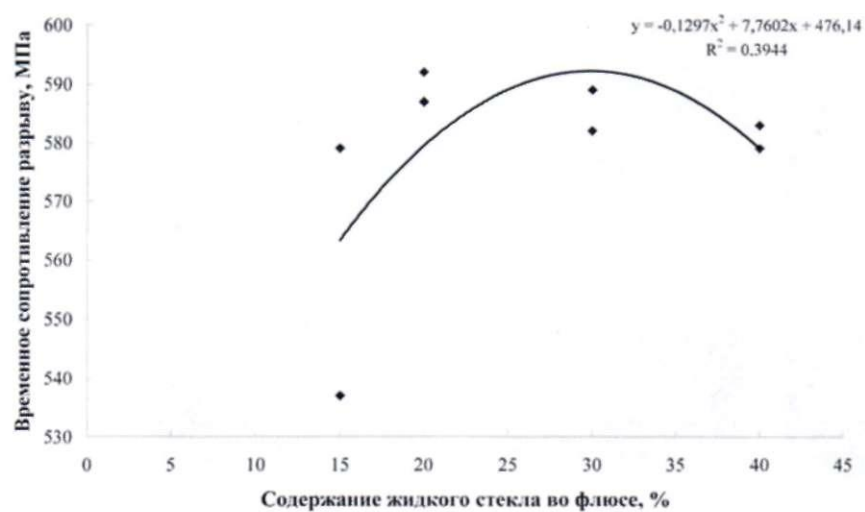


Рис. 3. Зависимость временного сопротивления разрыву наплавленного слоя металла от доли жидкого стекла во флюсе

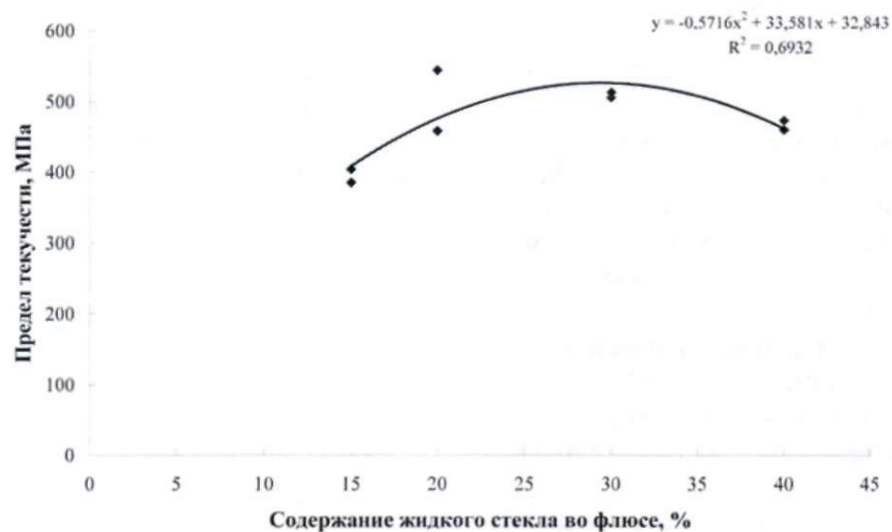


Рис. 4. Зависимость предела текучести наплавленного слоя металла от доли жидкого стекла во флюсе

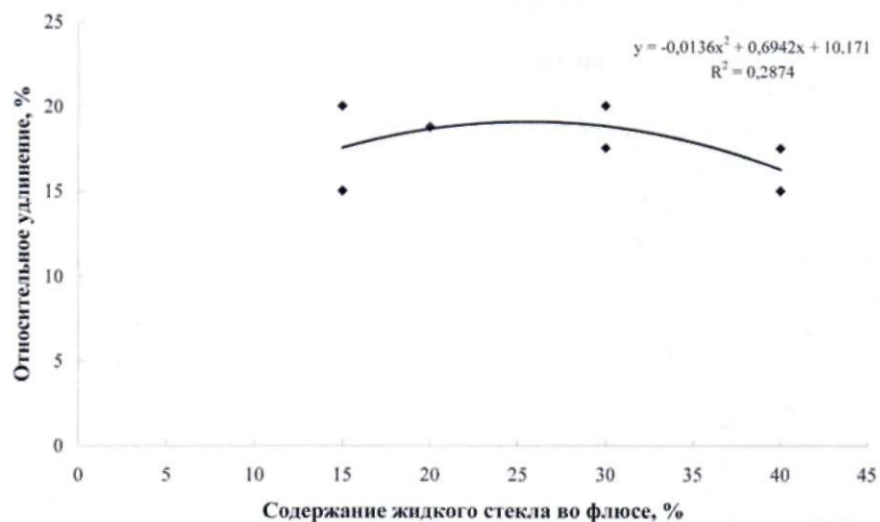


Рис. 5. Зависимость относительного удлинения наплавленного слоя металла от доли жидкого стекла во флюсе

4. Химический состав углеродфторсодержащей добавки

Содержание компонента, %											
Al ₂ O ₃	F	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	C _{общ}	MnO	MgO	S	P
21–46	18–27	8–15	0,4–6	0,7–2,3	0,5–2,5	2,1–3,3	12,5–30,2	0,07–0,9	0,06–0,9	0,09–0,19	0,10–0,18

5. Химический состав исследуемых смесей флюсов, %

Содержание добавки 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



а



б



в



г

Рис. 6. Неметаллические включения в зоне сварного шва образцов с флюс-добавкой в количестве, %:

2 (а); 4 (б); 6 (в); 8 (г)

6. Неметаллические включения в наплавленном слое

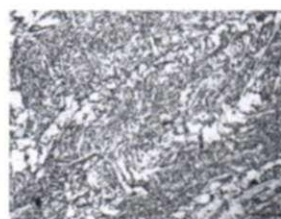
Содержание добавки ФД-УФС во флюсе, %	Содержание неметаллических включений, балл	
	силикаты недеформирующиеся	оксиды точечные
2	26, 46, 5а	1а, 2а
4	26, 46	1а, 2а
6	26, 46, 16	1а, 2а
8	26	1а, 2а



а



б



в



г

Рис. 7. Микроструктура сварных швов образцов с флюс-добавкой в количестве, %:

2 (а); 4 (б); 6 (в); 8 (г)

добавки ФД-УФС с 2% до 8% ударная вязкость возрастала более чем в 2 раза.

Проведенный комплекс исследований явился основой для разработки патентов РФ [16, 17]. Технология наплавки валков с использованием разработанных новых флюсов прошла опыт-

но-промышленное опробирование и внедрена в производство в условиях ООО «ЭлСиб».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трайно А.И. Рациональные режимы эксплуатации и восстановления прокатных валков // Сталь. 2008. № 10. С. 86–91.

2. Шебанин Э.Н., Омеляненко Н.И., Куракин Ю.Н., Матвиенко В.Н. Повышение трещиностойкости и сопротивления износу наплавленных рабочих валков горячей прокатки // *Металлург*. 2012. № 8. С. 72–75.
3. Данилов Л.И., Скорохватов Н.Б., Соболев В.Ф. Увеличение срока службы опорных валков стана 2000 горячей прокатки полос в ОАО «Северсталь» // *Черная металлургия*. Бюл. НТИЭИ. 2004. № 8. С. 68–69.
4. Огарков Н.Н., Беляев А.И. Стойкость и качество прокатных валков. Магнитогорск: изд. МГТУ, 2008. 131 с.
5. Титаренко В.И., Голякевич А.А., Орлов Л.Н., Мосыпан В.В., Бабенко М.А., Телюк Д.В., Тарасенко В.В. Восстановительная наплавка валков прокатных станов порошковой проволокой // *Сварочное производство*. 2013. № 7. С. 29–32.
6. Уманский А.А., Козырев Н.А., Титов Д.А. Экспериментальное исследование влияния состава порошковых проволок систем легирования C—Si—Mn—Cr—V—Mo и C—Si—Mn—Cr—W—V на структуру наплавленного слоя прокатных валков // *Черная металлургия*. Бюл. ин-та «Черметинформация». 2016. № 4. С. 74–78.
7. Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А., Башенко Л.П. Совершенствование состава порошковых проволок системы C—Si—Mn—Cr—W—V с целью повышения качества и эксплуатационных характеристик наплавленного слоя // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2016. Т. 59. № 11. С. 806–813.
8. Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А., Никитин А.Г. Исследование и разработка новых составов порошковой проволоки системы C—Si—Mn—Cr—V—Mo для наплавки прокатных валков // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2016. Т. 59. № 10. С. 727–734.
9. 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.
10. Пат. 2518035 РФ. МПК В 23 К 35 / 368. Порошковая проволока / Н.А. Козырев, И.Ф. Игушев, Д.А. Титов и др. // БИ. 2014. № 16.
11. Пат. 2518211 РФ. МПК В 23 К 35 / 368. Порошковая проволока / Н.А. Козырев, И.Ф. Игушев, Д.А. Титов и др. // БИ. 2014. № 16.
12. 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. V. 125. P. 1–6.
13. 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. V. 150. P. 65–73.
14. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Кибко Н.В., Липатова У.И., Козырева О.Е. Разработка сварочных флюсов на основе шлака производства силикомарганца // *Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сб. научн. тр.* Вып. 36. Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2016. С. 94–100.
15. Kozyrev N.A., Kryukov R.E., Kozyreva O.E., Zernin E.A., Kartsev D.S. Influence of the Introduction of Carbon-Fluorine Additive to the Slag of the Production of Silicomanganese on the Weld Joint Quality // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. V. 142.
16. Пат. 2576717 РФ. МПК В 23 К 35/362. Флюс для сварки / Н.Е. Крюков, Е.Н. Крюков, Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, О.А. Козырева // БИ. 2016. № 7.
17. Пат. 2579412 РФ. МПК В 23 К 35/362. Флюс для сварки / Н.Е. Крюков, Е.Н. Крюков, Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, О.А., Козырева О.А. // БИ. 2016. № 10.