

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский государственный индустриальный университет

Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

15 – 16 ноября 2017 г.

Труды
XX Международной научно-практической конференции
Часть 1

Новокузнецк
2017

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянец, д.т.н., профессор А.В. Феоктистов,
д.т.н., профессор Г.В. Галевский, д.ф.-м.н., профессор В.Е. Громов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., профессор Н.А. Козырев,
к.т.н., профессор С.Г. Коротков, к.т.н., доцент С.В. Фейлер

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XX Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 1 / под ред. Е.В. Протопопова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 460 с., ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения, рециклинга и экологии в металлургии.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-20433.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
ОАО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

1. Козырев Н.А. Современные методы получения бесстыковых рельсов / Н.А. Козырев, А.А. Усольцев, Р.Е. Крюков, Р.А. Шевченко, П.Е. Шишкин // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении: сборник трудов Международной научно-практической конференции 18-21 апреля 2017 года / под ред. А. Н. Смирнова. – Кемерово: КузГТУ, 2017. с 123 - 127.
2. Шевченко Р.А. Статистическая модель управления процессами контактной сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А. Усольцев, А.О. Патрушев, П.Е. Шишкин // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 4 – 8.
3. Шевченко Р.А. Оптимизация технологических параметров процесса контактной стыковой сварки рельсов / Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.А. Усольцев, Л.П. Бащенко, С.В. Князев // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). – с. 12 – 15.
4. Шевченко Р.А. Применение методов математического моделирования для оптимизации технологических параметров процесса контактной сварки рельсов / Р.А. Шевченко, П. Е. Шишкин, А. О. Патрушев // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: сборник трудов Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып.21– ч.II – Новокузнецк: СибГИУ, 2017. – С. 229-232.

УДК 621.791:624

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ

Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Князев С.В., Чинин Н.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Аннотация: Разработаны технологии эффективного использования отходов металлургических производств для получения сварочных флюсов. 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.

Ключевые слова: Сварка, флюсы, технология, сварной шов, микроструктура, механические свойства.

USE OF TECHNOGENIC WASTE OF METALLURGICAL PRODUCTION FOR RECEIVING WELDING GUMBOILS

Kozyrev N.A., Krykov R.E., Usoltsev A.A., Knyazev S.V., Chinin N.A.

*Siberian state industrial university,
Novokuznetsk, Russia*

Abstract: Technologies of effective use of waste of metallurgical productions are developed for receiving welding gumboils. It is offered for decrease in level of impurity of metal of a welded seam oxidic nonmetallic inclusions and increases in mechanical properties of a welded seam, to enter into gumboils on the basis of production slag the FD-UFS uglerodftorsoderzhashchy additive.

Key words: Welding, gumboils, technology, welded seam, microstructure, mechanical properties.

Созданию, исследованию и разработке новых сварочных флюсов уделяется большое внимание как в РФ, так и за рубежом [1 –3]. Предложено использование шлака производства силикомарганца для изготовления сварочных флюсов [4-8], технология защищена патентами [9, 10]. В настоящей работе рассмотрена 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 возможность использования различного соотношения шлаковых фракций (таблица 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: $I_{св} = 700$ А; $U_d = 30$ В; $V_{св} = 35$ 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 таблице 3. Химический состав шлаковой корки приведен в таблице 4, химический состав металла сварных швов приведен в таблице 5.

Таблица 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

Таблица 2- Фракционный и компонентный составы исследуемых флюсов

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

Таблица 3 - Химический состав сварочных флюсов

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 - Химический состав шлаковых корок

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

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

рисунке 1 и в таблице 5.

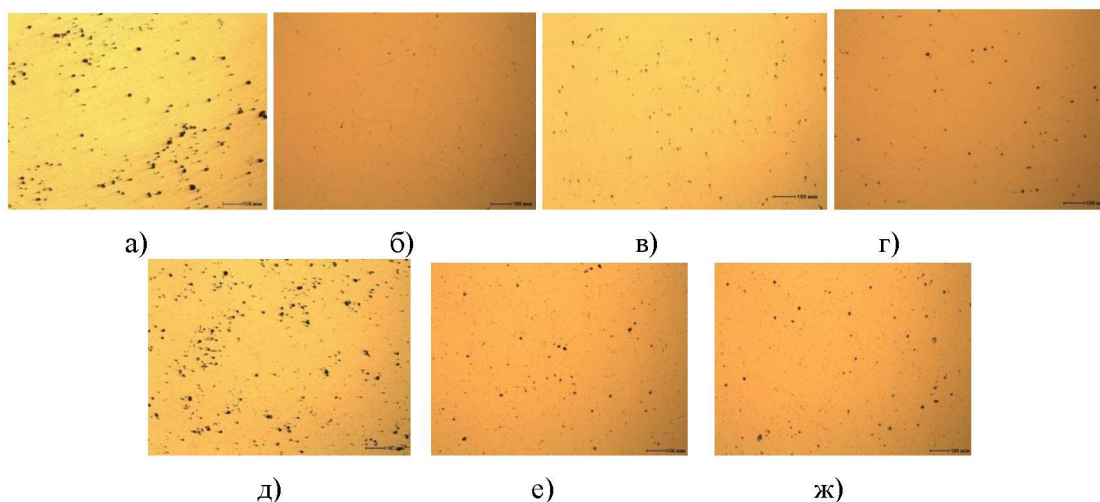


Рисунок 1 - Неметаллические включения в зоне сварных швов образцов:
а – 1; б – 2; в – 3; г – 4; д – 5; е – 6; ж – 7

Таблица 5 - Химический состав металла сварных швов

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

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 рисунке 2.

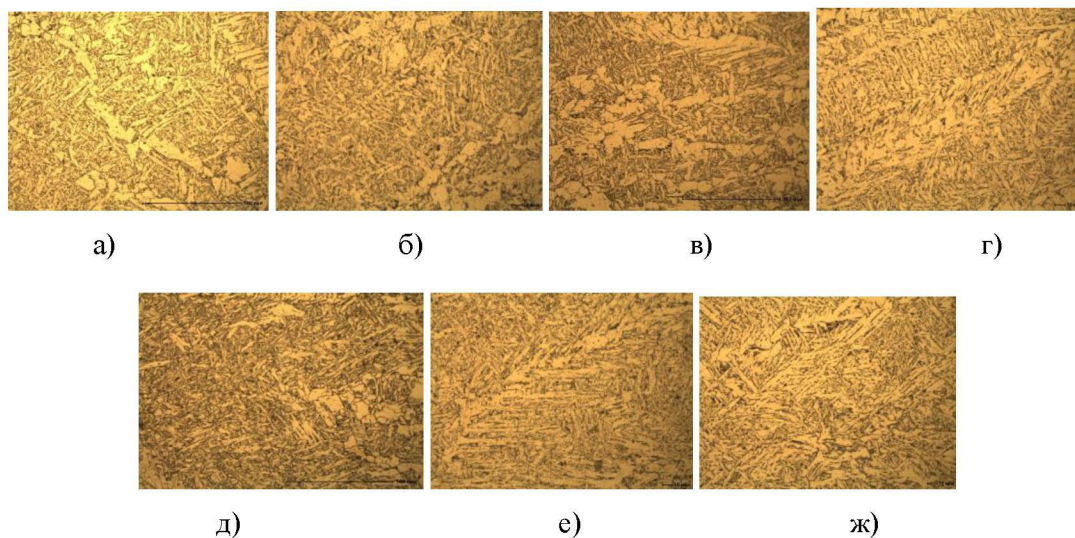


Рисунок 2 - Микроструктуры сварных швов образцов:
а – образец 1; б – образец 2; в – образец 3; г – 4; д – 5; е – 6; ж – 7

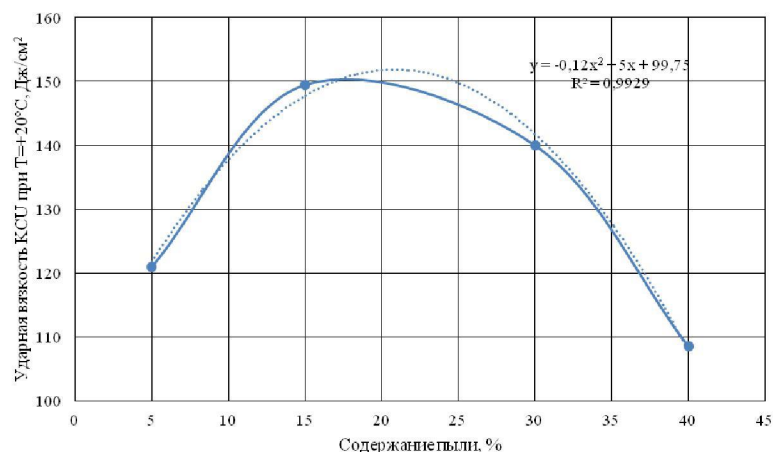


Рисунок 3 –Влияние содержания пылевидной фракции (менее 0,45мм) во флюсе на ударную вязкость

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, 7).

Установлено, что введение добавки ФД-УФС снижает уровень загрязненности неметаллическими включениями, уменьшая их размер и количество. Разработаны технологии эффективного использования отходов металлургических производств пыли газоочистки алюминиевого производства и ковшевого шлака силикомарганца ферросплавного производства.

Таблица 6 - Неметаллические включения в зоне сварных швов

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 - Величина зерна сварных швов по ГОСТ 5639-82

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

На основе пыли газоочистки алюминиевого производства разработана и внедрена в производство углеродфторсодержащая добавка ФД-УФС. Показана принципиальная возможность использования шлака производства силикомарганца для изготовления сварочных флюсов. 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%.

Библиографический список

1. Rafael Quintana Puchol, Jeily Rodríguez Blanco, Lorenzo Perdomo Gonzalez, Gilma Castellanos Hernández & Carlos Rene Gómez Pérez. 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. Vol. 23. № 2. P. 132 – 140.
2. Crespo A.C., Puchol R.Q., Gonzalez 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. Vol. 21. № 7. P. 502 – 511.
3. 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. Vol. 23. № 10. P. 800 – 803.
4. 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: All-Russia Scientific and Practical Conference on Materials Treatment: Current Problems and Solutions 26 – 28 November 2015, Yurga, Russia.
5. 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.
6. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Крюков Н.Е., Ковальский И.Н., Усольцев А.А. Разработка новых сварочных флюсов и флюс-добавок для сварки и наплавки стали на основе техногенных отходов металлургического производства.//Заготовительное производство в машиностроении. 2017. Т15.№ 6, с.249-254.
7. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Липатова У.И. Использование барий-стронциевого карбоната при сварке под флюсом.// Сварочное производство. 2017, №6, с.11-16.
8. Крюков Р.Е., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Козырева О.Е., Липатова У.И. Новые сварочные флюсы на основе шлака силикомарганца для наплавки и сварки перекрытий и оснований шахтной клетки.// Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2017, №3, с.140-147.
9. Пат. 2576717 РФ, МПК8 В23 К35/362 Флюс для сварки / Крюков Н.Е., Крюков Е.Н., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Козырева О.А.; ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций» им. Н.Е. Крюкова. № 2014122996/02(037469). Заявл. 05.06.2014, опубл. 10.03.2016. Бюл. № 7.
7. Пат. 2579412 РФ, МПК8 В23 К35/362 Флюс для сварки / Крюков Н.Е., Крюков Е.Н., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Козырева О.А.; ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций» им. Н.Е. Крюкова. № 2014123002/02(037475). Заявл. 05.06.2014, опубл. 10.04.2016. Бюл. № 10.

УДК 543.4.001:621.791.052.08:620.179.16

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА ШВА ПРИ СВАРКЕ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ФИЗИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ. Ч.1. ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Апасов А.М.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
г. Юрга, Кемеровская область, Россия, :mchmyti@rambler.ru*

Аннотация: Установлено, что воздействие концентрированных потоков строго лимитированной энергии когерентного излучения оптического квантового генератора, жестко коллимированного в направлении ориентации свободных поверхностей, позволяет осуществлять формирование бездефектной кристаллической структуры с очень высокой степенью физической однородности на основе регулируемой самосборки моноатомных слоев в пространстве между свободными поверхно-

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС И АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДЕФЕКТНОСТИ ОТЛИВОК.....	184
Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Чепрасов А.И. ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В РАБОТЕ ПРОКАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	190
Фастыковский А.Р. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ МАРКИ 30ХГСА НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ОБОРУДОВАНИИ	194
Иванов А.А., Осколкова Т.Н. ПЛАЗМЕННАЯ ЗАКАЛКА ЗАЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ.....	199
Сафонов Е.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ.....	205
Князев С.В., Усольцев А.А., Купенко А.И., Купенко А.А., Пономарева К.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ВОЛОЧЕНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКИ	208
Полякова М.А., Гулин А.Е. ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕЛЬСОВОЙ ПРОДУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО СТАНА	213
Уманский А.А., Головатенко А.В., Дорофеев В.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ МЕЖКЛЕТЬЕВОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА В ЛПЦ-1 АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ».....	219
Ковальчук Т.В., Макаров Я.В., Лицин К.В. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАЛИВКИ НА СТРУКТУРУ ОТЛИВОК ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ.....	222
Аринова С.К., Исагулов А.З., Квон Св.С., Куликов В.Ю., Щербакова Е.П., Достаева А.М.	
СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ.....	228
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ ТАНТАЛА (АГП) С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.....	228
Кайназарова А.Э., Кокаева Г.А., Ревуцкий А.В. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРБИДА ЦИРКОНИЯ	232
Алексеева Т.И., Галевский Г.В., Руднева В.В., Черепанов А.Н., Стафещкий Л., Галевский С.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СПЛАВА БАББИТА Б83, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРУТКОВ.....	235
Калашников И.Е., Болотова Л.К., Кобелева Л.И., Быков П.А., Колмаков А.Г., Михеев Р.С. СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ, СФОРМИРОВАННЫХ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ГЕТЕРОФАЗНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	239
Рашковец М.В., Никулина А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ШИХТЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКОВ КАРБИДА ТИТАНА	245
Крутский Ю.Л., Ложкина Е.А. О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДИБОРИДА ТИТАНА В УСЛОВИЯХ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА.....	248
Галевский Г.В., Руднева В.В., Ефимова К.А. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	254
Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Патрушев А.О. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ В ГАЛЬВАНИКЕ, КЕРАМИКЕ, МОДИФИЦИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ.....	257
Руднева В.В., Галевский Г.В., Галевский С.Г., Черновский Г.Н. МНОГОФАКТОРНЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВ НА МАШИНЕ К1000	264
Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Патрушев А.О., Усольцев А.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ.....	267
Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Князев С.В., Чинин Н.А.	

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

Труды XX Международной научно-практической конференции

Часть 1

Под общей редакцией профессора Е.В. Протопопова

Технический редактор	В.Е. Хомичева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 23.10.2017 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 27,0 Уч.-изд. л. 29,4 Тираж 300 экз. Заказ № 521

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр СибГИУ