

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА.....	3
ЗА НЕФТЮ КУЗБАССА С ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ.....	3
В.В.Ростовцев, Е.Ю. Липихина, А.М. Афанасьев, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
НОВАЯ ПАРАДИГМА ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА.....	8
В.В. Ростовцев, Е.Ю. Липихина, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
ПУТИ РЕАНИМАЦИИ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	15
В.В. Ростовцев, Е.Ю. Липихина, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ В АРКТИКЕ.....	28
И.Г. Яценко, Ю.М. Полищук	
ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА.....	42
АЛЛЕЯ ГЕОЛОГОВ В ТОМСКЕ. ИСТОКИ.....	42
А.Я. Пшеничкин, В.А. Домаренко	
ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГЕОМАССИВЕ НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК.....	49
В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова	
ПАРАДОКСЫ ПРИРОДНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ОКЛО.....	60
В.А. Домаренко	
К ВОПРОСУ РАЗРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ.....	65
Е.Э. Очиров, С.Н. Харламов	
МЕТАЛЛУРГИЯ.....	76
ПЕРЕМЕШИВАНИЕ РАСПЛАВА ПРИ ПРОДУВКЕ ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ В АГРЕГАТАХ КОВШ-ПЕЧЬ.....	76
Е.В. Протопопов, Л.В. Думова, М.В. Темлянцев, Е.М. Запольская	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ПРОКАТКИ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ ИЗ ОТБРАКОВКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НА ИХ УДАРНУЮ СТОЙКОСТЬ.....	84
А.А. Уманский, А.Б. Юрьев, А.С. Симачев, Л.В. Думова	

©Издательский
центр
Сибирского
государственного
индустриального
университета

Адрес редакции:
654007
г. Новокузнецк,
ул. Кирова, 42,
Сибирский
государственный
индустриальный
университет
тел. 8–3843–78–44–55

http: www.sibsiu.ru

ISSN 2311–9519

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ПРИ ВЫПЛАВКЕ РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА.....	93
Е.В. Протопопов, Л.В. Думова	
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ШЛАКОВЫХ РАСПЛАВОВ.....	102
Н. Ф. Якушевич, Е. В. Протопопов, М. В. Темлянец	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЛЮМИНИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ЧУГУНОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СРЕДЕ АНОДНЫХ ГАЗОВ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ЭКОСОДЕРБЕРГ.....	116
Е.А. Пинаев, М.В. Темлянец, Е.В. Протопопов, Д.Г. Большаков, Е.Н. Темлянцева, А.С. Симачев	
БИОМЕДИЦИНА.....	122
ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ В КЛИНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ СЕПСИСА: КОММЕНТАРИИ К НОВЫМ МЕЖДУНАРОДНЫМ РЕКОМЕНДАЦИЯМ SSC 2021 ПО ЛЕЧЕНИЮ СЕПСИСА И СЕПТИЧЕСКОГО ШОКА.....	122
В. В. Агаджанян, И. М. Устьянцева, А.Х. Агаларян	
ОРГАНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ПОЛИТРАВМЕ. ПРОЕКТ КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ.....	146
В.В. Агаджанян, А.Х. Агаларян	
ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ЛЕТАЛЬНОСТЬ ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ.....	148
В.В. Агаджанян, А.Х. Агаларян	
ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ.....	151
РАЗВИТИЕ АМБИЕНТНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА КАК ОСНОВЫ ЕГО ВОЗРОЖДЕНИЯ.....	151
Ю.С. Серенков, Е.А. Благиных, И.В. Шимлина, В.Е. Хомичева	
ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ОСНОВАНИЯ МНОГООБРАЗИЯ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УНИВЕРСИТЕТА.....	167
Н.А. Иванова	
ЮБИЛЕИ.....	174
РЕФЕРАТЫ.....	183

УДК 669.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЛЮМИНИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ЧУГУНОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СРЕДЕ АНОДНЫХ ГАЗОВ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ЭКОСОДЕРБЕРГ

Е.А. Пинаев *, М.В. Темлянцев, Е.В. Протопопов, Д.Г. Большаков, Е.Н.
Темлянцева, А.С. Симачев**

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

*АО «РУСАЛ Красноярск»**

*АО «РУСАЛ Новокузнецк»***

Внедрение на российских алюминийпроизводящих предприятиях технологии ЭкоСодерберг привело к усилению коррозионного воздействия анодных газов на чугунные секции газосборного колокола (ГСК) алюминиевых электролизеров [1 – 3]. Применяемый в настоящее время материал для их изготовления – высокопрочный чугун марки ВЧ50 с шаровидным графитом не обеспечивает необходимого уровня стойкости к высокотемпературной газовой коррозии. Помимо снижения срока службы секции имеет место загрязнение расплава первичного алюминия железом, вносимым в электролизную ванну с продуктами коррозии чугунных секций. В таких условиях поиск новых материалов – коррозионностойких чугунов, способных противостоять высокотемпературной газовой коррозии является актуальной научно-практической задачей. В данной работе проведено исследование коррозионной стойкости алюминиевых чугунов, химический состав которых представлен в таблице 1.

Из чугунов отливали образцы, которые крепили к внутренней поверхности чугунной секции и устанавливали в конструкцию газосборного колокола. Таким образом, образцы находились во внутреннем пространстве электролизера и подвергался агрессивному воздействию температуры и газовой среды, аналогично секции ГСК.

Таблица 1 – Химический состав экспериментальных алюминиевых чугунов

№ образца	Содержание элемента, масс. %											
	C	Mn	Si	Al	Cr	Ni	P	S	V	Mo	Co	Cu
1	2,06	0,30	0,57	10,64	0,07	0,06	0,06	0,07	0,02	0,004	0,16	0,23
2	1,67	0,28	0,74	11,85	0,07	0,07	0,06	0,04	0,02	0,004	0,18	0,17
3	1,64	0,28	0,69	13,77	0,07	0,06	0,06	0,04	0,01	0,004	0,17	0,18
4	5,99	0,89	1,02	3,60	0,08	0,11	0,08	0,02	0,01	0,008	0,18	0,19
5	3,08	0,53	0,24	6,15	0,02	0,06	0,15	0,22	0,03	0,005	–	0,04
6	2,78	0,59	0,70	2,06	0,02	0,06	0,09	0,011	0,04	0,006	–	0,05

Периодически секцию и образцы демонтировали (рисунок 1) и определяли потерю массы образцов вследствие коррозии. Эксперименты проводили в промышленных условиях на электролизерах ЭкоСодерберг АО «РУСАЛ Красноярск» и АО «РУСАЛ Новокузнецк». Продолжительность экспериментов образцов №№ 1 – 4 составляла 192 сут., №№ 5, 6 – 384 сут.



Рисунок 1. Общий вид образцов на секции до (а) и после (б) эксплуатации

Микроструктура исследуемых образцов № 1, 2 и 3 состоит из зерен феррита (α -фаза), легированных алюминием, и железоалюминиевых карбидов переменного состава типа Fe_yAlC_x , где $y=1,3 - 1,6$ (рисунок 2). Графит в структуре образцов отсутствует. Весь углерод в сплаве находится в твердом растворе и связан в железоалюминиевые карбиды. Для микроструктуры образца № 4 с содержанием углерода 5,99 % и алюминия 3,6 % характерно наличие грубых выделений графита. Образец №5 имеет ферритную основу, графит имеет пластинчатое строение. В структуре образца №6 присутствует зернистый и пластинчатый перлит, графит хлопьевидный; основа преимущественно феррито-перлитная.

Результаты исследования удельных U потерь массы, g образцов с единицы поверхности, $см^2$ в единицу времени, $ч$ представлены на рисунках 3 и 4. Анализ полученных результатов показывает, что алюминиевые чугуны по сравнению с серым (СЧ18) и высокопрочным чугуном с шаровидным графитом (ВЧ, ВЧ50), имеют гораздо меньшие в 2 – 20 раз удельные потери массы вследствие высокотемпературной газовой коррозии. Полученные данные согласуются с результатами исследований [4, 5] коррозионной стойкости алюминиевых чугунов.

При проведении исследований алюминиевых чугунов определена их твердость. После изготовления твердость образцов № 1, 2, 3 составляла соответственно 478, 464 и 417 НВ. Увеличение содержания алюминия в данном случае приводит к снижению твердости чугуна. Железоалюминиевые карбиды имеют высокую твердость (700 НВ) и, располагаясь по границам кристаллов феррита, приводят к высокой твердости и хрупкости, механическая обработка таких чугунов возможна только при использовании специального инструмента.

Проведены измерения твердости алюминиевых чугунов после эксплуатации. Для чугуна образцов № 1, 2, 3, 4, 5 и 6 твердость составила соответственно 375 – 401, 375 – 409, 341 – 363, 131 – 140, 148 – 153 и 116 – 118 НВ. Как видно из полученных данных, высокотемпературная эксплуатация приводит к ощутимому снижению твердости алюминиевых чугунов.

Сравнительный анализ химического состава и микроструктуры исследуемых алюминиевых чугунов показывает, что для чугунов с содержанием $Al = 10,64 - 13,77\%$ и $C = 1,64 - 2,06 \%$ без выделений графита характерны минимальные потери массы вследствие высокотемпературной коррозии в среде анодных газов электролизеров ЭкоСодерберг. Алюминиевые чугуны, содержащие $Al = 2,06 - 6,15 \%$ и $C = 2,78 - 3,08 \%$, имеющие в структуре выделения графита (№5 – структура чугуна имеет ферритную основу, графит имеет пластинчатое строение; №6 – структуру чугуна с хлопьевидным и вермикулярным графитом на феррито-перлитной основе, перлит преимущественно зернистый), имеют максимальные потери массы из

исследуемых составов. Чугун с содержанием $Al = 3,06 \%$ и $C = 5,99 \%$ имеет потери массы близкие к чугунам составов №№ 1 – 3, в его структуре присутствуют грубые выделения графита.

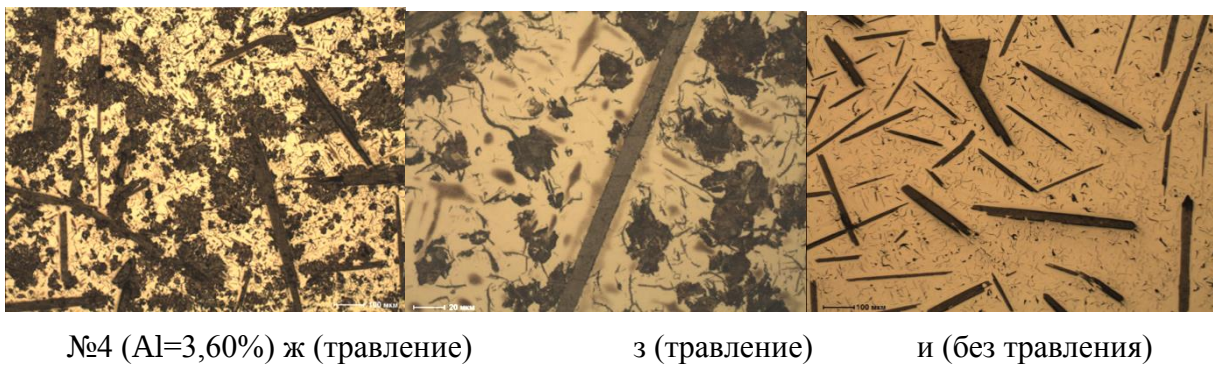
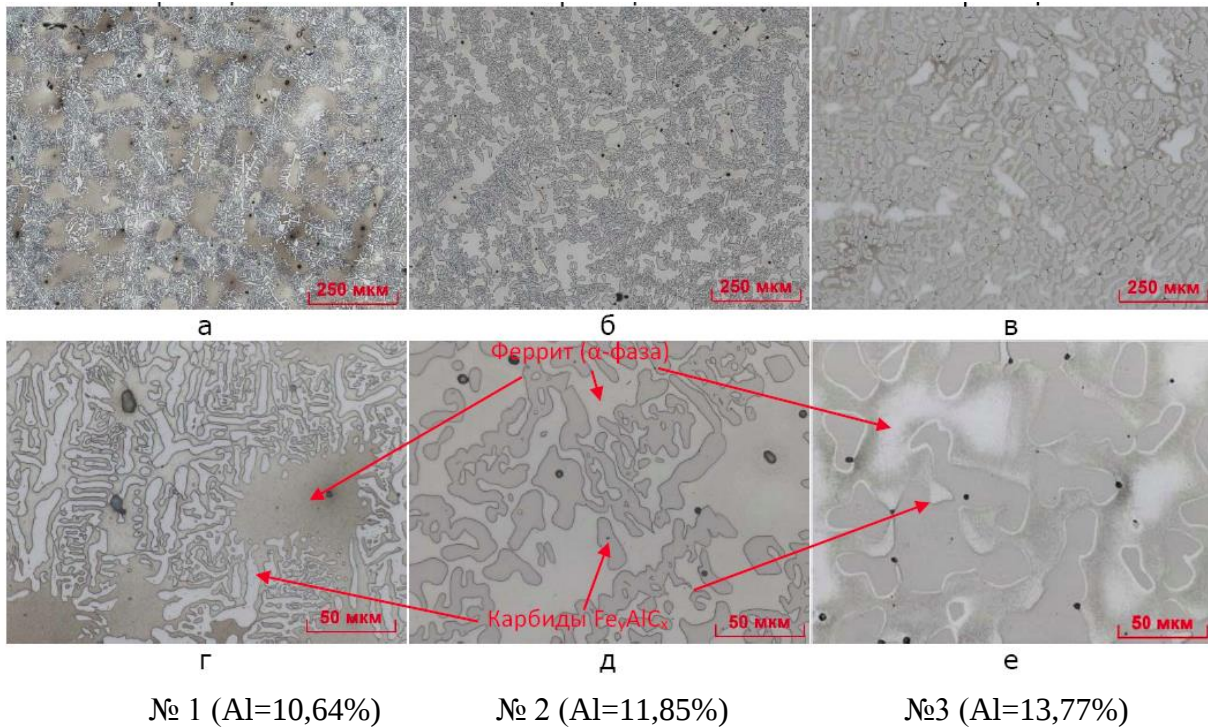


Рисунок 2. Микроструктуры экспериментальных алюминиевых чугунов

а, б, в, ж, и, к – $\times 100$, г, д, е, з – $\times 500$, л – $\times 200$

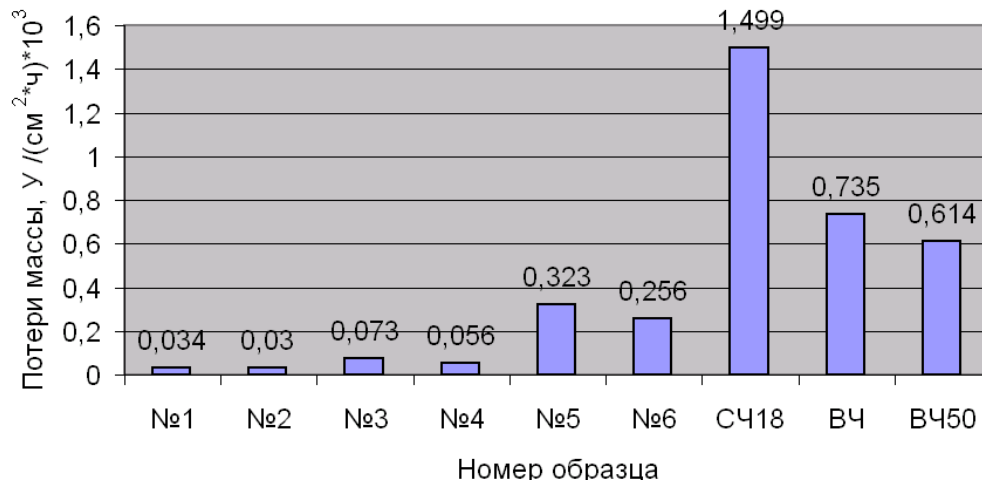


Рисунок 3. Удельные потери массы образцов из алюминиевых чугунов и различных чугунных секций ГСК (СЧ18 и ВЧ по данным [4])

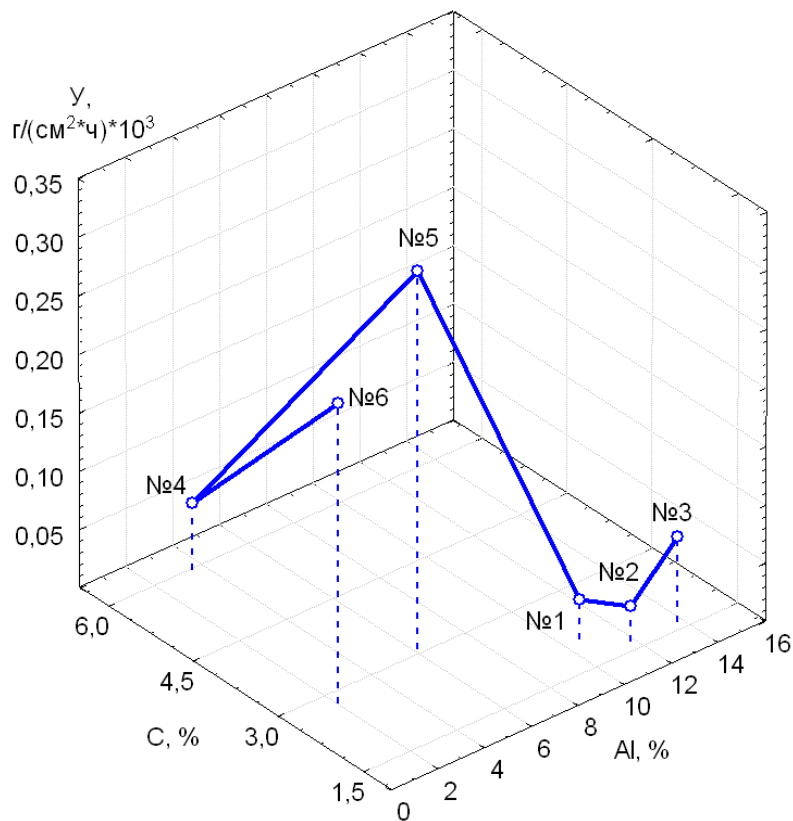


Рисунок 4. Зависимость потери массы образцов от содержания углерода и алюминия в чугуне

Вывод

В результате проведенных исследований установлено, что алюминиевые чугуны с содержанием 2,06 – 13,77 % Al по сравнению с серым (СЧ18) и высокопрочными чугунами с шаровидным графитом (ВЧ, ВЧ50), имеют

гораздо меньшие в 2 – 20 раз удельные потери массы вследствие высокотемпературной газовой коррозии. Наиболее рациональным с точки зрения минимизации коррозии можно считать содержание Al на уровне 7,5 – 9,0 %, при этом необходимо учитывать роль других элементов, в частности, углерода и структуры чугуна. Однако алюминиевые чугуны с таким содержанием алюминия имеют достаточно высокую твердость и нетехнологичны.

Список использованных источников

1. Юрьев А.Б., Темлянцев М.В., Деев В.Б., Феоктистов А.В., Пинаев Е.А. Коррозия чугунных секций газосборного колокола электролизеров ЭкоСодерберг // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2020. Т. 63. № 11-12. С. 883-890.
2. Пинаев Е.А., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н., Кувшинникова Н.И. Исследование химического и фазового состава продуктов коррозии чугунных секций газосборного колокола алюминиевых электролизеров ЭкоСодерберг // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2020. № 43. С. 144-151.
3. Пинаев Е.А., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н., Кувшинникова Н.И. Повышение стойкости чугунных секций газосборных колоколов алюминиевых электролизеров ЭкоСодерберг на основе применения защитных покрытий // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2020. № 23. С. 87-94.
4. Малышев Г.П., Волчок И.П. Повышение эксплуатационной стойкости газосборных колоколов электролизных ванн с верхним токоподводом / Сб. науч.тр. «Металлургия». – Изд-во ЗГИА. 2005. Вып.12 С. 129 – 133.
5. Шиманский И.А. Повышение коррозионной стойкости литых чугунных изделий в условиях высокотемпературной газовой коррозии. Автореф. канд. дис. – Красноярск. 2012. – 22 с.

Научное издание

ВЕСТНИК
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
ЗАПАДНО–СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Выпуск 24, 2021 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 14.10.2022 г. Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага писчая.

Печать офсетная. Усл. печ.л. 11. Уч.–изд.л. 12,4. Тираж 300 экз. Заказ № 261

Отпечатано в Издательском центре
Сибирского государственного индустриального университета