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 2

Новокузнецк 2017 Редакционная коллегия

академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов, д.т.н., профессор М.В. Темлянцев, 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. 2 / под ред. Е.В. Протопопова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2017. – 474 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»

AO «EBPA3 3CMK»

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

рассчитали усредненные коэффициенты перехода отдельных элементов в сварной шов:

$$\eta_{\rm C} = 0.938 - 6.35 \cdot 10^{-4} \cdot V_{\rm nog.} + 3.78 \cdot 10^{-4} \cdot P_{\rm A}; \tag{6}$$

$$\eta_{\rm Si} = 0,284 + 0,0108 \cdot V_{\rm nog.} + 0,0026 \cdot P_{\rm g}; \tag{7}$$

$$\eta_{\rm Mn} = 0.645 + 0.031 \cdot V_{\rm mon} - 1.85 \cdot 10^{-4} \cdot P_{\rm m}; \tag{8}$$

$$\eta_{\rm Ni} = -0.322 - 0.099 \cdot V_{\rm nog.} + 0.013 \cdot P_{\rm g.}$$
⁽⁹⁾

Данные, приведенные в таблице 1, показывают хорошую сходимость опытных и расчетных значений.

Выводы. С использованием разработанных методик получены регрессионные уравнения для расчета параметров процесса и коэффициентов перехода элементов в металл шва. Показано, что разработанная методика позволяет исследовать быстропротекающие процессы при сварке порошковой проволокой.

^{*}Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, контракт № Н979.42Б.002/14 «Исследование физических и химических процессов в зоне сварки для создания научных основ оптимизации технологий и разработки материалов»

Библиографический список

1. Металлургия дуговой сварки. Процессы в дуге и плавление электродов./под ред. И.К. Походни. Киев: Наукова думка, 1990. 223 с.

2. Ерохин, А.А. Кинетика металлургических процессов дуговой сварки. М.: Машиностроение, 1964. 256 с.

3. Вотинова Е.Б., Шалимов М.П. Разработка методики расчета состава металла шва при сварке покрытыми электродами или порошковой проволокой.//Сварка и диагностика, № 5, 2011. С. 31-35.

4. Вотинова Е.Б., Шалимов М.П., Разиков Н.М. Методика определения парциальных коэффициентов перехода элементов при ручной дуговой сварке.//Сварка и диагностика. № 1. 2012. С. 28–31.

5. Бороненков В.Н., Зиниград М.И., Леонтьев Л.И., Пастухов Э.А., Шалимов М.П., Шанчуров С.М./Под ред. академика Л.И.Леонтьева. Моделирование структуры, свойств и процессов межфазного взаимодействия в системе металл – оксидный расплав – газ. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 452 с.

6. Шлепаков В.Н., Супрун С.А., Котельчук А.С. Кинетика газообразования при сварке порошковой проволокой//Информ. материалы СЭВ. – Киев: 1986.–№ 1.–С. 19–28.

УДК 669.71.017: 621.785.45

ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ СТРУКТУРЫ СИЛУМИНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНЕСЕНИЕМ НА ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ AL-Y₂O₃ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Осинцев К.А.¹, Бахриева Л.Р.¹, Бутакова К.А.¹, Мусорина Е.В.¹, Коновалов С.В.², Загуляев Д.В.¹, Громов В.Е.¹

¹Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия, kirilloss@yandex.ru ²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара, Россия, ksv@ssau.ru

Аннотация. В данной работе было нанесено покрытие системы AL-Y₂O₃ на поверхность образцов силумина методом электровзрывного легирования. По результатам испытаний на микротвердость были выявлены два оптимальных режима обработки образцов, для которых с помощью атомно-силовой микроскопии проведены исследования пористости профиля поверхности. Методом металлографической микроскопии выявлена многослойная структура, определена толщина каждого слоя покрытия. Сформулировано предположение о механизме образования полученной структуры.

Ключевые слова: электровзрывное напыление, атомно-силовая микроскопия, силумин, оксид иттрия, неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.

ATOMIC-FORCE STUDY ON THE STRUCTURE OF SILUMIN MODIFIED BY COATING OF ITS SURFACE WITH AL-Y₂O₃ IN ELECTROEXPLOSIVE DOPING

Osintsev K.A.¹, Bakhrieva L.R.¹, Butakova K.A.¹, Musorina E.V.¹, Konovalov S.V.², Zagulyaev D.V.¹, Gromov V.E.¹

¹Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia, kirilloss@yandex.ru ²Samara National Research University, Samara, Russia, ksv@ssau.ru

Abstract. The paper reports on coating of silumin samples with AL-Y2O3 by electroexplosive doping. When testing the micro-hardness experimentally, two appropriate processing conditions of samples have been revealed; the porosity of their surface profile has been examined using atomic-force microscopy. A multi-layer structure has been disclosed by metallographic microscopy, the thickness of each layer in the coating has been determined as well. The mechanism of this structure formation has been suggested.

Key words: electroexplosive doping, atomice-force microscopy, silumin, yttrium oxide, Kelvin– Helmholtz instability.

Силумины находят широкое применение в авиации, судостроении, космической промышленности, машиностроении, но из-за своих низких прочностных свойств и малой трещиностойкости уступают более прочным материалам [1, 2].

Нанесение покрытий электровзрывным легированием позволяет, как это было отмечено в работах [3, 4], повысить в модифицированном материале прочностные, дюрометрические и трибологические свойства. Упрочнение достигается за счет формирования покрытий с образованием мелкодисперсных фаз в вязкой металлической матрице [3].

Цель настоящей работы – исследование влияния электровзрывного легирования порошковой навеской системы AL-Y₂O₃ на прочностные свойства силумина марки AK10M2H, а также на структуру его приповерхностных слоев.

В данном исследовании были использованы образцы силумина марки AK10M2H, вырезанные из цельного слитка и имеющие форму параллелепипеда, размеры которого 20×20×10 мм³. На подложку из силумина были нанесены композиционные покрытия системы Al-Y₂O₃ методом электровзрывного напыления на электровзрывной установке ЭВУ 60/10 (Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк). Электровзрывная установка имеет следующие параметры легирования плазмой, формирующейся при электрическом взрыве фольги алюминия с навеской порошка оксида иттрия: время воздействия плазмы ~ 100 мкс, поглощаемая плотность мощности на оси струи ~ 8,2 ГВт/м², давление в ударно-сжатом слое вблизи поверхности ~18,8 МПа.

Была применена торцевая схема взрыва [3,5], для того чтобы повысить интенсивность теплового воздействия на поверхность материала до ее оплавления и обеспечить этим условия для легирования. Алюминиевая фольга массой 0,0589 г зажималась между коаксиальными электродами, на которые через вакуумный разрядник подавалось регулируемое напряжение. Покрытия нанесены при тепловом воздействии, вызывающем нагрев поверхности подложки до температуры плавления при двух различных напряжениях: U₁ = 2,6 кВ (образцы 1, 3, 5) и U₂ = 2,8 кВ (образцы 2, 4, 6). На каждый режим напряжения приходилось по три образца с различной массой навески порошка Y₂O₃. Образцы 1, 2 имели массу навески порошка, равную 0,0589 г, образцы 3, 4 – 0,02945 г, образцы 5, 6 – 0,0883 г.

При разряде емкостного накопителя периферийная область фольги, прилегающая к внешнему электроду-соплу, становится источником конденсированной фазы продуктов взрыва, а участок фольги над центральным электродом, куда засыпается порошок оксида иттрия, работает как источник ионизированного пара [4].

После проведенного электровзрывного легирования образцы были исследованы на микротвердость по методу Виккерса (микротвердомер HVS-1000A). Нагрузка была постоянной для всех шести образцов и составляла 0,05 HV. Измерения микротвердости проводили в зерне и в эвтектике.

Исследование пористости покрытия и зоны термического влияния образцов производили на атомно-силовом микроскопе NT-MDT Solver «NEXT», так как такой метод является одним из мощных современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением [5]. Были сделаны снимки топографии профиля поверхности.

Исследование структуры материала проводили на металлографическом микроскопе Olympus GX-51. Были сделаны изображения, по которым измерялась ширина поверхностных слоев, а также

изучена форма и размер зерен и сделан вывод о равномерности нанесенного покрытия.

По экспериментальным данным микротвердости (таблица 1) были построены графики зависимости распределения значений микротвердости от расстояния до напыляемого слоя, включая сам напыляемый слой (рисунок 1). Из статистических данных эксперимента видно, что наибольшие значения микротвердости проявляются у образцов 2 и 5. У них выявлено существенное возрастание микротвердости по мере приближения к покрытию, как внутри зерна, так и на эвтектике. Микротвердость поверхности образцов 2 и 5 выше микротвердости общего объема образцов на 50 % и 65 % соответственно.

№ об-	Фаза	520 мкм до	90 мкм до	70 мкм до	50 мкм до	Слой
разца		края	края	края	края	напыления
1	Зерно	54	56,03	51,16	78 48	78,55
	Эвтектика	67,04	66,15	72,73	94,17	
2	Зерно	63	59,36	63,92	87	130,51
	Эвтектика	73,99	89,5	89,22	87,92	
3	Зерно	58,67	58,55	57,53	61,64	57,12
	Эвтектика	79,96	76,18	74,78	84,15	
4	Зерно	59,53	58	67,88	73,34	77,34
	Эвтектика	80,37	72,76	80,62	85,65	
5	Зерно	63,09	65,61	67,58	66,58	161,2
	Эвтектика	108,7	105,17	122,34	111,57	
6	Зерно	86,56	66,84	77	81,31	101,56
	Эвтектика	88,31	94,56	86,49	103,51	

Таблица 1 – Результаты испытаний на микротвердость образцов силумина.



Рисунок 1 – Графики зависимости распределения значений микротвердости в зернах и эвтектике образцов силумина с различными режимами обработки от расстояния до края образца

Анализ графиков (рисунок 1) показал, что значения микротвердости, как в зернах, так и в эвтектике модифицированных образцов, увеличиваются по мере приближения к напыленному слою.

При анализе структуры на металлографическом микроскопе поперечного сечения образцов с наибольшими значениями микротвердости (образцы 2 и 5) выявлено формирование многослойной структуры, которая состоит из высокопористого покрытия, неоднородного по толщине, слоя жидкофазного легирования и слоя термического влияния (рисунок 2 а, б). Толщина модифицированного слоя изменяется в пределах 17–117 мкм для образца 2 и 33-60 мкм для образца 5, что обусловлено подбором массы напыляемого порошка, где для образца 2 масса Y_2O_3 меньше, чем для образца 5. Таким образом, покрытие в образце 5 получилось более однородное по ширине, чем в образце 2. Толщина слоя термического влияния значительно шире, чем в образца 2 и 53-80 мкм для образца 5. В образце 2 слой термического влияния значительно шире, чем в образце 5, что обусловлено подбором более высокого энергетического режима напыления для образца 2.



1 – модифицированный слой, 2 – эвтектика, 3 – зерна Рисунок 2 – Оптическая микроскопия профиля поверхности образцов силумина с режимами обработки 2 (а) и 5 (б)

Топография профиля поверхности образцов, полученная при помощи атомно-силовой микроскопии, представлена на Рисунках 3-6. Показаны 3D и 2D изображения, а также срезы распределения неровности вдоль базовой линии в основном объеме образцов и на покрытии.



а – распределение неровностей рельефа по высоте в 3D формате, б – 2D изображение топографии профиля поверхности, с нанесенной секущей, в – распределение неровности вдоль базовой длины

Рисунок 3 – Атомно-силовая микроскопия профиля поверхности основного объема 2-го образца

Структура образца модифицированного силумина в основном объеме представляет собой зерна, достигающие высоты 350 нм и, относительно, гладкую эвтектику.



 а – распределение неровностей рельефа по высоте в 3D формате, б – 2D изображение топографии профиля поверхности, с нанесенной секущей, в – распределение неровности вдоль базовой длины

Рисунок 4 – Атомно-силовая микроскопия профиля поверхности напыленного слоя 2-ого образца

Из Рисунка 4 можно сделать вывод, что покрытие в образце 2 является высокопористым. При статистической обработке изображения выявлен максимум глубины пор, который имеет значение порядка 1500 нм. Размер пор достигает до 10 мкм в диаметре.



а – распределение неровностей рельефа по высоте в 3D формате, б – 2D изображение топографии профиля поверхности, с нанесенной секущей, в – распределение неровности вдоль базовой длины

Рисунок 5 – Атомно-силовая микроскопия профиля поверхности основного объема 5-ого образца

Основной объем образца 5, как и основной объем образца 2, имеет структуру, состоящую из эвтектики и зерен.





а – распределение неровностей рельефа по высоте в 3D формате, б – 2D изображение топографии профиля поверхности, с нанесенной секущей, в – распределение неровности вдоль базовой длины

Рисунок 6 – Атомно-силовая микроскопия профиля поверхности напыленного слоя 5-ого образца

Из рисунка 6 видно, что покрытие в образце 5 является пористым. Количество и глубина пор значительно меньше, чем в напыленном слое образца 2. Максимальная глубина пор достигает 500 нм. Это можно объяснить тем, что из-за большей по массе навески напыляемого порошка и меньшего энергетического воздействия частицы плазменной струи, имея меньшую энергию распределились более равномерно. Возможен факт протекания неустойчивости Кельвина-Гельмгольца [7], то есть перемешивания напыляемого и оплавленного слоев, вследствие чего количество пор оказалось меньше, чем для образца 2.

В ходе выполнения работы было установлено, что ЭВЛ приводит к увеличению микротвердости в поверхностном слое силумина и определены оптимальные режимы обработки, при которых значение микротвердости увеличилось на 50-65%.

Исследования структуры профиля поверхности силумина методами металлографической и атомно-силовой микроскопии показали, что ЭВЛ приводит к формированию многослойной структуры, которая состоит из высокопористого покрытия, неоднородного по толщине, слоя жидкофазного легирования и слоя термического влияния.

Высказано предположение, что механизмом образования полученной структуры является протекания неустойчивость Кельвина-Гельмгольца, то есть перемешивания напыляемого и оплавленного слоев, вследствие чего количество пор сокращается.

Работа была проведена при поддержке государственного задания 3.1283.2017/4.6

Библиографический список

1. Martyushev N.V., Bashev V.S., Zykova A.P. Influence of soaking time of modifier in melt on microstructure of Al-12%Si alloys / IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2017. – V. 177. – № 012118.

2. Konovalov S.V., Alsaraeva K.V., Gromov V.E., Ivanov Yu.F. Fatigue life of silumin irradiated by high intensity pulsed electron beam / IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2015. – V. 91. – № 012029.

3. Vashchuk E.S., Romanov D.A., Budovskikh E.A., Ivanov Yu.F. Electroexplosive boron-copper plating and subsequent electron-beam treatment of steel 45 / Steel in Transl. – 2011. – V. 41(6). – P. 469–474.

4. Romanov D.A., Budovskikh E.A., Gromov V.E. Surface relief and structure of electroexplosive composite surface layers of the molybdenum-copper system / J. Of Surf. Invest.: X-Ray, Synch. And Neutr. Tech. -2011. - V.5(6). - P.1112-17.

5. Ivanov Y.F., Budovskikh E.A., Gromov V.E., Bashchenko L.P., Soskova N.A., Raikov S.V.

Formation of nanocomposite layers at the surface of VT1-0 titanium in electroexplosive carburization and electron-beam treatment / Steel in Transl. – 2012. – V. 42(6). – P. 499–501.

6. Haviland D.B. Quantitative force microscopy from a dynamic point of view / Current Op. in Coll. & Int. Sci. – 2017. – V. 27. – P. 74–81.

7. Granovskii A.Y., Sarychev V.D., Gromov V.E. Model of formation of inner nanolayers in shear flows of material / Tech. Phys. 2013. – V. 58(10). – P. 1544-47.

УДК 621.791.01:539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ СТРУКТУРЫ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0, СФОРМИРОВАННЫХ ПОСЛОЙНЫМ СПЕКАНИЕМ ПОРОШКОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ НАПЛАВЛЕНИЕМ

Батранин А.В.¹, Федоров В.В.¹, КлименовВ.А.^{1,2}, Клопотов А.А.^{2,3}, Абзаев Ю.А.², ВолокитинГ.Г.², КурганК.А.^{2,4}

¹Научный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия ²Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия ³Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия ⁴ООО "Газпром трансгаз Сургут" Инженерно-технический центр, г. Сургут, Россия, batranin@gmail.com

Аннотация: Проведено исследование структурно-фазового состояния исходного порошкового материала BT1-0. Методом электронно-лучевого наплавления слоев при послойном наращивании слоев материала в вакууме друг на друга был изготовлен образец. Методами компьютерной томографии с разрешающей способностью до 15 мкм выявлен характер распределения слоев в образце.

Ключевые слова: электронно-лучевая наплавка, компьютерная томография, титановый сплав *BT1-0*.

STUDY OF TITANIUM PARTS FORMED BY LAYER-TO-LAYER SINTERING OF POWDER BY ELECTRON-BEAM VACUUM SURFACING BY MEANS OF COMPUTED TOMOGRAPHY

BatnraninA.V.¹, FedorovV.V.¹, KlimenovV.A.^{1,2}, KlopotovA.A.^{2,3}, Abzaev Yu.A.², Volokitin G.G.², KurganK.A.^{2,4}

 ¹National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
 ²Tomsk state University of Architecture and Building, Tomsk, Russia
 ³National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.
 ⁴OOO ''Gazprom transgaz Surgut '' Engineering-technical center, Surgut, Russia, batranin@gmail.com

Abstract: The structural-phase state of the initial powdered titanium is investigated. The sample is form by electron-beam vacuum surfacing by layer-by-layer sintering of powder. Competed tomography helps to reveal the internal structure of the sample with 15 um spatial resolution.

Key words: electron beam vacuum surfacing, computed tomography, titanium.

1. Введение

В настоящее время большие усилия ученых и технологов направлены на совершенствование технологических методик послойного синтеза объемных изделий при помощи электронно-лучевой наплавки (ЭЛН) [1-3]. Одним из важных этапов технологического процесса быстрого прототипирования состоит в формировании поперечных сечений изготавливаемого объекта и послойным наложе-

КЛАСТЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАРТЕНСИТНОГО	
ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА	
Джес А.Б., Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Казначеева А.М. Оценка параметров процесса луговой сварки	
ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ	273
Вотинова Е.Б., Шалимов М.П., Табатчиков А.С.	
ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ	
СТРУКТУРЫ СИЛУМИНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНЕСЕНИЕМ НА ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ	
ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ AL-Y ₂ O ₃ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ	277
Осинцев К.А., Бахриева Л.Р., Бутакова К.А., Мусорина Е.В.,	
КОНОВАЛОВ С.Б., БАГУЛЯЄВ Д.Б., І РОМОВ Б.Е. Исспелование метолами компьютерной томографии	
СТРУКТУРЫ ЛЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТІ-0.	
СФОРМИРОВАННЫХ ПОСЛОЙНЫМ СПЕКАНИЕМ ПОРОШКОВ	
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ НАПЛАВЛЕНИЕМ	
Батранин А.В., Федоров В.В., КлименовВ.А., Клопотов А.А.,	
Абзаев Ю.А., Волокитин Г.Г., Курган К.А.	
ЦИРКУЛЯЦИЯ ИОДИДОВ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА	200
ПРИ ДИФФУЗИОННОМ ХРОМИРОВАНИИ	
ПОЛУЧЕНИЕ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИНИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	
С ЭПФ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	293
Насакина Е.О., Баикин А.С., Конушкин С.В., Сергиенко К.В., Каплан М.А.,	
Федюк И.М., Севостьянов М.А., Колмаков А.Г., Клименко С.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ	
КАРБИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА КАЧЕСТВО	205
ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ WC-CO	295
РАШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОИЗВОЛСТВА АКТИВИРУЮЩИХ	
ФЛЮСОВ ДЛЯ ЛУГОВОЙ СВАРКИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	
УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КРЕМНИЯ	300
Иванчик Н.Н., Балановский А.Е., Кондратьев В.В., Сысоев И.А., Карлина А.И.	
ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА АНОДНОЕ	
ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА AL + 2,18 % FE В НЕИТРАЛЬНОИ СРЕДЕ	305
I аниев И.Н., Джаилоев Дж.Х., Амонов И.I., Эсанов Н.Р. рпи дние низу отемпературного фазорого изменения	
СПЛАВА И РАЗМЕРА ЧАСТИИ НА НАПРЯЖЕНИЕ И СВОЙСТВА СЛОЯ ПОКРЫТИЯ	311
Шувень Сюй, Сичжан Чен	
ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СИЛУМИНА	
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОКСИДОМ ИТТРИЯ	318
Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Загуляев Д.В., Толкачев О.С., Петрикова Е.А., Коновалов С.В.	
ФОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПОРИСТОСТИ ВО ВРЕМЯ ЛАЗЕРНОИ	201
СВАРКИ ДВУХФАЗНЫХ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЕИ DP /80 Учень П. Нош. С. Кенеренер С. Ма Х	321
ЛУАНГЛ., ЧЭНЬ С., КОНОВАЛОВ С., МА Л. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА СПЛАВА. И ЕГО РАЗМЕРА	
ЧАСТИЦ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НА НАПРЯЖЕНИЕ И СВОЙСТВА	
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ	327
Зиу С., Чэнь С.	
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ	
В КАРБИДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМАХ ТІ – С – Н – N, ТІ – О – С – Н - N	334
I ароузова А.К., I алевскии I.В., Руднева В.В. О криста ппизации бинарного сплава молифицированного тугоплавкими	
НАНОЧАСТИПАМИ	338
Черепанов А.Н., Черепанова В.К.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СВАРКИ ДЛИННОМЕРНЫХ	
РЕБРИСТЫХ ТИТАНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ НА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ УСП-5000	344
Григорьев В.В., Бахматов П.В.	
ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ Элементор а поминистого тругопророда на пороогразорания:	250
ΟΠΕΝΙΕΠΤΟΟ ΑΠΟΝΙΤΙΠΤΙΕΟΟΓΟ ΤΓΥΟΟΠΤΟΟΟΠΑ ΠΑ ΠΟΓΟΟΒΥΑ3ΟΒΑΠΤΕ	550
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ГАЗОДИНАМИКА И	
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ПРИ СВАРКЕ ПЛАВЛЕНИЕМ	358
Чинахов Д.А., Солодский С.А., Майорова Е.И., Григорьева Е.Г.	